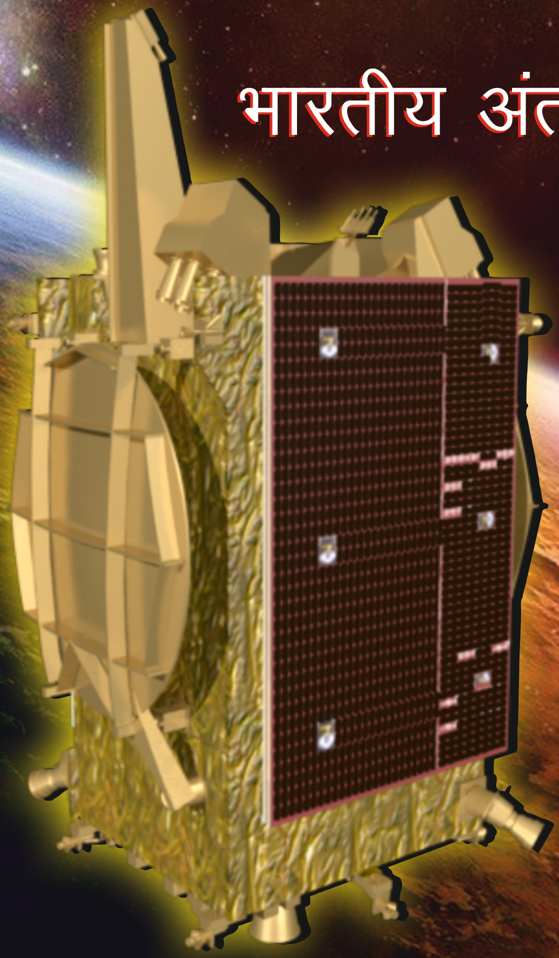
हिंदी तकनीकी संगोष्ठी

# TECHNICAL SEMINAR IN HINDI

26 जुलाई JULY 2018

## लेख संग्रह



# भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी दिशा

राजभाषा सत्र
इसरो/अंतरिक्ष विभाग के प्रशासनिक क्षेत्रों में
राजभाषा के प्रगामी प्रयोग एवं संभावनाएँ


अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
SPACE APPLICATIONS CENTRE
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन Indian Space Research Organisation
अहमदाबाद Ahmedabed

# हिन्दी तकनीकी संगोष्ठी - 2018

26 जुलाई 2018

# भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी दिशा

**राजभाषा सत्र**

**इसरो/ अंतरिक्ष विभाग के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग एवं संभावनाएं**

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद

अनुक्रमणिका

ISBN 978-9-382-760320

9 789382 760320

**कॉपीराइट © अंतरिक्ष उपयोग केंद्र**

**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)**

**अहमदाबाद**

**ISBN:9789382760320**

भारत सरकार GOVERNMENT OF INDIA
अंतरिक्ष विभाग DEPARTMENT OF SPACE
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
SPACE APPLICATIONS CENTRE
अहमदाबाद AHMEDABAD - 380 015
(भारत) (INDIA)
दूरभाष PHONE : +91-79-26913344, 26928401
फैक्स/FAX : +91-79-26915843
ईमेल e-mail : director@sac.isro.gov.in

सत्यमेव जयते

जय हिन्द

**दीपक कुमार दास**
**निदेशक/**
**अध्यक्ष, राजभाषा कार्यान्वयन समिति**

# संदेश

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) राजभाषा कार्यान्वयन की दिशा में हिंदी के प्रगामी प्रयोग को बढ़ाने के लिए भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की झलकियाँ, हिंदी मौलिक पुस्तक लेखन योजना, हिंदी माह, विश्व हिंदी दिवस, वार्षिक प्रोत्साहन योजना, नराकास सदस्य कार्यालयों के लिए हिंदी प्रतियोगिताएं, आदि अनेक कार्यक्रम आयोजित करता है। इन कार्यक्रमों की श्रृंखला में हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन एक महत्वपूर्ण कड़ी है।

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन का एक महत्वपूर्ण केंद्र है, जिसमें उपग्रह नीतभार, उसकी प्रणालियों, उप-प्रणालियों तथा अंतरिक्ष आधारित अनुप्रयोगों के डिजाइन, विकास एवं निर्माण का कार्य किया जाता है। संक्षेप में कहा जाए तो यह अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संबंधित नवीनतम अनुसंधान व विकास के क्षेत्र में काम करने वाली संस्था है। विश्वस्तरीय नवीनतम ज्ञान-विज्ञान को हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों के माध्यम से राजभाषा हिंदी में प्रस्तुत करने का प्रयास इन संगोष्ठियों के माध्यम से विगत 32 वर्षों से किया जा रहा है।

मुझे प्रसन्नता है कि इस वर्ष 26 जुलाई 2018 को **"भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी दिशा"** विषय पर हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। इस संगोष्ठी के दौरान "इसरो/अंवि के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग और संभावनाएं" विषय पर एक राजभाषा सत्र भी शामिल किया गया है। इस संगोष्ठी में प्रस्तुति के लिए सैक, डेकू और आरआरएससी, जोधपुर के वैज्ञानिकों व अन्य कर्मचारियों द्वारा 71 आलेख लिखे गए। जिनमें से 69 आलेख प्रस्तुति हेतु चुने गए हैं। यह संख्या इसरो/अंवि के किसी भी केंद्र/यूनिट द्वारा अभी तक आयोजित हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों में प्रस्तुत किए गए आलेखों की संख्या से अधिक है। इन आलेखों को पुस्तकाकार रूप में प्रकाशित किया जा रहा है।

मुझे विश्वास है कि प्रस्तुत लेख-संग्रह राजभाषा हिंदी की दृष्टि से एक महत्वपूर्ण दस्तावेज सिद्ध होगा। मेरी ओर से संगोष्ठी के सफल आयोजन के लिए लेखकों, समिति के सदस्यों और इस संगोष्ठी के आयोजन से जुड़े प्रत्येक व्यक्ति को हार्दिक शुभकामनाएं।

**(दीपक कुमार दास)**

**अपूर्व भट्टाचार्य**
**अध्यक्ष, संगोष्ठी आयोजन समिति**
**उप निदेशक, एस्सा – अंतरिक्ष उपयोग केंद्र**

## संदेश

अंतरिक्ष विभाग/ भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के सभी केंद्र तथा यूनिट प्रतिवर्ष हिंदी में तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन करते हैं। हिंदी तकनीकी संगोष्ठी के आयोजन की यह परंपरा वर्ष 1986 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा शुरू की गई थी और वर्ष 2002 से प्रतिवर्ष हिंदी तकनीकी संगोष्ठी के आयोजन की परंपरा प्रवर्तमान है। संगोष्ठी आयोजन समिति के अध्यक्ष के रूप में यह मेरा पहला अनुभव है किंतु मैंने देखा और अनुभव किया है कि समय के साथ-साथ संगोष्ठी में प्रस्तुत किए जाने वाले लेखों में गुणात्मक और मात्रात्मक सुधार हुआ है।

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में 26 जुलाई 2018 को "भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी दिशा" विषय पर हिंदी में तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। इस तकनीकी संगोष्ठी में एक राजभाषा सत्र रखा जाता है। राजभाषा सत्र के अंतर्गत "इसरो/ अंवि के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग और संभावनाएं" विषय रखा गया है। इस वर्ष सर्वाधिक 71 आलेख प्रविष्टियों के रूप में प्राप्त हुए, जिनमें से 69 आलेख प्रकाशन और प्रस्तुति हेतु चुने गए हैं। आयोजन समिति सभी लेखकों के श्रम और लेखनी का सम्मान करती है।

हरित पहल को बढ़ावा देते हुए संगोष्ठी के लिए लेखों की प्राप्ति, मूल्यांकन, संशोधन, आदि सभी प्रक्रिया ऑनलाइन संपन्न की गई है। संगोष्ठी में स्वीकृत सभी लेख इस लेख-संग्रह में प्रकाशित किए जा रहे हैं। लेखों के प्रकाशन के लिए मूल्यांकन समिति और प्रलेख समिति ने काफी श्रम किया है। संगोष्ठी के सुव्यवस्थित एवं सफल आयोजन के लिए सुप्रचालन समिति की भूमिका भी महत्वपूर्ण रही है।

हिन्दी अनुभाग के अधिकारियों एवं सभी सदस्यों द्वारा संगोष्ठी के आयोजन के लिए विशेष श्रम किया गया। हिन्दी अनुभाग ने सभी लेखों की फार्मेटिंग, प्रूफ रीडिंग इत्यादि का कार्य सफलतापूर्वक यथाशीघ्र संपन्न कर इस लेख संग्रह के प्रकाशन में विशेष योगदान दिया, जिसके लिए वे बधाई के पात्र हैं।

नवीनतम ज्ञान-विज्ञान पर हिंदी में लिखे गए शोधपूर्ण और ज्ञानवर्धक लेखों का यह अनुपम संग्रह है। आशा है कि अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी पर हिंदी में नवीनतम जानकारी से परिपूर्ण यह लेख-संग्रह हिंदी भाषा में एक उपयोगी और महत्वपूर्ण दस्तावेज सिद्ध होगा। मेरी यह भावना है कि सभी का श्रम फलीभूत हो और संगोष्ठी सफलता का कीर्तिमान स्थापित करे।

अपूर्व भट्टाचार्य

**(अपूर्व भट्टाचार्य)**


**मुख्य संरक्षक**
श्री दीपक कुमार दास
निदेशक, सैक

**संरक्षक**
श्री पीयूष वर्मा भा.दू.से.
नियंत्रक, सैक

**संगोष्ठी आयोजन समिति**

**अध्यक्ष**
श्री अपूर्व भट्टाचार्य
उप निदेशक, एस्सा

**सदस्य**
डॉ. राजकुमार
उप निदेशक - एप्सा

श्री विकास पटेल
ग्रुप निदेशक-पीपीजी, सैक

श्री राजेश खंडेलवाल
ग्रुप निदेशक-पीपीईजी, डेकू

प्रधान/ प्रभारी
प्रकाशन एवं जनसंपर्क

श्रीमती रचना पटनायक
प्रधान-पुस्तकालय एवं प्रलेखन प्रभाग

श्री सतीश कुमार पांडेय
वरिष्ठ प्रधान-
क्रय एवं भंडार

श्रीमती एम. मंजू
वरि. प्रधान -
लेखा एवं आविस

श्रीमती के. सुमा
प्रधान - का. एवं सा.प्र.

**सदस्य सचिव**
श्रीमती नीलू सेठ
वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी

भारत सरकार GOVERNMENT OF INDIA
अंतरिक्ष विभाग DEPARTMENT OF SPACE
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
SPACE APPLICATIONS CENTRE
अहमदाबाद AHMEDABAD - 380 015
(भारत) (INDIA)
दूरभाष PHONE : +91-79-26913315, 26928403
फैक्स/FAX : +91-79-26915844
*e-mail :* controller@sac.isro.gov.in

**पीयूष वर्मा** भा.दू.से.
**नियंत्रक/**
**सह अध्यक्ष, राजभाषा कार्यान्वयन समिति-सैक**

# संदेश

अंतरिक्ष विभाग के विभिन्न केंद्र/ यूनिट संघ की राजभाषा के प्रचार-प्रसार में सक्रिय भूमिका निभाते रहे हैं। कार्यालय का दैनंदिन कामकाज हो या तकनीकी और वैज्ञानिक प्रकृति के गहन विषय, सभी क्षेत्रों में राजभाषा हिंदी के प्रयोग के लिए जो उत्साह और उमंग अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में देखने को मिलती है, वह अपने आप में एक अद्वितीय अनुभव है। हर वर्ष गहन तकनीकी और वैज्ञानिक विषयों पर हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन इसी परंपरा का गौरवमयी उदाहरण है।

इस वर्ष "भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी दिशा" विषय पर 26 जुलाई 2018 को हिंदी में तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। संगोष्ठी के दौरान भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की सफलता और भावी अनुसंधान एवं विकास पर गहन विचार विमर्श किया जाएगा। इस तकनीकी संगोष्ठी में राजभाषा सत्र भी शामिल किया गया है, जिसका विषय "इसरो/अंवि के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग और संभावनाएं" रखा गया है। संगोष्ठी के लिए प्राप्त आलेखों का लेख-संग्रह पुस्तकाकार रूप में प्रकाशित किया जा रहा है। अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में इसरो की उपलब्धियों और भावी योजनाओं पर राजभाषा हिंदी में परिचर्चा सर्वजन हिताय और लाभकारी सिद्ध होगी।

इस संगोष्ठी में लेख प्रस्तुत करने वाले लेखकों, संगोष्ठी समिति सदस्यों, हिंदी अनुभाग और इस कार्यक्रम से जुड़े हर व्यक्ति को संगोष्ठी की सफलता के लिए मेरी ओर से हार्दिक शुभकामनाएं।

जय हिंद, जय हिंदी।

(पीयूष वर्मा भा.दू.से.)

**नीलू एस. सेठ**
**सदस्य सचिव, संगोष्ठी आयोजन समिति/**
**वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी, सैक**

# आभार

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद प्रतिवर्ष हिंदी में तकनीकी विषय पर संगोष्ठी का आयोजन करता है। निदेशक, सैक की अध्यक्षता में संपन्न 152वीं राजभाषा कार्यान्वयन समिति की बैठक में लिए गए निर्णय के अनुसार हिंदी तकनीकी संगोष्ठी 2018 के आयोजन के लिए आयोजन समिति का गठन किया गया और आयोजन समिति ने संगोष्ठी के सुगमता से आयोजन हेतु विभिन्न उप समितियों का गठन किया। इस प्रकार विविध समितियों के सहयोग से संगोष्ठी के आयोजन की रूपरेखा तैयार की गई।

निसंदेह, संगोष्ठियों जैसे कार्यक्रम सामूहिक प्रयासों का सुफल होते हैं। संगोष्ठी के सभी लेखकों, विभिन्न समितियों और कार्यालय के अधिकारियों/ कर्मचारियों के अमूल्य समय व श्रम ने इस संगोष्ठी की सफलता की नींव रखी है।

सर्वप्रथम, मैं निदेशक, सैक की तहेदिल से आभारी हूँ, जिन्होंने समय-समय पर अपना अमूल्य मार्गदर्शन दिया और संगोष्ठी से जुड़े विभिन्न मामलों पर समिति द्वारा लिए गए निर्णयों को अनुमोदन प्रदान किया।

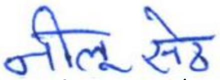
संगोष्ठी आयोजन समिति के अध्यक्ष की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण होती है, इसके लिए मैं आयोजन समिति के अध्यक्ष श्री अपूर्व एन भट्टाचार्य, उप निदेशक-एस्सा, सैक के प्रति आभारी हूँ।

मैं श्री पीयूष वर्मा, नियंत्रक/ राजभाषा कार्यान्वयन समित, सैक की भी आभारी हूँ, जिन्होंने प्रशासनिक अनुमोदन प्रदान किए एवं संगोष्ठी के सफल आयोजन के लिए महत्वपूर्ण मार्गदर्शन किया।

आयोजन समिति के मार्गदर्शन में 26 जुलाई 2018 को "भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी दिशा" विषय पर एक दिवसीय हिंदी तकनीकी संगोष्ठी आयोजित की जा रही है। प्राप्त आलेखों के यथासमय मूल्यांकन करने के लिए मूल्यांकन समिति, लेख-संग्रह के कवर पृष्ठों की डिज़ाइनिंग के लिए प्रलेख समिति एवं डेकू और संगोष्ठी के क्रय व अन्य लॉजिस्टिक सहयोग के लिए सुप्रचालन समिति की हृदय से आभारी हूँ।

संगोष्ठी में एक राजभाषा सत्र भी शामिल किया गया जिसके अंतर्गत "इसरो/अंवि के प्रशासनिक क्षेत्र में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग एवं संभावनाएं" विषय पर भी लेख आमंत्रित किए गए।

अच्छे आलेखों के बिना संगोष्ठी की कल्पना भी नहीं की जा सकती। इसलिए, मैं विशेष रूप से लेखकों की आभारी हूँ, जिन्होंने बड़ी मेहनत से संगोष्ठी में प्रस्तुति हेतु सारगर्भित एवं उपयोगी लेख लिखे। इस संगोष्ठी से प्रत्यक्ष एवं परोक्ष रूप से जुड़े प्रत्येक व्यक्ति के प्रति भी मैं आभारी हूँ, धन्यवाद।



(नीलू एस. सेठ)

## मार्गदर्शन

**श्री दीपक कुमार दास, निदेशक/ अध्यक्ष, राभाकास, सैक**

## संरक्षक

**श्री पीयूष वर्मा भा.दू.से., नियंत्रक/ सह-अध्यक्ष, राभाकास सैक**

## संगोष्ठी आयोजन समिति

## अध्यक्ष

**श्री अपूर्व भट्टाचार्य, उप निदेशक - ईएसएसए, सैक**

## सदस्य

डॉ. राजकुमार, उप निदेशक, ईपीएसए

श्री विकास पटेल, ग्रुप निदेशक, पीपीजी

श्री राजेश खंडेलवाल, ग्रुप निदेशक, पीपीईजी, डेकू

प्रधान/ प्रभारी, पी एंड पी आर

प्रधान, पुस्तकालय एवं प्रलेखन प्रभाग

वरि. प्रधान, क्रय एवं भंडार

वरि. प्रधान, लेखा एवं आं.वि.स.

प्रधान, का. एवं सा.प्रशा.

## सदस्य सचिव

श्रीमती नीलू सेठ, वरि. हिन्दी अधिकारी

## मूल्यांकन समिति

**अध्यक्ष**

**डॉ. राजकुमार, उप निदेशक-ईपीएसए, सैक**

**सदस्य**

श्री टी.वी.एस. राम
श्री नितांत दुबे
श्री उल्केश देसाई
डॉ. वी. के. सिंह
श्री अखिलेश शर्मा
श्रीमती रिंकू अग्रवाल
श्री संगीत कुमार मिश्रा
श्री अंकुर जैन
श्री पंकज बोडानी
श्री पवन गुप्ता

**सदस्य सचिव**

**श्रीमती सोमा करनावट, क. हिं. अनुवादक**

## सुप्रचालन समिति

**अध्यक्ष**

**श्री राजेश खंडेलवाल, ग्रुप निदेशक - पीपीईजी, डेकू**

**सदस्य**

डॉ. एस. पी. व्यास
प्रधान, लेखा एवं आंविस
श्री बी. कृष्णमूर्ति
श्री एच.एस. मिश्रा
श्री अरविंद देव
श्री राजन कुमार
श्री धर्मेन्द्र माहितकर
सुश्री रजनी सेमवाल

**सदस्य सचिव**

**श्री दिनेश अग्रवाल, प्रधान-ईएफपीडी**

## प्रलेख समिति

**अध्यक्ष**

**श्रीमती रचना पटनायक, प्रधान, पुस्तकालय एवं प्रलेखन प्रभाग**

**सदस्य**

श्री सोनू जैन, हिंदी अधिकारी
श्री ए. रमेश

**सदस्य सचिव**

श्री जी.एल. त्रिवेदी

# अनुक्रमणिका


**तकनीकी सत्र - 1**

**अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के परिपेक्ष्य में इसरो की भावी चुनौतियाँ**

**(समय : 11.00-13.15)**

| क्र.सं. | शीर्षक | लेखक | पृष्ठ |
|---|---|---|---|
| 1. | अंतर्राष्ट्रीय फलक पर इसरो की उपलब्धियाँ और भावी चुनौतियाँ | देवांग मांकड़ | 1 |
| 2. | उच्च आवृत्ति बैंड अनुप्रयोग: अवसर एवं यांत्रिक अभिकल्पना चुनौतियाँ | जिगर गांधी और राजू निपाने | 5 |
| 3. | पल्सार की सहायता से अंतरिक्ष में स्वायत्त रूप से वाहन की स्थिति एवं वेग संसूचन | तनुल गुप्ता, अरविन्द कु. सिंह और टी.पी. श्रीनिवासन | 8 |
| 4. | शुक्र ग्रह का रेडियो प्रच्छादन अन्वेषण | रामदयाल सिंह | 13 |
| 5. | अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के बदलते दौर में इसरो के प्रक्षेपण संबंधी वीडियो कार्यक्रम निर्माण में चुनौतियाँ | डॉ. देवदास एम.बी. और डॉ. वरेन्द्र वर्मा | 22 |
| 6. | अंतरिक्ष में मानव-बस्ती | सुनील सिंह कुशवाहा और प्रखर श्रीवास्तव | 26 |
| 7. | चन्द्रयान-2 लैन्डर के लिये दृष्टि आधारित जोखिम स्थलों की पहचान और बचाव (एच.डी.ए.) प्रणाली | अमिताभ, के. सुरेश और टी.पी. श्रीनिवासन | 30 |
| 8. | चंद्रयान-2 लैंडर के मृदुअवतरण हेतु एच.डी.ए. संसाधित्र का हार्डवेयर आरोपण | उमंग भाटिया, शिवानी भार्गव, रितेश कुमार शर्मा, बी. सरवना कुमार, प्रमोद, किरल बी. घोडाद्रा, अमिता शाह, जैमिन तन्ना, संजय त्रिवेदी और हिमांशु पटेल | 34 |
| 9. | 180 nm प्रौद्योगिकी पर 32 बिट SPARC संसाधक का कार्यान्वयन | समीर ठाकुर, प्रमोद मिश्रा और पटेल हिमांशु न. | 41 |
| 10. | पी-बैंड आवृत्ति पर एसएआर (SAR) के लाभ और चुनौतियां | गौरव सेठ, अमित शुक्ला और राकेश भान | 45 |
| 11. | अंतरिक्ष-आधारित सूचना-सहयोग से आगे निर्णय-सहयोग की ओर बढ़ते कदम | विराट अरोड़ा, सुपर्ण पाठक, एस. श्रीनिवास राव और उदय राज | 49 |

**तकनीकी सत्र - 2**

**अंतरिक्ष प्रणालियों की क्षमता संवर्धन के लिए सॉफ्टवेयरों की उपयोगिता**

**(समय : 11.00-13.15)**

| क्र.सं. | शीर्षक | लेखक | पृष्ठ |
|---|---|---|---|
| 12. | नाविक, जीपीएस और गैलीलियो के बीच अंतरप्रणाली इंटरफरेंस का मूल्यांकन | डॉ. दीपक मिश्रा और नीरज मिश्रा | 55 |
| 13. | चंद्रयान-II के तुंगतामापी शृंगभरनी का संरचनात्मक विश्लेषण | वी. एस. जगदीश और चंद्रशेखर | 61 |
| 14. | आरआईसैट-1ए/2ए/2बी एस.ए.आर. नीतभारों के लिए भू-जाँच इकाई का विकास | शोकीन फोगाट, अभिषेक कुणाल और एस.एम. त्रिवेदी | 66 |
| 15. | उपग्रह क्षमता संवर्धन के नवीन विकल्प | लीना कोहली कपूर, आशीष सुनकारा और एस.एन सताशिया | 73 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16. | इसरो के उच्च क्षमता वाले (हाई थ्रूपुट) उपग्रह : उपग्रह डेटा सेवाओं में नया विकास | सोमेन्द्र प्रताप सिंह और रूपल आर. याज्ञिक | 77 |
| 17. | डेटा विज़ुअलाइज़ेशन तकनीक | अमोद अग्रवाल और नितांत दुबे | 82 |
| 18. | चंद्रयान-II के एस.ए.आर. का ताप संरचनात्मक विश्लेषण | संदीप सोमाणी, प्रशांत दास और वी.एस. जगदीश | 88 |
| 19. | रिसैट-1 ए की उपप्रणाली टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स के अभिलक्षणन के लिए भू-जाँच इकाई का विकास | अवधेश कुमार, माधव दास, अजय कुमार सिंह, विनय कुमार, हिमांशु पटेल और बी. एस. रामन | 95 |
| 20. | निसार डेटा अभिग्रहण और किरण गठक हार्डवेयर के लिए नीतभार नियंत्रक अनुकारी की रचना और विकास | विकास सिंह, शालिनी गंगेले और संजय त्रिवेदी | 100 |
| 21. | बहु-अभियान गुणता प्राचल डेटाबेस अभिकल्पना द्वारा डेटा/डेटा उत्पाद गुणता मूल्यांकन | अनुजा शर्मा और बी कार्तिकेयन् | 105 |
| 22. | ई.पी.सी. के लिए स्पंद जनक का विकास | संजय त्रिवेदी, गौरव जैन और विकास सिंह | 111 |
| 23. | समष्टि अंतरिक्ष तकनीक का सॉफ्टवेयर प्रक्रिया द्वारा परिपालन | कृति खत्री, बिंदिया कुमारी और के. शहाना | 113 |


**तकनीकी सत्र - 3**

**क) मौजूदा उपग्रह और संवेदकों का गैर-परंपरागत उपयोग**

**ख) अंतरिक्ष प्रणालियों के लिए समय एवं गुणवत्ता प्रभावी प्रबंधन की उपयोगिता**

**(समय : 11.00-13.15)**


| | | | |
|---|---|---|---|
| 24. | ऑप्टिकल एवं थर्मल सुदूर संवेदन द्वारा रेडिएटिव फ्लक्सों का कृषिसम्बन्धी भू-परिदृश्य क्षेत्र में आकलन | राहुल निगम और बिमल के. भट्टाचार्य | 117 |
| 25. | भू-आधारित विकिरणमापी | रितेश कुमार शर्मा, अमिता शाह, उमंग भाटिया और संजय त्रिवेदी | 126 |
| 26. | भारत तथा नज़दीकी सागरों पर जल समस्थानिक (आइसोटोप) की परिवर्तनशीलता | निमिशा सिंह, रोहित प्रधान और आर.पी. सिंह | 131 |
| 27. | इसरो में परियोजना प्रबंधन की भावी दिशा | रोहित सिंह | 135 |
| 28. | सही घटक सही समय पर गुणवत्ता प्रमाणित | विनोदचंद्र एम. पटेल और जयेश एम. जेसलपुरा | 140 |
| 29. | अंतरिक्ष प्रणालियों के संविरचन के लिए समय एवं गुणवत्ता प्रभावी प्रबंधन की उपयोगिता | आशीष कुमार शर्मा, भावेश नागर और दिनेश कुमार अग्रवाल | 145 |
| 30. | अंतरिक्ष पेलोड के इलेक्ट्रोनिकल पैकेज में डायइलेक्ट्रिक सबस्ट्रेट के लिए निर्धारण तंत्र | दर्शन चौधरी, धवल वर्तक और बी सत्यनारायण | 151 |


**राजभाषा सत्र**

**इसरो/ अंवि के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग व संभावनाएं**

**(समय : 14.00-14.30)**


| | | | |
|---|---|---|---|
| 31. | इसरो के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा की एक नई उड़ान | आशीष डावरा और मनीष राठौड़ | 155 |
| 32. | हिंदी भाषा का बढ़ता स्वरूप | निकुंज शाह और चंदन कुमार सिंह | 158 |
| 33. | विदेशी बिल अनुभाग : अंतरिक्ष कार्यक्रमों हेतु महत्वपूर्ण योगदान | सोमा करनावट और बबीता मखीजा | 162 |

## तकनीकी सत्र - 4
## गुणवत्ता और विश्वसनीयता के लिए नवीन विचार
(समय : 14.30-15.45)


| | | | |
|---|---|---|---|
| 34. | एल्युमीनियम पर नेनो सिल्वर विलेपन के लिए प्रक्रिया विकास और गुणवत्ता परिक्षण | वैशाली उमराणीया, विमल शाह और शरद शुक्ला | 166 |
| 35. | प्रवर्धक एमएमआईसी डिजाईन में गुणवत्ता और विश्वसनीयता | प्रणव प्रकाश सिंह, पूजा श्रीवास्तव और डी.के. सिंह | 172 |
| 36. | मुद्रित परिपथ बोर्ड लेआउट का विश्लेषण और इसकी स्वीकृति योजना | रमेश कुमार और मंगल कुमार महापात्र | 176 |
| 37. | बेहतर गुणवत्ता के लिए स्वचालित जाँच व्यवस्था द्वारा GSAT-19/11 के अनुरेखन अभिग्राही का परीक्षण एवं मूल्यांकन | पंकज कुमार गुप्ता, दीपिका रॉय और संतोष लछेटा | 182 |
| 38. | सिलिकॉन कार्बाइड पर कणक्षेपण तकनीक का उपयोग करके टीआईडब्ल्यू-एयू धात्विकीकरण की प्रक्रिया का विकास | अंजली कश्यप और परेश आर. सरवैया | 188 |
| 39. | प्रक्रिया सिमुलेशन के लिए बेलनाकार आरबी लैंप असेंबली के सामग्री गैर-रैखिकता और तापमान के साथ गुण भिन्नता को ध्यान में रखते हुए थर्मो-लोचदार विश्लेषण | चंद्रशेखर और डॉ. बी. एस. मुंजाल | 195 |
| 40. | माइक्रोटोप्स-II सूर्यप्रकाशमापी का लैंगली पद्धति द्वारा अंशांकन | प्रतिभा खेमसारा, मनीषा गुप्ता, शिल्पा प्रकाश, बंकिम शाह और बी.कार्तिकेयन | 201 |
| 41. | टी.डब्ल्यू.टी.ए. को विकसित करने के लिए फेरस और नॉन-फेरस पदार्थ की अपगैसन गुण का विश्लेषण | अखिल कुमार पोद्दार, योगेश घोटेकर और वी.एम. शाह | 207 |
| 42. | अर्जकभार के उच्च विश्वनीयता वाले इलेक्ट्रोनिक्स संविरचन कार्य में सोल्डरिंग की प्रक्रिया को आसान बनाने के लिए जिग का निर्माण | अपिल प्रजापति, महेशकुमार मकवाणा और शिवानंदा | 210 |


## तकनीकी सत्र - 5
## मुख्य विषय से संबंधित अन्य विषय
(समय : 14.30-15.45)


| | | | |
|---|---|---|---|
| 43. | विद्युत प्रकाशीय सुदूर संवेदन नीतभारों के लिए बहुपयोगी नीतभार कमांड एवं नियंत्रण प्रणाली | रंजन परनामी और हेमल वी. भगत | 216 |
| 44. | शेप्ड (सतह-आकार वाला) ग्रेगोरियन एंटिना के मिज़ुगुची शर्त के बारे में विवेचना | डॉ. रमेश चन्द्र गुप्ता, श्रवण कुमार सागी और डॉ. मिलिंद बी महाजन | 223 |
| 45. | एक्स-बैण्ड सार (रीसैट-2ए) के लिए प्रेषण अभिग्राही ब्लाक नियंत्रक की संरचना | संजय कुमार कसोदनिया, चिराग पटेल, अजय कुमार सिंह, रमेश कुमार और हिमांशु पटेल | 228 |
| 46. | भविष्य के सुदूर संवेदी उपग्रहों के लिए लघु ऊष्मा नलिका (Mini Heat Pipe) की अभिकल्पना | विवेक कुमार सिंह और कमलेश कुमार बराया | 232 |
| 47. | CAN बस आधारित डाटा हस्तांतरण | प्रियंका मंगला, एन.पी. अजमेरी, सौमेन गराई और रंजन परनामी | 239 |
| 48. | कार्टोसैट-C2S डाटा का क्षमता मूल्यांकन | सुनंदा त्रिवेदी, बंकिम शाह, टी.पी. श्रीनिवासन और डी. धर | 245 |
| 49. | डीएसी द्वारा एलएफएम सिग्नल में होने वाली क्षतिपूर्ति हेतु मॉड्यूल का एफपीजीए आधारित डिज़ाइन और कार्यान्वयन | शितीशा बाजपेई, रिंकू अग्रवाल और एस.एम. त्रिवेदी | 253 |
| 50. | मौजूदा सुदूर संवेदी उपग्रह और संवेदकों का संभावित गैर-परंपरागत उपयोग : कुछ उदाहरण | आशीष कुमार जैन, पी.आर. सुजिथा, ए.के. बेरा और एस.एस. राव | 259 |
| 51. | भारतीय जलाशयों के सतही जल गतिकी का अंतरिक्षाधारित मंचों से अध्ययन | विभूति भूषण झा, अश्विन गुजराती और रा.प्र. सिंह | 262 |

# पोस्टर सत्र


| | | | |
|---|---|---|---|
| 52. | रीसैट-1A के लिए एस.सी.एल. (SCL) की 180 nm CMOS तकनीक से बना ऑनबोर्ड कंट्रोलर (OBC-2.3) आवेदन विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) डिजाइन | जैमिन तन्ना, हिमांशु पटेल, राहुल धिंगानी, संजय कसोदनिया, अजय कुमार सिंह और बी.एस. रामन | 265 |
| 53. | अंतरिक्ष से अदृश्य वनस्पति प्रतिदीप्ति का अध्ययन : सुदूर संवेदन का एक नवीन, गैर परम्परागत उपयोग | आभा छाबड़ा | 271 |
| 54. | ऐंटीना फीड संरेखण हेतु छः स्वातंत्रय कोटि युक्त फीड स्थापन इकाई की अभिकल्पना एवं विकास | हेमन्त प्रकाश, एन. एच. किनारीवाला और अरुप कुमार हैत | 277 |
| 55. | यजमानित नीतभार द्वारा निम्न शक्ति संवेदक से डेटा संग्रह | आसिया टोपीवाला और अक्षय खरे | 281 |
| 56. | कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभारों की जाँच और मूल्यांकन के लिए समाकलित दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर का निर्माण एवं संरचना | सुमित कुमार, अनिल सुखेजा, जीतेन्द्र शर्मा, अमित दवे और कमलेश राना | 284 |
| 57. | नाविक अंतरी-नौसंचालन अभिग्राही और उसके नए अनुप्रयोग | निष्काम जैन | 290 |
| 58. | एकल-पिक्सल-कैमरा : एक अभिकल्पना, एवं इमेज पुनरुत्पादन के लिये एल्गोरिथ्म का विकास | जितेन्द्र कुमार और बी.एन. शर्मा | 294 |
| 59. | आयकर मामलों मे अंतरिक्ष तकनीकी का सहायक उपयोग | करशन चौधरी, नीता भागिया और बिमल कुमार भट्टाचार्य | 299 |
| 60. | ध्रुवीय सागर-हिम का अंतरिक्षीय अवलोकन | डी. राम रजक, कृति उपाध्याय, पूर्वी जोशी, नवीन त्रिपाठी, संदीप ओझा और ईश मोहन बहुगुणा | 307 |
| 61. | हाई-डेफिनेशन वीडियो कार्यप्रवाह और इसका डेकू के वीडियो कार्यक्रमों में क्रियान्वयन | धर्मेन्द्र सिंह तोमर | 313 |
| 62. | स्केटसैट सेटेलाइट से हवा की गति एवं दिशा | राजेन्द्र एन. गायकवाड़ | 317 |
| 63. | उपग्रह आधारित डिजिटल वीडियो प्रसारण (DVB-S) अभिग्राही का विकास | नरेंद्र कुमार, चन्द्र प्रकाश और नेहा पंचाल | 321 |
| 64. | अंतर्राष्ट्रीय परिपेक्ष्य में इसरो को भावी चुनौतियाँ | सुशांत पुराणिक | 325 |
| 65. | उपग्रहों में ताप नियंत्रण की चुनौतियों हेतु एक भावी तकनीक-लूप ऊष्मानली | कमलेश कुमार बराया | 329 |
| 66. | उष्ण कटिबंधीय चक्रवात से सजगता हेतु शीघ्र चेतावनी प्रणाली: उपग्रहीय परिपेक्ष्य | नीरू जायसवाल, पी.के. थपलियाल एवं सी.एम. किष्टवाल | 336 |
| 67. | मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए एम.एस.एस. टर्मिनल का विकास | योगेश पार्थ, चंद्रप्रकाश और निशा वि. राना | 341 |
| 68. | बेतार संवेदक तंत्र (वायरलेस सेंसर नेटवर्क) का अंतरिक्ष में अभिकल्पन | रोहित कुमार और अनिल सुखेजा | 344 |
| 69. | जीसैट-9: उन्नत सी.ए.डी.(CAD), सी.ए.ई.(CAE) और सी.ए.एम.(CAM) सॉफ़्टवेयरों का उपयोग कर संचार एंटीना के लिए अत्यंत हल्का एवं दृढ़ फीड ब्रैकेट असेंबली का नव निर्माण | कृपा शंकर सिंह, समीर एस सखारे और अरूप कुमार हैत | 347 |

अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के परिपेक्ष्य में इसरो की भावी चुनौतियाँ

# अंतर्राष्ट्रीय फलक पर इसरो की उपलब्धियाँ और भावी चुनौतियाँ

देवांग मांकड, वैज्ञानिक/अभियंता - एस.एफ., devang@sac.isro.gov.in
एम.डी.पी.डी./ एस.आई.पी.जी, अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत

**सारांश -**

*हमारे देश में अंतरिक्ष का पर्याय इसरो है। इसरो भारतवर्ष की सबसे प्रगतिशील संस्थाओं में से एक मानी जाती है। देश के अंतरिक्ष कार्यक्रम का प्रमुख उद्देश्य अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के उपयोग से आम नागरिक को सामाजिक लाभ पहुँचाना है। वर्तमान समय में सम्पूर्ण विश्व में बहुत सारे देशों में अंतरिक्ष से संबंधित कार्यकलाप हो रहे हैं। इनमें सार्वजनिक एवं निजी क्षेत्र दोनों शामिल हैं। इन कारकों के होते हुए इसरो को अपने अंतरिक्ष कार्यक्रमों में चुनौतियाँ आना स्पष्ट है। इस आलेख में इसरो के विविध आयामों में वर्तमान समय में आ रही और भविष्य में संभावित चुनौतियों को उजागर करने का प्रयास किया गया है।*

## 1. प्रस्तावना

भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम आज सही मायने में आकाश की ऊंचाईयों को छू रहा है। अंतरिक्ष में उपग्रहों का प्रक्षेपण कर, इनसे समाज को और देश को लाभ पहुँचाने का भगीरथ कार्य हमारे भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, इसरो को सौंपा गया है। इसरो ने अपने दायित्व को बखूबी निभाते हुए उपग्रह प्रक्षेपण और अंतरिक्ष के शांतिपूर्ण उपयोग के क्षेत्र में कई आयाम हासिल किये हैं। वैश्विक स्तर पर इसरो के कार्यक्रमों में पैदा हो रही रुचि और हमारे द्वारा प्रक्षेपित 200 से अधिक विदेशी उपग्रह, अंतरिक्ष बाज़ार में हमारी मज़बूत स्थिति को बयाँ करते हैं। बेशक इसरो ने भारत को अंतरिक्ष के बहुत सारे आयामों में विश्व के उच्च कोटि के देशों की श्रेणी में खड़ा कर दिया है। यद्यपि अंतरिक्ष क्षेत्र में, अवसर एवं अनिश्चितता, दोनों की विपुलता के कारण इसरो को अंतर्राष्ट्रीय परिसर में हो रहे बदलावों का सीधा असर पड़ेगा।

अंतरिक्ष क्षेत्र में हो रहे व्यवसायीकरण और निजीकरण को ध्यान में रखते हुए, इसरो को अपनी विभिन्न परियोजनाओं में संभावित चुनौतियों का सामना करना पड़ेगा। प्रस्तुत आलेख के खंड-2 में इसरो की उपलब्धियों की झलक देने का प्रयास किया गया है। अंतरिक्ष के बहुविध आयामों में अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर हो रहे विविध विकास और अनुसंधान कार्य एवं उन आयामों में हमारी वर्तमान स्थिति का वर्णन खंड-3 में दिया गया है। खंड-4 में वैश्विक स्तर पर प्रतिद्वन्द्वियों से मुकाबला करने हेतु इसरो द्वारा लिए गए कुछ कदमों को उजागर किया गया है।

## 2. हमारे अंतरिक्ष कार्यक्रम की बहु-आयामी उपलब्धियाँ

प्रथम स्वदेशी उपग्रह प्रक्षेपण यान एसएलवी-3 का शुभारंभ भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) द्वारा 18 जुलाई 1980 को किया गया था। एसएलवी-3 का प्रक्षेपण भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए एक ऐतिहासिक मील का पत्थर था। तब से लेकर गत लगभग 37 वर्षों में भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम ने बहु-आयामी उपलब्धियाँ हासिल की हैं जिनमें प्रमुख हैं [1]:

➢ चंद्रयान-1

चन्द्रमा के लिए भारत का पहला मिशन चंद्रयान-1, 22 अक्टूबर, 2008 को प्रक्षेपित किया गया। अंतरिक्ष यान को चन्द्रमा की रसायन, खनिज और भूगर्भिक फोटो मैपिंग के लिए चंद्रमा की सतह से 100 किलोमीटर की ऊंचाई पर चंद्रमा के चारों ओर परिक्रमा कराई गई थी। अंतरिक्ष यान भारत, अमेरिका, ब्रिटेन, जर्मनी, स्वीडन और बुल्गारिया में निर्मित 11 वैज्ञानिक उपकरण ले गया था।

➢ मंगलयान - मार्स ऑर्बिटर मिशन

इसरो ने पहले प्रयास में मंगलयान का सफलतापूर्ण प्रक्षेपण कर इतिहास रच दिया। पहले ही प्रयास में मंगल तक पहुँचने वाला भारत पहला देश है। बहुत ही कम लागत में बने इस यान को 5 नवम्बर 2013 को प्रक्षेपित किया गया, जो 6660 लाख किलोमीटर की यात्रा करके 24 सितम्बर 2014 को सफलतापूर्वक मंगल ग्रह में प्रवेश कर गया। मंगलयान का उद्देश्य मंगल ग्रह की सतह, आकृति विज्ञान, खनिज और वातावरण का निरीक्षण करना है। इसके अलावा इसका उद्देश्य मंगल ग्रह के वातावरण में मिथेन की एक विशिष्ट खोज से अतीत में उस ग्रह पर जीवन होने के बारे में जानकारी प्रदान करना है।

➢ नाविक - भारतीय नौवहन उपग्रह प्रणाली

भारत ने अपना खुद की जीपीएस प्रणाली स्थापित करने के लिए अप्रैल, 2016 में सफलतापूर्वक अपने नौवहन उपग्रह नाविक को प्रक्षेपित किया है। इसकी मदद से मौसम, विमानन और विभिन्न क्षेत्रों में अधिक सटीकता से जानकारी मिल पाएगी। स्वयं की नौवहन प्रणाली (नेविगेशन सिस्टम) स्थापित करने वाला भारत विश्व का पांचवा देश है।

➢ पुन: प्रयोज्य प्रक्षेपण यान (आर-एल-वी)

अंतरिक्ष में जाकर वापस पृथ्वी की सतह पर आ सकने वाला प्रक्षेपण यान बनाने के लिए इसरो ने एयरक्राफ्ट और प्रक्षेपण यान दोनों तरह की तकनीकों को मिश्रित करके पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण यान (आर-एल-वी) का अभिकल्प तैयार किया है।

➢ इसरो ने 15 फ़रवरी 2017 को पीएसएलवी-सी37 द्वारा एक साथ 104 सैटेलाइट्स पृथ्वी की कक्षा में स्थापित करके अपने आप में एक उपलब्धि प्राप्त की।

इनके अलावा पृथ्वी के मौसम की जानकारी प्राप्त करने हेतु और विभिन्न वैज्ञानिक प्रक्रियाओं को समझने का निरंतर प्रयास हमारी संस्था कर रही है।

### 3. हमारे अंतरिक्ष कार्यक्रम के प्रमुख घटक और इनमें अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर हो रहे विविध कार्यकलाप

अंतरिक्ष कार्यक्रम के महत्व को देखते हुए ज्यादातर देश, इनके संचालन की जिम्मेदारी, सरकारी संगठन द्वारा वहन करने के पक्ष में रहते हैं। चूँकि विकास एवं अनुसंधान के कार्यों में निजी कंपनियों के सहकार से ही अंतरिक्ष जैसा जटिल कार्यक्रम आगे बढ़ सकता है, कार्यकलापों के कुछ घटक निजी क्षेत्र को भी सौंपे जाते है। निजी कंपनियाँ उपग्रह प्रक्षेपण से लेकर डेटा प्रक्रमण करने तक के सारे कार्य करने में सक्षम हो जाएँ तो अंतरिक्ष के अनुप्रयोगों की पहुँच बढ़ाने में सरकारी क्षेत्र को बड़ी सहायता मिल सकती है। अमेरीका इस मिक्स-मॉडल को अपनाकर, अपनी संस्थाओं का ध्यान, अत्यंत महत्वपूर्ण और जटिल अनुसंधान कार्य, जैसे कि अंतरग्रहीय अभियान, अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन के विषय में अनुसंधान इत्यादि, पर केंद्रित करने में सफल हो चुका है। दूसरे छोर पर, यूरोपीय देश संगठित होकर, यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ईसा) की स्थापना कर, अंतरिक्ष कार्यक्रम के विभिन्न घटकों को अपने सदस्य देशों में वितरित करके, कार्यक्रम का फायदा प्राप्त कर रहे हैं।

यदि अंतरिक्ष कार्यक्रम की पूरी प्रणाली को विभिन्न कार्यकलापों में विभाजित करते हैं तो इसके घटक निम्नानुसार होंगे:

(क) प्रक्षेपण यान और उससे संबंधित तकनीकी

(ख) विविध अनुप्रयोगों के लिए विशिष्ट नीतभार

(ग) उपग्रह डेटा का संग्रहण एवं अभिग्रहण और उसके विविध अनुप्रयोग

कार्यक्रम के हर घटक में इसरो और अन्य अंतर्राष्ट्रीय कार्यक्रमों का तुलनात्मक वर्णन उप-खंड 3.1 से 3.4 में प्रस्तुत है।

#### 3.1 प्रक्षेपण यान और संबंधित तकनीकी

ध्रुवीय उपग्रह प्रमोचन वाहन (पीएसएलवी), विश्व के सर्वाधिक विश्वसनीय प्रमोचन वाहनों में से एक है। यह गत 23 वर्षों से भी अधिक समय से अपनी सेवाएं उपलब्ध करा रहा है तथा इसने चंद्रयान-1, मंगल कक्षित्र मिशन, अंतरिक्ष कैप्सूल पुनः प्रापण प्रयोग (स्पेस कैप्सूल रिकवरी एक्सपरिमेंट), भारतीय क्षेत्रीय दिशानिर्देशन उपग्रह प्रणाली (आईआरएनएसएस) आदि जैसे अनेक ऐतिहासिक मिशनों के लिए उपग्रहों का प्रमोचन किया है। प्रमोचन सेवादाता के रूप में पीएसएलवी कई संगठनों की पहली पसंद है तथा इसने 200 से ज्यादा विदेशी उपग्रहों को प्रमोचित किया है। इस यान से सूर्य तुल्यकाली ध्रुवीय कक्षाओं में 1750 कि.ग्रा. वजन के नीतभार भेजे जा सकते हैं। इस प्रमोचन यान से भूस्थिर एवं भूतुल्यकाली कक्षाओं में भी कम वजनवाले नीतभार प्रक्षेपित किये जा सकते हैं।

भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन वाहन (जीएसएलवी) हमारी संस्था का सबसे बड़ा प्रक्षेपण यान है। इस यान की सहायता से इन्सेट वर्ग के संचार उपग्रहों को भूतुल्यकाली स्थानांतरण कक्षाओं (जीटीओ) में प्रमोचित किया जा सकता है। इससे निम्न भू-कक्षा (एलइओ) में 5000 कि.ग्रा. वजन के नीतभार भेजे जा सकते हैं। इस यान में स्वदेशी तकनीक से विकसित अतिनिम्नतापीय ऊपरी चरण (क्रायोजेनिक अपर स्टेज) का उपयोग किया जाता है। यह यान जनवरी 2014 से लगातार 4 सफल प्रमोचन कर चुका है। इस यान का उन्नत संस्करण जीएसएलवी-एमके 3 - जीटीओ में 4 टन वजन में अथवा एलइओ में 10 टन वजन के उपग्रह ले जा सकता है, जो जीएसएलवी-एमके 2 से दुगुनी क्षमता है।

इन प्रक्षेपण यानों के अतिरिक्त अंतरिक्ष में पहुँच को कम लागत का बनाने में पुन: प्रयोज्य प्रक्षेपण यान (आर-एल-वी) का महत्वपूर्ण योगदान रहेगा। इस रोकेट के प्रौद्योगिकी प्रदर्शक यान का सफल परीक्षण किया गया है। भविष्य में इस राकेट को भारत के पुन:उपयोगी दो चरण वाले कक्षीय प्रमोचक राकेट के प्रथम चरण के रूप में विकसित किया जाएगा।

#### 3.1.1 प्रक्षेपण यान और संबंधित तकनीकी में चुनौतियाँ

प्रक्षेपण हेतु अंतर्राष्ट्रीय संस्थाओं द्वारा विविध नवाचार पर आधारित यान तैयार किये जाते हैं। इन यानों की क्षमता के अनुसार इनका उपयोग एलइओ अथवा जीटीओ कक्षा में उपग्रहों का प्रमोचन करने हेतु किया जाता है। यदि विश्व के समकालीन प्रक्षेपण कार्यक्रमों का अभ्यास करते हैं तो तालिका-1 में दर्शित प्रक्षेपण यानों की क्षमता इसरो के लिए चुनौतीपूर्ण हो सकती है।

विश्व के कुछ देशों की प्रमोचन क्षमता और संख्या को देखते हुए इसरो को ज्यादा वजन के नीतभार अंतरिक्ष में प्रमोचित करने पर ध्यान देना होगा। साथ ही पुन: प्रयोज्य यान जैसी तकनीकी को जल्द से जल्द कार्यान्वयन में लाने की आवश्यकता है।

**तालिका -1**

| क्रम. सं | प्रक्षेपण यान | मूल देश / समूह | द्रव्यमान क्षमता (कि.ग्रा.) | | प्रमोचन संख्या |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | अंगारा | रशिया | 24000 (एलइओ) | 7500 (जीटीओ) | 1 |
| 2 | एरियन | यूरोप | 21650 (एलइओ) | 11500 (जीटीओ) | 73 |
| 3 | डेल्टा | अमेरीका | 28790 (एलइओ) | 14220 (जीटीओ) | 43 |
| 4 | फाल्कन | अमेरीका (स्पेसएक्स) | 63800 (एलइओ) | 26700 (जीटीओ) | 37 |
| 5 | एटलास | अमेरीका | 20520 (एलइओ) | 8700 (जीटीओ) | 78 |
| 6 | एच-1 एच-2 | जापान | 16500 (एलइओ) | 8000 (जीटीओ) | 34 |
| 7 | लोंग मार्च | चीन | 25000 (एलइओ) | 14000 (जीटीओ) | 240 |

### 3.2 अंतरिक्ष यान और विविध नीतभार

इसरो ने विभिन्न वर्गों के अंतरिक्ष यानों को संक्रियात्मक दिशा प्रदान की है। इनके प्रकार निम्नानुसार हैं [2]:

(क) संचार उपग्रह

भारतीय राष्ट्रीय उपग्रह (इन्सैट) प्रणाली, भूस्थिर कक्षा में स्थापित प्रचलनात्मक संचार उपग्रहों सहित एशिया-पेसिफिक क्षेत्र में सबसे बड़े घरेलू संचार उपग्रहों में से एक है। इन्सैट-1बी से शुरूआत करते हुए इसकी स्थापना 1983 में की गई। इसने भारत के संचार क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण क्रांति की शुरूआत की तथा बाद में भी इसे बरकरार रखा। वर्तमान में प्रचलनात्मक संचार उपग्रह हैं- इन्सैट-3ए, 3सी, 3ई, 4ए, 4बी, 4सी.आर. और जीसैट-6,7,8,9,10,12,14,15,16,17 एवं 18।

(ख) भू-प्रेक्षण उपग्रह

वर्ष 1988 के आई.आर.एस.-1ए से शुरूआत करते हुए इसरो ने कई प्रचलनात्मक सुदूर संवेदन उपग्रहों का प्रमोचन किया है। आज, भारत के पास सबसे बड़ी संख्या में प्रचालनरत सुदूर संवेदन उपग्रहों का समूह है। वर्तमान में, 12 प्रचालनरत उपग्रह सूर्य-तुल्यकाली कक्षा में हैं:

- रिसोर्ससैट-1,2 एवं 2ए
- कार्टोसैट-1 और 2, 2ए, 2बी
- रीसैट-2, ओशनसैट-2
- मेघा-ट्रापिक्स, सरल और स्केटसैट-1

इन्सैट-3डी, कल्पना एवं इन्सैट-3डीआर, इसरो के भू-तुल्यकाली कक्षा में कार्यरत उपग्रह हैं। देश में तथा वैश्विक उपयोग हेतु विभिन्न प्रयोक्ता आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए विविध स्थानिक, स्पैक्ट्रमी तथा कालिक विभेदनों में आवश्यक आँकड़े प्रदान करने हेतु विभिन्न उपकरणों को इन उपग्रहों द्वारा भेजा गया है। इन उपग्रहों से प्राप्त आंकड़ों का प्रयोग विभिन्न अनुप्रयोगों जैसे कृषि, जल संसाधन, शहरी योजना, ग्रामीण विकास, खनिज संभावना, पर्यावरण, वानिकी, समुद्री संसाधन तथा आपदा प्रबंधन में किया जाता है।

(ग) उपग्रह नौवहन

उपग्रह नौवहन सेवा वाणिज्यिक एवं सामरिक अनुप्रयोगों की प्रणाली पर आधारित उभरती हुई उपग्रह प्रणाली है। इसरो, नागरिक उड्डयन आवश्यकताओं की बढ़ती हुई मांगों को पूरा करने तथा स्वतंत्र उपग्रह नौवहन प्रणाली पर आधारित अवस्थिति, नौवहन एवं कालन की प्रयोक्ता आवश्यकताएं पूरा करने हेतु उपग्रह आधारित नौवहन सेवाएं मुहैया कराने के लिए प्रतिबद्ध है। नागरिक उड्डयन की आवश्यकताएँ पूरी करने हेतु इसरो जी.पी.एस. समर्थित भू संवर्धित नौवहन (गगन) प्रणाली की स्थापना करने के लिए भारतीय विमानपत्तन प्राधिकरण (ए.ए.आई.) के साथ संयुक्त रूप से कार्य कर रहा है। स्वदेशी प्रणाली पर आधारित अवस्थिति, नौवहन एवं कालन सेवाओं की अवश्यकताएं पूरी करने हेतु, इसरो भारतीय प्रादेशिक नौवहन उपग्रह प्रणाली (आई.आर.एन.एस.एस.) नामक प्रादेशिक उपग्रह नौवहन प्रणाली की स्थापना कर रहा है। नाविक प्रणाली के सारे उपग्रह हर समय भारत के क्षेत्र पर दृष्टि रखेंगे। नाविक के सभी सात उपग्रह अर्थात्, आई.आर.एन.एस.एस.-1ए, 1बी., 1सी, 1डी, 1ई, 1एफ, और 1जी को 2013 से 2016 के बीच सफलतापूर्वक प्रमोचित किया गया था और तभी से सभी उपग्रह अपने निर्दिष्ट कक्षीय स्थानों पर संतोषजनक कार्य कर रहे हैं। आई.आर.एन.एस.एस.-1आई. नाविक (भारतीय नौवहन समूह) में शामिल होने वाला आठवाँ उपग्रह है, जिसे 12 अप्रैल, 2018 को पी.एस.एल.वी.-सी41 द्वारा प्रमोचित किया गया है।

(घ) अंतरिक्ष विज्ञान एवं अन्वेषण

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में खगोल विज्ञान, ताराभौतिकी, ग्रहीय विज्ञान एवं भू विज्ञान, वायुमंडलीय विज्ञान एवं सैद्धांतिक भौतिक विज्ञान जैसे क्षेत्रों के अनुसंधान शामिल हैं। बलून, परिज्ञापी राकेट, अंतरिक्ष आधारित और भू-आधारित सुविधाएं इन अनुसंधान प्रयासों में सहायक हैं। परिज्ञापी राकेटों की श्रृंखला वायुमंडलीय प्रयोगों हेतु उपलब्ध है। विभिन्न वैज्ञानिक उपकरण, उपग्रहों पर विशेषकर, खगोलीय एक्स-किरण एवं गामा किरण प्रस्फुटों को दिशा देने हेतु प्रक्षेपित किए गए हैं।

(ङ) लघु उपग्रह परियोजना

इसरो द्वारा लघु उपग्रह परियोजना के तहत विभिन्न प्रकार के नीतभारों के लिए बहुमुखी आधार बनाने हेतु दो प्रकार की बसों का संरूपण एवं विकास किया गया है। भारतीय लघु उपग्रह-1 (आई.एम.एस.-1) बस 100 कि.ग्रा. श्रेणी की बहुमुखी बस के रूप में विकसित की गई है जिसमें लगभग 30 कि.ग्रा. की नीतभार क्षमता शामिल है। इस बस को विभिन्नक न्यूनीकरण तकनीकों का इस्तेमाल करते हुए विकसित किया गया है। आई.एम.एस.-2 बस को 400 कि.ग्रा. की श्रेणी मानक बस के रूप में विकसित किया गया है जिसमें लगभग 200 कि.ग्रा. की नीतभार क्षमता शामिल है। आई.एम.एस.-2 का विकास एक महत्वपूर्ण उपलब्धि है, क्योंकि यह विभिन्न प्रकार के सुदूर संवेदन अनुप्रयोगों हेतु विश्वसनीय उपग्रह बस है।

### 3.2.2 अंतरिक्ष यान और नीतभार संबंधित तकनीकी में चुनौतियाँ

प्रकाशीय नीतभार की श्रृंखला में विभेदन क्षमता का बहुत बड़ा योगदान है। अमेरीका के सैटेलाइट इमेजिंग कॉर्पोरेशन द्वारा निर्मित वर्ल्डव्यू उपग्रहों की विभेदन क्षमता 35 सेमी से भी कम है। इस श्रृंखला में 1 मीटर से कम विभेदन क्षमता वाले कई उपग्रहों का प्रक्षेपण किया गया है। चीन ने गोफेण उपग्रह श्रृंखला के तहत अति-उच्च विभेदन के नीतभार अंतरिक्ष में भेजे है। प्रत्येक देश अपनी आतंरिक एवं बाहय सुरक्षा को मद्देनज़र रखते हुए अति-उच्च विभेदन के नीतभार बनाते हैं।

सूक्ष्मतरंग नीतभार की श्रृंखला में हमारी रिसेट श्रृंखला की भिडंत कनाडा की रडारसेट श्रृंखला से होगी | 2018 में कनाडा की अंतरिक्ष संस्था द्वारा रेडारसेट कोंस्टेलेशन मिशन (आरसीएम) के तहत 3 संश्लेषी द्वारक रेडार (सार) के प्रमोचन की संभावना है। भारत ने चन्द्र और मंगल ग्रह पर अपने यान भेजे हैं। अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर दूसरे देशों के इस क्षेत्र में विपुल कार्यक्रम उपलब्ध हैं। अमेरीका ने अपनी वायकिंग श्रृंखला में मंगल और वोयेजर श्रृंखला के तहत बृहस्पति, शुक्र एवं शनि ग्रहों के लिए विशेष यान प्रक्षेपित किये। चीन की चांग श्रृंखला के तहत चन्द्र-अन्वेषी यंत्र प्रक्षेपित किये जा चुके हैं। मुख्य रूप से अमेरीका ग्रहिका अन्वेषण और अंतरिक्ष दूरदर्शक (स्पेस

टेलिस्कोप) जैसे जटिल विषयों पर कार्य कर रहा है जिससे हमारे अंतरिक्ष कार्यक्रम को चुनौती है।

लघु उपग्रहों के प्रक्षेपण में इसरो को महारत हासिल है, किन्तु इस क्षेत्र में भी अमेरीका सहित कई संस्थाओं द्वारा क्यूबसेट जैसे अत्यंत छोटे उपग्रहों को अंतरिक्ष एवं अन्य ग्रहों पर भेजने के कार्यक्रम प्रस्तावित हैं। लघु उपग्रह प्रमोचन यान बनाने के लिए कई निजी कम्पनियाँ, जैसे कि, वर्जिन ऑर्बिट, रॉकेट लेब, पीएलडी स्पेस इत्यादि कार्य कर रही हैं जिनसे हमारे देश के इस कार्यक्रम को अच्छी चुनौती मिलने की सम्भावना है।

### 3.3 उपग्रह डेटा का संग्रहण एवं अभिग्रहण और उसके विविध अनुप्रयोग

इस क्षेत्र में इसरो ने उपग्रह डेटा के विविध अनुप्रयोगों की संकल्पना कर, उन्हें कार्यान्वित किया है। गूगल के स्वदेशी पर्याय के रूप में भुवन उभरा है। अपने संचार उपग्रहों की सहायता से हमने दूर-चिकित्सा, दूर-शिक्षण और आपदा प्रबंधन के क्षेत्रों में विपुल मात्रा में सिद्धियाँ प्राप्त की हैं। क्षेत्रीय नौसंचालन उपग्रह प्रणाली (आईआरएनएसएस) से स्थलीय, हवाई और समुद्री नौसंचालन, आपदा प्रबंधन, वाहन अनुवर्तन और बेड़ा प्रबंधन, सटीक समय की जानकारी एवं मानचित्रण और भूमिति डेटा प्रग्रहण जैसे अनुप्रयोग सक्रियात्मक हो चुके हैं। इसरो ने मौसम मापदंडों पर आधारित अवलोकनों से स्वदेशी प्रणाली विकसित की है। इस प्रणाली में महत्वपूर्ण मौसम पैरामीटर जैसे कि दबाव, तापमान, आर्द्रता इत्यादि की जानकारी हेतु स्वचालित मौसम केंद्र (एडब्ल्यूएस) शामिल है। मिट्टी का तापमान, मिट्टी की नमी, मिट्टी की गर्मी और शुद्ध विकिरण, हवा की गति, हवा की दिशा, दबाव और आर्द्रता को मापने के लिए एग्रो मेट्रोलॉजिकल (एग्रोमेट) टावर्स भी इस प्रणाली का हिस्सा है। इसरो द्वारा विकसित डॉपलर मौसम रेडार (डीडब्लूआर) चक्रवात और भारी बारिश जैसी खराब मौसम की घटनाओं के मानीटरन में सहायता करता है।

#### 3.3.1 डेटा अभिग्रहण और अनुप्रयोग में चुनौतियाँ

ध्रुवीय अभियानों के डेटा अभिग्रहण हेतु स्टेशन यदि ध्रुव पर स्थित हो तो उच्च-विभेदन हेतु ज्यादा आयतन का डेटा डाउनलोड करने में सुविधा होगी। दक्षिण ध्रुव स्थित हमारे स्टेशन ‘भारती’ के कारण हमें काफ़ी मात्रा में सहायता मिलती है किन्तु उत्तर ध्रुव में इसरो के पास अपनी अनुसंधान सुविधा हो तो इस विषय में और आसानी हो जाएगी। वर्तमान में नॉर्वे की निजी कंपनी द्वारा संचालित स्वालबर्ड डेटा अभिग्रहण स्टेशन में हमें हर कक्षा के डेटा को डाउनलोड करना पड़ता है जोकि हमारे कार्यक्रम के लिए एक चुनौती है।

अनुप्रयोगों के विषय में भी हमारी संस्था को निजी उपग्रह डेटा प्रक्रमण कंपनियों द्वारा विकसित विभिन्न सॉफ्टवेयर और अन्य टूल्स से चुनौती का सामना करना पड़ सकता है। संगणक की दुनिया में हो रहे नए अनुसंधान और विकास के कार्य जैसे हाई स्पीड टेक्निकल कम्प्यूटिंग, ग्रिड और क्लाउड कम्प्यूटिंग जैसे क्षेत्रों में आवश्यक अनुकूलन करके इन चुनौतियों का सामना किया जा सकता है।

## 4. इसरो द्वारा उठाये गए विशिष्ट कदम

इसरो ने अंतरिक्ष क्षेत्र की हर एक चुनौती को स्वीकार किया है। इसने अपनी हर विफलता से सीखा है और अंतरिक्ष क्षेत्र में अग्रसर रहा है। अंतरिक्ष यान को कम लागत का बनाने हेतु पुन: प्रयोज्य यान और स्क्रेमजेट इंजन जैसी कठिन तकनीकों का विकास किया गया है। विभिन्न विश्व-विद्यालयों के साथ मिलकर और उनके विद्यार्थियों को लघु उपग्रह बनाने में आवश्यक सहायता प्रदान कर, इसरो ने शैक्षिक संस्थाओं को अपने कार्य में मिला लिया है। इससे हमारी संस्था को प्रौद्योगिकी संबंधित चुनौतियों को हल करने में नवाचार पर आधारित एक शक्तिशाली बेस की प्राप्ति हुई है। इसरो ने मंगलयान, एलवीएम-3 और एस्ट्रोसेट जैसे अभियानों पर कार्य किया है तो सूर्य के अन्वेषण के लिए आदित्य अभियान पर भी अपनी दृष्टि जमाए रखी है। इसरो अंतरिक्ष के क्षेत्र में बहुत कम लागत से अत्यंत विश्वसनीय प्रक्षेपण करने वाली संस्था के रूप में उभरा है। पीएसएलवी हमारी संस्था का वर्कहॉर्स साबित हुआ है। विश्व के बहुत सारे देशों का हमारी संस्था पर उपग्रह प्रमोचन के लिए आधारित होना हमारी कामयाबी का प्रतीक है। अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर चुनौतियाँ तो आएँगी ही, पर हम उनका सामना करने के लिए हमेशा तैयार हैं और आगे भी रहेंगे।

**लेखक परिचयः** देवांग मांकड ने वर्ष 1997 में फेकल्टी ऑफ टेक्नोलॉजी एंड इंजीनियरिंग, महाराजा सयाजीराव यूनिवर्सिटी, बरोड़ा से कंप्यूटर इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 1998 से अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्मतरंग डेटा प्रक्रमण के क्षेत्र में कार्यरत हैं।

**संदर्भः**
1. इसरो में राजभाषा के प्रयोग में आ रही चुनौतियाँ एवं उनके समाधान, देवांग मांकड, हिंदी तकनीकी संगोष्ठी 2017
2 .इसरो की वेबसाइट

**पारिभाषिक शब्दावलीः** अंतरिक्ष कार्यक्रम, मंगलयान, चन्द्रयान, प्रक्षेपण, नीतभार, अनुप्रयोग

**आभारः** समूह के सभी वरिष्ठ अधिकारियों और प्रभाग के सभी सहकर्मियों का मैं आभारी हूँ, जिन्होंने हिन्दी लेखन के लिए मेरा उत्साह-वर्धन किया। केंद्र के हिन्दी अनुभाग का आभार, जिनका निरंतर सहकार हिन्दी कार्यान्वयन हेतु प्राप्त होता रहता है। तकनीकी संगोष्ठी में लेख लिखने का अवसर प्रदान करने हेतु संगोष्ठी समिति को हार्दिक धन्यवाद।

***

उप शीर्षक: अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों के परिपेक्ष्य में इसरो की भावी चुनौतियाँ

# उच्च आवृत्ति बैंड अनुप्रयोग: अवसर एवं यांत्रिक अभिकल्पना चुनौतियाँ

जिगर गांधी, राजू निपाने
वैज्ञानिक/अभियंता-एस.ई.
सी.एन.डी.डी./सी.एस.एम.जी./एम.ई.एस.ए., अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
jigargandhi@sac.isro.gov.in, rajunipane@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

वर्तमान में सामाजिक एवं आर्थिक विकास, वैज्ञानिक अध्ययन तथा आपदा प्रबंधन के लिये उपग्रहों की अंतरिक्ष में उपस्थिति अपरिहार्य है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने जीसैट (GSAT)-19 में का Ka/Ku-बैंड उच्च थ्रुपुट संचार (High Throughput Satellite) ट्रांसपोंडर का सफल उपयोग किया है। जीसैट-11 और जीसैट-20 संचार प्रणाली में क्रांतिकारी बदलाव लायेंगे। यह लॉन्च न केवल टीवी और स्मार्ट फोन के उपयोग को प्रभावित करेंगे, बल्कि स्मार्ट शहरों की भविष्य की संचार आवश्यकताओं को भी प्रेरित करेंगे। इस लेख में उच्च आवृत्ति बैंड अनुप्रयोग हेतु यांत्रिक अभिकल्पना तकनीक में किये गये आयाम, योगात्मक विनिर्माण, ऊष्मीय प्रबंधन, पर्यावरण संरक्षण आदि प्रस्तुत किये गए हैं।

## 1. प्रस्तावना

हाल के वर्षों में मल्टीमीडिया के उपभोक्ताओं की संख्या एवं इंटरनेट यातायात में काफी वृद्धि के कारण कम डेटा दरों पर चल रहे रेडियो आवृत्ति प्रणाली पर काफी बोझ बढ़ा है। सूचना प्रौद्योगीकी के प्रचण्ड वृद्धि के कारण सूचना के कारोबार के चालन के लिए उच्च एवं उच्च डाटा दर की मांग बढ़ती जा रही है। यह तकनीक भविष्य में कुछ समय बाद हमें अल्प डाटा दर प्रक्षेत्र से उच्च डाटा दर प्रक्षेत्र में बदलने में मददगार साबित होगी एवं इसे एक विश्वसनीय तकनीक माना जाएगा। यह हमारी अति उच्च गति एवं प्रचण्ड क्षमता की आवश्यकताओं को पूरा कर सकने में सहायक होगी।

## 2. उच्च आवृत्ति बैंड अनुप्रयोग: अवसर एवं चुनौतियाँ

आम तौर पर मिलीमीटर तरंगदैर्ध्य (wave length) 1 से 10 एम.एम. (mm) के बीच या आवृत्ति के बैंड को 30 से 300 GHz के बीच माना जाता है। वर्तमान आवृत्ति में बढ़ोतरी से संबंधित अनेक लाभ है जिनमे मौजूदा बैंड-विड्थ में बढ़ोतरी की संभावना, उन्नत वियोजन (improved resolution) एवं दिशिकता (directivity) की जो दिए गए एंटेना के विस्तार के लिए प्राप्त किए जा सकते है। इससे हम कम आकार एवं अल्प-भार प्रणाली के कारण प्रसारण क्षमता को बढ़ा सकते है तथा रेडार एवं इमेजिंग प्रणाली के उन्नत वियोजन को सुनिश्चित कर सकते हैं।

मिलीमीटर तरंग आवृत्ति, डेटा का शीघ्रता से भारी मात्रा में स्थानांतरण के कारण पांचवें पीढ़ी (5G) वायरलेस संचार नेटवर्क जैसे अनुप्रयोगों के लिए तेजी से लोकप्रिय हो रही है। तालिका -1 में उच्च आवृत्ति बैंड का विवरण दिया गया है।

**तालिका -1**

| बैंड | आवृत्ति |
|---|---|
| $K_u$ band | 12.4 - 18.0 GHz |
| K band | 18.0 - 26.5 GHz |
| $K_a$ band | 26.5 - 40.0 GHz |
| Q band | 33 - 50 GHz |
| V band | 40 - 75 GHz |
| W band | 75 - 110 GHz |

**अनुप्रयोग:**

**संचार के क्षेत्र में मिलीमीटर तरंग के अनुप्रयोग निम्नानुसार हैं-**

- **सुरक्षित सैन्य संचार**
- **अंतर उपग्रह लिंक**
- **बिंदु दर बिंदु अत्यंत व्यापक बैंड संचार**
- **हस्तक्षेप मुक्त संचार**
- **वैज्ञानिक दूर संचार, रेडियो खगोल विज्ञान, रेडार अनुप्रयोग, सुदूर संवेदन एवं वैश्विक मानचित्रण**

**चुनौतियाँ:**

मिलीमीटर-तरंग एकीकृत परिपथ, परिपथ अभिकल्पना (design), अभिविन्यास (layout) और मापन में उनके निचले आवृत्ति समकक्षों की तुलना में अतिरिक्त कठिनाइयों का सामना करना पड़ता हैं। इन आवृत्तियों पर परजीवी (parasitics) प्रभाव बहुत अधिक असर करता है।

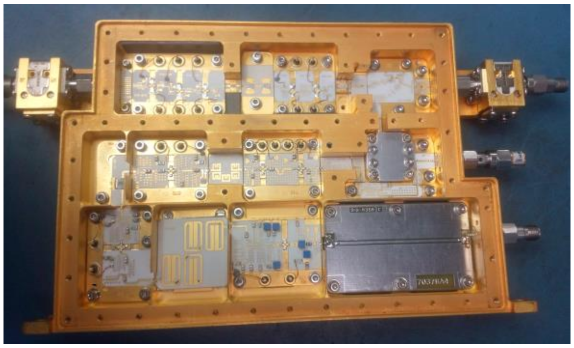
संवेष्टन की अभिकल्पना बड़ी सावधानीपूर्वक करने की आवश्यकता होती है क्योंकि माइक्रोस्ट्रिप और सह-प्लानर तरंग-पथक परिपथ (वेव-गाइड सर्किट) उच्च आवृत्तियों पर एंटेना की तरह व्यवहार करते हैं, वांछित पथ से विकिरित संकेतक और जिसके परिणामस्वरूप अप्रासंगिक संकेतक (क्रास-टॉक) और नुकसान होता है।

## 3. अभिकल्पना तकनीक (Design Methodology):

यांत्रिक घटकों की अभिकल्पना से जुड़ी चुनौती के लिए उच्च आवृत्ति के महत्व की समझ, अभिकल्पना कौशल, साथ ही साथ निर्माण या कार्यान्वित करने की सुविधा की आवश्यकता होती है। यांत्रिक अभिकल्पना में रेडियो आवृत्ति विलगन (isolation) केविटी, संवेष्टन आयाम, सूक्ष्म सहिष्णुता, सटीक निर्माण और परिशुद्ध संयोजन शामिल है।

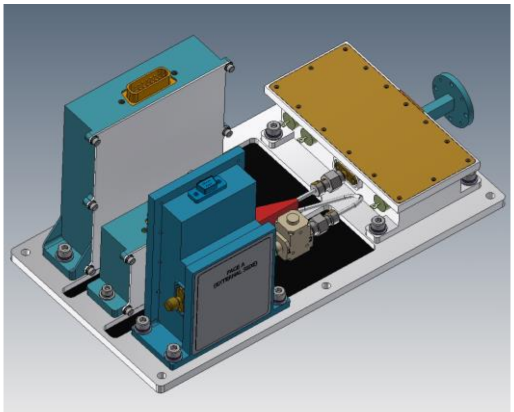
अभिनव पैकेजिंग तकनीक जैसे माइक्रोस्ट्रिप से तरंग-पथक परिवर्तन, घने इलेक्ट्रॉनिक संवेष्टन को सुविधाजनक बनाने के लिए विलगन ढक्कन को विकसित और कार्यान्वित किया गया है। संवेष्टन की अभिकल्पना यांत्रिक सॉफ्टवेर का उपयोग कर, 3D मॉडलिंग से किया गया है। विद्युत अनुकरण (simulation), एचएफएसएस (HFSS) सॉफ्टवेयर के साथ किया गया। अखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ (MMIC) चिप के छोटे पिन के साथ सब्सट्रेट पर ट्रैक का संरेखण बहुत ही महत्वपूर्ण है। MMIC चिप के बहुत छोटे आकार के कारण, सभी वाहक पट्टियां और संवेष्टन को DFM&A और तदनुसार सहिष्णुता के साथ अभिकल्पित किया गया। चित्र 1 में Ka x Ka-बैंड परिवर्तक (converter) दिखाया गया है।

सह-प्रणाली की यांत्रिक अभिकल्पना यह आश्वस्त करती है की हस्तान्तरण, परिवहन, परिक्षण, एवं उड़ान के दौरान आनेवाले गतिशील भार के कारण किसी भी तरह से विफलता न हो। इस संवेष्टन को संरचनात्मक तरीके से दृढ़ एवं ऊष्मीय दृष्टि से स्थायी बनाया जाता है ताकि यह योग्यता परीक्षण (Qualification Test) का सामना कर सकें। यांत्रिक अभिकल्पना के वक्त आवश्यक बातों का ध्यान रखा जाता है जैसे पेनल पे उपलब्ध आसंजन क्षेत्र, पेनल पर दिए गए आरोपण के साथ संयोजन, संवेष्टन अंतरापृष्ठ एवं शक्ति प्रवर्धक के साथ ऊष्मा नली की संगति और EPC के साथ DC गम्यता (accessibility)।

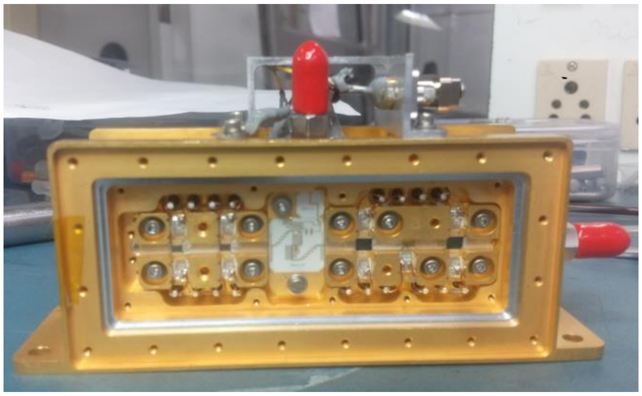


चित्र 1. Ka x Ka-बैंड **परिवर्तक** (GSAT-29)

संवेष्टन को आक्षुरण (milling) के द्वारा एक ठोस एल्यूमीनियम (Al 6061 T6) से बनाया जाता है। कार्यात्मक इकाइयों के बीच एक अच्छा रेडियो आवृत्ति विलगन प्रदान करने के लिए पैकेज के अंदर तरंग संचालन का शमन करना आवश्यक है। इसे सुनिश्चित करने के लिए संवेष्टन की केविटी की चौड़ाई एवं ऊंचाई को अधिकतम आवृत्ति; इलेक्ट्रिकल अनुकरण के अनुसार रखा जाता है और साथ-साथ संवेष्टन के कैविटी की दीवारों और विलगन ढक्कन के निचले भाग पर रेडियो आवृत्ति अवशोषित करने वाली सामग्री (absorber) के टुकड़ों को RTV से चिपकाया जाता है।



चित्र 2. Q-बैंड शक्ति प्रवर्धक (SSPA)



चित्र 3. Q-बैंड अभिग्राहित्र (Receiver)

एल्यूमीनियम की सतह एक संक्षारण प्रतिरोधी एवं विद्युत प्रवाहकीय बनाने के लिए सोने की परत (gold plating) चढ़ायी जाती है। सब्सट्रेट्स और अलुमिनिअम संवेष्टन के बीच थर्मल विस्तार विसंगति, पर्याप्त रिबन-बॉन्ड लूप ऊंचाई द्वारा समायोजित की जाती है।

**योगात्मक विनिर्माण (Additive manufacturing):**

योगात्मक विनिर्माण तकनीक जैसे सीधे धातु लेजर सिंटरिंग (DMLS) की तरह एक उपयुक्त विकल्प है जिसे अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए सोचा जा सकता है। परत-दर-परत (layer-by-layer) यह संरचना का निर्माण करती है, इस प्रकार जोड़ों और इस कारण रेडियो आवृत्ति के रिसाव (RF leakage) से बचा जा सकता है।

यह बहुत ही कम समय में निर्माण की तकनीक है। योगात्मक विनिर्माण तकनीक, ऐंटेना, वेवगाइड, ब्रैकेट, थ्रस्टर्स, मुख्य ऑक्सीडाइज़र वाल्व, दहन कक्ष लाइनर, और प्रोपेलेंट इंजेक्टर जैसे कई घटकों के निर्माण में किया जाता है।

Q-बैंड तरंग-पथक परिपथमें वेव-गाइड का निर्माण इस तकनीक से किया गया। जिससे जरूरी आयाम को नियत सहिष्णुता के अंदर निर्माण किया गया।

## 4. पर्यावरण संरक्षण:

पर्यावरण में कई तत्व अखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ के धातु लाइनों के साथ-साथ पैकेज में अन्य घटकों को संक्षारण या शारीरिक क्षति का कारण बन सकते हैं। यद्यपि अंतरिक्ष में कोई नमी (Moisture) नहीं है, नमी अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में अखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ के लिए चिंता का विषय है क्योंकि यह निर्माण

के दौरान या वायुरुद्ध सीलिंग (Hermetic Sealing) से पहले संवेष्टन में प्रवेश की संभावना होती है। नमी के कारण क्षति की संवेदनशीलता, पदार्थो, विनिर्माण विधियों, प्रक्रियाओं, भंडारण की स्थिति आदि पर निर्भर है। इन विफलता तंत्र को कम करने के लिए तथा उच्च विश्वसनीयता अनुप्रयोगों के लिए अखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ संवेष्टन को वायुरुद्ध होना चाहिए।

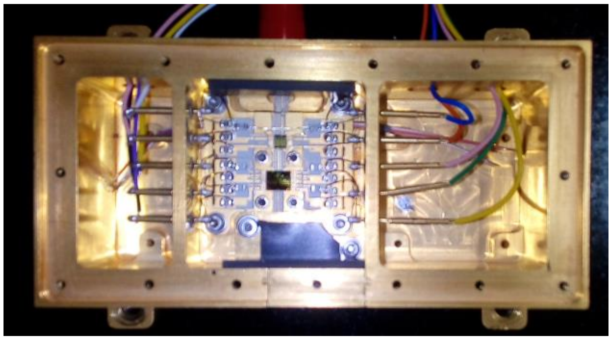
शक्ति प्रवर्धक (Driver Amplifier, Q-बैंड शक्ति प्रवर्धक) एवं Q-बैंड अभिग्राहित्र (Receiver) का वायुरुद्ध सीलिंग, EPO-TEK H74 ऊष्मीय वाहक एपोक्सी से किया गया। फाइन लिक टेस्टिंग के लिये जाँचा गया। इस तकनीक से कम समय में वायुरुद्ध सीलिंग हासिल किया गया।

## 5. ऊष्मीय प्रबंधन:

ऊष्मीय प्रबंधन प्रणाली में ऊष्मा का परिवहन और ऊष्मा का त्याग शामिल हैं, साथ ही निर्दिष्ट सीमाओं के भीतर तापमान को बनाए रखने के लिए ऊष्मा के प्रवाह को नियंत्रित करते हैं। ऊष्मा का अधिग्रहण, ऊष्मा का हस्तांतरण, ऊष्मा का त्याग के कार्यों द्वारा थर्मल कंट्रोल सिस्टम को बांटा जा सकता है।

उत्तम अभिकल्पना का लक्ष्य शक्ति प्रवर्धक संधि से अंतिम ऊष्मा ग्राहक तक ऊष्मीय अवरोध न्यूनतम हासिल करना हैं। अत: उपप्रणाली में शामिल सभी घटकों का ऊष्मीय अवरोध कम होना चाहिए।

वाहक पट्टी के रूप में कॉपर-मोलिब्डेनम (70 Mo-30 Cu) पदार्थ का उपयोग किया गया, जिसका ऊष्मीय प्रसरण गुणांक 7-8 ppm/C और ऊष्मीय वाहकता 170 W/mK है। संवेष्टन और वाहक पट्टी के बीच सूक्ष्म रिक्तता को भरने के लिये एवं संस्पर्श अवरोध कम करने के लिये, सिग्राफ्लेक्स (Sigraflex) पत्र (foil) का उपयोग ऊष्मीय अन्तरापृष्ठ पदार्थ के रूप में किया गया।



चित्र 4. Q-बैंड उच्च शक्ति प्रवर्धक (HPA)

**निष्कर्ष :** इससे स्पष्ट है की संचार प्रणाली में प्रगति के कारण निकट भविष्य में उच्च आवृत्ति बैंड अनुप्रयोग तकनीक के कारण अत्यंत उच्च वर्धन की संभावना दिखाई दे रही है एवं इसरो द्वारा निर्मित यह तकनीक बहुत ही जल्द दूर-संचार प्रौद्योगीकी में क्रांति लाएगी।

हाई-थ्रुपुट उपग्रह एक गेम चेंजर हैं, जो इंटरनेट कनेक्टिविटी को तेज, आसान और सस्ता प्रदान करते हैं। जीएसएटी-19, 11, 20 उपग्रह न केवल भारत की तकनीकी क्षमता को मजबूत करेंगे, बल्कि सरकार और निजी व्यवसायों, बैंकों, एटीएम, आरक्षण प्रणालियों और मोबाइल और टेलीविजन नेटवर्क जैसी कुछ सेवाओं में भी मदद करेंगे।

**लेखक परिचय:**

**जिगर गांधी ने वर्ष 2003 में बिरला विश्वकर्मा महाविद्यालय इंजिनियरिंग कालेज से यांत्रिक अभियांत्रिकी में बी. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2006 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में यांत्रिक अभियंता के रूप में कार्य आरंभ किय वर्तमान में संचार एवं नौसंचालन नीतभार यांत्रिक अभिकल्पना प्रभाग में कार्यरत है।**

**राजू निपाने ने वर्ष 1985 में गवर्नमेंट पोलिटेक्निक से यांत्रिक अभियांत्रिकी में डिप्लोमा प्राप्त किया। वर्ष 19 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में यांत्रिक अभियंता के रूप में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में संचार ए नौसंचालन नीतभार यांत्रिक अभिकल्पना प्रभाग में कार्यरत है।**

**संदर्भ:**


1. माईकल पेक्ट : “हैंडबुक ओफ इलेक्ट्रोनिक्स पैकेज डिजाईन”, मार्शल डेक्कर इन., न्यूयार्क (1971)
2. गिलमोर डेविड जी., स्पेसक्राफ्ट थर्मल कंट्रोल हैंडबुक, भाग-1, एरोस्पेस कोर्पोरेशन, केलिफोर्निया (2002).
3. आनंद पाठक, राजू निपाने: “Ka-बैंड सूक्ष्म तरंग संवेष्टन विकास में तापीय एवं यांत्रिक तनाव का सक्रिय प्रबंधन”, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद (जनवरी 2007).


***

अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के परिपेक्ष्य में इसरो की भावी चुनौतियाँ

# पल्सार की सहायता से अंतरिक्ष में स्वायत्त रूप से वाहन की स्थिति एवं वेग संसूचन

तनुल गुप्ता, वैज्ञानिक/अभियंता-एसडी
अरविन्द कु. सिंह, वैज्ञानिक/अभियंता-एसएफ
टी.पी.श्रीनिवासन, वैज्ञानिक/अभियंता-जी एवं प्रधान,एच.आर.डी.पी.डी.
एस.आई.पी.जी./अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत

## सारांश

किसी भी अंतरिक्ष मिशन के लिए नेविगेशन एक महत्वपूर्ण अंग है। जब एक अंतरिक्ष यान सौर मंडल निकायों से बहुत दूर होता है, तब रडार रेंजिंग एवं डीप स्पेस नेटवर्क का उपयोग करके, रेडियल दिशा में पृथ्वी से अंतरिक्ष यान का नेविगेशन बहुत सटीकता से किया जा सकता है। हालांकि, दो ट्रांस्वर्स दिशाओं में, पृथ्वी से रेडियो इंटरफेरमेट्री के साथ किए गए नेविगेशन की सीमाएं होती हैं, और पृथ्वी से अंतरिक्ष यान की दूरी के साथ इसकी सटीकता 4 किलोमीटर प्रति एस्ट्रोनॉमिकल यूनिट से गिरती चली जाती है। इस तरह की नेविगेशन प्रणाली का जमीन आधारित नियंत्रण और रखरखाव पर भारी निर्भरता होती है। इसके अलावा, पृथ्वी से दूरी बढ़ने पर बड़े प्रचार विलंब और संकेतों की कमजोरी होती है। इसलिए, किसी भी सुदूर अंतरिक्ष मिशन के लिए अंतरिक्ष यान नेविगेशन में स्वायत्तता आवश्यक है। यह पेपर स्वायत्त नेविगेशन प्राप्त करने के लिए पल्सार्स का उपयोग करने का प्रस्ताव रखता है। अंतरिक्ष यान स्टेट का अनुमान दो चरणों में किया जाता है: (1) अपरिष्कृत अनुमान, (2) नॉन-लीनियर कैलमन फ़िल्टर का उपयोग करके अपरिष्कृत अनुमानित स्पेसक्राफ्ट स्टेट को परिष्कृत करना। फेज डबल अंतर तकनीक का उपयोग करके अपरिष्कृत अनुमान प्राप्त किए जाते हैं। पल्सार ऑब्सेर्वेशन्स को कैलमन फ़िल्टर के साथ उपयोग करके इस अनुमान को और सही किया जा सकता है।

## 1. परिचय

पल्सार अपनी धुरी पर घूमते हुए न्युट्रॉन सितारे होते हैं जिनका चुम्बकीय एवं स्पिन अक्ष संरेखित नहीं होता। नतीजतन, वे रेडियो तरंगों से एक्स-किरणों तक आवधिक पल्स उत्सर्जित करते हैं[1]। इन पल्सेस की समय स्थिरता परमाणु घड़ियों से तुलनीय है। इन पल्सेस का पूर्वानुमान और अद्वितीय हस्ताक्षर वे विशेषताएं हैं जो उन्हें उपग्रह नेविगेशन के लिए उपयोग करने योग्य बनाती हैं। रेडियो पल्सार्स के साथ अत्यधिक उच्च स्थिति सटीकता प्राप्त की जा सकती है, लेकिन रेडियो तरंगों की लंबी तरंगदैर्घ्य की वजह से इन्हें 10-20 मीटर व्यास वाले ऐन्टेना की आवश्यकता होती है, जो कि अंतरिक्ष यान में इनस्टॉल करना संभव नहीं है। दूसरी ओर, एक्स-किरणों को छोटे आयाम और द्रव्यमान (30-50 किलो) के उपकरण के साथ पता लगाया जा सकता है। इसलिए, इस तरह के नेविगेशन सिस्टम के लिए मिलीसेकंड एक्स-रे पल्सार का उपयोग करने का प्रस्ताव है।

## 2. अध्ययन के लिए उपयोगी पल्सार्स पल्सार

नेविगेशन के लिए पल्सार सिग्नल का उपयोग करने के लिए इसे निम्नलिखित मानदंडों को पूरा करना चाहिए: (क) संकेतों को पता लगाने योग्य होना चाहिए (ख) सिग्नल का हस्ताक्षर अद्वित्य होना चाहिए जिससे स्रोत का पता लगाया जा सके, (ग) संकेतों को मॉडल किया जा सके जिससे भविष्य में आने वाले सिग्नल्स का पूर्वानुमान लगाया जा सके। इन आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए, 52 पल्सार स्रोतों की एक सूची संकलित की गई है। फिगर ऑफ़ मेरिट मूल्यांकन[2] के आधार पर, हमने इस अध्यन के लिए 10 पल्सार्स का चयन किया है। ये 10 पल्सार और उनके संबंधित पैरामीटर तालिका 1 में उपलब्ध कराए गए हैं।

**तालिका 1: अध्यन के लिए उपयोगी पल्सार्स**

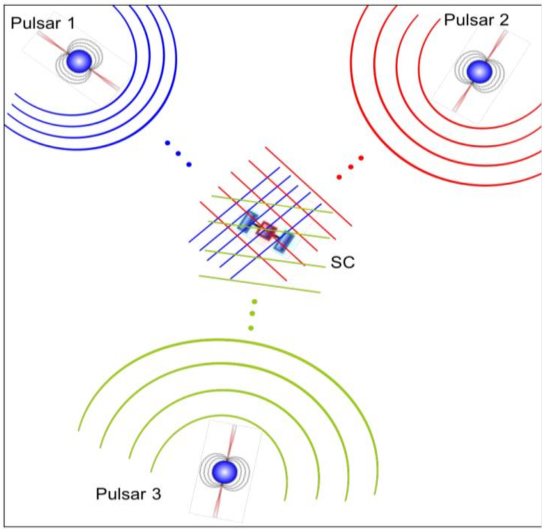
| नाम | RA (hh:mm:ss) | Dec (dd:mm:ss) | रैंक | आवृत्ति (s) |
|---|---|---|---|---|
| **PSR B0531+21** | 05:34:31.973 | +22:00:52.06 | 1 | 0.0334 |
| **PSR B1937+21** | 19:39:38.5600084 | +21:34:59.13548 | 2 | 0.00156 |
| **PSR B1821-24** | 18:24:32.00833 | -24:52:10.74 | 3 | 0.00305 |
| **PSR B1957+20** | 19:59:36.76988 | +20:48:15.1217 | 4 | 0.0016 |
| **PSR B1509-58** | 15:13:55.61 | -59:08:08 | 5 | 0.15023 |
| **PSR B0540-69** | 05:40:11.04 | -69:19:55.1 | 6 | 0.05037 |
| **PSR J0218+4232** | 02:18:06.35 | +42:32:17.5 | 7 | 0.0032 |
| **PSR J0437-4715** | 04:37:15.7102 | -47:15:07.998 | 8 | 0.0075 |
| **PSR B1823-13** | 18:26:13.16 | -13:34:47.1 | 9 | 0.10145 |
| **PSR J1124-5916** | 11:24:39.1 | -59:16:20 | 10 | 0.13531 |

## 3. कार्यप्रणाली

पल्सार आधारित नेविगेशन का मूल सिद्धांत दो अलग-अलग स्थानों पर पल्स आगमन के समय का उपयोग करता है। मॉडल स्थान पर पल्स आगमन के समय को अंतरिक्षयान के स्थान के समय से तुलना करके अंतरिक्षयान की स्थिति का पता लगाया जा सकता है। यहां, मॉडल स्थान एक ऐसा सन्दर्भ स्थान है जहाँ पर मॉडल परिभाषित किया गया है जो कि पल्स आगमन के समय का सटीक पूर्वानुमान लगा सके। एक

वास्तविक रिसीवर के बजाय मॉडल का उपयोग करने का सबसे बड़ा लाभ यह होता है कि प्रणाली स्वायत्त हो जाती है।

पल्सार के मामले में, सौर मंडल बैरीसेंटर (एस.एस.बी.) जैसे




चित्र 1: पल्सार्स से पल्सेस का अंतरिक्ष यान तक [4]

जड़ फ्रेम के संबंध में अंतरिक्ष यान की पूर्ण स्थिति का अनुमान लगाने के लिए अम्बिगुयस फेज साइकल्स को हल करना आवश्यक है। जब तक अम्बिगुयस फेज साइकल्स के समाधान के लिए पर्याप्त माप उपलब्ध हैं, यह पद्धति सौर मंडल और उसके परे मान्य है। एक बार जब आप अपरिष्कृत पूर्ण स्थिति और वेग प्राप्त कर लेते हैं, तो नेविगेशन कैलमन फ़िल्टर (एन.के.एफ.) के साथ पल्सार का उपयोग करके इस अपरिष्कृत स्थिति को परिशोधित किया जा सकता है।

## 4. अपरिष्कृत अवस्थिति की खोज

अंतरिक्ष यान की सटीक स्थिति (पूर्ण) निर्धारित करने के लिए इन चीज़ों की आवश्यकता है[3]:

1. अंतरिक्ष यान डिटेक्टरों पर सटीक फेज माप।
2. आधार संदर्भ स्थान पर अच्छी पल्स समय मॉडल।
3. अंतरिक्ष यान और संदर्भ स्थान के बीच अम्बिगुयस फेज साइकल्स का सटीक ज्ञान।

पल्सार्स का उपयोग करके एक डिटेक्टर की पूर्ण स्थिति निर्धारित करने के लिए, यह निर्धारित करना आवश्यक है कि स्रोत से डिटेक्टर पर कौन सी विशिष्ट पल्स आ रही है। लेकिन स्रोत उत्सर्जित की हुई पल्सेस को किसी भी प्रकार की संख्या नहीं प्रदान करते। अतः इन्हें पहचानना बहुत मुश्किल होता है। इसलिए पल्सार्स सेट के उन्मुखीकरण के सम्बन्ध में पल्स समन्वय सेट का उपयोग करके विशिष्ट पल्सेस को पहचाना जा सकता है। चित्र 1 में तीन पल्सार से अंतरिक्ष यान पर पल्सेस का आगमन दिखाया गया है। समाधान के पीछे मुख्य विचार यह है कि इस पल्सार समूह से उत्सर्जित होने वाला सिर्फ एक ही ऐसा अद्वितीय पल्सेस सेट है जो कि वाहन का सटीक स्थान बता सकता है। चूंकि पल्सार की दूरी वांछित सटीकता तक ज्ञात नहीं होती, इसलिए हम किसी ज्ञात स्थान पर पल्स-टाइमिंग मॉडल चुनते हैं। डिटेक्टर और मॉडल पर फोटॉन का आगमन समय (टी.ओ.ए.) का उपयोग करके हम माप अंतर की गणना कर सकते हैं। एकल अंतर डिटेक्टर पर फेज माप और एक पल्सार के लिए मॉडल स्थान पर अनुमानित फेज के बीच का अंतर है।

अंतरिक्ष यान की स्थिति के संबंध में फेज का ज्यामितीय संबंध इस प्रकार होता है,

$$\lambda \Delta\Phi = \lambda(\Delta\phi + \Delta N) = \hat{n}.\Delta x \quad (1)$$

जहां, λ साईकल तरंगदैर्घ्य है, ΔΦ कुल फेज अंतर है, ΔN पूर्णांक फेज अंतर है, Δϕ आंशिक फेज अंतर है, n̂ अंतरिक्ष यान से पल्सार तक यूनिट वेक्टर है, Δx संदर्भ स्थान के संबंध में अंतरिक्ष यान की स्थिति है[5]।

हमारे सिमुलेशन में, हमने डबल अंतर भी इस्तेमाल किया है। यह दो अलग-अलग पल्सार से दो एकल अंतर का घटाव है।

$$\lambda_i \Delta\Phi_i - \lambda_j \Delta\Phi_j = \lambda_i(\Delta\phi_i + \Delta N_i) - \lambda_i(\Delta\phi_j + \Delta N_j) = (\hat{n_i} - \hat{n_j}).\Delta x \quad (2)$$

अम्बिगुयस फेज साइकल्स के समाधान के लिए हमने सर्च स्पेस ऐरे रेसोलुशन विधि इम्प्लीमेंट की है। सर्च स्पेस ऐरे विधि उम्मीदवार साइकिल सेट का चयन करती है और यह निर्धारित करती है कि यह सेट एक सटीक स्थिति समाधान प्रदान करता है या नहीं। संयुक्त पल्स फेज अंतर माप और अंतरिक्ष यान की स्थिति के लिए सबसे संभावित उम्मीदवार साइकिल सेट कौन सा बिंदु है निर्धारित करने के लिए प्रत्येक संभावित ग्रिड बिंदु का मूल्यांकन खोज स्थान के भीतर किया जाता है।

कम से कम तीन पल्सार के एक सेट को देखते हुए, माप को इस रूप में इकट्ठा किया जा सकता है,

$$\begin{bmatrix} \hat{n_1} \\ \hat{n_2} \\ \hat{n_3} \end{bmatrix} \Delta x = H\Delta x = \begin{bmatrix} \lambda_1(\Delta\phi_1 + \Delta N_1) \\ \lambda_2(\Delta\phi_2 + \Delta N_2) \\ \lambda_3(\Delta\phi_3 + \Delta N_3) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\Delta x = [(H^T H)^{-1} H^T] \begin{bmatrix} \lambda_1(\Delta\phi_1 + \Delta N_1) \\ \lambda_2(\Delta\phi_2 + \Delta N_2) \\ \lambda_3(\Delta\phi_3 + \Delta N_3) \end{bmatrix} \quad (4)$$

समीकरण 4 से प्राप्त अंतरिक्ष यान स्थिति के मूल्य का उपयोग करके, किसी भी अतिरिक्त पल्सार की फेज अस्पष्टताएं सीधे हल की जा सकती हैं,

$$\Delta N_j = round\left(\frac{n_j}{\lambda_j}\Delta x - \phi_j\right) \quad (5)$$

इन नए अनुमानित फेज अस्पष्टताओं का उपयोग करके एक अवशिष्ट परीक्षण निर्धारित किया जा सकता है,

$$v_j = \frac{n_j}{\lambda_j}\Delta x - \phi_j - \Delta N_j \quad (6)$$

यदि एक से अधिक अतिरिक्त देखे गए पल्सार उपलब्ध हैं, तो इन अवशिष्ट परीक्षणों का एक वेक्टर बनाया जा सकता है। अवशिष्ट वेक्टर की परिमाण गणना, अंतरिक्ष यान की स्थिति की गुणवत्ता का अनुमान प्रदान करती है,

$$\sigma_v = norm(v) \quad (7)$$

एक खोज स्थान के भीतर प्रत्येक उम्मीदवार सेट का मूल्यांकन समीकरण 7 द्वारा वर्णित परीक्षण आंकड़े का उपयोग करके किया जा सकता है। यदि चयनित सेट मापे गए फेज अंतर

और अंतरिक्ष यान की स्थिति के साथ अच्छी तरह से मेल नहीं खाता है, तो अवशिष्ट का मूल्य बड़ा होगा। इसी तरह, यदि चुना गया सेट अच्छी तरह से मेल खाता है, तो प्रत्येक अतिरिक्त देखने योग्य पल्सार के लिए अंतर छोटे होंगे और इसके परिणामस्वरूप अवशिष्ट वेक्टर का परिमाण छोटा होगा।

### 4.1 सिमुलेशन और परिणाम

हमने तालिका-1 में सूचीबद्ध 10 पल्सार्स के लिए बैरीसेंट्रिक सुधार[6] को शामिल करके फेज अंतरों को सिमुलेट किया है। वर्तमान कार्यान्वयन पृथ्वी की कक्षाओं के वाहनों की पूर्ण स्थिति निर्धारित करने पर केंद्रित है। सिमुलेशन उद्देश्यों के लिए, हमने भौगोलिक केंद्र को संदर्भ स्थान के रूप में चुना है। संदर्भ स्थान के रूप में भू-केंद्र को चुनने का मुख्य कारण खोज स्थान के आकार को कम करना है।

सिमुलेशन गतिविधि के लिए, हमने क्रमशः कार्टोसैट-2ए और जीसैट-2 के ध्रुवीय और भू-समकालिक कक्षों का चयन किया है। तालिका-2 में सूचीबद्ध पैरामीटर के साथ सिस्टम टूल किट[7] का उपयोग करके कक्षाओं का प्रचार किया गया है।

**तालिका 2: अध्यन के लिए प्रयोग किये गए सैटलाइट**

| पैरामीटर | कार्टोसैट-2ऐ | जीसैट-2 |
|---|---|---|
| सेमीमेजर-एक्सिस (Semimajor axis) | 6678.14 km | 42167.81 km |
| इसेंत्रिसिटी (Ecentricity) | 0 | 0 |
| इन्क्लिनेसन (Inclination) | 28.5 deg | 1.093 deg |
| ऐ.ओ.पी. (AOP) | 0 deg | 138.741 deg |
| र.ऐ.ऐ.न (RAAN) | 0 deg | 289.275 deg |
| ट्रू एनामली (True Anamoly) | 0 deg | 228.773 deg |

तालिका-3 12000 सेकंड (200 मिनट) की अवधि के लिए बढ़ती फेज अनिश्चितता के साथ अंतरिक्षयान स्थिति में औसत त्रुटि दिखाती है।

**तालिका 3: फेज त्रुटि के साथ सैटलाइट की अवस्थिति में त्रुटि**

| फेज त्रुटि (%) | अवस्थिति में त्रुटि जीसैट-2 (km) | अवस्थिति में त्रुटि कार्टोसैट-2ऐ (km) |
|---|---|---|
| 0 | 5 | 1.5 |
| 0.1 | 20 | 3.46 |
| 1 | 209.4 | 35.3 |
| 2 | 427.5 | 70.7 |
| 3 | 623.4 | 106.85 |
| 4 | 842.2 | 142.3 |
| 5 | 1049.67 | 179.42 |

स्पेस सर्च ऐरे रेसोलुशन का उपयोग करके, हम केवल 3 पल्सार्स का इस्तेमाल करके अंतरिक्ष यान की सही स्थिति का अनुमान लगाने में सक्षम हैं। शेष पल्सर्स का उपयोग अवशिष्ट वेक्टर की गणना करने के लिए किया गया है जो सही स्थिति का निर्णय लेने में मदद करते हैं। एकल फेज अंतर का उपयोग करके हमारे सिमुलेशन ने दिखाया कि 1% फेज त्रुटि की अवस्था में हम 1 की संभावना के साथ सच्ची स्थिति का अनुमान लगाने में सक्षम थे, हालांकि अधिक फेज त्रुटि कम अनुमान संभावना प्रदान करती है। यह सब तालिका-4 में दिखाया गया है।

**तालिका 4: अवस्थिति में फेज त्रुटि के साथ सर्च स्पेस कार्यप्रणाली के द्वारा अनुमान की संभावना**

| फेज त्रुटि (%) | अनुमान की संभावना (Probability) |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 0.1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 2 | 0.72 |
| 3 | 0.53 |
| 4 | 0.37 |
| 5 | 0.25 |

### 5. अंतरिक्ष यान की स्थिति और वेग का रिकर्सिव अनुमान एवं सुधार

यह विधि वाहन की गतिशीलता को पल्सार-आधारित रेंज माप के साथ मिश्रित करती है ताकि ऑन-बोर्ड नेविगेशन सिस्टम व्यवस्थित रूप से पूर्ण स्थिति और वेग समाधान की गणना कर सके। नेविगेशन कैलमन फ़िल्टर (एन.के.एफ.) का उपयोग करके यह मिश्रण हासिल किया जाता है। यह वाहन कक्षा के अनुमान के साथ पल्स टी.ओ.ए. माप को रिकर्सिवली शामिल करता है। ये अनुमानित वाहन स्थिति संख्यात्मक रूप से प्रचारित (आर.के. 7/8) स्थिति और वेग समाधान पर आधारित होते हैं।

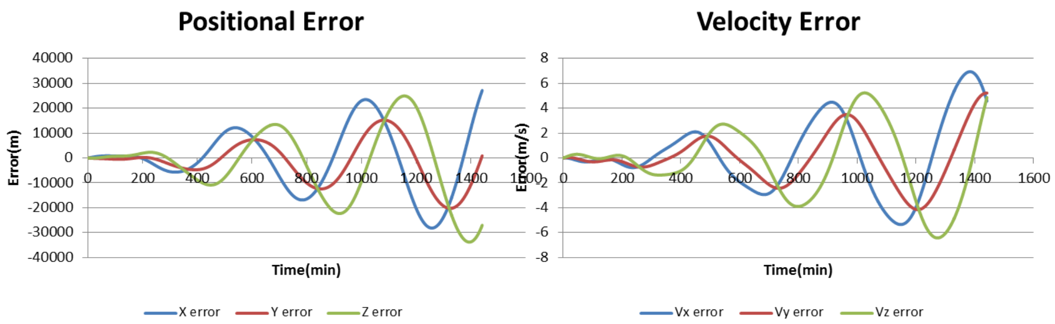
अंतरिक्षयान पर मापे गए पल्स टी.ओ.ए. के संदर्भ स्थान पर अनुमानित टी.ओ.ए. से तुलना करके सन्दर्भ स्थान के सम्बन्ध में अंतरिक्ष यान का रेंज माप उत्पादित किया जाता है। मापे गए और अनुमानित टी.ओ.ए. मूल्यों में कोई अंतर अनुमानित वाहन स्थिति में त्रुटियों का परिणाम माना जाता है। माप समीकरण पल्सार समय माप और अंतरिक्ष यान की स्थिति का पहला आर्डर प्रतिनिधित्व है। समय हस्तांतरण समीकरण में रिलेटिविस्टिक प्रभाव शामिल करके सटीकता बढ़ाई जा सकती है।

### 5.1 सिमुलेशन और परिणाम

हमने एस.टी.के. का उपयोग कर तालिका-5 में प्रदान किए गए कक्षीय मानकों के साथ अंतरिक्ष यान सिमुलेट किया है।

**तालिका 5: ऑर्बिटल पैरामीटर**

| उपग्रह | सेमीमेजर-एक्सिस (Semimajor axis) (किमी) | इसेंत्रिसिटी (Ecentricity) (डिग्री) | इन्क्लिनेसन (Inclination) (डिग्री) | र.ऐ.ऐ.न (RAAN) (डिग्री) | ऐ.ओ.पी. (AOP) (डिग्री) | ट्रू एनामली (True Anamoly) (डिग्री) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| भू-स्थिर (Geo-stationary) | 42164.17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| एल.ई.औ. (LEO) | 7136.635 | 0.001809 | 65 | 30 | 30 | 0 |



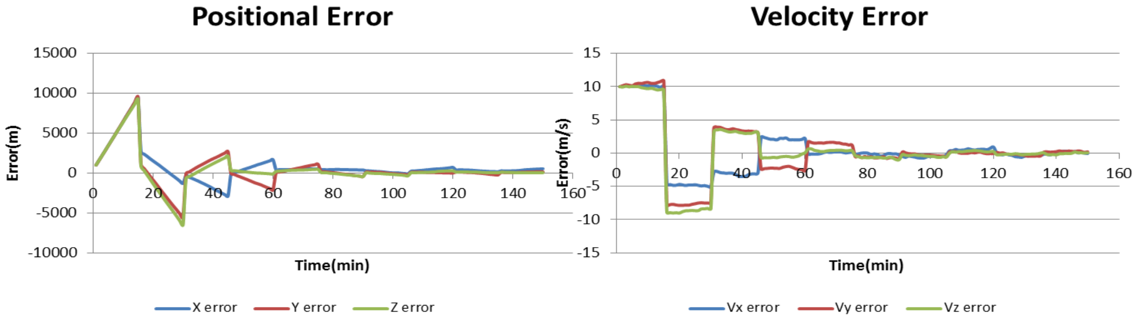

*चित्र 2: फ़िल्टरिंग किए बिना स्थिति बायस (बाएं) और वेग बायस (दाएं).*

अंतरिक्ष यान स्टेट सुधार के लिए पल्सार्स बी1509-58, जे1808-369, बी1937+21, और बी1821-24 का एन.के.एफ. के साथ उपयोग किया गया है। भू-स्थिर और लिओ उपग्रह के लिए गति के समीकरण को आरके 7/8 विधि का उपयोग करके एकीकृत किया गया है। एकीकरण के बाद, प्राप्त स्थिति और वेग ई.सी.आई. समन्वय फ्रेम में हैं। उनकी तुलना एस.टी.के. मूल्यों से की गयी है और भू-स्थिर कक्षा के लिए उनके बीच बायस आकृति 2 में प्लॉट किया गया है । यह देखा जा सकता है कि त्रुटि (बायस) समय के साथ बढ़ रही है। यह समझ में आता है कि एकीकरण के साथ त्रुटि भी एकत्रित होती है। इसलिए, हमें समय-समय पर स्थिति और वेग को सही करना है ताकि त्रुटि संचय से बच सके।

सुधार के लिए, पल्सार से अवलोकन (समय अंतर) का उपयोग किया जाता है। पल्सार अवलोकन देखे गए मूल्य से सांकेतिक मूल्य (एस.टी.के. का उपयोग करके उत्पन्न) को घटाकर प्राप्त किया जाता है और फिर इसे प्रयोगात्मक उद्देश्य के लिए माप मॉडल के साथ गुणा कर दिया जाता है। यह माना जाता है कि अवलोकन हर 15 मिनट में एक बार आ रहे हैं। तो कक्षा प्रोपैगेटर (आर.के. 7/8) कक्षा को प्रसारित करता रहता है। संचित त्रुटि को सही करने के लिए अवलोकन को एन.के.एफ. के साथ हर 15 मिनट में मिश्रित किया जाता है।

स्थान में 1 किमी की प्रारंभिक त्रुटि और वेग में 10 मीटर/सेकंड की प्रारंभिक त्रुटि को तालिका 6 में वर्णित विभिन्न भिन्नताओं की नॉइज़ के साथ जोड़कर सिमुलेशन किया गया है। तालिका 6 में विभिन्न कक्षाओं के लिए स्थिति और वेग में अधिकतम त्रुटियों को त्रुटि सुधार (बी) एवं सुधार से पहले (ए) दिखाया गया है। यह देखा जा सकता है कि लिओ के लिए त्रुटि अपेक्षाकृत अधिक है। ऐसा इसलिए है क्योंकि उन कक्षाओं में अंतरिक्ष यान तेजी से आगे बढ़ता है क्योंकि वे अन्य कक्षाओं की तुलना में पृथ्वी के पास होते हैं। तो एकीकरण के लिए 60 सेकंड की अवधि और अवलोकन पाने के लिए 15 मिनट की अवधि में त्रुटि का ज्यादा संचय होता है। शोर के भिन्नता में वृद्धि के साथ, त्रुटि अपेक्षित रूप से बढ़ रही है।

सिमुलेशन भू-स्थिर कक्षा के लिए प्रारंभिक त्रुटि एवं शोर की उपस्थिति में किया गया है। यह चित्र 3 से देखा जा सकता है कि प्रारंभिक त्रुटि को सही करने के बाद, त्रुटि में कोई बदलाव नहीं आया है।




*चित्र 3: नेविगेशन कैलमन फ़िल्टर का उपयोग कर सुधार करने के बाद स्थिति त्रुटि (बाएं) और वेग त्रुटि (दाएं)। सिम्युलेशन्स के दौरान नॉइज़ और प्रारंभिक त्रुटि जोड़ा गया था।*

**तालिका 6: शुरुआती त्रुटि और शोर के साथ बाईस (मीटर एवं मीटर/सेकंड में)**

| उपग्रह | वेरियन्स | | ES | x-त्रुटि | y- त्रुटि | z- त्रुटि | Vx- त्रुटि | Vy- त्रुटि | Vz- त्रुटि |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R | V | | | | | | | |
| भू-स्थिर (GEO) | 10 | 0.1 | ऐ | 9500.34 | 9559.47 | 9268.25 | 10.211 | 10.892 | 10.076 |
| | | | बी | 903.9 | 704.28 | 618.54 | 1.168 | 1.046 | 1.27 |
| | 100 | 0.1 | ऐ | 9191.83 | 9601.23 | 9617.76 | 10.259 | 10.193 | 10.589 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | बी | 1690.36 | 1880.9 | 1594.43 | 2.196 | 2.399 | 2.181 |
| एल.ई.औ. (LEO) | 10 | 0.1 | ऐ | 999.45 | 999.82 | 1001.02 | 11.954 | 18.593 | 18.526 |
| | | | बी | 466.76 | 215.68 | 150.62 | 6.034 | 7.849 | 5.734 |
| | 100 | 0.1 | ऐ | 999.45 | 999.82 | 1001.02 | 11.568 | 21.596 | 19.613 |
| | | | बी | 519.25 | 247.07 | 201.07 | 6.639 | 8.091 | 6.123 |

## 5. निष्कर्ष

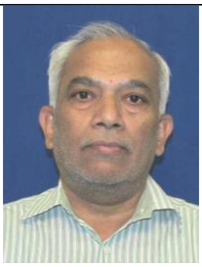
हमने अंतरिक्ष में वाहन खो जाने की स्थिति को हल करने के लिए सर्च स्पेस ऐरे रिज़ॉल्यूशन विधियों को क्रियान्वित किया, जिससे फेज अस्पष्टता को सुलझाया जा सके। फेज अस्पष्टता संकल्प तकनीक का परीक्षण करने के लिए, हमने पृथ्वी के पास अंतरिक्ष यान कक्षाओं के लिए अंतरिक्ष यान और संदर्भ स्थान (भू-केंद्र) के बीच फेज अंतर को सिमुलेट किया है। हमने अपने समीकरणों से पल्सार स्थान को हटाने के लिए एकल और डबल अंतर का उपयोग किया है। हमने सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया कि हमारे माप में फेज अनिश्चितता के आधार पर ये दो विधियां अंतरिक्ष यान की स्थिति को अलग-अलग संभावनाओं के साथ हल कर सकती हैं।

अंतरिक्ष यान स्थिति को परिशोधित करने के लिए, हमने पल्सार अवलोकनों का उपयोग करके एन.के.एफ. को लागू किया है जो अंतरिक्ष यान की स्थिति और वेग के लिए पुन: आकलन और फिर उसमें सुधार करता है। सफेद नॉइज़ और प्रारंभिक त्रुटि दोनों की उपस्थिति में, तीन आयामी स्थिति सटीकता 2000 मीटर तक प्राप्त की जा सकती है। हम रडार रेंजिंग के साथ इन दोनों तकनीकों का उपयोग करने का प्रस्ताव रखते हैं। तकनीक में परिशोधन के साथ, किसी भी गहरे अंतरिक्ष नेविगेशन के लिए पूरी तरह से पल्सार पर भरोसा किया जा सकता है।

### लेखक परिचय

**तनुल गुप्ता वैज्ञा/अभि.-एसडी, एच.आर.डी.पी.डी./ एस.आई.पी.जी./ अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में कार्यरत हैं। उन्होंने आई.आई.एस.टी, त्रिवेंद्रम से फिजिकल साइंस में बैचलर की उपाधि ली। उनकी विशेषज्ञता एस्ट्रोनोमी/ एस्ट्रोफिजिक्स एवं हाई रिसोलुसन डाटा/सिग्नल प्रोसेसिंग में हैं।**

**अरविन्द कु. सिंह, वैज्ञा/अभि.-एसएफ, एच.आर.डी.पी.डी./ एस.आई.पी.जी., अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में कार्यरत हैं। उन्होंने आई.आई.टी, रुड़की से एम. एससी. (भौतिक विज्ञान) एवं पीएच.डी. (एटमोसफेरिक साइंस) की उपाधि ली है। उनकी विशेषज्ञता एटमोसफेरिक साइंस एवं सिग्नल प्रोसेसिंग में है।**



**टी. पी. श्रीनिवासन, वैज्ञा/अभि.-जी एवं हेड, एचआरडीपीडी, एसआईपीजी/ अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में कार्यरत हैं। उन्होंने मद्रास युनिवर्सिटी से एम. एससी. (गणित) उपाधि ली है। उनकी विशेषज्ञता हाई रिसोलुसन डाटा/सिग्नल प्रोसेसिंग एवं ज्यामितीय मॉडलिंग में है।**

### संदर्भ


1. एफ.डी. सीवार्ड, पी. चार्ल्स, एक्स-रे यूनिवर्स की खोज, 2010.
2. टी. गुप्ता, ए. सिंह, एक्स-रे पल्सार नेविगेशन कैटलॉग, 2017.
3. एक्स. ली, एच. हाओ, जी. लेई, एस. शेन, एक्स-रे पल्सार नेविगेशन के लिए चरण अस्पष्टता संकल्प का एक त्वरित तरीका। जे. एप्लाइड विज्ञान 4 (2012) 3432-3436.
4. एस. शेख, द यूज़ ऑफ़ वेरिएबल सेलेस्टियल एक्स-रे सोर्सेज फॉर स्पेसक्राफ्ट नेविगेशन, 2005। डोई: 10.16953 / deusbed.74839।
5. एस.आई. शेख, ए.आर. गोलशन, डी.जे. पाइंस, एब्सोल्यूट एंड रिलेटिव पोजीशन डेटर्मिनेशन यूसिंग वेरिएबल सेलेस्टियल एक्स-रे सोर्सेज, में: एडवांस अस्ट्रॉनटिकल विज्ञान, 2007: पीपी 855-874।
6. टी. गुप्ता, एम. गुप्ता, एस. सिंह, ए. सिंह, बैरीसेंट्रिक सुधार, 2017।
7. सिस्टम टूल किट (एसटीके), www.agi.com.


***

# शुक्र ग्रह का रेडियो प्रच्छादन अन्वेषण

**रामदयाल सिंह,** वैज्ञानिक/अभियंता - एस.डी.,
ग्रह विज्ञान प्रभाग, ईपीएसए, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
ram@sac.isro.gov.in

**सारांश-**
शुक्र ग्रह का वायुमण्डल अत्यन्त घना है। शुक्र का वायुमंडलीय द्रव्यमान पृथ्वी के वायुमंडल की तुलना में 93 गुना है। शुक्र के वायुमंडल में लगभग 96% कार्बन डाइऑक्साइड और शेष नाइट्रोजन है। वायुमंडल में सघन कार्बन डाइऑक्साइड परत के ऊपर घने बादल हैं जो मुख्य रूप से सल्फर डाइऑक्साइड और सल्फिनिक अम्ल (सल्फ़्यूरिक एसिड) की बूंदों से मिलकर बने हैं। वीनस क्लाइमेट ऑर्बिटर "अकात्सुकी" शुक्र पर एकमात्र सक्रिय मिशन है। अकात्सुकी, शुक्र का एकमात्र सक्रिय ऑर्बिटर होने के कारण हमें शुक्र की वायुमंडल के भौतिकी और गतिशीलता को समझने का एक शानदार अवसर प्रदान करता है। शुक्र वायुमंडल का सुपर-रोटेशन हैडली परिसंचरणों द्वारा संचालित किया जाता है जो वायुमंडल के दबाव और तापमान के चढ़ाव या उतार पर निर्भर होते हैं। रेडियो प्रच्छादन (रेडियो ऑकल्टेशन - आर ओ) एक सुदूर संवेदन तकनीक है जिसमे रेडियो सिग्नल उपग्रह के ट्रांसमीटर से उत्सर्जित होकर शुक्र के वायुमंडल और आयनमंडल के निकटता से गुजरता है और भूमि स्टेशन रिसीवर तक जाता है। रेडियो प्रच्छादन प्रयोग के अवलोकन से वायुमंडल और आयनमंडल का ऊंचाई के साथ निर्भरता का पता चलता है। इस लेख में रेडियो प्रच्छादन डेटा प्रोसेसिंग तकनीकों का विकास किया गया है जिसमें वायुमंडल के लिए तटस्थ संख्या घनत्व, आयनमंडल के लिए इलेक्ट्रॉन घनत्व, तापमान और शुक्र पर वायुमंडल के दबाव का व्युत्पन्न शामिल है। हमने "अकात्सुकी" पर अल्ट्रा-स्थिर आस्किलेटर द्वारा उत्पन्न एक-तरफा, स्थिर एक्स-बैंड डाउनलिंक रेडियो संकेतों का उपयोग किया है। शुक्र ग्रह को गोलाकार रूप के सममित वातावरण माना गया है। हमने "अकात्सुकी" रेडियो प्रच्छादन प्रयोग से तटस्थ घनत्व प्रोफाइल का उपयोग करते हुए शुक्र वायुमंडल में 90-95 किमी पर अव्यवस्थाओं की पहचान की जो निकट टर्मिनेटर रोशनी की स्थिति में होती है। हम अकात्सुकी व्युत्पन्न तापमान प्रोफाइल का उपयोग करके शीत कॉलर क्षेत्र (कम तापमान क्षेत्र) की पहचान करने में भी सक्षम हुए। पृथ्वी के सतह के समान तापमान और दबाव की स्थिति शुक्र के सतह से लगभग 60-65 किमी की ऊंचाई पर देखी गई।

## 1. प्रस्तावना:

शुक्र पर एक गहरा, संवहनी उष्णकटिबंधीय निचला वायुमंडल सतह से 45 किमी की ऊंचाई तक फैला हुआ है। शुक्र के वायुमंडल में सल्फ़्यूरिक अम्ल के बादल 45-70 किलोमीटर की ऊंचाई पर पाए जाते हैं। सल्फ़्यूरिक एसिड उच्चतम बादल के नीचे प्रचुर मात्रा में उपलब्ध है। सल्फर डाई ऑक्साइड के ऑक्सीकरण के माध्यम से उच्चतम बादल के पास प्रकाश रासायनिक अभिक्रिया (फोटोकैमिकल रिएक्शन) के द्वारा सल्फ़्यूरिक एसिड उत्पादित किए जाते है। शुक्र पर हवा मुख्य रूप से संवहन द्वारा शासित होती है, जो भूमध्य रेखाओं में उगती है और ध्रुवों की तरफ बहती है। इस तरह के ग्रह के व्यापक परिसंचरण को हैडली परिसंचरण कहा जाता है। यह परिसंचरण लगभग +/- 60° अक्षांशों तक सीमित है, जहां हवा भूमध्य रेखा की तरफ उतरने लगती है। ऊपरी उष्णकटिबंधीय क्षेत्र में 60°-70° अक्षांश सीमाओं में अन्य अक्षांश की तुलना में तापमान लगभग 30-40 केल्विन तक गिर जाता है, इन निचले तापमान क्षेत्रों को ठंडा-कॉलर क्षेत्र कहा जाता है। यह माना जाता है कि कम तापमान अपशिष्ट हवा और समोष्ण शीतलन के परिणामस्वरूप हुआ है। वायुमंडल के निचले भाग में बादलों के तापमान अधिक होने से ऊर्ध्वाधर संवहन (वर्टीकल कन्वेक्शन) की प्रक्रिया होती है जिससे बादलों के संघनन और वायुमंडलीय गति के बीच मजबूत युग्मन (कपलिंग) की संभावना पैदा होती है। शुक्र के ऊपरी उष्णकटिबंधीय क्षेत्र में "सुपर-रोटेशन" एक अनूठी विशेषता को प्रदर्शित करता है जिसमें शुक्र का वायुमंडल केवल चार पृथ्वी दिनों में शुक्र का चक्कर पूरा करता है। सुपर-रोटेशन शुक्र ग्रह पर पूर्व की ओर ग्रहिय हवा है, जहाँ पर हवा की गति मेघ शीर्ष के पास लगभग 100 मीटर पर सेकंड है। मेघ परत सौर विकिरण को अवशोषित करता है, जिससे कि विभिन्न वायुमंडलीय गति को मदद मिलती है और सुपर रोटेशन की गति संतुलन में केंद्रीय भूमिका मिलती है। सुपर-रोटेशन को समझने के लिए मेघ की परतो पर गतिशीलता की विशेषता को जानना महत्वपूर्ण है।

शुक्र के वायुमंडल का बारीकी से अध्ययन करने के लिए वीनस क्लाइमेट ऑर्बिटर "अकात्सुकी" (2015); वीनस एक्सप्रेस (2015); कासिनी-ह्युग्ेंस वीनस फ्लाईबाई - 1 (1998), 2 (1999); गैलिलियो वीनस फ्लाईबाई (1990), वेगा 1 (1986), 2 (1986); मरिनर 2 (1962), 5 (1967); वेनेरा 3 (1966), 4 (1967), 6 (1969), 9 (1975), 10 (1975), 11 (1968), 12 (1978); पायनियर वीनस 1 (1978), 2 (1978) मिशन लॉन्च किए गए थे। पिछले मिशनों ने शुक्र पर वायुमंडलीय गुणों और संरचनाओं के विभिन्न विवरणों का खुलासा किया है, खासतौर पर बादल की परत की जो कि 45-70 किमी की ऊंचाई पर स्थित है। वेनेरा और पायनियर शुक्र अंतरिक्ष यान द्वारा बनाए गए तापमान और दबाव नक्शे ने खुलासा किया है कि क्षोभ मंडल ज्यादातर 7.7 केल्विन/ किमी के समग्र लंबवत तापमान ढाल के साथ स्थिर है। सुपर-रोटेशन पहली बार सोवियत वेनेरा 4 से 7 जांचों पर डॉप्लर माप द्वारा

1960 के दशक की शुरुआत में खोजा गया था। ठंडा कॉलर क्षेत्र विशाल ध्रुवीय भंवरों के घर हैं, पहली बार 1978 में पायनियर वीनस मिशन द्वारा रिपोर्ट किया गया था, जो कि पृथ्वी पर पाए गए भंवरों की तुलना में चार गुना अधिक प्रणाली के तूफान हैं। प्रत्येक भंवर को दो 'आंखें' के रूप में देखा गया, जो घूर्णन के केंद्र हैं और बहुत अलग एस-आकार वाले बादल संरचनाओं से जुड़े हुए हैं।

मध्य मंडल शुक्र की सतह से 65 किमी की ऊंचाई से 120 किमी तक है। 120 किमी से बाद तापमंडल है जो 220 किमी तक विस्तारित माना जाता है। पिछले मिशनों से प्राप्त तापमान प्रोफाइल के आधार पर, मध्य मंडल को दो परतों में विभाजित किया जा सकता है: निचली परत, 65-73 किमी और ऊपरी परत 73-95 किमी के बीच स्थित है। निचले मध्य मंडल में 230 केल्विन लगभग स्थिर तापमान होता है जो शुक्र की ऊपरी बादल की परतों के साथ मेल खाता है। दूसरी परत (ऊपरी मध्य मंडल) का तापमान ऊंचाई के साथ घटता है और 95 किमी ऊंचाई पर 163 केल्विन नीचे गिर जाता है। उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में परिसंचरण क्षैतिज दबाव में चढ़ाव या उतार और केन्द्रापसारक बल का विपरीत दिशाओं में समान रूप से धक्का देने से होते हैं। यह पृथ्वी पर परिसंचरण के विपरीत है जो भूगर्भिक अनुमान द्वारा शासित है, जहां दबाव में चढ़ाव या उतार बल कोरिओलिस बलों द्वारा संतुलित होते हैं। शुक्र पर निष्क्रिय कोरियोलिस बलों के कारण परिसंचरण के अंतर्निहित भौतिकी में यह अंतर शुक्र की धीमी चक्कर गति के कारण होता है। बादल गति आमतौर पर वर्ण-क्रम के पराबैंगनी किरण (यू वी) हिस्से में देखा जा सकता है।

कार्बन डाई ऑक्साइड और अन्य ग्रीनहाउस गैसों में समृद्ध होने के कारण, शुक्र के पास एक भाग्यशाली ग्रीनहाउस प्रभाव है जिसके परिणामस्वरूप उच्च सतह तापमान होता है। अपने मोटे वातावरण के कारण, जिसमें उच्च सफेदी होता है, शुक्र की सतह प्रभावी रूप से शुद्ध सौर विकिरण सिर्फ लगभग 17 वॉट/मीटर$^2$ (टॉमस्को एट आल., 1980) प्राप्त करती है। हालांकि, शुक्र की सतह पर श्याम पिंडों से उत्पन्न विकिरण पृथ्वी से 40 गुना अधिक है, शुक्र के घने वातावरण के कारण, यह ऊर्जा वायुमंडल के ऊपरी परतों से नहीं निकल पाती है। यह बादल की परतों से नीचे जाने वाले विकिरण से बराबर मात्रा में होती है, जिससे सतह का तापमान ऐसी उच्च सीमा तक पहुंच जाता है। शुक्र का आयनमंडल लगभग 95 किलोमीटर के ऊपर के परमाणुओं का आयनित घटक है जहां आयनों और इलेक्ट्रॉनों को फोटो-आयनीकरण द्वारा स्थानीय रूप से उत्पादित किये जाते है, और रात की तरफ दिन के समय के अधिक ऊर्जा द्वारा उत्पन्न इलेक्ट्रॉन के प्रभाव द्वारा आयन प्रवाह और उत्पादित स्थानीय आयन संयोजित किये जाते है।

जापानी वीनस क्लाइमेट ऑर्बिटर "अकात्सुकी" शुक्र का निरीक्षण करने वाली पहली जापानी जांच है। इसे मई, 2010 में जापान एयरोस्पेस एक्सप्लोरेशन एजेंसी द्वारा लॉन्च किया गया था और यह दिसंबर, 2010 को शुक्र की कक्षा तक पहुंचा था। शुक्र के अपने कक्षा सम्मिलन में प्रारंभिक विफलता के बाद, 7 दिसंबर, 2015 तक सूर्य के चारों ओर कक्षा में यह जारी रहा, कक्षा सम्मिलन का दूसरा प्रयास किया गया और अकात्सुकी को वैकल्पिक रूप से अंडाकार कक्षा में सफलतापूर्वक डाला गया। अकात्सुकी मिशन का मुख्य उद्देश्य शुक्र के वायुमंडल का निरीक्षण करना और वायुमंडलीय परिसंचरण को समझना है (नाकामुरा एट आल., 2011)। इस उद्देश्य के लिए, अकात्सुकी में पांच इमेजिंग पेलोड है, जो बादलों के संबंधित वितरण के माप को विभिन्न तरंगदैर्ध्य द्वारा विभिन्न ऊंचाई पर शुक्र के वातावरण को देख रहे हैं; जो इस प्रकार है

i. लाइटिंग और एयरग्लो कैमरा (552-777 नैनोमीटर, आकाशीय विद्युत के अध्ययन),
ii. पराबैंगनी इमेजर (293-365 नैनोमीटर, वातावरण के गैसों के वितरण का अध्ययन),
iii. लांगवेव-अवरक्त (एल आई आर) कैमरा (8-12 माइक्रोमीटर, उच्च ऊंचाई के बादलों का अध्ययन),
iv. 1 माइक्रोमीटर कैमरा (सतह से उत्सर्जित गर्मी का अध्ययन),
v. 2 माइक्रोमीटर कैमरा (निम्न ऊंचाई के वातावरण से उत्सर्जित गर्मी का अध्ययन)

जापानी वीनस क्लाइमेट ऑर्बिटर "अकात्सुकी", पर लगाए गए लांगवेव-अवरक्त (एल आई आर) कैमरे द्वारा दिसम्बर, 2015 में शुक्र के उत्तर-दक्षिण दिशा में उच्चतम मेघ पर एक अंतर-गोलार्द्ध धनुष के आकार की संरचना की खोज की गई, जो क्षैतिज पैमाने पर लगभग 10,000 किमी है। इस धनुष के आकार की संरचना पहाड़ी स्थलाकृति द्वारा निचले वायुमंडल में उत्पन्न वायुमंडलीय गुरुत्वाकर्षण लहर के परिणामस्वरूप प्रचारित हुआ। इमेजिंग पेलोड के अलावा, अल्ट्रा-स्टेबल आस्किलेटर (यू एस ओ) अकात्सुकी पर एक और महत्वपूर्ण साधन है जो शुक्र के विभिन्न वायुमंडलीय और आयनमंडलीय मानकों के ऊर्ध्वाधर प्रोफाइल को मापने के लिए रेडियो प्रच्छादन प्रयोगों के लिए समर्पित है (इमामुरा एट आल., 2011)। अकात्सुकी पर रेडियो साइंस पेलोड का उद्देश्य शुक्र की कक्षा में रेडियो प्रच्छादन प्रयोगों के माध्यम से शुक्र के वायुमंडल और आयनमंडल की ऊर्ध्वाधर संरचना की जांच करना है। अकात्सुकी के अलावा रेडियो प्रच्छादन विधि का प्रयोग मरिनर 4(1965), 5 (1967), 10 (1974); पायनियर वीनस (1978), वेनेरा 9 (1975), 10(1975); मैगेलन रेडियो ऑकल्टेशन मापन (1990); वीनस रेडियो साइंस इंस्ट्रूमेंट (वी ई आर ए), वीनस एक्सप्रेस (2014); वेनेरा 15 (1983) और 16 (1983) मिशन द्वारा किया गया था।

रेडियो प्रच्छादन विधि में पृथ्वी पर भूमि स्टेशनों से ऑर्बिटर को ट्रैक करना शामिल है क्योंकि रेडियो सिग्नल के शुक्र के वातावरण के बीच में आने से ऑर्बिटर का प्रच्छादन हो जाता है। चूंकि अंतरिक्ष यान प्रच्छादन काल में “प्रवेश” करता है, यह अनुक्रमिक रूप से आयनमंडल, तटस्थ वातावरण से

गुजरता है और ठोस शुक्र द्वारा पूरी तरह से भ्रमित हो जाता है और अंततः ऑर्बिटर दूसरी तरफ से "निकास" विपरीत शुक्र की दिशा में दिखाई देता है। इस प्रक्रिया के दौरान, ऑर्बिटर रेडियो सिग्नल भेजता है जो झुकाव, क्षीणन और छिद्रण से पीड़ित आयनित और तटस्थ वातावरण को पार करता है। पृथ्वी पर ग्राउंड स्टेशन ओपन-लूप में इन संकेतों को रिकॉर्ड किया जाता है और संकेतों का ऑफ़लाइन विश्लेषण किया जाता है। प्रयोग से मापा जाने वाला डॉप्लर शिफ्ट का उपयोग प्रत्येक किरण के अनुरूप झुकने वाले कोणों और प्रभाव मानकों को प्राप्त करने के लिए किया जाता है और फिर तटस्थ और आयनित वातावरण (फजलबडो एट आल., 1971) के अपवर्तक प्रोफाइल प्राप्त करने के लिए एबेल ट्रांसफॉर्म का उपयोग किया जाता है। अपवर्तक प्रोफाइल का उपयोग तापमान, दबाव और संख्या घनत्व प्रोफाइल प्राप्त करने के लिए किया जा सकता है, जो प्रयोग का मुख्य उद्देश्य है। इस प्रयोग में आवश्यक संकेत बोर्ड पर अल्ट्रा स्टेबल आस्किलेटर का उपयोग करके अकात्सुकी द्वारा प्रदान किया जाता है, जो एक्स-बैंड ट्रांसपोंडर (एक्स टी आर पी) में 38.22567759 मेगाहर्ट्ज की स्थिर संदर्भ आवृत्ति प्रदान करता है। ट्रांसपोंडर सिग्नल 23.4 वॉट ट्रेवलिंग वेव ट्यूब एम्पलीफायर (टी डब्लू टी ए) द्वारा बढ़ाए जाते हैं। रेडियो प्रच्छादन प्रयोग में उपयोग की जाने वाली डाउनलिंक आवृत्ति 8410.926 मेगाहर्ट्ज़ (एक्स-बैंड) है। पृथ्वी पर भूमि स्टेशन इसरो, बॉयलालू, बैंगलोर, भारत में भारतीय दीप स्पेस नेटवर्क (आई डी एस एन) और जापान के यूसुदा डीप स्पेस सेंटर (यू डी एस सी) हैं। आई डी एस एन ओपन-लूप और बंद लूप विधि दोनों में सिग्नल रिकॉर्ड करता है जहां यू डी एस सी ओपन-लूप विधि में सिग्नल रिकॉर्ड करता है।

रेडियो प्रच्छादन (रेडियो ऑकल्टेशन - आर ओ) एक सुदूर संवेदन तकनीक है जो भौतिक गुणों जैसे इलेक्ट्रॉन घनत्व, तापमान और ग्रह के वायुमंडल के दबाव को मापने के लिए उपयोग की जाती है। वायुमंडलीय रेडियो आच्छादन एक रेडियो सिग्नल में बदलाव की पहचान पर निर्भर करती है क्योंकि यह शुक्र ग्रह के वायुमंडल से गुजरती है, यानी यह वातावरण से गुजरती है। डॉप्लर शिफ्ट आवृत्ति की सटीक माप करके, वायुमंडल और आयनमंडल के मानकों जैसे तापमान, दबाव, तटस्थ संख्या घनत्व और इलेक्ट्रॉन घनत्व को प्राप्त करना संभव है। अल्ट्रा-स्थिर आस्किलेटर (यू एस ओ) उत्कृष्ट आवृत्ति स्थिरता प्रदान करता है। शुक्र वायुमंडल के पथ विलंब में छोटी उतार-चढ़ाव को मापने के लिए स्थिरता बहुत महत्वपूर्ण है। रेडियो सिग्नल के झुकाव कोण का वायुमंडल और आयनमंडल की ऊंचाई से निर्भरता का निर्धारण करके, तटस्थ और प्लाज्मा घनत्व के प्रोफाइल व्युत्पन्न हो सकते हैं, जिससे हमे वायुमंडलीय संरचना और गतिशीलता का पता चलता है। इसी तरह, 95 किमी से ऊपर आयनमंडल की जांच करके, आयनमंडल की संरचना की विशेषता के बारे में जानकारी मिल सकती है और सौर पवन प्लाज्मा के साथ आयनमंडल की परस्पर क्रिया का अध्ययन किया जा सकता है। इन प्रयोगों के लिए, तटस्थ वातावरण और अक्षांश के साथ आयनमंडल की विविधता को बेहतर ढंग से वर्णित करने के लिए वायुमंडल का अक्षीय मॉडल डेटा प्रोसेसिंग में लागू किया जाएगा।

रेडियो प्रच्छादन का उपयोग करने का मुख्य उद्देश्य वायुमंडल और आयनमंडल के तापमान, दबाव, तटस्थ संख्या घनत्व और इलेक्ट्रॉन घनत्व का ऊंचाई से निर्भरता का निर्धारण करना है। एक्स-बैंड (8410.926 मेगाहर्ट्ज़) का एक तरफा डाउनलिंक रेडियो सिग्नल ऑकल्टेशन में प्रयोग किया जाता है। प्रयोग में ऑनबोर्ड रेडियो तरंग स्रोत और ग्राउंड स्टेशन पर रिकॉर्डिंग सिस्टम दोनों की आवृत्ति स्थिरता पर निर्भर करता है। जापान एयरोस्पेस एक्सप्लोरेशन एजेंसी के यूसुदा डीप स्पेस सेण्टर (यू डी एस सी) का 64-मीटर एंटीना, जो 36°07' उत्तरी अक्षांश और 138°21' पूर्व रेखांश पर स्थित है, प्रयोग के लिए उपयोग किया जाने वाला प्राथमिक भूमि स्टेशन है। दूसरा भारतीय डीप स्पेस नेटवर्क (आई डी एस एन) है, जो भारत के कर्नाटक के रामानगर जिले के बॉयलालू में (12°54' उत्तरी अक्षांश, 77°22' पूर्व रेखांश) में स्थित है। अतः मुख्य उद्देश्य रेडियो प्रच्छादन तकनीक की मदद से शुक्र के वातावरण और आयनमंडल के लिए संख्या घनत्व प्रोफाइल, तापमान और दबाव प्रोफाइल का पता करना है।

## 2. आंकड़ा:

रेडियो प्रच्छादन अध्ययन के लिए 03 मार्च से 23 जुलाई, 2016 की अवधि के लिए रेडियो विज्ञान प्रयोग के अवलोकन आंकड़े शामिल है। इस डेटा में पूर्व अनुमानित झुकाव कोणों और प्रभाव मानकों से प्राप्त अपवर्तक प्रोफाइल शामिल है। डेटा सेट में भूमध्य रेखा के दोनों किनारों पर अक्षांश और रेखांश की एक विस्तृत श्रृंखला में दिन और रात दोनों अवलोकन शामिल है। अपवर्तक प्रोफाइल के अलावा, केंद्र से जुड़े त्रिज्या, अक्षांश और रेखांश भी प्रदान किए गए है। रोशनी की स्थिति को सोलर शिरोबिंदु कोण के आधार पर वर्गीकृत किया गया: 50°<सोलर शिरोबिंदु कोण<85° दिन का प्रतिनिधित्व करता है, 85°<सोलर शिरोबिंदु कोण<95° निकट टर्मिनेटर स्थितियों का प्रतिनिधित्व करता है और सोलर शिरोबिंदु कोण>95° को रात के समय के रूप में चुना गया। तटस्थ वातावरण के लिए संख्या घनत्व प्रोफाइल, आयनमंडल के लिए इलेक्ट्रान घनत्व, तटस्थ वातावरण के लिए तापमान और दबाव प्रोफाइल प्राप्त करने के लिए अध्ययन में आठ प्रवेश प्रोफ़ाइल और सात बहिष्कार प्रोफाइल का उपयोग किया गया। हमने अपने प्रयोग में वायुमंडल और आयनमंडल के बीच अनुमानित सीमा 95 किमी का प्रयोग किया है।

## 3. रेडियो प्रच्छादन विधि:

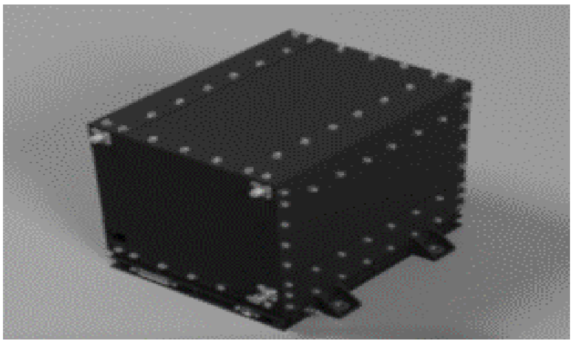
रेडियो प्रच्छादन विधि में पृथ्वी पर भूमि स्टेशन तक पहुंचने से पहले शुक्र पर वायुमंडल के विभिन्न परतों द्वारा ऑर्बिटर (अकात्सुकी) से डाउनलिंक सिग्नल के झुकाव और क्षीणन का उपयोग करना शामिल है। चित्र 1 (दाएं) पृथ्वी पर भूमि स्टेशन, ऑर्बिटर की ज्यामिति रेडियो सिग्नल और शुक्र की स्थिति को प्रदर्शित कर रहा है। ट्रांसपोन्डर्स से भेजे गए डाउनलिंक सिग्नल, जो यू एस ओ (चित्र 1, बाएं) द्वारा बोर्ड पर आते हैं, प्रवेश के समय आयनित आयनमंडल से शुरू होने

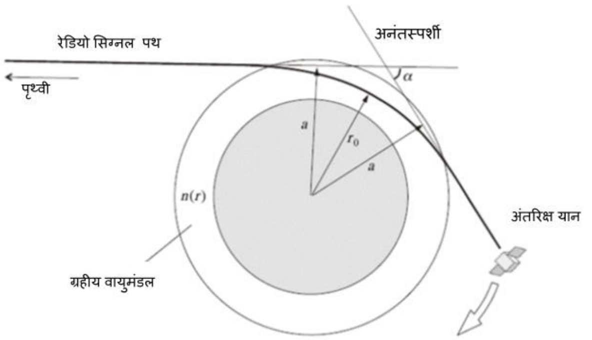
वाले, अनुक्रमिक तरीके से शुक्र के वायुमंडल की विभिन्न परतों के माध्यम से प्रवेश करते हैं। प्रच्छादन के दौरान एक विशिष्ट किरण ट्रेस चित्र 1 (दाएं) में दिखाया गया है, यह माना जाता है कि शुक्र वायुमंडल में गोलाकार समरूपता के रूप में है। अपवर्तक सूचकांक, झुकाव कोण और इस प्रक्रिया में शामिल अन्य भौतिक मात्रा शुक्र के केंद्र से त्रिज्या के ऊपर निर्भर हैं। झुकाव कोण α द्वारा दर्शाया गया है और a प्रभाव पैरामीटर का प्रतिनिधित्व करता है। शुक्र के केंद्र से त्रिज्या, r और प्रभाव पैरामीटर, a बोगर नियम $n(r_0)r_0 = a$ का पालन करता है, जहां $r_0$ प्रभाव पैरामीटर के अनुरूप त्रिज्या है और $n(r_o)$ अपवर्तक सूचकांक है। झुकाव कोण α और अपवर्तक सूचकांक n(r) प्रसिद्ध एबेल ट्रांसफॉर्म से संबंधित हैं (फ़ेजेल्बो एट आल., 1971). इस कार्य के लिए, हमने पहले से व्युत्पन्न अपवर्तक सूचकांक और संबंधित झुकाव कोणों और प्रभाव पैरामीटर के साथ अपवर्तक प्रोफाइल का उपयोग किया है। अपवर्तकता और अपवर्तक सूचकांक μ = n-1 से संबंधित हैं।

वायुमंडल से प्राप्त कुल अपवर्तकता को तटस्थ वातावरण और आयनमंडल के संयोजन के रूप में लिखा जा सकता है, जलवाष्प के कारण शून्य आंशिक दबाव माना गया है, जैसा कि निम्नानुसार है (एशलेमेन, 1973, इमामुरा एट आल., 2017): $\mu(r) = \mu_e(r) + \mu_n(r)$; जहां, $\mu_e$ और $\mu_n$ आयनमंडलीय और तटस्थ वायुमंडलीय में कुल अपवर्तकता का योगदान हैं। जैसा कि वर्णन किया गया है (एशलेमैन, 1973), $\mu_e$और $\mu_n$ को नीचे दिए गए समीकरणों के अनुसार क्रमशः इलेक्ट्रॉन घनत्व और तटस्थ परमाणु घनत्व प्रोफाइल के संदर्भ में परिभाषित किया जा सकता है:

$$\mu_e = -N_e \frac{e^2}{8\pi^2 m_e \epsilon_0 f^2}$$

$$\mu_n = \sum_{i=0}^{n} \kappa_i n_{n,i}$$






चित्र 1(बाएं): यूएसओ की छवि (इमामुरा एट आल., 2011). (दाएं): रेडियो प्रच्छादन प्रयोग के दौरान ज्यामिति का चित्र.

यहां, $N_e$ इलेक्ट्रॉन घनत्व प्रोफाइल है, $m_e$ इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान है, $\epsilon_0$ मुक्त स्थान की अनुमति है और $f$ प्रयोग में उपयोग की जाने वाली डाउनलिंक आवृत्ति है। इसी प्रकार, $n_{n,i}$, तटस्थ वातावरण की संख्या घनत्व प्रोफ़ाइल $n_{n,i}(r)$) है और $\kappa_i$, i घटक की अपवर्तक मात्रा को परिभाषित करता है । तटस्थ वातावरण की अपवर्तकता के लिए एयरोसोल और धूल कणों के योगदान नगण्य है, इसलिए, $\kappa_i$और $n_{n,i}(r)$ को कुल अपवर्तक मात्रा $\kappa$ और कुल संख्या घनत्व $n_n$ द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सकता है। तटस्थ वातावरण के लिए तापमान और दबाव प्रोफाइल व्युत्पन्न संख्या घनत्व प्रोफाइल, आदर्श गैस नियम और हाइड्रोस्टैटिक संतुलन स्थितियों से प्राप्त किए जा सकते हैं। तापमान और दबाव प्रोफाइल के लिए समीकरण नीचे दिए गए हैं।

$$T(r) = T_{up}\frac{\mu}{\mu_h} + \frac{m'}{\kappa\, n_n(r)}\int_{r}^{r_{up}} n_n(r')\, g(r')\, dr'$$

$$P(r) = n_n(r)\, \kappa\, T(r)$$

$$g(r) = g_0\left[\frac{R_v^2}{(r+h)^2}\right]$$

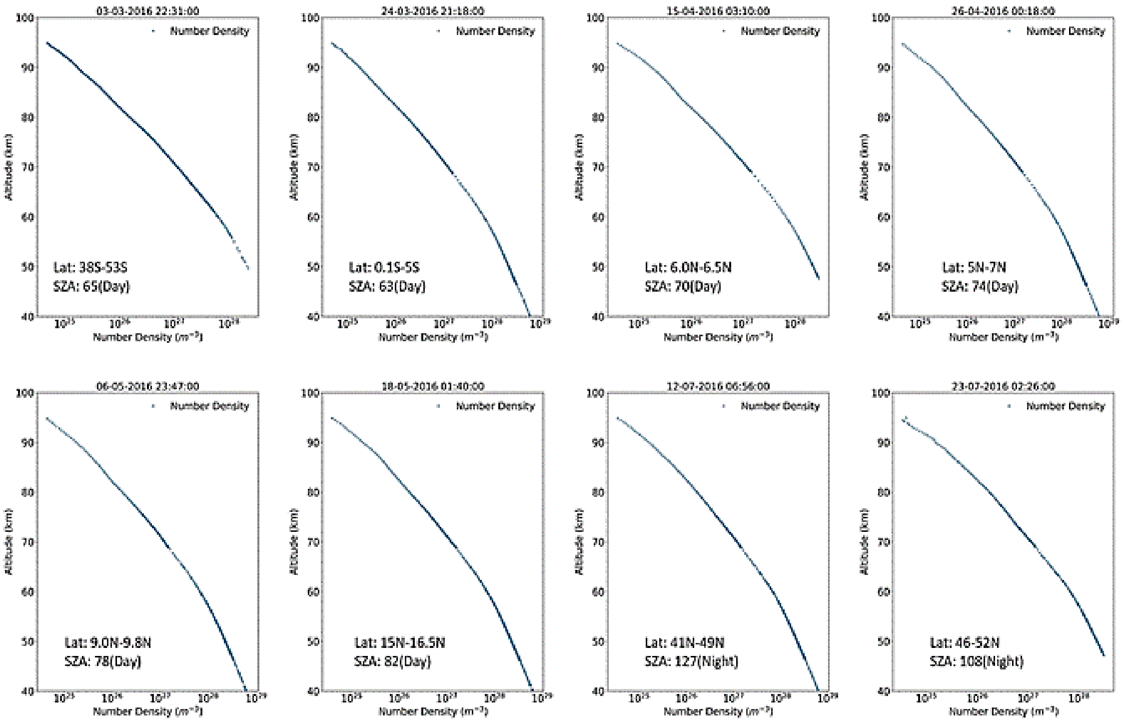
उपर्युक्त समीकरणों में, $T(r)$ और $P(r)$ क्रमशः तापमान और दबाव के प्रोफाइल हैं और $g(r)$ ऊंचाई निर्भर गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण है$g_0$ सतह पर मूल्य है। $T_{up}$ अनुभवी रूप से प्राप्त सीमा का तापमान है, जिसे इस अध्ययन के लिए 200K के रूप में लिया गया है। तापमान पर $T_{up}$ की पसंद का प्रभाव सीमा ऊंचाई से 10 किमी दूर (टेलमैन एट आल., 2009) नगण्य है जो तटस्थ वातावरण और आयनमंडल के बीच अनुमानित सीमा है। हमने अपने व्युत्पन्न (इमामुरा एट आल., 2007) के लिए $r_{up}$ = 95 किमी का मूल्य लिया है।

## 4. परिणाम:

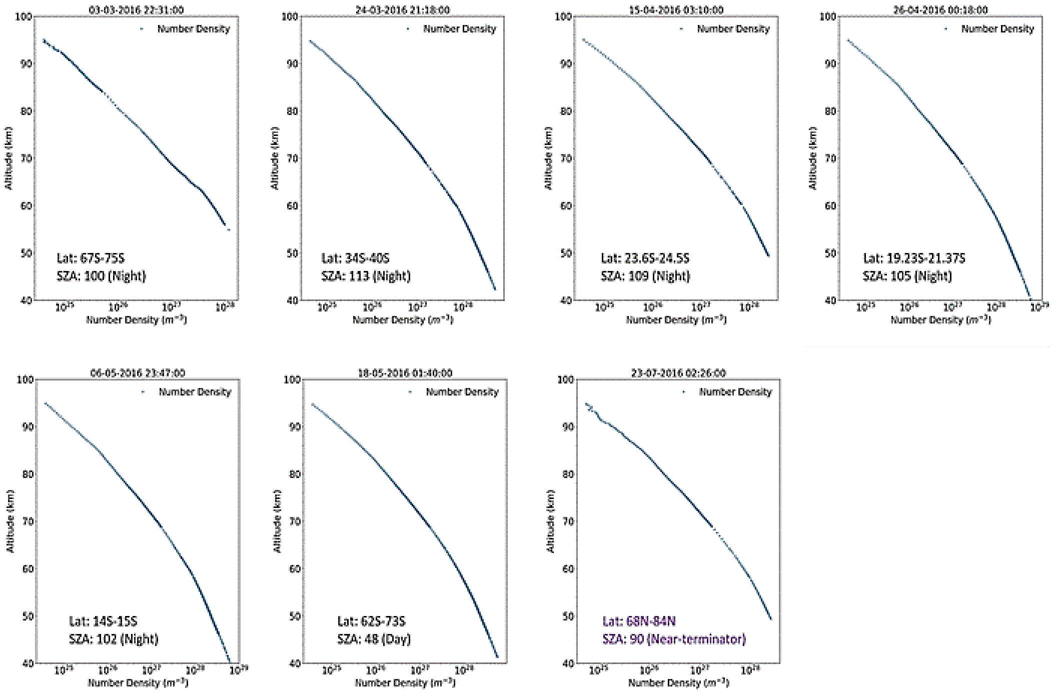
तटस्थ वातावरण और आयनमंडल के लिए संख्या घनत्व प्रोफाइल खंड 3 में वर्णित समीकरणों का उपयोग करके अपवर्तक प्रोफाइल से व्युत्पन्न किए गए। वायुमंडल और आयनमंडल के बीच अनुमानित सीमा 95 किमी है और तापमान और दबाव प्रोफाइल प्राप्त करने के लिए उपयोग की जाने वाली तापमान सीमा ($T_{up}$) 200 केल्विन के रूप में लिया जाता है। चित्र 2 और 3 में क्रमशः प्रवेश और निकास से तटस्थ वातावरण के लिए संख्या घनत्व प्रोफाइल दिखाते हैं। संबंधित अवलोकनों के लिए संबंधित अक्षांश और सोलर शिरोबिंदु कोण मानों को प्लॉट्स में दिखाए गए सभी प्रोफाइलों के लिए उल्लेख किया गया है। संख्या घनत्व प्रोफाइल निकटतम टर्मिनेटर क्षेत्रों के लिए सतह से ~ 95 किमी पर विविधता दिखाते हैं जैसा कि चित्र 4 में

अनुक्रमणिका

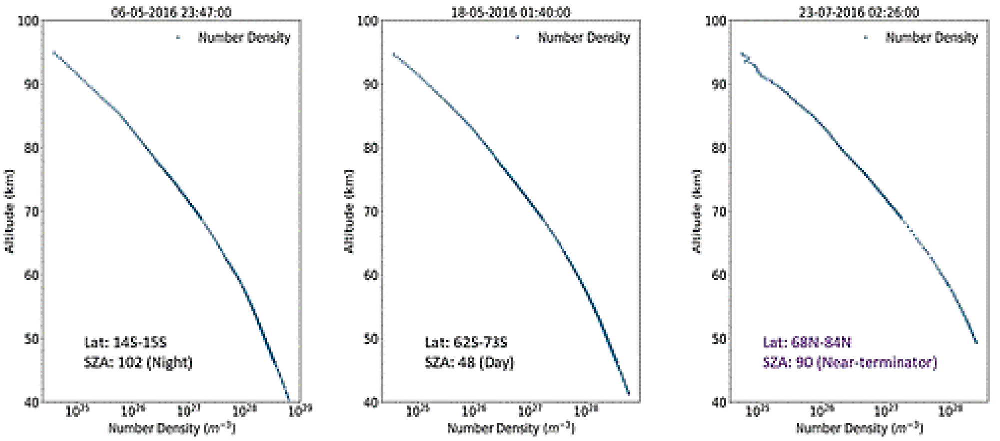
तुलनात्मक स्थिति में दिखाया गया है। 95-100 किमी से इलेक्ट्रॉन घनत्व के प्रोफाइल प्रवेश और निकास के लिए इलेक्ट्रॉनों की घनत्व चित्र 5 और 6 में क्रमशः दिखाया गया है। तटस्थ वातावरण के लिए संख्या घनत्व से प्राप्त प्रवेश और निकास के लिए तापमान प्रोफाइल क्रमशः चित्र 7 और 8 में दिखाए गए हैं। तटस्थ वातावरण को परतों में तापमान प्रोफाइल और वायुमंडलीय गुणों के आधार पर क्षोभ मंडल (ट्रोपोस्फीयर, 65 किमी तक), निचला मध्यमण्डल (लोअर मेसोस्फीयर, 65-72 किमी से) और ऊपरी मध्यमण्डल (72-120 किमी) में विभाजित किया जा सकता है। यह वर्गीकरण चित्र 7 में भी चित्रित किया गया है। ठंडा कॉलर क्षेत्र, पहचान चित्र 8 में 2016 मार्च (रात का समय) के लिए प्रोफाइल में तीर के निशान के रूप में दिखाया गया है। यह 67 दक्षिण- 75 दक्षिण की अक्षांश सीमा में निहित है। व्युत्पन्न तापमान में बदलावों को उच्च ऊंचाई (~ 90-95 किमी) पर निकट टर्मिनेटर प्रोफाइल में भी देखा जा सकता है। दबाव प्रोफाइल को आदर्श गैस समीकरण (जैसा कि धारा 3 में वर्णित है) का उपयोग कर तापमान प्रोफाइल से गणना की गई, परिणाम चित्र 9 और 10 में दिखाए गए हैं। दबाव प्रोफाइल सभी अवसरों में अपेक्षाकृत परिवर्तनीय हैं।



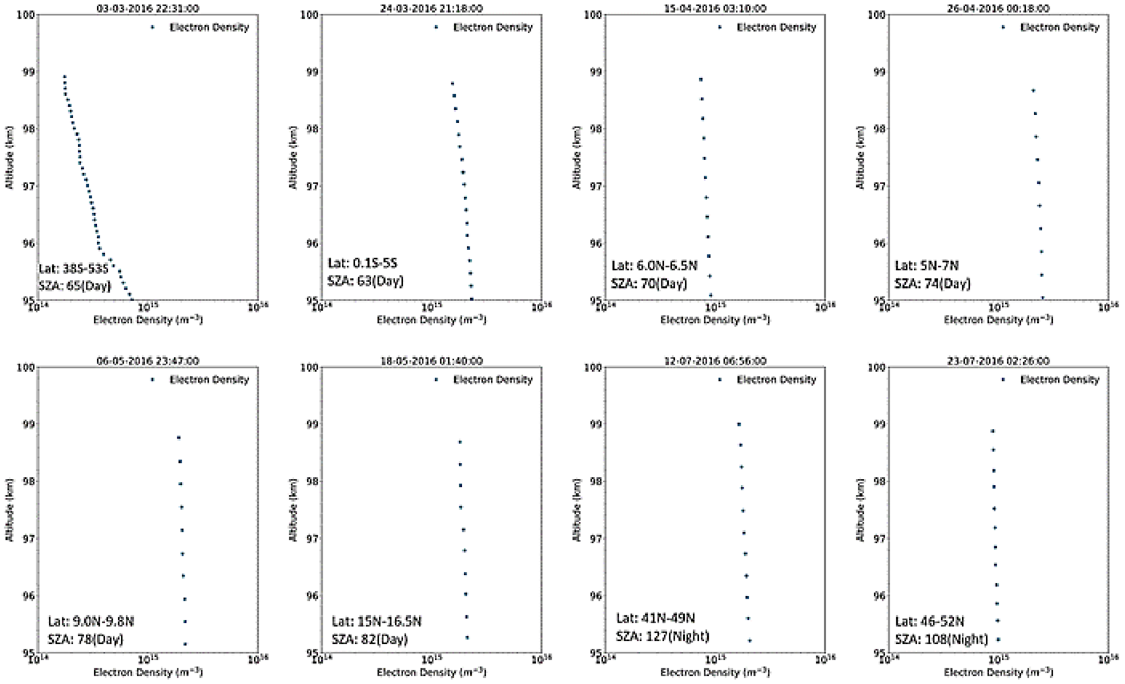
चित्र 2: रोशनी और गैर रोशनी अवस्था के लिए प्रवेश के समय अंतरिक्ष यान के प्रच्छादन के तटस्थ वातावरण की संख्या घनत्व प्रोफ़ाइल।



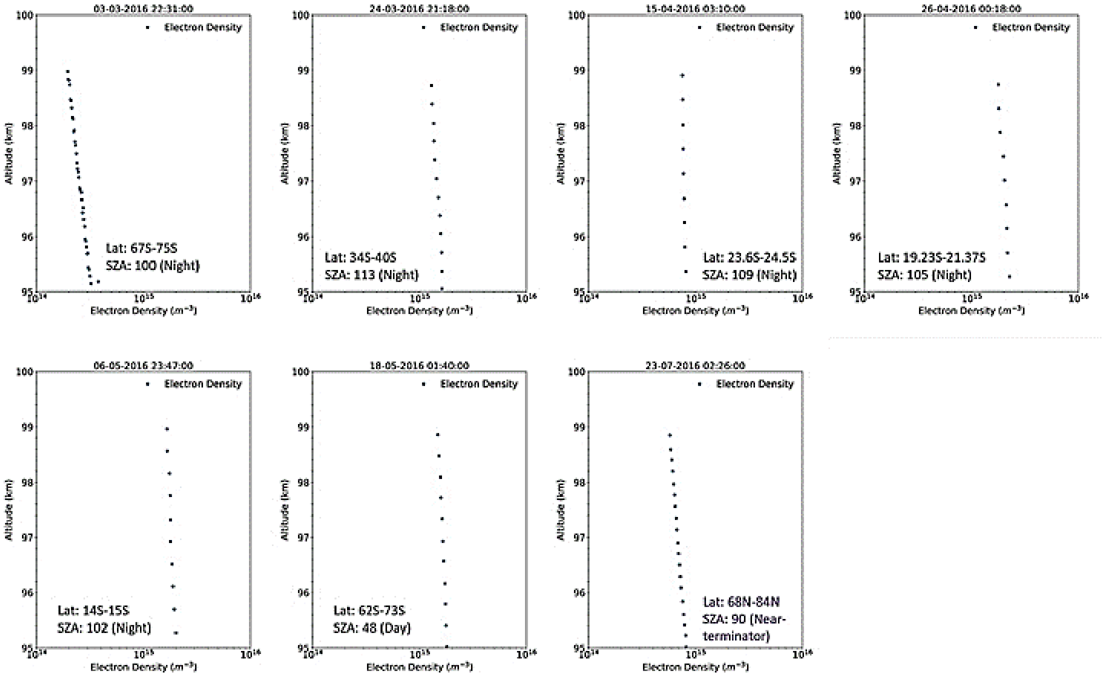
चित्र 3: रोशनी और गैर रोशनी अवस्था के लिए अंतरिक्ष यान के प्रच्छादन के निकास के समय तटस्थ वातावरण की संख्या घनत्व प्रोफ़ाइल।



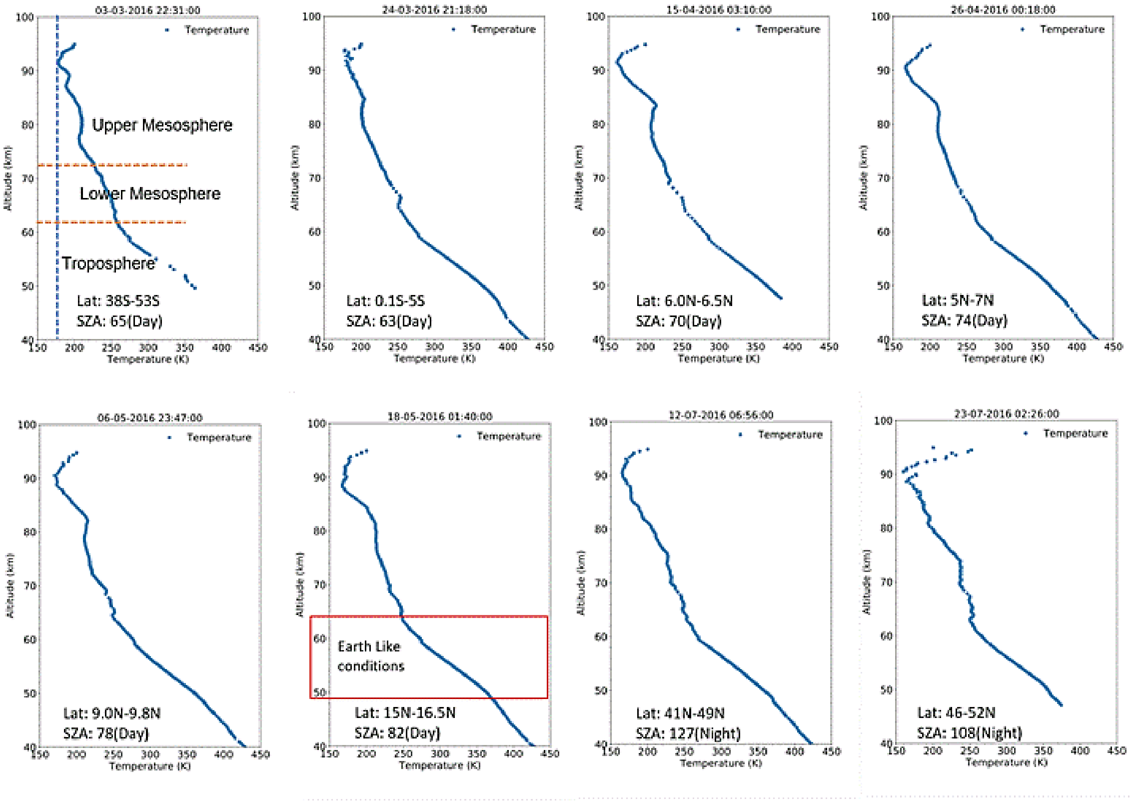

चित्र 4: तटस्थ वातावरण की संख्या घनत्व की तुलना विभिन्न रोशनी की स्थिति में दर्शाया गया है।



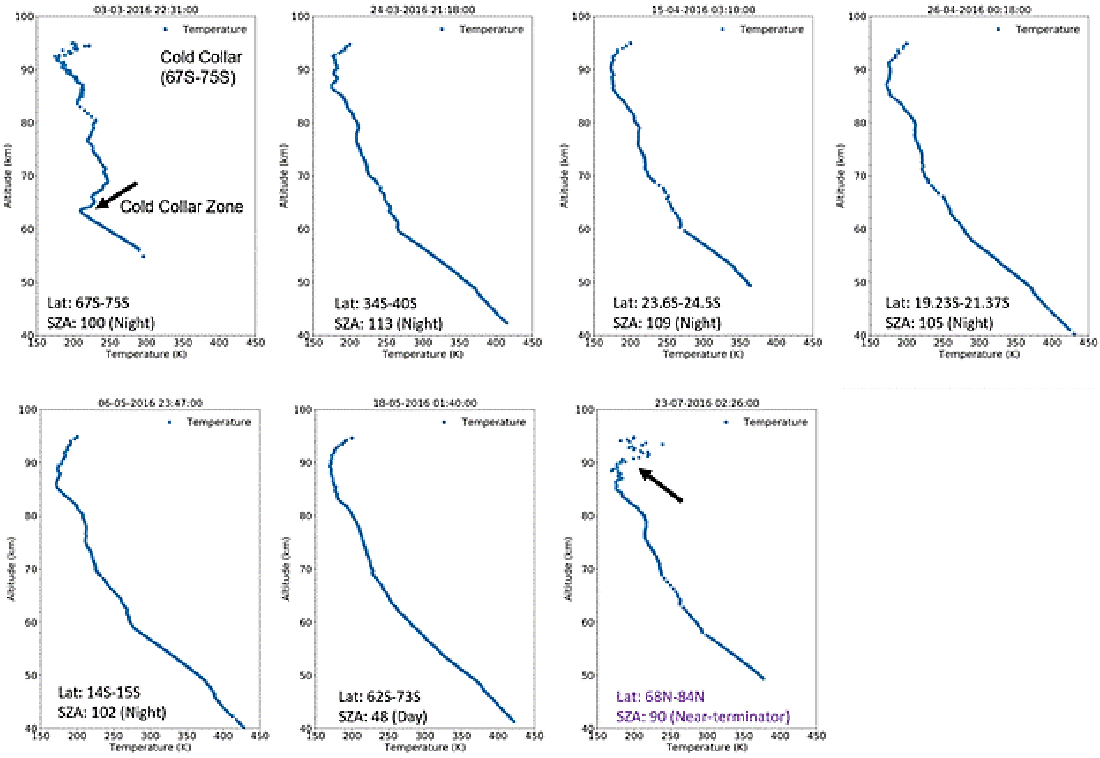

चित्र 5: रोशनी और गैर रोशनी अवस्था के लिए अंतरिक्ष यान के प्रच्छादन के प्रवेश के समय आयनमंडल की संख्या घनत्व प्रोफ़ाइल।



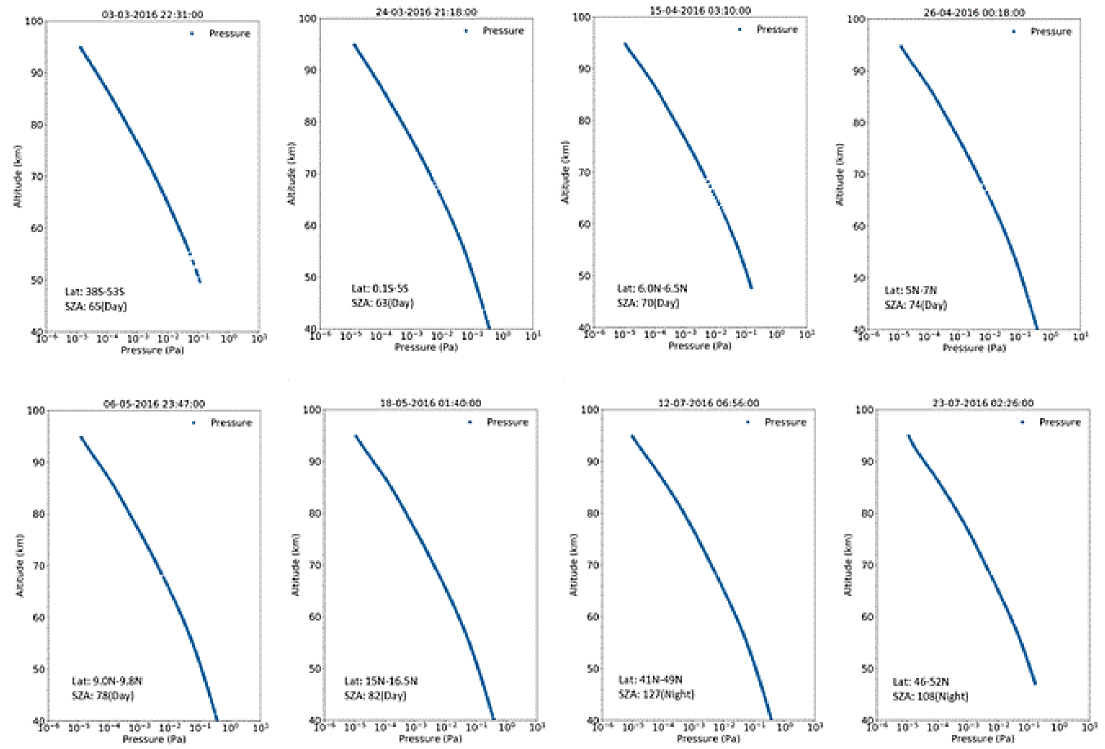

चित्र 6: रोशनी और गैर रोशनी अवस्था के लिए अंतरिक्ष यान के प्रच्छादन के निकास के समय आयनमंडल की संख्या घनत्व प्रोफ़ाइल।



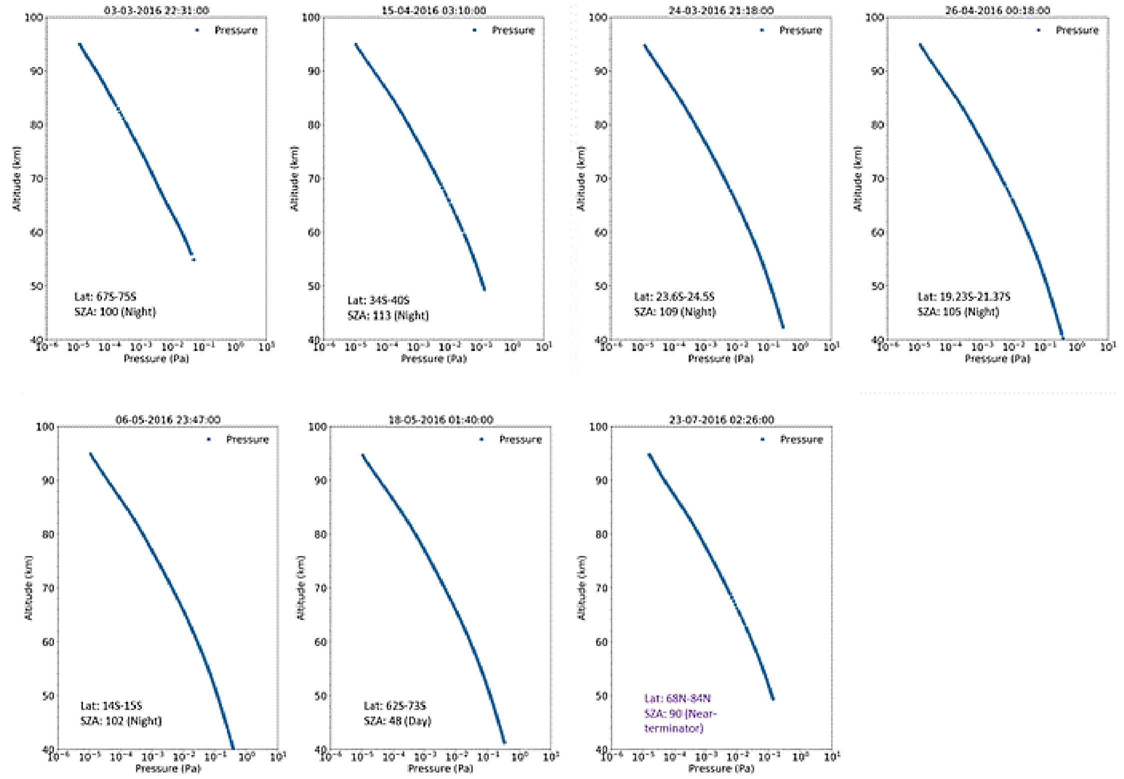

चित्र 7: रोशनी और गैर रोशनी अवस्था के लिए अंतरिक्ष यान के प्रच्छादन के प्रवेश के समय का तापमान प्रोफ़ाइल।




चित्र 8: रोशनी और गैर रोशनी अवस्था के लिए अंतरिक्ष यान के प्रच्छादन के निकास के समय का तापमान प्रोफ़ाइल।




चित्र 9: रोशनी और गैर रोशनी अवस्था के लिए अंतरिक्ष यान के प्रच्छादन के प्रवेश के समय का दबाव प्रोफ़ाइल।




चित्र 10: रोशनी और गैर रोशनी अवस्था के लिए अंतरिक्ष यान के प्रच्छादन के निकास के समय का दबाव प्रोफ़ाइल।

## 5. निष्कर्ष:

रेडियो प्रच्छादन अध्ययन में, सोलर शिरोबिंदु कोण को वर्गीकारक के रूप में उपयोग किया गया और रेडियो प्रच्छादन डेटा सेट को विभिन्न रोशनी की स्थिति के लिए दिन, रात और निकट टर्मिनेटर स्थितियों में वर्गीकृत किया गया। अकात्सुकी रेडियो प्रच्छादन प्रयोग के दौरान प्राप्त अपवर्तक मूल्यों का उपयोग करते हुए शुक्र के वायुमंडल के लिए तटस्थ घनत्व, इलेक्ट्रॉन घनत्व, दबाव, तापमान के प्रोफाइल प्राप्त किये गए। हमने "अकात्सुकी" रेडियो प्रच्छादन प्रयोग से तटस्थ घनत्व प्रोफाइल का उपयोग करते हुए शुक्र ग्रह के वायुमंडल में ~90-95 किमी पर अव्यवस्थाओं की पहचान की जो कि निकट टर्मिनेटर

रोशनी की स्थिति में होती है। हम अकात्सुकी व्युत्पन्न तापमान प्रोफाइल का उपयोग करके शीत कॉलर क्षेत्र (कम तापमान क्षेत्र) की पहचान करने में भी सक्षम हुए। पृथ्वी के समान तापमान और दबाव की स्थिति शुक्र के सतह से लगभग 60-65 किमी की ऊंचाई पर देखी गई, जो पिछले अध्ययनों के अनुरूप है। हमारा मानना है कि, यह अध्ययन वायुमंडलीय गतिशीलता और शुक्र की विशेषताओं के पीछे रहस्यों को सुलझाने में भी मदद करेगा और बदले में यह हमें पृथ्वी के वायुमंडल को भी समझने में मदद करेगा। यह कार्य आगामी भारतीय शुक्र और मंगल ऑर्बिटर मिशन के रेडियो प्रच्छादन डेटा प्रोसेसिंग और शुक्र के वातावरण के वैज्ञानिक विश्लेषण में मदद करेगा।

**आभार:**

हम इस लेख को लिखने में अंतरिक्ष अनुप्रयोग केंद्र (एसएसी), इसरो के निदेशक श्री तपन मिश्रा जी का प्रोत्साहन के लिए धन्यवाद देते हैं। हम डॉ राजकुमार जी, डीडी, ईपीएसए, एसएसी, इसरो के मूल्यवान मार्गदर्शन के लिए भी आभारी हैं। हम डॉ ऍएसआर्या जी, प्रभाग मुख्य, ग्रह विज्ञान प्रभाग, ईपीएसए, एसएसी, इसरो के सतत प्रोत्साहन, समर्थन और मार्गदर्शन के लिए आभारी हैं। हम प्रिय संबित पांडा, वैज्ञानिक/अभियंता - एससी., ईपी एसए, एसएसी, इसरो द्वारा सतत उत्साहवर्धन के लिए भी आभारी हैं। उपयोगकर्ताओं को ग्रहण डेटा मुक्त रूप से प्रदान करने के लिए हम अकात्सुकी विज्ञान डेटा संग्रह के आभारी हैं।

**लेखक परिचय:**

रामदयाल सिंह, वैज्ञानिक/अभियंता - एसडी., ग्रह विज्ञान प्रभाग, इपीएसए., भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, अहमदाबाद, इसरो में कार्यरत है। प्रमुख शोध विषय ग्रह निकायों के वातावरण, बादल और धूल की जानकरी का पता करना है। अभी जापान के वीनस क्लाइमेट ऑर्बिटर "अकात्सुकी" के रेडियो प्रच्छादन प्रयोग के विज्ञान टीम के सदस्य भी है।

**संदर्भः**

पट्ज़ोल्ड, (2007) वीनस / मध्य वातावरण और आयनमंडल की संरचना। प्रकृति, 450 (7170), 657-660.

इमामुरा एट आल., (2011) आर एस: वीनस वायुमंडल और वीनस ऑर्बिटर, अकात्सुकी के साथ आयनमंडल की रेडियो साइंस जांच। पृथ्वी ग्रह अंतरिक्ष 63: 493-501.

इमामुरा एट आल., (2017) वीनस ऑर्बिटर मिशन अकात्सुकी द्वारा रेडियो प्रच्छादन प्रयोग का प्रारंभिक प्रदर्शन, पृथ्वी, ग्रह और अंतरिक्ष, 69-137.

फजलबडो एट आल., (1971) मरिनर 5 रेडियो प्रच्छादन प्रयोगों के साथ शुक्र के तटस्थ वातावरण का अध्ययन। खगोल ज. 76: 123-140.

नाकामुरा एट आल., (2011) वीनस ऑर्बिटर, अकात्सुकी का अवलोकन।पृथ्वी ग्रह अंतरिक्ष, 63, 443-457, 2011.

एशलेमेन, (1973) ग्रह वायुमंडल के अध्ययन के लिए रेडियो प्रच्छादन विधि। ग्रह स्पेस विज्ञान 1973, 21, 1521-1531.

टॉमस्को एट आल., (1980) पायनियर वीनस मिशन के प्रकाश में शुक्र का गरमी-संबंधी संतुलन। जे जी आर, रिसर्च -अट्म, 85, 8187- 8199.

***

अनुक्रमणिका

अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों के परिपेक्ष्य में इसरो की भावी चुनौतियाँ

# अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के बदलते दौर में इसरो के प्रक्षेपण संबंधी वीडियो कार्यक्रम निर्माण में चुनौतियाँ

**डॉ. देवदास एम बी, कनिष्ठ निर्माता और डॉ. वरेन्द्र वर्मा, कनिष्ठ निर्माता**
**डीपीपीडी, एमपीपीजी, डेकू, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),**
**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)**
**अहमदाबाद, गुजरात, भारत**

**सार:**
विश्व के विकसित देशों के बीस वर्ष बाद शुरू हुए भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम ने दुनिया को अपनी ओर आकर्षित किया है। आज इस कार्यक्रम की बदौलत भारत अग्रणी छह राष्ट्रों में गिना जाता है। भारत ऐसा देश है जिसने अपने नागरिकों के विकास के लिये अंतरिक्ष कार्यक्रम की शुरुआत की। आम आदमी तक अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोगों तक पहुंचाने के लिए विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट (डेकू) की स्थापना हुई थी। डेकू अपने गठन से सीधे आम आदमी के लाभ के लिए अंतरिक्ष कार्यक्रम के अनुप्रयोगों के प्रसार का सफलतापूर्वक संचालन कर रहा है। डेकू द्वारा निर्मित विकास कार्यक्रमों को लोकप्रिय बनाने में सफलता मिली। यह लेख तेजी से बदलती प्रौद्योगिकी की वजह से वीडियो कार्यक्रम निर्माण में चुनौतियों का सामना करने का पता लगाने का एक प्रयास है। यह अध्ययन बदलती तकनीकी के दौर में कई चुनौतियों से निपटने के लिए सुझावों पर प्रकाश डालता है। यह लेख नई संचार प्रौद्योगिकियों के परिदृश्य में विकास कार्यक्रमों की आवश्यकता और महत्व पर भी प्रकाश डालता है।

***शब्द संकेत:*** *डेकू, वीडियो कार्यक्रम, अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी, सामाजिक अनुप्रयोग, विकास, कार्यक्रम निर्माण*

**प्रस्तावना:**

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), को 1969 में गठित किया गया। डॉ विक्रम साराभाई ने राष्ट्र के विकास में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी की भूमिका और महत्व को पहचाना और इसरो को विकास में गति लाने के लिए कार्य करने हेतु आवश्यक दिशा भी प्रदान की। इसरो ने राष्ट्र निर्माण के लिए सेवाएं प्रदान करने और स्वतंत्र रूप से कार्य करने के लिए कई प्रौद्योगिकियों को विकसित करने के अपने मिशन की शुरुआत की। तकनीकी क्षमता के अलावा, इसरो देश में अंतरिक्ष विज्ञान और शिक्षा के लिए भी योगदान दे रहा है। इस तरह दूरदर्शी वैज्ञानिक डॉ विक्रम साराभाई ने ना केवल अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी की संभावना को देखा बल्कि आम आदमी के लाभ के लिए ऐसी उन्नत तकनीक के उपयोग की नींव भी रखी।

विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट (डेकू) देश में उपग्रह संचार आधारित सामाजिक अनुप्रयोगों को साकार करने के लिए समर्पित है। डेकू की प्रमुख गतिविधियां हैं - सैटकॉम नेटवर्क कॉन्फ़िगरेशन, कार्यान्वयन, उन्नयन, उपयोग, सामाजिक शोध और मूल्यांकन, कार्यक्रम निर्माण, प्रसारण और प्रशिक्षण। यह अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी की उपयोगकर्ता एजेंसियों और प्रयोग करने वालों की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए उनके साथ मिलकर काम करता है और इससे अनुप्रयोगों को समाज के 'अंतिम छोर' तक पहुंचाने में सहायता मिलती है (इसरो वेबसाइट)।

डेकू द्वारा किए गए प्रमुख कार्यक्रमों में दूर-चिकित्सा, दूर-शिक्षा या सेटकॉम आदि परियोजनाओं के परिणामस्वरूप राष्ट्रीय स्तर पर अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के इस्तेमाल को मज़बूती मिली। सैटकॉम उपकरणों पर आधारित अनुप्रयोगों से राष्ट्रीय विकास में भी मदद मिलती है।

शुरुआती दिनों में इसरो ने सैटेलाइट इंस्ट्रक्शनल टेलीविज़न एक्सपेरिमेंट )साइट) नामक अपना पहला उपग्रह संचार प्रयोग किया। साइट के बाद खेड़ा संचार परियोजना )केसीपी(, झाबुआ विकास संचार परियोजना) जेडीसीपी (जैसे अन्य प्रयोग किये। इन सभी कार्यक्रमों का समाज में विकास लाने के लिए सफल प्रभाव पड़ा।

### 1.1 डेकू इसरो के वीडियो कार्यक्रम और समाज पर उनका प्रभाव

आज़ादी के बाद के दशकों में भारतीय परिपेक्ष्य में प्राथमिक सामाजिक उद्देश्य परिवार नियोजन, कृषि के तरीके और राष्ट्रीय एकता से संबंधित मुद्दों के बारे में जनसंख्या को जागरूक कराना था। माध्यमिक उद्देश्यों में सामान्य स्कूली शिक्षा और प्रौढ़ शिक्षा प्रदान करना, शिक्षकों को प्रशिक्षित करना, अन्य व्यावसायिक कौशल में सुधार के लिए शिक्षा प्रदान करना और उपग्रह प्रसारण के माध्यम से सामान्य स्वास्थ्य और स्वच्छता में सुधार लाना शामिल था। इन सामाजिक उद्देश्यों के अलावा, भारत को भी प्रसारण सुविधाओं और टीवी कार्यक्रम सामग्री सहित निर्माण पद्धति के सभी तकनीकी पहलुओं में अनुभव हासिल करना था।

खेड़ा संचार परियोजना (1976) व्यावसायिक हितों से स्वतंत्र थी, यह मुख्य रूप से वित्तीय सहायता के लिए सरकारी मदद पर निर्भर थी। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा संचालित इस परियोजना को केंद्रीय सरकार द्वारा पूर्ण स्वायत्तता प्रदान की गयी थी, और राज्य सरकार का समर्थन भी प्राप्त था जो इसके लिए एक बड़ा सहारा था। खेड़ा संचार परियोजना गांव के दर्शकों के आकलन और खेड़ा टेलीविज़न कार्यक्रमों के रचनात्मक और समेकित मूल्यांकन पर बहुत अधिक निर्भर थी क्योंकि इसके कार्यक्रमों के निर्माण में लोगों की सीधी सहभागिता थी। खेड़ा

संचार परियोजना को 1984 में ग्रामीण संचार दक्षता के लिए प्रमुख यूनेस्को पुरस्कार भी मिला।

इस उद्यम ने स्थानीय स्तर पर ग्रामीण विकास और सामाजिक परिवर्तन को बढ़ावा दिया। दर्शकों की भागीदारी को सभी स्तरों पर काफी प्रोत्साहित किया गया। ग्रामीणों के शोषण, जाति भेदभाव, शराब की समस्या, न्यूनतम मज़दूरी, सहकारी समितियों, स्थानीय और राष्ट्रीय चुनावों जैसे स्थानीय मुद्दों से निपटने वाले टेलीविज़न कार्यक्रमों के निर्माण में कलाकारों, लेखकों और दर्शकों के रूप में ग्रामवासी शामिल थे। टेलीविज़न धारावाहिक, लोक नाटक, कठपुतली प्रस्तुति और अन्य लोकप्रिय स्थानीय प्रारूपों का उपयोग परिवार नियोजन, लैंगिक समानता और गांव में स्वच्छता जैसे मुद्दों पर लोगों को जागरुक करने लिए किया जाता था। 'चतुर मोटा' (वाइज़ एल्डर) और ‘नारी तू नारायणी’ (महिला आप शक्तिशाली हैं) खेड़ा संचार परियोजना द्वारा निर्मित दो लोकप्रिय मनोरंजक-शिक्षा धारावाहिक थे, जिसमें दर्शकों के सदस्यों की जीवंत भागीदारी थी। इस प्रकार से विकास एजेंसियों को इन मुद्दों के खिलाफ़ अभियान शुरु करने में मदद मिली जिसमें स्थानीय लोगों के साथ टेलीविज़न कार्यक्रमों को सम्मिलित किया गया। खेड़ा परियोजना ने भारत में टेलीविज़न प्रसारण का विकेंद्रीकरण करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई।

झाबुआ विकास संचार परियोजना (1996) को सांध्य टेलीविज़न के रूप में भी जाना जाता था। इसमें स्वास्थ्य, शिक्षा, जल-प्रबंधन (वाटरशैड), कृषि, प्राकृतिक वन निर्माण और पंचायती राज जैसे विषयों पर मनोरंजक और शैक्षिक कार्यक्रमों के लिए रूपरेखा तैयार की गयी थी। खेड़ा संचार परियोजना की तरह इस परियोजना के कार्यक्रम भी झाबुआ के स्थानीय लोगों की सक्रिय भागीदारी के साथ बनाये जाते थे। दोपहर में, टॉकबैक टर्मिनलों के माध्यम से शिक्षकों, आंगनवाड़ी कार्यकर्ताओं और स्थानीय पंचायत सदस्यों जैसे कई ग्रामीणों के साथ इंटरैक्टिव प्रशिक्षण कार्यक्रम आयोजित किए जाते थे। झाबुआ विकास संचार परियोजना में सूचना प्रवाह दोनों तरफ ऊपर से नीचे की ओर एवं नीचे से ऊपर की दिशा में सूचना प्रवाह संभव था, अहमदाबाद में कार्यक्रम निर्माताओं के साथ झाबुआ के ग्रामीण दर्शकों को प्रतिक्रिया और फीड-फॉरवर्ड की निरंतर कड़ी में जोड़ा गया था।

### 2.0 उद्देश्य:

1 डेकू इसरो के प्रक्षेपण वीडियो कार्यक्रमों का विश्लेषण।
2 बदलते दौर में वीडियो कार्यक्रम निर्माण में चुनौतियों का विश्लेषण।

### 3.0 शोध क्रियाविधि:

इस लेख में शोध विषय का अध्ययन करने के लिए विषय-वस्तु विश्लेषण विधि का उपयोग किया गया है। सबसे पहले डेकू इसरो के वीडियो कार्यक्रमों का विश्लेषण करने के लिए, इनके प्रक्षेपण संबंधित पांच वीडियो कार्यक्रमों को अध्ययन के लिए चुना गया। इन कार्यक्रमों का विश्लेषण विभिन्न मानकों पर विचार करने के लिए किया गया है। बदलते दौर में तकनीकी के प्रभाव से वीडियो कार्यक्रम निर्माण में चुनौतियों का विश्लेषण उसके आधार पर किया गया है।

### 4.0 विश्लेषण:

#### 4.1: इसरो के प्रक्षेपण संबंधी वीडियो कार्यक्रमों का विश्लेषण

यह शोध इसरो के प्रक्षेपण संबंधी वीडियो कार्यक्रमों का विश्लेषण करने का प्रयास करता है। इसरो के कार्यक्रम डेकू द्वारा बनाए जाते हैं। इसरो के पांच प्रक्षेपण संबंधी कार्यक्रमों का विश्लेषण करके हम इसमें गहनता से देखते हैं। तीन मानदण्ड यहां पर लिए गए है- अवधि, प्रारूप (एचडी/एसडी) और सामाजिक अनुप्रयोग पर जोर देने के लिए उपयोग।

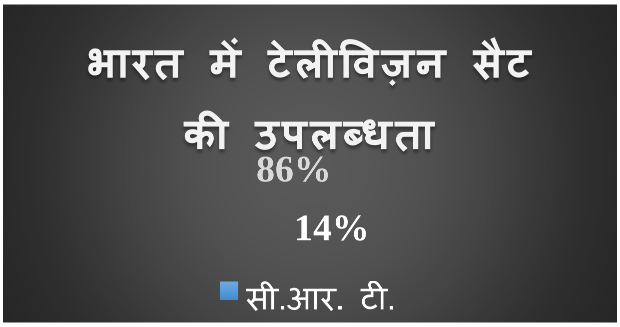
**तालिका -1: इसरो के प्रक्षेपण कार्यक्रमों के प्रसारण का विश्लेषण**

| मानदण्ड | विवरण |
|---|---|
| सीधा प्रसारण की अवधि | लगभग 60 मिनट |
| औसत-अवधि | 05-15 मिनट |
| प्रारूप | एस डी |
| सामाजिक अनुप्रयोग सूचना | हाँ |

**स्रोत :यू ट्यूब**

तालिका-1 से हम देख सकते हैं कि इसरो के कार्यक्रम औसतन 05 मिनट से 15 मिनट अवधि के हैं जबकि प्रक्षेपण कार्यक्रमों का सीधा प्रसारण लगभग 60 मिनट का होता हैं। इसरो के कार्यक्रम ज्यादातर स्टेंडर्ड डेफिनिशन (एसडी) में हैं। इसरो के कार्यक्रम प्रत्येक मिशन से संबंधित कार्यक्रमों के सामाजिक अनुप्रयोग को अच्छे से बताते हैं।

इसरो के पास अपना खुद का टीवी चैनल या यू ट्यूब चैनल अभी तक नहीं है और मुख्य रूप से राष्ट्रीय प्रसारणकर्ता दूरदर्शन (डीडी) पर निर्भर करता है ताकि वह अपने वीडियो कार्यक्रमों को प्रसारित कर सके। डीडी अभी एचडी ट्रांसमिशन करता तो है पर भारत में लगभग 86 प्रतिशत लोगों के पास एसडी टेलिविज़न सैट ही उपलब्ध हैं।




**स्रोत: फिक्की अनुवल मिडिया एंड ऐंटरटेनमेंट रिपोर्ट**

हालंकि इसरो के पास एचडी वीडियो कार्यक्रम निर्माण सुविधा उपलब्ध है, लेकिन ज़्यादा से ज़्यादा लोगों को समाजिक अनुप्रयोगों की सूचना प्रदान करने के लिए इसरो डेकू को एसडी में कार्यक्रम तैयार करना होता है। डेकू सभी सामाजिक अनुप्रयोगों से संबंधी आवश्यक जानकारी के साथ इन कार्यक्रमों का निर्माण करता हैं।

इसरो के प्रत्येक प्रक्षेपण संबंधी वीडियो कार्यक्रम द्वारा देश के आम आदमी को विशेष मिशन के लाभ समझाने का प्रयास किया जाता है। इसके बावजूद भी किसी प्रकार की विशेष तकनीकी का प्रचार मयर्दित किया जाता है। इसरो वाणिज्यिक रूप से अनुप्रयोग की तुलना में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के सामाजिक अनुप्रयोगों पर अधिक बल देता है। हालांकि इसरो ने कई विदेशी उपग्रहों को सफलतापूर्वक प्रक्षेपित किया है और यहां तक कि एक ही प्रक्षेपण में 104 उपग्रह प्रक्षेपित करने का इतिहास भी रचा। हमारे कार्यक्रम तकनीकी कौशल की महिमा बताने के बजाय विकास और सामाजिक परिवर्तन के लिए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के उपयोग दर्शाते हैं।

### 4.2 बदलते दौर में इसरो के प्रक्षेपण संबंधी विडियो कार्यक्रम के निर्माण में चुनौतियाँ

तकनीकी प्रगति विकास के दौर में वीडियो कार्यक्रम निर्माण में कई नई चुनौतियों का सामना करना पड़ता है। ये माना जाता है कि इसरो कार्यक्रमों ने जागरूकता पैदा करने का इरादा रखते हुए, विकास के लिए मार्ग प्रशस्त करने का प्रयास किया है। आम लोगों तक पहुंच बनाने के लिए टेलीविज़न के माध्यम से हमारे कार्यक्रमों का प्रसारण किया जाता है। लेकिन अब नवीन मीडिया (न्यू मीडिया) के उद्भव और उन्नति के कारण टेलीविज़न धीरे-धीरे अपना महत्व खो रहा है। 2017 तक भारत में स्मार्ट फोन उपयोगकर्ताओं की संख्या लगभग 34 करोड़ है और यह आंकड़ा 2021 तक लगभग 468 करोड़ तक पहुँचने की उम्मीद है (statistacom)। आज लोग टेलीविज़न की तुलना में अपने स्मार्ट फोन और लैपटॉप / कंप्यूटर आदि में टेलीविज़न कार्यक्रमों को देखना अधिका पसंद करते हैं। विडियो कार्यक्रम के निर्माण के लिए यह निश्चित रूप से एक चुनौती है।

पारंपरिक टीवी चैनल द्वारा प्रसारित कार्यक्रम के विपरीत, न्यू मीडिया एक व्यक्ति को चुनिंदा कार्यक्रम देखने और मांग पर वीडियो का विकल्प उपलब्ध कराता है। यह टीवी देखने के अनुभव को 'नॉन लिनीयर' बनाता है क्योंकि दर्शकों को उनके पसन्दीदा कार्यक्रम जब चाहे तब देखने की आज़ादी मिलती है। यह निर्माता के लिए एक और संभावित चुनौती है। उन्हें कार्यक्रमों को अधिक आकर्षक और सक्षम बनाना होगा, अन्यथा लोग इसे देखना पसंद नहीं करेंगे। इसलिए कार्यक्रम निर्माताओं को खुद को नई प्रौद्योगिकियों और निर्माण के तरीकों को उपयोग में लाना पड़ेगा।

लोग आज न्यू मीडिया की ओर आकर्षित हो रहे हैं और हमनें अभी तक इस माध्यम के उपयोग में अपने आप को पूरी तरह अनुकूलित नहीं किया है। हमारे पास कोई समर्पित यू ट्यूब चैनल या समर्पित वीडियो होस्टिंग वेबसाइट भी नहीं है। यद्यपि हमारे पास हमारा शिक्षा पोर्टल है, लेकिन अभी तक यह पूरी तरह से लोकप्रिय नहीं हुआ है। इसलिए हमें इस मुद्दे पर भी ध्यान केंद्रित करने की आवश्यकता है। चूंकि हमारा इरादा अंतरिक्ष तकनीकी के सामाजिक अनुप्रयोगों को अधिकतम संख्या में जनता तक पहुंचाना है तो हमें न्यू मीडिया प्लेटफॉर्म का भी सहारा लेने की आवश्यकता लगती है।

### 5.0 निष्कर्ष और सुझाव:

उपरोक्त अध्ययन से हमें निम्नलिखित तथ्यों का पता चलता है:

1 इसरो द्वारा निर्मित वीडियो कार्यक्रम सामाजिक अनुप्रयोगों की सूचना की दृष्टि से उच्च गुणवत्ता के हैं।

2 प्रसारित करने के लिए इसरो के कार्यक्रम मुख्य रूप से एसडी में निर्मित किये जाते हैं। लेकिन हमारे प्रसारणकर्ता डीडी ने एचडी तकनीक का उपयोग शुरू कर दिया है इसलिए अब हाई डेफिनिशन कार्यक्रम प्रसारण के लिए निर्माण अधिक करना होगा।

3 न्यू मीडिया की प्रगति तेजी से हो रही है। न्यू मीडिया ने टेलीविज़न देखने के पारंपरिक 'लिनीयर' तौर तरीकों को बदल दिया है और उससे 'नॉन लिनीयर' बना दिया है जहां मांग पर तत्काल वीडियो की उपलब्धता संभव है। इस स्थिति में निर्माण की गुणवत्ता बहुत मायने रखती है। यदि कार्यक्रम की निर्माण गुणवत्ता दर्शकों की अपेक्षानुसार नहीं है, तो वो इसे देखना पसंद नहीं करेंगे। अतः तेजी से बढ़ती नई संचार प्रौद्योगिकियों का सामना करने के लिए नई निर्माण रणनीतियों और प्रौद्योगिकियों को उपयोग करने का समय भी आ गया है।

4 वर्तमान में हमारे पास हमारे यू ट्यूब चैनल या वीडियो होस्टिंग प्लेटफ़ॉर्म नहीं हैं। हमारे प्रक्षेपण से संबंधित कार्यक्रम यू ट्यूब चैनल में डीडी द्वारा 'होस्ट' किए जाते हैं। यू ट्यूब पर आने वाली प्रतिक्रियों से हमें यह पता चलता है कि इनके दर्शकों की संख्या अधिक है। इससे संकेत मिलता है कि हमारे कार्यक्रमों की भारी मांग है। इस समय हमें अपने शिक्षा पोर्टल को मज़बूत करने और वीडियो कार्यक्रमों को अधिक संख्या में समायोजित करने के लिए अपनी तकनीकी क्षमताओं को बढ़ाने के लिए गंभीरता से सोचना चाहिए। जैसे डेकू के आधिकारिक यू ट्यूब चैनल की शुरुआत करना एक और वैकल्पिक उपाय हो सकता है।

✓ साररूप में हम यह कह सकते हैं कि हमारे प्रक्षेपण संबंधी वीडियो कार्यक्रम अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के सामाजिक अनुप्रयोग के बारे में जानकारी के प्रसार में सफल रहे हैं। इस प्रकार ये कार्यक्रम अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के उपयोग और आम आदमी के बीच में कोई अंतर नहीं होना चाहिए- के ध्येय की तरफ हमें तेजी से आगे बढ़ा रहे हैं।

### संदर्भ:

1. बिनोद सी अग्रवाल और मीरा अग्घी, साइट से इनसेट चैलंजिस ऑफ प्रोड्क -्शन ऐंड रिसर्च फॉर वूमेन ऐंड चिल्डरन, कॉन्सेप्ट पब्लिकेशन कंपनी, नई दिल्ली, 1986

2. बिनोद सी अग्रवाल, जोशी एस आर, अरबिंद सिन्हा, कम्युनिकेशन फॉर डवेलपमेंटद इसरो एक्सप :ीरियंस, कॉन्सेप्ट पब्लिकेशन कंपनी, नई दिल्ली, 1986
3. जी माधवन नायर, स्पेस बेस्ड प्लेटफॉर्म फॉर कॉमन मैन, योजना दिसंबर ,2016
4. हरीश वी पंथ और रितिका पासी, रायसिना फाइलसडिबेटिंग द वर्ल्ड इन द एशियन सेंचुरी :, 2016
5. FICCI Annual Media & Entertainment Report, March, 2018
6. www isrogovin
7. www statistacom
8. www wikipediaorg
9. www indianetzonecom
10. wwwyoutubecom

***

**लेखक परिचयः**

डॉ. देवदास एम बी, डेकू इसरो के मल्टीमीडिया कार्यक्रम निर्माण समूह के विकास कार्यक्रम निर्माण प्रभाग में कनिष्ठ निर्माता के तौर पर सितंबर, 2015 से कार्यरत हैं। डॉ देवदास ने बैंगलौर विश्वविद्यालय से संचार विषय में पीएचडी की डिग्री 2013 में प्राप्त की।

डॉ. वरेन्द्र वर्मा, डेकू इसरो के मल्टीमीडिया कार्यक्रम निर्माण समूह के विकास कार्यक्रम निर्माण प्रभाग में कनिष्ठ निर्माता के तौर पर मार्च, 2017 से कार्यरत हैं। डॉ वरेन्द्र ने गुरु जाम्भेश्वर विश्वविद्यालय, हिसार, हरियाणा से जनसंचार विषय में पीएचडी की डिग्री 2016 में प्राप्त की।

***

# अंतरिक्ष में मानव-बस्ती (Space Colonization)

सुनील सिंह कुशवाहा[1], वैज्ञानिक/अभियंता-एसएफ, प्रखर श्रीवास्तव[2], वैज्ञानिक/अभियंता-एसई
अहमदाबाद भू-केंद्र, सैटकॉम व नैवीगेशन ग्राउंड सिस्टम समूह, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो),
अहमदाबाद, गुजरात, भारत
sskushwaha@sac.isro.gov.in

## 1. प्रस्तावना:

अंतरिक्ष में मानव-बस्ती का तात्पर्य सौर-मंडल में पृथ्वी से अलग किसी और ग्रह या उपग्रह के ऊपर स्थाई रूप से मानव के लिए उपयुक्त निवास स्थान बनाने से है। हालाँकि, पृथ्वी को अभी अलविदा कहने का वक़्त नहीं आया है क्योंकि यह बहुत बड़ी है और कई हजारों सालों तक भी हम लोगों को पालने में सक्षम है। फिर भी क्या अंतरिक्ष में कहीं और जाकर अपनी बस्ती बनाना, वहां रहना कहां तक तर्कसंगत है, यह एक बड़ी बहस का मुद्दा है। इस लेख के माध्यम से हम इस विषय के कई पहलुओं पर चर्चा करेंगे। कई दशकों से इंसान दूसरे ग्रहों पर जाने की कल्पना करता रहा है परंतु सच्चाई यह है की चाँद को छोड़कर मानव ने किसी और ग्रह या उपग्रह पर पाँव तक नहीं रखा है, फिर भी इसकी कल्पनाओं की उड़ान को कोई रोक नहीं सकता। ऐसी ही कुछ परिकल्पनाओं का वर्णन हम इस लेख के माध्यम से करेंगे जो फिलहाल हमें असम्भव लग सकती हैं परन्तु इसमें कोई शक नहीं है की इन्हीं में से कुछ कल्पनाएं भविष्य का आधार बनेंगी। हमारी सौर व्यवस्था में कहीं जीवन हो ना हो परंतु यह अत्याधुनिक कल्पनाएं हमें यह सोचने पर सचमुच मजबूर कर देंगी कि क्या सच में हम किसी दिन अंतरिक्ष में इंसानी बस्ती बसा पाएंगे।

दुनिया के साथ-साथ एशिया में भारत का राष्ट्रीय अंतरिक्ष संस्थान 'इसरो' सफलतापूर्वक मंगल ग्रह की कक्षा तक पहुंचने के लिए चौथे स्थान पर रहा है। अपने प्रथम प्रयास में ही और बहुत कम लागत से मंगल ग्रह की कक्षा में उपग्रह को सफलतापूर्वक स्थापित करने एवं चंद्रयान-1 जैसे महत्वाकांक्षी परियोजना को अंजाम देकर इसरो ने कई कीर्तिमान स्थापित किए हैं। अंतरिक्ष में मानव-बस्ती के ऊपर काम शुरू कर के इसरो एक नई दिशा में अग्रसर हो सकता है और अपनी तकनीकी क्षमताओं एवं उपलब्धियों को दुनिया के और वैज्ञानिकों से साझा करके उनकी सहायता कर सकता है जो इस महत्त्वपूर्ण कार्य को करने की कोशिश कर रहे हैं। साथ ही यह उन परियोजनाओं और परिकल्पनाओं का एक मुख्य अवयव भी बन सकता है।

## 2. अंतरिक्ष में मानव-बस्ती की महत्ता:

भविष्य में एक ऐसा भी समय आएगा जब हम पृथ्वी पर मूलरूप से उपलब्ध प्राकृतिक संसाधनों को खत्म कर देंगे या इसके पर्यावरण को इतना दूषित कर देंगे कि यह किसी के रहने लायक नहीं बचेगी। लेकिन सवाल यह है कि इसके होने में अभी कितना समय लगेगा।

कुछ वैज्ञानिकों का मानना है कि मानवता को जीवित रखने के लिए अंतरिक्ष में मानव-बस्ती बनाना बहुत ही महत्वपूर्ण है। यह इसलिए क्योंकि हो सकता है कि मानव जनित किसी बड़े विश्वयुद्ध के कारण या किसी बहुत बड़े खगोलीय पिंड के पृथ्वी से टकरा जाने से इसका विनाश हो जाये। ऐसा कुछ भी होने से हमारी मानव सभ्यता जिसे प्रकृति ने करोड़ों साल की मेहनत से पोषित किया है, एक पल में समाप्त हो जायेगी। इसके लिए हमें निश्चय ही अंतरिक्ष में दूसरे उपग्रहों या ग्रहों पर मानव-बस्ती बसाने के सन्दर्भ में ठोस कदम उठाना चाहिए। वैज्ञानिक स्टीफन हॉकिंस का मानना है कि "अगर अंतरिक्ष में मानव-बस्ती नहीं बनाई गई तो यह मानव प्रजाति कुछ हजार सालों के बाद विलुप्त हो सकती है।"

परन्तु इसके विपरीत बहुतों का मानना है कि पृथ्वी पर ही मानव को अन्य बहुत तरह की समस्याएं हैं। व्यर्थ में ऐसे कामों के ऊपर खर्च करने से पहले हमें अपनी इन समस्याओं को हल करना चाहिए।

अंतरिक्ष में मानव-बस्ती के बसाने से हमें निम्नलिखित लाभ मिल सकते हैं:

### 2.1 अंतरिक्ष में संसाधनों की प्रचुरता:

अंतरिक्ष बहुत तरह के संसाधनों, महत्वपूर्ण खनिजों और ऊर्जा से परिपूर्ण है। अलग-अलग अनुमानों के मुताबिक अकेले सौर-मंडल में पृथ्वी पर मानव आबादी के करोड़ों गुना से भी अधिक लोगों की ज़रूरतों को पूरा करने के लिए संसाधन उपलब्ध हैं। सौर मंडल के बाहर, देखने योग्य ब्रहमांड में कई सौ अरब अन्य सितारे मानव-बस्ती बनाने और संसाधन संग्रह दोनों के अवसर प्रदान करते हैं। हालाँकि इन संसाधनों को वहाँ जाकर इकट्ठा करना इतना आसान नहीं है इसके लिए हमें यात्रा के लिए परंपरागत तकनीकियों से हटकर ऐसे अंतरिक्ष यानों या क्रांतिकारी नई विधियों का निर्माण करना होगा जो उप-प्रकाश या प्रकाश की चाल से भी ज्यादा तेज़ चलने में सक्षम हो। ऐसे अंतरिक्ष यानों का निर्माण करना होगा जो अपने आस-पास उपलब्ध गैसों एवं सूर्य से ही जरूरी ऊर्जा लेने में सक्षम हों।

### 2.2 नयी तकनीकियों का विकास:

जीवन के लिए जरूरी हर सामान पृथ्वी से दूसरे ग्रहों पर ले जाना संभव नहीं होगा ऐसी स्थिति में हमें वहां पर कुछ ऐसी तकनीक प्रयोग में लानी होगी जिससे हम पृथ्वी की तरह ही वनस्पतियां उगा सकें, वहां वातावरण पैदा कर सकें जो जीने के लिए अनुकूल हो। सुदूर ग्रहों के पर्यावरण, वहां के तापमान, वहां की परिस्थितियों का गहन अध्ययन करना होगा। वहाँ पहुँचने के लिए, वहां की विषम परिस्थितियों से लड़ने के लिए, हानिकारक विकिरण से बचने के लिए जरूरी तकनीकी का विकास करना होगा। इसके लिए हमें विभिन्न अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष एजेंसियों से मिल जुल कर काम करना होगा एवं एक बहुत बड़ी परियोजना का हिस्सा बनना होगा।

### 2.3 अंतरग्रहीय परियोजनाओं को नया आयाम:

इसका सबसे बड़ा लाभ दुनिया को दूसरे ग्रहों की खोज और सौर-मंडल में अन्य स्थानों पर जाने के लिए हमें आसानी होगी जैसे किसी दूसरे ग्रह पर जाने के लिए हमें कम लागत में ही प्रक्षेपण विमान से काम चल जाएगा। कम से कम ऊर्जा और कम लागत में ही हम दूसरे ग्रहों पर अपने कृत्रिम उपग्रह छोड़ सकते हैं। पृथ्वी से दूर-दराज ग्रहों पर कॉलोनी बनाने से वहां पर हम बहुत बड़े टेलीस्कोप लगाकर ब्रहमांड का एक दूसरी तरह से अध्ययन कर सकते हैं।

## 3. अंतरिक्ष मानव-बस्ती की विभिन्न परिकल्पनाएँ एवं चुनौतियाँ :

कई वैज्ञानिकों और अंतरिक्ष एजेंसियों ने अलग-अलग ग्रहों और उपग्रहों पर मानव-बस्ती की परिकल्पनाएं की हैं जो अग्रलिखित हैं:

### 3.1 चाँद पर मानव-बस्ती की परिकल्पना:

चाँद पृथ्वी का सबसे नजदीकी आकाशीय पिंड है जो कि हमेशा से ही पृथ्वीवासियों को अपनी तरफ आकर्षित करता आ रहा है। चाहे वह गुजरा हुआ वक्त हो या अभी का दौर लेकिन चाँद हमेशा ही चर्चा का विषय रहा है। ब्रहमांड के रहस्यों को समझने के लिए भविष्य में चाँद की एक अहम भूमिका रहने वाली है और इसके लिए चाँद अंतरिक्ष यात्रियों की पहली पसंद रहने वाला है। दूसरे ग्रह पर बस्ती बसाने से पहले मानव पृथ्वी के इकलौते उपग्रह चाँद पर अपना स्थाई बेस बनाना चाहता है। अगर एक बार स्थाई बेस बना लिया जाए तो भविष्य में आने वाली दूसरी सभी अंतरिक्ष परियोजनाओं को चाँद से ही संचालित किया जा सकेंगा।

हब्बल स्पेस टेलीस्कोप (दूरबीन) की मदद से वैज्ञानिकों ने सौरमंडल का गहन अध्ययन किया है जिसको 1990 में पृथ्वी की कक्षा में स्थापित किया गया था। इसको पृथ्वी की सतह के ऊपर नहीं रख कर इसे पृथ्वी की कक्षा में स्थापित किया गया है क्योंकि पृथ्वी का वातावरण अंतरिक्ष से आने वाले कुछ विकिरणों को रोक देता है। सोचिए, अगर वैज्ञानिक चाँद पर स्थाई रूप से अपनी बस्ती बनाने में सफल रहे तो हब्बल जैसे दूरबीन से भी कई गुना बड़े दूरबीन को चाँद की सतह पर ही असेंबल किया जा सकता है और वहां चाँद पर वातावरण की अनुपस्थिति के कारण अंतरिक्ष से आने वाले विकिरणों को किसी रूकावट का सामना भी नहीं करना पड़ेगा एवं उसका रख-रखाव भी आसानी से किया जा सकेंगा।

चाँद पर स्थाई बेस होने की वजह से दूसरे ग्रहों के लिए उड़ान डायरेक्ट चांद से ही भरी जा सकेंगी। चाँद की सतह का प्रक्षेप वेग पृथ्वी के प्रक्षेप वेग से कई गुना कम है जिस वजह से किसी भी मिशन में लगने वाली ऊर्जा और समय की भी बचत होगी। चंद्रयान-1 की सहायता से दुनिया को पता चला है कि चाँद की सतह पर पानी उपलब्ध है जिससे वहां पर पानी ले जाने की कोई जरूरत नहीं होगी। प्राकृतिक वातावरण बना कर वहां वनस्पतियों का भी उत्पादन किया जा सकेंगा। चाँद पर स्थाई बस्ती बनाने के फायदे तो बहुत हैं लेकिन बहुत कम गुरुत्वाकर्षण और विकिरण के प्रभाव के कारण वहां रहने में स्वास्थ्य की भी बहुत सारी समस्याएं सामने आएंगी।

चाँद से लाए हुए छोटे टुकड़ों के अध्ययन से यह सामने आया है कि चाँद की सतह उन पदार्थों से भरपूर है जिनसे कंक्रीट बनाया जा सकता है और और यह कंक्रीट धरती पर पाए जाने वाले आम कंक्रीट से कहीं ज्यादा मजबूत है। यानी चाँद पर किसी हाईटेक बस्ती बनाने की बजाय हम अपना खुद का कंक्रीट से बना घर खड़ा कर सकते हैं।

### 3.2 शुक्र पर मानव-बस्ती की परिकल्पना:

जब कभी अंतरिक्ष में इंसानी बस्ती बनाने की बात आती है तो लोग मंगल ग्रह की ही बात क्यों करते हैं जबकि शुक्र ग्रह कई मायने में मंगल ग्रह से बहुत अच्छा है। शुक्र ग्रह पृथ्वी के बहुत पास है जबकि मंगल ग्रह पृथ्वी से दूर है। शुक्र ग्रह के पास होने की वजह से वहां पर कम समय और कम लागत में ज्यादा से ज्यादा सामान पहुंचाया जा सकता है वहीं मंगल ग्रह पर उतना ही सामान पहुंचाने में लागत ज्यादा आएगी और समय भी ज्यादा लगेगा। अगर हम मंगल ग्रह पर रहते हैं तो हमें वहां पर हानिकारक रेडिएशन का सामना करना पड़ेगा और मंगल ग्रह का गुरुत्वाकर्षण पृथ्वी की तुलना में 62% कम है। मंगल ग्रह का गुरुत्वाकर्षण कम होने की वजह से जब इंसान लंबे समय तक वहां रहता है तो इसकी वजह से उसकी हड्डियां कमजोर पड़ कर बिखर जाएँगी।

वहीं दूसरी ओर शुक्र ग्रह को धरती की छोटी बहन माना गया है। शुक्र ग्रह का गुरुत्वाकर्षण पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के लगभग बराबर ही है। शुक्र ग्रह का आकार पृथ्वी के आकार से थोड़ा ही कम है या यूँ कहें कि पृथ्वी के लगभग बराबर है। अगर शुक्र और मंगल में से इंसानी बस्ती बनाने का चयन करना हो तो शुक्र मंगल पर भारी पड़ता है हालांकि दोनों ही ग्रहों के अपने अलग-अलग फायदे और नुकसान है।

चूँकि दोनों ही ग्रह पृथ्वी के पड़ोसी ग्रह हैं इसलिए आइए इसकी कल्पना करते हैं कि अगर भविष्य में शुक्र ग्रह पर इंसानी बस्ती बनाकर रहना हो तो वहां का सफर हमारे लिए कैसा रहेगा? शुक्र के वायुमंडल में लगभग 95% कार्बन डाइऑक्साइड होती है जो सूर्य की गर्मी को अवशोषित करके रखती है और गर्मी को बाहर नहीं निकलने देती है जिसकी वजह से शुक्र ग्रह की सतह का तापमान लगभग 465 डिग्री सेल्सियस रहता है जो शुक्र ग्रह को अपने सौरमंडल का सबसे गर्म ग्रह बना देता है। जब आप शुक्र ग्रह पर अपना पहला कदम रखेंगे तो ऐसा महसूस होगा जैसे आप किसी तपती भट्टी में घुस गए हैं, इतना ज्यादा तापमान आपके शरीर को पल भर में जला सकता है। शुक्र ग्रह के ऊपर वायुमंडल बहुत ही घना है जिसके कारण वहां पर वातावरणीय दबाव बहुत

ज्यादा है एवं शुक्र ग्रह के वातावरण में सल्फ्यूरिक एसिड की मात्रा बहुत ज्यादा है और वहां सल्फ्यूरिक एसिड की बारिश भी होती है। शुक्र ग्रह का एक दिन धरती के लगभग 243 दिनों के बराबर होता है। अपने सौरमंडल में शुक्र ग्रह ही ऐसा ग्रह है जो उल्टा घूमता है और वहां सूरज पश्चिम से निकल कर पूरब में डूबता है। इसलिए शुक्र ग्रह में इंसानी बस्ती बनाना इतना आसान नहीं है जितना मंगल ग्रह पर है।

लेकिन वैज्ञानिकों ने शुक्र ग्रह को चुनौती देते हुए वहां भी इंसानी बस्ती बनाने का तरीका सोच लिया है शुक्र ग्रह की सतह से लगभग 50 किलोमीटर ऊपर जाने पर वहां का तापमान घटकर लगभग 70 डिग्री सेल्सियस रह जाता है जो कि पृथ्वी की तुलना में थोड़ा ही ज्यादा है लेकिन स्पेस सूट की सहायता से इतने तापमान में रहा जा सकता है। 50 किलोमीटर की ऊंचाई पर दबाव काफी कम होकर लगभग पृथ्वी के बराबर हो जाता है जिसकी वजह से वहां पर बिना स्पेस सूट के भी रहा जा सकता है लेकिन ऑक्सीजन मास्क और तापमान कम करने वाले सूट को पहनने की जरूरत पड़ेगी।

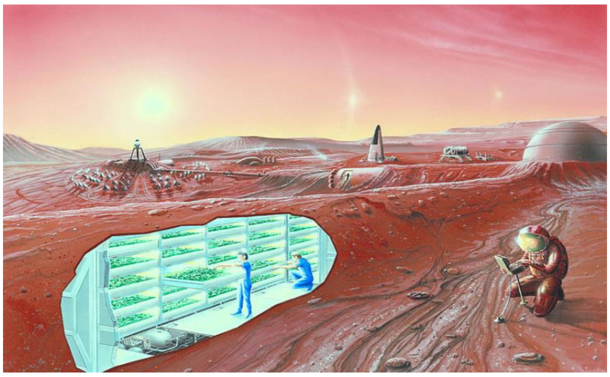
नासा का मानना है कि शुक्र ग्रह पर 50 किलोमीटर की ऊंचाई पर **"क्लाउड सिटी"** बनाकर रहा जा सकता है। इसमें गुब्बारे के आकार के घर ऊँचाई पर तैरते नज़र आयेंगे। नासा ऐसे गुब्बारे बनाने पर काम भी कर रहा है जिनकी सहायता से शुक्र ग्रह पर निकट भविष्य में ऐसे शहर को बनाकर रहा जा सकें।

### 3.3 मंगल पर मानव-बस्ती की परिकल्पना:

वैज्ञानिकों ने मंगल को स्थायी बेस बनाने का फैसला कर लिया है और उसकें ऊपर काम भी शुरू कर चुका है। शुक्र ग्रह को छोड़कर, मंगल ग्रह ही एक ऐसा ग्रह है जहाँ पृथ्वी से किसी और ग्रह की तुलना में प्रति इकाई द्रव्यमान (डेल्टा-वी) ऊर्जा की आवश्यकता सबसे कम होती है। मंगल की सतह की स्थिति और पानी की उपस्थिति इसे पृथ्वी के अलावा सौर मंडल में तर्कसंगत रूप से इंसानी बस्ती बनाने के लिए सबसे उपयुक्त ग्रह बनाती है। SpaceX नाम की एक कंपनी ने तो यहाँ तक दावा किया है कि वह 2024 तक इंसानों को मंगल ग्रह पर उतार देगा।

पृथ्वी और मंगल ग्रह में कुछ ऐसी समानताएं हैं जो बस्ती बनाने को और भी अनुकूल बनाती हैं:

a. पृथ्वी का एक सौर दिन मंगल के एक सौर दिन (24 घन्टे 39 मिनट) के लगभग बराबर है।
b. मंगल के शुष्क भूमि सतह का क्षेत्रफल पृथ्वी के सतहीय क्षेत्रफल के लगभग बराबर है।
c. मंगल का अक्षीय झुकाव 25.19 अंश है जो की पृथ्वी के झुकाव के लगभग (23.44 अंश) है जिसकें कारण वहां पर मौसम पृथ्वी की तरह ही होते हैं लेकिन उनका समयान्तराल लगभग दुगुना होता है क्योंकि मंगल का एक साल पृथ्वी के एक साल से 1.88 गुना ज्यादा होता है।



मंगल की सतह पर स्थितियां शुक्र के बादलों के शीर्ष को छोड़कर, किसी अन्य ग्रह या चंद्रमा की तुलना में तापमान और सूरज की रोशनी के मामले में पृथ्वी पर स्थितियों के बहुत करीब हैं। इसकी सतह पर हवा का दबाव बहुत कम और ऑक्सीजन केवल 0.1% ही है। गुरुत्वाकर्षण पृथ्वी की तुलना में कम है और यह अंतर हड्डियों एवं मांसपेशियों को कमजोर करके मानव स्वास्थ्य को नकारात्मक रूप से प्रभावित करेगा। मंगल ग्रह पर मानव को जटिल जीवन-समर्थक उपायों और कृत्रिम वातावरण में रहने की आवश्यकता होगी।

### 3.4 सेरेस (Ceres) पर मानव-बस्ती की परिकल्पना:

मंगल एवं बृहस्पति ग्रह के बीच में स्टेरॉयड बेल्ट में सेरेस नाम का एक छोटा सा बौना ग्रह पाया जाता है जिसका व्यास लगभग 950 सौ किलोमीटर है। माना जाता है कि सेरेस जिस की सतह के नीचे पानी की मोटी परत मौजूद हो सकती है उस पर गुरुत्वाकर्षण ना के बराबर है; धरती की मात्र 3%। इसका मतलब आप वहां सुपरमैन की तरह हवा में उड़ सकते हैं लेकिन यह ग्रह खनिज और धातु से भरपूर है। वैज्ञानिकों का मानना है कि इस बौने ग्रह के पास हमारे सौरमंडल में सबसे ज्यादा खनिज पदार्थ हैं। यहां पर प्लेटिना और पैलेडियम जैसी कीमती धातुओं का खजाना है और इस की चट्टानों के नीचे मीठे पानी का स्रोत भी हो सकता है। यहां का पानी हाइड्रोजन और ऑक्सीजन बनाने के काम भी आ सकता है जो जीवन के लिए सबसे जरूरी है।

इस सपने को सच करने के लिए सिर्फ एक तकनीक काम आ सकती है जिसका नाम है टेरा-फॉर्मिंग। टेरा-फॉर्मिंग एक ऐसी तकनीक है जिसकी सहायता से किसी भी ग्रह को इंसानों के रहने लायक बनाये जाने की कोशिश की जाती है। एक बहुत बड़े पारदर्शी गुंबद के नीचे कृत्रिम वातावरण बनाया जाता है जिसमें इंसान जीवित रह सकें। आर्कटिक और रेगिस्तान में इसी तकनीकी का उपयोग कर इंसान ने अपने रहने लायक छोटी-छोटी बस्तियां बनाई हैं। टेरा-फॉर्मिंग के जरिए ही वैज्ञानिक मंगल और चांद पर भी इंसानी बस्ती बनाने का ख्वाब देखते हैं। इसी प्रकार सीरीज पर आपस में कई जुड़े पारदर्शी गुंबदों की

बस्ती बनाई जा सकती है जो अगले कुछ हजार सालों तक इंसानों के सर पर छत का काम करेगी।

### 3.5 क्विपर पर मानव-बस्ती की परिकल्पना:

फ्रीमेन डायसन की इंसानी बस्ती को लेकर की गयी अद्भुत कल्पना को जानकर आप दंग रह जाएंगे। डायसन एक भौतिकशास्त्री, ब्रह्मांड वैज्ञानिक और गणितज्ञ होने के साथ-साथ दर्जनों अवार्ड से सम्मानित हैं और अंतरिक्ष में बस्ती बसाने के क्षेत्र में इनका सुझाया एक विचार क्रांति ला सकता है।

दरअसल, डायसन कल्पना करते हैं कि नेपच्यून यानी कि वरुण ग्रह के आगे धूमकेतु का एक बहुत बड़ा बेल्ट है जिसे क्विपर बेल्ट भी कहते हैं। डायसन के मुताबिक यहाँ क्विपर बेल्ट में इंसानी बस्तियां बसाई जा सकती हैं। क्विपर बेल्ट में लाखों धूमकेतु कुछ ही किलोमीटर की दूरी पर एक साथ चक्कर लगाते रहते हैं। इन्हीं घूमते धूमकेतुओं के ऊपर हम पूरा का पूरा शहर बसा सकते हैं जहां एक धूमकेतु से दूसरे धूमकेतु के ऊपर जाना इंसानों के लिए बहुत आसान होगा। इतना ही नहीं डायसन ने वहां पर 100 किलोमीटर जितने बड़े इलाके में सोलर पैनल लगाकर घरों के लिए बिजली बनाने की कल्पना भी करते हैं।

अंतरिक्ष में इंसानी बस्तियां बनाने की इतनी बड़ी कल्पना आज से पहले शायद ही किसी ने नहीं की होगी। डायसन की यह कल्पना अभी सैद्धांतिक है, यह कभी सच भी होगी कि नहीं कह नहीं सकते।

## 4. उपसंहार:

इसरो ने कुछ ही दशकों में अंतरिक्ष विज्ञान में इतनी तरक्की कर ली है कि बाकी देशों को इससे ईर्ष्या होना स्वाभाविक है। इसरो ने अपनी शुरूवात आर्यभट्ट उपग्रह से की और गुजरते समय के दौरान इसने चंद्रयान और मंगलयान जैसे महत्वपूर्ण परियोजनाओं को अंजाम देकर अग्रणी देशों की कतार में खड़ा हो गया है। अब समय की मांग यह है कि यह परंपरागत तकनीकियों और ग्रहीय मिशन के साथ-साथ कुछ ऐसी चुनौतीपूर्ण अंतरग्रहीय परियोजनाओं को लेकर आगे आये जिससे दूर भविष्य में मानव जाति के हितों की रक्षा हो सकें जैसे कि - सुदूर ग्रहों पर मानवी बस्तियां। इससे इसरो को अंतरिक्ष को और करीब से जानने का मौका मिलेगा। इसरो अपने मानव-युक्त अंतरिक्ष उड़ानों को बहुत गंभीरता से ले रहा है तथा इसको सफल बनाने के लिए लगातार परीक्षण कर रहा है। इसकी यह सफलता इसको इंसानी बस्ती बनाने कि दिशा में एक कदम और आगे बढ़ाएगी और इसरो को एक नयी दिशा में ले जाएगी। इससे इसरो अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों में अहम भूमिका अदा कर सकेंगा।

## 5. संदर्भ:

1. https://www.wikipedia.org/
2. https://www.youtube.com/

## 6. पारिभाषिक शब्दावली:

सौर-मंडल, ग्रह, उपग्रह, टेरा-फार्मिंग, क्विपर बेल्ट, चाँद, मंगल, सेरेस, अंतरिक्ष-यान, गुरुत्वाकर्षण, स्टेरॉयड बेल्ट, खनिज, शुक्र

**आभार:** लेखक हिन्दी लेख लिखने हेतु अनुभाग प्रधान, समूह निदेशक, एवं हिन्दी संगोष्ठी आयोजन समिति का आभार प्रकट करता है। इसके अतिरिक्त लेखक अपने अनुभाग प्रधान श्रीमती रूपल याज्ञिक के प्रति अपना विशेष आभार प्रकट करता है जिंहोने हमें हिंदी लेख लिखने के लिए प्रेरित किया।

**लेखक परिचय :** श्री सुनील सिंह कुशवाहा ने वर्ष 2000 में हरकोर्ट बटलर प्रौद्योगिकी संस्थान - कानपुर से बी.टेक. की डिग्री प्राप्त की एवं वर्ष 2002 में भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान - रुड़की से एम.टेक. किया। उन्होंने वर्ष 2002 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र अहमदाबाद में कार्य प्रारम्भ किया। वर्तमान में वह अहमदाबाद भू-केन्द्र (AES) अनुभाग में कार्यरत हैं।

**लेखक परिचय :** श्री प्रखर श्रीवास्तव ने वर्ष 2003 में नॉर्दर्न इंडिया इंजीनियरिंग कॉलेज लखनऊ से बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। उन्होंने वर्ष 2005 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र अहमदाबाद में कार्य प्रारम्भ किया। वर्तमान में वह अहमदाबाद भू-केन्द्र (AES) अनुभाग में कार्यरत हैं।

***

# चन्द्रयान-2 लैन्डर के लिये दृष्टि आधारित जोखिम स्थलों की पहचान और बचाव (एच डी ए) प्रणाली

**अमिताभ, के सुरेश एवं टी पी श्रीनिवासन**
एचआरडीपीडी, संकेत एवं प्रतिबिम्ब संसाधन समूह, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
amitabh@sac.isro.gov.in; ksuresh@sac.isro.gov.in; tps@sac.isro.gov.in;

## सारांश

चन्द्रयान -2 मिशन का प्रमुख उद्देश्य चन्द्रमा की सतह पर एक रोवर को लैन्डर (अवतारक) के माध्यम से नम्र अवतरण कराना है। चन्द्रयान -2 लैन्डर को पूर्ण रुप से स्वचालित वास्तविक काल के दिशा निर्देशों द्वारा चन्द्र सतह पर उतारने की योजना है। जैसा कि हमे पता है कि चन्द्र सतह क्रेटरों एवं चट्टानों से भरा हुआ है ऐसी स्थिति में अवतारक को बिना किसी जोखिम के एक सुरक्षित स्थल पर उतारना एक चुनौती है। इस पत्र में चन्द्रमा के दक्षिण ध्रुवीय क्षेत्र 70-71 अंश अक्षांश एवं 22-23 अंश देशांतर के मध्य अवतारक के स्वचालित वास्तविक काल नम्र अवतरण के लिये कंप्यूटर विजन (दृष्टि) पर आधारित युगपत कलन विधि के विकास का वर्णन किया गया है।

## 1. प्रस्तावना

चंद्रयान-२ सौरमंडल के पिंडो के अध्ययन के लिए भेजा जाने वाला भारत का तीसरा मिशन है। चन्द्रयान -2 मिशन का प्रमुख उद्देश्य चन्द्रमा की सतह पर एक रोवर को लैन्डर (अवतारक) के माध्यम से नम्र अवतरण कराना है। चन्द्रयान -2 लैन्डर को पूर्ण रुप से स्वचालित वास्तविक काल के दिशा निर्देशों द्वारा चन्द्र सतह पर उतारने की योजना है। जैसा कि हमे पता है कि चन्द्र सतह क्रेटरों एवं चट्टानों से भरा हुआ है ऐसी स्थिति में अवतारक को बिना किसी जोखिम के एक सुरक्षित स्थल पर उतारना एक चुनौती है। इस परियोजना का उद्देश्य चन्द्रयान-2 अवतारक को संकट्ग्रस्त स्थानो से बचाकर नम्र अवतरण कराने की तकनीक का प्रदर्शन करना है। चन्द्रयान-2 अवतारक को चन्द्रमा के दक्षिण ध्रुवीय क्षेत्र में 70-71 अंश अक्षांश के मध्य नम्र अवतरण कराने की योजना है। इन स्थलों का चुनाव साधारन्तह तकनीकी एवं वैज्ञानिक कसौटी के आधार पर किया गया है। एक तरफ जहां तकनीकी योग्यता में सुरक्षित अवतरण (संकटविहीन स्थल), स्थानीय गतिशीलता (भूमंडलीय एवं स्थानिक ढाल) और संचालन व्यवरोध (भू दृश्यता एवं सौर प्रदीप्ति, तापमान एवं अवतरण यंत्रों की यथार्थता) शामिल है वहीं दूसरी तरफ वैज्ञानिक योग्यता में चन्द्र सतह संघटन, स्थानिक लूनार भू-विज्ञान एवं पर्यावरण शामिल है [1]।

सुरक्षित लैंडिंग के लिए आवश्यक प्रमुख तत्वों में से एक है **जोखिम स्थलों की पहचान** और बचाव (एचडीए) प्रणाली। यह प्रणाली नियोजित लैंडिंग साइट पर वास्तविक समय के आधार पर संभावित खतरों का पता लगाती है। एक बार जब लैंडर 7.5 किमी ऊंचाई पर होगा, तो दृश्य नेविगेशन दृष्टिकोण तकनीक का इस्तेमाल किया जायेगा। इस तकनीक में पहले निर्धारित ऊंचाई, अवतरण स्थल से उसकी दुरी एवं पूर्ण वेग का तुलनात्मक सही मान प्राप्त किया जाता है। अवतरण स्थल से लैंडर के वर्तमान दुरी के आधार पर नए प्रपथ (ट्रेस ) का निर्धारण किया जायेगा ताकि लैंडर अपने पूर्व निर्धारित अवतरण स्थल पर उतर सके। यह लैंडर में विभिन्न सेंसर और प्रवर्तक द्वारा पूरा किया जाता है। जब लैंडर 100मी की ऊंचाई पर होगा तो वह 30 सेकंड के लिए होवर करेगा और तभी जोखिम (खतरे) का पता लगाने एवं उसके परिहार के लिए लगाया गया एल एच डी ए सी कैमरा वास्तविक समय में लैंडर के सामने का प्रतिबिम्ब लेगा। इस प्रतिबिम्ब का उपयोग कर उपयुक्त लैंडिंग विन्दु की पहचान वास्तविक समय में की जाएगी और इसी निर्धारित स्थान पर लैंडर उतरेगा ।

इस पत्र में चन्द्रमा के दक्षिण ध्रुवीय क्षेत्र 70-71 अंश अक्षांश एवं 22-23 अंश देशांतर के मध्य अवतारक के स्वचालित वास्तविक काल नम्र अवतरण के लिये कंप्यूटर विजन (दृष्टि) पर आधारित युगपत कलन विधि के विकास का वर्णन किया गया है। कंप्यूटर विजन (दृष्टि) फोटोग्राफ पर आधारित है। चन्द्रयान -2 लैन्डर में कैमरा आंख का और कंप्यूटर ब्रेन का काम करेगा। कैमरा प्रतिबिम्ब लेगा और युगपत कंप्यूटर उसकी व्याख्या करेगा। कम्प्यूटर में जमा किये गए क्रेटर सूची (डेटा बेस) से इस प्रतिबिम्ब का मिलान कर युगपत कम्प्यूटर लैंडिंग स्थान का निर्णय लेगा।

## 2. मिशन से पहले लैंडिंग साइट पहचान:

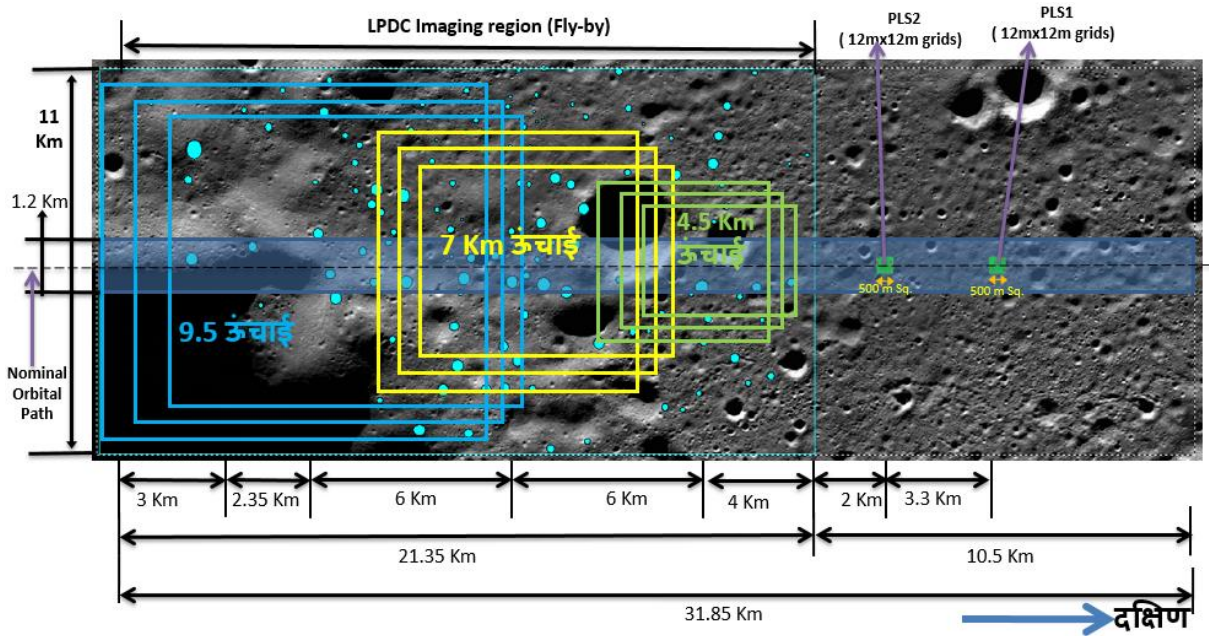
लैंडिंग साइट पहचान के लिए एक विस्तृत अभ्यास सर्वोत्तम उपलब्ध डेटासेट की सहायता से और तालिका -1 में दिए गए मानदंडों के अनुसार किया गया है। ढलान लोला डीईएम से लिया गया है जबकि छवि प्रसंस्करण तकनीकों के माध्यम से एलआरओ एनएसी छवियों से पत्थरों और गड्ढा (क्रेटर एवं चट्टान) पहचाना गया है।

**तालिका -1. लैंडिंग साइट और जोखिम मानदंड**

| लैंडिंग साइट मानदंड | जोखिम मानदंड |
|---|---|
| सुरक्षित स्थल | ढाल < = 15 अंश<br>अभिमुखता: विषुवतीय (चन्द्र-मध्य) क्षेत्र की ओर |
| प्रदीप्ति | स्थायी छाया वाले क्षेत्र नहीं |
| भू सतह से | क्रेटर एवं चट्टान ऊंचाई > 0.34 मीटर |
| वैज्ञानिक योग्यता | क्रेटर एवं चट्टान का वितरण |

## 3. ओएचआरसी डेटा का उपयोग करते हुए ऑर्बिटल चरण के दौरान लैंडिंग साइट पहचान:

जोखिम भरे स्थानों की अभिलक्षणन के लिये अंकीय उच्चावच मॉडल प्राथमिक आवश्यकता है। चूंकि हमारे अवतारक (लैंडर) के एल ए एम मोटर की ऊंचाई चन्द्र सतह सतह से 34 से. मी. है इसलिए 32 से. मी. से बडा कोई भी चट्टान अवतरण के लिये खतरनाक हो सकता है। 32 से. मी. ऊंचाई से ज्यादा की चट्नों को पहचानने के लिये 32 से. मी. ग्रिड वाले अंकीय उच्चावच मॉडल की जरुरत है परन्तु वर्तमान में 1-2 मी. ग्रिड वाले अंकीय उच्चावच मॉडल (एल ए एल ओ) ही उपलब्ध हैं।

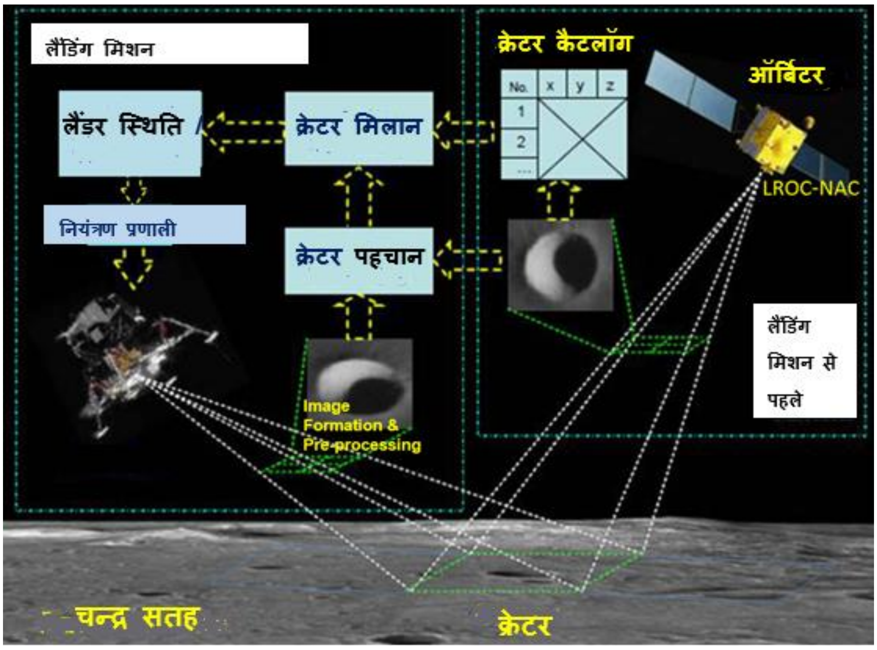



**चित्र-1: दक्षिण ध्रुवीय क्षेत्र अवतरण स्थल**

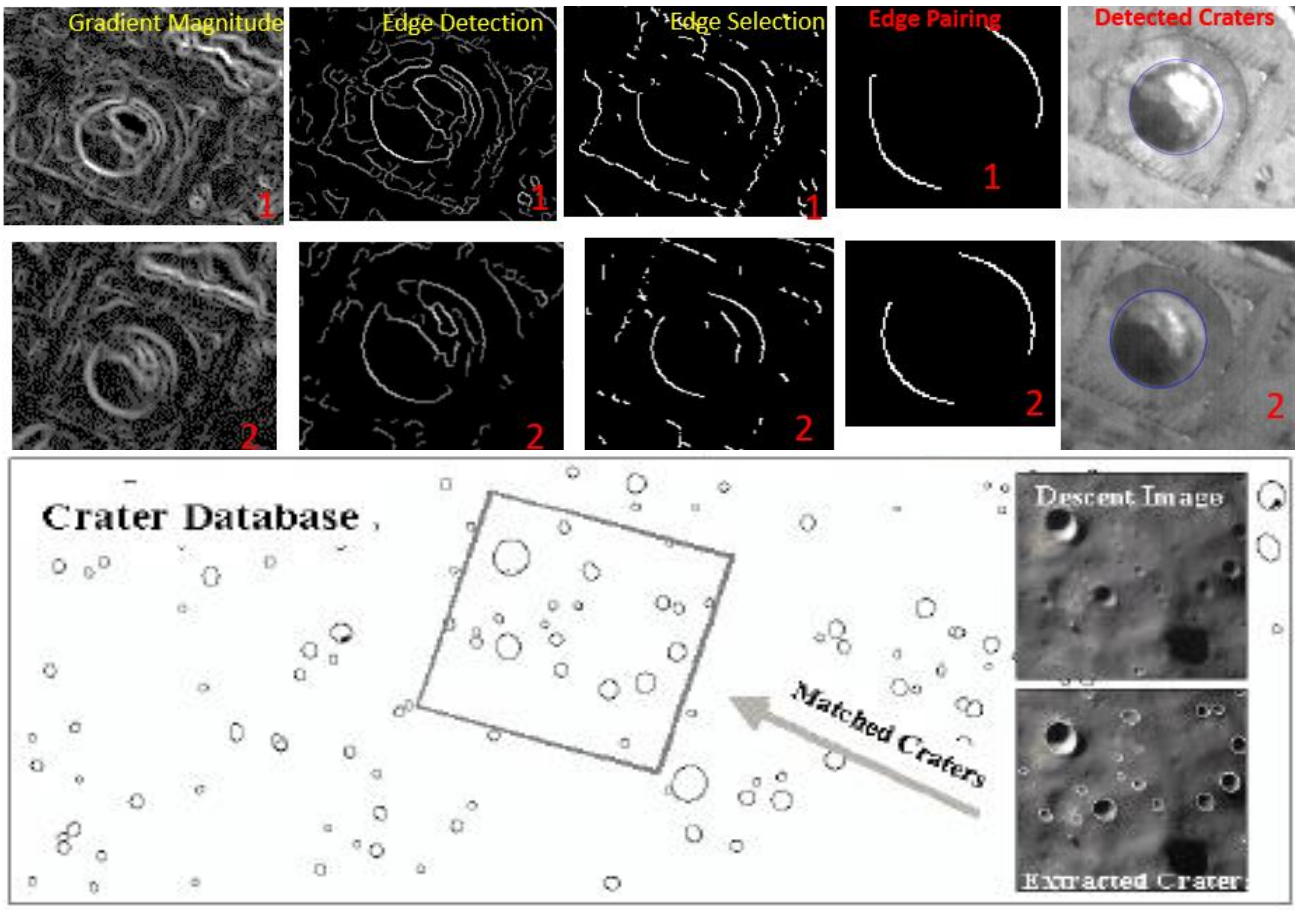
खतरे के विनिर्देशों के अनुसार, पहले पहचान की गई लैंडिंग साइट के 0.32 मीटर क्रेटर / बोल्डर की पहचान की आवश्यकता है। ऑर्बिटर हाई रेज़ोल्यूशन कैमरा खतरनाक विनिर्देशों के अनुसार खतरे मुक्त लैंडिंग के लिए ऑन-बोर्ड ऑर्बिटर-क्राफ्ट पर रखा गया है जिसके लिए बहुत अधिक रिज़ॉल्यूशन (32 सेमी) की छवियों की आवश्यकता है। पूर्व पहचान वाली लैंडिंग साइट के 500mx500m क्षेत्र को ओएचआरसी स्टीरियो प्रतिबिम्बो के दो कक्षाओं द्वारा चिह्नित किया जाएगा। ओएचआरसी प्रतिबिम्बो का उपयोग 500 x 500 मीटर क्षेत्र के अंकीय उच्चावच मॉडल (डीईएम) उत्पन्न करने के लिए किया जाएगा [2]। डीईएम का उपयोग करके तैयार किए गए खतरे का नक्शा ऑर्बिटर से लैंडर को अलग करने से पहले लैंडर-क्राफ्ट पर अपलोड किया जाएगा।

### 4. पैटर्न मिलान और स्थिति अनुमान (संदर्भ पथ आधारित मार्गदर्शन):

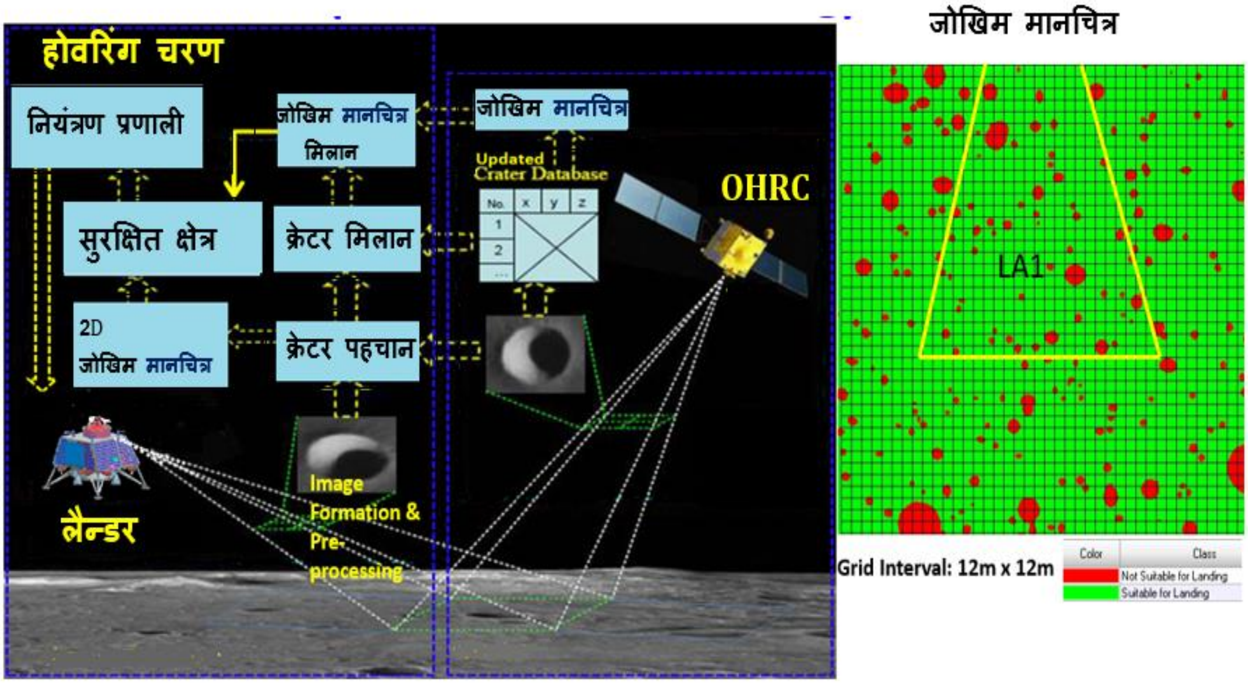
क्रेटर एवं चट्टान चन्द्र सतह पर पाये जाने वाले सबसे सामान्य आकृति हैं। पहचान किए गए प्रपथ (ट्रेस ) के साथ सभी संभावित लैंडिंग साइट क्षेत्र के लिए एक क्रेटर कैटलॉग उपलब्ध वैश्विक डेटासेट (कगुआ और एलआरओसी) से तैयार किया गया है। क्रेटर कैटलॉग में 80 मीटर से अधिक व्यास वाले क्रेटर रखे गए हैं और टोपोलॉजी का उपयोग उनके बीच सम्बन्ध बताने के लिए किया गया है, जिसका उपयोग लैंडर क्राफ्ट के पथ के विचलन का अनुमान लगाने के लिए किया जाएगा, जो कि युगपत लैंडर शिल्प में संग्रहीत सूची (कैटलॉग) से मेल खाता है। एलपीडीसी कैमरा युगपत सूची के अनुसार पैटर्न का मिलान कर लैंडर के वास्तविक स्थिति (एल पी डी सी प्रतिबिम्ब के केंद्र के अक्षांश, देशांतर) का अनुमान लगाएगा और इसे कंट्रोल सिस्टम को प्रदान करेगा। वास्तविक समय स्थिति अनुमान में तीन व्यापक कदम हैं, जैसे, मूल छवियों से क्रेटर का पता लगाना, ऑन-बोर्ड क्रेटर कैटलॉग डेटाबेस से मिलान करना और लैंडर स्थिति का आकलन करना।




**चित्र-2:** पैटर्न मिलान और स्थिति अनुमान के लिये एल्गोरिदम




**चित्र-3:** क्रेटर पहचान और क्रेटर मिलान के लिये एल्गोरिदम




**चित्र-4: होवरिंग चरण के दौरान सुरक्षित लैंडिंग साइट पहचान के लिये एल्गोरिदम**

### 5. होवरिंग चरण के दौरान सुरक्षित लैंडिंग साइट पहचान:

100 मीटर की ऊंचाई पर लैंडर-क्राफ्ट लगभग 30 सेकंड के लिए लगभग शून्य क्षैतिज वेग के साथ होवर करेगा। इस चरण में मुख्य आवश्यकता लैंडिंग के लिए नियंत्रण प्रणाली को सुरक्षित क्षेत्र प्रदान करना है। सतह की खुरदरापन के आधार पर, एल एच डी ए सी छवि अधिग्रहण की योजना इस चरण में सबसे उपयुक्त लैंडिंग क्षेत्र की पहचान के लिए की गई है। एल एच डी ए सी छवि दो अलग-अलग तरीकों से संसाधित की जाएगी। पहला मोड खतरे मुक्त क्षेत्र का पता लगाने के लिए पैटर्न पहचान और मिलान करने वाले एल्गोरिदम (संदर्भ आधारित) की तरह है। दूसरा मोड पूरी तरह से स्वायत्त होगा जो चिकनी क्षेत्र पहचान एल्गोरिदम का उपयोग कर छवि को संसाधित करेगा। यह एल्गोरिदम 2 डी एल एच डी एई छवि से सुरक्षित लैंडिंग के लिए खतरनाक मानचित्र प्रदान करेगा।

## 6. निष्कर्ष :

इस पत्र में चंद्रयान-2 लैंडर के चंद्र सतह पर अवतरण के लिए महत्वपूर्ण एच डी ए सिस्टम के दो यंत्रों (नीतभारों) एल पी डी सी और एल एच डी ए सी के युगपत में नजदीकी वास्तविक काल में किये जाने वाले कार्यों एवं उसके अल्गोरिथम की व्याख्या की गयी है। इन अल्गोरिथ्मों का परीक्षण विभिन्न दशाओं में लिए गए पूर्ववर्ती मिशनों के प्रतिबिम्बों के साथ किया गया है।

इन अल्गोरिथ्मों द्वारा काफी विश्वासी परिणाम हासिल हुए हैं और इनके सघन परीक्षण के बाद इसे हार्डवेयर में समायोजित किया गया है। इन अल्गोरिथ्मों का युगपत परीक्षण चित्रदुर्गा स्थित सिमुलेटेड लुनार सतह पर एल एस पी टी फेज-3 में प्रस्तावित है।

### लेखक परिचयः

1. **अमिताभ**
   वैज्ञानिक/अभियंता - एसएफ
   एचआरडीपीडी, संकेत एवं प्रतिबिम्ब संसाधन समूह, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
   भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
   अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत

2. **के सुरेश**
   वैज्ञानिक/अभियंता - एसइ
   एचआरडीपीडी, संकेत एवं प्रतिबिम्ब संसाधन समूह, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
   भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
   अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत

3. **टी पी श्रीनिवासन**
   वैज्ञानिक/अभियंता - जी
   एचआरडीपीडी, संकेत एवं प्रतिबिम्ब संसाधन समूह, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
   भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
   अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत


### संदर्भः


1. **अमिताभ, के सुरेश, टी पी श्रीनिवासन एवं बी गोपाल क्रिष्ना "चन्द्रयान-2 लैन्डर के लिये चन्द्रमा के दक्षिण ध्रुव पर सम्भावित अवतरण स्थलों की पहचान एवं अभिलक्षणन", हिंदी तकनीकी संगोष्ठी 2015, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत**
2. **अमिताभ एवं टी पी श्रीनिवासन 'बहु दृष्टि प्रतिबिम्बों द्वारा अंकीय उच्चावच मॉडल का निर्माण', हिंदी तकनीकी संगोष्ठी 2017, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत**


### पारिभाषिक शब्दावलीः

अवतारक, अंकीय उच्चावच मॉडल, क्रेटर, प्रदीप्ति, एलआरओसी

### आभार :


तकनीकी संगोष्ठी आयोजित करने के लिए हम निदेशक, सैक एवं नियंत्रक, सैक को हार्दिक धन्यवाद देते हैं। इस अध्ययन के दौरान दिए गए सुझावों के लिये हम श्री कोटेश्वर राव, अध्यक्ष लैंडर नीतभार सेलेक्सन कमेटी के बहुत आभारी हैं। इस प्रकार के अध्ययन का मौका प्रदान करने के लिये हम श्री देवज्योति धर, समूह निदेशक, एस आई पी जी का आभार वयक्त करते है। हम एचआरडीपीडी के अपने सभी सहकर्मियों का भी आभार व्यक्त करते हैं।


***

# चंद्रयान-2 लैंडर के मृदुअवतरण हेतु एच.डी.ए.संसाधित्र का हार्डवेयर आरोपण

उमंग भाटिया, शिवानी भार्गव, रितेश कुमार शर्मा, बी. सरवना कुमार, प्रमोद, किरल बी घोडाद्रा,
अमिता शाह, जैमिन तन्ना, संजय त्रिवेदी, हिमांशु पटेल
एम.एस.डी.जी./एम.आर.एस.ए./सैक भवन नं. 52
कमरा नं. 40/33, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)
आंबावाडी विस्तार पो.ऑ., भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
इसरो, अहमदाबाद - 380015, भारत
दूरभाष:+ 91-7926915240/33, फैक्स + 91-7926915850
ई मेलः umang.bhatia@sac.isro.gov.in; ritesh@sac.isro.gov.in; sanjay@sac.isro.gov.in

**सारांश**

इसरो/ भारत अपने चंद्रयान-2 मिशन को ऑर्बिटर- लैंडर-रोवर निकायों के साथ इस साल प्रक्षेपित करने की तैयारी में पूरे उत्साह से संलग्न है। इस मिशन में स्वदेशी लैंडर-रोवर विन्यास का समावेश किया गया है। इसको पूर्वानुमानित गमन पथ पर ले जाकर, एक निर्धारित स्थान पर वास्तविक काल में आकंड़ों का प्रक्रमण करके मृदु-अवतरण विधि द्वारा चंद्र सतह पर उतारा जाएगा। तदुपरांत लैंडर में उपस्थित रोवर-चंद्र सतह पर उतरकर 500मी के दायरे में घूम-घूमकर वैज्ञानिकों प्रयोगों को अंजाम देगा और प्राप्त आकंड़ों को धरती पर प्रेषित करेगा। इसके साथ-साथ लैंडर के माध्यम मिशन के उद्देश्यों की परिपूर्ति तब ही संभव है जब लैंडर माड्यूल सफलतापूर्वक चंद्रसतह पर उतर जाएगा। इस कार्य के सफल संपादन हेतु लैंडर की वास्तविक स्थिति का शुद्ध आकलन एवं सुरक्षित जगह का अवतरण पूर्व निर्धारण अत्यंत आवश्यक है। इसके लिए एक एच.डी.ए. (Hazard Detection and Avoidance, HDA) संसाधित्र का निर्माण सैक में सम्पादित किया गया है। इसका निर्माण, इस तकनीकी संगोष्ठी के मुख्य विषय-वस्तु **"भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में हो रहे नवीनतम प्रयास"** को पूर्णतया चरितार्थ करता है।

चाँद की सतह पर स्वचालित तरीके से कार्य करते हुए लैंडर की वास्तविक स्थिति के आँकड़ो को एन.जी.सी (N.G.C) निकाय को त्वरित गति से प्रदान करना है। इसके लिए द्वि-Virtex-4 एफ.पी.जी.ए. आधारित हार्डवेयर का निर्माण किया गया है जिसमें मुख्यता ऊँचाईमापी एवं एचडीए फलनों का समावेश किया गया है। प्रस्तुत पत्र में HDA के ऑनबोर्ड संसाधित्र के अभिकल्प, हार्डवेयर विन्यास एवं परिणाम के विवरण को विस्तृत रूप में प्रस्तुत किया गया है।

**मुख्य शब्द :** डी.पी.यू. (Digital Processing Unit, DPU), ऑनबोर्ड संसाधित्र, मृदु-अवतरण (Soft-Landing), चंद्रयान-2, रोवर (Rover), नेविगेशन, गाइडेंस एवं कंट्रोल निकाय (Navigation, Guidance and Control,NGC)

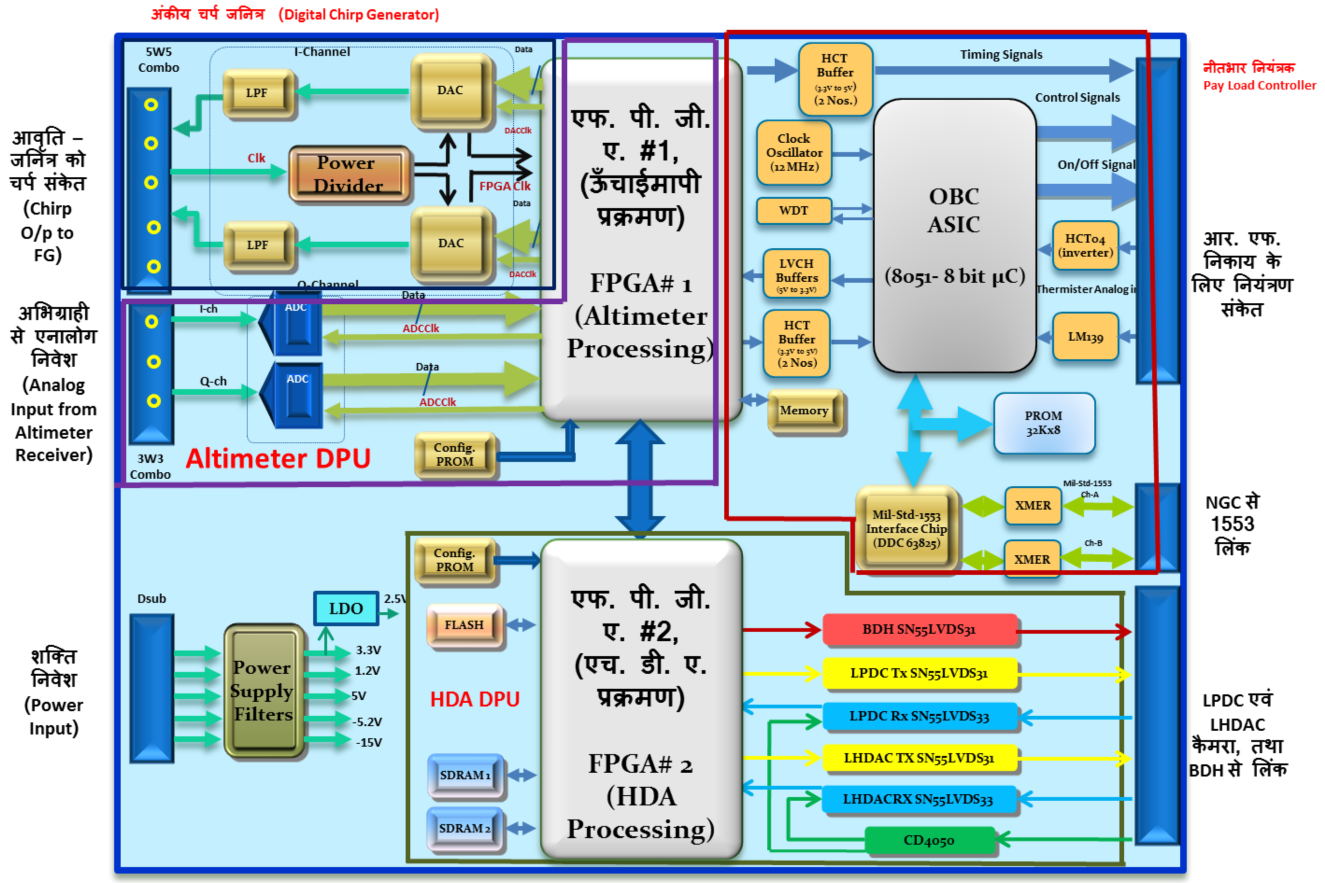
## प्रस्तावना

वर्ष-2018 के अंत में इसरो/भारत अपने अति-महत्वाकांक्षी चंद्रयान-2 मिशन में द्वि-खंडीय विन्यास:ऑर्बिटर (Orbiter Craft) एवं लैंडर-रोवर को प्रक्षेपित करने की तैयारी में लगा हुआ है। रोवर के वैज्ञानिक कार्यों के उद्देश्यों को सफलतापूर्वक सम्पादित करने हेतु चंद्रयान-2 लैंडर का मृदु एवं सुरक्षित अवतरण (Soft and Safe landing) अत्यंत आवश्यक कार्य है। इस बात का ध्यान रखना भी महत्वपूर्ण है कि जब लैंडर सतह को अंतिम चरण में छूने वाला हो तो उसके नीचे कोई भी अवरोध उपस्थित ना हो। इसके साथ-साथ इन बातों का भी ध्यान रखना होगा की लैंडर का घुमाव इस प्रकार चंद्र सतह पर आरोपित होना चाहिए जिससे की उसके पैनल आवश्यक ऊर्जा का जनन कर सके। इन सभी उद्देश्यों की प्राप्ति अतिशुद्ध एवं जटिल संक्रियाओं के द्वारा लैंडर के पूर्व-निर्धारित उतरने की जगह के वातावरण, तथा लैंडर के दिशा, स्थिति का सही आकलन करके किया जा सकता है। अंत में इन आंकड़ो का प्रयोग करके NGC निकाय लैंडर को खतरों से मुक्त अवतरण सतह पर सुरक्षित उतारने का कार्य करेगा। उतरने के समय में इन आंकड़ों का अति कम समय में स्वनिर्धारण विधा में परिशुद्ध आकलन करना अत्यंत आवश्यक होगा। सुरक्षित अवतरण के लिए लैंडर-यान में एक - एचडीए संसाधित्र का समावेश किया गया है जो की तीव्र-गति प्रक्रमण करके लैंडर की वास्तविक स्थिति एवं सुरक्षित जगह के निर्धारण परिणामों को NGC को प्रदान करेगा।

## एचडीए संसाधित्र हार्डवेयर का विन्यास-विवरण

चित्र-1 में ऊँचाईमापी एवं एचडीए के FM हार्डवेयर को दर्शाया गया है। एचडीए संसाधित्र दो कैमरा निकायों, जिनके नाम एल. पी. डी. सी. (Lander Position Detection Camera, LPDC) एवं एल. एचडीए सी. (Lander Hazard Detection and Avoidance Camera, LHDAC), से प्राप्त आकंड़ों को वास्तविक काल में चित्रों में प्रस्तुत करके लैंडर की वास्तविक स्थिति एवं सुरक्षित जगह का निर्धारण करता है। LPDC संसाधित्र 7 कि.मी. से कार्य करना प्रारंभ करेगा जबकि LHDAC का कार्य 100 मी. की ऊंचाई पर होवेरिंग अवस्था (Hovering Phase) में होगा।

- रोवर के अवतरण की तय की गई जगह के सन्दर्भ-गुणों (Reference Attributes) का इस प्रदायभार में संचय किया गया हैं। इस कार्य के लिए Radiation Tolerant Intelligent Memory Stack (RTIMS-FLASH) नामक मेमरी डिवाइस का उपयोग किया गया है।




**चित्र 1: ऊँचाईमापी एवं एचडीए के FM हार्डवेयर का विन्यास**

- रोवर के सुरक्षित एवं मृदु अवतरण के लिए यह डिजिटल बोर्ड के साथ LPDC और LHDAC कैमरों का अन्तरापृष्ठ (interface) होता है, जिसके लिए डिजिटल बोर्ड मे दो Synchronous Dynamic RAM (SDRAM) नामक मेमरी डिवाइसों का उपयोग किया गया है।
- इन डिवाइसों की सभी data lines, address lines और control lines एफ.पी.जी.ए. के साथ Memory Controller की मदद से जुडी हुई है। यह सभी लाइनो की लंबाइ सुमेलित (length matching) की गई है।
- सबसे ज्यादा शक्ति प्रदाय धारा (maximum power transfer) करने के लिए हरेक प्रतिरोधक अवरोधक (resistor) की जगह (position) और मात्रा (value) अत्यंत महत्त्वपूर्ण है। Signal integrity Analysis का पी.सी.बी. के दौरान उपयोग किया गया है। 100 प्रतिशत Manual routed पी.सी.बी. विकसित किया गया है।

चित्र-2 में ऊँचाईमापी एवं एचडीए का FM हार्डवेयर को दर्शाया गया है। इस दुई VIRTEX-4 FPGA कार्ड में एचडीए **संसाधन का** onboard सॉफ्टवेर संग्रहीत है।

**चित्र-2: ऊँचाईमापी एवं एचडीए का FM हार्डवेयर**

सारणी-1 में HDA के मुख्य प्राचलों को दर्शाया गया है।

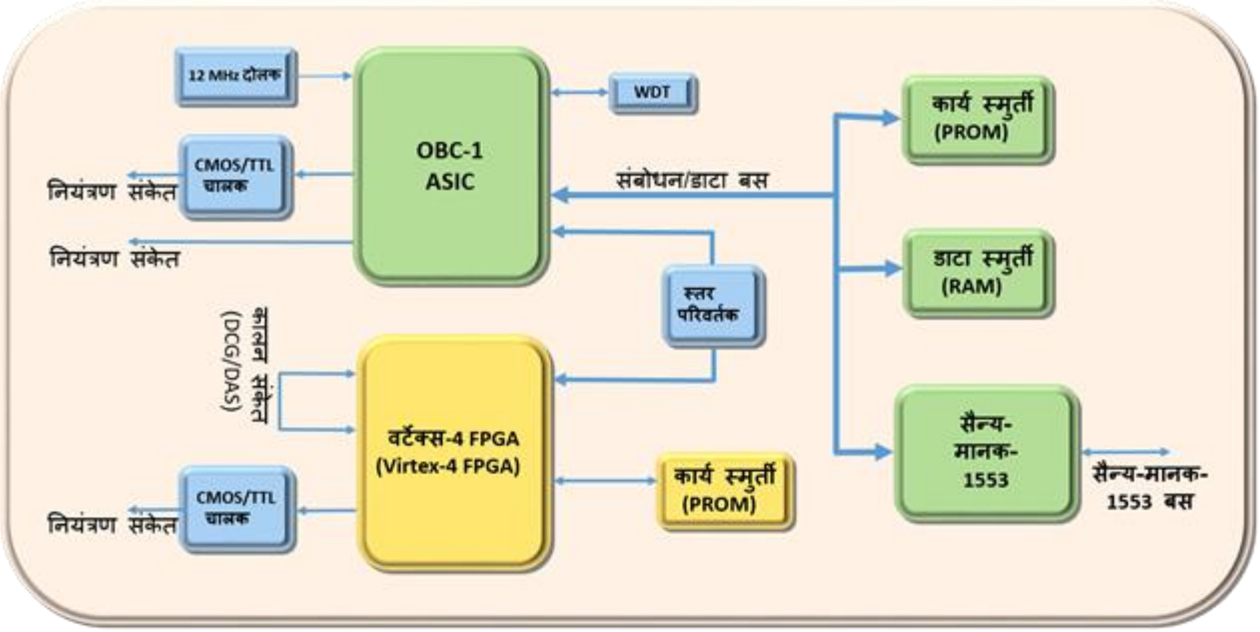
सारणी-1: HDA के प्रमुख विनिर्देश

| विनिर्देश | | |
|---|---|---|
| आंकड़े | एल. पी. डी. सी. | एल. एचडीए सी. |
| ऊँचाई | 7 कि.मी. | 100 मी. |
| प्रक्रमण | वास्तविक काल में चित्रों का जनन, क्रेटरों को खोजना, उनका संदर्भ गुणों से मिलाप करना, जगह का निर्धारण करना | एल. पी. डी. सी. के प्रक्रमण के अतिरिक्त 2-D Hazard चित्र बनाना, OHRC Hazard चित्रों का संग्रह करना, सुरक्षित जगह का निर्धारण करना |
| NGC को निर्गत | लैंडर की वास्तविक स्थिति के Lat/Long मान | सुरक्षित जगह के पिक्सल मान |
| परिशुद्धता | 10 मीटर | 20 सेमी. |
| प्रक्रमण काल | 10 सेकेंड | 15 सेकेंड |

“प्रदायभार नियंत्रक” एचडीए प्रदायभार का एक स्वतन्त्र, समझदार, अत्यंत आवश्यक अंग है। “प्रदायभार नियंत्रक” एक प्रमुख और केंद्रीय नियंत्रक उप प्रणाली है जो विभिन्न कालन और नियंत्रक सिग्न्ल एचडीए के प्रदायभार के लिए उत्पन्न करता है। “प्रदायभार नियंत्रक”, प्रदायभार के विभिन्न कार्य जैसे के, ऑन बोर्ड अंतरिक्ष यान कंप्यूटर के साथ अंतरापृष्ठ, दूरादेश का वीकोर्ड और अनुपालन और दूरमिति का संपूरण करता है। यह भू से भेजे गए प्रदायभार प्राचल को अभिग्राह करता है, वह एचडीए के प्रदायभार के विभिन्न उपतंत्रों के लिए कालन एवं नियंत्रण संकेतों का जनन करता है। चित्र-3 में प्रदायभार नियंत्रक का खंड आरेख दिखाया गया है तथा सारणी-2 में इसके विनिर्देशों को दर्शाया गया है।

सारणी-2: प्रदायभार नियंत्रक के प्रमुख विनिर्देश

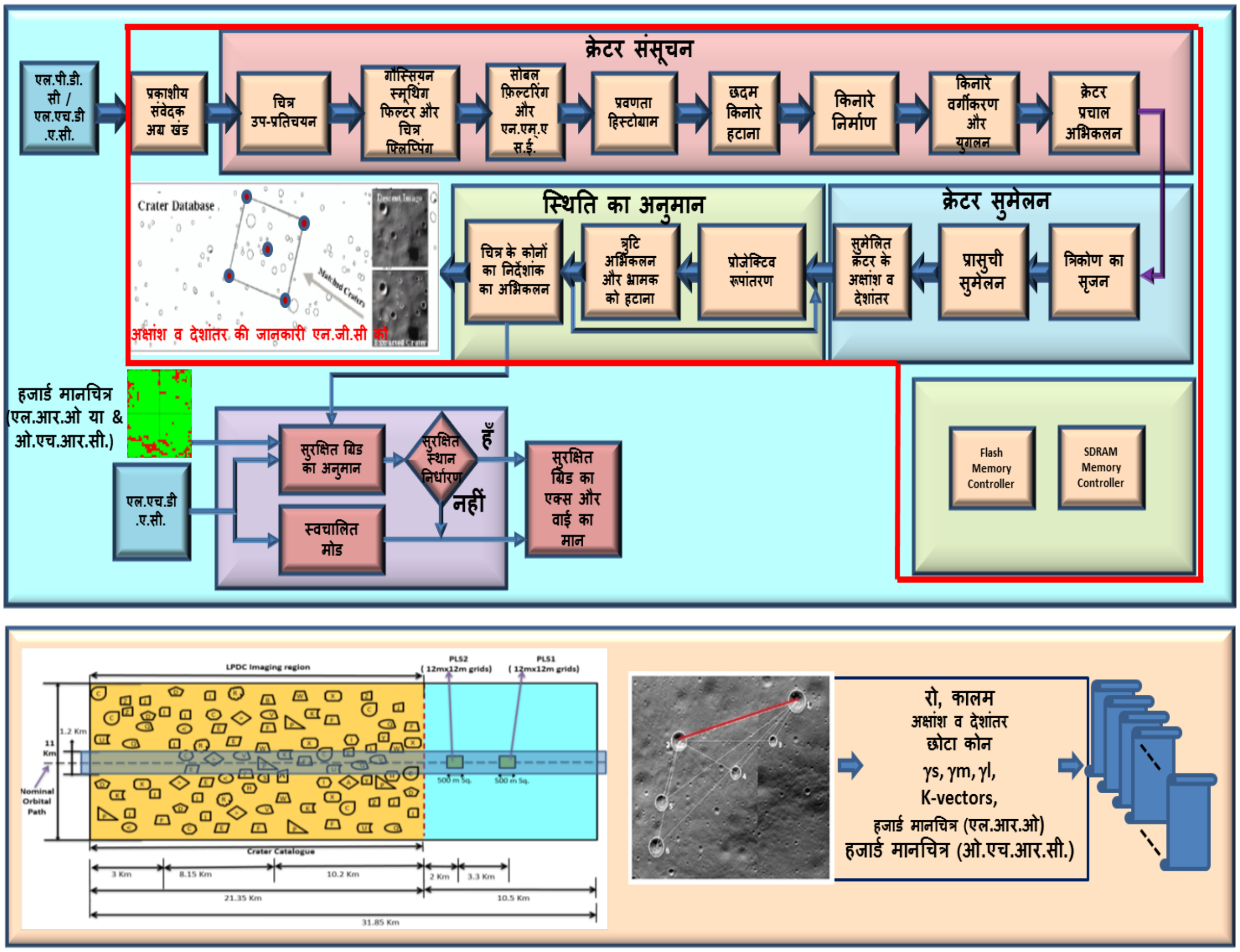
| | |
|---|---|
| ऑन बोर्ड प्रोसेसर | 8- Bit OBC-1 ASIC |
| प्रोसेसर कालक आवृति | 12 MHz |
| ऑन बोर्ड कंप्यूटर अंतरपथ | MIL-STD-1553B @ 1Mbps |
| RS232 अंतरपथ | 19200 बोड रेट |
| संदर्भ कालन आवृति | 5.208 MHz |
| स्वीप विंडो उत्पादन | प्रोग्रामनीय Programmable |
| डाटा विंडो उत्पादन | प्रोग्रामनीय Programmable |
| उपप्रणाली वैधुत इन्टरफेस | CMOS/TTL/MIL-STD-1553B |




चित्र-3: कालन एवं नियंत्रण संकेतों के लिए प्रदायभार नियंत्रक

अनुक्रमणिका

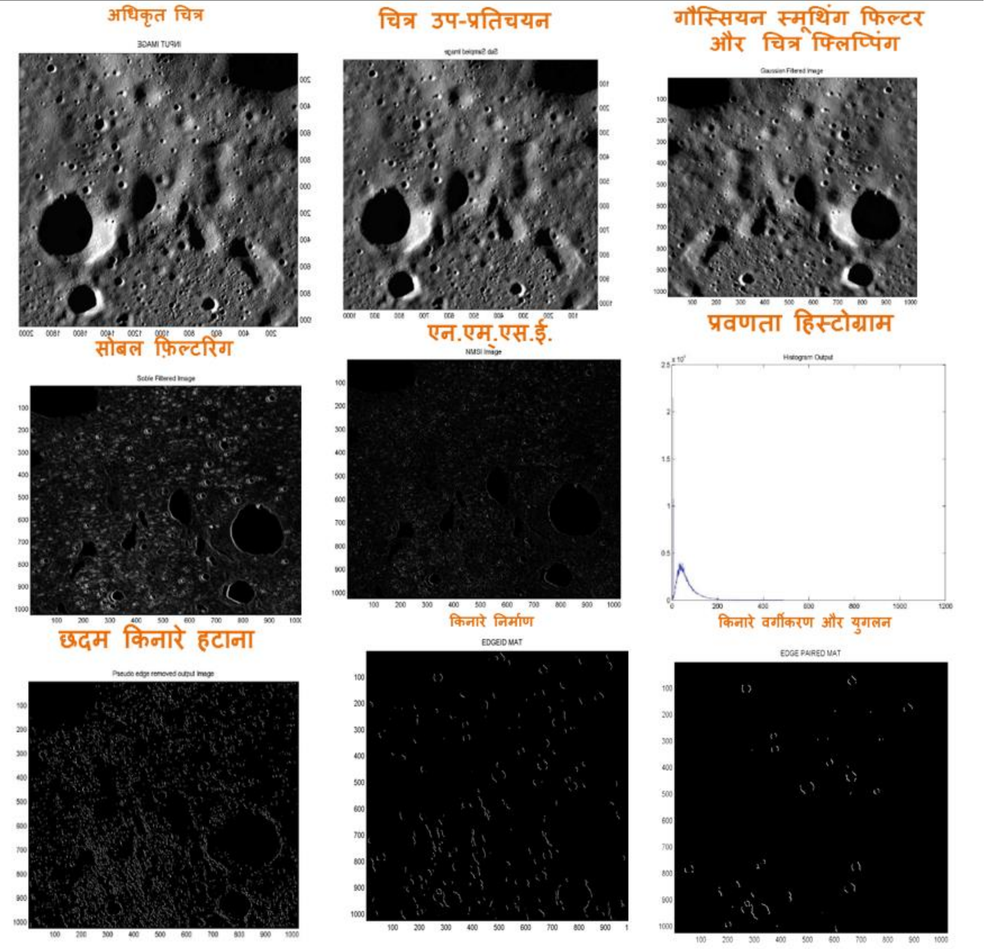
चित्र-4 : प्रदायभार नियंत्रक के लिए चालक सॉफ्टवेर




चित्र-5 : एचडीए संसाधित्र का संसाधन प्रवाह एवं FPGA ब्लाक खंड

एचडीए के स्टेंड-अलोन प्रचालन के लिए, नेविगेशन, गाइडेंस एवं कंट्रोल निकाय के बिना, एक सॉफ्टवेर जरुरी हे के जो एचडीए के पुरे प्रचालन को आदेश दे पाए और नियंत्रित कर पाए। इसके लिए एक चालक सॉफ्टवेर, विसुअल बसिक (Visual Basic) में विकसित किया गया जो एचडीए के प्रचालन को नियंत्रित और समनुरूप कर पाए। वह एचडीए के प्रचालन के लिए विविध प्रचाल जैसे की; दिगंशीय कोण (azimuthal angle) व उन्नयन कोण (elevation angle) की जानकारी; उतरने के दिन और उतारने के जगह की जानकारी का संकेत; Flash memory से SDRAM में आँकड़े स्थानांतरण का संकेत और अन्य सारे प्रचाल RS232 अंतरापुष्ठ के ऊपर प्रदायभार नियंत्रक को भेजता है। वह विविध दूरमिति जैसे की; FPGA Done स्थिति, प्रचालन अवस्था, इनपुट आवृति की अवस्था और लैंडर की अभिकलित स्थिति वास्तविक समय में दिखता है। चित्र-4 चालक सॉफ्टवेर का मुख्य विंडो दिखा रहा है।

एचडीए संसाधित्र की अंकीय संसाधन इकाई (Digital Processing Unit, DPU) लैंडर की वास्तविक स्थिति का शुद्ध आकलन एवं सुरक्षित जगह का अवतरण पूर्व निर्धारण का अभिकलन करती है। चित्र-5 में एचडीए संसाधित्र का संसाधन प्रवाह प्रस्तुत करता है। इस प्रक्रमण इकाई में “LPDC SNAP” संकेत आते ही, संसाधित्र स्वयं ही इसको LPDC कैमरा तंत्र को प्रेषित करता है, तदुपरांत कैमरा से प्राप्त आकंड़ों से चित्रों का जनन करके सम्पूर्ण फलन क्रियाओं को सम्पादित करके लैंडर की वास्तविक स्थिति का आकलन करता है। यह प्रक्रिया महत्तम तीन बार सम्पादित होती है। इन मानों को NGC तंत्र को प्रदान किया जाता है जिसके आधार पर NGC लैंडर को ~100 मी की ऊँचाई पर पंहुचा कर होवेरिंग स्थिति में ले आता है। तत्पश्चात “LHDAC SNAP” संकेतों को LHDAC कैमरा में प्रेषित किया जाता है। समान प्रक्रिया को दोहरा कर लैंडर की स्थिति का पता लगाया जाता है। फिर उन आंकड़ों का hazard map से मिलान किया जाता है। इस प्रक्रिया से सुरक्षित जगह का आकलन किया जाता है। इन मानों को NGC प्राप्त करके, लैंडर को उस सुरक्षित जगह पर मृदु-अवतरण विधि द्वारा उतार देगा। इन मानों का तीव्र गति से प्रक्रमण करना मुख्य लक्ष्य है। अत: यह तंत्र लैंडर के मृदु-अवतरण में एक अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका अदा करेगा। चित्र -6 एच.डी.ए. संसाधन के समस्त परिणाम को दर्शाया गया है।




चित्र 6:- एच.डी.ए. संसाधन के समस्त परिणाम

**LHDAC कैमरा संसाधित्र:**

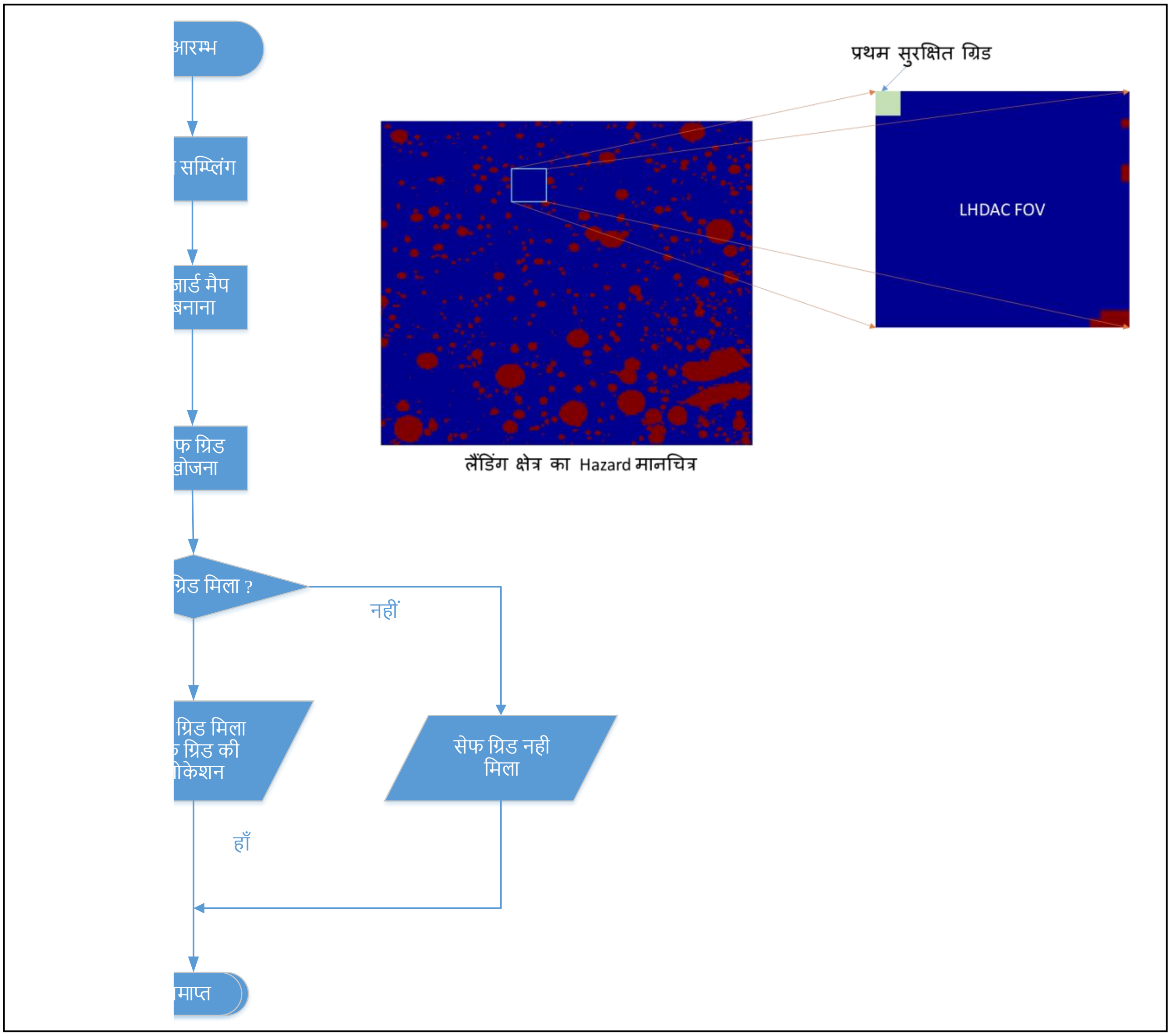
एच.डी.ए संसाधित्र में, फाल बेक, विकल्प के रूप में औटोनामस मोड भी इम्प्लेमेंट किया गया है। इसको चित्र-7 में दर्शाया गया है। यह मोड उस परिस्तिथि का ध्यान कर रखा गया है, जब एल.एच.डी.ए.सी संसाधित्र में रेफेरंस आश्रित सेफ ग्रिड मोड असफल हो जाएगा। इस मोड में एल.एच.डी.ए.सी द्वारा ली गयी चित्र को प्रोसेस करके सेफ ग्रिड को खोजा जाएगा। इस मोड के

प्रक्रमण के लिए किसी प्रकार के संचित डाटाबेस की जरूरत नहीं है। इसमें लिए गए चित्र से ही 2-डी हजार्ड मैप बनाया जाता है। यह प्रक्रमण सत् - प्रतिशत सुरक्षित लैंडिंग की गारटी नहीं देता है।

इसमें कैमरा द्वारा लिए गए चित्र से निम्नलिखित प्रक्रिया की जाती है :

- सब सैम्पलिंग
- हजार्ड मैप बनाना
- सेफ ग्रिड खोजना

इस प्रक्रमण में 12 मीटर और 8 मीटर की सेफ ग्रिड सर्च की जाती है। यदि 12 मीटर की सेफ ग्रिड मिल जाती है, तो उसका पिक्सेल मान NGC को प्रदान की जाती है, नहीं तो 8 मीटर की सेफ ग्रिड के केंद्र का पिक्सेल मान NGC बताया जाता है।




चित्र 7:- LHDAC संसाधन की फलन विधि एवं परिणाम

**उपसंहार**

सैक/इसरो द्वारा चंद्रयान-2 लैंडर के मृदु अवतरण की प्रक्रिया में नियंत्रण/सहायता प्रदान करने हेतु HDA संसाधित्र के अभिकल्प व विकास का विवरण दिया गया है। यह लैंडर की वास्तविक स्थिति का शुद्ध आकलन एवं सुरक्षित जगह का पूर्व निर्धारण कर, इस सूचना को NGC निकाय को स्थानांतरित करेगा। यह विवरण क्रमश: 10 मीटर एवं 0.2 मीटर की परिशुद्धता से उपलब्ध होगी। इसके अभिकलन हेतु एल्गोरिथ्म का विकास किया गया तथा अनुकरण परिणाम, अनुमानित परिणाम के अनुरूप प्राप्त हुए। यह HDA संसाधित्र उन संवेदकों के विकास की ओर एक महत्वपूर्ण कदम है, जोकि चंद्रयान-2 लैंडर-यान का सुरक्षित मृदु -अवतरण सुनिश्चित करेंगे। इसमें निर्मित समस्त तंत्र पूर्णतया एम. आर. एस. ए. में निर्मित हुए हैं तथा यह इस संगोष्ठी के विषय **"भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में हो रहे नवीनतम प्रयास"** के उद्देश्य को चरितार्थ करने में सफल होंगे।

**आभार**

लेखकगण रडार ऊँचाईमापी संबंधित विकास गतिविधियों के लिए लेखक एवं सहलेखक इस कार्यों को करने के लिए दिए गए सुअवसर प्रोत्साहन एवं दिशा-निर्देश के लिए श्री तपन मिश्रा

अनुक्रमणिका

(निदेशक, सैक), श्री राजीव ज्योति (उप-निदेशक, एम.आर.एस.ए.), श्री निलेश एम. देसाई (उप-निदेशक, एस. एस. ए. ए.) तथा श्री बी. एस. रामन (समूह-निदेशक) का तहेदिल से आभार प्रकट करते हैं। हम श्रीमती नीलू एस. सेठ, वरिष्ठ हिंदी अधिकारी तथा हिंदी कक्ष के सभी सहकर्मियों का आभार प्रकट करते हैं। अंततः हम MRSA के सभी कर्मियों, सैक/इसरो एवं इसरो के अन्य केंद्रों के वैज्ञानिकों, अभियंताओं व सहकर्मियों, जोकि चंद्रयान-2 मिशन संबंधित गतिविधियों में सलंग्न है, -के प्रति आभार प्रकट करते हैं।

संदर्भ

(क) सैक/इसरो आंतरिक रिपोर्ट, मई 2014। चंद्रयान-2/लैंडरयान हेतु उन्नत प्रौद्योगिकी तत्व।

(ख) सैक/इसरो आंतरिक रिपोर्ट, नवंबर, 2012 चंद्रयान-2 लैंडर पर युगपत् Ka-बैंड रडार अल्टीमीटर का तंत्र दस्तावेज।

(ग) सैक/इसरो आंतरिक रिपोर्ट, मार्च, 2018 चंद्रयान-2 लैंडर Ka-बैंड रडार अल्टीमीटर एवं HDA संसाधित्र- CDR।

लेखक परिचय :

उमंग भाटिया ने वर्ष 2017 में KNIT इंजीनियरिंग कॉलेज, सुल्तानपुर से इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरिंग में बी.टेक. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2018 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग प्रणाली समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान -2, GBR मिशनों में संलग्न है।

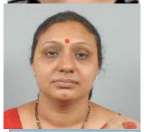
शिवानी भार्गव ने वर्ष 2008 में NIEC, इंजीनियरिंग कॉलेज, नई-दिल्ली, से इलेक्ट्रॉनिक एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की।वर्ष 2009 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग अंकिय इलेक्ट्रॉनिक समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, RISAT-2B इत्यादि मिशनों में संलग्न है।

रितेश कुमार शर्मा ने वर्ष 2001, में IET इंजीनियरिंग कॉलेज, लखनऊ से इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरिंग में बी.टेक. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2001 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग अंकिय इलेक्ट्रॉनिक समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, MMWave साउंडर, NI-सार इत्यादि मिशनों में संलग्न है।

बी. सरवना कुमार ने इलेक्ट्रॉनिक एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। उन्होंने वर्ष 1999 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र-इसरो, अहमदाबाद में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, NI-सार, RISAT-2A/2B इत्यादि मिशनों में संलग्न है।

प्रमोद मिश्रा ने वर्ष 2002 में Purvanchal University से इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरिंग में बी.टेक. तथा 2005 में Allahabad University से एम्.टेक. की उपाधि प्राप्त की। उन्होंने वर्ष 2005 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र-इसरो, अहमदाबाद में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, NI-सार, RISAT-2A/2B इत्यादि मिशनों में संलग्न है।

किरल घोडाद्रा ने वर्ष 2004 में LD इंजीनियरिंग कॉलेज, से इलेक्ट्रॉनिक एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की।वर्ष 2009 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग अंकिय इलेक्ट्रॉनिक समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, NI-सार, L&S इत्यादि मिशनों में संलग्न है।



अमिता ए शाह ने वर्ष 1982 में सरकारी महिला पॉली-टेक्नीक, अहमदाबाद से रेडियो तकनीकी में डिप्लोमा प्राप्त किया।वर्ष 1983 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, MMWave साउंडर, GBR मिशनों में संलग्न है।

जैमिन तन्ना ने वर्ष 2006 में VVP, इंजीनियरिंग कॉलेज, राजकोट से इलेक्ट्रॉनिकएवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2007 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र-इसरो, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग नियन्त्रण इलेक्ट्रॉनिक विभाग में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये रडार के नियन्त्रण इलेक्ट्रॉनिक के लिये, चंद्रयान-2 और ओसनसेट-3/3A इत्यादि मिशनों में संलग्न है।

संजय त्रिवेदी ने वर्ष 1982 में AVPT कॉलेज, राजकोट सेइलेक्ट्रॉनिकमेंडिप्लोमा प्राप्तकिया।वर्ष 1984 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद मेंअंकिय संचार कार्यक्रम में कार्य आरंभ किया।वर्ष 1992 में गुजरात युनिवर्सिटी से बी.ई. एवं 2013 में SVNIT, सूरत से M.Tech. की उपाधि ग्रहण की। वर्तमान में, ये चंद्रयान -2 रडार ऊँचाईमापी, NI-सार इत्यादि मिशनों में संलग्न है।

हिमांशु पटेल ने वर्ष 2002 में L.D. इंजीनियरिंग कॉलेज, अहमदाबाद से इलेक्ट्रॉनिक एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री तथा वर्ष 2004 में IIT-दिल्ली से M. Tech. की डिग्री प्राप्त की। वर्तमान में, ये रडार के नियन्त्रण इलेक्ट्रॉनिक के लिये L-बैंड सार, चंद्रयान-2, NI-सार मिशनों में संलग्न है।

***

# 180 nm प्रौद्योगिकी पर 32 बिट SPARC संसाधक का कार्यान्वयन

**समीर ठाकुर, प्रमोद मिश्रा, पटेल हिमांशु न.**
**एम.एस.डी.जी./एम.आर.एस.ए./ अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)**
**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन(इसरो),**
**इसरो, अहमदाबाद - 380015, भारत**
**दूरभाषः+ 91-7926915240/33, फैक्स + 91-7926915850**
sameerthakur15@sac.isro.gov.in, pramodkm123km@sac.isro.gov.in

**सारांश-**

इस पत्र में SPARC संसाधक का उपयोग करके ASIC विकसित करने का प्रयास किया गया हैं और इसको नीतभर नियंत्रक के रूप में इस्तेमाल में लाया जायेगा। SPARC कार्यान्वयन असाधारण रूप से उच्च निष्पादन दर और लघु समय विकास कार्यक्रम प्रदान करता हैं। इस दृष्टिकोण का उपयोग करके हम पारंपरिक संसाधक पर लगातार कार्यान्वयन की लागत/ प्रदर्शन अनुपात की स्केलेबिलिटी प्रदान कर सकते हैं। विचार पारंपरिक संसाधक से कार्यभर SPARC संसाधक की और विस्थापित करना है। SPARC RTL 180nm CMOS प्रक्रिया पर लागू किया जाना है जो की सेमी-कंडक्टर लेबोरेट्री(SCL), चंडीगढ़ में फेब्रिकेट होगी।

## परिचय-

ऑनबोर्ड नियंत्रक ASIC का अभिकल्पन भविष्य में अन्तरिक्षीय सूक्ष्म तरंग सुदूर संवेदन नीतभर नियंत्रक के लिए किया जा रहा है। इसकी वास्तुकला 32 बिट SPARC संसाधक पर आधारितहै। SPARC का कार्यान्वयन प्राथमिक रूप से संकलित्र को अनुकूलित करने और आसानी से पाइपलाइन हार्डवेयर कार्यान्वयन के लक्ष्य से किया गया था।

## 32 बिट SPARC संसाधक के कार्यान्वयन की आवश्यकता -

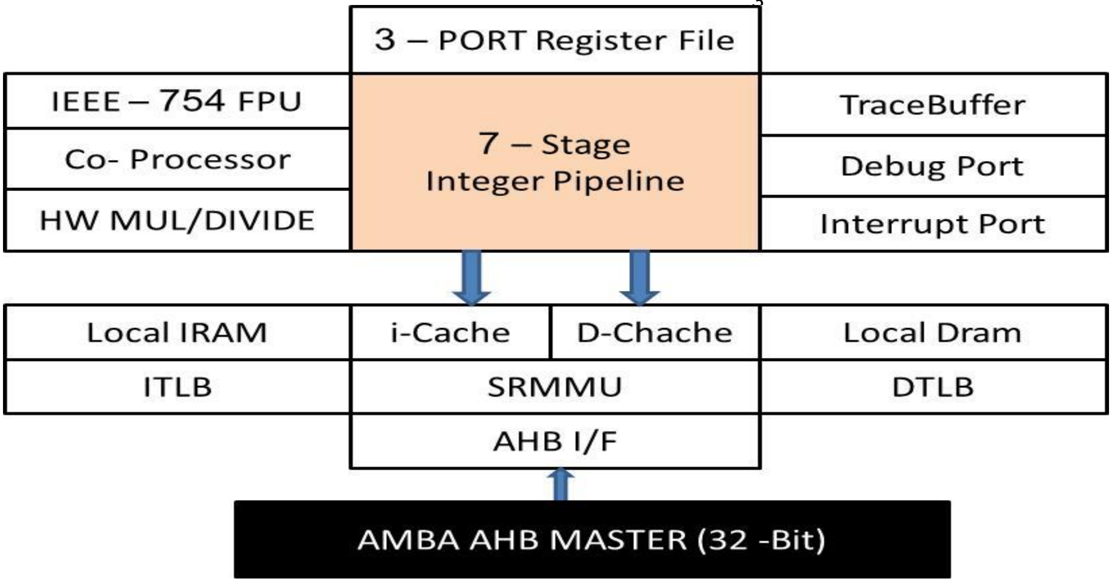
पहले इस्तेमाल किए गए संसाधको की कुछ सीमाएं थीं जो SPARC संसाधक द्वारा दूर गई है। पहले इस्तेमाल किए जाने वाला संसाधक 8 बिट का था और इसमें रजिस्टर विंडो फ्लोटिंग पॉइंट यूनिट और कॉ-प्रोसेसर इकाई जैसी विशेषताएं नहीं थी और इन्हीं कमियों को दूर करने के लिए स्पार्क संसाधक का विकास किया गया। एक SPARC संसाधक तार्किक तरीके से एक इंटिजर यूनिट, एक चल- बिंदु केंद्र यूनिट (एफ.पी.यू) शामिल है, और एक वैकल्पिक कॉ-प्रोसेसर मौजूद है, और प्रत्येक यूनिट अपने निजी रजिस्टर के साथ मौजूद हैं। यह व्यवस्था पूर्णांक, चल-बिंदु, और कॉ-प्रोसेसर निर्देश निष्पादन के बीच अधिकतम समरूपता के साथ कार्यान्वयन की अनुमति प्रदान करता है।सभी निर्देश 32 बिट चौड़े हैं, और मेमोरी में 32 बिट सीमाओं पर संरेख कर रहे हैं। इसमें तीन बुनियादी निर्देश प्रारूप हैं, और वे ओप-कोड और रजिस्टर-पते की समान नियुक्ति की सुविधा प्रदान करते है। इसलिए बेहतर नीतभर नियंत्रण के लिए 32 बिट SPARC संसाधक अनिवार्य है।

## LEON3 का अवलोकन - उच्च-प्रदर्शन SPARC V8 32-बिट संसाधक-

LEON3 IEEE-1714 (SPARC V8 32) वास्तुकला के अनुरूप 32 बिट संसाधक कोर है। यह एम्बेडेड अनुप्रयोगों के लिए डिज़ाइन किया गया है, जो उच्च प्रदर्शन के साथ कम जटिलता और कम बिजली खपत के गुण प्रदान करता है।

## LEON 3 कोर में यह निम्न्लिखित मुख्य विशेषताएं हैं:-

हार्वर्ड वास्तुकला, अलग निर्देश और डेटा cache, मेमोरी मैनेजमेंट यूनिट, हार्डवेयर गुणक और विभाजक, ऑन-चिप डीबग समर्थन और बहु-प्रोसेसर एक्सटेंशन के साथ 7-चरण पाइप लाइन। इसमें बहुत कम और सरल निर्देश (RISC) प्रारूप हैं।




**चित्र 1: LEON 3 संसाधक कोर**

### 1) cache उप-प्रणाली

LEON3 में एक अत्यधिक विन्यास योग्य cache प्रणाली है, जिसमें एक अलग निर्देश और डेटा कैश शामिल है।

### 2) मेमोरी प्रबंधन इकाई

एक SPARC V8 रेफरेंस मेमोरी मैनेजमेंट यूनिट (SRMMU) को वैकल्पिक रूप से सक्षम किया जा सकता

है। SRMMU पूर्ण SPARC V8 MMU निर्देश लागू करता है।

3) ऑन-चिप डीबग समर्थन

LEON3 पाइपलाइन हार्डवेयर पर डिबगिंग की सुविधा मुहिया करता है जो की बहुत लाभदायक विशेषता है। सॉफ़्टवेयर डिबगिंग की सुविधा के लिए, चार वॉच पॉइंट रजिस्टरों को चालू किया जा सकता है।

4) Amba इंटरफ़ेस

कैश सिस्टम, कैश से डेटा को लोड और स्टोर करने के लिए AMBA-AHB मास्टर लागू करता है। इंटरफेस AMBA-2.0 मानक के अनुरूप है।

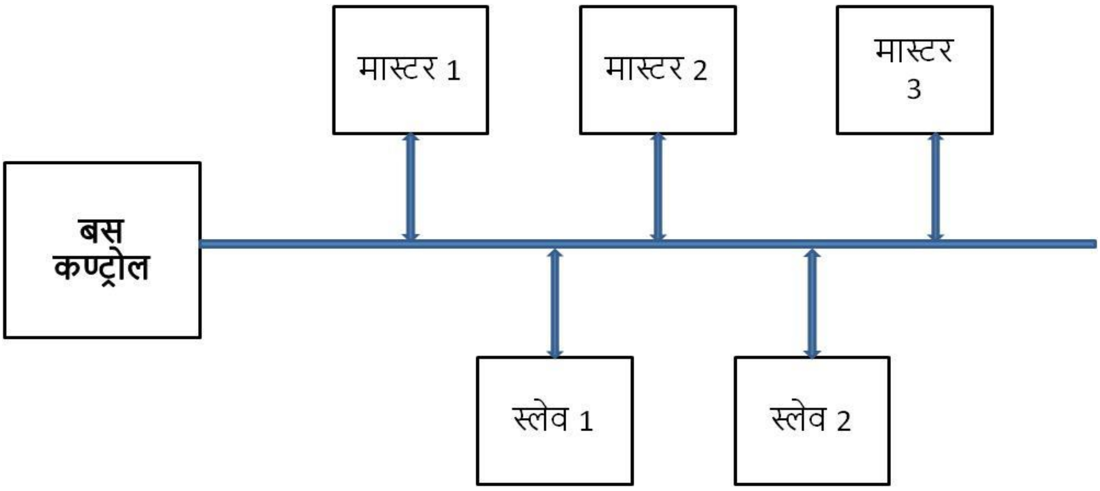
5) पावर-डाउनमोड

LEON3 संसाधक कोर, एक पावर-डाउन मोड लागू करता है, जो अगले इंटरप्ट तक पाइप लाइन और cache को रोक कर रखता है।

6) इंटरप्ट इंटरफेस

LEON3 कुल 15 आतुल्यकालिक इंटरप्ट्स के साथ SPARC V8 इंटरप्ट मॉडल का समर्थन करता है। इंटरप्ट इंटरफेस इंटरप्ट उत्पन्न करने और इंटरप्ट को स्वीकार करने की कार्यक्षमता प्रदान करता है।

**AMBA/AHB ऑन-चिप बस**




**चित्र 2 : AMBA ऑन चिप बस**

AMBA एडवांस्ड हाई-प्रदर्शन बस (AHB) एक बहु- उद्देशीय बस है जो उच्च डेटा दर और परिवर्तनीय विलंबता वाले इंटरकनेक्ट इकाइयों को जोड़ने में सक्षम है। संलग्न इकाइयों को मुख्य और आधीन में बांटा गया है, और इसे एक वैश्विक बसद्वारा नियंत्रित किया जाता है। प्रत्येक मास्टर AHBMO नामक VHDL रिकॉर्ड में समूहित संकेतों का एक सेट चलाता है। वर्तमान बस मास्टर का आउटपुट रिकॉर्ड बस मल्टीप्लेक्सर्स द्वारा चुना जाता है और सभी आधीन AHB के इनपुट रिकॉर्ड (AHBSI) को भेजा जाता है। सक्रिय स्लेव का आउटपुट रिकॉर्ड (AHBSO) बस मल्टीप्लेक्सर द्वारा चुना जाता है और सभी मास्टर को अग्रेषित किया जाता है।

**32 बिट SPARC प्रोसेसर और इसके कार्यान्वयन**

ऑन-बोर्ड नियंत्रक ASIC का अभिकल्पन भविष्य में सुदुर संवेदन नीतभर कंट्रोलर के लिए करा जा रहा है। इसकी वास्तुकला 32 बिट SPARC संसाधक पर आधारित है। SPARC संसाधक विभिन्न परिधीय मॉड्यूल के साथ इंटरफेस करा गया है। यह एक मिश्रित सिग्नल ASIC है। SPARC संसाधक एम्बेडेड अनुप्रयोगों के लिए डिज़ाइन करा गया है, कम जटिलता और कम बिजली की खपत के साथ उच्च प्रदर्शन संयोजन SPARC संसाधक पी.एल.सी (PLC) का उपयोग करके उच्च गति पर अधिक गणना कर सकते हैं। ऑन-चिप MIL-STD-1553 RT कोर को प्रत्यारोपित किया गया है और यहाँ बाहरी प्रोटोकोल चिप की आवश्यकता नहीं है। इसके परिणामस्वरूप पी.सी.बी के आयाम में कमी आती है। अधिकतर परिधीय नियंत्रित और एक साथ संचारित किया जा सकता है।

इंटरफेस किए गए विभिन्न मॉड्यूल टाइम सिग्नल री-जनरेटर, सहायक डेटा इंटरफेस, सिंक्रोनस सीरियल रिसीवर, सिंक्रोनस सीरियल ट्रांसमीटर हैं। क्लॉक रीसेट मॉड्यूल, वॉचडॉग टाइमर, सीरियल पेरिफेरल इंटरफेस और MIL-STD -1553 बी।

सहायक डेटा इंटरफ़ेस बाहरी मॉड्यूल के लिए **8** बिट समांतर/ सीरियल डेटा इंटरफ़ेस है। क्लॉक और रीसेट मॉड्यूल सिंक्रनाइज़ आंतरिक रीसेट और घड़ी सिग्नल सक्षम करता है। सिरीयल सिनक्रोनस रिसीवर मॉड्यूल बाहरी घड़ी के साथ सिंक्रनाइज़ेशन में बाहरी इंटरफ़ेस से सीरियल डेटा प्राप्त करता है। टाइम सिग्नल री-जेनरेटर प्रोग्रामेबल चालू और बंद अवधि की घड़ी उत्पन्न करता है। विभिन्न मॉड्यूल के रैपर को शीर्ष मॉड्यूल में एकीकृत किया गया है।

**सहायक डेटा इंटरफेस**

सहायक डेटा अंतरापृष्ठ बाहरी मॉड्यूल के लिए 8 बिट समांतर/ सीरियल डेटा अंतरापृष्ठ है। SPARC संसाधक मेमोरी में डेटा के 256 बाइट्स लिख/ पढ़ सकता है और बाहरी मॉड्यूल स्ट्रोब और घड़ी सिग्नल की मदद से मेमोरी से डेटा पढ़/ लिख सकता है।

**टाइमिंग सिग्नल री-जनरेटर**

प्रोग्रामेबल चालू और बंद अवधि के साथ पल्स पीढ़ी, अक्षम सिग्नल और ध्रुवीय चयन सक्षम करने के साथ, प्रत्येक सिग्नल व्यक्तिगत रूप से प्रोग्राम करने में प्रयोग होता हैं।

### सीरियल सिंक्रोनस रिसीवर

सीरियल सिंक्रोनस रिसीवर मॉड्यूल बाहरी घड़ी और डेटा स्ट्रोब सिग्नल के साथ सिंक्रनाइज़ेशन में बाहरी इंटरफ़ेस से सीरियल डेटा प्राप्त करता है, आंतरिक FIFO में मान्य डेटा संग्रहीत करता है। प्रोसेसर FIFO से डेटा पढ़ सकता है।

सीरियल सिंक्रोनस रिसीवर में 16 बिट शिफ्ट रजिस्टर होता है जो क्लॉक एस.एस.आर के प्रत्येक बढ़ते किनारे पर सीरियल डेटा में बदल जाता है।

### MIL-STD -1553 रिमोट टर्मिनल

MIL-STD -1553 रिमोट टर्मिनल बौद्धिक संपदा कोर एक VHDL आधारित डिजाइन किसी भी FPGA या ASIC डिवाइस पर पोर्टेबल है। यह MIL-STD-1553 रिमोट टर्मिनल कार्यक्षमता प्रदान करता है। IP कोर डिज़ाइन किसी भी विक्रेता विशिष्ट तर्क का उपयोग नहीं करता है, इसलिए इस IP कोर को किसी भी FPGA डिवाइस या ASIC में लागु करना संभव है। MIL-STD -1553B RT IP कोर पूर्ण कार्यक्षमता को परिभाषित करता है। जिसमे रिमोट टर्मिनल जिसमें बस नियंत्रक (बी.सी) से कमांड और डेटा शब्द प्राप्त करना , Sync का पता लगाना, इन शब्दों को जांचना और सत्यापित करना, बाहरी शब्दों से डेटा शब्दों को पढ़ना या लिखना शामिल है और प्राप्त आदेश के अनुसार, BC मोड कमांड ऑपरेशंस इत्यादि के लिए शब्द उत्पन्न और प्रसारित करता है। RT मॉड्यूल में मैनचेस्टर डिकोडर/ एन्कोडर है जो मैनचेस्टर द्वितीय द्वि-स्तर स्तर से NRZ प्रारूप में डेटा को परिवर्तित करता है। MIL-STD -1553 कोर 12 मेगाहर्ट्ज बाहरी घड़ी के साथ काम करता है।

### सिंक्रोनस सीरियल ट्रांसमीटर

SPARC संसाधक SST कोर में मौजूद FIFO में डेटा लिखता है। कोर में मौजूद दो FIFO हैं, पहला MSB-FIFO और दुसरा LSB-FIFO में डाटा लिखता है। MSB-FIFO शब्द के ऊपरी बाइट को स्टोर करता है जबकि LSB-FIFO शब्द के निचले बाइट को स्टोर करता है।

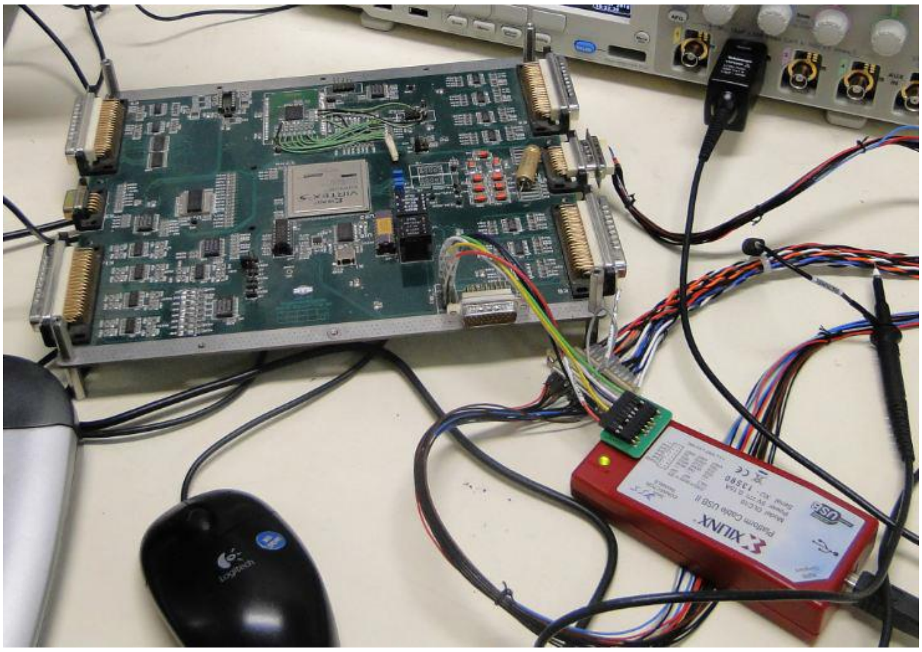
### क्लॉक रीसेट मॉड्यूल

घड़ी और रीसेट मॉड्यूल सिंक्रनाइज़ आंतरिक रीसेट और घड़ी सिग्नल बनाते है। यह बाहरी ऐसिंक्रोनस रीसेट सिगनल से अनध्नुनी सिंक्रोनस रीसेट उत्पन्न करता है। रीसेट उच्च सक्रिय होता है इसलिए इसे उल्टा करके एंड करा जाता है आर फिर यह 4 फ्लिप- फ्लॉप के लिए एक स्पष्ट सिग्नल उत्पन्न करता है।

### सीरियल पेरीफेरल इंटरफ़ेस

यह मॉड्यूल मानक धारावाहिक परिधीय इंटरफ़ेस लागू करता है। इसमें चार इंटरफ़ेस सिगनल हैं: घड़ी, स्ट्रोब, डाटा- आउट और डाटा - इन। एकल डेटा स्थानांतरण में अधिकतम डेटा बिट 32 बिट्स है। स्ट्रोब ध्रुवीयता, स्ट्रोब प्रकार, घड़ी ध्रुवीयता, घड़ी चरण कंट्रोल रजिस्टर के द्वारा प्रोग्रामेबल योग्य है।

### SPARC प्रोसेसर कार्यान्वयन और परिणाम




चित्र 3 : VIRTEX 5 बोर्ड सेटअप

SPARC संसाधक एम्बेडेड अनुप्रयोगों के लिए डिज़ाइन किया गया है, जो कम जटिलता और कम बिजली की खपत के साथ उच्च प्रदर्शन को जोड़ता है।

इंटरफेस किए गए विभिन्न मॉड्यूल टाइम सिग्नल री-जेनरेटर हैं, सहायक डेटा इंटरफेस, सिंक्रोनस सीरियल री-सिवर, सिंक्रोनस सीरियल ट्रांसमीटर, क्लॉक रीसेट मॉड्यूल, वॉचडॉग टाइमर सीरियल पेरिफेरल इंटरफेस), MIL-1553-STD। सभी मॉड्यूल सफलतापूर्वक एकीकृत हो जाने के बाद परीक्षण Virtex 4 और virtex 5 किट पर किया गया है है। GRMON डीबग मॉनिटर का उपयोग कर कमांड प्रॉम्प्ट पर विभिन्न C कोड का परिणाम और आउटपुट देखा जा सकता है।

```
 This eval version will expire on 16/07/2015

Xilusb: Cable type/rev : 0x3
 JTAG chain (2): xc4vlx60 xcf32p
  GRLIB build version: 4156
  Detected frequency:  50 MHz

  Component                            Vendor
  LEON3 SPARC V8 Processor             Aeroflex Gaisler
  JTAG Debug Link                      Aeroflex Gaisler
  GR Ethernet MAC                      Aeroflex Gaisler
  AHB/APB Bridge                       Aeroflex Gaisler
  LEON3 Debug Support Unit             Aeroflex Gaisler
  Single-port DDR266 controller        Aeroflex Gaisler
  LEON2 Memory Controller              European Space Agency
  Generic UART                         Aeroflex Gaisler
  Multi-processor Interrupt Ctrl.      Aeroflex Gaisler
  Modular Timer Unit                   Aeroflex Gaisler
  Contributed core 1                   Various contributions
  Contributed core 1                   Various contributions
  Contributed core 1                   Various contributions
  Contributed core 1                   Various contributions
  General Purpose I/O port             Aeroflex Gaisler

  Use command 'info sys' to print a detailed report of attached cores

grmon2> info sys
  cpu0      Aeroflex Gaisler  LEON3 SPARC V8 Processor
            AHB Master 0
  ahbjtag0  Aeroflex Gaisler  JTAG Debug Link
            AHB Master 1
  greth0    Aeroflex Gaisler  GR Ethernet MAC
            AHB Master 2
            APB: 80000F00 - 80001000
            IRQ: 12
  apbmst0   Aeroflex Gaisler  AHB/APB Bridge
            AHB: 80000000 - 80100000
  dsu0      Aeroflex Gaisler  LEON3 Debug Support Unit
            AHB: 90000000 - A0000000
            AHB trace: 128 lines, 32-bit bus
            CPU0:  win 8, hwbp 2, itrace 128, V8 mul/div, srmmu, lddel 1
                   stack pointer 0x41fffff0
                   icache 2 * 8 kB, 32 B/line lru
                   dcache 2 * 4 kB, 16 B/line lru
  ddrspa0   Aeroflex Gaisler  Single-port DDR266 controller
            AHB: 40000000 - 50000000
            AHB: FFF00100 - FFF00200
            16-bit DDR : 1 * 32 MB @ 0x40000000
            50 MHz, col 9, ref 7.8 us, trfc 60 ns
  mctrl0    European Space Agency  LEON2 Memory Controller
            AHB: 00000000 - 20000000
            AHB: 20000000 - 40000000
            AHB: 60000000 - 70000000
            APB: 80000000 - 80000100
            16-bit prom @ 0x00000000
  uart0     Aeroflex Gaisler  Generic UART
            APB: 80000100 - 80000200
            IRQ: 2
            Baudrate 38343
  irqmp0    Aeroflex Gaisler  Multi-processor Interrupt Ctrl.
            APB: 80000200 - 80000300
  gptimer0  Aeroflex Gaisler  Modular Timer Unit
            APB: 80000300 - 80000400
            IRQ: 8
            8-bit scalar, 2 * 32-bit timers, divisor 50
  adev10    Various contributions  Contributed core 1
            APB: 80005000 - 80005100
```

**चित्र 4: VIRTEX 5 के लिए GRMON कंसोल विंडो**

**लेखक परिचय**

**समीर ठाकुर** ने वर्ष 2016 में USIT, गुरु गोबिंद सिंह इन्द्रप्रस्थ विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिकी और संचार अभियांत्रिकी में बी.टेक की डिग्री प्राप्त की है। वर्ष 2017 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग अंकिय इलेक्ट्रोनिक समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये एस.एस.आर के डिजाइन व विकास और संसाधक के डिजाइन व विकास इत्यादि मिशनों में संलग्न हैं।

**प्रमोद मिश्रा** ने वर्ष 2002 में पूर्वांचल विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरिंग में बी.टेक. तथा 2005 में Allahabad University से एम्.टेक. की उपाधि प्राप्त की। उन्होंने वर्ष 2005 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र-इसरो, अहमदाबाद में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, NI-सार, RISAT-2A/2B इत्यादि मिशनों में संलग्न है।

**हिमांशु पटेल** ने वर्ष 2002 में L.D. इंजीनियरिंग कॉलेज, अहमदाबाद से इलेक्ट्रॉनिक एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री तथा वर्ष 2004 में IIT-दिल्ली से M. Tech. की डिग्री प्राप्त की। वर्तमान में, ये रडार के नियन्त्रण इलेक्ट्रॉनिक के लिये L-बैंड सार, चंद्रयान-2, NI-सार मिशनो में संलग्न है।।

अनुक्रमणिका

# पी-बैंड आवृत्ति पर एसएआर (SAR) के लाभ और चुनौतियां

गौरव सेठ, अमित शुक्ला, राकेश भान
एमएसएसडी / सूक्ष्मतरंग सूदूर-संवेदन विभाग, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत

**सारांश** -

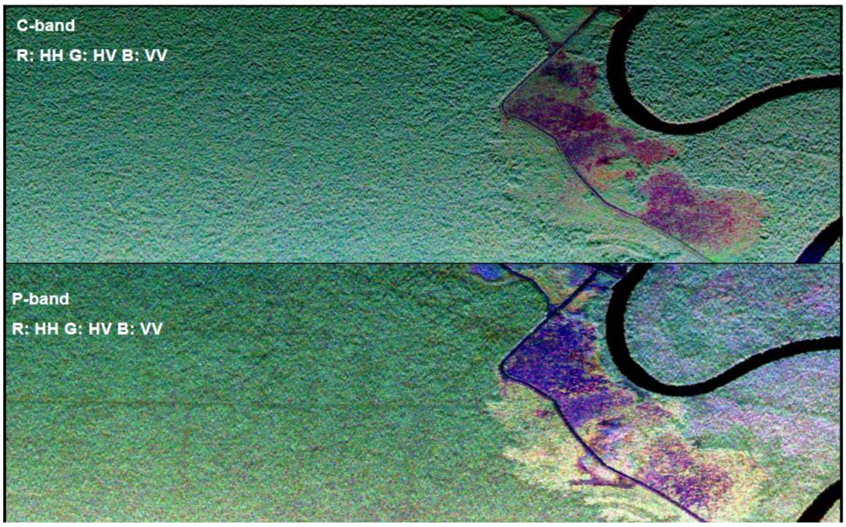
*लंबे तरंगदैर्घ्य (24 सेमी-75 सेमी) पर काम कर रहे एक एसएआर में छिपे भूमिगत लक्ष्यों, उप-सतह सुविधाओं और वन पेड़ों का पता लगाने के लिए विशेष वेधन क्षमता होती है। वेधन क्षमता से विभिन्न स्थलीय और ग्रहीय विज्ञान अनुप्रयोगों जैसे कि वन बायोमास माप, सैन्य पुनर्जागरण और उप-सतह बर्फ का पता लगाया जा सकता है। हालांकि, कम आवृत्ति पर काम करने से अप्रत्याशित सिस्टम डिज़ाइन चुनौतियाँ सामने आती हैं। इस लेख में क्रमशः भाग 2 और 3 में पी-बैंड पर काम कर रहे एसएआर के विभिन्न फायदों और चुनौतियों पर चर्चा की गई है। भाग 4 ग्रह और स्थलीय अध्ययनों के लिए प्रस्तावित पी-बैंड सिस्टम का संक्षिप्त विवरण देता है।*

## 1. प्रस्तावना

भारत में प्राकृतिक संसाधनों के विशाल भंडार के साथ, 7516.6 किमी की तटरेखा और कृषि के लिए समर्पित जीडीपी 13.7% है। इस कारण से राष्ट्रीय प्रबंधन के लिए माइक्रोवेव रिमोट सेंसिंग से आए प्रभाव काफी हैं। इमेजिंग रडार (एसएआर) माइक्रोवेव सेंसरों के एक महत्वपूर्ण वर्ग में शामिल है क्योंकि वे रिमोट सेंसिंग और सैन्य पुनर्जागरण अनुप्रयोगों के लिए दिन/रात और लगभग सभी मौसमों में संचालन में सक्षम हैं। पीए बैंड आवृत्ति (0.3GHz-1GHz) पर प्रचालित एसएआर एल, एस, सी और एक्स बैंड में प्रचालित एसएआर की तुलना में पर्ण समूह और सतह के वेधन में काफी सक्षम है। जंगल बायोमास माप, उप सतह नमी का पता लगाने के साथ-साथ सैन्य पुनर्जागरण उद्देश्यों जैसे अनुप्रयोगों के लिए यह बहुत महत्वपूर्ण हो सकता है। चित्र 1 और चित्र 2 क्रमशः वानिकी और उप सतह खारा पानी का पता लगाने जैसे अनुप्रयोगों के लिए पी-बैंड एसएआर का उपयोग करने से होने वाले लाभ दर्शाते हैं।

भाग 4.1 मंगल ग्रह पर उथली उप सतह पर बर्फ का पता लगाने के लिए प्रस्तावित एक ग्रहीय एसएआर का वर्णन करता है। भाग 4.2 पी-बैंड पर हवाई (एयरबोर्न) और अंतरिक्षवाहित (स्पेसबोर्न) एसएआर सेंसर का संक्षिप्त विवरण प्रदान करता है।

पी-बैंड आवृत्ति की वेधन क्षमता का उपयोग ग्रहीय निकायों की उथली उप-सतह विशेषताओं (सतह के नीचे 10 मीटर तक) की पहचान के लिए भी किया जा सकता है जो पारंपरिक भू वेधन रडारों के लिए संभव नहीं है।




चित्र 1 .सी-बैंड पूर्ण ध्रुवीय एसएआर पर पी-बैंड पूर्ण ध्रुवीय एसएआर के लाभ (सौजन्य: क्लास स्काइपल)

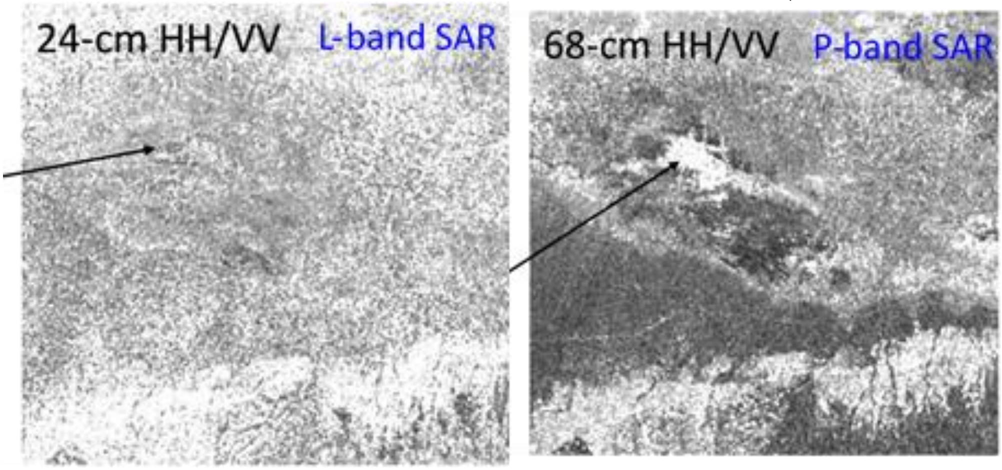
## 2. लाभ:

- **पी-बैंड एसएआर का उपयोग कर मंगल उप सतह अध्ययन**

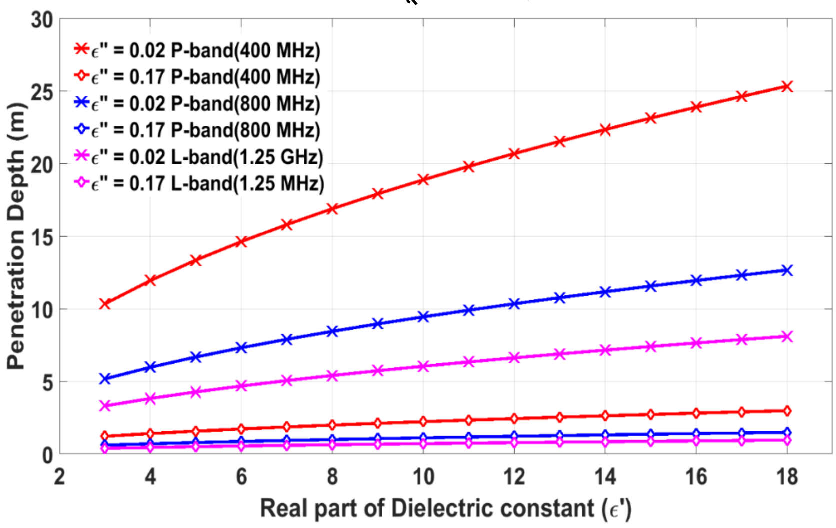
मंगल की सतह हमें ग्रह की जलवायु के भूवैज्ञानिक इतिहास के बारे में महत्वपूर्ण जानकारी दे सकती है, जो समय के साथ नाटकीय रूप से बदल गई है। अधिकांश मार्शियन सतह को एओलियन प्रक्रियाओं द्वारा तीव्र रूप से आकार दिया गया है और फिर से बनाया गया है, जिससे धूल की एक विस्तृत परत अब ग्रह के बड़े हिस्सों को कवर कर रही है। मंगल के ध्रुवीय स्तरित जमा अतीत में धूल के मोटे संचय दिखाते हैं। मंगल ग्रह पर ज्वालामुखी और बहने वाले पानी द्वारा उत्पादित धूल और तलछट जमा, काफी मोटा हो सकता है, लेकिन हवा से उड़ कर जमी धूल गहराई से मीटर के क्रम में होती हैं और इससे भौगोलिक और पुरा-भौगोलिक विशेषताएं अस्पष्ट रहती हैं।

इस प्रकार यह स्पष्ट हो जाता है कि मंगल के इतिहास की बेहतर समझ के लिए हमें इसके उप-सतह: धूल के नीचे छिपी हुई पुरा-भौगोलिक और भूगर्भीय संरचनाएं और तरल पानी जो निकटवर्ती उप-सतह में मौजूद हो सकते हैं, के खोज और अभिलक्षणन की आवश्यकता होती है। चित्र 3 स्पष्ट रूप से

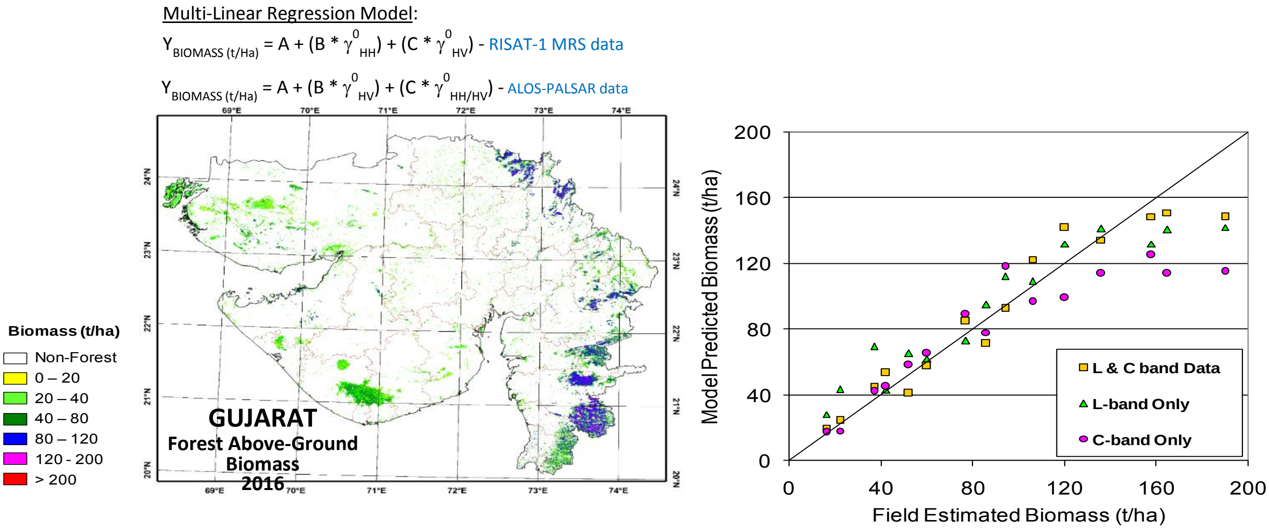
दिखाता है कि एक पी-बैंड एसएआर प्रणाली उथले उप-सतह (10 मीटर तक) में वेधन करेगी, इस प्रकार छिपी हुई विशेषताओं को प्रकट करेगी और जल हिम की उपस्थिति का पता लगाएगी। उप सतह जल हिम का पता लगाने को सह-ध्रुवीय चरण अंतर (एचएच और वीवी के बीच) से सहसंबंधित किया जाएगा और इसलिए एसएआर को पूर्ण-पोलारिमेट्रिक होना आवश्यक है।




**चित्र 2 एयरबोर्न एसएआर डेटा का प्रयोग कर डेथ वैली, यूएसए में ब्राइन की पहचान (सौजन्य: कैम्पबेल आदि 2012)**




**चित्र 3 मंगल पर देखी गई विभिन्न परा वैद्युत सतत मानों के संबंध में विभिन्न आवृत्तियों पर अनुकरित रडार (सौजन्यः सैक एप्सा टीम)**




चित्र 4क्रमशः रीसैट और एएलओएस-पालसर से एल एंड सी बैंड डेटा का उपयोग करते हुए गुजरात पर एजीबी अनुमान (सौजन्यः सैक एप्सा टीम)

➢ **पी-बैंड पर एसएआर के स्थलीय अनुप्रयोग लाभ**

भू रिमोट सेंसिंग के लिए पी-बैंड एसएआर के प्रमुख अनुप्रयोग हैं:

- ऊपरी ग्राउंड बायोमास माप और वानिकी अनुप्रयोग।
- रूट जोन मिट्टी नमी प्रोफाइलिंग।
- भूमिगत वस्तुओं और वन कवर के तहत वस्तुओं का पता लगाना।
- पुरातात्विक और भूगर्भीय अन्वेषण।

ऊपरी ग्राउंड बायोमास (एजीबी) मिट्टी के ऊपर पेड़ की छाल, तनों और झाड़ियों जैसे जैविक पदार्थ की मात्रा है। जलवायु

परिवर्तन और जैव विविधता हानि के हाल के वैश्विक परिदृश्य में, एजीबी का अनुमान लगाने की प्रासंगिकता वैश्विक कार्बन एकाउंटिंग और प्राकृतिक संसाधनों और पर्यावरण मॉडलिंग की रिपोर्टिंग, संरक्षण और प्रबंधन के संबंध में है। एसएआर सेंसर की वेधन क्षमता और क्लाउड कवरेज (अस्थायी माप में वृद्धि) के प्रति उनकी असंवेदनशीलता उन्हें एजीबी (चित्र 4) का आकलन करने के लिए एक प्रभावी उपकरण बनाती है।

एसएआर सेंसर द्वारा प्राप्त बैकस्कार्टर ऊर्जा जंगल की कैनोपी की संरचनात्मक और परावैद्युत विशेषताओं, आयतन का सापेक्ष योगदान, सतह-आयतन संपर्क और जंगल से प्रकीर्णन के कारण होने वाले योगदानों का मिश्रण है। पी-बैंड आवृत्ति उच्च एल, एस, सी और एक्स बैंड आवृत्तियों के संबंध में शाखाओं और ट्रंक से मजबूत बैकस्केटर प्रदान करती है जो चौड़ी और नुकीली पत्तियों से योगदान के प्रति अधिक संवेदनशील होती है। पी-बैंड पर पूर्ण-पोलारिमेट्रिक डेटा बायोमास मॉडल में भविष्यवाणी की सटीकता को और बढ़ाता है।

## 3. चुनौतियां

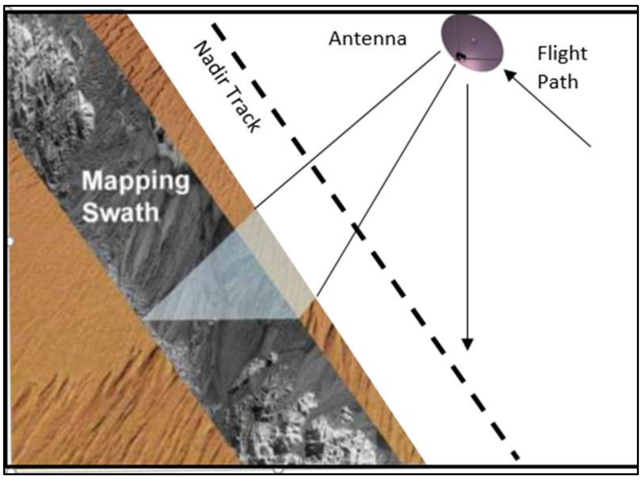
### ➢ उच्च संवेदनशीलता की आवश्यकता

रडार को लगता है कि खुरदरापन घटती आवृत्ति के साथ घट जाता है। इसलिए अधिकांश प्राकृतिक सतह पी-बैंड पर चिकनी दिखती हैं। खुरदरापन एक प्रमुख कारक है जो स्कैटरिंग प्रक्रिया को नियंत्रित करता है। इसका तात्पर्य है कि पी-बैंड आवृत्तियों पर उप सतह या नीचे के जंगलों में दबी विशेषताओं से विसरित प्रकीर्णन का पता लगाने के लिए रडार प्रणाली की उच्च संवेदनशीलता की आवश्यकता होती है।

### ➢ उच्च ईआईआरपी की आवश्यकता

जैसा कि हम नीचे दिए गए एसएआर के लिए व्युत्पन्न रडार समीकरण से देख सकते हैं कि एसएनआर तरंगदैर्घ्य और ईआईआरपी दोनों (जो ट्रांसमीटर शक्ति और दूरदर्शिता दिशा में एंटीना लब्धि का उत्पाद है) के आनुपातिक है। इसका मतलब है कि एसएनआर को बनाए रखने के लिए पी-बैंड के लिए या तो उच्च शक्ति या अधिक एंटीना क्षेत्र आवश्यक है।

$$VR = \frac{P_{avg} G^2 \lambda^3 \sigma_0}{(4\pi)^3 R^3 (KT_0 LF)} \times \frac{\delta_r}{2V \sin\theta}$$



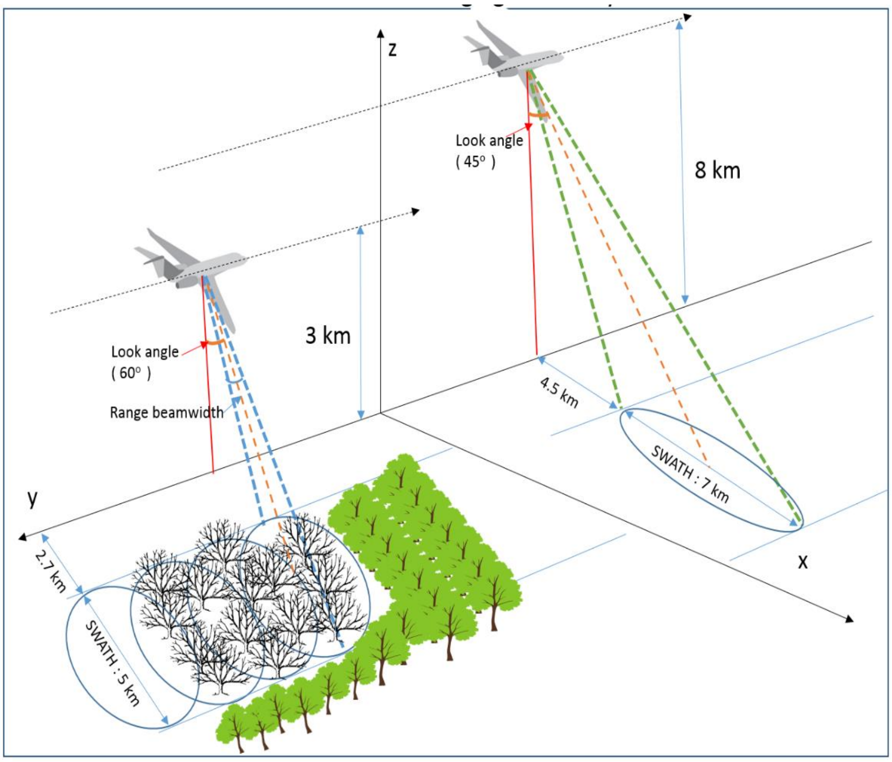

चित्र 5. मंगल उप सतह अध्ययन के लिए रडार की संकल्पना

### ➢ आवृत्ति व्यतिकरण का दमन

पी-बैंड में आने वाले शौकिया रेडियो, टेलीविजन प्रसारण संकेतों, पुलिस वॉकी-टॉकी के कारण आरएफ व्यतिकरण संकेतों का दमन, रडार प्रणाली की सुरक्षा के साथ-साथ प्रतिबिंब सूचना गुणवत्ता को बनाए रखने के लिए महत्वपूर्ण है। इसलिए, इस रडार के संचालन में इन व्यतिकरण संकेतों का दमन बहुत महत्वपूर्ण है।

### ➢ उच्च प्रतिशत बैंडविड्थ ऑपरेशन

एक एसएआर प्रणाली का स्लैंट रेंज रेज़ोल्यूशन प्रेषित सिग्नल की सिग्नल बैंडविड्थ पर निर्भर है। इसलिए ,अच्छा विभेदन प्राप्त करने के लिए एसएआर सिस्टम के अंतिम छोर तक की उच्च प्रतिशत बैंडविड्थ आवश्यक है। उदाहरण के लिए केंद्र आवृत्ति 450 मेगाहर्ट्ज पर एसएआर के लिए 2 मी तिरछा परास विभेदन प्राप्त करने के लिए सिस्टम की प्रतिशत बैंडविड्थ 16.6% होनी आवश्यक है।



## 4. प्रस्तावित पी-बैंड सिस्टम

➢ <u>मंगल बर्फ पहचान और सक्रिय निष्क्रिय मानचित्रण</u> **(MIDMAP)**

मॉम 2-मिशन के लिए पी-बैंड और एस-बैंड आवृत्तियों पर एक ड्युअल फ्रिक्वेन्सी एसएआर और रेडियोमीटर प्रस्तावित किया गया है। मंगल की मिट्टी के ऊपर कुछ मीटर में पानी के बर्फ की उपस्थिति को फीनिक्स लैंडर सतह स्कूपिंग प्रयोग और गामा रे स्पेक्ट्रोमीटर द्वारा तैयार किए गए जल मानचित्र द्वारा इंगित किया गया था। इसका पता लगाने और मात्रात्मक अनुमान लगाने के लिए, एमओएम 2-पर एक अद्वितीय रडार उपकरण प्रस्तावित किया गया है। सक्रिय और निष्क्रिय संवेदन के इस अद्वितीय संयोजन से मंगल ग्रह की उथली उप-सतह )< 10 मीटर (की अभूतपूर्व वैज्ञानिक जानकारी प्राप्त होगी।

<u>पी-बैंड एयरबोर्न एसएआर (PASAR)</u>

सैक प्रौद्योगिकी विकास कार्यक्रम के तहत एक एयरबोर्न पी-बैंड एसएआर का विकास किया गया है।

इसके प्रमुख अनुप्रयोग हैं:

- बायोमास माप और वानिकी अनुप्रयोग।
- रूट जोन मिट्टी नमी प्रोफाइलिंग।
- भूमिगत वस्तुओं वन कवर के तहत और वस्तुओं का पता लगाना।
- पुरातात्विक और भूगर्भीय अन्वेषण।

## 5. निष्कर्ष

2012 में प्रमोचित रीसैट-1 ने कृषि, समुद्र विज्ञान, शहरी नियोजन, तटरेखा निगरानी, जल विज्ञान जैसे कई अनुप्रयोगों के लिए इमेजिंग रडार डेटा की उपयोगिता को साबित किया है। इसके अलावा सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र एल, एस, सी और एक्स बैंड में विभिन्न एयरबोर्न इमेजिंग रडार के विकास और प्रचालन में भी सक्रिय रूप से संलग्न है। एयरबोर्न रडार के आंकड़े आपदा प्रबंधन, सैन्य पुनर्जागरण, मिट्टी नमी माप इत्यादि जैसे विभिन्न राष्ट्रीय अनुप्रयोगों के लिए प्रदान किए गए हैं। पी-बैंड एयरबोर्न एसएआर का विकास नए माप के अवसर तैयार करेगा, साथ ही माइक्रोवेव रिमोट सेंसिंग अनुप्रयोगों के स्पेक्ट्रम को और विस्तार देगा।

### आभार

इस लेख को लिखने की प्रेरणा देने के लिए मैं सैक हिंदी विभाग तथा यह अंतर केंद्रीय हिंदी संगोष्ठी के अयोजनकारियों का आभारी हूँ। मैं हमारे सूक्ष्म तरंग सुदूर संवेदन विभाग के उप-निर्देशक श्री राजीव ज्योति तथा सैक के निर्देशक श्री तपन मिश्रा का भी आभारी हूँ जिन्होंने मुझे इस क्षेत्र में काम करने का मौका दिया और यह लेख लिखने के लिए प्रोत्साहित किया।

### लेखक परिचयः

गौरव सेठ ने वर्ष 2014 में आई.आई.एस.टी., थिरुवनंतपुरम से फिजिकल साइंसेस में इंजीनियरिंग करने के बाद उसी वर्ष इसरो में कार्य प्रारंभ किया। यहाँ वह एसएआर (SAR) की प्रणाली तकनीकों पर काम करते हैं। चंद्रयान-2 में शामिल ड्युअल बैंड एसएआर तथा मंगलयान-2 और वीनस मिशन में प्रस्तावित ग्रहीय एसएआर के विकास में इन्होंने अहम योगदान दिया है।

अमित शुक्ला ने गवर्मेंट इंजीनियरिंग कॉलेज, रीवा, मध्य प्रदेश से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं टेलीकम्युनिकेशन में बी.टेक की उपाधि प्राप्त करने के पश्चात 2006 में सैक/इसरो में कार्य प्रारंभ किया। सैक में उन्होंने एसएआर नीतभार के अभिकल्पन, परीक्षण, अभिलक्षणन, डेटा संसाधन और अंशांकन से संबंधित कार्य किया है। डीएमएसएआर, रिसैट-1, एक्स-बैंड मिनिसार और चंद्रयान-2 के ऑनबोर्ड एल एवं एस बैंड आवृत्ति एसएआर में उनका महत्वपूर्ण योगदान है।

राकेश भान ने अमरावती यूनिवर्सिटी, महाराष्ट्र से वर्ष 2000 में इलेक्ट्रॉनिक्स एवं टेलीकम्युनिकेशन इंजीनियरिंग में स्नातक की उपाधि प्राप्त की और पूना यूनिवर्सिटी से 2001 में वीएलएसआई में उन्नत अध्ययन किया। उन्होंने 2001 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (इसरो) में कार्य प्रारंभ किया। वे रिसैट-1 एसएआर नीतभार के प्रणाली विन्यास, समाकलन और वैधीकरण से जुड़े रहे हैं। उनके नाम पर 13 राष्ट्रीय/अंतर्राष्ट्रीय प्रकाशित आलेख, 3 पेटेंट और 1 कॉपीराइट हैं। उन्हें इसरो यंग साइंटिस्ट अचीवमेंट अवार्ड 2009, इसरो ग्रुप अवार्ड 2014, रूपाली सोई मेमोरियल अवार्ड 1996, आईएसआरएस दिस. 2008 का बेस्ट पेपर अवार्ड और सैटेलाइट टेक्नोलॉजी डे अवार्ड 2008 प्राप्त हुआ है। वे एस्ट्रोनॉटिकल सोसाइटी ऑफ इंडिया के आजीवन सदस्य हैं।

***

अनुक्रमणिका

अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के परिपेक्ष्य में इसरो की भावी चुनौतियाँ

# अंतरिक्ष-आधारित सूचना-सहयोग से आगे निर्णय-सहयोग की ओर बढ़ते कदम

**विराट अरोड़ा[1], सुपर्ण पाठक[1], एस श्रीनिवास राव[1], उदय राज[2]**

*[1] प्रादेशिक सुदूर संवेदन केंद्र (पश्चिम), जोधपुर - 342 003*

*[2] राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र, हैदराबाद - 500 037*

**सार**

*प्राकृतिक-संसाधन-प्रबंधन के लिए अंतरिक्ष-आधारित सूचनाओं का उपयोग काफ़ी समय से किया जाता रहा है। सम्बंधित केन्द्रीय- एवं राज्य-स्तरीय सरकारी विभागों के अभियंताओं को उपग्रह से प्राप्त चित्रों के माध्यम से भूमि- एवं जल-संसाधनों के समुचित प्रबंधन की दिशा में महत्वपूर्ण सहायता मिलती रही है। इसरो के भुवन पोर्टल पर देश के अंतरिक्ष-आधारित तमाम डेटाबेस को एकीकृत किया गया है, जिसको अभियंता, निर्णयकर्ता और यहाँ तक कि आम नागरिक भी उपयोग में ले सकते हैं। विभिन्न प्रशासनिक स्तरों पर निर्णयकर्ताओं के लिए तो वैब-आधारित भौगोलिक-सूचना-प्रणाली (वैब-जीआईएस) एक वरदान साबित हुई है। नक्शों पर प्रदर्शित सम्बंधित क्षेत्र-विशेष की जानकारियाँ सूचित-निर्णय लेने में मदद करती हैं। किन्तु उपलब्ध डेटा के प्रदर्शन-मात्र से ज्ञान प्राप्त करना ग़ैर-तकनीकी व्यक्ति के लिए एक चुनौती भरा कार्य है। कई बार दो या दो से अधिक नक्शों को उपरिशायी (ओवरले) कर के देखना ज़रूरी होता है, जो कि उनके लिए जटिल एवं भ्रामक सिद्ध हो सकता है। हालांकि उपयोगकर्ता का आवश्यकतानुसार क्षमता-वर्धन किया जा सकता है, लेकिन वो भी एक चरणबद्ध एवं समय लेने वाली प्रक्रिया है। ऐसे में उपलब्ध सूचनाओं और निर्णयकर्ता के बीच अक्सर एक अंतराल सामने आता है, जिसे तात्कालिक रूप से कम करना आवश्यक है। प्रस्तुत अध्ययन में अंतरिक्ष-आधारित सूचना-परतों को बहु-मानदंड विश्लेषण करके एकीकृत करने की प्रक्रिया पर अनुसंधान किया गया है। यह अध्ययन भूमि- और जल-संसाधन-विकास-योजनाओं (एलआरडीपी और डब्लूआरडीपी) का निर्माण करने के लिए एक परिचालन पद्धति विकसित करने की दिशा में प्रयास करता है। इसमें विभिन्न भूस्थानिक-सूचना-परतों, जैसे कि भूमि उपयोग, ढलान, जल-निकासी, मृदा, भू-आकृति एवं भूजल-संभावनाओं को उपयोग में लिया गया है। प्रस्तुत अध्ययन से उत्पन्न निर्णय-सहयोग-परत के उपयोग से उपलब्ध भूस्थानिक-सूचना-परत और निर्णयकर्ता के बीच के तकनीकी-समझ के अंतराल को कम किया जा सकता है।*

## 1. पृष्ठभूमि

### 1.1 प्राकृतिक-संसाधन-प्रबंधन: ग्रामीण परिप्रेक्ष्य

एशियाई देशों की आबादी के गरीब-वर्ग में से तीन-चौथाई लोग ग्रामीण इलाकों में बसते हैं, जिनकी आजीविका काफी हद तक प्राकृतिक संसाधनों पर निर्भर रहती है (राव आदि, 2016)। इससे प्राकृतिक संसाधन भारी दबाव में हैं जिन्हें प्रबंधित करने की महती आवश्यकता होती है (श्रीवास्तव आदि, 2016)। शुरूआती स्तर पर सरकारी नीतियों में वाटरशेड-आधारित दृष्टिकोण अपनाने की बहुत सराहना की गई थी, क्योंकि इसने ग्रामीण क्षेत्रों में दृश्यगत लाभ प्राप्त किए (प्रसाद आदि, 2016)। वहीं ७3वें संवैधानिक संशोधन अधिनियम (१९९३) के अनुसार, ग्रामीण क्षेत्रों में विकासात्मक कार्यों के लिए योजना-निर्माण हेतु पंचायती-राज-संस्थानों (पीआरआई) को अधिकृत किया गया। लेकिन ग्रामीण-विकास-योजनाओं के लिए प्राकृतिक-संसाधन-प्रबंधन के दृष्टिकोण को सम्मिलित करना एक चुनौतीपूर्ण कार्य है, क्योंकि योजनाओं का कार्यान्वयन अक्सर अल्पकालिक हितों पर आधारित होता है (यून, 2012)। ऐसे में वैज्ञानिक भूमि-संसाधन-डेटाबेस के आधार पर संरक्षण योजनाओं और प्रबंधन रणनीतियों को विनियमित करने की आवश्यकता है। साथ ही एक ऐसे प्रबंधन-तंत्र की आवश्यकता है, जो समग्र विकास की परिभाषा को ग्रामीण क्षेत्र के स्थानीय परिप्रेक्ष्य में उतार सके।

### 1.2 अंतरिक्षसहयोग-आधारित सूचना-

प्राकृतिक-संसाधन-प्रबंधन के लिए अंतरिक्ष-आधारित सूचनाओं का उपयोग अक्सर किया जाता है। सम्बंधित केन्द्रीय- एवं राज्य-स्तरीय सरकारी-विभागों के अभियंताओं को उपग्रह से प्राप्त चित्रों के माध्यम से भूमि एवं जल संसाधनों के समुचित प्रबंधन की दिशा में महत्वपूर्ण सहायता मिलती है। इसके अलावा भी उपग्रह-आधारित चित्रों से निर्मित विषयगत परतें, जैसे कि भूमि-आवरण/ भूमि-उपयोग, जल-निकासी-धाराओं, ढलान, सडकें/ रेलमार्ग की परत, आदि अनेक उत्पाद प्राकृतिक-संसाधन-प्रबंधन के लिए अहम नवीनतम सूचनाओं को प्रदान कर रहे हैं।

### 1.3 वैब-आधारित भौगोलिक-सूचना-प्रणाली (वैब-जीआईएस)

अंतरिक्ष-आधारित जानकारियाँ आजकल किसी भू-वैज्ञानिक प्रयोगशाला के कंप्यूटर तक सीमित नहीं हैं। वर्ल्ड-वाइड-वैब के प्रसार के कारण आज दुनिया के हर कोने में सूचनाओं का जाल फैला है। इसका एक महत्वपूर्ण उपयोग भौगोलिक-सूचना-प्रणाली (जीआईएस) को आम नागरिकों तक पहुंचाने में भी हुआ है। वैब-जीआईएस आज भी एक उद्विकासी तकनीक है, जिसमें

मानचित्रों के उपयोगकर्तानुकूल (यूज़र-फ्रेंडली) एवं प्रभावी प्रदर्शन को लेकर काफ़ी संभावनाएं मौजूद हैं।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र (एनआरएससी) द्वारा 'भुवन' नामक एक वैब-जीआईएस-आधारित पोर्टल की स्थापना की गई, जिसमें नियमित रूप से नवीनतम भौगोलिक-सूचना-परतें अपलोड की जाती हैं। इन परतों का उपयोग देश के कई सरकारी एवं ग़ैर-सरकारी विभागों और शैक्षिक संस्थाओं द्वारा अनुसंधान-गतिविधियों में किया जा रहा है।

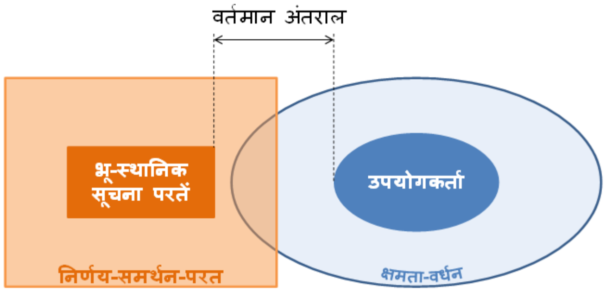
इसी क्रम में 'भुवन-पंचायत' नामक पोर्टल 'विकेंद्रीकृत नियोजन के लिए अंतरिक्ष-आधारित सूचना सहायता (एसआईएस-डीपी)' नामक परियोजना के तहत विकसित किया गया है। यह पोर्टल उपग्रह के द्वारा ली गयी उच्च गुणवत्ता की छवियों और सम्बंधित स्थानिक और गैर-स्थानिक डेटाबेस को वैब-जीआईएस ढांचे में प्रस्तुत करता है। इसके साथ ही यह पोर्टल ग्राम-पंचायत-विकास-योजना (जीपीडीपी) के तहत प्रभावी योजना-निर्माण की सुविधा के लिए क्षेत्रीय-रूपरेखा-प्रतिवेदन-उत्पादन (एरिया-प्रोफाइल-रिपोर्ट-जनरेशन), सार्वजनिक परिसंपत्तियों का मानचित्रण (एसेट-मैपिंग) एवं गतिविधि-नियोजन (एक्टिविटी-प्लानिंग) जैसे परस्पर-संवादात्मक-मॉड्यूल को एकीकृत करता है (राव, आदि, 2015)।

**1.4 भुवन-पंचायत वैब-जीआईएस के उपयोगकर्ता**

भुवन-पंचायत पोर्टल को विशिष्ट रूप से पंचायती-राज-संस्थानों (पीआरआई) के लिए बनाया गया है। पंचायती राज के विभिन्न स्तरों पर इस पोर्टल के भिन्न-भिन्न उपयोगकर्ता हो सकते हैं। ज़मीनी-स्तर से देखा जाए तो एक आम नागरिक भी इस पोर्टल के माध्यम से योजनाओं के प्रस्ताव रख कर अपने गाँव के विकास में भागीदार बन सकता है। वहीं, ग्राम-सरपंच पंचायत-स्तर पर विकास-योजनाओं का प्रारूप तैयार कर आगे प्रेषित कर सकता है। विकास-खंड-स्तर पर एवं उससे ऊपर ज़िला-स्तर पर निर्णयकर्ता उन योजनाओं पर उपयुक्तता के आधार पर मुहर लगाते हैं। इस तरह आम नागरिक से लेकर ज़िला नियोजन समिति के अभियंता एवं यहाँ तक कि ज़िला कलेक्टर भी इस पोर्टल के उपयोगकर्ता हो सकते हैं। यहाँ पर ध्यान दिए जाने की बात यह है कि उपरोक्त सभी के द्वारा तकनीक को ग्रहण करने की क्षमता अलग-अलग हो सकती है।

**1.5 वैब-जीआईएस से अपेक्षाएं**

नक्शों पर प्रदर्शित सम्बंधित क्षेत्र-विशेष की जानकारियाँ सूचित-निर्णय लेने में मदद करती हैं। किन्तु उपलब्ध डेटा के प्रदर्शन-मात्र से ज्ञान प्राप्त करना ग़ैर-तकनीकी व्यक्ति के लिए एक चुनौती भरा कार्य है। कई बार दो या दो से अधिक नक्शों को उपरिशायी (ओवरले) कर के देखना ज़रूरी होता है, जो कि उनके लिए जटिल एवं भ्रामक हो सकता है। हालांकि उपयोगकर्ता का आवश्यकतानुसार क्षमता-वर्धन किया जा सकता है, लेकिन वो भी एक चरणबद्ध एवं समय लेने वाली प्रक्रिया है। ऐसे में उपलब्ध सूचनाओं और निर्णयकर्ता के बीच अक्सर एक अंतराल सामने आता है, जिसे मिटाना आवश्यक है (चित्र 1)। प्रौद्योगिकी को 'प्रयोगशाला से ज़मीन' तक ले जाने की आवश्यकता है (आदिनारायण आदि, 2006)।




चित्र 1: *भू-स्थानिक सूचना तकनीक एवं उपयोगकर्ता के बीच वर्तमान में एक अंतराल है, जोकि दोनों ओर से प्रयास कर के मिटाया जा सकता है - एक तरफ़ से निर्णय-समर्थन-परत बना के एवं दूसरी तरफ़ से उपयोगकर्ता का क्षमता-वर्धन कर के।*

## 2. वर्तमान अध्ययन के लिए समस्या-कथन

प्राकृतिक-संसाधन-प्रबंधन के लिए योजना-निर्माण की प्रक्रिया एक ऐसे एकीकरण-प्रक्रिया की मांग करती है, जिसमें कई विषयगत मानचित्रों का जीआईएस वातावरण में अपेक्षाकृत मूल्यांकन किया गया हो। इस तरह की एकीकरण-प्रक्रिया से निर्मित उत्पाद को उपयोगकर्ता वैज्ञानिक-रूप से तर्कसंगत एवं सूचित-निर्णय लेने में सहायता के लिए एक सुझाव-परत के रूप में देख सकते हैं। अतः वर्तमान अध्ययन में अंतरिक्ष-आधारित सूचना परतों को एकीकृत करने की प्रक्रिया पर विचार किया गया है। एकीकृत-परतें भूमि के उन्नयन के लिए सिफारिश के रूप में और जल- एवं मृदा-संरक्षण के लिए यथा संभव विकल्प के सुझाव देने वाली परत के रूप में देखी जा सकती है।

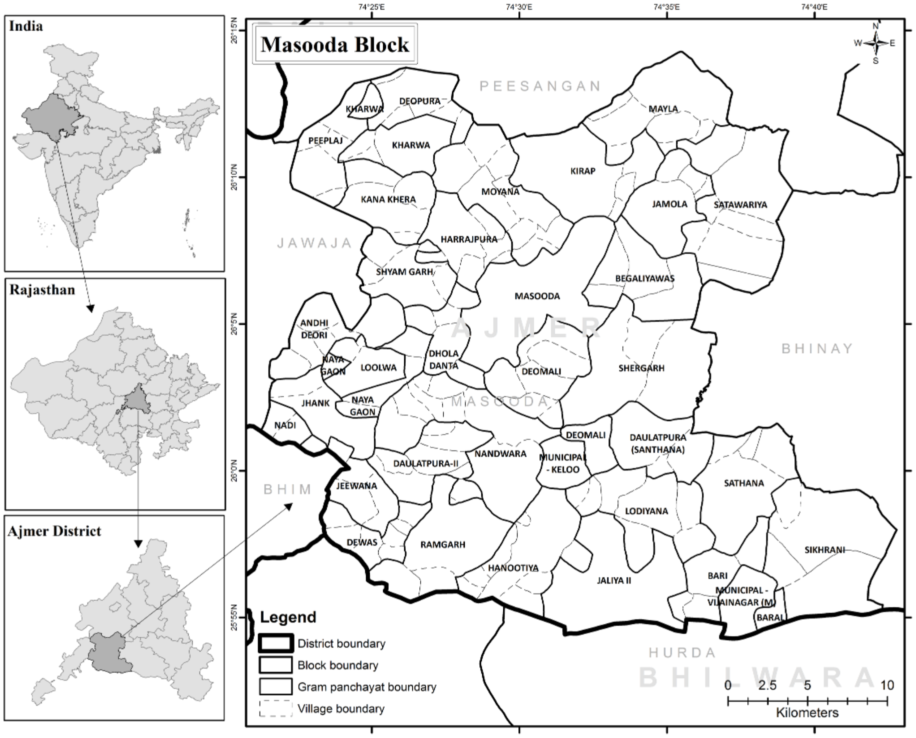
## 3. अध्ययन क्षेत्र

प्रस्तुत अध्ययन के लिए राजस्थान में अजमेर जिले के मसूदा पंचायत समिति (ब्लॉक) को अध्ययन क्षेत्र के रूप में चुना गया (चित्र 2)। ब्लॉक में 34 ग्राम-पंचायत शामिल हैं (एलजीडी, 201७)। केंद्रीय भूजल बोर्ड, भारत सरकार द्वारा भूजल के संदर्भ में ब्लॉक को 'अत्यधिक शोषित' शीर्षक के तहत सूचीबद्ध किया गया है।

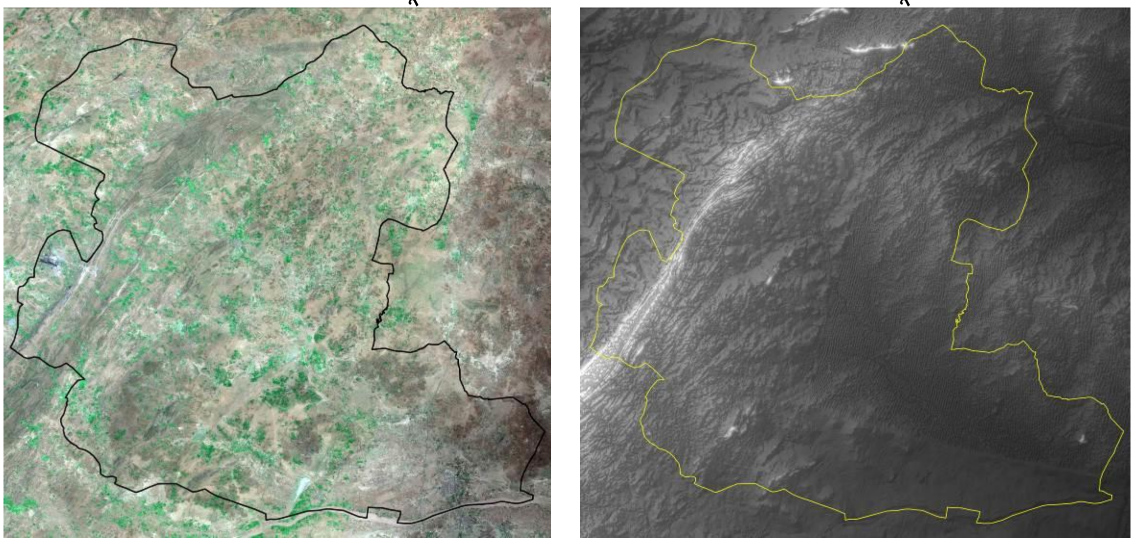
## 4. उपयोग में ली गई सूचना परतें

इस अध्ययन में उपयोग किए गए डेटा-समुच्चय निम्नलिखित थे:

***सैटेलाइट इमेजरी:*** अध्ययन क्षेत्र के लिए आधार-परत के रूप में ऑर्थो-शोधित कार्टोसेट-1 और लिस-४ (LISS-IV) के संगलित (फ़्यूज्ड) उत्पाद का उपयोग करके एक 2.5 मीटर स्थानिक-रिज़ॉल्यूशन के प्राकृतिक-रंग की छवि को तैयार किया गया (चित्र 3) (यह कार्य एसआईएस-डीपी परियोजना का एक हिस्सा रहा था)।




**चित्र 2:** *अध्ययन क्षेत्र का सूचक-मानचित्र - राजस्थान में अजमेर जिले का मसूदा ब्लॉक*



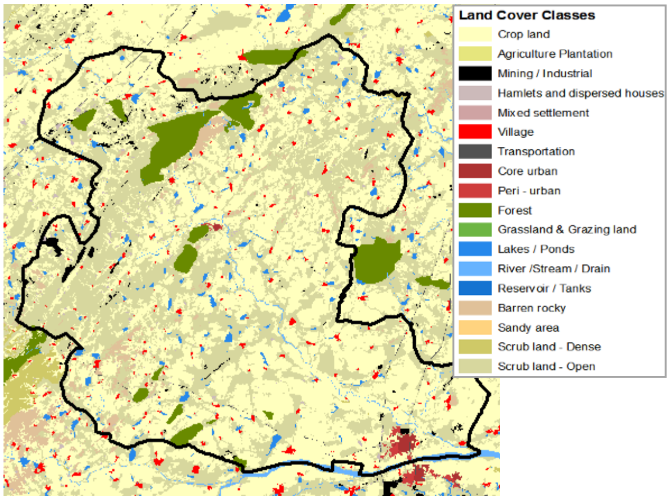
**चित्र 3:** *अध्ययन क्षेत्र की उपग्रह-छवि प्राकृतिक रंग में (बाएं) और डीईएम (दाएं)*

***रास्टर डीईएम:*** अंकीय उन्नयन प्रतिरूप (डिजिटल एलिवेशन मॉडल/ डीईएम) को कार्टोसेट-1 स्टीरियो-युगल पर किए गए बंडल-ब्लॉक-एडजस्टमेंट नामक प्रक्रिया का उपयोग करके तैयार किया गया और 'ब्रेकलाइन' का उपयोग करके आवश्यक संपादन के बाद 10 मीटर पोस्टिंग के साथ रास्टर डीईएम उत्पन्न हुआ (चित्र 3)। यह उत्पाद एसआईएस-डीपी परियोजना के विभिन्न आउटपुट में से एक था।

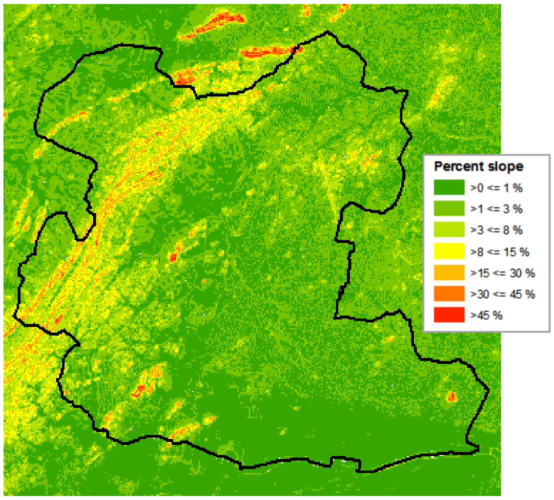
***भूमि-आवरण:*** यह भूमि की सतह की भौतिक स्थिति को संदर्भित करता है। यह परत 2.5 मीटर उपग्रह-आधारित-छवि के आधार पर 1:10,000 के मैपिंग स्केल पर तैयार की गई जिसे 30 वर्गों में वर्गीकृत किया गया था (चित्र 4ए)।

***ढलान:*** प्रतिशत में व्यक्त ढलान-परत, डीईएम से ली गई थी और चित्र 4बी में दिखाए गए अनुसार 7 वर्गों में वर्गीकृत किया गया।

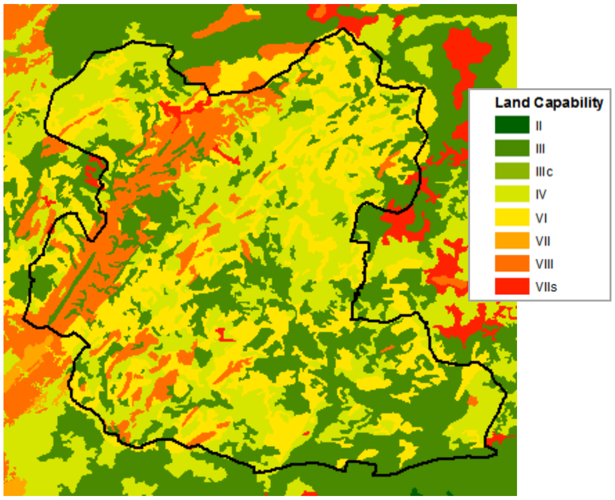
उपरोक्त डेटासेट के अलावा, एनआरएससी/ इसरो द्वारा विभिन्न परियोजनाओं के तहत 1:50,000 के मानचित्रण पैमाने पर तैयार विरासत (लिगेसी) डेटाबेस में से कुछ उपयोग किए गए थे। उनमें से भूमि क्षमता वर्गीकरण परत (चित्र 4सी), भूजल संभावनाएं परत (चित्र 4डी), भू-आकृति परत (चित्र 4ई) तथा अपवाह-तंत्र परत (चित्र 4एफ) हैं।



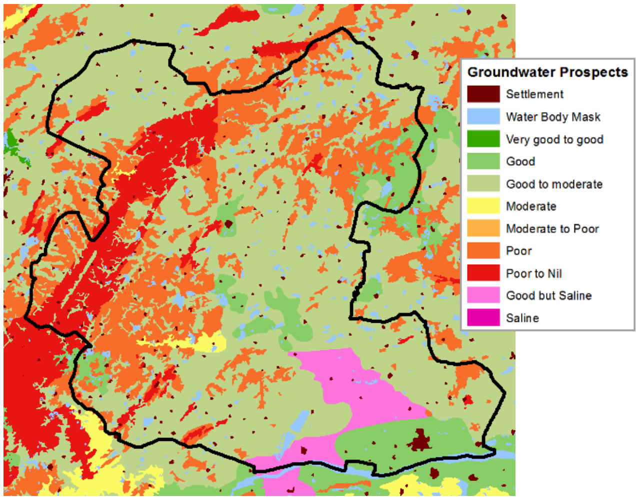

(ऐ) भूमि-आवरण मानचित्र



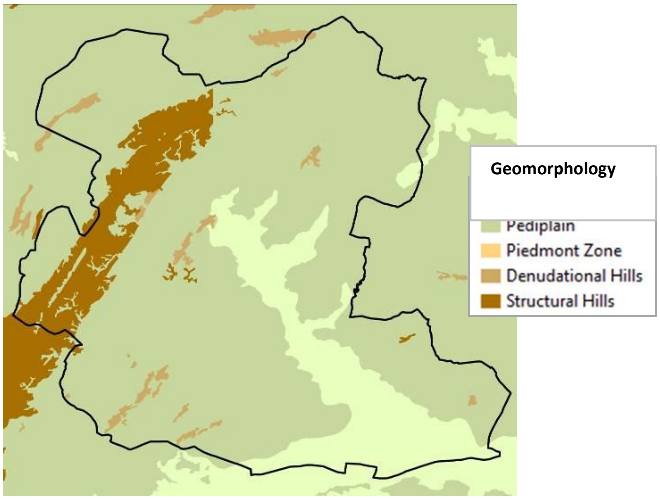

(बी) ढलान (प्रतिशत में) मानचित्र



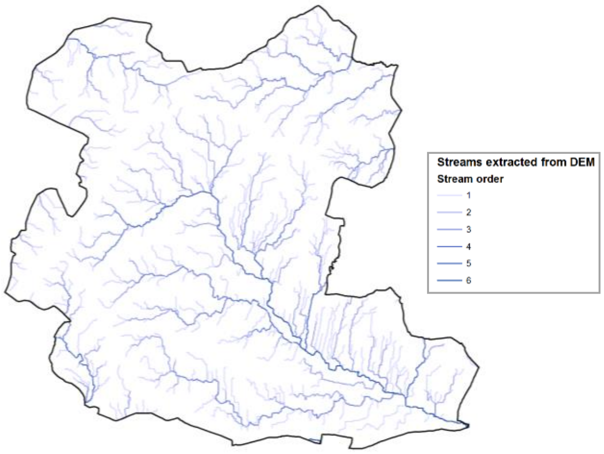

(सी) भूमि-क्षमता-वर्गीकरण मानचित्र




(डी) भूजल-संभावना मानचित्र




(ई) भू-आकृति मानचित्र



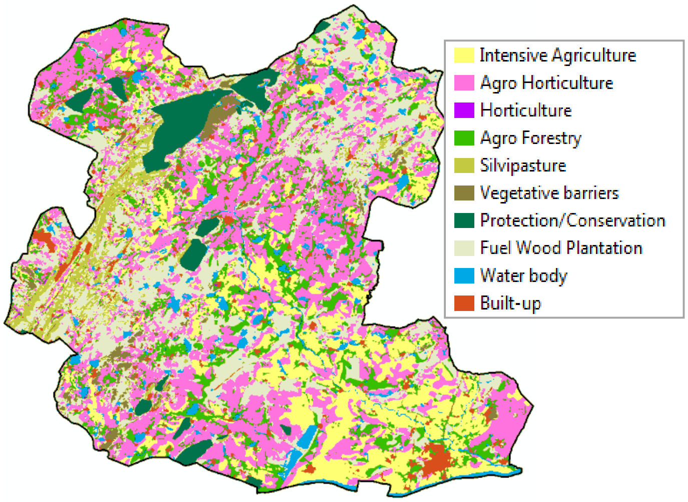

(एफ) अपवाह-तंत्र मानचित्र

**चित्र 4:** *अध्ययन में उपयोग किए जाने वाले विभिन्न अंतरिक्ष-आधारित विषयगत इनपुट*

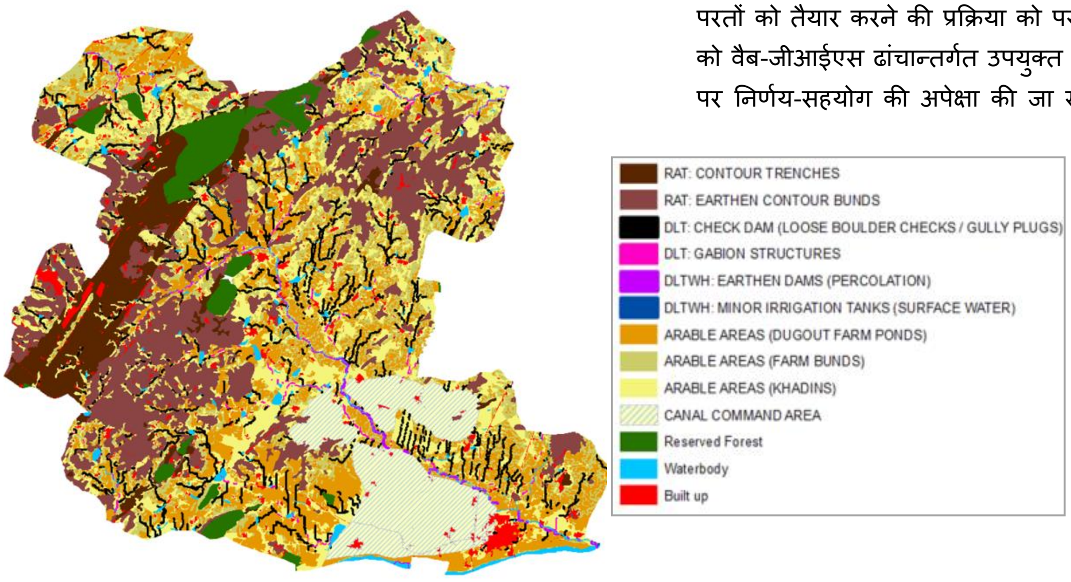
## 5. परिणाम एवं विवेचन

प्रस्तुत परीक्षण के परिणामस्वरूप उत्पन्न भूस्थानिक परतों, भूमि- और जल-संसाधन-विकास-योजना को क्रमश: चित्र 5 एवं चित्र 6 में दर्शाया गया है। एलआरडीपी (चित्र 5) से, यह देखा जा सकता है कि अध्ययन के तहत विकास-खण्ड के घाटी-पक्ष में अपेक्षाकृत कम ढलान वाले क्षेत्रों में गहन-कृषि की सिफारिश

की जाती है। जब भूमि-उन्नयन के लिए कोई अन्य योजना उपयुक्त नहीं होती है, तो चारा और ईंधन की लकड़ी के बागान की अनुशंसा की जाती है। प्रस्तुत उत्पाद में आरक्षित वन, जल-एलआरडीपी एवं डब्ल्यूआरडीपी सुझाव-परतों का अंतिम-उपयोगकर्ता के द्वारा समुचित उपयोग वैब-जीआईएस मंच पर इंटरफ़ेस-डिज़ाइन की दक्षता पर निर्भर करता है। आदर्श रूप से, ग्राम-पंचायत स्तर पर स्थानीय योजनाकार अपने क्षेत्र में वार्षिक-कार्य-योजना तैयार करने के लिए कार्यों की पहचान करने के समय ही सुझावों/ सिफारिशों को देखने में सक्षम होना चाहिए (चित्र 7)। इससे यह सुनिश्चित होगा कि वैज्ञानिक रूप से इंगित सूक्ष्म-क्षेत्रों के अंतर्गत ही जमीनी-स्तर पर क्रियान्वयन किये जाएंगे।




**चित्र 5:** *अध्ययन क्षेत्र के लिए तैयार की गई भूमि-संसाधन-विकास-योजना (एलआरडीपी)*




**चित्र 6:** *अध्ययन-क्षेत्र के लिए जल-संसाधन-विकास-योजना (संक्षेप: आरएटी = रिज एरिया ट्रीटमेंट; डीएलटी = ड्रेनेज*

निकायों और बस्तियों के तहत पड़ने वाले क्षेत्रों को अलग रखा गया।

*लाइन ट्रीटमेंट; डीएलटीडब्ल्यूएच = ड्रेनेज लाइन ट्रीटमेंट एंड वॉटर हार्वेस्टिंग)*

**चित्र 7:** *योजना बनाने के दौरान भुवन पंचायत पर एलआरडीपी आउटपुट परत का उपयोग। इस उदाहरण में, एलआरडीपी द्वारा सुझाए गए क्षेत्र के भीतर ही कृषि बागवानी गतिविधि की योजना बनाई जा रही है।*

## 6. निष्कर्ष

निर्णयकर्ता के लिए विभिन्न भूस्थानिक-सूचना-परतों को एकसाथ देखकर निर्णय करना एक जटिल प्रक्रिया है। प्रस्तुत अध्ययन में इस प्रक्रिया को सरल बनाने के लिए प्रयत्न किये गए हैं। एक संकल्पना के अनुसार यदि निर्णयकर्ता को एक ही भूस्थानिक-परत को देखना हो, जोकि कई परतों के एकीकरण से बनी हो, तो अधिक कुशलता से सूचित-निर्णय लिए जा सकते हैं। इसी दिशा में, अंतरिक्ष-आधारित सूचना-परतों से भूमि- और जल-संसाधन-विकास-योजना नामक भूस्थानिक-परतों को तैयार करने की प्रक्रिया को परखा गया। तैयार उत्पाद को वैब-जीआईएस ढांचान्तर्गत उपयुक्त समय पर प्रदर्शित करने पर निर्णय-सहयोग की अपेक्षा की जा सकती है।

अनुक्रमणिका

संदर्भ


1. आदिनारायण, जे., लॉरेनसन, एम. और निनोमिया, एस., 2006. ग्रामीण भूमि उपयोग योजना-वेबएलयूपी-प्रोटोटाइप के लिए वेब-आधारित निर्णय समर्थन प्रणाली। कृषि इंजीनियरिंग अंतर्राष्ट्रीय: सीआईजीआर ईजर्नल, वॉल्यूम आठवां।
2. सतत विकास के लिए एकीकृत मिशन (आईएमएसडी), 1995. तकनीकी दिशानिर्देश। राष्ट्रीय रिमोट सेंसिंग एजेंसी: हैदराबाद, भारत; पीपी 1-127।
3. एलजीडी (स्थानीय सरकारी निर्देशिका), पंचायती राज मंत्रालय, भारत सरकार। एक्सेस किया गया: मई, 2017।
4. मनरेगा, आईडब्ल्यूएमपी, पीएमकेएसवाई। तकनीकी दिशानिर्देश, भारत सरकार।
5. प्रसाद, एनएसआर., केसवराव, पी., हर्मन, आर. और माधवराव, वी., 2016. जियोइनफॉरमैटिक्स का उपयोग करके वाटरशेड में जल संचयन संरचनाओं के लिए साइट सूटबिलिटी विश्लेषण। इन: सतत कृषि और ग्रामीण विकास के लिए एकीकृत भूमि उपयोग योजना, राव, एमवी., बाबू, वीएस., चंद्र, एस. और चारी, जीआर. द्वारा संपादित, सीआरसी प्रेस, पीपी 131-140।
6. राव, एम.वी., बाबू, वीएस., चंद्र, एस. और चारी, जीआर. द्वारा संपादित, 2016. सतत कृषि और ग्रामीण विकास के लिए एकीकृत भूमि उपयोग योजना। सीआरसी प्रेस, पीपी Xix, 1-13।
7. राव, एसएस., बहुगुणा, एस., अरोड़ा, वी., तिवारी, ए., टाक, एसएस., सिकंदर और नागराजा, आर., 2015. पंचायत स्तर पर भागीदारी योजना और ई-शासन में स्थानिक सूचना और डिजिटल बुनियादी ढांचे का आवेदन: एक मामले का अध्ययन। आईएसजी/ आईएसआरएस संगोष्ठी कार्यवाही, जयपुर।
8. श्रीवास्तव, आर., सरकार, डी. और रेड्डी, जीपी., 2016. प्रबंधन के लिए अपर्याप्त भूमि के आकलन में हालिया प्रगति। इन: सतत कृषि और ग्रामीण
9. विकास के लिए एकीकृत भूमि उपयोग योजना, राव, एमवी., बाबू, वीएस., चंद्र, एस. और चारी, जीआर. द्वारा संपादित, सीआरसी प्रेस, पीपी 79-87।
10. यून, सीएस, 2012. सहभागिता समूह प्रक्रियाओं को सुविधाजनक बनाना: भागीदारी विकास संचार प्रयोगों पर प्रतिबिंब। इन: लोग, भूमि और पानी: प्राकृतिक-संसाधन-प्रबंधन के लिए भागीदारी विकास संचार। बेसेट, जी. द्वारा संपादित, अर्थस्कैन, लंदन, पीपी 273-285।

अंतरिक्ष प्रणालियों के लिए समय एवं गुणवत्ता प्रभावी प्रबंधन की उपयोगिता

# नाविक, जीपीएस और गैलीलियो के बीच अंतरप्रणाली इंटरफरेंस का मूल्यांकन

**डॉ. दीपक मिश्रा एवं नीरज मिश्रा**
ऑप्टिकल एवं डिजिटल संचार समूह (ओडीसीजी)
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
deepakmishra@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

*यह शोध पत्र नाविक, जीपीएस और गैलीलियो प्रणाली के बीच संगतता का आकलन उपलब्ध कराता है। सिमुलेशन एल 5 बैंड में नाविक और जीपीएस सिस्टम एवं एल 5 में नाविक और गैलीलियो तथा भारतीय क्षेत्र पर E5 ए बैंड के बीच अंतरप्रणाली इंटरफरेंस को ध्यान में रखते हुए क्रियान्वित किया जाता है। सिमुलेशन में पैरामीटर स्पेस नक्षत्र, उपग्रह चक्र, ईआईआरपी इत्यादि के ग्राउंड चक्र दोहराने के आधार पर तय किया जाता है। प्रदर्शित किया गया है कि ए नाविक द्वारा गैलीलियो के अंतरप्रणाली इंटरफरेंस, गैलीलियो के कारण आईआरएनएसएस के इंटरफरेंस की तुलना में ज्यादा बड़े है। इसी तरह नाविक द्वारा जीपीएस के अंतरप्रणाली इंटरफरेंस, जीपीएस के कारण नाविक के इंटरफरेंस से ज्यादा बड़े हैं। सभी मामलों के लिए अधिकतम इंटरफरेंस लिया गया है।*

## 1. प्रस्तावना

भारत ने एक स्वतंत्र भारतीय क्षेत्रीय नौवहन उपग्रह प्रणाली (आईआरएनएसएस) विकसित किया है जिसे अब नाविक (भारतीय नक्षत्र के साथ नेविगेशन ) कहा जाता है जो प्रतिबंधित और नागरिक उपयोगकर्ताओं के लिए नेविगेशन सेवाएं प्रदान करेगा। इसका मुख्य उद्देश्य भारतीय क्षेत्र पर विश्वसनीय स्थिति, नेविगेशन और समय से सेवाएं प्रदान करना है।

ग्लोबल नेविगेशन सिग्नल सिस्टम (जीएनएसएस) के आवृत्ति बैंड पहले से ही सघन हैं इसलिए नाविक सिग्नल के ओवरलैप स्पेक्ट्रम और अन्य नेविगेशन उपग्रह प्रणालियों के सिग्नल अनिवार्य हैं। समान आवृत्ति बैंड साझा करना, नाविक और अन्य प्रणालियों के बीच अंतःक्रियाशीलता के रूप में उपयोगकर्ताओं को लाभ पहुंचा सकता है हालांकि, यह वांछित सिग्नल में बाधा उत्पन्न करता है और परिणामस्वरूप इसके कार्यकुशलता में कमी आती है। इस प्रकार उनके बीच संगतता का मूल्यांकन करना आवश्यक है। संगतता को परिभाषित किया गया है कि जीएनएसएस सिस्टम के बीच हस्तक्षेप को अच्छी तरह से परिभाषित नहीं माना जाना चाहिए, ताकि हस्तक्षेप के कारण स्थिति सटीकता का अवक्रमण नगण्य हो [1, 2 ]।

नाविक जीपीएस और गैलीलियो सिस्टम के साथ एल 5 बैंड साझा करता है जो नाविक, जीपीएस और गैलीलियो के बीच अंतःक्रियाशीलता का अवसर प्रदान करता है लेकिन वांछित सिग्नल में हस्तक्षेप का कारण बनता है जिसके परिणामस्वरूप उसके प्रदर्शन में कमी आती है। इस शोध पत्र में नाविक और जीपीएस साथ ही नाविक और गैलीलियो के बीच अनुरूपता की जांच की गई है। इसी तरह गैलीलियो और जीपीएस [ 3 ] के बीच समान विश्लेषण की गणना की गई है। इन प्रणालियों के बीच इंटरफरेंस अधिकतम सीमा के ऊपर नहीं होना चाहिए ताकि प्रदर्शन में गिरावट बहुत कम हो। भारतीय क्षेत्र में सबसे खराब प्रदर्शन में गिरावट की स्थिति के जानकारी के लिए नाविक और जीपीएस एवं नाविक और गैलीलियो के बीच इंटरसिस्टम इंटरफरेंस की गणना की जाती है।

इस पेपर को निम्नानुसार व्यवस्थित किया गया है: भाग-1 सिग्नल पैरामीटर और नाविक, जीपीएस और गैलीलियो के तारासमूह मानकों का वर्णन करता है। भाग-2 इंटरसिस्टम इंटरफरेंस विश्लेषण उपलब्ध कराता है।

भाग 3 इन प्रणालियों के मीन सिम्युलेशन परिणाम प्राप्त शक्ति और इन प्रणालियों के इंटरफरेंस को प्रदर्शित करता है। भाग 4 निष्कर्ष दिखाता है।

## 2. नाविक, जीपीएस और गैलीलियो नेविगेशन प्रणाली का अवलोकन

### 2.1 सिग्नल पैरामीटर्स

दो बैंडों में नाविक प्रसारण संकेत अर्थात L5 (1176.472 MHz) बैंड और S(24 9 2.028 MHz) बैंड [27] है। E1 बैंड (1575.42 MHz), E5 ए (1176.42 MHz), E5 बी (1207.14 MHz) और E6 बैंड (1278.75 MHz) [25] में गैलीलियो प्रसारण संकेत। तालिका 1 [3,4,5,6,7,8,9,10 और 23 ] में सूचीबद्ध L1 बैंड (1575.42 MHz), L2 बैंड (1227.6 MHz) और L5 (1176.45 MHz) में जीपीएस प्रसारण संकेत।

**तालिका** 1: सिग्नल पैरामीटर्स

| प्रणाली | सर्विस | कैरियर फ्रीक्वेंसी (MHz) | मॉड्यूल प्रकार |
|---|---|---|---|
| गैलीलियो | E1A<br>E1B<br>E1c | 1575.42 | MBOC(6.1) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | E5a | 1176.42 | AltBOC(15,10) |
| | E5b | 1207.14 | AltBOC(15,10) |
| | E6a | 1278.75 | BOC(10,5) |
| | E6b | | BPSK(5) |
| जीपीएस | L1 (सी / ए) | 1575.42 | BPSK(1) |
| | L1 (पी) | | BPSK (10) |
| | L1 (एम) | | BOC (10,5) |
| | L1C | | MBOC |
| | L2C | 1227.6 | BPSK(1) |
| | L2 (पी) | | BPSK(10) |
| | L2 (एम) | | BOC(10,5) |
| | L5 | 1176.45 | BPSK (10) |
| नाविक | L5 (एसपीएस) | 1176.472 | BPSK(1) |
| | L5 (आरएस) | | BOC(5,2) |
| | S (एसपीएस) | 2492.028 | BPSK(1) |
| | S (आरएस) | | BOC(5,2) |

### 2.2 अंतरिक्ष तारामंडल

नाविक अंतरिक्ष खंड 7 उपग्रहों के नक्षत्र द्वारा गठित किया गया है जो नेविगेशन संदेश के साथ श्रृंखला सिग्नल प्रसारित करेगा। उपग्रहों को दो अलग कक्षीय विमानों में रखा जाएगा। भू-स्टेशनरी कक्षा (जीईओ) में 3 उपग्रह और 27 डिग्री के झुकाव के साथ भू-सिंक्रोनस कक्षा में 4 उपग्रह। तालिका-2 में कक्षा मानकों वाले नाविक तारामंडल का उल्लेख है। गैलीलियो में 27 एमईओ उपग्रह हैं और जीपीएस में 24 एमईओ उपग्रह हैं जो टेबल-3 में उल्लिखित हैं। जीपीएस और गैलीलियो के तारामंडल मानकों को [ 23-25 ] में लिया गया है।

**तालिका** 2: आईआरएनएसएस का तारामंडल पैरामीटर

| **उपग्रह** | **रेखांश (डिग्री )** | **झुकाव ( डिग्री)** |
|---|---|---|
| **1 ए** | 55 | 27 ± 2 |
| **1 बी** | 55 | 27 ± 2 |
| **1सी** | 83 | 0 |
| **1 डी** | 111.75 | 27 ± 2 |
| **1 ई** | 111.75 | 27 ± 2 |
| **1 एफ** | 32.5 | 0 ± 5 |
| **1 जी** | 129.5 | 0 ± 5 |

**तालिका** 3: तारामंडल पैरामीटर गैलीलियो और जीपीएस

| **पैरामीटर** | **गैलीलियो** | **जीपीएस** |
|---|---|---|
| **तारामंडल पैरामीटर्स** | वॉकर 27/3/1 | 24/6 |
| **इस्सेंट्रिसिटी** | 0 | 0 |
| **झुकाव ( डिग्री )** | 56 | 55 |
| **सेमीमेजर एक्सिस** | 2 9 993.707 किमी | 265 9 5.7 किमी |

### 3. इंटरफरेंस की गणना

C/No (सी/एन$_0$) हेतु प्रभावी कैरियर पावर दोनों सुसंगत और गैर-सुसंगत आउटपुट के लिए सिग्नल से ध्वनि इंटरफरेंस अनुपात पर इंटरफरेंस के प्रभाव को इंगित करता है। यह सिग्नल अधिग्रहण, डेटा डिमोड्यूलेशन, कैरियर ट्रैकिंग और कोड ट्रैकिंग सहित रिसीवर प्रदर्शन के कई पहलुओं से सीधे संबंधित है। हस्तक्षेप की गणना [5] में बताई गई है। (C/No)eff समीकरण-1 द्वारा दिया गया है।

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{eff} = \frac{C}{N_0 + \dfrac{C_l \int_{-B_r/2}^{B_r/2} P_l(f) P_s(f)\, df}{\int_{-B_r/2}^{B_r/2} P_s(f)\, df}}$$

--------- (1)

जहां **सी** वांछित सिग्नल की प्राप्त शक्ति है, एन$_0$ गॉसियन व्हाइट noise का PSD है इंटरफेरिंग सिग्नल की शक्ति प्राप्त होती है, पी $_{I}$ (एफ) और पी $_{\text{एस}}$ (एफ) हस्तक्षेप के PSD हैं

अनुक्रमणिका

और वांछित सिग्नल अनंत सीमाओं पर इकाई क्षेत्र को सामान्यीकृत करते हैं। बी $_{आर}$ रिसीवर के फ्रंट एंड बैंडविड्थ है। व्यवहार में, रिसीवर का फ्रंट एंड बैंडविड्थ वांछित सिग्नल की उत्सर्जन बैंडविड्थ से बड़ा नहीं है। इंटरफेरिंग सिग्नल का उत्सर्जन बैंडविड्थ हमेशा वांछित सिग्नल के बराबर नहीं होता है। इसलिए, हम इकाई उत्सर्जन बैंडविड्थ पर इकाई क्षेत्र में सामान्यीकृत वांछित और हस्तक्षेप सिग्नल के PSDs की गणना करते हैं। यह [5] में दिया गया है।

$$P_s(f) = \frac{P_s'(f)}{\int_{-B_{es}/2}^{B_{es}/2} P_s'(f)\,df}$$

$$P_i(f) = \frac{P_i'(f)}{\int_{-B_{ei}/2}^{B_{ei}/2} P_i'(f)\,df} \qquad \text{---------- (2)}$$

जहां *पी$_{एस}$ '(एफ)* और *पी$_{आई}$* '(एफ) वांछित और दखल संकेतों ख efore सामान्यीकरण की पावर वर्णक्रमीय घनत्व, *बी$_{es}$* कर रहे हैं वांछित संकेत की उत्सर्जन बैंडविड्थ है, और *बी$_{एल}$* उत्सर्जन है हस्तक्षेप संकेत की बैंडविड्थ। रिसीवर को अलग-अलग उपग्रहों से हस्तक्षेप संकेतों का सामना करना पड़ेगा ताकि सी/एन$_0$ का मूल्य बन जाए [5]

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{eff} = \frac{C}{N_0 + I_{Intra} + I_{Inter}} \qquad \text{-------- (3)}$$

जहां *मैं* $_{intra}$ interfering सहित intrasystem हस्तक्षेप के बराबर शोर PSD है वांछित संकेत के रूप में एक ही सिस्टम से संबंधित उपग्रहों से सिग्नल और *मैं* $_{nter}$ है इंटरसिस्टम हस्तक्षेप के बराबर शोर PSD जिसमें वांछित सिग्नल की समकक्ष प्रणाली से हस्तक्षेप संकेत शामिल हैं।

जीएनएसएस रिसीवर पृथ्वी की सतह पर स्थिर है इसलिए उपग्रह आंदोलन आवृत्ति विविधता का कारण बनता है जिसे डोप्लर प्रभाव के कारण डोप्लर फ्रीक्वेंसी ऑफसेट कहा जाता है। इस प्रकार, बराबर ध्वनि PSD [5] समीकरण द्वारा दिया जाता है (4)

$$I_{Intra} = \frac{\sum_{j=1}^{N_X} C_j \kappa_{js}}{\int_{-B_r/2}^{B_r/2} P_s\left(f + f_{dops}\right) df} \qquad \text{-------------- (4)}$$

इंट्रा सिस्टम हस्तक्षेप पर ध्यान केंद्रित करते समय, सी का अवक्रमण संकेतों के कारण C/No वांछित संकेत के रूप में उसी प्रणाली से [5] (समीकरण 5) के रूप में व्यक्त किया जा सकता है :

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{deg_Intra} = \frac{\dfrac{C}{N_0}}{\dfrac{C}{N_0 + I_{Intra}}} = 1 + \frac{I_{Intra}}{N_0} \qquad \text{------------------ (5)}$$

जिसे डीबी में लिखा जा सकता है (समीकरण 6)

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{deg_Intra} (\mathrm{dB}) = 10 \cdot \log\left(1 + \frac{I_{Intra}}{N_0}\right) \qquad \text{------ (6)}$$

इंटरसिस्टम हस्तक्षेप के कारण होने वाली गिरावट [5] (समीकरण 7) द्वारा दी गई है

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{deg_Inter} = \frac{\dfrac{C}{N_0 + I_{Intra}}}{\dfrac{C}{N_0 + I_{Intra} + I_{Inter}}} = 1 + \frac{I_{Inter}}{N_0 + I_{Intra}}$$

जिसे डीबी में व्यक्त किया जा सकता है,

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{deg_Inter} (\mathrm{dB}) = 10 \cdot \log\left(1 + \frac{I_{Inter}}{N_0 + I_{Intra}}\right) \qquad \text{------ (7)}$$

## 4. इंटरफरेंस विश्लेषण

नाविक L5 और गैलीलियो E5a सिग्नल के बीच अंतरण तंत्र इंटरफरेंस का मूल्यांकन साथ ही इस खंड में नाविक L5 और जीपीएस L5 सिग्नल प्रस्तुत किए जाएंगे। सबसे छोटे मामले के गिरावट की गणना की जाती है जिसका अर्थ है कि इंटरफेरिंग सिग्नल की अधिकतम प्राप्त शक्ति और वांछित सिग्नल की न्यूनतम प्राप्त शक्ति पर विचार किया जाता है। सिमुलेशन के लिए सैटेलाइट टूल किट (STK) और MATLAB का उपयोग किया जाता है।

सिमुलेशन निम्नलिखित चार परिदृश्यों में विभाजित हैं:

1. गैलीलियो E5 ए सिग्नल नाविक L5 सिग्नल द्वारा हस्तक्षेप किया जाता है।
2. गैलीलियो E5 ए सिग्नल द्वारा नाविक L5 सिग्नल में हस्तक्षेप किया जाता है।
3. जीपीएस L5 सिग्नल नाविक L5 सिग्नल द्वारा हस्तक्षेप किया जाता है।
4. जीपीएस L5 सिग्नल द्वारा नाविक L5 सिग्नल में हस्तक्षेप किया जाता है।

### 4.1 सिमुलेशन पैरामीटर्स और परिणाम

अलग-अलग समय और विभिन्न स्थानों के दौरान प्राप्त शक्ति में परिवर्तन। तारामंडल और गतिशील लिंक बजट में गणना की गई प्राप्त शक्ति [5] द्वारा दी गई है।

अनुक्रमणिका

$$C_j = P_j + G_j - A_{dist} - A_{atm} - A_{pol} + G_{usr} \quad \text{------ (8)}$$

जहां पीजे सैटेलाइट जे, जीजे में उत्सर्जन शक्ति है उपग्रह एंटीना लाभ है, एक दूरी संकेत के क्षीणन उपग्रह j और उपयोगकर्ता, एक एटीएम के बीच की दूरी की वजह से है वायुमंडलीय हानि, एक पुलिस के कारण सिग्नल का क्षीणन है ध्रुवीकरण विसंगति हानि और जी usr है रिसीवर एंटीना लाभ है।

एक दूरी की गणना की अभिव्यक्ति समीकरण 9 द्वारा दिया जाता है।

$$A_{dist} = 10\log_{10}\left(\frac{c}{4\pi d f_c}\right) \quad \text{-------- (9)}$$

*सी प्रकाश की गति है, डी उपग्रह और उपयोगकर्ता के बीच की दूरी है, और एफसी केंद्र है।*

*आवृत्ति, वायुमंडलीय नुकसान एक एटीएम की वजह से संकेत के क्षीणन सभी सेवाओं और प्रणालियों के लिए 0.5 डीबी होने का अनुमान है, ध्रुवीकरण विसंगति हानि एक पुलिस माना जाता है कि 1.0 डीबी, रिसीवर एंटीना लाभ जी usr 0 डीबीआईसी पर सेट है।*

*सिमुलेशन से संबंधित सिमुलेशन पैरामीटर को नीचे तालिका-4 में सारांशित किया गया है:*

**तालिका 4 : सिम्युलेशन पैरामीटर**

| **पैरामीटर** | **जीपीएस के साथ नाविक इंटरफर्स** | **नाविक केसाथ जीपीएस इंटरफर्स** | **नाविक के साथ गैलेलिओ इंटरफर्स** | **गैलीलियो के साथ नाविक इंटरफर्स** |
|---|---|---|---|---|
| **सिमुलेशन अवधि** | 3 दिन | 3 दिन | 3 दिन | 3 दिन |
| **उन्नयन कोण** | 10 डिग्री | 10 डिग्री | 10 डिग्री | 10 डिग्री |
| **उत्सर्जन शक्ति (डीबीडब्ल्यू)** | नाविक : 36.8<br>जीपीएस: 16.141 | नाविक : 35.8<br>जीपीएस: 18.973 | गैलीलियो: 15.68<br>नाविक : 35.8 | नाविक : 36.8<br>गैलीलियो: 14.232 |
| **उत्सर्जन बैंडविड्थ (MHz)** | नाविक : 24<br>जीपीएस: 30.69 | नाविक : 24<br>जीपीएस: 30.69 | गैलीलियो: 90<br>नाविक : 24 | गैलीलियो: 90<br>नाविक : 24 |
| **फ्रंट एंड बैंडविड्थ (MHz)** | 24.552 | 24.552 | 24.552 | 24.552 |

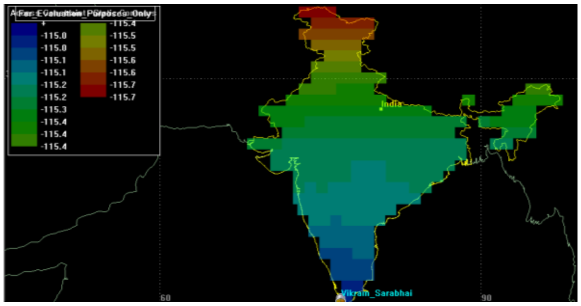
एंटीना प्रकार को पैराबॉलिक माना जाता है और सभी मामलों के लिए बीपीएसके के लिए मॉडुलन माना जाता है। इंटरफेरिंग सिग्नल की अधिकतम उत्सर्जन शक्ति के लिए औसत प्राप्त शक्ति और सिस्टम के व्युत्पन्न सिग्नल की न्यूनतम उत्सर्जन शक्ति को चित्र 1-4 में दिखाया गया है।

चित्र 5 गैलीलिओ द्वारा नाविक के इंटरफरेंस के समय इंटरसिस्टम हस्तक्षेप के परिणाम दिखाता है। चित्र 6 में नाविक द्वारा गैलीलियो हस्तक्षेप किए जाने पर इंटरसिस्टम हस्तक्षेप के परिणाम दिखाता हैं।

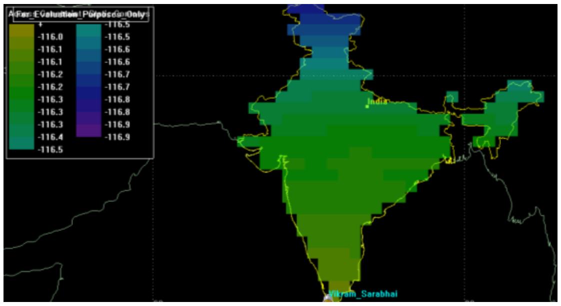
चित्र 7 जीपीएस द्वारा हस्तक्षेप किए जाने पर इंटरसिस्टम हस्तक्षेप के परिणाम दिखाता है।

चित्र 8 में नाविक द्वारा जीपीएस की हस्तक्षेप करते समय इंटरसिस्टम हस्तक्षेप के परिणाम दिखाता हैं।

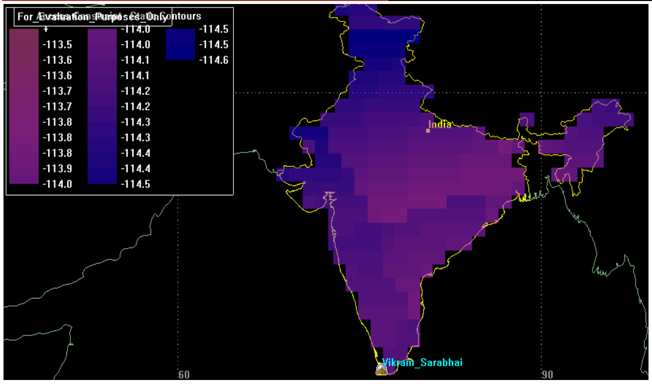
जब गैलीलियो को नाविक द्वारा इंटरफर्ए किया जाता है, तो गैलीलियो द्वारा नाविक के हस्तक्षेप के मामले में लगभग 1.1 dBHz अधिक होता है। इसी प्रकार जब नाविक द्वारा जीपीएस को हस्तक्षेप किया जाता है तो जीपीएस द्वारा नाविक में हस्तक्षेप किया जाता है तो औसत हस्तक्षेप लगभग 1.05 dBHz होता है।



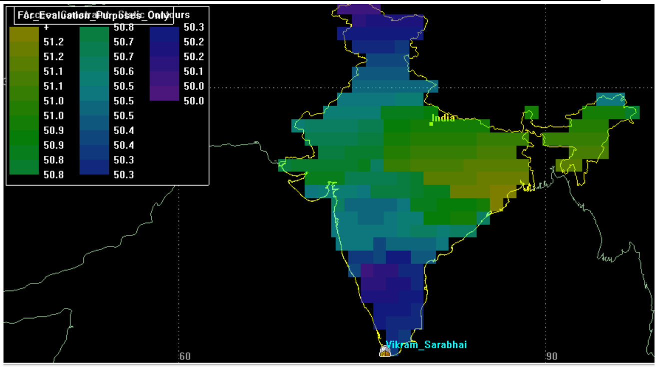

**चित्र 1:** मीन प्राप्त पावर जब नाविक गैलीलियो द्वारा इंटरफर्ए किया जाता है



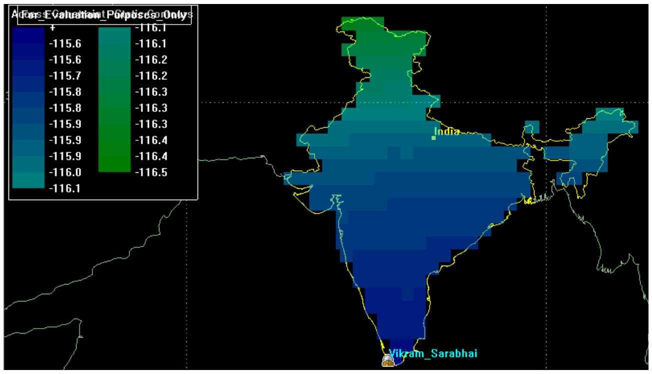

**चित्र 2** : मीन रिसीव पावर जब गैलीलियो को नाविक द्वारा इंटरफर्ए किया जाता है



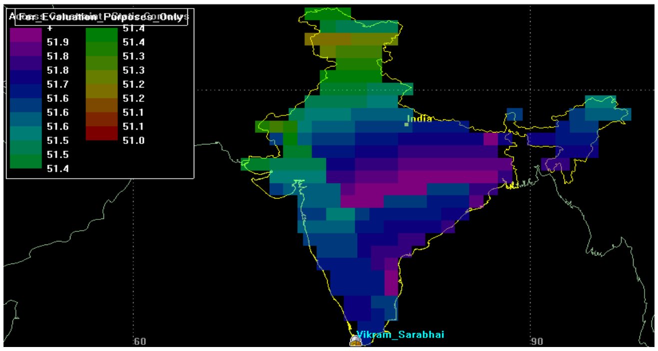

**चित्र 3** : जीपीएस द्वारा नाविक में हस्तक्षेप किए जाने मीन प्राप्त शक्ति



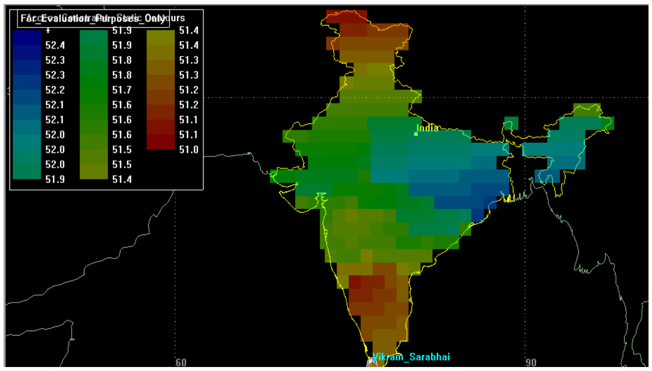

**चित्र 6** : गैलीलियो पर नाविक न्यूनतम के कारण अधिकतम हस्तक्षेप : 51 dBHz और अधिकतम : 52.4 dBHz



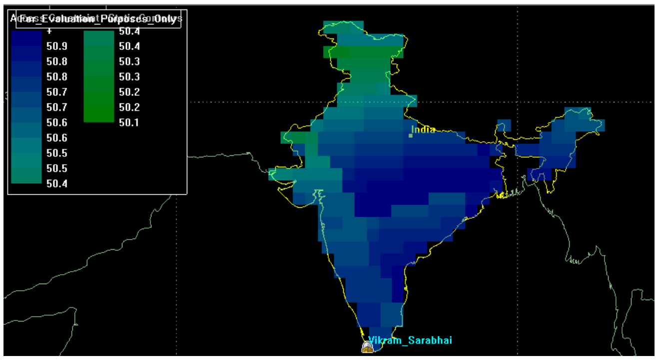

**चित्र 4** : नाविक द्वारा जीपीएस को हस्तक्षेप करते समय मीन प्राप्त शक्ति




**चित्र 7** : जीपीएस न्यूनतम के कारण नाविक पर अधिकतम हस्तक्षेप: 50.1 dBHz और अधिकतम : 50.9 dBHz




**चित्र 5** : गैलीलियो न्यूनतम : 50 dBHz और अधिकतम 51.2 dBHz के कारण नाविक पर अधिकतम हस्तक्षेप




**चित्र 8** : नाविक न्यूनतम के कारण जीपीएस पर अधिकतम हस्तक्षेप: 51 dBHz और अधिकतम: 51.9 dBHz

## 5. निष्कर्ष

यह शोध पत्र भारतीय क्षेत्र में जीपीएस के साथ नाविक और गैलीलियो की संगतता का क्रमशः विश्लेषण करता है। सबसे दुष्कर मामले का विश्लेषण किया गया है अर्थात अंतर्निहित धारणाओं के तहत इस शोध पत्र में प्रस्तुत परिणामों से अंतरण तंत्र हस्तक्षेप बड़ा नहीं होगा। ये सिमुलेशन नेविगेशन सिस्टम के बीच संगतता सुनिश्चित करते हैं। सिमुलेशन से हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि भारतीय क्षेत्र में गैलीलियो के कारण नाविक के अंतरण तंत्र हस्तक्षेप से नाविक के कारण गैलीलियो का अंतरण हस्तक्षेप थोड़ा बड़ा है। इसी तरह, नाविक के कारण जीपीएस की अंतरप्रणाली हस्तक्षेप भारतीय क्षेत्र में जीपीएस के कारण नौसेना के अंतरण तंत्र हस्तक्षेप से थोड़ा बड़ा है।

## 6. संदर्भ

*6.1. Websites*

[1] www.ieea.fr

[2] www.navipedia.com

*6.2. Conference Paper*

[3] Wallner S, Hein G W, Pany T, Avila-Rodriguez J A, and Posfay A, “Interference computations between GPS and Galileo”, In Proceeding of ION GNSS 2005, pp. 861-876, 2005.

[4] Godet J, “GPS Galileo radio frequency compatibility analysis”, In Proceeding of ION GPS 2000 International Technical Meeting, 2000. Li C X, Liu W M, and Fu Z N, “GPS/TDOA Hybrid Location Algorithm Based on Federal Kalman Filter”, JCIT, Vol. 5, No. 7, pp. 42-48, 2010.

[5] RAN Yi-hang, LIU Yu-qi, HU Xiu-lin, KE Ting, “Interference Analysis of Interplex Modulation in GALILEO E1 Band”, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2009. WiCom '09. 5th International Conference , Page(s):1 - 4,E-ISBN :978-1-4244-3693-4,Print ISBN: 978-1-4244-3692-7, INSPEC Accession Number: 10952820 .

[6] Klobuchar J (1986), “*Design and characteristics of the GPS ionospheric time delay algorithm for single frequency users*”, Proceedings of PLANS’86-position location and navigation Symposium, Las Vegas, Nevada.


*6.3. Journal Paper*


[7] Evaluation of Intersystem Interference between Compass and Galileo RAN Yi-hang, LIU Yu-qi, HU Xiu-lin, KE Ting Journal of Convergence Information Technology, Volume6, Number 6, June 2011.

[8] Betz J W and Goldstein D B, “Candidate designs for an additional civil signal in GPS spectral bands”, The MITRE Corporation, Bedford, MA, 2002.

[9] Betz J W, “Effect of partial-band interference on receiver estimation of CN0”, The MITRE Corporation, Bedford, MA, 2000.

[10] Hoffmann-Wellenhof, Lichtennegger, Wasle, “*GNSS Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo & more*”, SpringerWeinNewYork.

[11] John W. Betz, “*Binary Offset Carrier Modulations for Radio navigation*”, The MITRE Corporation, Bedford, Massachusetts Received September 2001; Revised March 2002

[12] Gunter W Hein, Markus Irsinger, Jose Angel Avila radriguez and Thomas Pany, “*Performance analysis of L1 Galelio Signals*”, Institute of Geodesy and Navigation, University FAF Munich, Germany.

[13] Wei Liu, Yuan Hu, Xingqun Zhan, and ChuanrunZhai, “*Assessing Radio Frequency Compatibility between Galileo and Compass*”, Defence Science Journal, Vol. 61, No. 6, November 2011, pp. 545-553, DOI: 10.14429/dsj.61.285.

[14] Hopfield HS (1969), “*Two quadratic tropospheric refractivity profile for correcting satellite data*”, Journal of Geophysical Research, 74(18):4487-4499.

[15] Dr NBS Srilatha Indira Dutt, ShaikGowsuddin, “*ionosphere Delay Estimation using Klobuchar Algorithm for single frequency GPS receiver*”, IJARCE, Vol2, Issue2 feb2013.

[16] S.Wallner and G.W.Hein, “*Interference computation between GPS and Galileo*”, ION,pp.1-15.

[17] Stefan Wallner, Guenter W Hein and Jose- Angel Avila - Rodriguz, “*Interference computation between several GNSS systems*”, Institute of Geodesy and Navigation, University FAF Munich, Germany.


*6.4. Books*


[18] Simon Haykin, “*Digital Communications*”, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd.

[19] Oppenheim AV, Schafer RW, Buck JR (1999), “*Discrete -time signal processing*”, second edition, Prentice Hall, London.

[20] A,Hornbostel, “*Propagation problems in satellite navigation*”, DLR, Institute of Communication.

[21] Elliot D. Kaplan, Christopher J. Hegarty, Artech House, “Understanding *GPS Principles and Applications*”, Artech House Publications.


*6.5. Thesis*


[22] J.A. Avila-Rodriguez, “On generalized signal waveforms for satellite navigation’’, PhD dissertation University FAF Munich, Neubiberg, Germany, pp. 408, June 2008.


*6.6. Report*


[23] GPS Interface Specification (ICD), IRN-IS-200F-001: 21st Sept. 2011 .

[24] GLONASS Interface Control Document, version-5.0, 2002 .

[25] GALILEO Signal-In-Space, ICD, May 2006.

[26] QZSS Interface Specification (ICD), IS-QZSS, ver 1.4, 28th Feb. 2012 .

[27] CDR document IRNSS,ISRO-SAC-IRNSS-CDR-01,JUNE 2102.


***

# चंद्रयान-II के तुंगतामापी शृंगभरणी का संरचनात्मक विश्लेषण

वी. एस. जगदीश, वैज्ञा./अभि.एसएफ और चंद्रशेखर, वैज्ञा./अभि.-एसडी,
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
vsj@sac.isro.gov.in

**सारांश**

*भारत के दूसरा चंद्रयान मिशन चंद्रयान-2 के अंतर्गत विविध प्रकार के नीतभार उपलब्ध हैं। इस मिशन जी.एस.एल.वी एम.के-2 के द्वारा प्रयोग किया जाता है। इस मिशन में कक्षित्र (ORBITER PAYLOAD) नीतभार के अंतर्गत विभिन्न विज्ञान यंत्रावली के साथ दो सह आलंबन यंत्र भी शामिल है। भू-मानचित्रण कैमरा-2 (TMC-2), एस.ए.आर (SAR), सी.एल.ए.एस.एस- एक्स रे स्पेक्ट्रोमीटर, सी.एच.ए.एस.ई यंत्र, अवरक्त प्रतिबिंबन स्पेक्ट्रोमीटर (IIRS) और ओ.एच.आर.सी (ORBITER HIGH RESOLUTION CAMERA) उपलब्ध है। लैंडर (LANDER), कक्षित्र (ORBITER PAYLOAD) नीतभार से 100 कि.मी. के ऊपर अलग होकर चंद्र के सतह पर अवतरण होगा। इस अवतरण प्रक्रिया में अति विभेदी तुंगता (high resolution height information) सूचना के लिए तुंगतामापी का उपयोग किया जाता है। इस, तुंगतामापी (ALTIMETER) के लिए, वृत्तीय शृंगभरणी का उपयोग किया गया है। संरचनात्मक विश्लेषण के द्वारा उत्तम अभिकल्पना को प्राप्त किया और इस पत्र में इसका परिणामों को प्रस्तुत किया गया है।*

## 1. प्रस्तावना

के.ए-बैंड सूक्ष्म तरंग तुंगतामापी (Ka-band microwave altimeter) में प्रेषित और अभिग्राही (transmit and receive) के लिए दो विभिन्न ऐन्टेना का उपयोग किया गया है। एक ऐन्टेना लैंडर के नीचे की डेक पर और दूसरा पार्श्व तल पर स्थिर किया जाता है।

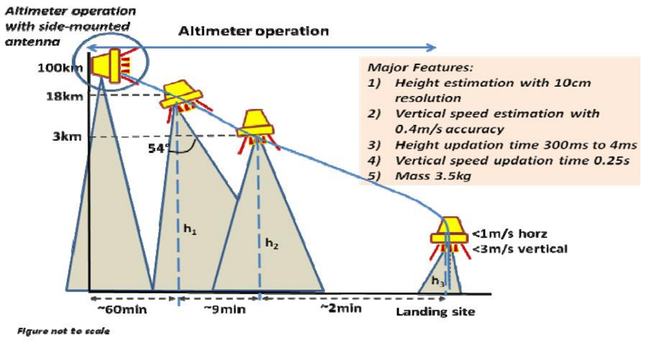
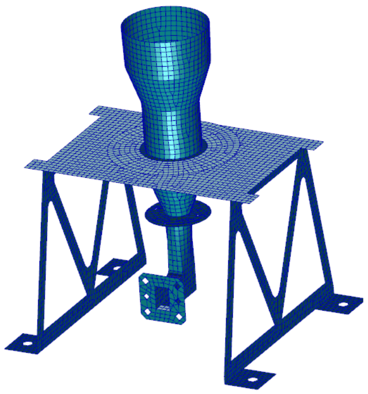



Fig.1 Altimeter Ranging Configuration during the descent phase

**चित्र 1. सूक्ष्म तरंग तुंगतामापी**

इस तुंगमापी का तुंगता विभेदी 10सेंमी है। इस तुंगमापी कोडांतरण में **ओएम**टी, वृत्तीय शृंग**भरणी** के साथ ब्रैकेट के ऊपर स्थिर किया गया है। इस ब्रैकेट नीचे चार निर्धारित स्थानों पर स्थिर किया गया है। प्राप्त परिणामों को विस्तार रूप से प्रस्तुत किया गया है।



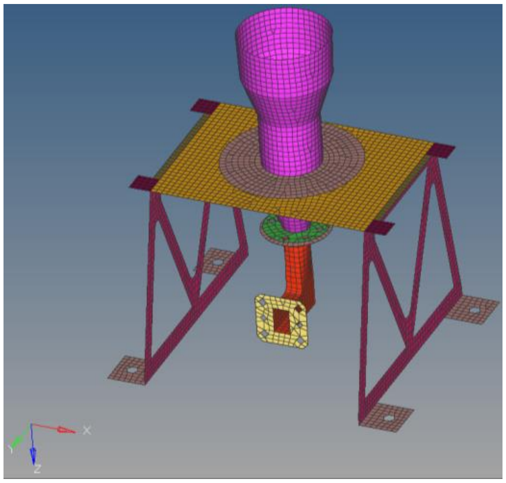
चित्र 2. परिमिति अवयव निदर्श

उत्तम अभिकल्पना को प्राप्त करने के लिए किए गए, **स्थैतिक विश्लेषण**, **प्राकृतिक आवृत्ति आकलन और प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम** (SHOCK RESPONSE SPECTRUM) इत्यादि विश्लेषणों के परिणामों को विस्तार रूप से प्रस्तुत किया गया है।

## 2. संरचनात्मक विश्लेषण के लिए अक्षीय नामांकन पद्धति (AXIS DEFINITION):

इस पत्र में निम्न तरीके का नामांकन पद्धति उपयोग किया गया है। (चित्र-2)

| | | |
|---|---|---|
| 1. | X-अक्ष | स्थिरीकरण लग समांतर दिशा |
| 2. | Y-अक्ष | स्थिरीकरण तिर्यक दिशा |
| 3. | Z-अक्ष | स्थिरीकरण अभिलंब दिशा |



**चित्र 2. अक्षीय नामांकन पद्धति**

अनुक्रमणिका

## 3. संरचनात्मक विश्लेषण (STRUCTURAL ANALYSIS) :

उपयुक्त अभिकल्पना को प्राप्त करने के लिए परिमिति अवयव विधि विश्लेषण (Finite element Analysis) के द्वारा अभिकल्पना का विश्लेषण MSc Nastran के द्वारा किया गया है। अभिकल्पना के पूर्ण निदर्श में लगभग 5100 अवयवों, 5550 निर्नति बिन्दुओं (grid points), 20 बहुबिन्दु-व्यवरोध अवयवों का उपयोग किया गया है। विविध प्रकार के अभिकल्पना से उपयुक्त दुर्नम्यता(stiffness) को प्राप्त किया गया है। इस अभिकल्पना मे फलक अवयवों को विस्तार रूप से उपयोग किया गया है।

मुख्य उप घटकों का द्रव्यमान सन्निकटन मूल्य तक निम्न सारणी : (नीचे तालिका - 1 में दिखाया गया है।)

**तालिका-1 घटकों का द्रव्यमान**

| घटक | ग्राम |
|---|---|
| ओ.एम.टी (OMT) | 9.7 |
| वृत्तीय शृंगभरणी (FEED HORN) | 36.4 |
| ब्रैकेट (BRACKET) | 66.5 |
| कुल द्रव्यमान (पूर्ण कोडांतरण) | 112.6 ग्राम |

इस निदर्श के विभिन्न पदार्थों और इसके यात्रिक गुणधर्म निम्नसारणी ।

**पदार्थों के यांत्रिक गुणधर्म : (एल्युमिनियम 6061-T6) :**

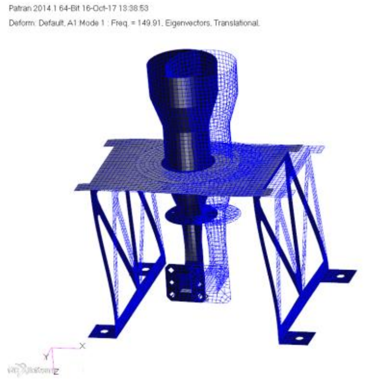
| | | |
|---|---|---|
| यंग मापक | - | 7000 कि.ग्रा / मि.मि^2 |
| घनत्व | - | 2.7 ग्रा / घन से.मी |
| poission's ratio | - | 0.33 |
| रैखीय प्रसार गुणांक($\alpha$) | - | 23.0E-6 डि.सेंग्रे |

## 4. प्राकृतिक आवृत्ति आकलन :(NATURAL FREQUENCIES) :

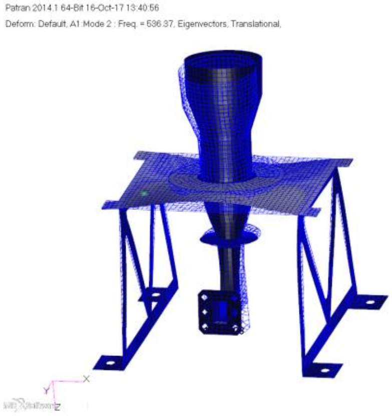
संरचनात्मक विश्लेषण में आवृत्ति आकलन की मुख्य भूमिका है। अनु - कोडांतरण (Sub-Assembly) की अभिकल्पना के लिए, और कोडांतरण का संरचनात्मक व्यवहार जानने के लिए भी इस आवृत्ति आकलन करना जरूरी है। और प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम (SHOCK RESPONSE SPECTRUM) इत्यादि विश्लेषणों करने के लिए भी आवृत्ति आकलन का जरूरी है। इस परिमिति अवयव निदर्शो को मुख्य ब्रैकेट के ऊपर समाकलित (Integrate) करके विश्लेषण किया गया है। (यह प्राकृतिक आवृत्तियाँ नीचे तालिका-2 में दिखाई गई है।)

**तालिका 2: प्राकृतिक आवृत्ति**

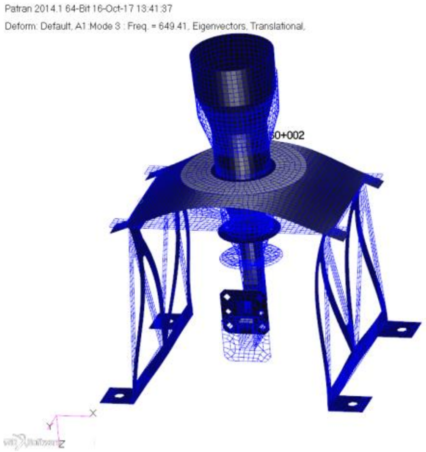
| विधा आकृति क्र.सं (Mode Shape No.) | प्राकृतिक आवृत्ति (हट्र्ज) | विधा आकृति (Mode Shape) |
|---|---|---|
| 1 | 149 | ब्रैकेट समांतर |
| 2 | 536 | टॉप फलक बंकन |
| 3 | 649 | टॉप फलक बंकन |
| 4 | 741 | टॉप फलक बंकन - शृंगभरणी समांतर |



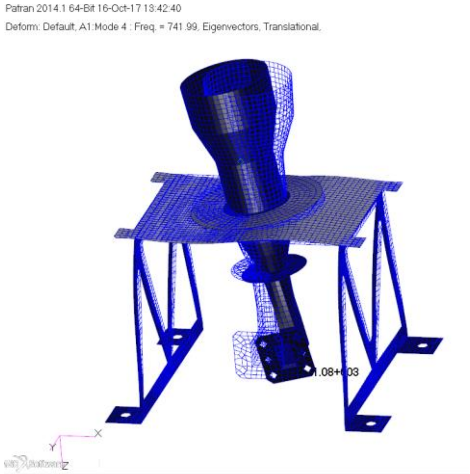

चित्र3- प्राकृतिक आवृत्ति 149 हट्र्ज




चित्र4- प्राकृतिक आवृत्ति 536 हट्र्ज




चित्र5- प्राकृतिक आवृत्ति 649 हट्र्ज



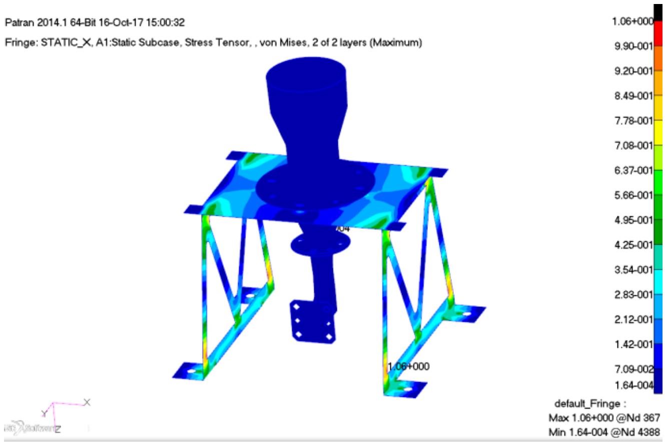

चित्र6- प्राकृतिक आवृत्ति 741 हट्र्ज

### 5. स्थैतिक विश्लेषण :

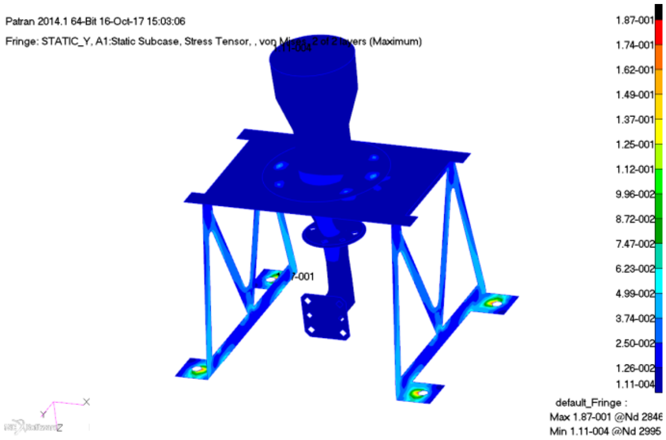
इसमें प्रत्येक अक्ष में 10 जी त्वरण भार के लिए विश्लेषण किया गया है। प्राप्त प्रतिबल परिणामों को नीचे तालिका-3 में दिखाई गई है।

तालिका 3: प्रतिबल परिणाम

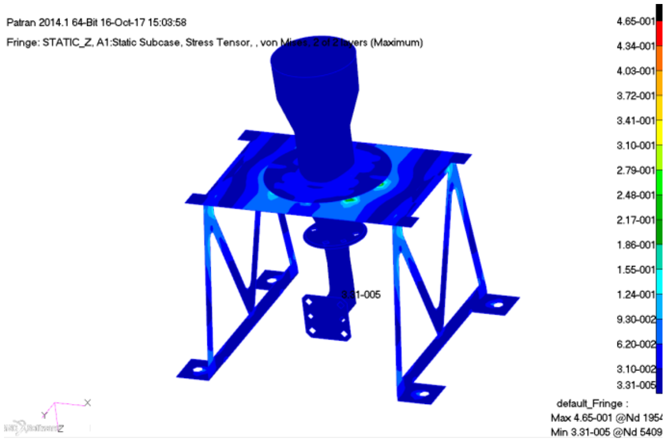
| अक्ष (Axis) | त्वरण | प्रतिबल Stress in ( Kg/mm^2 ) |
|---|---|---|
| X- अक्ष | 10/0/0 g | 1.06 (चित्र: 2) |
| Y- अक्ष | 0/10/0 g | 0.187 (चित्र: 3) |
| Z- अक्ष | 0/0/10 g | 0.465(चित्र: 4) |




चित्र 7: प्रतिबल-10/0/0 जी त्वरण के लिए-प्रतिबल-10.6MPa




चित्र 8: प्रतिबल-0/10/0 जी त्वरण के लिए दर्पण के ऊपर--नास्टान-1.87MPa




चित्र 9: प्रतिबल-0/0/10 जी त्वरण के लिए – नास्टान - 4.65 MPa

### 6. ज्या वक्रीय कंपन बल :(Sine vibration load):

प्राकृतिक आवृत्ति 100 हर्ट्ज के ऊपर होने के कारण, ज्या वक्रीय कंपन बल से इस पैकेज में प्रवर्धन (amplification) नहीं होगा। विश्लेषणों के अनुसार इस बल के लिए संरचना में निर्धारित स्थानों पर प्रवर्धक नहीं होगा क्यों कि, इस संरचना के प्राकृतिक आवृत्ति 100 हर्ट्ज से अधिक है। इस बल के लिए चंद्रयान-II तुंगतामापी (ALTIMETER) वृत्तीय शृंगभरणी सुरक्षित रहेगा।

### 7. प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम (SHOCK RESPONSE SPECTRUM) विश्लेषण :

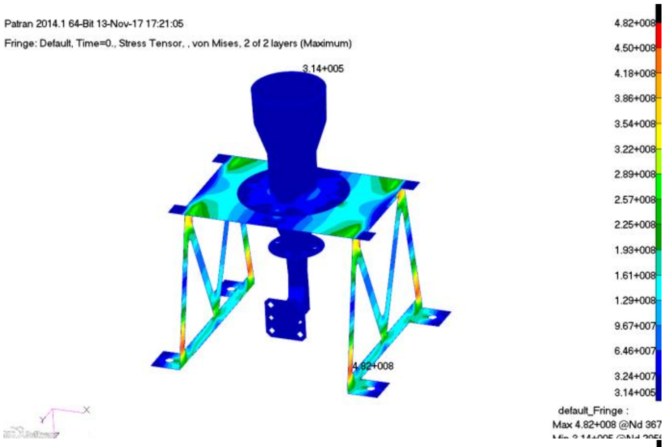
अनुमानित अवमंदन 2% के साथ, इस अभिकल्पना का प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम विश्लेषण प्रत्येक अक्ष के लिए नीचे तालिका-4 के अनुसार किए गए है।

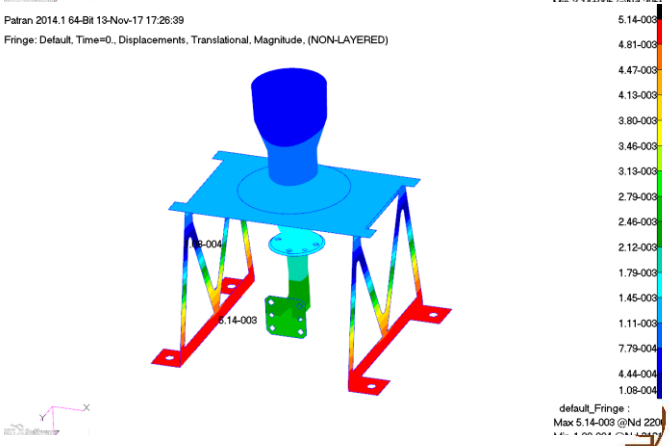
तालिका - 4 : प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम

| Frequency (Hz) | SRS |
|---|---|
| 100 – 600 | 12 dB / oct |
| 600 – 5000 | 1000 g |
| 5000-10000 | 6 dB/oct |
| No. of Pulses | 2 |

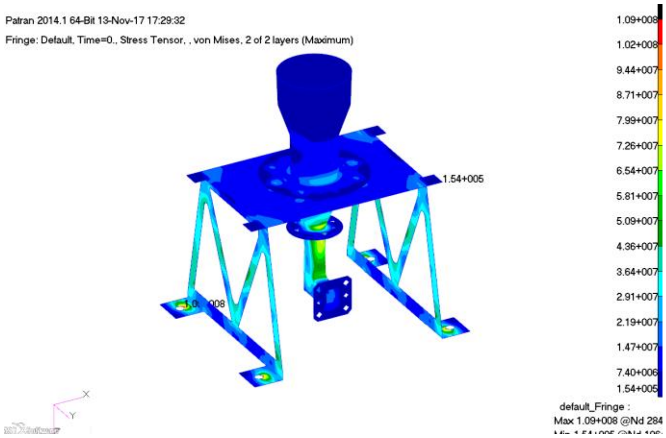
**परिणाम** :प्रतिबल और विस्थापन (stress and displacement) के परिणामों को आकलन किया गया है।

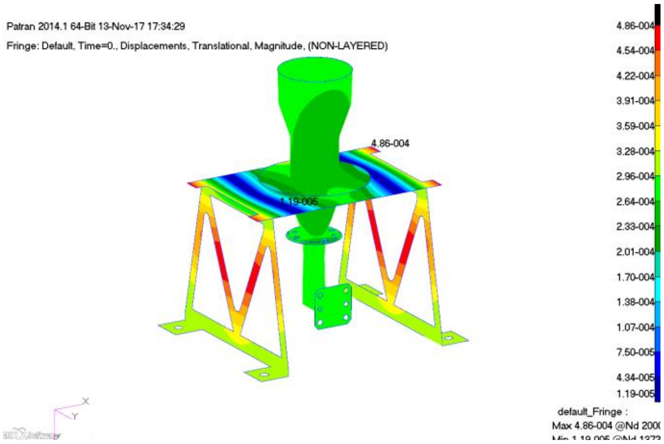
**X-** अक्ष:

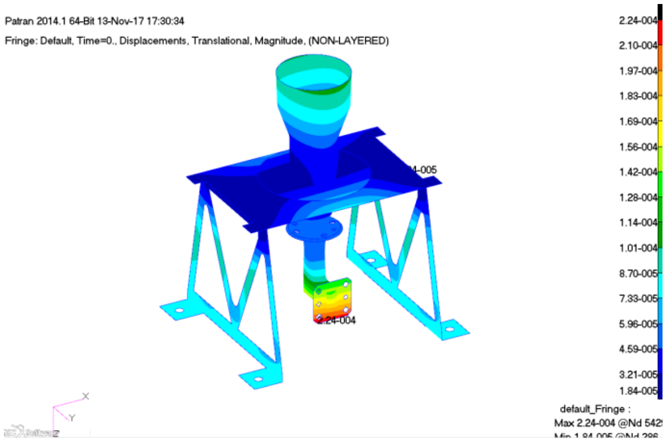


Y- अक्ष:

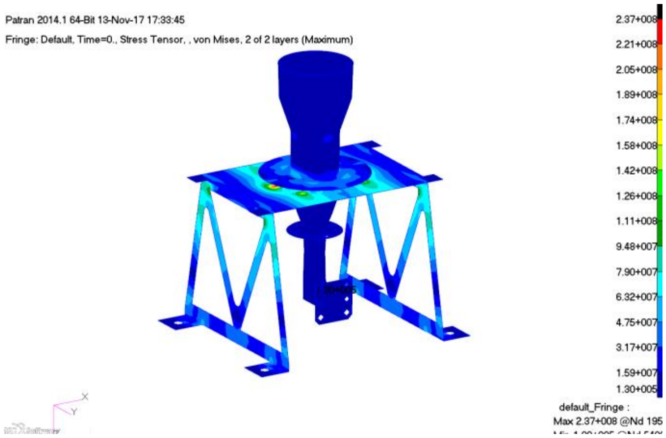



**चित्र 10** : प्रतिबल और विस्थापन

Z- अक्ष:




तालिका 3: प्रतिबल विस्थापन परिणाम

| Sl.No | प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम SHOCK SPECTRUM IN | प्रतिबल (STRESS OUTPUT) (MPa) | विस्थापन Displacement OUTPUT (m) |
|---|---|---|---|
| 1. | X - अक्ष<br>Y - अक्ष<br>Z - अक्ष | 482<br>109<br>237 | 5.14E-3<br>2.24E-4<br>4.86E-4 |

## 8. निष्कर्ष

चंद्रयान-2 मिशन के लैंडर अंतर्गत तुंगतामापी से संबंधित **शृंगभरणी** का स्थैतिक और गतिक संरचनात्मक विश्लेषणों का परिणाम दिया गया है। इस विश्लेषणों के अनुसार इस कोडांतरण के प्राकृतिक आवृत्ति 149 हर्ट्ज है।

**स्थैतिक विश्लेषण के अनुसार प्राप्त किए परिणाम से भी इस** कोडांतरण सुरक्षित है।

इस अभिकल्पना का प्रघात अनुक्रिया स्पेक्ट्रम विश्लेषण के परिणाम से पदार्थ के पराभव सामर्थ्य से ज्यादा प्रतिबल मिला। लेकिन गतिक गुणधर्म स्थैतिक गुणधर्म से 2- 5 गुण अधिक होने का संभावना से इस परिणाम को तुलना और अनुमान से निर्धारित किया है कि इस कोडांतरण संरचनात्मक विश्लेषण की दृष्टि से सुरक्षित है।

कंपन जाँच परीक्षण से इस परिणामों को वैधीकृत (validate) करने के लिए तंत्र अभिकल्पक को सूचना दी गई है।

## 9. आभार :

हम, एसएसडी/एस. टी. जी. के प्रधान, एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम, हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यों के भी आभारी हैं, जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है। हम, फीस्ट टीम के अत्यन्त आभारी हैं, जिससे साफ्टवेयर को सही दिशा में उपयोग कर सके।

## 10. संदर्भ :

1. पेलोड - पी.डी.आर - दस्तावेज -चंद्रयान-2 पेलोड
2. संरचनात्मक विश्लेषण रीपोर्ट नंबरः सैक -एसटीजी-एसएसडी - **ALT/R-01/171017/13**
3. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेटिंस हाल इंडिया,नई दिल्ली 1997।
4. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल.मीरोविच, मैक. ग्रा हिल,सिंगापुर, 2001।

अनुक्रमणिका

5. System document for Ka-Band Altimeter, SAC/MRSA/MSIG/CHW/LANDER/TR/01/2013, Apr,2013
6. Nastran साफ्टवेयर हेल्प

**लेखक परिचय**

वी एस जगदीश

वी.एस.जगदीश ने 1998 मे आई. आई. टी. कानपुर से एरोस्पेस इंजीनियरिंग में एम. टेक. की उपाधि प्राप्त की। संरचनात्मक प्रणाली प्रभाग मे कार्य कर रहे हैं।

चन्द्रशेखर

चंद्रशेखर ने 2000 मे आई. आई. टी. दिल्ली से मेकेनिकल इंजीनियरिंग में एम. टेक. की उपाधि प्राप्त की। संरचनात्मक प्रणाली प्रभाग मे कार्य कर रहे हैं।

***

उप शीर्षक: अंतरिक्ष प्रणालियों की क्षमता संवर्धन के लिया सॉफ्टवेयरों की उपयोगिता

# आरआईसैट-1ए/2ए/2बी एसएआर नीतभारों के लिए भू-जाँच इकाई का विकास

**शोकीन फोगाट, अभिषेक कुणाल और एस.एम. त्रिवेदी**
सूक्ष्मतरंग संवेदन संकेत संसाधन और डेटा अधिग्रहण भाग, सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र,
अंतरिक्ष अनुप्रयोग केंद्र (सैक), भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो),
अहमदाबाद -380 015, गुजरात, भारत
{shokeen@sac.isro.gov.in, abhishek@sac.isro.gov.in, sanjay@sac.isro.gov.in}

**सार:**

*यह पत्र आरआईसैट -1ए/2ए/2बी एसएआर नीतभार के लिए एक सामान्य भू-जाँच इकाई का अभिकल्प प्रस्तुत करता है। यह सामान्य भू-जाँच इकाई (जीसीयू) एक एकल बोर्ड कंप्यूटर (एसबीसी) है, जो 7 यू सीपीसीआई चेसिस में स्थित है जिसमें वाणिज्यिक रूप से ऑफ द शेल्फ (सीओटीएस) मॉड्यूल और संबंधित परिचालक, जीयूआई और आवश्यक सॉफ़्टवेयर शामिल हैं। आर.आई.सेट -1ए/2ए/2बी एसएआर नीतभार के अंकीय उपतंत्र के पैकेज पूर्ण परीक्षण के लिए ग्राफिकल यूजर इंटरफेस (जीयूआई) सॉफ्टवेयर का विकास लैबव्यू, मैटलैब और वी.सी. ++ का उपयोग करके किया गया है। परीक्षण प्रोग्राम और संबंधित जीयूआई प्रोग्राम का चयन परीक्षण के लिए चयनित उपतंत्र के आधार पर किया जाएगा।*

## 1. परिचय:

आरआईसैट-1 24 अप्रैल, 2012 को स्वदेशी विकसित, इसरो के पहले अंतरिक्ष वाहित एसएआर के साथ प्रमोचित किया गया था। ऑनबोर्ड सी-बैंड एस.ए.आ.र नीतभार का उपयोगकर्ता समुदाय को मूल्यवान डेटा प्रदान करने का कार्य विभिन्न उपयोगों के लिए जारी है, जिसमे शामिल हैं : कृषि (फसल पूर्वानुमान और निगरानी), आपदा प्रबंधन, शहरी नियोजन और कई अन्य। सेवाओं की निरंतरता प्रदान करने के लिए, आरआईसैट-1 ए के प्रमोचन की योजना बनाई गई है। आरआईसैट-1 ए की उच्च विभेदन की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए अति उच्च गति डेटा अधिग्रहण की आवश्यकता है। इसके अलावा, अंतरिक्ष यान डेटा हैंडलिंग इकाई (बीडीएच) की क्षमताओं के भीतर परिणामस्वरूप डेटा दरों और समग्र एसएआर डेटा प्रबलता को सीमित करने के लिए एकाधिक चैनलों में डेटा विबहुसंकेतन और उपयुक्त डेटा संपीड़न उपगमन भी आवश्यक है। सी-बैंड एसएआर प्रचालन की बहु-विधा प्रकृति, विभिन्न प्रमार्ज व्याप्ति एवं विभेदन विधा को शामिल करना, और परिणामस्वरूप बहुत अधिक डेटा दर को ध्यान में रखते हुए और ऑनबोर्ड संचय एवं डेटा संचरण कड़ी का बेहतर उपयोग करने के लिए संयुक्त आई और क्यू चैनल डेटा का अधिग्रहण दोनों रिसीवर श्रृंखला के लिए लागू किया गया। वाइड-बैंड डिजिटल चर्प जनित्र (डब्लूबीडीसीजी) को सीधे आवश्यक वाइडबैंड चर्प को डिजिटल रूप से संश्लेषित करने के लिए संरुपनित किया गया है ताकि यह आर.एफ. हार्डवेयर में बहुकता को पूरी तरह समाप्त कर सके जिसके परिणामस्वरूप बेहतर सिग्नल गुणवत्ता प्राप्त हो। डब्ल्यूबीडीसीजी और डी.ए.सी.एस. (डेटा अधिग्रहण और संपीड़न प्रणाली) एक हार्डवेयर बोर्ड में कार्यान्वयित किया गया है।

इस डिजिटल उपतंत्र का विस्तृत परीक्षण, अभिलक्षणन और निष्पादन विश्लेषण, और परीक्षण और मूल्यांकन, इस परियोजना के लिए एक प्रमुख गतिविधि है। इस डिजिटल उपतंत्र के परीक्षण और मूल्यांकन प्रक्रिया के लिए कई कार्यों की आवश्यकता होती है जैसे की उचित ऑन/ऑफ अनुक्रम के साथ यंत्र का नियंत्रण, उद्दीप उत्पादन, डेटा अधिग्रहण एवं अधिग्रहित डेटा का विश्लेषण / सत्यापन और बी.ए.क्यू. विश्लेषण इत्यादि पूर्व निर्धारित अनुक्रम में किया जाना चाहिए। इसलिए इस डिजिटल उपतंत्र की कार्यक्षमता को सत्यापित करने और मापने के लिए आवश्यक कार्यों को पूरा करने के लिए एक सामान्य भू-जाँच इकाई (जीसीयू) को स्वचालित रूप से डिज़ाइन और विकसित किया गया है।

इस इकाई में पिछली जाँच इकाइयों की तुलना में कई अतिरिक्त सुविधाएं हैं। हमने विभिन्न प्रकार के विश्लेषण के लिए स्वचालन प्रदान किया है, जो समय और प्रयास को बहुत कम कर देगा। इस इकाई में डिजिटल चर्प जनित्र (डी.सी.जी.), डेटा अधिग्रहण और संपीड़न प्रणाली (डी.ए.सी.एस.) और डेटा संपीड़न (बी.ए.क्यू.) विश्लेषण के लिए परीक्षण शामिल है।

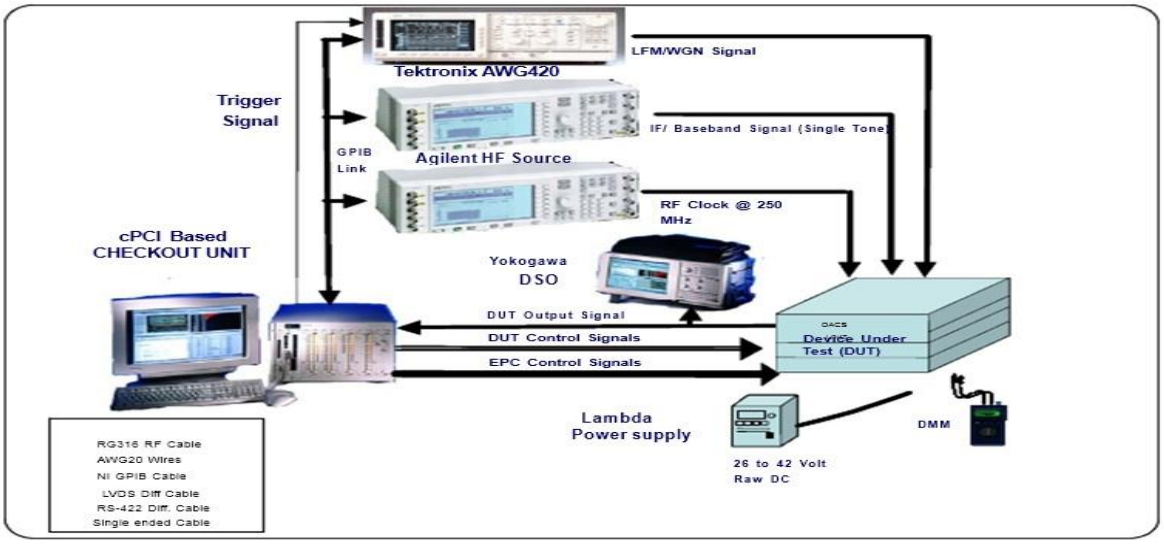
आरआईसैट -1ए और आरआईसैट -2ए के परीक्षण के दौरान दोनों के साथ-साथ आरआईसैट- 2बी परीक्षण के लिए एकल जीयूआई की आवश्यकता महसूस हुई। आरआईसैट -1ए, आरआईसैट -2ए और आरआईसैट- 2बी एफ.एम. बोर्डों के लिए परीक्षण अंतरापृष्ठ को सामान्यीकृत करने के लिए, हमने एक एकल जीयूआई विकसित किया है जिसका उपयोग करके सभी परीक्षण संबंधी गतिविधियों को निष्पादित किया जा सकता है।

## 2. भू-जाँच इकाई परीक्षण सेटअप:

मूल जीसीयू एकल बोर्ड कंप्यूटर (एसबीसी) है, जो 7 यू सीपीसीआई चेसिस में स्थित है जिसमें वाणिज्यिक रूप से ऑफ-द-शेल्फ (सीओटीएस) सीपीसीआई और पीएमसी मॉड्यूल और संबंधित ड्राइवर शामिल हैं। चित्र सीपीसीआई आधारित जीसीयू परीक्षण सेट-अप के लिए युक्ति अभिलक्षणन और मापन सेट-अप दिखाता है। एक सामान्य जीसीयू सेटअप में मूल रूप से निम्न घटक होते हैं:

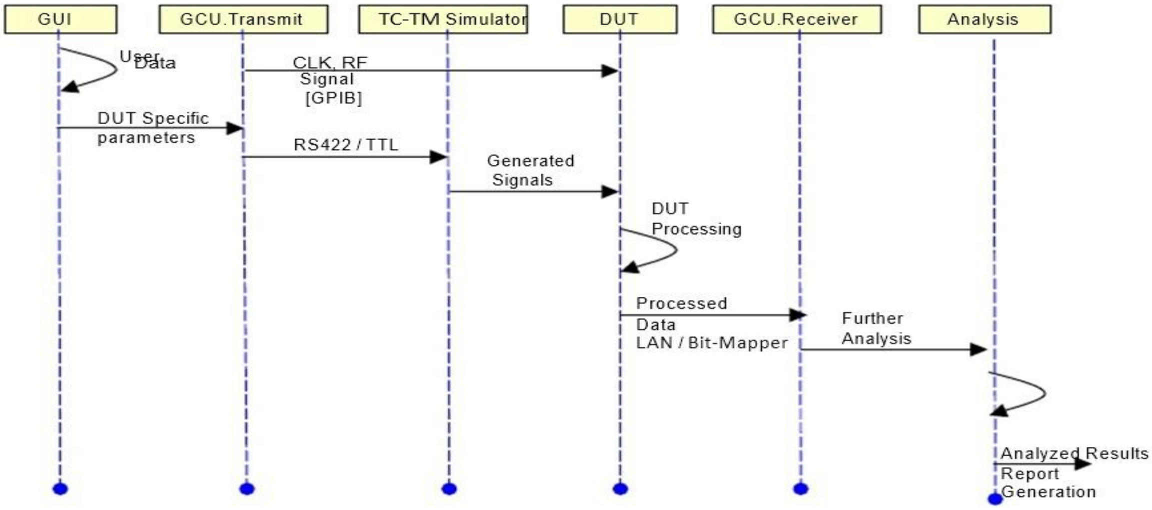
- जीसीयू [सीपीसीआई आधारित इकाई] हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर।
- शक्ति प्रदाय इकाई [लैमबडा / ईपीसी]
- पीएलसी अनुकारक [डेटा पैटर्न कार्ड - डीपी 3510]।
- उच्च निष्पादन बिटमैपर कार्ड।

- नेशनल इंस्ट्रूमेंट पीएक्सआई जीपीआईबी कार्ड।
- परीक्षा के अंतर्गत युक्ति [DUT]।
- परीक्षा और माप उपकरण: दोलनदर्शी, आरएफ स्रोत। डिजिटल मल्टी-मीटर इत्यादि स्वेच्छ तरंगरूप जनित्र
- अंतरफलक केबल जैसे आरएस -232 सीरियल केबल, जीपीआईबी केबल, लैन केबल इत्यादि।




चित्र 1 सीपीसीआई आधारित भू-जाँच इकाई सेटअप

चित्र 2 भू-जाँच इकाई में नियंत्रण के प्रवाह के लिए अनुक्रम आरेख दिखाता है। प्रचालक कंसोल डीयूटी के लिए पीएलसी अनुकारक को कॉन्फ़िगर करने के लिए कमांड और डीयूटी विशिष्ट प्राचल का चयन करता है, जिसे बोर्ड के आई ./ ओ. मॉड्यूल द्वारा समर्थित वीसी ++ कार्यों के डीएलएल को कॉल करके डीपी 3510 बोर्ड को भेजा जाता है। जीसीयू चयनित उपतंत्र के आधार पर उच्च निष्पादन 32-बिट डिजिटल आई / ओ ( या बिट-मैपर कार्ड) कार्ड या जीपीआईबी केबल का उपयोग कर सीधे टेक्ट्रोनिक्स दोलनदर्शी से आउटपुट डेटा प्राप्त करता है। घड़ी संकेत और एनालॉग इनपुट स्रोत का नियंत्रण, स्वेच्छ तरंगरूप जनित्र (ए.डब्ल्यू.जी.) एनआई पीएक्सआई जीपीआईबी [IEEE 488.2 Std.] उपकरण नियंत्रक मॉड्यूल का उपयोग करके स्वचालित तरीके से किया जाता है जिसमें उच्च गति डेटा स्थानांतरण के लिए प्रत्यक्ष स्मृति अभिगम (डीएमए) नियंत्रक होता है। जीसीयू में विभिन्न सिग्नल संसाधन एल्गोरिदम का उपयोग करके डीयूटी के निष्पादन विश्लेषण और अभिलक्षण के लिए प्रग्रहित किया गया कच्चा डेटा निकाला जाता है। इसलिए, कार्यात्मक परीक्षण और डिवाइस अभिलक्षण डीयूटी की कार्यक्षमता को सत्यापित करने और मापने के लिए आवश्यक सभी परीक्षणों को शामिल करता है।

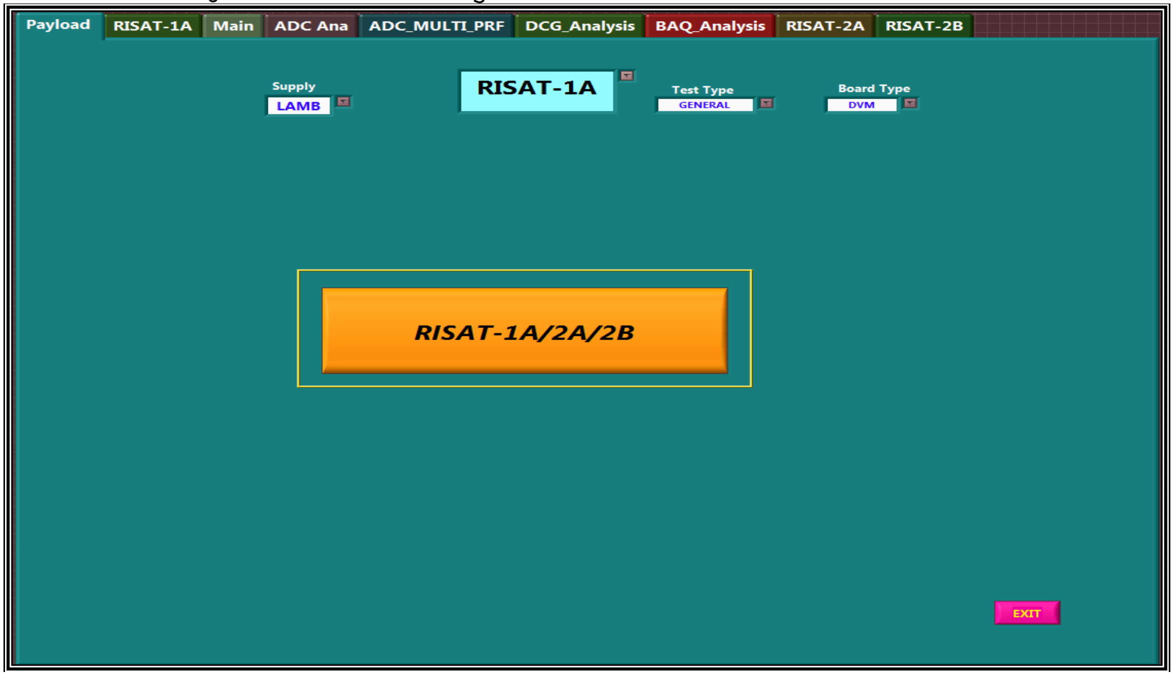



चित्र 2 जीसीयू सेटअप का अनुक्रम आरेख

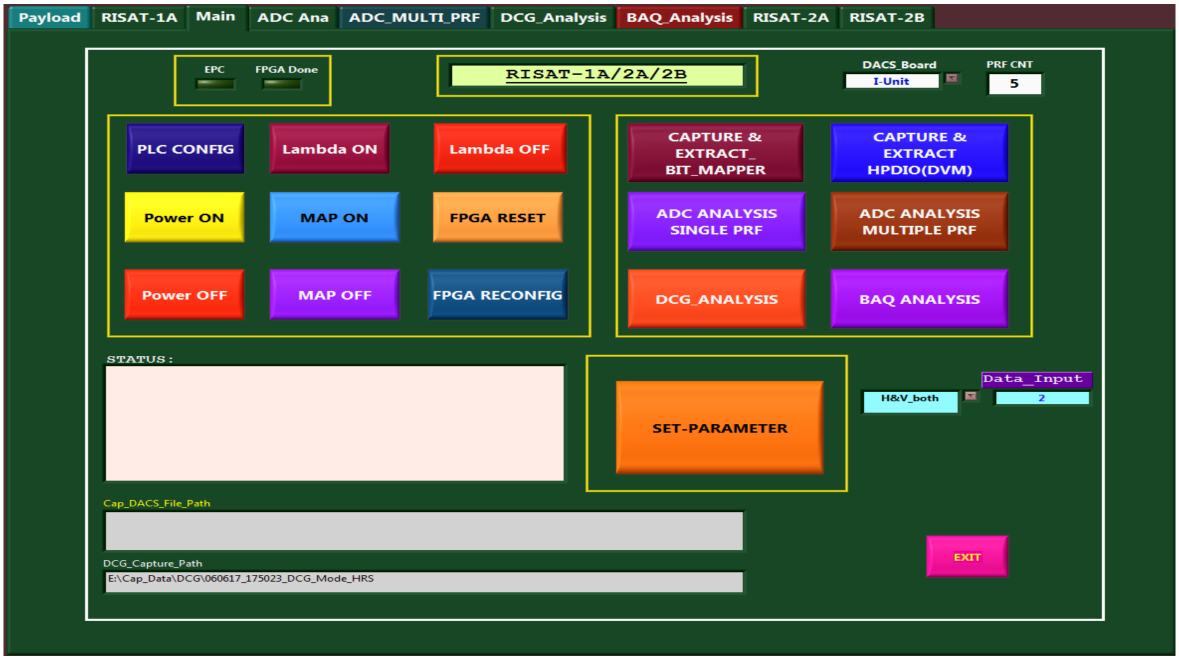
### 3. भू-जाँच इकाई विकास:

डीयूटी में इनपुट के रूप में उद्दीप, आर.एफ. और घड़ी संकेत भेजने के लिए जीसीयू प्रचालन को ग्राफी प्रयोक्ता अंतरापृष्ठ(जीयूआई) के माध्यम से नियंत्रित किया जाता है। जीसीयू के विकास के लिए लैबव्यू, मैटलैब और वी.सी. ++ के साथ विंडोज 7 ऑपरेटिंग सिस्टम का उपयोग किया गया है। पीएलसी अनुकारक (डीपी 3510 कार्ड) को वीसी ++ में अपने अन्तस्थ फलन का उपयोग करके नियंत्रित किया जाता है, जिसका प्रयोग लैबव्यू मंच में अपने

डीएलएल को कॉल करके किया जाता है। प्रचालक कंसोल कंसोल शक्ति प्रदाय इकाई, उच्च आवृत्ति घड़ी और एनालॉग इनपुट स्रोत, स्वेछ तरंग जनित्र के अनुक्रमिक संचालन की अनुमति प्रदान करता है।




चित्र 3 भू-जाँच इकाई नीतभार चयन पैनल




चित्र 4 भू-जाँच इकाई प्रचालक कंसोल

प्रग्रहित किए गए डेटा के ऑनलाइन प्राचलिक मूल्यांकन के साथ-साथ एच.टी.एम्.अल. प्रारूप में जीसीयू हार्ड डिस्क पर विश्लेषण किए गए परिणामों को संग्रहीत करने के लिए भी एक प्रावधान है। इन डिजिटल उपतंत्रों में प्रमुख महत्वपूर्ण घटक, जिनका प्रदर्शन नियमित रूप से निगरानी की आवश्यकता है, वे हैं:

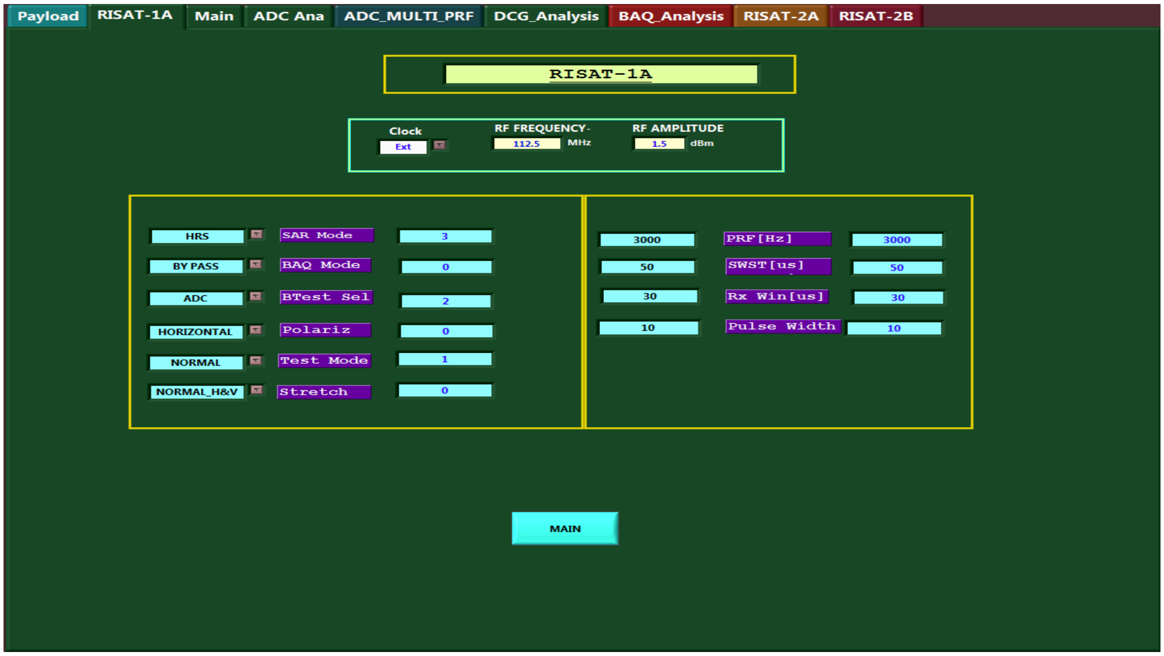
- एनालॉग से डिजिटल कनवर्टर (ए.डी.सी.)
- संकेत संसाधक या एफपीजीए।
- डीयूटी से प्रग्रहित प्रारूपित कच्चा डेटा जिसमें सिंक शब्द, सहायक डेटा, आउटपुट डेटा और पाद लेख शामिल हैं।

एकल जीसीयू इकाई जीयूआई आरआईसैट -1ए, आरआईसैट -2 ए और आरआईसैट -2 बी एसएआर नीतभार के लिए विकसित की गई है। पेलोड चयन विकल्प के साथ, फ्रंट पैनल पर शक्ति प्रदाय चयन और बोर्ड प्रकार चयन विकल्प प्रदान किए गये हैं।

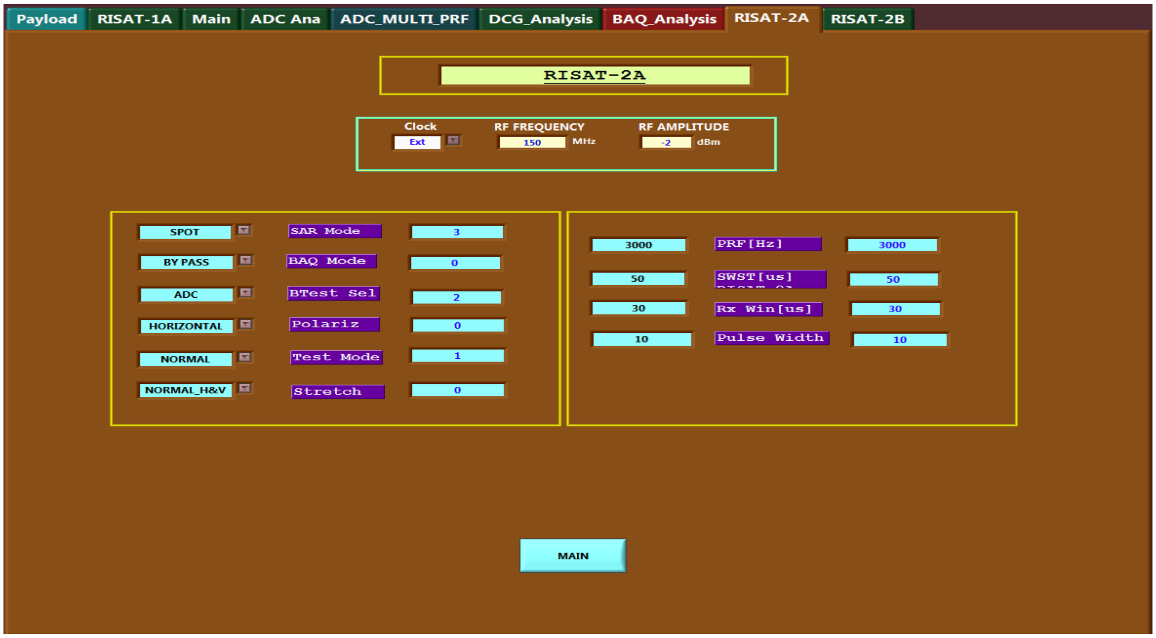
नीतभार के चयन के बाद, पीएलसी संरूपण किया जाता है। प्रचालक कंसोल से संबंधित बटन का उपयोग करके शक्ति प्रदाय इकाई, घड़ी स्रोत और एनालॉग इनपुट स्रोत पूर्व निर्धारित अनुक्रम में स्विच ऑन किए जाते हैं।

नीतभार चयन के अनुसार, हमें एसएआर मोड, बी.ए.क्यू. मोड, पीआरएफ संख्या, ग्राही एवं प्रेसी गवाक्ष स्पंद की चौड़ाई प्राप्त करना, ध्रुवीकरण प्रकार इत्यादि जैसे इनपुट प्राचल प्रदान करने होंगे। "सेट-पैरामीटर" बटन पर क्लिक करके हम इन प्राचलों को इनपुट कर सकते हैं। अगर हम आरआईसैट -1ए के लिए परीक्षण कर रहे हैं तो हमें चित्र 5 में दिखाए गए गवाक्ष पर निर्देशित किया जाएगा।

आरआईसैट -2ए के मामले में हमें चित्र 6 में दिखाए गए गवाक्ष और आरआईसैट -2बी के मामले में चित्र 7 में दिखाए गए गवाक्ष पर निर्देशित किया जाएगा।




चित्र 5 आरआईसैट -1ए प्राचल इनपुट पैनल




चित्र 6 आरआईसैट -2ए प्राचल इनपुट पैनल

इनपुट प्राचल प्रदान करने के बाद "मैन(MAIN)" बटन पर क्लिक करने पर उपयोगकर्ता को प्रचालक कंसोल पर निर्देशित किया जाएगा। प्रचालक कंसोल के उपयोग से हम डीसीजी विश्लेषण, डीएसीएस विश्लेषण और बी.ए.क्यू. विश्लेषण निष्पादित कर सकते हैं। इन विश्लेषणों के लिए परीक्षण पद्धति और प्रक्रिया को निम्नलिखित खंड में विस्तार से समझाया गया है।

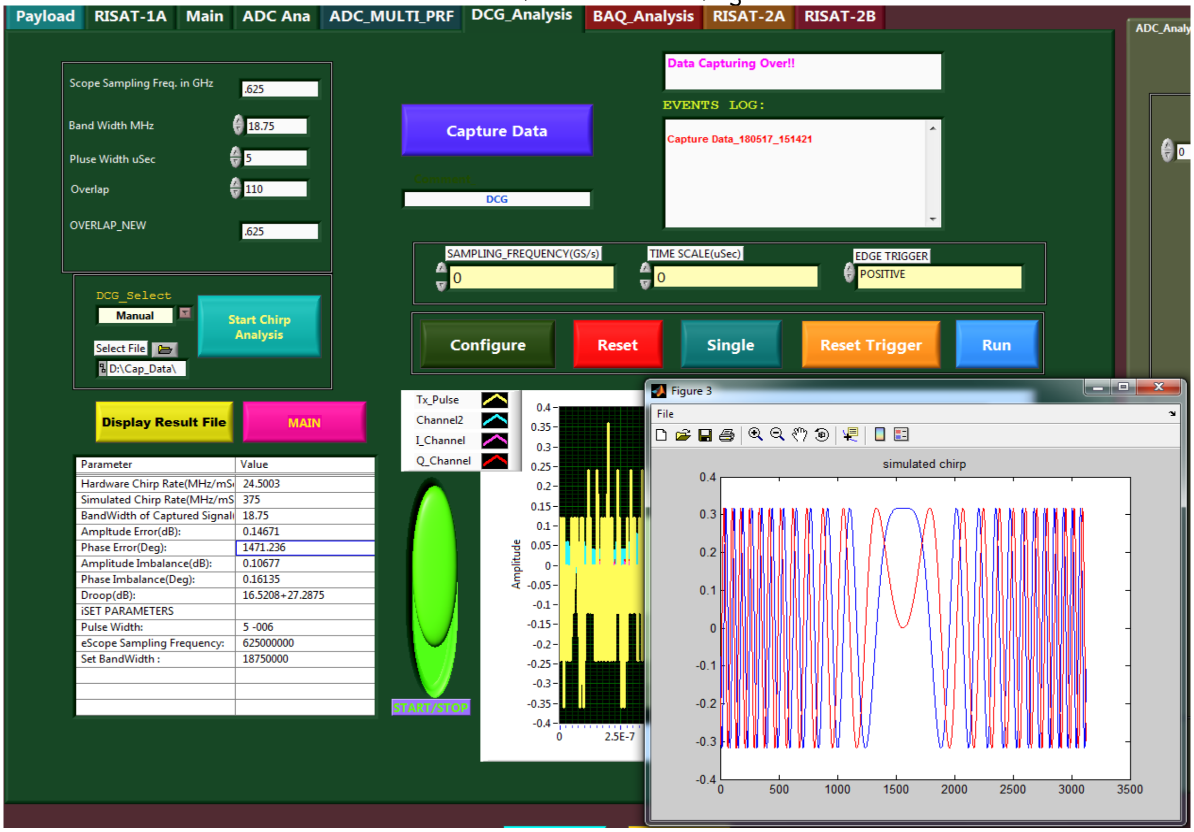
## 4. वाइडबैंड आई और क्यू डिजिटल चर्प जनित्र (डब्लूबीडीसीजी):

डब्लूबीडीसीजी का मुख्य उद्देश्य एसएआर के विभिन्न तिरछा परास विभेदन मोड के लिए अपेक्षित पूर्ण बैंड विस्तार (225 मेगाहर्ट्ज) से आधार बैंड चर्प संकेत को डिजिटल रूप से संश्लेषित करना है। आवृत्ति जनित्र (एफजी) में डिजिटल संश्लेषित आई / क्यू चर्प को फ़िल्टर किया जाता है, सदिश माडुलन किया जाता है और

आरएफ प्रेष वाहक आवृत्ति पर अभि परिवर्तित किया जाता है और सक्रिय एंटीना व्यूह को पास किया जाता है।

डीसीजी उपतंत्र परीक्षण के लिए विश्लेषण किए जाने वाले प्रमुख मानक चर्प दर, आई और क्यू संकेतको का बैंड विस्तार, आई और क्यू संकेतको के बीच आयाम और कला असंतुलन, आदर्श चर्प एवं जनित चर्प संकेत के बीच आयाम और कला त्रुटि इत्यादि हैं।

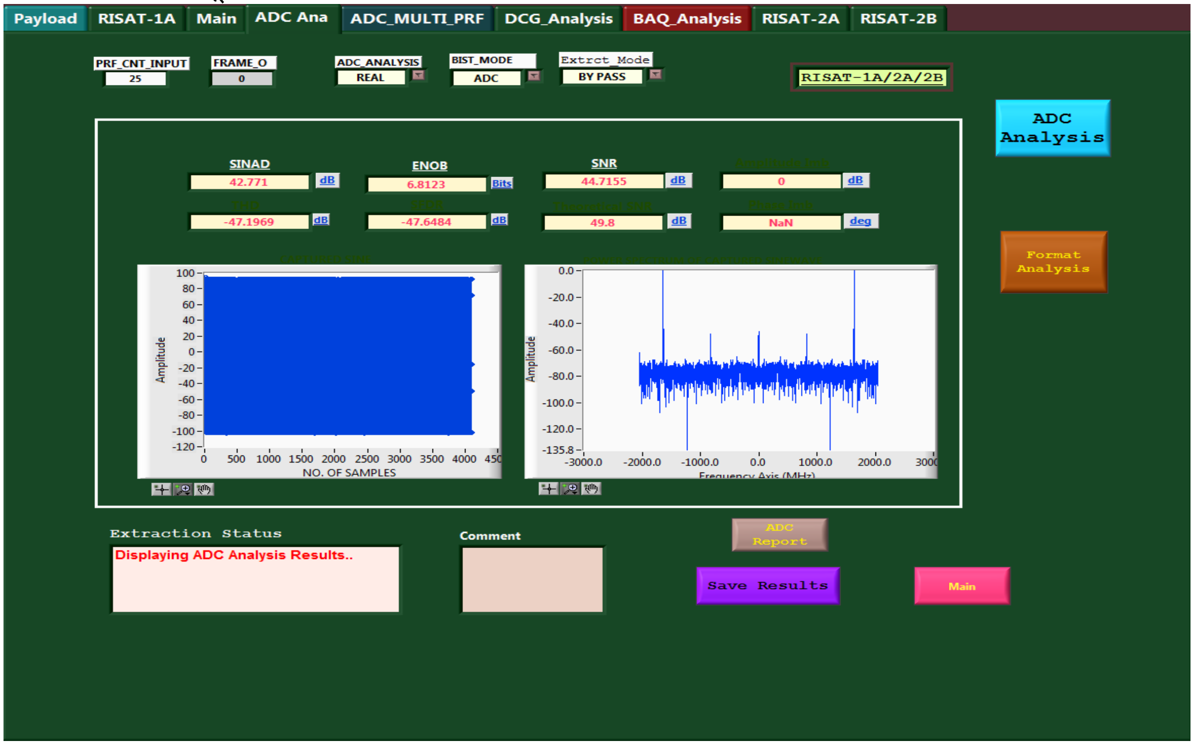
चित्र 7 आरआईसैट -2बी प्राचल इनपुट पैनल



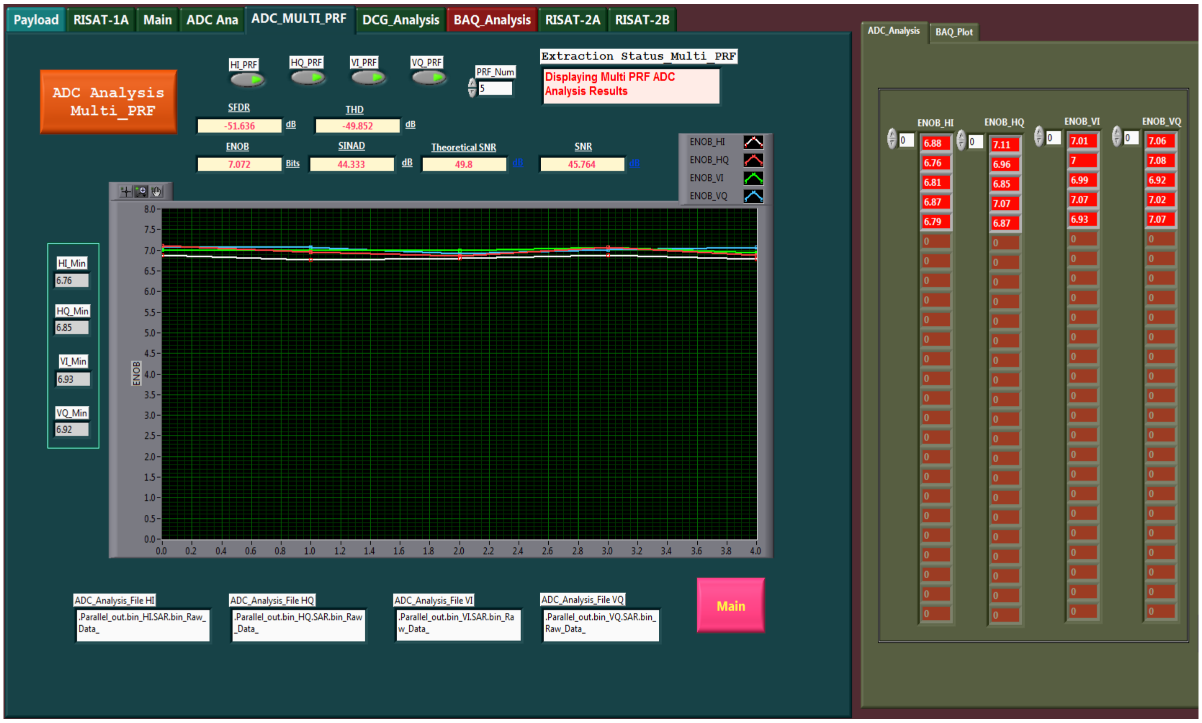

चित्र 8 भू-जाँच इकाई डेटा प्रग्रहण और विश्लेषण

प्रचालक कंसोल में "डीसीजी एनालिस" बटन पर क्लिक करने के बाद हमें चित्र 8 में दिखाए गए गवाक्ष पर निर्देशित किया जाएगा। इसमें हमने जीयूआई में ही टेकक्ट्रोनिक्स डी.एस.ओ. की स्वत: नियंत्रण सुविधा विकसित की है। "कैप्चर डेटा" पर क्लिक करके डी.सी.जी. डेटा प्रग्रहित किया जाएगा। अब हमें इनपुट प्राचल प्रदान करना होगा और डीसीजी विश्लेषण शुरू करने के लिए "स्टार्ट चर्प एनालिस " पर क्लिक करना होगा। चर्प विश्लेषण समाप्त होने पर सभी प्राचल परिणाम सारणीबद्ध तरीके से चित्र 8 में दिखाए गए

अनुसार जीयूआई के परिणाम मूल्यांकन पैनल में प्रदर्शित होते हैं। डीसीजी उपतंत्र परीक्षण के लिए विश्लेषण किए जाने वाले प्रमुख मानक चर्प दर, आई और क्यू संकेतको का बैंड विस्तार, आई और क्यू संकेतको के बीच आयाम और कला असंतुलन, आदर्श चर्प एवं जनित चर्प संकेत के बीच आयाम और कला त्रुटि इत्यादि हैं।




चित्र 9 एकल पी.आर.एफ. के लिए डी.ए.सी.एस. डेटा विश्लेषण




चित्र 10 एकाधिक पी.आर.एफ. के लिए डी.ए.सी.एस. डेटा विश्लेषण

प्रचालक कंसोल में "डीसीजी एनालिस" बटन पर क्लिक करने के बाद हमें चित्र 8 में दिखाए गए गवाक्ष पर निर्देशित किया जाएगा। इसमें हमने जीयूआई में ही टेकट्रोनिक्स डी.एस.ओ. की स्वत: नियंत्रण सुविधा विकसित की है। "कैप्चर डेटा" पर क्लिक करके डी.सी.जी. डेटा प्रग्रहित किया जाएगा। अब हमें इनपुट प्राचल प्रदान करना होगा और डीसीजी विश्लेषण शुरू करने के लिए "स्टार्ट चर्प एनालिस " पर क्लिक करना होगा। चर्प विश्लेषण समाप्त होने पर सभी प्राचल परिणाम सारणीबद्ध तरीके से चित्र 8 में दिखाए गए अनुसार जीयूआई के परिणाम मूल्यांकन पैनल में प्रदर्शित होते हैं।

## 5. डेटा अधिग्रहण और संपीड़न प्रणाली (डी.ए.सी.एस.):

डी.ए.सी.एस. उपतंत्र का मुख्य उद्देश्य सी-बैंड एस.ए.आ.र नीतभार के वी और एच अभिग्राहियो के आई और क्यू चैनलों के लिए आवश्यक डेटा अधिग्रहण और डिजिटलीकरण प्रदान करना है। इसके अतिरिक्त, डी.ए.सी.एस. डिजिटलीकृत डेटा के ब्लॉक अनुकूली राशिकरण, डी.ए.सी.एस. और अंतरिक्ष यान ऑक्स के साथ डेटा की आवश्यक प्रारूपण और तीव्र गति क्रमिक इंटरफ़ेस के माध्यम से डेटा को आधार बैंड डेटा प्रबंध इकाई (बीडीएच) में स्थानांतरण इत्यादि प्रकार्य करता है।

डी.ए.सी.एस. के परीक्षण और मूल्यांकन में, मूल्यांकन किए जाने वाले महत्वपूर्ण प्राचलों में एनालॉग-टू-डिजिटल कनवर्टर, संकेत संसाधक(एफ.पी.जी.ए.) की कार्यक्षमता सत्यापन, डेटा संपीड़न विश्लेषण और आउटपुट डेटा के प्रारूप सत्यापन विश्लेषण इत्यादि हैं। हमने दोनों बिटमैपर और उच्च निष्पादन 32-बिट डिजिटल आई / ओ (HPDI/O) कार्ड का उपयोग कर डेटा प्रग्रहण की सुविधा प्रदान की है। जीयूआई में " कैप्चर एंड एक्सट्रैक्ट " बटन पर क्लिक करके आउटपुट डेटा प्रग्रहण किया जा सकता है। डीयूटी से आउटपुट डेटा होस्ट कंप्यूटर के हार्ड डिस्क पर उचित समय मुद्रांकन के साथ संग्रहीत हो जाता है और उसी जगह पर स्वचालित रूप से निष्कर्षण किया जाएगा। ए.डी.सी. के गतिक प्राचलों जैसे कि एस.आई.एन.ए.डी., ई.एन.ओ.बी., एस.एफ.डी.आ.र, एस.एन.आर., और टी.एच.डी. इत्यादि का मूल्यांकन चित्र 9 में दिखाए गए पैनल का उपयोग करके बहुत ही सरलता से किया जा सकता है। यह पैनल केवल एक ही पी.आर.एफ. के लिए डेटा विश्लेषण प्रदान करेगा।

हमने एकाधिक पी.आर.एफ. का एक ही साथ डेटा विश्लेषण करने के लिए भी सुविधा विकसित की है। "एडीसी एनालिस मल्टीपीआरएफ" पर क्लिक करके हम आवश्यकता अनुसार पी.आर.एफ. संख्या के लिए ई.एन.ओ.बी. विश्लेषण कर सकते हैं। यह चित्र 10 में दिखाया गया है।

## 6. निष्कर्ष:

स्वत: भू-जाँच इकाई के विकास ने तकनीकी श्रमशक्ति आवश्यकताओं को कम कर दिया है, एवं परीक्षण प्रक्रियाओं को गति प्रदान की है | इस एकल भू-जाँच इकाई ने आरआईसैट -1ए, आरआईसैट -2ए और आरआईसैट- 2बी एसएआर नीतभारों के लिए विकसित डिजिटल उपतंत्र के ऑनलाइन परीक्षण को सरल बना दिया है। यह जाँच इकाई उपयोगकर्ता के अनुकूल, संचालित करने में आसान, सुवाह्य है और जटिल डिजिटल उपतंत्र के परीक्षण में शामिल मानव त्रुटि तत्व को कम करता है। सभी तीन एसएआर नीतभारों के लिए एकीकृत जीसीयू जीयूआई, ने परीक्षण अंतरापृष्ठ को सामान्य बना दिया है और इसने संसाधन आवश्यकताओं को भी कम किया है। भविष्य में एस.ए.आ.र नीतभारों के जटिल परीक्षण में यह स्वत: भू-जाँच इकाई बहुत ही उपयोगी होगी। इसे मामूली संशोधन के साथ अन्य एसएआर नीतभारों के लिए आसानी से संपूरण किया जा सकता है।

**लेखक परिचय:** **शोकीन फोगाट** का जन्म 28 दिसंबर, 1991 को चरखी दादरी, हरियाणा में हुआ था। उन्होंने वर्ष 2013 में इलेक्ट्रॉनिकी और संचार इंजीनियरि में अपनी बी.टेक डिग्री स्वर्ण पदक के साथ दीनबंधु छोटू राम विश्वविद्यालय, हरियाणा से प्राप्त की। वह अप्रैल, 2014 में सैक,इसरो, अहमदाबाद में शामिल हो गए। वह वर्तमान में आरआईसैट -1ए, आरआईसैट -2ए और आरआईसैट- 2बी से संबंधित डिजाइन, विकास और भू-जाँच इकाई विकास में शामिल हैं। उनके रुचि के क्षेत्रों में मिश्रित संकेत ए.एस.आई.सी.(ASIC) डिजाइनिंग और सॉफ्टवेयर प्रोग्रामिंग शामिल है।

अभिषेक कुणाल का जन्म 17 अक्टूबर, 1983 को बोकारो, झारखंड, में हुआ था। उन्हें 2005 में विश्वेश्वरी तकनीकी विश्वविद्यालय से दूरसंचार इंजीनियरि में बी.टेक डिग्री मिला। वह 2006 में सैक, इसरो, अहमदाबाद में शामिल हो गए। वह वर्तमान में विभिन्न इसरो मिशनों के लिए एस.एस.आर. ( सॉलिड स्टेट रिकॉर्डर) के डिजाइन और विकास संबंधी गतिविधियों और विभिन्न एसएआर नीतभारों के जीसीयू विकास में शामिल हैं।। उनके रुचि के क्षेत्र डिजिटल संकेत संसाधन और सॉफ्टवेयर प्रोग्रामिंग हैं।

संजय एम. त्रिवेदी ने 1982 में टीईबी, गुजरात से इलेक्ट्रॉनिकी में डिप्लोमा प्राप्त किया। 1986 में आईईटीई से इलेक्ट्रॉनिकी और संचार में स्नातक की उपाधि प्राप्त की। 1993 में गुजरात विश्वविद्यालय से बीई (ईसी), 2013 में एस.वी.एन.आई.टी., सूरत, से एम.टेक (आर) की डिग्री प्राप्त की| वर्तमान में वह सैक, इसरो,अहमदाबाद में वैज्ञानिक / इंजीनियर के रूप में नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिकी के डिजाइन एवं इसरो के विभिन्न उपग्रहों के माइक्रोवेव नीतभार के लिए ए.एस.आई.सी., एफ.पी.जी.ए. और माइक्रोकंट्रोलर का उपयोग कर संकेत संसाधन के क्षेत्र में काम कर रहे हैं।

**संदर्भ:**


1) आरआईसैट -1ए एसएआर नीतभार प्रारंभिक डिजाइन समीक्षा दस्तावेज़ |
2) आरआईसैट -2ए एसएआर नीतभार प्रारंभिक डिजाइन समीक्षा दस्तावेज़ |
3) आरआईसैट -2बी एसएआर नीतभार बेसलाइन डिजाइन समीक्षा दस्तावेज़ |
4) कोरी एल क्लार्क, "लैबव्यू डिजिटल संकेत संसाधन एवं डिजिटल कम्युनिकेशंस", मैकग्रा हिल प्रकाशन|
5) एनालॉग डिवाइस, "एनालॉग-टू-डिजिटल रूपांतरण पुस्तिका।
6) www.ni.com

# उपग्रह क्षमता संवर्धन के नवीन विकल्प


लीना कोहली कपूर, आशीष सुनकारा, एस एन सताशिया
एससीटीडी/ एसएनजीजी अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत
leena@sac.isro.gov.in



**सारांश -**

*उपग्रह बैंड विस्तार अत्यंत दुर्लभ एवं मूल्यवान है। विभिन्न अनुप्रयोगों द्वारा उपग्रह क्षमता का उचित प्रयोग कर पाना अत्यंत अनिवार्य है। सूचना प्रौद्योगिकी के युग में उपयोगकर्ता के लिए हाई स्पीड इन्टरनेट और अन्य संचार सेवाएँ प्रदान करने के लिए उपग्रह की क्षमता के प्रवर्धन की आवशयकता है। क्षमता प्रवर्धन मात्र बैंड विस्तार बढ़ाने से प्राप्त नहीं होगा वरन ऐसे साफ्टवेयरों के विकास की आवशयकता है जो प्राप्य बैंड विस्तार का सदुपयोग करने में सक्षम हो। इस लेख में क्षमताप्रवर्धन के ऐसे ही तरीकों पर प्रकाश डाला गया है।*


## 1. प्रस्तावना

उन्नत सूचना प्रौद्योगिकी के युग में उपयोगकर्ता के लिए हाई स्पीड इन्टरनेट और अन्य संचार सेवाएँ अत्यंत महत्वपूर्ण है। संचार उपग्रहों के पास भारत के ग्रामीण और भौगोलिक दृष्टि से अलगथलग पड़े क्षेत्रों में हाई स्पीड इन्टरनेट एक्सेस प्रदान करने की बहुत क्षमता है। भविष्य में उच्च क्षमतायुक्त उपग्रह (एचटीएस) जैसे सैट-19 एवं जी-सैट-11 उन्नत प्रौद्योगिकी के युग में उपयोगकर्ता के लिए हाई स्पीड इन्टरनेट और अन्य संचार सेवाएँ प्रदान करके सामाजिक अनुप्रयोगों की सीमा को और भी बढ़ा देंगे। अपितु इन्टरनेट अनुप्रयोगों द्वारा संचार उपग्रह की क्षमता का संपूर्ण प्रयोग कर पाना चुनौती पूर्ण काम है। उपग्रह संचरण में निहित अन्तर्निहितता का बृहत डाटा स्थान्तरण एवं प्रसारण पर असर नहीं होता लेकिन इंटरएक्टिव अनुप्रयोगों में जहाँ एक प्रारंभिक कड़ी कि स्थापना करना अनिवार्य है यह क्षमता के पूर्ण उपयोग में बाधक सिद्ध होता है। असौभाग्यवश इन्टरनेट की प्रमुख परिवहन प्रोटोकॉल टीसीपी में एक प्रारंभिक कड़ी की स्थापना करना अनिवार्य होता है। सामान्य इन्टरनेट अनुप्रयोग जैसे वेब ब्राउसिंग, फाइल स्थान्तरण प्रोटोकाल, रिमोट लोगिन (टेलनेट), विडियो सम्मलेन, ई-मेल साफ्टवेयर आदि टीसीपी/आईपी पर आधारित है। इन साफ्टवेयर की अनुक्रिया एवं क्रियान्वयन तकनीक उपग्रह कड़ी के अनुकूल नहीं है।

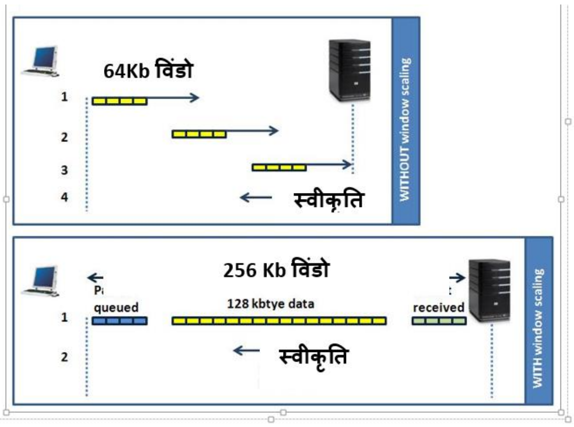
## 2. उपग्रह संचरण के लिए टीसीपीट/ आईपी – सीमाए

इन्टरनेट के प्रमुख अनुप्रयोग टीसीपी प्रोटोकॉल पर आधारित है। टीसीपी प्रोटोकॉल में एक बार में कितना डाटा स्थानांतरित होना है यह प्रारंभ में ही प्रेषित्र और अभिग्राही के बीच तय कर लिया जाता है जिसे एक 'विंडो' कहा जाता है। जबतक अभिग्राही से स्वीकृति प्राप्त नहीं होती प्रेषित्र पुनः और डाटा नहीं भेजता। यदि समय पर अभिग्राही से स्वीकृति प्राप्त नहीं होती तो प्रेषित्र मान लेता है कि नेटवर्क संकुलन के कारण डाटा कि क्षति हो गयी है और वही डाटा पुनः प्रेषण करता है। यही नहीं प्रेषित्र नेटवर्क संकुलन कम करने के लिए अपना संचरण दर भी कम कर लेता है ताकि बार बार डाटा का पुनःसंचरण न करना पड़े।

टीसीपी/आईपी सेशन में प्रारंभ में डाटा धीमी दर से भेजा जाता है। जैसे-जैसे अभिग्राही से स्वीकृति प्राप्त होती जाती है डाटा भेजने कि दर बढ़ती जाती है ताकि उपलब्ध क्षमता का पूरा प्रयोग किया जा सके। इसे धीमा प्रारंभ (स्लो स्टार्ट ) कहते है। इसके पश्चात डाटा भेजने की दर बढ़ती जाती है जब तक कि अभिग्राही द्वारा भेजी गयी स्वीकृति पुनःप्रेषित पर ना पहुँचे तथा उसे डाटा क्षति का अनुभाव हो।

इस प्रकार नेटवर्क की स्थिति के अनुकूल टीसीपी अधिकतम गति से डाटा भेजने के लिए सक्षम प्रोटोकॉल है। मानक टीसीपी प्रोटोकॉल उपग्रह कड़ी में निहित अन्तर्निहितता को नहीं समझता। अभिग्राही द्वारा भेजे गए स्वीकृति के पैकेट जब उपग्रह की दूरी के कारण प्रेषित्र पर देर से पहुचते है तो इस विलम्ब को नेटवर्क संकुलन समझ कर प्रेषित डाटा भेजने की दर को बिल्कुल कम कर देता है तथा धीमे प्रारंभ कि स्थिति में चला जाता है। अतः इस प्रकार उपग्रह क्षमता कापूर्णतः उपयोग नहीं हो पाता।

चित्र 1. टीसीपी प्रोटोकॉल का धीमा प्रारंभ तथा डाटा दर बढ़ाने की स्कीम




चित्र 2. बड़ी विंडो में डाटा स्थान्तरण का लाभ

### 3.उपग्रह संचरण के लिएटीसीपी के नए विकल्प

टीसीपी प्रोटोकॉल के साफ्टवेयर को उपग्रह संचरण के अनुकूल बनाने के लिए उसमे कुछ परिवर्तन करना अनिवार्य है। इस सेक्शन में टीसीपी साफ्टवेयर में उपग्रह संचरण के लिए जो परिवर्तन किये जा रहे है उनका वर्णन किया गया है।

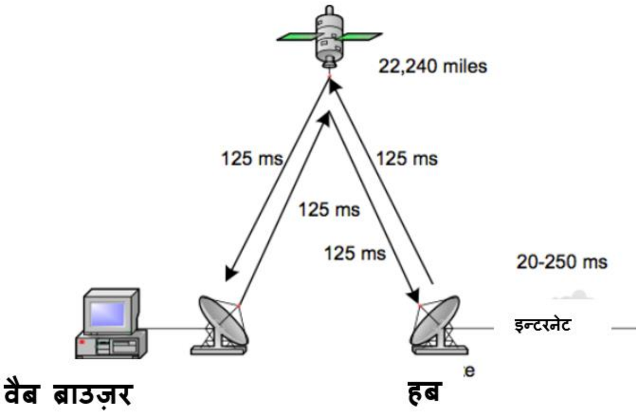
### 3.1 टीसीपी का विंडो प्रवर्धन

टीसीपी हेडर में 16-बिट का फ़ील्ड होता है जो प्रेषण से पूर्व प्रेषित्र को यह सूचना देता है कि अभिग्राही की अभिग्रहण विंडो क्या है अथार्त अभिग्राही एक बार में कितना डाटा ले सकने तथा उसकी स्वीकृति भेज सकने में सक्षम है। 16-बिट के आधार पर जो सबसे बड़ा विंडो सेट किया जा सकता है वह है 2^16 = 65 KB

नए टीसीपी साफ्टवेयर में 'विंडो स्केल' का विकल्प दिया गया है जिसके द्वारा 2^16 से बड़ी विंडो निश्चित की जा सकती है। बड़ी विंडो में बिना स्वीकृति प्राप्त किये ज्यादा डाटा भेजा जा सकता है तथा डाटा भेजना का दर भी शीघ्रता-शीघ्र बढ़ता है।

### 3.2 समय मुद्रांकन विकल्प

टीसीपी को यदि निर्धारित अवधि में अभिग्राही से डाटा की स्वीकृति प्राप्त नहीं होती तो वह इसे डाटा क्षति मान लेता है। टीसीपी प्रत्येक डाटा खंड के लिए एक टाइमर सेट कर लेता है तथा उस टाइमर की समाप्ति पर यदि स्वीकृति प्राप्त नहीं हो तो पुनःडाटा प्रेषित कर देता है। अतः उपग्रह प्रसारण में पूर्ण काल चक्र का सही आकलन करना अत्यंत आवश्यक है। इसी आधार पर काल मापित्र या टाइमर सेट होता है और डाटा का पुनःप्रसारण तय किया जाता है। काल मापित्र की उचित सेटिंग ही टीसीपी की संकुलन नियंत्रण निति तय करती है।

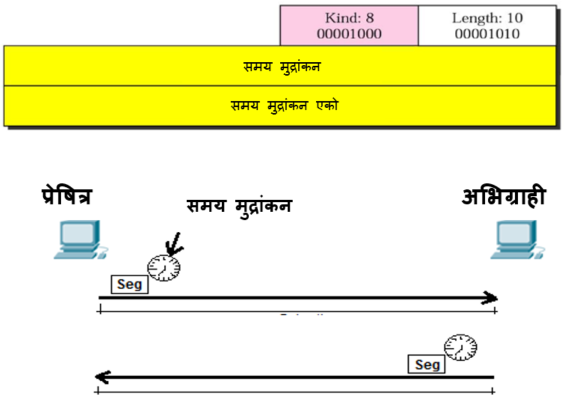



**चित्र 3 . उपग्रह कड़ी में निहित अन्तर्निहितता**

टीसीपी एक विंडो में उपग्रह संचरण के पूर्ण काल चक्र का मापन सिर्फ एक बार करता है। छोटी विंडो के लिए यह स्वीकार्य है किन्तु बड़ी विंडो के लिए उपग्रह प्रसारण के पूर्ण काल चक्र का सही आकलन इस प्रकार नहीं हो पाता है।

टीसीपी के समय मुद्रांकन विकल्प द्वारा प्रेषित्र प्रत्येक खंड में प्रेषण की समय की जानकारी प्रदान करता है तथा अभिग्राही भी अपनी स्वीकृति में समय निर्धारित कर के भेजता है। इस प्रकार पूर्ण काल चक्र का सही आकलन हो पाता है तथा टाइमर की सेटिंग में भी त्रुटि नहीं होती।

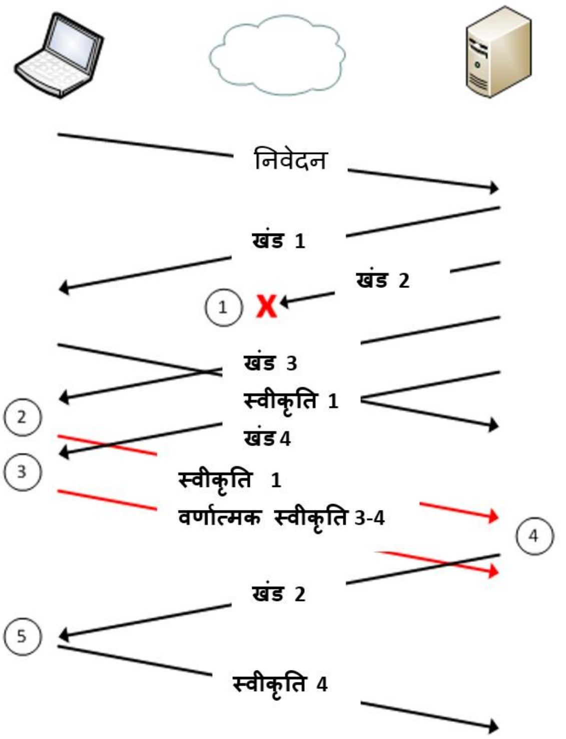
अतः अभिग्राही से स्वीकृति विलम्ब में पहुँचने पर भी प्रेषित्र स्लो 'स्टार्ट अवस्था' में नहीं जाता तथा उपग्रह बैंड विस्तार तथा क्षमता का पूरा प्रयोग हो पाता है।




**चित्र 4 . समय मुद्रांकन विकल्प**

### 3.3 वर्णात्मक स्वीकृति

टीसीपी के वर्तमान साफ्टवेयर संचयी स्वीकृति स्कीम पर आधारित है जिससे टीसीपी प्रेषित्र को पूर्ण काल चक्र में सिर्फ एक डाटा खंड की क्षति के विषय में ही सूचना मिल पाती है। अतः कम जानकारी के आधार पर प्रेषित्र कई डाटा खंड का पुनः प्रसारण पर देता है जो अभिग्राही परपहले ही पहुँच चुके होते है। इस प्रकार टीसीपी का थ्रूपुट बहुत कम हो जाता है टीसीपी के नए साफ्टवेयर वर्णात्मक स्वीकृति स्कीम पर आधारित है। इसके अंतर्गत अभिग्राही वर्णात्मक स्वीकृति भेज कर प्रेषित्र को जो डाटा खंड सफलतापूर्वक प्राप्त हो गए हो उनकी सूचना भेज देता है तथा वही खंड पुनः प्रसारित किये जाते है जो प्राप्त नहीं हुए हो। इससे टीसीपी थ्रूपुट पर भी प्रभाव नहीं पड़ता पुनः प्रसारण की अवधि कम हो जाती है तथा प्राप्य क्षमता का भी पूर्णतः उपयोग हो पाता है।




**चित्र 5 . वर्णात्मक स्वीकृति**

### 3.4 'स्लो स्टार्ट' प्रवर्धन

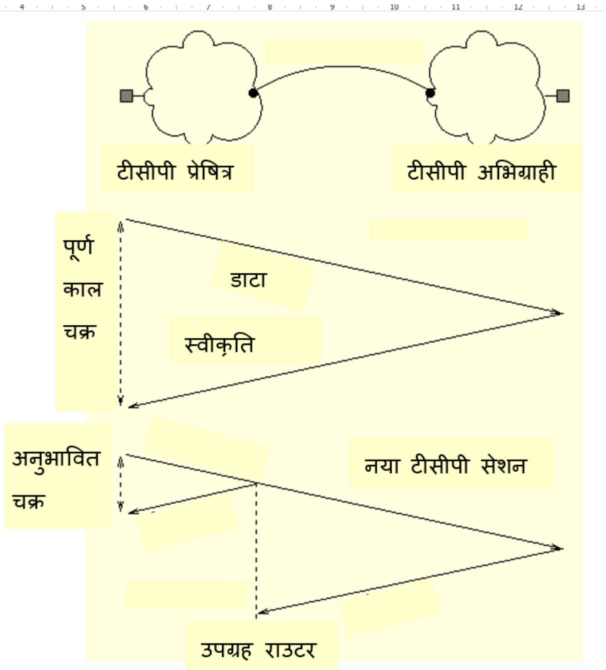
अनुक्रमणिका

प्रारंभ में टीसीपी के 'स्लो स्टार्ट' की विंडो अत्यंत तीव्र गति से बढती है किन्तु उपग्रह संचरण के प्राप्य बैंड विस्तार के लिए यह दर उपयुक्त नहीं है।
"4K स्लो स्टार्ट" (4KSS) टीसीपी विकल्प में प्रारंभिक विंडो एक खंड की न होके 4 खंड (4380 बाईट) की होती है। अतः छोटे फाइल प्रेषण एक चक्र में ही संपूर्ण हो जाते है और उपग्रह संचरण में निहित अन्तर्निहितता का प्रभाव भी कम पड़ता है।

### 3.5 निष्पादन प्रवर्धन प्रतिनिधि

जैसा की उपर्युक्त खंड में वर्णन किया गया है वर्तमान टीसीपी साफ्टवेयरउपग्रह संचरण में निहित अन्तर्निहितताको नेटवर्क संकुलन मान लेते है जबकि असल कारण उपग्रह तक की लंबी दूरी होती है। अतः डाटा अत्यंत कम दर से भेजा जाता है और उपग्रह क्षमता का सही उपयोग नहीं हो पाता।

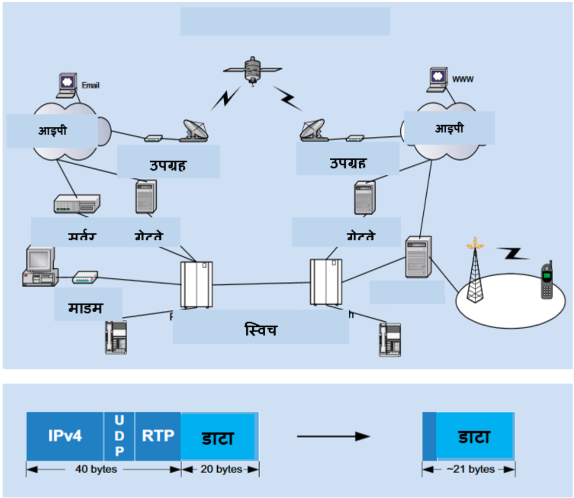
उपग्रह संचरण की लंबी दूरी से जूझने के लिए **टीसीपी त्वरण** अथवा **निष्पादन प्रवर्धन प्रतिनिधि** तकनीक का प्रयोग किया जाता है।टीसीपीत्वरणका उपकरण टीसीपी सेशन वही समाप्त कर एक नया स्थापित करता है। प्रेषित्र को इसका अनुभाव नहीं होता क्योकि त्वरक निरंतर डाटा की स्वीकृति भेजता रहता है। प्रेषित्र को यह आभास होता है कि स्वीकृति अभिग्राही द्वारा भेजी जा रही है तो स्लो स्टार्ट से निकल कर डाटा भेजने की दर निरंतर बढाता रहता है। जब अभिग्राही द्वारा वास्तविकता में स्वीकृति प्राप्त होती है तो त्वरक उन्हें आगे नहीं भेजता तथा किसी डाटा खंड कि क्षति हुई हो तो तुरंत उसकी भरपाई कर देता है। इस प्रकार प्रेषित्र और अभिग्राही को उपग्रह संचरण में निहित अन्तर्निहितता का आभास नहीं होता और टीसीपी साफ्टवेयरकी दक्षता बढ़ जाती है। इसका प्रयोग जी-सैट6 जी-सैट19 एवंजी-सैट11 के आईपी हब में किया जा रहा है।




**चित्र 6 . निष्पादन प्रवर्धन प्रतिनिधि**

### आईपी हेडर संकुलन

आईपी प्रोटोकॉल टीसीपी तथा यूडीपी प्रोटोकॉल के साथ डाटा अनेक नेटवर्क कड़ियों से होते हुए गंतव्य तक पहुँचाती है। कई कड़ियों के जटिल नेटवर्क में आईपी हेडर की आवश्यकता होती है किन्तु उपग्रह संचरण की प्रेषित्र से अभिग्राही तक की एक कड़ी में इसकी आवशयकता नहीं होती। यह हेडर अकसर डाटा खंड से भी बढ़ा होता है।अतः आईपी हेडर संकुलनसे 90% से अधिक बचत होती है , पैकट क्षति कम होती है, अनुक्रिया समय भी कम हो जाता हैऔर उपग्रह क्षमता में भी संवर्धन होता है।
आईपी हेडर संकुलनवह तकनीक है जिसके द्वारा अतिरिक्त प्रोटोकॉल हेडर प्रेषण से पूर्व संकुलित करदिएजाते है और उपग्रह कड़ी के दूसरी तरफ वापिस मौलिक स्थिति के अनुरूप कर दिए जाते है। हेडर संकुलनका फीचर उपग्रह माडम में ही उपलब्ध होता है।




**चित्र 7. आईपी हेडर संकुलन**

### उन्नत संकुलन कोडन तकनीक

उन्नत संकुलन कोडन द्वारा भी उपग्रह क्षमता का संवर्धन संभव है। इस सन्दर्भ में नवीनतम वीडियो कोडकोके विकास ने क्षमता संवर्धन के नए अवसर प्रदान किये है। MPEG-2 सेMPEG-4 के विकास नेएसडी और एचडी प्रोग्रामिंग के लिए उपग्रह बैंड विस्तार की आवशयकता कम कर दी है तथा प्राप्य बैंड विस्तार में अब अनेक सिग्नल भेजे जा सकते है। उच्च दक्षता का वीडियो कोडन (HEVC)याH.265 का नया स्टैण्डर्ड H.264 स्टैण्डर्ड से लगभग 30% से50 % से अधिक दक्षता प्रदान करता है। उन्नत संकुलन कोडन द्वारा 40% से50 % बैंड विस्तार में वृधि हो जाती है और चैनल दो गुने किये जा सकते है। इस तकनीक द्वारा प्राप्य उपग्रह क्षमता को अधिक से अधिक डाटा भेजने के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है।

इसके अतिरिक्त स्मार्ट रेट तकनीक द्वारा बहु चैनेलिय विधा में बैंड विस्तार का अनुकूलिय वितरण भी संभव है। एनकोडर यह भी तय कर सकता है अच्छी गुणता चित्र के लिए प्राप्य बैंड विस्तार को विभिन्न चैनल, चित्र अथवा यहाँ तक कि एक ही चित्र के विभन्न खंडों तथा पंक्तियों में किस प्रकार वितरित किया जाए ताकि उपग्रह क्षमता काभली प्रकार प्रयोग हो सके तथा उपग्रह बैंड विस्तार में अधिक से अधिक सूचना भेजी जा सके। स्मार्ट रेट द्वारा जब एक चैनल में कम दर का डाटा भेजा जा रहा हो तो उसकाबैंड विस्तार दुसरे चैनल पर भी स्थान्तरित किया जा सकता है।

## निष्कर्ष

इस प्रकार टीसीपी के नए विकल्पों द्वारा उपग्रह की क्षमता का पूर्णतः प्रयोग हो सकता है और थ्रूपुट भी बढ़ जाता है। उन्नत संकुलन कोडन द्वारा प्राप्य बैंड विस्तार में अब अनेक सिग्नल भेजे जा सकते है तथा उपग्रह क्षमता को अधिक से अधिक डाटा भेजने के लिए प्रयोग में लाया जा सकता है।

## लेखक परिचय

**श्रीमती लीना कोहली कपूर** ने वर्ष 1992 में आई ई टी लखनऊ से इलेक्ट्रॉनिकी अभियांत्रिकी में बी.ई. डिग्री प्राप्त की एवं 2004में बिट्स पिलानी से संचरण अभियांत्रिकी में एम.ई. डिग्री प्राप्त की है। वर्ष 2004 में इसरो के अंतरिक्षउपयोग केन्द्र में कार्य आरंभ किया। उन्हें जीसैटउपग्रह आधारित एमएसएस सेटकॉमअनुप्रयोग लिए इसरो से 'टीम एक्सीलेंस' पुरस्कार प्रदान किया गया है। वर्तमान में वह एससीटीडी / एसएनजीजीप्रभाग में कार्यरत हैं।

**श्री आशीष सुनकारा** ने वर्ष 2015 में एनआईटी त्रिचीसे इलेक्ट्रॉनिकी अभियांत्रिकी में बी.टेक. डिग्री प्राप्त की। उन्होंने वर्ष 2017 में इसरो अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में वहएससीटीडी/ एसएनजीजी प्रभाग में कार्यरत हैं।

**श्री एस एन सताशिया** ने वर्ष 1981 में गुजरात टेक्निकल एजुकेशन बोर्ड से इलेक्ट्रॉनिकी तथा संचरण अभियांत्रिकी में डिप्लोमा तथा वर्ष 1989 में एलडी कालेज अहमदाबाद से इलेक्ट्रॉनिकी अभियांत्रिकी में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। उन्होंने वर्ष 1984 में इसरो अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में कार्य आरंभ किया। उन्हें उपग्रह आधारित आपदा चेतावनी तथा संचरण प्रणाली के लिए इसरो से 'टीम एक्सीलेंस' पुरस्कार प्रदान किया गया हैं। वर्तमान में वह एसएनजीजीके ग्रुप निदेशकके पद पर कार्यरत हैं।

## संदर्भ

(i) वेब संदर्भ wikipedia.com

***

अंतरिक्ष प्रणालियों की क्षमता संवर्धन

# इसरो के *उच्च* क्षमता वाले (हाई थ्रूपुट) उपग्रह : उपग्रह डेटा सेवाओं में नया विकास

सोमेन्द्र प्रताप सिंह[1], रूपल आर. याज्ञिक [2]
वैज्ञानिक/अभियंता-एस.एफ[1]., अनुभाग-प्रधान[2] ए.ई.एस./एस.एन.जी.जी./ अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
spsingh@sac.isro.gov.in[1] ryagnik@sac.isro.gov.in[2]

**सारांश -**

*दुनिया के विभिन्न क्षेत्रों में ब्रॉडबैंड सेवाओं की पेशकश के लिए संचार उपग्रह उद्योग उच्च क्षमता वाले उपग्रह (एचटीएस) को अपना रहे है। कई बिंदु किरण पुंज (स्पॉट बीम) और आवृत्ति पुनरुपयोग तकनीकों के कारण ये उपग्रह उच्च शक्ति और बड़ी क्षमता प्रदान करते हैं। ये उपग्रह सेवा क्षमताओं की एक विस्तृत श्रृंखला के साथ बड़ी संख्या में उपयोगकर्ता टर्मिनलों की* आवश्यकताओं को *पूरा करते हैं। भारतवर्ष भी उपग्रह ब्रॉडबैंड अनुप्रयोगों के लिए संभावित बाजारों में से एक है, इसी महत्वपूर्ण उद्देश्य को ध्यान में रखते हुए देश को अंतरिक्ष तकनीकी आधारित सेवाएं प्रदान करने के लिए भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, इसरो उच्च क्षमता वाले* **उपग्रह** *(एच. टी. एस.) विकसित करने की परियोजनाओं पर कार्य कर रहा है, जिससे उपग्रह से वितरित क्षमता में भारी वृद्धि की जा सकेगी। इसरो की उच्च क्षमता वाले* ***उपग्रह*** *सीरीज के तहत अंतरिक्ष में तीन सैटेलाइट जीसैट-19, जीसैट-11 और जीसैट-20 भेजने की योजना हैं। ये तीनों ज्यादा स्पॉट बीम तकनीक पर काम करेंगे। ये देश के अब तक के सबसे अत्याधुनिक तकनीकवाले उच्च क्षमतावाले उपग्रह है। ये तीनों सैटेलाइट एक साथ संचालन में आते ही हाईक्वॉलिटी इंटरनेट- सेवाएं सस्ती होगी, टेलिकॉम और वीडियो सेवाएं पूरे देश तक पहुंच जायेगी तथा इससे डिजिटल इंडिया मिशन को मजबूती हासिल होगी।*

## 1. प्रस्तावना

आज के स्पर्धात्मक व्यवसायिक क्षेत्र के युग में ज्यादा गति वाली इन्टरनेट संचार सेवा होना बहुत जरुरी है। ग्राहक की विभिन्न डेटा आवश्यकताओं के पूर्ण करने के लिए ब्रॉडबैंड की निरंतर बढ़ती मांग निर्विवाद है। बैंडविड्थ खपत हर दो से तीन साल में दोगुनी हो रही है। इस उद्देश्य को ध्यान में रहते हुये इसरो ने उच्च क्षमता वाले उपग्रह (एच. टी. एस.) सीरीज के तहत उच्च क्षमता वाले उपग्रह प्रणालियों को डिज़ाइन किया है, जो उच्च बैंड सेवा क्षमता, गुणवत्ता और विश्वसनीयता के साथ अधिक बैंडविड्थ क्षमता और उच्च क्षमता प्रदान करते हैं। उच्च क्षमता वाले उपग्रह ग्राहक की विभिन्न डेटा आवश्यकताओं के समर्थन के लिए बैंडविड्थ देने में एक क्रान्तिकारी परिवर्तन प्रदान करते हैं। एक बड़ा देश होने के कारण भारत में विशाल भूक्षेत्र और समुद्र हैं, जहाँ सभी जगह पर इन्टरनेट सेवा उपलध नहीं हो सकती है। इन्हीं अंतरालों/ खाली जगहों को भरने के लिए यह उच्च क्षमता वाले उपग्रह आधारित सेवा का उपयोग करना जरुरी हो गया है। यह तकनीकी लेख उच्च क्षमता वाले उपग्रह के चार प्रमुख प्रश्नों को संबोधित करता है।

- उच्च क्षमता वाले उपग्रह क्या हैं और एच टी एस सिस्टम की क्या विशेषताएं हैं?
- उच्च क्षमता वाले उपग्रह सीरीज के तहत इसरो के कौन - कौन से उपग्रह को लॉन्च किया जा रहा है, और वे किस आवृत्ति बैंड का उपयोग करते हैं?
- उच्च क्षमता वाले उपग्रह तकनीकी रूप से क्या प्रदान करते हैं और उनके किन ट्रेंडों पर विचार किया जाना चाहिए?
- स्थलीय नेटवर्क बढ़ने पर भी ऐसे उपग्रह प्रणालियों की आवश्यकता किसको और क्यों है?

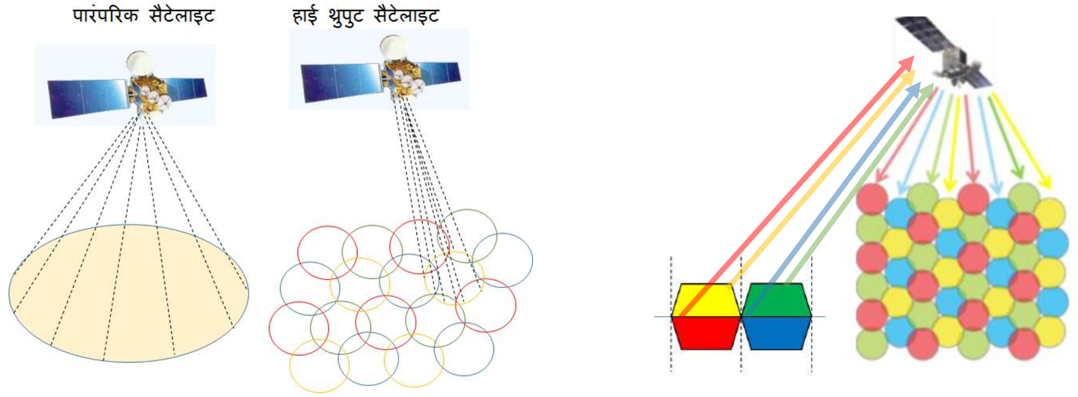
कुल मिलाकर, इस लेख में दिखाया गया हैं कि इसरो के उच्च क्षमता वाले उपग्रह कई आवृत्ति बैंडों में ग्राहकों की भविष्य की उच्च डेटा सेवाओं की अपेक्षाओं को पूर्ण करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएंगे।

## 2. एच टी एस सिस्टम की विशेषताएं

*उच्च क्षमता वाले उपग्रह* अंतरिक्ष यान की एक नई पीढ़ी है, पारंपरिक फिक्स्ड सेटेलाइट सर्विसेज (एफ.एस.एस) , ब्रोडकास्ट सेटेलाइट सर्विसेज (बी.एस.एस.) और मोबाइल सेटेलाइट सर्विसेज (एम.एस.एस.) उपग्रह प्रणालियों की तुलना में अधिक क्षमता देने में सक्षम है। पिछले सिस्टम की तुलना में एच.टी.एस. सिस्टम के संरचनामें एक मौलिक अंतर जैसा कि चित्र-1 में दिखाया गया है कि राष्टीय व्यापक बीम के बजाए वांछित सेवा क्षेत्र को आच्छादित करने के लिए मल्टी-स्पॉट संकीर्ण बीम का उपयोग है। ये मल्टी-स्पॉट संकीर्ण बीम दोगुना लाभ प्रदान करते हैं-

1. उच्च प्रेषण और ग्राह्य शक्ति: संकीर्ण बीम में एंटेना के उच्च डारेक्टिविटी लाभ के कारण दोनों प्रेषण और रिसिव शक्ति बढ़ जाती है। बढ़ी हुई उच्च प्रेषण और ग्राह्य शक्ति छोटे उपयोगकर्ता टर्मिनलों के उपयोग को सक्षम बनाती है और उच्च क्षेणी मॉड्यूलेशन के उपयोग की अनुमति देती है। परिणामस्वरूप इस प्रकार आवंटित प्रति इकाई स्पेक्ट्रम में डेटा संचरण की उच्च दर प्राप्त होती है।
2. आवृत्ति पुनरुपयोग: जब व्यापक वांछित सेवा क्षेत्र को मल्टी-स्पॉट बीम के द्वारा आच्छादित किया जाता है, तो

कई बीम उसी आवृत्ति बैंड और ध्रुवीकरण का पुनरुपयोग कर सकती है। आवृत्ति बैंड और ध्रुवीकरण का पुनरुपयोग करने से सिस्टम की आवंटित आवृत्ति बैंड की एक निश्चित मात्रा के लिए उपग्रह प्रणाली की क्षमता को बढ़ा सकते हैं।




**चित्र 1. हाई थ्रूपुट उपग्रह उच्च प्रेषण और ग्राहय शक्ति और आवृत्ति पुनरुपयोग**

### 3. *उच्च क्षमता वाले उपग्रह* का तकनीकी प्रदर्शन और ट्रेडऑफ

*उच्च क्षमता वाले उपग्रह का समग्र प्रदर्शन कई कारकों पर निर्भर करता है जोकि उपयोगकर्ता की आवश्यकताओं (टर्मिनल आकार और परिचालक ग्राहक का स्थान) और कुछ समग्र प्रणाली की रचना (एंटेना कॉन्फ़िगरेशन, आवृत्ति बैंड) आदि पर हैं।*

**उच्च आवृत्ति केए बैंड एक ही एंटेना आकार के लिये केयू बैंड से अधिक थ्रुपुट प्रदान करता हैं** हैं।

मूल रूप से प्रणाली प्रदर्शन को स्पेक्ट्रम की मात्रा और सिग्नल गुणवत्ता जो की रेडियो लिंक प्रदर्शन के माध्यम से मापी जाती है, जिसे कार्रिअर और नोइस के अनुपात (C/No) से वर्णित किया जाता है। आमतौर पर उपयोगकर्ता लिंक सबसे चुनौतीपूर्ण होता है, जो की उपयोगकर्ता टर्मिनल से सैटेलाइट तक होता है और उपयोगकर्ता टर्मिनल की विशेषताओं और सीमाओं से बाधित होता है। भौतिकी और गणित जो एचटीएस सिस्टम की समग्र दक्षता को परिभाषित करते हैं, यदि कार्रिअर और नोइस के अनुपात (C/No) मूल्यों के माध्यम से मापी जाता है तो गणना बहुत जटिल होती है, लेकिन लिंक बजट की गणना वास्तविक आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुये स्पॉट बीम डिज़ाइन और सिस्टम प्रदर्शन पर आवृत्ति चयन के महत्व को दर्शाती है। नीचे दिए गए सूत्र-1 सबसे पहले बताते हैं कि कार्रिअर और नोइस के अनुपात (C/No) लिंक आवृत्ति के वर्ग के आनुपातिक है, और इस तरह नीची आवृत्तियों से कम प्रदर्शन मिलता है, यदि समान एंटीना आकार का उपयोग किया जाता है। इस क्षतिपूर्ति को पूरा करने के लिये केए बैंड की तुलना में केयू बैंड सिस्टम में बड़े एंटेना की आवश्यकता होती है।

$$\frac{C}{N_0} \propto \frac{(D_s D_t f)^2}{L_{atm} BT}$$

D: एंटीना का व्यास) s-सैटेलाइट, t – टर्मिनल) f: आवृत्ति

$L_{atm}$: वायुमंडलीय हानि

B: बैंडविड्थ T: प्रणाली तापमान

**उच्च आवृत्ति केए बैंड संकीर्ण बीम आकार के कारण अधिक *क्षमता* प्रदान करता हैं**

नीचे दिए गए सूत्र-2 बताता है कि संकीर्ण बीम आकार उपग्रह एंटीना व्यास और संचरण आवृत्ति के उत्पाद के विपरीत पर निर्भर करता है।

$$\theta_{3dB} \propto \frac{1}{fD_s}$$

$\theta_{3dB}$: बीमविड्थ

सूत्र-2 बताता है कि उच्च आवृत्तियों का उपयोग संकीर्ण बीम का कारण बनता है।

- केयू बैंड में सामान्य प्राप्त करने योग्य बीमविड्थ : 0.8 डिग्री और 2 डिग्री सेल्सियस के बीच
- केए बैंड में सामान्य प्राप्त करने योग्य बीमविड्थ : 0.5 डिग्री से कम

यदि पहले सूत्र में उपग्रह एंटीना व्यास को अपने सूत्र-२ के अनुसार बीमविड्थ रूप में व्यक्त किया जाये तो लिंक प्रदर्शन नीचे दिए गए सूत्र-३ में अब बीम की चौड़ाई के विपरीत अनुपात के रूप में व्यक्त किया जा सकता है।

$$\frac{C}{N_0} \propto \frac{D_t^2}{\theta_{3dB}^2 L_{atm} BT}$$

इसलिए, संकीर्ण स्पॉट बीम व्यापक बीम की तुलना में अधिक कार्रिअर और नोइस के अनुपात (C/No) प्रदान करती है जिससे थ्रुपुट बढता है। उच्च आवृत्ति केए बैंड संकीर्ण बीम आकार के कारण केयू बैंड से अधिक थ्रुपुट प्रदान करता हैं।

**उच्च आवृत्ति केए बैंड संकीर्ण बीम आकार के कारण अधिक आवृत्ति पुनरुपयोग कर अधिक *क्षमता* प्रदान करता हैं**

संकीर्ण स्पॉट बीम का एक और प्रत्यक्ष प्रभाव अधिक आवृत्ति पुनरुपयोग करना है। उच्च आवृत्ति केए बैंड संकीर्ण बीम आकार के कारण केयू बैंड से दो से पांच बार अधिक आवृत्ति पुनरुपयोग कर समान भौगोलिक क्षेत्र में अधिक *क्षमता* प्राप्त कर सकते है भले ही स्पेक्ट्रम आवंटन समान हो

**उच्च आवृत्ति केए बैंड 'वायुमंडलीय हानि' और 'सिस्टम तापमान' के प्रति अधिक संवेदनशील है। हालांकि ये केवल सीमित समय अवधि के दौरान होते हैं।**

जैसा कि ऊपर सूत्र में बताया हैं कि 'वायुमंडलीय हानि' और 'प्रणाली तापमान' एचटीएस प्रणाली प्रदर्शन को प्रभावित करते हैं और आंशिक रूप से संचालन की आवृत्ति पर निर्भर होते हैं। वायुमंडलीय नुकसान प्रभावी ढंग से जलवायु स्थितियों द्वारा निर्धारित किए जाते हैं, और उच्च आवृत्ति केए बैंड में मौसम और बारिश दर के प्रति अधिक संवेदनशील होते है। हालांकि ये स्थितियां दुनिया के अधिकांश क्षेत्रों में थोड़े समय के लिए होती हैं। कुल मिलाकर उच्च आवृत्ति बैंड का उपयोग करने से, अधिकांश समय के लिए अधिकांश ग्राहक के लिए, केए बैंड उच्च थ्रुपुट प्रदान करता है।

## 4. इसरो के *उच्च क्षमता वाले उपग्रह*:

इसरो के *उच्च क्षमता वाले उपग्रह* सीरीज के तहत अंतरिक्ष में तीन उपग्रह भेजे जायेंगे जिसका उद्देश्य इंटरनेट की गति को बढ़ाना है। इसमें से पहला सैटेलाइट जीसैट-19 भेजा जा चुका है, जीसैट-11 को इस साल मध्य में और जीसैट-20 को साल के आखिरी तक भेजने की योजना है। ये तीनों मल्टिपल स्पॉट बीम टेक्नोलॉजी पर काम करेंगे। ये देश के अब तक का सबसे एडवांस संचार सेवा देने वाला है। ये संचार उपग्रह मल्टी-स्पॉट बीम एंटीना कवरेज के साथ भारतीय उपयोगकर्ता समुदाय की तेज गति की इंटरनेट सेवा आवश्यकताओं को पूर्ण करेगा। आमतौर पर आपदा की स्थिति में स्थलीय इंटरनेट सेवाएं ठप हो जाती के जरिए ऐसे समय में भी तेज गति की इंटरनेट सेवा दी जा सकेगी। इसके जरिए सेना शिविर, रिफ्यूजी कैंप अथवा जरूरत के अन्य दूरस्थ स्थानों पर भी इंटरनेट की सेवा मुहैया कराई जा सकेगी।

जीसैट-19: जीसैट-19 एक भारतीय संचार उपग्रह है जिसका भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने भूस्थिर उपग्रह प्रक्षेपण यान संस्करण द्वारा 5जून 17:28 बजे प्रक्षेपण किया। पारंपरिक ट्रांसपोंडर के बजाय, जीसैट- 19 में भारत के पिछले संचार उपग्रहों की तुलना में अधिक डेटा क्षमता प्रदान करने के लिए चार-चार केए/केयू बैंड अग्रेषण लिंक बिम्ब मे और चार केयू/केए बैंड रिटर्न लिंक मे हैं। जीसैट- १९ में केए बैंड में दो हब बीम और केयू बैंड में आठ उपयोगकर्ता बीम हैं जीसैट-19 मे 4जीबी/सेकंड डाटा देने की *क्षमता* है। जीसैट- 19 संचार उपग्रह मल्टी-स्पॉट बीम एंटीना कवरेज के साथ भारतीय मुख्य भूमि के चयनित क्षेत्रों उपयोगकर्ता समुदाय की तेज गति की इंटरनेट सेवा आवश्यकताओं को पूर्ण करेगा।

जीसैट-11 : जीसैट- 11 संचार उपग्रह में केए/केयू बैंड के चालीस ट्रांसपोंडर हैं जिससे इसमे 14जीबी/ सेकंड डाटा देने की *क्षमता* है इसमे बतीस केए/केयू बैंड ट्रांसपोंडर अग्रेषण लिंक मे और आठ केयू/केए बैंड ट्रांसपोंडर रिटर्न लिंक मे हैं। जीसैट-11 में केए बैंड में चार हब बीम और केयू बैंड में बतीस उपयोगकर्ता बीम हैं। जीसैट- 11 संचार उपग्रह मल्टी-स्पॉट बीम एंटीना कवरेज के साथ भारतीय मुख्य भूमि के साथ-साथ अंडमान-निकोबार क्षेत्रों उपयोगकर्ता समुदाय की तेज गति की इंटरनेट सेवा और सैटेलाइट टीवी प्रसारण आवश्यकताओं को पूर्ण करेगा।

जीसैट-20 : जीसैट-20 इसरो के *उच्च क्षमता वाले उपग्रह* सीरीज का सबसे अधिक *क्षमता* प्रदान करने वाला उपग्रह है, इसमे 70 जीबी/ सेकंड डाटा देने की *क्षमता* है जो कि जीसैट-11 उपग्रह के चार गुने से भी अधिक है जीसैट-20 में केए/केए बैंड ट्रांसपोंडर हैं इसमे केए बैंड की पांच हब बीम और चालीस उपयोगकर्ता बीम हैं। एक हब बीम और आठ उपयोगकर्ता बीम जुडी हैं।

## 5. एचटीएस की विविध उपयोगकर्ता आवश्यकताएं

उच्च क्षमता वाले उपग्रह संचार उद्योग ग्राहकों की एक विस्तृत श्रृंखला का समर्थन करता है जिनके उपयोग की आवश्यकताएं अलग अलग होती हैं। साथ ही उच्च क्षमता वाले उपग्रह दूरदराज के इलाकों में ब्रॉडबैंड की आवश्यकताओं को पूरा करते हैं जिन्हें स्थलीय आधारभूत संरचना के माध्यम से पूरा नहीं किया जा सकता है। उदाहरण के लिए:सैक बोंडेड स्टोर्स में "घटक प्रबंधन कार्यक्रम" (पार्ट्स मैनेजमेंट प्रोग्राम, पीएमपी) के अंतर्गत, घटक-भाग सूची (EEE आइटम इन्वेंटरी) का सुचारूरूप से प्रबंधन एवं नियंत्रण होता है। योग्य संग्रह प्रक्रीया और पद्धति के द्वारा ये सुनिश्चित किया जाता है की अंतरिक्ष प्रणालियों के निर्माण के लिए, सही समय पर गुणवत्ता प्रमाणित सही घटक-अवयव उपलब्ध ही रहें।

1. उपभोक्ताओं के लिए उच्च क्षमता कनेक्टिविटी: जहा इलाको में उन संरचना के माध्यम से उच्च गुणवत्ता वाले ब्रॉडबैंड उपलब्ध नहीं हैं, उच्च क्षमता वाले उपग्रह उच्च डाटा रेट प्रदान करने का सबसे उपयुक्त साधन है।
2. दूरदराज क्षेत्रों में बुनियादी कनेक्टिविटी: देश के दूरदराज के इलाकों में जहाँ स्थलीय आधारभूत संरचना के माध्यम

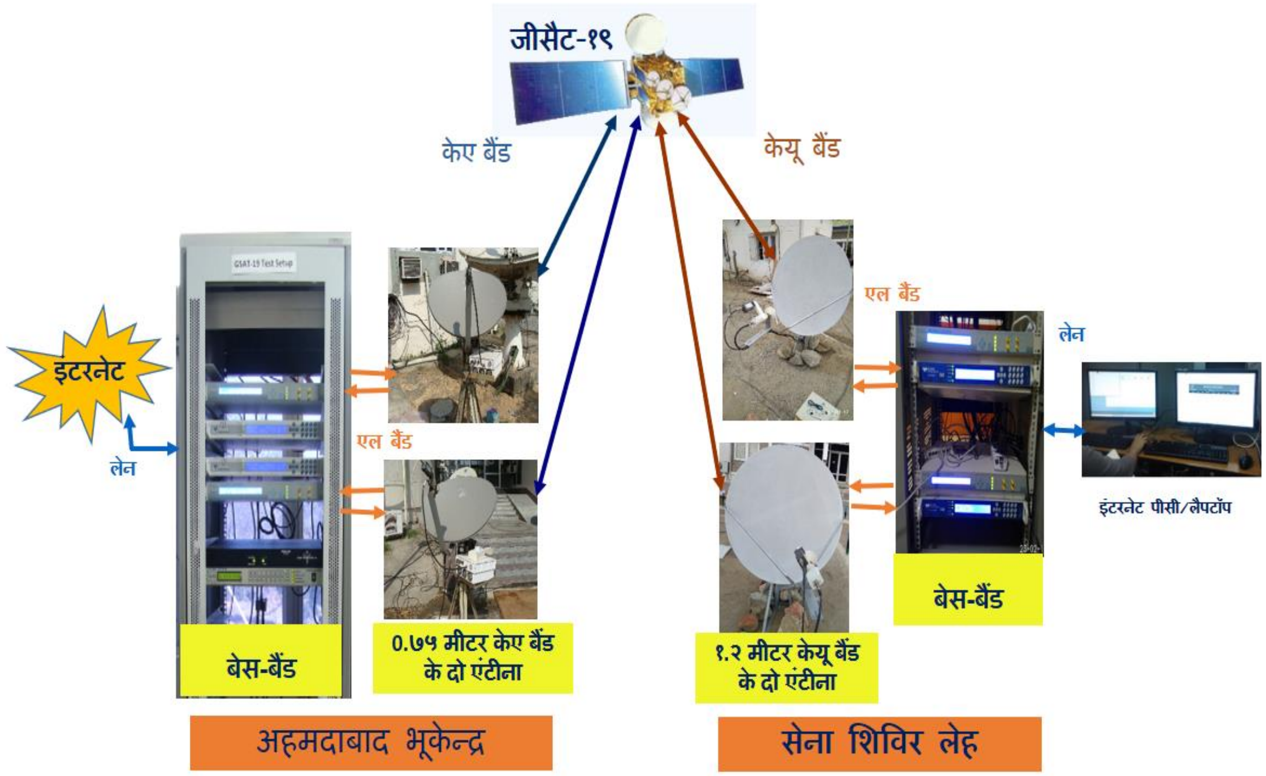
से सेवाएं उपलब्ध नहीं की जा सकती है, उपग्रह बुनियादी कनेक्टिविटी प्रदान करने का एकमात्र साधन हैं।

3. सेलुलर बेकहॉल: स्थलीय सेलुलर नेटवर्क के दुरस्थ स्थानों के मोबाइल बेस स्टेशनों को कांनेक्ट करने के लिए उच्च क्षमता का लिंक, उच्च क्षमता वाले उपग्रह से प्रदान किया जा सकता है।
4. अबाधित अनुकूल मीडिया लिंक: उच्च क्षमता वाले उपग्रह विभिन्न उद्योगों के लिए वितरित क्षेत्रों में सुरक्षा आवश्यकता के साथ उच्च क्षमता की अबाधित अनुकूल मीडिया लिंक प्रदान करते हैं।
5. उपग्रह टीवी प्रसारण (डी टी एच): उपग्रह टीवी प्रसारण (डी टी एच), सैटेलाइट समाचार एकत्रण (एस. एन जी) और पोइंट-टू-मल्टीपोइंट कान्टेन्ट वितरण सेवाओं का उच्च क्षमता वाले उपग्रह की उच्च डेटा दर से कुशलतापूर्वक संचालन किया जा सकता है।
6. समुद्र में स्थित ग्राहक: समुद्र में स्थित तेल उत्पादन प्लेटफार्म और समुद्री जल पनडुब्बी जो की सी-केबल्स से जुड़े हुये नहीं हैं उच्च क्षमता वाले उपग्रह से उच्च कोटि की कनेक्टिविटी प्रदान की जा सकती है।
7. भारतीय रेल में इन्टरनेट: उच्च क्षमता वाले उपग्रह से भारतीय रेल में उच्च क्षमता की अबाधित इंटरनेट कनेक्टिविटी प्रदान की जा सकती है।
8. कुल मिलाकर, उच्च क्षमता वाले उपग्रह ग्राहकों की भविष्य की विभिन्न उच्च डेटा सेवाओं की अपेक्षाओं को सस्ती दरो में पूर्ण करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएंगे।

## 6. जीसैट-19 सेटेलाइट नेटवर्क से लेह-लद्दाख में इंटरनेट सुविधा

लेह-लद्दाख के सेना शिविर में स्थलीय इंटरनेट सेवाएं ठप्प होने पर भी इंटरनेट कनेक्टिविटी की आवश्यकता को पूरा करने के लिए जीसैट- 19 के माध्यम से लेह-लद्दाख, दो क्यू-बैंड 1.2 मीटर उपयोगकर्ता टर्मिनलों को सफलतापूर्वक स्थापित और कार्यान्वित किया गया। जीसैट- 19 उपग्रह द्वारा लेह-लद्दाख इन्टरनेट उपलब्ध करानेवाली नेटवर्क प्रणाली आरेख चित्र-2 में दिखाई गई है। इसमे इंटरनेट कनेक्टिविटी के लिये जीसैट-19 का केए x केयु/ केयु x केए के लिंक को स्थापित किया गया है। इस नेटवर्क प्रणाली में निम्नलिखित समाविष्ट हैं:

9. अग्रेषण लिंक के लिये 0.75 मीटर केए बैंड के दो एंटीना बेस-बैंड के साथ अहमदाबाद भूकेंद्र (ए. ई. एस.) अंतरिक्ष उपयोग केंद्र अहमदाबाद में स्थापित हैं।
10. जीसैट- 19 उपग्रह रिटर्न लिंक के लिये 1.2 मीटर केयु बैंड उपयोगकर्ता टर्मिनलों को लेह-लद्दाख के सेना शिविर में स्थापित किया हैं।




आरेख चित्र-2 लेह लद्दाख-इन्टरनेट उपलब्ध करानेवाली नेटवर्क प्रणाली

तालिका -1 में नेटवर्क प्रणाली के अग्रेषण लिंक, रिटर्न लिंक, भूकेन्द्र टर्मिनल और उपयोगकर्ता टर्मिनल के विनिर्देश नीचे दिए गए हैं।

तालिका -1

| क्रमांक | पैरामीटर | विनिर्देश |
|---|---|---|
| 1. | अग्रेषण लिंक | केएxकेयु |
| 2. | रिटर्न लिंक | केयुxकेए |
| 3. | भूकेंद्र टर्मिनल | 0.75 मीटर केए बैंड एंटीना |
| 4. | उपयोगकर्ता टर्मिनल | 1.2 मीटर केयु बैंड एंटीना |
| 5. | डेटा दर | 2 एमबीपीएस |

## 11. निष्कर्ष :

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) का अंतरिक्ष उपयोग केंद्र अहमदाबाद *उच्च क्षमता वाले उपग्रह* निर्माण और इनके विभिन्न संचार अनुप्रयोग के कार्य, भूकेन्द्र की विभिन्न प्रणालियां एवं उपकरणों के विकास तथा निर्माण कार्य में कार्यरत है। भविष्य में हाई थ्रुपुट सैटेलाइट जीसैट-19, जीसैट-11 और जीसैट-20 एक साथ संचालन में आते ही हाईक्वॉलिटी इंटरनेट- कनेक्टिवटी सस्ती होगी, टेलिकॉम और वीडियो सेवाएं पूरे देश तक पहुचने लगेंगी तथा इससे प्रधानमंत्रीजी के डिजिटल इंडिया मिशन को मजबूती हासिल होगी।

## लेखक परिचयः (फोटो सहित)

**सोमेन्द्र प्रताप सिंह** ने वर्ष 2001 में मालवीय रीजनल इंजीनियरिंग कॉलेज (एम आर ई सी) - जयपुर से एम. ई. एवं वर्ष 1999 में कोटा इंजीनियरिंग कॉलेज - कोटा राजस्थान से बी. ई. की डिग्री प्राप्त की। उन्होंने वर्ष 2001 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र-अहमदाबाद में कार्य प्रारम्भ किया। वर्तमान में वह ए.ई.एस./एस. एन. जी. जी. अनुभाग में कार्यरत हैं।

**रूपल आर याज्ञिक** ने वर्ष 1997 में गुजरात विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की है। 2008 में आन्ध्र विश्वविद्यालय से उपग्रह संचार इंजीनियरिंग में एम. टेक. डिग्री प्राप्त की है। पिछले 20 वर्षो से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (इसरो) ,अहमदाबाद में कार्यरत हैं। वर्तमान में अहमदाबाद भू केन्द्र/ सैटकॉम एवं नौवहन भू प्रणाली समूह (ए.ई.एस./एस. एन. जी. जी ) प्रभाग के प्रधान हैं।

## संदर्भः

1. एच फेनेच, एस अमोस, ए टॉमेटिस, वी सोम्फहोल्फीडी, "हाई थ्रूपुट सैटेलाइट सिस्टम: एन अनाल्यटिक अप्प्रोच" आई ई ई ई ट्रांज़ेक्शन ऑन एयरोस्पेस और इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम वोल्यूम 51, जनवरी 2015
2. https://en.wikipedia.org/wiki/GSAT-11
3. https://en.wikipedia.org/wiki/GSAT-19
4. https://en.wikipedia.org/wiki/GSAT-20

**पारिभाषिक शब्दावलीः** हाई थ्रुपुट सैटेलाइट, जीसैट-19, जीसैट-11, जीसैट-20, इंटरनेट, नेटवर्क

***

# डेटा विज़ुअलाइजेशन तकनीक

अमोद अग्रवाल, नितांत दुबे
डी. डब्ल्यू. डी./एम. आर. जी./ई. पि. एस. आ
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत

**सार**

आज, डेटा की मात्रा और विविधता बहुत अधिक दर से बढ़ रही है। डेटा विज़ुअलाइज़ेशन डेटा को समझने, डेटा से जानकारी और ज्ञान लाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। डेटा की विशाल मात्रा के कारण, डेटा विश्लेषण और विज़ुअलाइजेशन अध्ययन, एक महत्वपूर्ण क्षेत्र के रूप में उभर रहा है। डेटा विज़ुअलाइजेशन डेटा विश्लेषण के प्रमुख घटकों में से एक है। डेटा विश्लेषण के हर चरण में डेटा विज़ुअलाइजेशन की आवश्यकता है, जैसे पूर्व संसाधन, डेटा वैधीकरण आदि। डेटा विज़ुअलाइजेशन तकनीक पर आधारित, मोसडैक के अंतर्गत वेब पोर्टल 'लाईव' तैयार किया गया है, जिसके द्वारा एक ही मंच से मौसम एवँ महासागर सूचना सेवाएँ तथा सेटेलाइट डेटा का अभिगम संभव है। यह पोर्टल जी.आई.एस. आधारित मैशप बनाने की सुविधा परदान करता है, जिसकी मदद से आपदा प्रबंधन के बिभिन्न कार्य जैसे आपदा शमन की पूर्व तैयारी, आपदा से बचने हेतु उपाय एवं आपदा के बाद पूर्व रूप में आने की प्रक्रिया में मदद मिलती है। यह पोर्टल मौसम विज्ञान और समुद्री विज्ञान डेटा को समझने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है। यह लेख विभिन्न वेब-जी.आई.एस. आधारित डेटा विज़ुअलाइज़ेशन तकनीकों और उपकरणों की चर्चा पर केंद्रित है।

**पारिभाषिक शब्दावली:** पोस्ट्ग्री एस्क्युएल (पोस्टजीआईएस एक्सटेंशन के साथ), डब्ल्यू.एम.एस., डब्ल्यू.सी.एस., डब्ल्यू.पी.एस., डब्ल्यू.एफ.एस., ओपेनलेयर्स, सीज़ीयीम, जियोसर्वर, थ्रेडड्स सर्वर, इंटरैक्टिव ब्राउज़र इंटरफेस, उपग्रह डेटा विज़ुअलाइजेशन, डेटा प्रकाशन (पब्लिशिंग), डेटा प्रस्तुतिकरण (रेंडरिंग), मोसडैक लाईव

## 1. प्रस्तावना

विज़ुअलाइजेशन डेटा का आलेखीय प्रस्तुतिकरण (ग्राफिकल रेप्रेज़ेंटेशन) है, जो उपयोगकर्ता को जानकारी प्रदान करता है। यह डेटा से जानकारी निकालना आसान बनाता है [1]। प्रारंभिक दिनों में, डेटा विज़ुअलाइजेशन हार्ड कॉपी जैसे मानचित्र और चार्ट के रूप में उपलब्ध था। यह स्थिर जानकारी थी क्योंकि उपयोगकर्ता डेटा के साथ पारस्परिक संवाद करने में सक्षम नहीं था। अब, डेटा विज़ुअलाइज़ेशन सॉफ़्टवेयर के साथ, उपयोगकर्ता विज़ुअलाइज्ड डेटा से पारस्परिक संवाद करने में सक्षम है। उपयोगकर्ता द्वारा मानचित्र के ज़ूम स्तर, मानचित्र की लुकअप तालिका; समय श्रृंखला (टाइम सीरीज़) की अवधि; डेटा की ग्राफिकल प्रस्तुति को बदला जा सकता है। वर्ल्ड वाइड वेब (डब्ल्यूडब्ल्यूडब्ल्यू) और इंटरनेट के कारण, यह तकनीक डेस्कटॉप आधारित सॉफ़्टवेयर से वेब आधारित ऑनलाइन डेटा विज़ुअलाइजेशन में विकसित हुई है [2], अर्थात अब उपयोगकर्ता को अपने स्थानीय सिस्टम पर सॉफ़्टवेयर इंस्टॉल करने की आवश्यकता नहीं है। इसे किसी भी दूरस्थ स्थानों पर बैठे उपयोगकर्ता वेब द्वारा इस्तेमाल कर सकते हैं [3,4]।

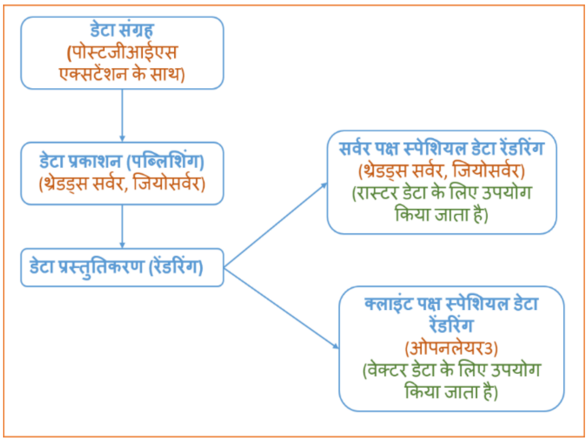
## 2. श्रेणियाँ

डेटा विज़ुअलाइज़ेशन को स्पेशियल और टेंपोरल पैरामीटर के आधार पर तीन भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है जिन्हें डेटा को विज़ुअलाइज़ करते समय ध्यान में रखा जाता है। यह स्पेशियल (स्थानिक), टेंपोरल (कालिक) और स्पेशियो-टेंपोरल (स्थानिक-कालिक) डेटा विज़ुअलाइजेशन हैं।

**2.1 स्पेशियल डेटा विज़ुअलाइजेशन**: यह एक निश्चित समय पर स्थान वितरित डेटा का प्रतिनिधित्व करता है। उदाहरण स्वरूप: रिमोट सेंसिंग के क्षेत्र में इमेजस और मेप्स के रूप में उपग्रह डेटा उत्पादों का प्रदर्शन।

**2.2 टेंपोरल डेटा विज़ुअलाइजेशन**: यह किसी विशिष्ट समय काल (पीरियड) के दौरान किसी विशेष पैरामीटर के डेटा मानों को दर्शाता है। किसी विशेष स्थान की समय श्रृंखला (टाइम सीरीज़) टेंपोरल डेटा विज़ुअलाइजेशन का उदाहरण है।

**2.3 स्पेशियो-टेंपोरल डेटा विज़ुअलाइजेशन**: यह किसी स्थान पर विशेष समय काल के दौरान वितरित डेटा को दर्शाता है, जैसे कि समय के साथ स्पेशियल डेटा का एनीमेशन।




चित्र 1: डेटा विज़ुअलाइज़ेशन चरण

## 3. डेटा विज़ुअलाइजेशन चरण

इंटरैक्टिव ऑनलाइन डेटा विज़ुअलाइजेशन की प्रक्रिया में विभिन्न चरण होते हैं। इसमें डेटा और मेटाडेटा का भंडारण, डेटा प्रकाशन, डेटा प्रतिपादन और डेटा के साथ

पारस्परिक संवाद के लिए क्षमताओं का प्रावधान शामिल है।

### 3.1 डेटा संग्रह

इंटरैक्टिव मोड में डेटा के विज़ुअलाइजेशन के लिए आवश्यक है कि मेटाडेटा (डेटा के बारे में जानकारी) डेटाबेस में संग्रहीत हो। कुछ मामलों में, डेटा को स्थानिक एक्सटेंशन वाले डेटाबेस में भी संग्रहीत करने की आवश्यकता होती है। स्पेशियल डेटा का समर्थन करने वाले कुछ डेटाबेस पोस्ट्ग्री एस्क्युएल (पोस्टजीआईएस एक्सटेंशन के साथ) (PostgreSQL with PostGIS extension), ओरेकल स्पेशियल (Oracle Spatial), माईएसक्यूएल स्पेशियल (MySQL Spatial) हैं। 'मोसडैक लाईव' में डेटा संग्रह के लिए पोस्ट्ग्री एस्क्युएल (पोस्टजीआईएस एक्सटेंशन के साथ) का उपयोग किया गया है, जो एक ओपन स्रोत सॉफ्टवेयर है। यह बहुत सी स्थानिक विशेषताएं प्रदान करता है और इसका एक बड़ा सामुदायिक समर्थन है।

### 3.2 डेटा प्रकाशन (पब्लिशिंग)

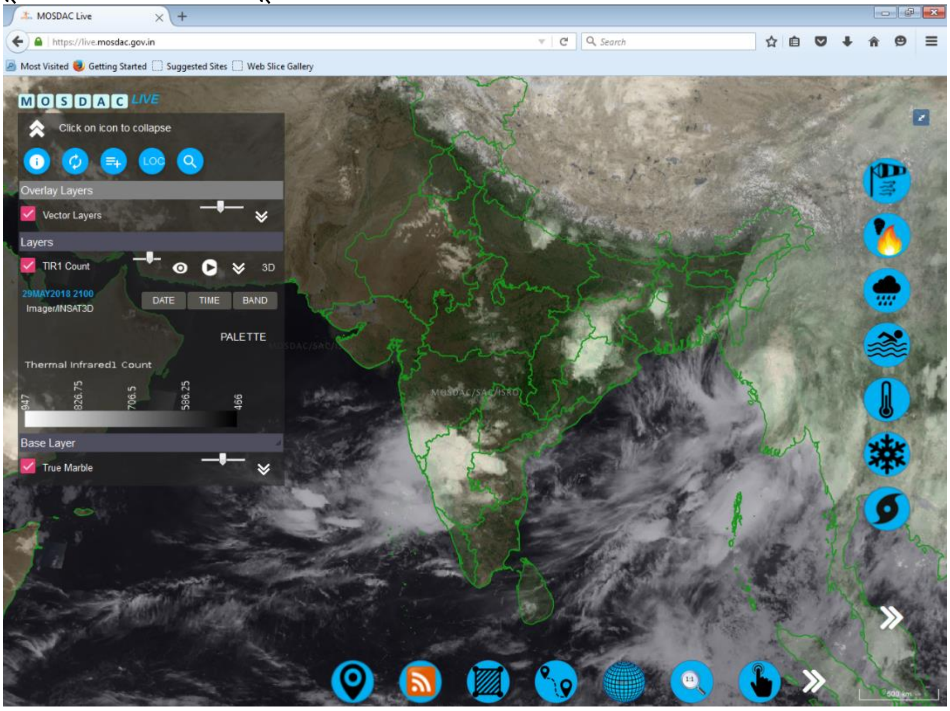
वेबजीआईएस आधारित डेटा प्रकाशन एक ही मानचित्र पर एकाधिक स्रोतों से प्राप्त स्थानिक डेटा प्रदर्शित (मैशप) करने की क्षमता प्रदान करता है। इसके लिए आवश्यक है कि मानक नियमों (प्रोटोकॉल) का उपयोग करके डेटा प्रकाशित किया जाना चाहिए। ओपन जियोस्पाटियल कंसोर्टियम (ओ.जी.सी.) ने डेटा प्रकाशित करने और इंटरनेट पर डेटा की सेवा के लिए प्रोटोकॉल विकसित किए हैं। इन प्रोटोकॉल के नाम डब्ल्यू.एम.एस. (WMS), डब्ल्यू.सी.एस. (WCS), डब्ल्यू.पी.एस. (WPS) और डब्ल्यू.एफ.एस. (WFS) हैं। डब्लू.एम.एस., इंटरनेट पर भू-संदर्भित (जियो-रेफरेन्स्ड) इमेजस की सेवा करने की क्षमता प्रदान करता है। डब्ल्यूसीएस, इंटरनेट पर रास्टर डेटा साझा करने की क्षमता प्रदान करता है। डब्ल्यूपीएस, डेटा पर ऑनलाइन भू-स्थानिक (जियो-स्पेशियल) विश्लेषण और प्रक्रिया (प्रोसेसिंग) की क्षमता प्रदान करता है। डब्लूएफएस, जोगराफी मार्कप लँग्वेज (जीएमएल) के रूप में वेक्टर जानकारी स्थानांतरित करने की क्षमता प्रदान करता है।

स्पेशियल डेटा प्रकाशन (पब्लिशिंग) के लिए ऐसे ओपन स्रोत डेटा सर्वर उपलब्ध हैं [5], जो ओ.जी.सी. (OGC) मानकों का पालन करते हैं और डेटा प्रकाशित करने की क्षमता प्रदान करते हैं। उनमें से कुछ जियोसर्वर, मेपसर्वर और थ्रेडड्स सर्वर हैं। ये सर्वर डेटा को एक टाइल/इमेज या एकाधिक छोटे आकार की टाइल्स/इमेजस के रूप में प्रस्तुत करते हैं।

### 3.3 डेटा प्रस्तुतिकरण (रेंडरिंग)

यह डेटा से इमेज तथा फीचर जियोमेट्री तैयार करने की प्रक्रिया है। इन इमेजस/फीचर्स को स्क्रीन के निर्धारित विस्तार तथा रेज़ल्यूशन में प्रस्तुत किया जाता है। डेटा प्रतिपादन को दो भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है: सर्वर साइड रेंडरिंग और क्लाइंट साइड रेंडरिंग।

**3.3.1 सर्वर पक्ष स्पेशियल डेटा रेंडरिंग**: यह मुख्य रूप से रास्टर डेटा के लिए उपयोग किया जाता है। सर्वर, डेटा के लिए इमेजस/टाइल्स बनाता है जो क्लाइंट को नेटवर्क पर भेजे जाते हैं। रास्टर डेटा में बड़ी संख्या में पिक्सल होते हैं और प्रत्येक पिक्सेल पृथ्वी पर ग्रिड के अनुरूप होता है।

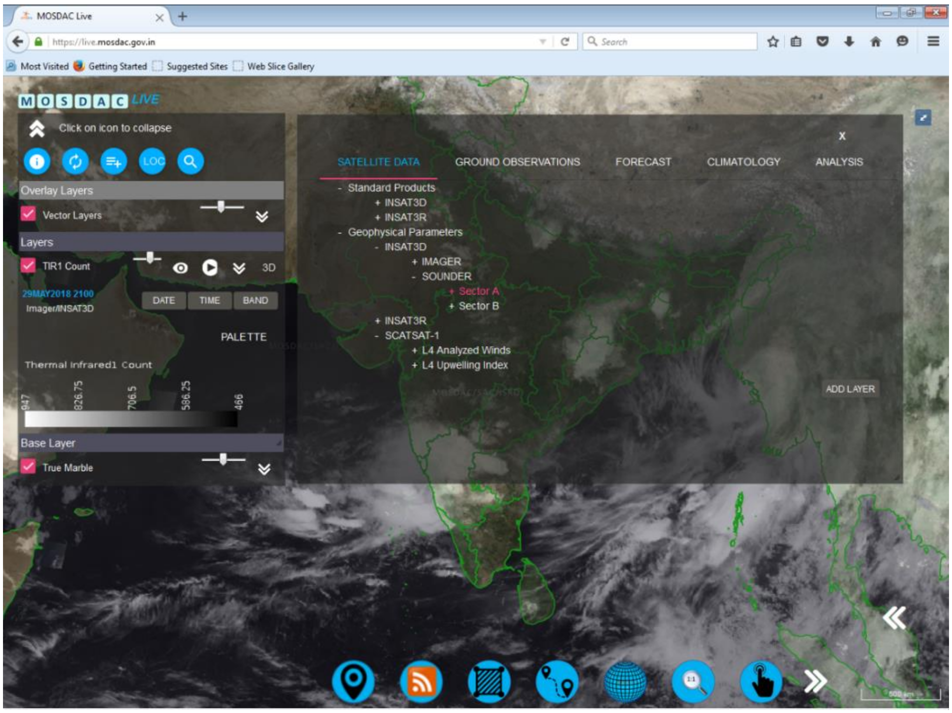



*चित्र 2: 'लाईव' पोर्टल का यूजर इंटरफेस; प्रारंभिक लोडिंग पर सबसे नवीनतम टीआईआर1 काउंट (TIR1 Count) डेटा लेयर लोड की जाती है*

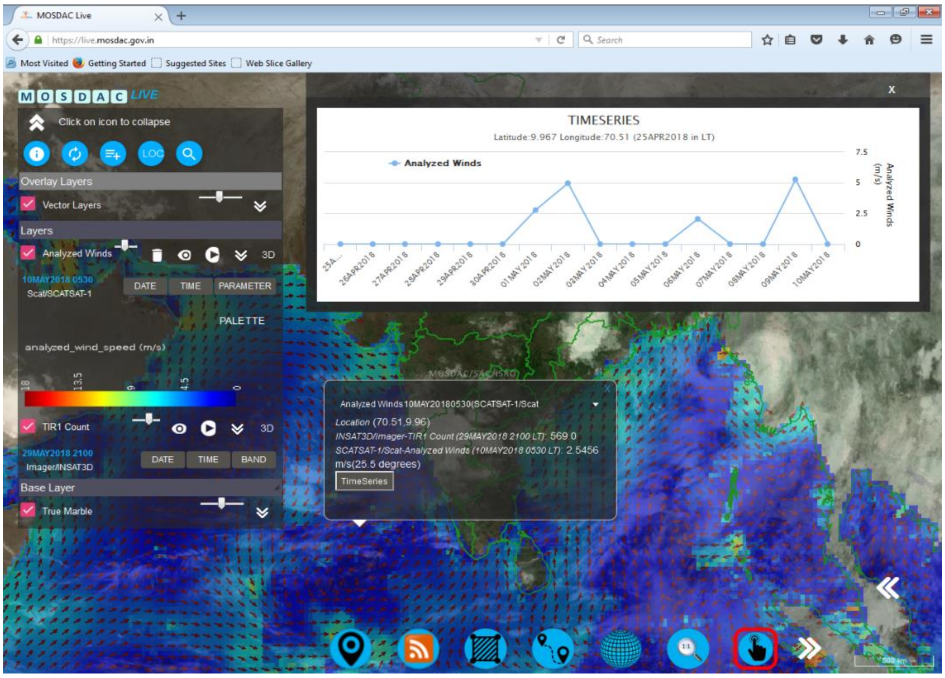
**3.3.2 क्लाइंट पक्ष स्पेशियल डेटा रेंडरिंग:** यह मुख्य रूप से वेक्टर डेटा के लिए उपयोग किया जाता है। वेक्टर डेटा में ऐसे लक्षण (फीचर्स) होते हैं जिन्हें जियोमेट्री के रूप में दर्शाया जाता है जैसे रेखाएं, अंक और बहुभुज। यदि फीचर्स की गिनती कम है और उपयोगकर्ता फीचर्स को चुन कर या हटा कर और नये फीचर्स को जोड़कर वेक्टर डेटा को अपडेट करना चाहता है, तो क्लाइंट साइड प्रतिपादन को प्राथमिकता दी जाती है। बड़े आकार के डेटा

के लिए क्लाइंट साइड रेंडरिंग पर सर्वर साइड रेंडरिंग को प्राथमिकता दी जाती है, क्योंकि क्लाइंट साइड रेंडरिंग ब्राउज़र पर भार बढ़ाती है और प्रारंभिक भारण समय (लोडिंग टाइम) भी बढ़ाती है।

इमेजस या जियोमेट्री के निर्माण के बाद, उनको स्क्रीन के निर्धारित रेज़ल्यूशन और विस्तार पर प्रस्तुत किया जाता है। कुछ जावास्क्रिप्ट संकलन उपलब्ध हैं जिनके पास उपरोक्त आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए इनबिल्ट मॉड्यूल हैं। ओपनलेयर और सीज़ीयीम इन संक्लनो के उदाहरण हैं। ओपनलेयर का उपयोग 2डी मानचित्रों (मेप्स) पर डेटा परतों (लेयर्स) के विज़ुअलाइजेशन के लिए किया जाता है। डेटा के 3डी विज़ुअलाइजेशन के लिए सीज़ीयीम का उपयोग किया जाता है।




*चित्र 3: उपयोगकर्ता मानचित्र पर विज़ुअलाइज़ किए जाने वाले डेटा को चयन सूची से चुन सकते हैं*




*चित्र 4: मानचित्र पर चयनित पिक्सेल के लिए अतिरिक्त परतों के डेटा मानों तथा चयनित परत की टाइम सीरीज़ का विज़ुअलाइजेशन*

## 4. डेटा विज़ुअलाइजेशन क्षमता (परफॉर्मंस)

जब क्लाइंट लोकेशन पर भू-स्थानिक डेटा को ऑनलाइन प्रस्तुत करना हो तब परफॉर्मंसे मेज़र्स (Performance measures) को अत्यंत महत्व दिया जाता है। डेटा के लोडिंग समय में सुधार करने वाले कुछ कारकों पर नीचे चर्चा की गई है।

**4.1** डेटा के लिए प्री-रेंडर्ड टाइल्स/ इमेजस को कैश (Cache) किया जाना चाहिए। जब सर्वर को उपयोगकर्ता का अनुरोध प्राप्त होता है, तो सर्वर डेटा से टाइल्स बनाने के बजाय नेटवर्क पर प्री-रेंडर्ड टाइल्स भेज सकता है। टाइल्स बनाने के दो तरीके हैं। पहला तरीका टाइल्स को प्री-रेंडर करना है, भले ही अनुरोध डेटा के लिए प्राप्त नहीं हुआ हो। दूसरा

तरीका उपयोगकर्ता के अनुरोध को पहली बार प्राप्त करने के बाद ही टाइल्स रेंडर करना है। तब टाइल्स को कैश किया जाता है और उसी डेटा के लिए सभी अगले उपयोगकर्ता अनुरोधों के लिए कैश किए गए टाइल्स प्रदान किए जाते हैं। जब डेटा को अक्सर अद्यतन की आवश्यकता हो तो कैशिंग का उपयोग नहीं किया जाना चाहिए। टाइल कैशिंग सर्वर के उदाहरण जियोवेब कैश, मेप सर्वर, टाइल कैश इत्यादि हैं।

**4.2** एकाधिक टाइल लोड करने की तुलना में एकल टाइल लोड करने में अधिक समय लगता है। एकल टाइल लोडिंग पूरी टाइल लोड होने तक उपयोगकर्ता को रिक्त स्क्रीन दिखाती है। एक टाइल लोड करने के बजाय, कई छोटी टाइल लोड की जानी चाहिए। इन छोटे टाइल्स के लिए अनुरोध अतुल्यकालिक (asynchronously) रूप से भेजे जाते हैं और इसलिए डेटा लोड करते समय रिक्त स्क्रीन के प्रदर्शन को रोकता है।

**4.3** जावास्क्रिप्ट संकलन के नवीनतम संस्करणों का उपयोग किया जाना चाहिए। ओपन लेयर्स2 वेक्टर परत की फीचर जियोमेट्री ड्राइंग के लिए एसवीजी (SVG) रेंडरर का उपयोग करता है। ओपनलेयर्स3 ने वेक्टर परतों को चित्रित करने के लिए एसवीजी रेंडरर को कैनवास रेंडरर से बदल दिया है। ऐसा इसलिए है क्योंकि कैनवास एसवीजी रेंडरर से तेज है क्योंकि कैनवास को सतह पर पिक्सल पेंट करना होता है जबकि एसवीजी को प्रत्येक ज्यामिति के लिए डेटा संरचना (डेटा स्ट्रॅक्चर) को बनाए रखना होता है। डेटा संरचना में जियोमेट्री के बिंदुओं (वर्टैसज़) और स्टाइल के बारे में जानकारी होती है।

## 5. मोसडैक लाईव

मोसडैक लाईव एक वेब जीआईएस (WebGIS) आधारित पोर्टल है जो उपयोगकर्ताओं को विभिन्न प्रकार की उपग्रह डेटा जानकारी और मेट-सागर पूर्वानुमान को देखने और विश्लेषण करने में सक्षम बनाता है। यह मोसडैक में बहुतायत में उपलब्ध तकनीकी और वैज्ञानिक डेटा और सामान्य उपयोगकर्ताओं के बीच के अंतर को कम करने की दिशा में एक प्रयास है। इसके अलावा, यह पोर्टल शोधकर्ताओं और वैज्ञानिकों के लिए भी बहुत लाभकारी है क्योंकि यह उपयोगकर्ताओं को डेटा का दृष्टि से विश्लेषण करने और उनकी रुचि के डेटा को खोजने के लिए क्षमता प्रदान करता है। थोक मात्रा में डेटा डाउनलोड करने की बजाय, वे केवल अपनी रुचि के डेटा को मोसडैक वेबसाइट से डाउनलोड कर सकते हैं। यह पोर्टल उपग्रह डेटा उत्पादों का रियल टाइम विज़ुअलाइजेशन प्रदान करता है जो किसी भी स्थान की वर्तमान मौसम स्थिति का विचार प्राप्त करने में मदद करता है।

*चित्र 5: ग्लोब पर टीआईआर1 काउंट (TIR1 Count) का दृश्य*

सैटेलाइट डेटा विज़ुअलाइजेशन के साथ, यह मौसम, समुद्र, रिप करेंट और गर्मी लहर पूर्वानुमान तथा भारी बारिश और क्लाउडबर्स्ट अलर्ट जैसी सूचना सेवाएं भी प्रदान करता है।

यह उपयोगकर्ताओं को एक मेप पर एकाधिक डेटा लेयर्स और संपार्श्विक जानकारी जैसे प्रशासनिक सीमाओं तथा पूर्वानुमान जानकारी को ओवरले करके निर्णय लेने में मदद

करता है। पोर्टल को यूआरएल (URL) 'https://live.mosdac.gov.in/' के माध्यम से अभिगम किया जा सकता है। सभी जानकारी किसी भी मानव हस्तक्षेप के बिना स्वचालित (ऑटोमेटेड) मोड में अपडेट की जाती है।

क्लाउडबर्स्ट चेतावनी [6] जानकारी केवल उत्तराखंड और हिमाचल प्रदेश के क्षेत्र के लिए प्रदान की जाती है क्योंकि ये वो क्षेत्र हैं जो क्लाउडबर्स्ट घटनाओं के लिए अत्यधिक प्रवण हैं। क्लाउडबर्स्ट की जानकारी प्रभावित शहरों के नाम के साथ प्रभावित क्षेत्र के संदर्भ में दी जाती है। वर्तमान परिदृश्य में सिर्फ़ गोवा समुद्र तटों के लिए वर्तमान पूर्वानुमान जानकारी प्रदान की जाती है, लेकिन निकट भविष्य में अन्य समुद्र तटों की जानकारी भी प्रदान की जाएगी। यह जानकारी पर्यटकों और तैराकों के सभी स्तरों के लिए महत्वपूर्ण है।

यह पोर्टल स्पेशियल, टेंपोरल और स्पेशियो-टेंपोरल डेटा विज़ुअलाइज़ेशन प्रदान करता है। डेटा विज़ुअलाइज़ेशन प्रदान करते समय उपर चर्चा किए गए विज़ुअलाइजेशन चरणों का पालन किया गया है। पोस्ट्ग्री एस्क्युएल (पोस्टजीआईएस एक्सटेंशन के साथ),को बैकएंड डेटाबेस के रूप में उपयोग किया गया है। जियोसर्वर और थ्रेड्ड्स सर्वर का उपयोग डेटा प्रकाशन (पब्लिशिंग), सर्वर साइड डेटा प्रतिपादन (रेंडरिंग) और डेटा विश्लेषण के लिए किया गया है। ओपेनलेयर्स3 डेटा प्रतिपादन के लिए उपयोग की गई है। एंगुलर जेएस और पीएचपी का उपयोग डेटा के साथ संवाद के लिए उपयोगकर्ता के अनुकूल इंटरफ़ेस प्रदान करने के लिए किया गया है। यह चयनित डेटा परत और समय अवधि के लिए किसी विशेष पिक्सेल की समय श्रृंखला को देखने की सुविधा भी प्रदान करता है।

यह पोर्टल चयनित उपग्रह डेटा के सीज़ियम आधारित 3डी डेटा विज़ुअलाइज़ेशन को प्राप्त करने की सुविधा भी प्रदान करता है।

## 6. निष्कर्ष

बहुत अधिक गति से डेटा अभिलेखीय (आर्काइवल) आकार में वृद्धि के कारण रिमोट सेंसिंग के क्षेत्र में डेटा विज़ुअलाइजेशन एक महत्वपूर्ण क्षेत्र बन रहा है। प्रौद्योगिकी, हार्डवेयर और इंटरनेट के तेज़ विकास ने डेटा विज़ुअलाइजेशन को उच्च स्तर पर पहुचाने में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। इससे ऑनलाइन भू-स्थानिक डेटा विज़ुअलाइज़ेशन का उद्भव हुआ है जिसने आम जनता के जीवन में रिमोट सेंसिंग के प्रभाव को बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। अगले कुछ वर्षों के दौरान शोध के प्रमुख क्षेत्र अत्यधिक मात्रा में डेटा का ऑनलाइन विज़ुअलाइजेशन, 3डी और 4डी डेटा विज़ुअलाइजेशन तथा ऑनलाइन डेटा विश्लेषण होंगे, जिन्हें भविष्य में मोसडैक लाईव के साथ जोड़ने का प्रयास किया जाएगा।

## 7. आभार

लेखक श्री डी. के. पटेल, प्रधान, डी. डब्ल्यू. डी./एम. आर. जी./ई. पि. एस. आ. को उनके सहयोग तथा मार्गदर्शन के लिये धन्यवाद करते हैं। साथ ही श्री राजकुमार, उपनिदेशक, ई. पि. एस. आ. एवं श्री तपन मिश्रा, निदेशक, सैक अहमदाबाद, को उनके प्रोत्साहन के लिये आभार व्यक्त करते हैं।

## सन्दर्भ

[1] रामकृष्णन, आर एंड आर गोस्वामी, डी और पद्मनाभन, नारायण और दुबे, नितांत और दरजी, निकुंज और महमद, साजिद और एस पांड्य, के। (2018)। आईएनएसएटी डेटा के वास्तविक समय डेटा प्रोसेसिंग और डेटा उत्पादों के प्रसार के पास।

[2] एच डी स्नाइडर और एम एस ट्वीडे, "महासागर मोशन वेबसाइट पर सैटेलाइट डेटा विज़ुअलाइजेशन," ओसीईएस 2007 - यूरोप, एबरडीन, 2007, पीपी 1-3। दोई: 10.1109 / ओसीएएनएसई 20000.4302369

[3] राहुल रामचंद्रन, सारा ग्रेव्स, टॉड बेरेन्डेस, मनील मास्की, सी चिदंबरम, एस क्रिस्टोफर, पैट्रिक होगन, टॉम गास्किन, "गिलिडर: विश्लेषण और मेरा उपग्रह इमेजरी देखने के लिए एक व्यापक सॉफ्टवेयर उपकरण", भूगर्भ विज्ञान और रिमोट सेंसिंग सिंपोजियम 2009 आईईईई इंटरनेशनलगैरस 2009, वॉल्यूम 3, पीपी। III-781-III-784, 200 9।

[4] क्रिस्टियन गाडे, बोगदान इओन्सकु, डैन इओन्सकू, "सेंसर नेटवर्क के लिए वास्तविक समय सहयोगी बुद्धिमान सेवाएं", कम्प्यूटेशनल साइबरनेटिक्स और तकनीकी सूचना विज्ञान (आईसीसीसी-कॉन्टिआई) 2010 अंतर्राष्ट्रीय संयुक्त सम्मेलन, पीपी 511-516, 2010।

[5] Konstantinos Karantzalos, Dimitris Bliziotis, Athanasios Karmas, "एक वास्तविक स्काईबल हाई-रेज़ोल्यूशन लैंड कवर मैपिंग के लिए एक स्केलेबल जियोस्पाटियल वेब सेवा", एप्लाइड अर्थ अवलोकन और रिमोट सेंसिंग आईईईई जर्नल ऑफ वॉल्यूम में चयनित विषय। 8, पीपी 4665-4674, 2015, आईएसएसएन 1 9 3 9 -1404।

[6] शुक्ला, बिपाशा और किश्तवाल, चंद्र और पाल, पीके .. (2017)। वेस्टर्न हिमालयी क्षेत्र में चरम वर्षा घटनाओं के उपग्रह आधारित नाकाबंदी। एप्लाइड अर्थ अवलोकन और रिमोट सेंसिंग में चयनित विषयों के आईईईई जर्नल। 10. 1681-1686। 10.1109 / JSTARS.2017.2655105।

वेबसाइट

[1] https://mosdac.gov.in
[2] https://live.mosdac.gov.in
[3] https://boundlessgeo.com/2014/03/openlayers-vector-rendering/
[4] http://blogs.edina.ac.uk/category/openlayers-html5-canvas/
[5] https://openlayers.org/en/latest/doc/tutorials/concepts.html
[6] http://workshops.boundlessgeo.com/openlayers3/layers/vector.html

लेखक परिचयः

अमोद अग्रवाल ने वर्ष 2012 में एन.आई.टी. जलंधर से कंप्यूटर विज्ञान एवॅ इंजीनियरिंग में बी.टेक. डिग्री और वर्ष 2016 में आई.आई.टी. रुड़की से कंप्यूटर विज्ञान एवॅ इंजीनियरिंग में एम.टेक. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2014 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में ये ई.पी.एस.ए. एरिया के डी.डब्ल्यू.डी. प्रभाग में कार्यरत है।

नितांत दुबे कंप्यूटर इंजीनियरिंग को पूरा करने के बाद, अभी अंतरिक्ष अनुप्रयोग केंद्र / इसरो में समूह प्रमुख, के रूप में काम कर रहे हैं, इनके रुचि के क्षेत्र में छवि प्रसंस्करण, उपग्रह डेटा प्रोसेसिंग और वेब आधारित सॉफ्टवेयर के डिजाइन और विकास शामिल हैं। सूचना प्रणाली के डेटा प्रोसेसिंग के लिए सॉफ्टवेयर का डिजाइन और विकास में उनका बड़ा योगदान रहा है ।

# चंद्रयान-II के एस.ए.आर का ताप संरचनात्मक विश्लेषण

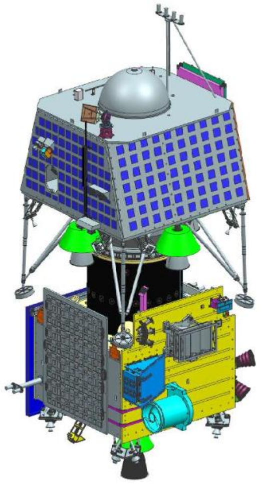
संदीप र. सोमाणी / प्रशांत दास / वी.एस.जगदीश
वैज्ञानिक/अभियंता एस -.एफ., टी.ई.डी./ अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
sandipsomani@sac.isro.gov.in@sac.isro.gov.in

**सारांश**

*भारत के दूसरे चंद्रयान मिशन चंद्रयान-2 के अंतर्गत सार नीतभार का **ताप संरचनात्मक विश्लेषण किया गया है।** यह चंद्रयान-2 मिशन जी.एस.एल.वी एम.के-2 के द्वारा प्रयोग किया जाता है। इस मिशन में कक्षित्र (ORBITER PAYLOAD) नीतभार के अंतर्गत संश्लेषी द्वारक रेडार (synthetic aperture radar) का मुख्य भूमिका है। विज्ञान यंत्रावली के साथ दो सह आलंबन यंत्र भी शामिल है। भू-मानचित्रण कैमरा-2 (TMC-2), एस.ए.आर (SAR), सी.एल.ए.एस.एस- एक्स रे स्पेक्ट्रोमीटर, सी.एच.ए.एस.इ यंत्र, अवरक्त प्रतिबिंबन स्पेक्ट्रोमीटर (IIRS) और ओ.एच.आर.सी (ORBITER HIGH RESOLUTION CAMERA) उपलब्द है। लेंडर (LANDER), कक्षित्र (ORBITER PAYLOAD) नीतभार से 100 कि.मी के ऊपर अलग होकर चंद्र के सतह पर अवतरण होगा। संरचनात्मक विश्लेषण के द्वारा उत्तम अभिकल्पना को प्राप्त किया और इस पत्र में इसका परिणामों को प्रस्तुत किया गया है।*

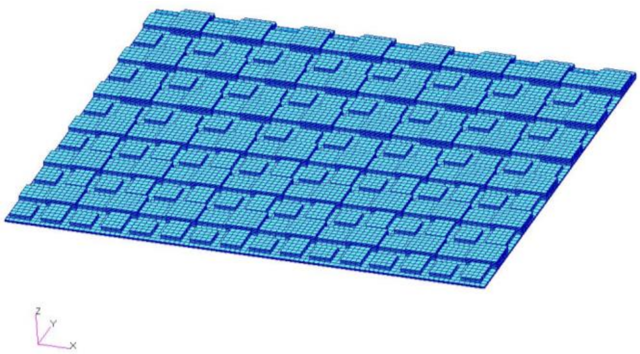
## 1. प्रस्तावना

**संश्लेषी द्वारक रेडार (synthetic aperture radar) एल और एस**-बैंड में कार्य करेंगा। इस रेडार रोवर के प्रेषित और ग्राहण (transmit and receive) के संचार के लिए उपयोग किया गया है। एक ऐन्टेना लेंडर के नीचे की डेक पर और दूसरा पार्श्व तल पर स्थिर किया जाता है।



चित्र 1.चंद्रयान-2 मिशन

इस **संश्लेषी द्वारक रेडार का द्रव्यमान 3.6 कि.ग्रा.** है। इस **रेडार एंटेना का विस्तार 1340 x 1100 वर्ग मि.मि है। 45वाट के शक्ति को प्रहस्तन (power handling capacity) के लिए टी.एन.सी सूबंधक को उपयोग किया गया है। इस का प्रचालन तापमान-130 डिग्री से. से लेकर 100 डिग्री तक है। इस तापमान के अनुरूप संश्लेषी द्वारक रेडार का ताप संरचना** विश्लेषण किया और प्राप्त परिणामों को विस्तार रूप से प्रस्तुत किया गया है। इस **संश्लेषी द्वारक रेडार** आधार पट्टिका के ऊपर स्थिर किया गया है।



चित्र2. परिमिति अवयव निदर्श

## 2. ताप - संरचनात्मक विश्लेषण के लिए अक्षीय नामांकन पद्धति (AXIS DEFINITION):

इस पत्र में निम्न तरीके का नामांकन पद्धति उपयोग किया गया है। (चित्र2)

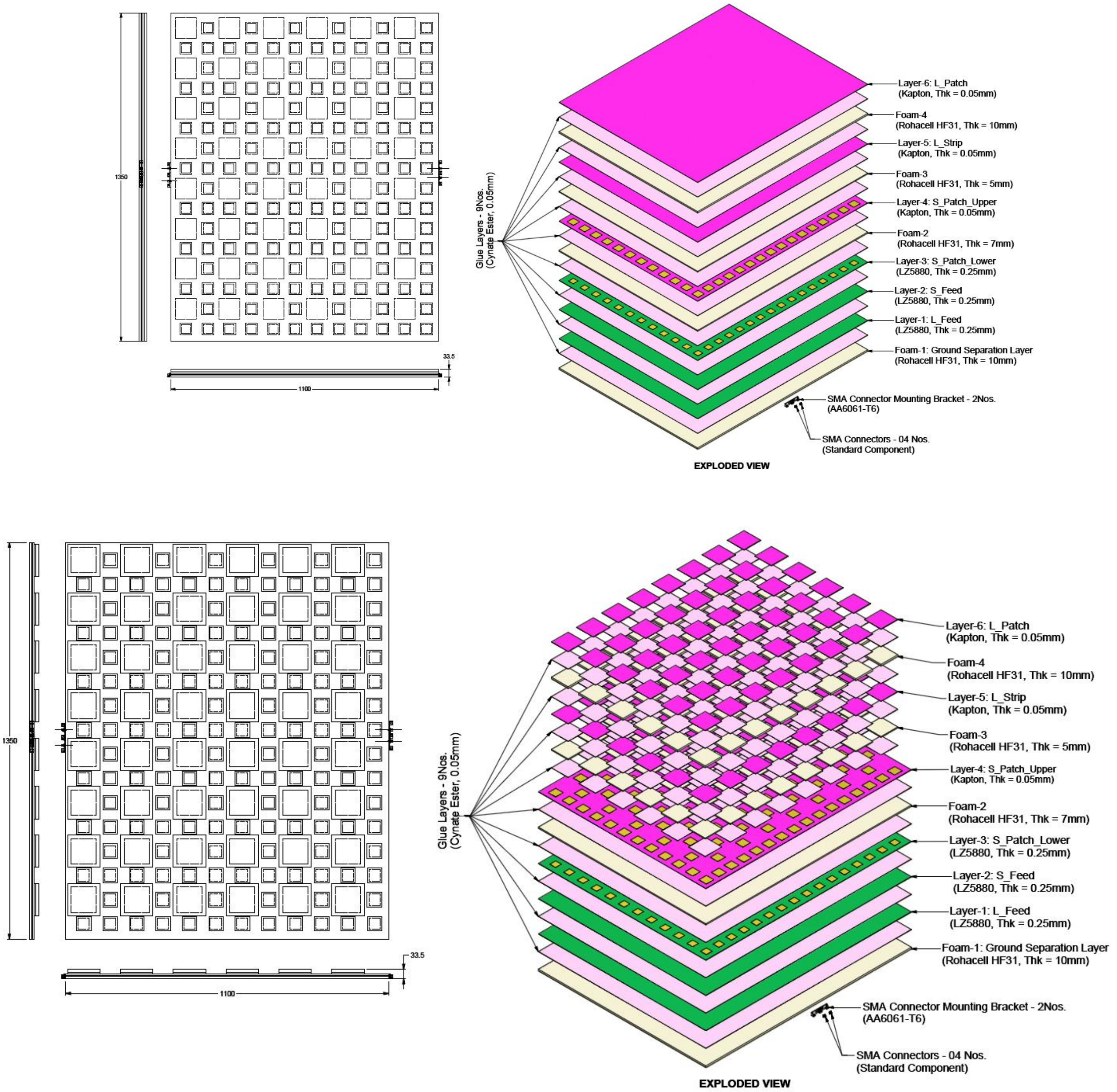
1. X-अक्ष स्थिरीकरण लग समांतर दिशा
2. Y-अक्ष स्थिरीकरण तिर्यक दिशा
3. Z-अक्ष स्थिरीकरण अभिलंब दिशा

उत्तम अभिकल्पना को प्राप्त करने के लिए विविध प्रकार के पदार्थ उपयोग किए गए, **उनके गुणधर्म निम्न सारणी में है। दो प्रकार के** एंटेना का **संरचनात्मक विश्लेषण** किया जो चित्रपट में दिखाया है।

मुख्य उप घटकों का द्रव्यमान सन्निकटन मूल्य तक निम्न सारणी :(नीचे तालिका - 1 में दिखाया गया है।)

**तालिका-1 घटकों का द्रव्यमान**

| **घटक** | **कि.ग्रा** |
|---|---|
| आधार पट्टिका CFRP Baseplate | 2.92 |
| रैडार ऐंटेना (SAR antenna) | 3.55 |
| कुल द्रव्यमान (पूर्ण कोडांतरण) | 6.47 |




चित्र 3. विविध पदार्थ

## 3. संरचनात्मक विश्लेषण (STRUCTURAL ANALYSIS) :

उपयुक्त अभिकल्पना को प्राप्त करने के लिए परिमिति अवयव विधि विश्लेषण (Finite element Analysis) के द्वारा अभिकल्पना का विश्लेषण MSc Nastran के द्वारा किया गया है। अभिकल्पना के पूर्ण निदर्श में लगभग 60000 अवयवों, 45000 निर्नति बिन्दुओं (grid points), का उपयोग किया गया है। विविध प्रकार के अभिकल्पना से उपयुक्त दुर्नम्यता (stiffness) को प्राप्त के लिए छत्ताकार पैनल और सम्मिश्र पदार्थों का उपयोग किया गया है। द्रव्यमान के अनुसार सम्मिश्र पदार्थो आधार पट्टिका का उपयोग किया गया है। इस अभिकल्पना में फलक अवयवों को विस्तार रूप से उपयोग किया गया है।

इस निदर्श के विभिन्न पदार्थों और इस के यांत्रिक गुणधर्म निम्न सारणी में दिये गये है।

**पदार्थों के यांत्रिक गुणधर्म :**

**(एल्युमिनियम 6061-T6) :**

| | |
|---|---|
| यंग मापक - | 7000 कि.ग्रा / मि.मि^2 |
| घनत्व- | 2.7 ग्रा / घन से.मी |
| poission's ratio- | 0.33 |
| रैखीय प्रसार गुणांक(α)- | 23.0E-6 डि.सेंग्रे |

**केप्टान (KAPTON):**

| | |
|---|---|
| यंग मापक (E)- | 250 Kg/ mm^2 |
| poission's ratio (ν)- | 0.34 |
| घनत्व (density)- | 1.42 e3 Kg/m^3 |
| रैखीय प्रसार गुणांक(α)- | 20.0e-6 /deg.C |

**रोहासेल (ROHACEL):**

| | |
|---|---|
| यंग मापक (E)- | 3.53 Kg/ mm^2 |
| poission's ratio (ν)- | 0.38 |
| घनत्व (density)- | 32.0 Kg/m^3 |
| रैखीय प्रसार गुणांक(α)- | 25.0e-6 /deg.C |

**RT_DURIOD:**

| | |
|---|---|
| यंग मापक (E)- | 86.30 Kg/ mm^2 |
| poission's ratio (ν)- | 0.20 |
| घनत्व (density)- | 1.370 e3 Kg/m^3 |
| रैखीय प्रसार गुणांक(α)- | 41.50e-6 /deg.C |

**Quartz_core:**

| | | |
|---|---|---|
| E_11 | : | 12.6 Kg/ mm^2 |
| E_12 | : | 1.0 Kg./mm^2 |
| E_13 | : | 1.0 Kg./mm^2 |
| E_22 | : | 7.5 Kg./mm^2 |
| E_23 | : | 1.0 Kg./mm^2 |
| E_33 | : | 18.60 Kg./mm^2 |
| E_44 | : | 0.5 Kg./mm^2 |
| E_55 | : | 0.5 Kg./mm^2 |
| E_66 | : | 0.5 Kg./mm^2 |
| density | : | 48.0 Kg/m^3 |
| α_11 | : | 2.0e-6 /deg.C |
| α_22 | : | 2.0e-6 /deg.C |

**(सम्मिश्र पदार्थो) CFRP lamina: (M55J)**

| | | |
|---|---|---|
| E_11 | : | 29500. Kg/ mm^2 |
| E_22 | : | 5957.5 Kg./mm^2 |
| ν_12 | : | 0.34 |
| G_12 | : | 4896.4 Kg./mm^2 |
| G_23 | : | 4896.4 Kg./mm^2 |
| G_13 | : | 4896.4 Kg./mm^2 |
| density | : | 1.76E3 Kg/m^3 |
| α_11 | : | -9.60e-7 /deg.C |
| α_22 | : | 29.0e-6 /deg.C |

**एल्युमिनियम छत्ताकार कोर**

**Aluminum_HC_core:(Al_HC)**

| | | |
|---|---|---|
| E_11 | : | 0.1 Kg/ mm^2 |
| E_22 | : | 0.1 Kg./mm^2 |
| ν_12 | : | 0.003 |
| G_12 | : | 0.01 Kg./mm^2 |
| G_23 | : | 10.23 Kg./mm^2 |
| G_13 | : | 22.0 Kg./mm^2 |
| density | : | 36.84 Kg/m^3 |
| α_11 | : | 23.0e-6 /deg.C |
| α_22 | : | 23.0e-6 /deg.C |

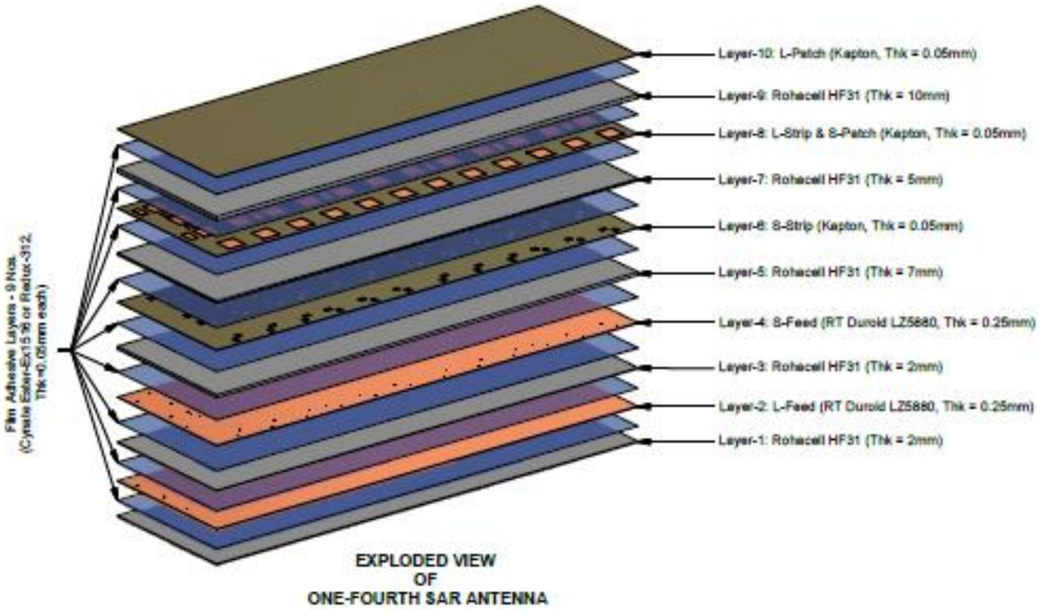
**आधार पट्टिका CFRP Baseplate (LAY UP SEQUENCE):**

[90/0/HC_CORE/0/90]

: [0.1/0.1/25.0/0.1/0.1] mm

## 4. प्राकृतिक आवृत्ति आकलन :(NATURAL FREQUENCIES) :

संरचनात्मक विश्लेषण में आवृत्ति आकलन की मुख्य भूमिका है। अनु-कोडांतरण (Sub-Assembly) की अभिकल्पना के लिए, और कोडांतरण का संरचनात्मक व्यवहार जानने के लिए भी इस आवृत्ति आकलन करना जरूरी है। इस परिमिति अवयव निदर्शो को आधार पट्टिका के ऊपर समाकलित (Integrate) करके विश्लेषण किया गया है। (यह प्राकृतिक आवृत्तियाँ नीचे तालिका-2 में दिखाई गई है।)



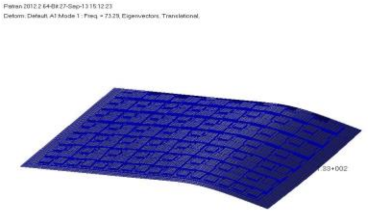

चित्र4. विविध पदार्थ - स्तर

तालिका 2: प्राकृतिक आवृत्ति

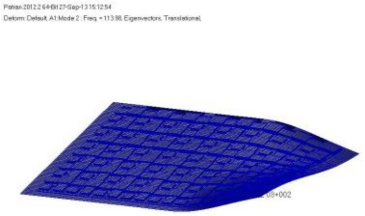
| विधा आकृति क्र.सं (Mode Shape No.) | (प्राकृतिक आवृत्ति (हेट्र्ज) **एल्युमिनियम - एच. सी** | प्राकृतिक आवृत्ति (हेट्र्ज) **सम्मिश्र पदार्थो - एच.सी** | विधा आकृति (Mode Shape) |
|---|---|---|---|
| 1 | 73 | 102 | ब्रैकेट समांतर |
| 2 | 113.9 | 151 | टॉप फलक बंकन |

तालिका-3 घटकों का अनुक्रम

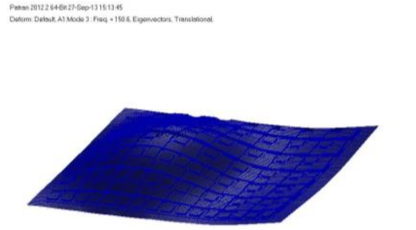
| Sl.No | LAYER (स्तर) | NAME - नाम | MATERIALS पदार्थो | THICKNESS (mm) मोटाई |
|---|---|---|---|---|
| 1 | BASEPLATE आधार पट्टिका | **सम्मिश्र पदार्थो -एच.सी** | **सम्मिश्र पदार्थो - एच.सी** | [0.1/0.1/25.0/0.1/0.1] mm |
| 2 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_01 अंतरापृष्ठ | Redux -312 | 0.06 |
| 3 | LAYER_01 स्तर-01 | Quartz_honeycomb क्वार्टज कोर | Quartz-core क्वार्टज कोर | 2.00 |
| 4 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_12 अंतरापृष्ठ | Cyanate Ester Ex-1516 | 0.06 |
| 5 | LAYER_02 स्तर-02 | L_FEED | RT_DURIOD | 0.254 |
| 6 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_23 अंतरापृष्ठ | Redux -312 | 0.06 |
| 7 | LAYER_03 स्तर-03 | Quartz-honeycomb क्वार्टज कोर | Quartz-core | 2.00 |
| 8 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_34 अंतरापृष्ठ | Cyanate Ester Ex-1516 | 0.06 |
| 9 | LAYER_04 स्तर-04 | S_FEED | RT_DURIOD | 0.254 |
| 10 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_45 अंतरापृष्ठ | Redux -312 | 0.06 |
| 11 | LAYER_05 स्तर-05 | ROHACEL_HF31 | ROHACEL | 7.00 |
| 12 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_56 अंतरापृष्ठ | Redux -312 | 0.06 |
| 13 | LAYER_06 स्तर-05 | S_STRIP | KAPTON | 0.025 |
| 14 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_67 अंतरापृष्ठ | Redux -312 | 0.06 |
| 15 | LAYER_07 स्तर-07 | ROHACEL_HF31 | ROHACEL | 5.00 |
| 16 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_78 अंतरापृष्ठ | Redux -312 | 0.06 |
| 17 | LAYER_08 स्तर-08 | L_STRIP&S_PATCH | KAPTON | 0.025 |
| 18 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_89 अंतरापृष्ठ | Redux -312 | 0.06 |
| 19 | LAYER_09 स्तर-09 | ROHACEL_HF31 | ROHACEL | 10.00 |
| 20 | ADHESIVE आसंजक | INTERFACE_910 अंतरापृष्ठ | Redux -312 | 0.06 |
| 21 | LAYER_10 स्तर-010 | L_PATCH | KAPTON | 0.025 |



चित्रपट- प्राकृतिक आवृत्ति 73 हेर्टज



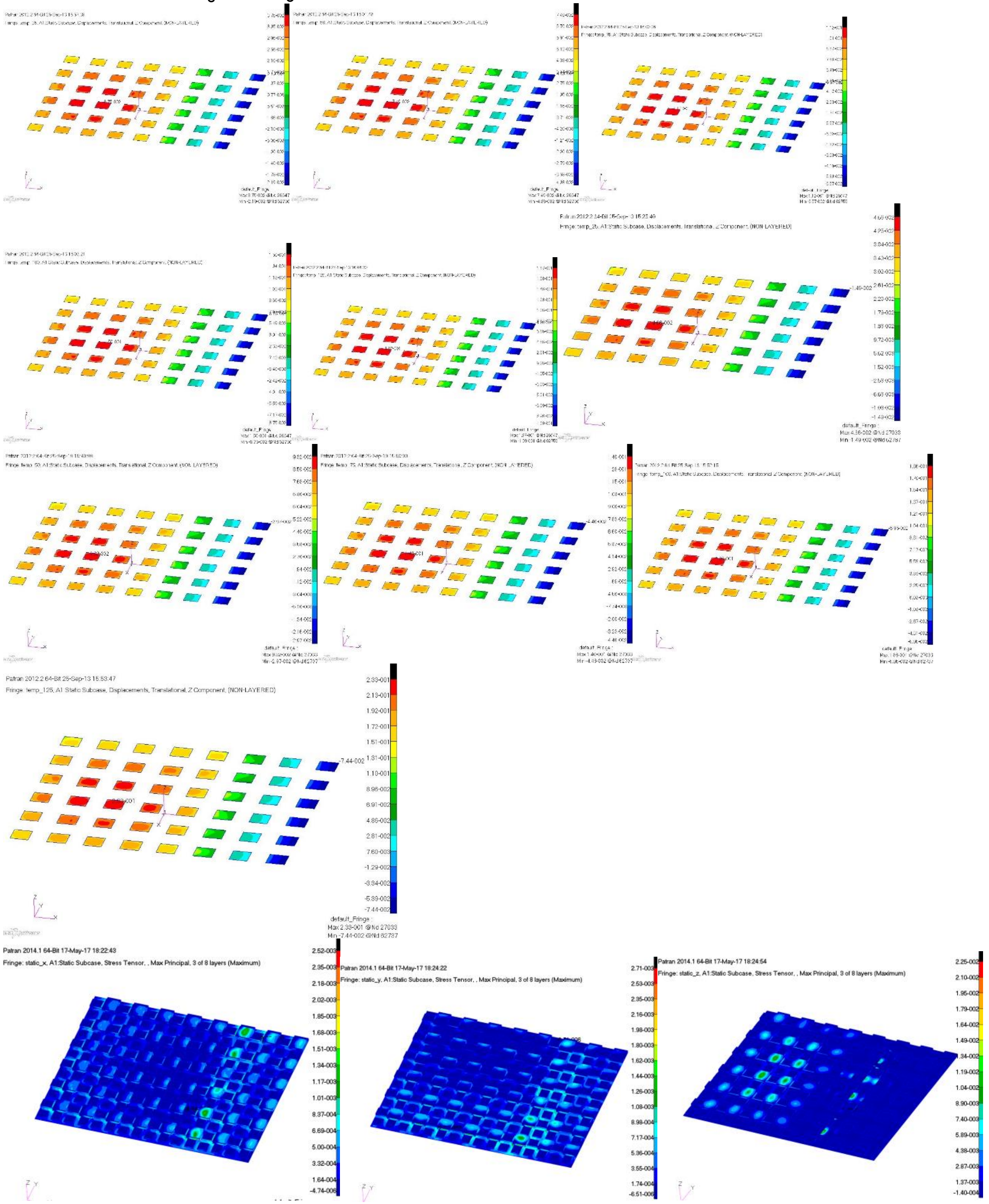
चित्रपट- प्राकृतिक आवृत्ति 113.9 हेर्टज



चित्र 5- प्राकृतिक आवृत्ति 150 हेर्टज

### 5. स्थैतिक विश्लेषण :

इस में प्रत्येक अक्ष में 10 जी त्वरण भार के लिए विश्लेषण किया गया है। प्रप्त प्रतिबल परिणामों को नीचे तालिका-3 में दिखाई गई है।



**चित्र 6** : प्रतिबल - 20जी त्वरण प्रत्येक अक्ष के लिए

तालिका 4: प्रतिबल परिणाम

| अक्ष(Axis) | त्वरण | प्रतिबल Stress in(Kg/mm^2) |
|---|---|---|
| X- अक्ष | 20/0/0 g | 1.06 (चित्रपट: 2) |
| Y- अक्ष | 0/20/0 g | 0.187 (चित्रपट: 3) |
| Z- अक्ष | 0/0/20 g | 0.465(चित्रपट: 4) |

इस विश्लेषण में प्रति 25 डि.से के लिए एल और एस बैंड फीड के ऊपर विस्थापन प्राप्त किया। इस के अलावा-130 डि.से and 100 डि.से के लिए **ऐन्टेना के विभिन्न स्तर पर प्रतिबल को प्राप्त किया गया है। प्राप्त परिणामों के अनुसार यह संरचना सुरक्षित है।**

## 6. ताप संरचनात्मक विश्लेषण:

तालिका 5: ताप संरचना प्रतिबल परिणाम (-130 डि.से & 100 डि.से)

| क्र.सं | नाम | पदार्थ | प्रतिबल Max. Shear Stress (Kg./mm^2) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | -130 deg.C | 100 deg.C |
| | 0/90 - cfrp face sheet at top and bottom with Al-core in the middle | CFRP/AL-CORE | 39.5 (at fixings) | 28.0 |
| | INTERFACE_01 | Redux -312 | 1.58 | 0.82 |
| 1. | Quartz_honeycomb | Quartz-core | 0.81 | 0.42 |
| | INTERFACE_12 | Cyanate Ester Ex-1516 | 1.47 | 1.79 |
| 2. | L_FEED | RT_DURIOD | 0.292 | 0.149 |
| | INTERFACE_23 | Redux -312 | 1.94 | 0.99 |
| 3. | Quartz_honeycomb | Quartz-core | 0.040 | 0.021 |
| | INTERFACE_34 | Cyanate Ester Ex-1516 | 1.47 | 0.75 |
| 4. | S_FEED | RT_DURIOD | 0.29 | 0.15 |
| | INTERFACE_45 | Redux -312 | 1.47 | 0.75 |
| 5. | ROHACEL_HF31 | ROHACEL | 0.01 | -- |
| | INTERFACE_56 | Redux -312 | 1.48 | 0.75 |
| 6. | S_STRIP | KAPTON | 0.556 | 0.28 |
| | INTERFACE_67 | Redux -312 | 1.48 | 0.75 |
| 7. | ROHACEL_HF31 | ROHACEL | -- | -- |
| | INTERFACE_78 | Redux -312 | 1.49 | 0.76 |
| 8. | L_STRIP&S_PATCH | KAPTON | 0.539 | 0.279 |
| | INTERFACE_89 | Redux -312 | 1.49 | 0.76 |
| 9. | ROHACEL_HF31 | ROHACEL | -- | -- |
| | INTERFACE_910 | Redux -312 | 1.50 | 0.77 |
| 10. | L_PATCH | KAPTON | 0.505 | 0.262 |

## 7. निष्कर्ष

चंद्रयान-2 मिशन के संश्लेषी द्वारक रेडार स्थैतिक, गतिक और ताप संरचनात्मक विश्लेषणों का परिणाम दिया गया है। इस विश्लेषणों के अनुसार इस कोडॉतरण के प्राकृतिक आवृत्ति 102 हेर्ट्ज है।

**विविध विश्लेषण के अनुसार प्राप्त किए परिणाम से भी इस** कोडॉतरण सुरक्षित है। कंपन जाँच परीक्षण से इस परिणामों को वैधीकृत (validate) करने के लिए तंत्र अभिकल्पक को सूचना दिया गया है।

## 9. संदर्भ :

1. पेलोड - पी.डी.आर - दस्तावेज - चंद्रयान-2 पेलोड

## 8. आभार :

हम, एसएसडी/एस. टी. जी. के प्रधान, एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम, हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो के भी आभारी है, जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है। हम, फीस्ट टीम का अत्यन्त अभारी है, जिससे साफ्टवेयर को सही दिशा में उपयोग कर सकें।

2. संरचनात्मक विश्लेषण रीपोर्ट नंबरः सैक -एसटीजी-एसएसडी - **ALT/R-01/171017/13**
3. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेटिंस हाल इंडिया,नई दिल्ली 1997।
4. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल.मीरोविच, मैक. ग्रा हिल,सिंगापुर, 2001।
5. System document for Ka-Band Altimeter, SAC/MRSA/MSIG/CHW/LANDER/ TR/01/2013, Apr,2013
6. Nastran साफ्टवेयर हेल्प

**लेखक परिचय:**

संदीप आर सोमाणी

संदीप र. सोमाणी ने एम.ई थर्मल सैन्सेस में एम.एस यूनिवर्सिटी वडोदरा से यांत्रिक इन्जीनियरिंग विभाग की उपाधि प्राप्त की।

प्रशांत दास

प्रशांत दास आई.आई.टी.गुवाहाटी से थर्मल इन्जीनियरिंग में एम.टेक. की उपाधि प्राप्त की।

वी एस जगदीश

वी.एस.जगदीश ने 1998 में आई. आई. टी. कानपुर से एरोस्पेस इन्जीनियरिंग में एम. टेक. की उपाधी प्राप्त की।

# रिसैट-1 ए की उपप्रणाली टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स के अभिलक्षणन के लिए भू-जाँच इकाई का विकास

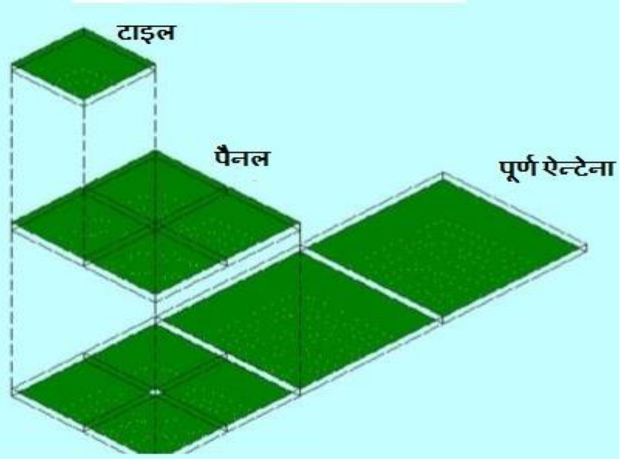
अवधेश कुमार, माधव दास, अजय कुमार सिंह, विनय कुमार, हिमांशु पटेल और बी एस रामन
एम.एस.सी.ई.डी / एम.एस.डी.जी/एम.आर.एस.ए, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद
{avadhesh@sac.isro.gov.in, madhavdas@sac.isro.gov.in}

## 1. सारांश-

सूक्ष्मतरंग नीतभार और उनके अवयव अंकीय उपप्रणाली के अभिलक्षणन और मूल्यांकन के लिए, भू-जाँच इकाइयों को विकसित करने की आवश्यकता है। ये भू-जाँच इकाइयाँ संदीपन संकेत उत्पन्न करती हैं, निर्गत संकेत को अधिकृत करती हैं, तथ्य को सत्यापित करती हैं और तदानुसार परीक्षण विवरण तैयार करती हैं। इस प्रकार, ये भू-जाँच इकाइयां नीतभार के पूरे विकास चक्र के दौरान आवश्यक हैं। सूक्ष्मतरंग नीतभार जैसे, रिसैट-1 ए (RISAT-1A), रिसैट-2 ए (RISAT-2A), और निसार (NISAR) आदि, इनमें सक्रिय चरणबद्ध रेडार नीतभार शामिल है जिसमें बड़ी संख्या में टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स पैकेज और अन्य अंकीय उपप्रणालियाँ है। इन भू-जाँच इकाइयों का उपयोग करके टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स और अंकीय उपप्रणालियों को चिह्नित और मान्य किया जाएगा। यह लेख रेडार नीतभार के टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स जैसे अंकीय उपप्रणाली से उच्च गति तथ्य को अधिकृत करने के लिए और उसको सत्यापित करने के लिए भू-जाँच इकाई के विकास को संबोधित करता है। इस प्रक्रिया के समय संकेतों को उत्पन्न करने के लिए, उत्पन्न संकेतों और डेटा को अधिग्रहीत करके सत्यापित करने के लिए, सॉफ्टवेयर वीएचडीएल में लिखा गया और एफपीजीए बोर्ड पर निष्पादित करके परीक्षण किया गया है, इन संकेतों को उत्पन्न, नियंत्रित, परिवर्तित और उनकी स्वत:परीक्षण विवरण तैयार करने के लिए ग्राफी प्रयोक्ता अंतरापृष्ठ (जीयूआई) भी बनाया गया है।

## 2. प्रस्तावना

सुदूर संवेदन आमतौर पर पृथ्वी की सतह (भूमि और महासागर) जानकारी प्राप्त करने तकनीक को संदर्भित करता है जिसके लिये सेंसर का उपयोग हवाई (विमान, गुब्बारे) या अंतरिक्षीय (उपग्रह, अंतरिक्ष शटल) मंच पर किया जाता है। सुदूर संवेदन में, संवदेक वस्तु या घटना के साथ सीधे संपर्क में नहीं हैं, इसलिए विद्युत चुम्बकीय विकिरण आमतौर पर एक सूचना वाहक के रूप में प्रयोग किया जाता है। इन विद्युत चुम्बकीय विकिरण को सूक्ष्मतरंग नीतभार में सक्रिय चरण सारणी ऐन्टेना से उत्सर्जित करके पृथ्वी की सतह से जानकारी संचारित और जानकारी प्राप्त करने के लिए किया जाता है। एक चरणबद्ध सारणी ऐन्टेना टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स और अंकीय उपप्रणाली से बना है। इन टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स में बहुत से विकिरण तत्व होते हैं जिन्हें संचारित अभिग्राही (टीआर) मॉड्यूल के नाम से जाना जाता है। इन टीआर मॉड्यूल में अंतर्निर्मित नियंत्रक होते हैं और जो लाभ और चरण मान आदि जैसे अनुपात की गणना करते हैं। रिसैट के लिए सक्रिय ऐन्टेना सारणी में तीन पैनल होते हैं, प्रत्येक चार 1 मीटर x 1 मीटर टाइल्स के साथ चित्र 1 में दिखाए गए है। यह सक्रिय चरण सारणी ऐन्टेना प्रेषित प्राप्त एकीकृत मॉड्यूल (टीआरआईएम) द्वारा संचालित होती है। इसलिए पूरे ऐन्टेना में 288 दोहरी ध्रुवीकृत प्रेषित प्राप्त एकीकृत मॉड्यूल (टीआरआईएम) पूरे ऐन्टेना (12 टाइल्स) को और उससे संबंधित इलेक्ट्रॉनिक्स को साथ में फीड करती है। प्रत्येक टीआरआईएम में दो प्रेषण प्राप्त मॉड्यूल (टीआरएम) होते हैं, प्रत्येक ध्रुवीकरण के लिए एक पारगमन के साथ में प्रेषित प्राप्त नियंत्रक (टीआरसी) मॉड्यूल होता है। टीआरआईएम की कार्यात्मक आवश्यकताओं: सक्रिय वितरित रेडियो आवृति (आरएफ) स्रोतों और विकिरण पैच से जुड़े वितरित अभिग्राही के रूप में कार्य, प्राप्त संकेतों को कम शोर प्रवर्धन और प्रसारित परिचालन संकेतों को शक्ति प्रवर्धन प्रदान करना है, आयाम और चरण नियंत्रण प्रदान करते हैं दोनों प्रेषण और पथ प्राप्त करने के लिए, और या तो इनपुट और आउटपुट पथ का चयन ट्रांस-प्राप्त स्विच के उचित उपयोग द्वारा प्राप्त करते हैं।




चित्र:1 ऐन्टेना अभिन्यास (लेआउट)

टीआरआईएम अंकीय नियंत्रण (टीआरसी) की मुख्य कार्यक्षमता टीआरआईएम-आरएफ और संबंधित शक्ति प्रानुकूलन और प्रसंस्करण इकाई (पीसीपीयू) की नियंत्रण, समन्वय और स्थिति निगरानी करता है। टीआरसी का मुख्य कार्य आयाम और चरण-परिवर्तन को टीआर-आरएफ मॉड्यूल (दोनों वी और एच) में लोड करना है। प्रेषित और प्राप्त प्रचाल टीआरएफ दर पर टीआर-आरएफ मॉड्यूल में टाइल नियंत्रक इकाई (टीसीयू) से नियंत्रण संकेत लोड किए जाते हैं। टीसीयू का उपयोग, एकाधिक (24) टीआर (एच एंड वी) मॉड्यूल और अन्य इलेक्ट्रॉनिक्स युक्त व्यक्तिगत टाइल की गतिविधियों को नियंत्रित, आदेश और समन्वय करने के लिये किया जाता है। चरण और आयाम प्रचाल, प्रासंगिक टीआर मॉड्यूल के लिए टीसीयू, ऑन-बोर्ड नीतभार नियांत्रक (पीएलसी) से प्राप्त किरणपुंज कॉन्फिगरेशन से संबंधित जानकारी का उपयोग करता है। प्रत्येक टीसीयू

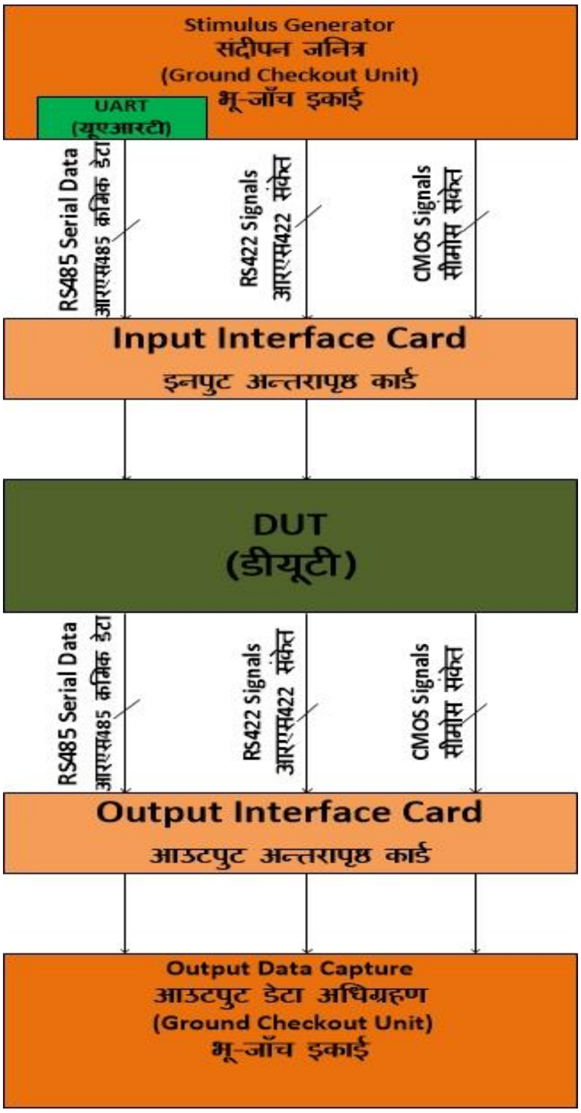
द्वारा किए जाने वाले विभिन्न कार्यों का पालन निम्नानुसार है: नीतभार नियांत्रक से ऐन्टेना किरणपुंज कॉन्फिगरेशन का अभिग्रहण, टीआर मॉड्यूल का ध्रुवीकरण कॉन्फिगरेशन के चयन के लिए टाइल पर टीआर मॉड्यूल के साथ अन्तरापृष्ठन। टीसीयू का मुख्य कार्य सभी 24 टीआरसी को आयाम और चरण जानकारी लोड करना है और सभी 24 पीसीपीयू को चालू / बंद का आदेश जारी करना है। टीसीयू का परीक्षण करने के लिये और उससे प्राप्त डेटा को सत्यापित करने के लिये भू-जाँच इकाई का विकास किया गया है। इस भू-जाँच इकाई से टीसीयू सरलता पूर्वक परीक्षण करके सीधे रेडार नीतभार में उपयोग किया जा सकता है।

## 3. भूजाँच- इकाई का विकास और उपयोग

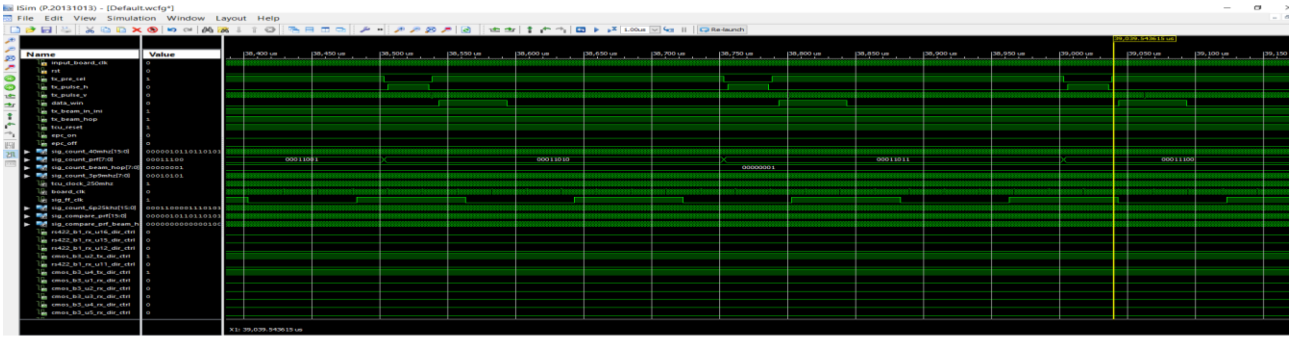
भू-जाँच इकाई के विकास का उद्देश्य, सूक्ष्मतरंग नीतभार और उसकी उपप्रणालियों (टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स) का सरलता पूर्वक परीक्षण और सत्यापन करना है। भू-जाँच इकाइयां इन उपप्रणालियों का परीक्षण करने के लिये विभिन्न प्रकार के संदीपन संकेत (जैसेः आरएस422, आरएस485, सीमोस) उत्पन्न करती है, और इन संकेतों को युक्ति अरूप परीक्षण (डीयूटी) के साथ अन्तरापृष्ठन किया जाता है जिसका आरेख चित्र 2 में दिखाया गया है। डीयूटी इन संकेतों और कर्मिक डेटा को अभिग्रहीत करके विभिन्न संकेत उत्पन्न करती है। इन संकेतों को पुनः अभिग्रहीत करके सत्यापित करने के लिये ग्राफी प्रयोक्ता अंतरापृष्ठ (जीयूआई) का विकास किया गया है। इन संकेतों को उत्पन्न करने के लिये कोड वीएचडीएल में लिखा और गया है। इस भू-जाँच इकाई का उपयोग उड़ान मॉडल का परीक्षण करने के लिये किया जाना है, इसलिए उड़ान मॉडल के साथ अंतरापृष्ठ करने से पहले, इस इकाई को गुणता दल द्वारा कोड वाक-थ्रू, फलन परीक्षण और जाचँ की गई।

## 4. परिणाम और चर्चा

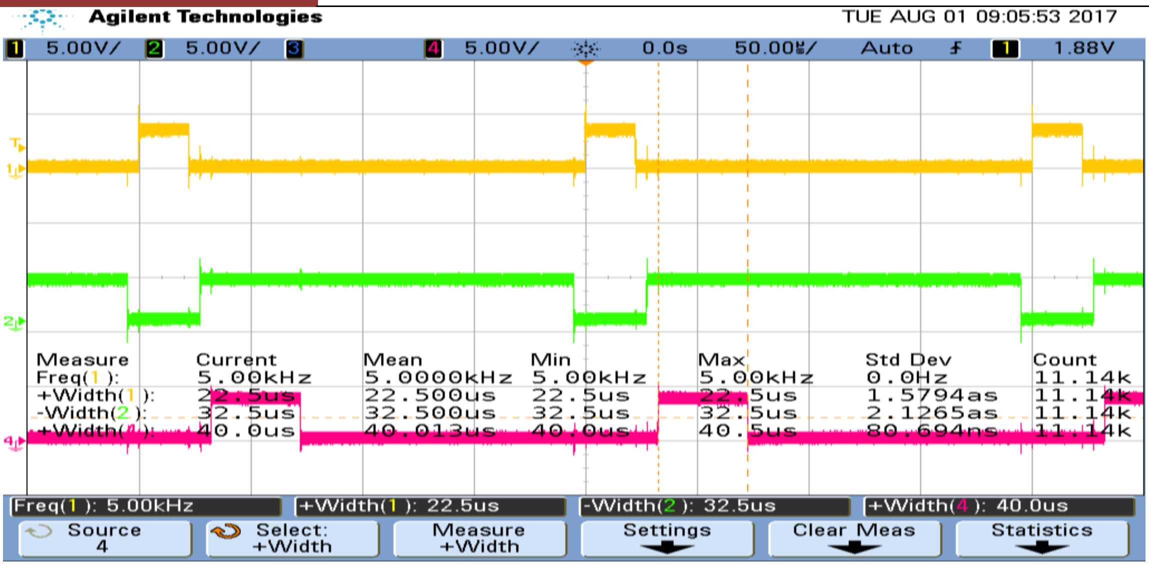
इस प्रक्रिया में एफपीजीए बोर्ड को संहति परिधीय घटक अन्योन्याश्रित (सीपीसीआई) के साथ अन्तरापृष्ठ किया गया है और नियंत्रण अनुप्रयोग इनपुट ग्राफी प्रयोक्ता अन्तरापृष्ठ (जीयूआई) द्वारा प्रदान किया जाएगा। इस प्रक्रिया का अनुरूपण और संश्लेषण आईएसआईएम (ISim) अनुकारक और Xilinx आईएसई (ISE) 14.7 पर किया गया है। विकसित एचडीएल मॉड्यूल में समय संकेत और नियंत्रण संकेत, बहु इनपुट घड़ी अवधि के अनुसार उत्पन्न होते है। इस प्रकिया में, आवश्यक समय संदर्भ (सक्रिय कम या सक्रिय उच्च) संकेत उत्पन्न करने के लिए 40 मेगाहटर्ज बोर्ड घड़ी जो की 25 नैनो सेकंड (एनएस) घड़ी अवधि का उपयोग करके किया गया है। सबसे पहले, उत्पन्न संकेतों को आईएसआईएम द्वारा अनुक्रमित किया गया है जो कि चित्र 4 में दिखाया गया है। और संकेतों को सत्यापित करने के एफपीजीए बोर्ड पर परीक्षण किया गया। परियोजना की आवश्यकता के अनुसार कुछ प्रग्रहण काल संकेत निम्नानुसार चित्र 5-7 में दिखाए गये हैं। चित्र 8 में डेटा अधिग्रहण, समय संकेत अधिग्रहण और प्रोग्रामनीय इनपुट प्रदान करने की जीयूआई दिखाई गई है। विकसित भू-जाँच इकाई का उपयोग करके टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स (टीसीयू) का परीक्षण किया और उस परीक्षण में उत्पन्न स्वत: रिपोर्ट चित्र 9 में और परीक्षण व्यवस्था चित्र 10 में दिया गया है।



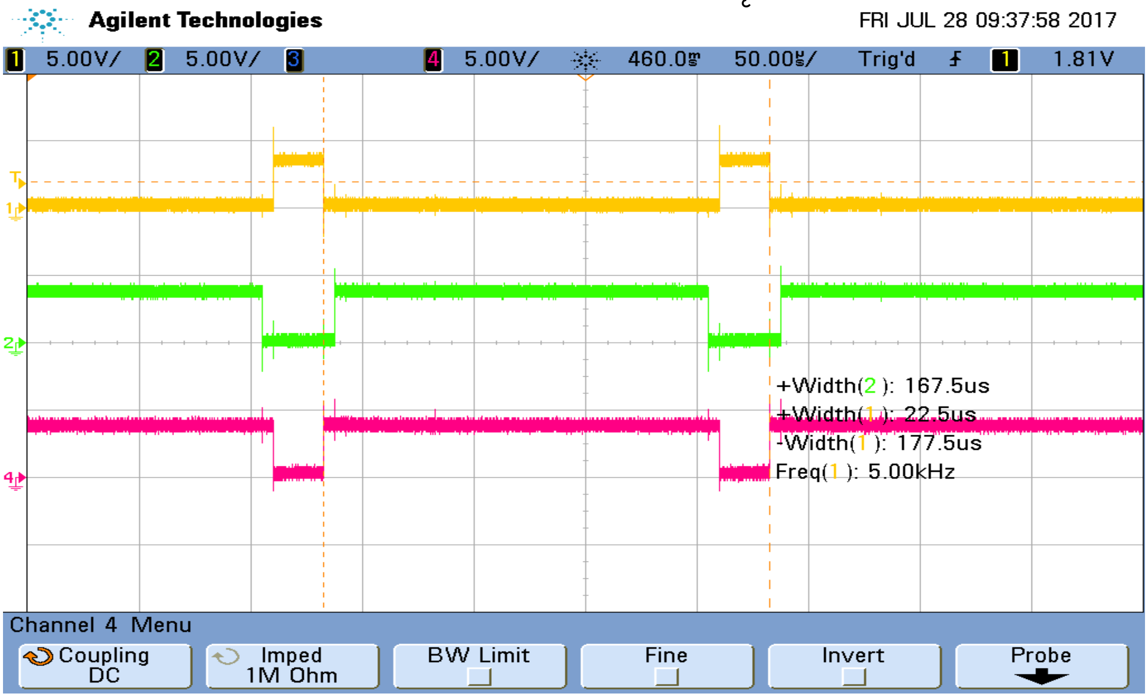

चित्र:2 भू-जाँच इकाई और युक्ति अरूप परीक्षण (डीयूटी) के बीच में अन्तरापृष्ठ योजना.



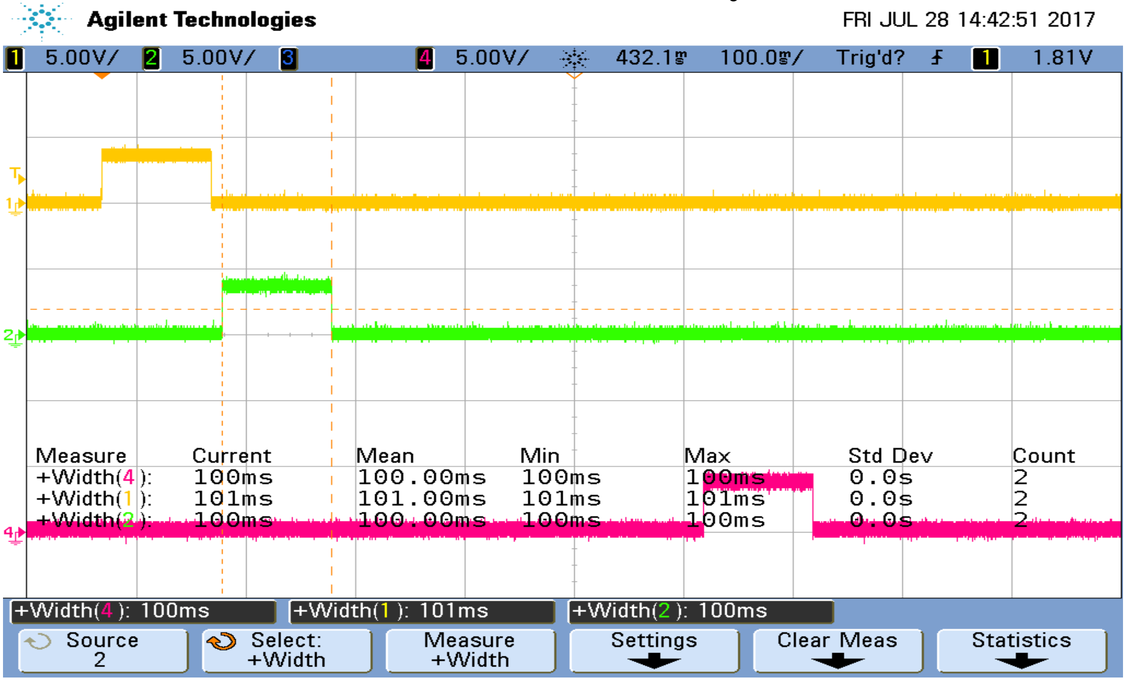
चित्र:4 समय संकेत क अनुरूपित तरंगाकृति.




चित्र:5 परीक्षित समय संकेत की तरंगाकृति.

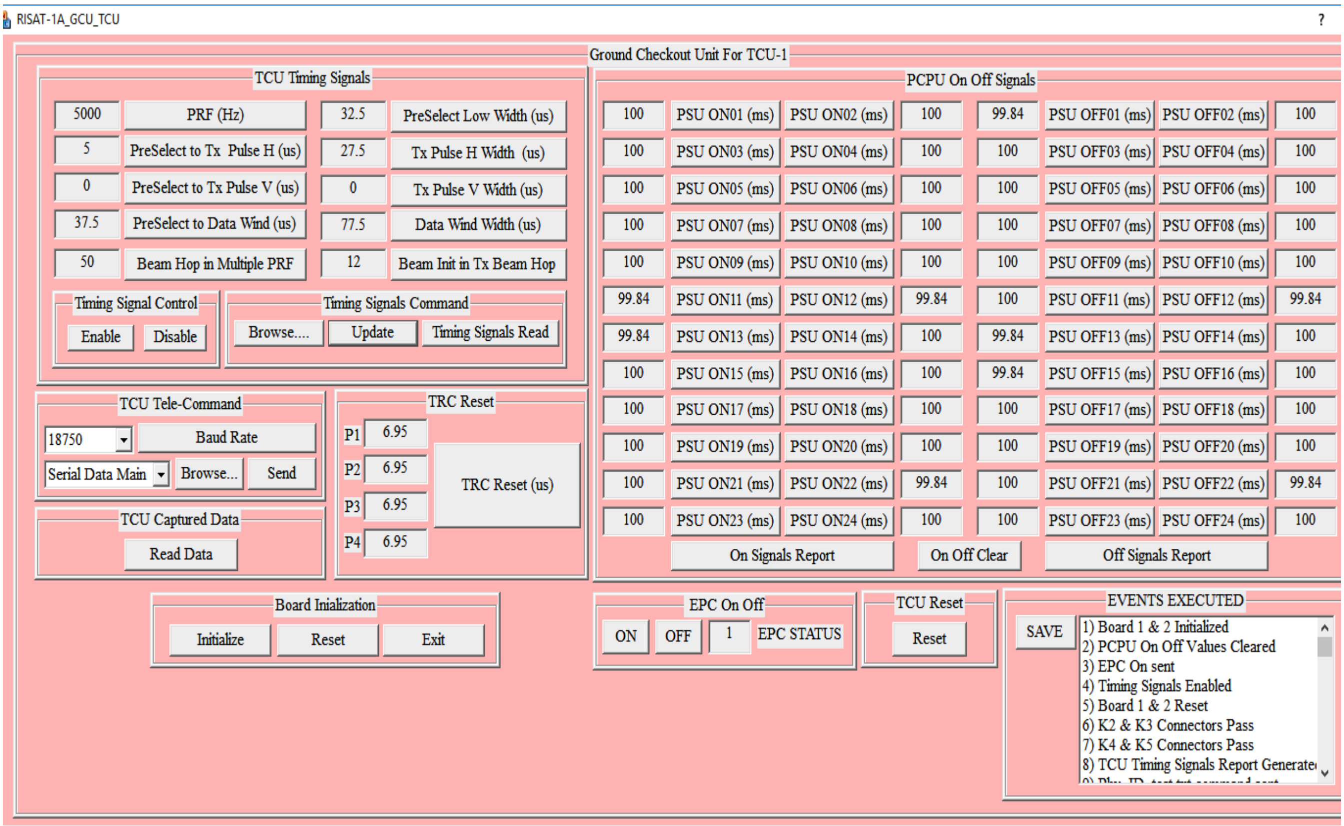



चित्र:6 परीक्षित समय संकेत की तरंगाकृति.

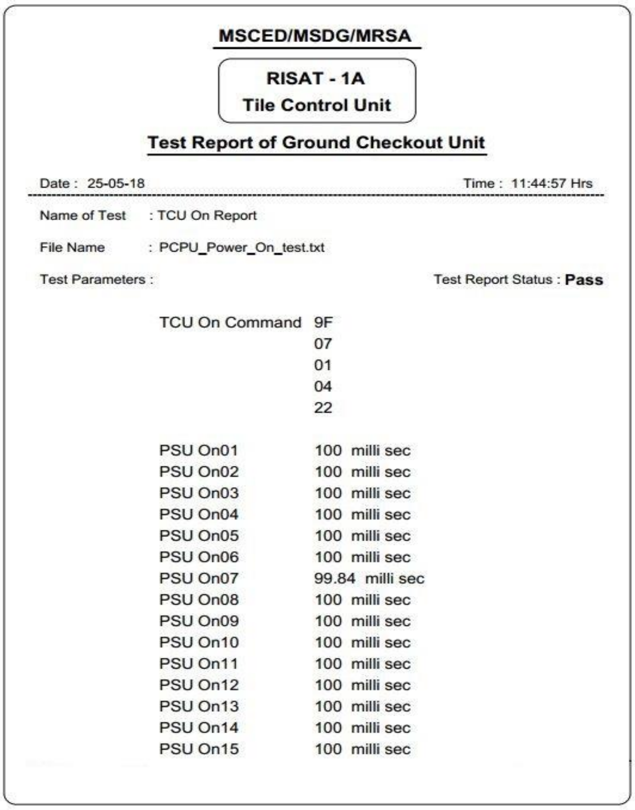



चित्र:7 अधिग्रहीत समय संकेत की तरंगाकृति.

अनुक्रमणिका




चित्र:8 ग्राफी प्रयोक्ता अन्तरापृष्ठ (जीयूआई).



MSCED/MSDG/MRSA

RISAT - 1A
Tile Control Unit

Test Report of Ground Checkout Unit

Date : 25-05-18 Time : 11:44:57 Hrs

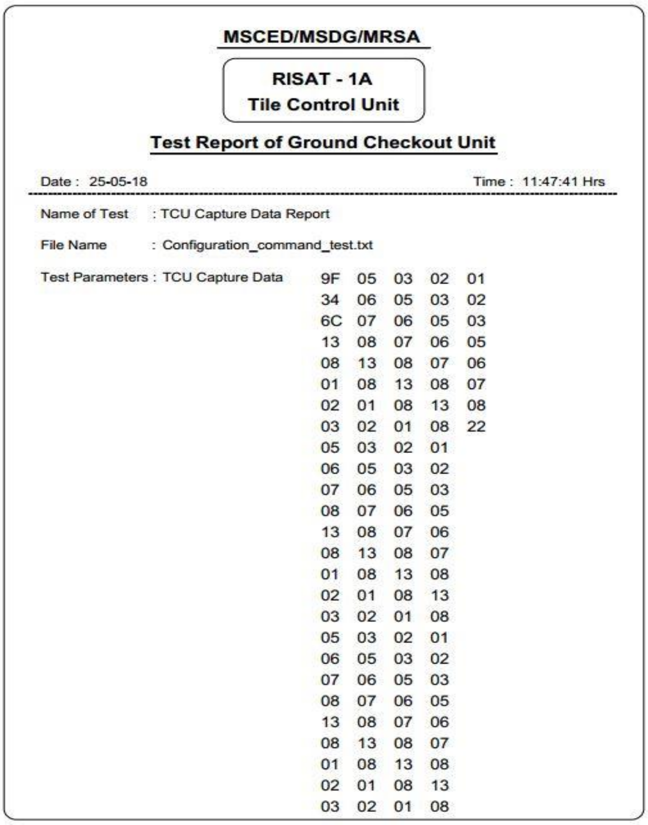
Name of Test : TCU On Report

File Name : PCPU_Power_On_test.txt

Test Parameters : Test Report Status : **Pass**

TCU On Command 9F 07 01 04 22

| | |
|---|---|
| PSU On01 | 100 milli sec |
| PSU On02 | 100 milli sec |
| PSU On03 | 100 milli sec |
| PSU On04 | 100 milli sec |
| PSU On05 | 100 milli sec |
| PSU On06 | 100 milli sec |
| PSU On07 | 99.84 milli sec |
| PSU On08 | 100 milli sec |
| PSU On09 | 100 milli sec |
| PSU On10 | 100 milli sec |
| PSU On11 | 100 milli sec |
| PSU On12 | 100 milli sec |
| PSU On13 | 100 milli sec |
| PSU On14 | 100 milli sec |
| PSU On15 | 100 milli sec |



MSCED/MSDG/MRSA

RISAT - 1A
Tile Control Unit

Test Report of Ground Checkout Unit

Date : 25-05-18 Time : 11:47:41 Hrs

Name of Test : TCU Capture Data Report

File Name : Configuration_command_test.txt

Test Parameters : TCU Capture Data

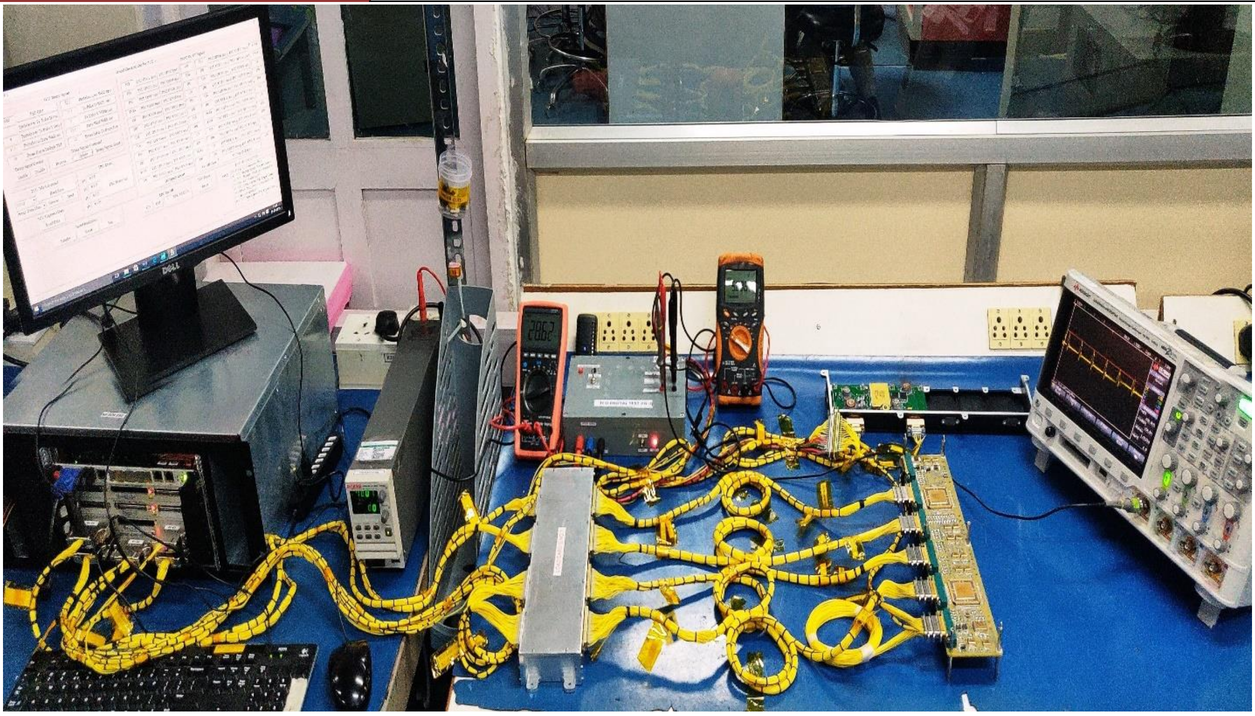
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9F | 05 | 03 | 02 | 01 |
| 34 | 06 | 05 | 03 | 02 |
| 6C | 07 | 06 | 05 | 03 |
| 13 | 08 | 07 | 06 | 05 |
| 08 | 13 | 08 | 07 | 06 |
| 01 | 08 | 13 | 08 | 07 |
| 02 | 01 | 08 | 13 | 08 |
| 03 | 02 | 01 | 08 | 22 |
| 05 | 03 | 02 | 01 | |
| 06 | 05 | 03 | 02 | |
| 07 | 06 | 05 | 03 | |
| 08 | 07 | 06 | 05 | |
| 13 | 08 | 07 | 06 | |
| 08 | 13 | 08 | 07 | |
| 01 | 08 | 13 | 08 | |
| 02 | 01 | 08 | 13 | |
| 03 | 02 | 01 | 08 | |
| 05 | 03 | 02 | 01 | |
| 06 | 05 | 03 | 02 | |
| 07 | 06 | 05 | 03 | |
| 08 | 07 | 06 | 05 | |
| 13 | 08 | 07 | 06 | |
| 08 | 13 | 08 | 07 | |
| 01 | 08 | 13 | 08 | |
| 02 | 01 | 08 | 13 | |
| 03 | 02 | 01 | 08 | |

चित्र:9 परीक्षण रिपोर्ट का चित्र.

## 5. निष्कर्ष :

इस प्रक्रिया में, टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स के लिए भू-जाँच इकाई विकसित की गई है। यह भू-जाँच इकाई समय संकेत, नियंत्रण संकेत और डेटा प्रग्रहण को सत्यापित करने के लिए नीतभार नियंत्रक के पूरे विकास चक्र में उपयोग की जाती है। इस विचार से बहुतायत इकाइयों का परीक्षण एक साथ कर सकते है, जिससे समय और गति में उन्नति हुई है, क्योकि ये विकास संरचित प्रारूप में परीक्षण एवम रिपोर्ट प्रदान करता है इस कारण से दोषमार्जन, दोष पहचान और दोष पृथक्करण सरल हो गया है।

अनुक्रमणिका



चित्र:10 विकसित भू-जाँच इकाई से टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स के परीक्षण व्यवस्था का चित्र.

इस विकास का उपयोग और भी परियोजनाओं जैसे कि रिसैट-2ए, निसार आदि के टाइल इलेक्ट्रॉनिक्स की परीक्षण और सत्यापन के लिए में किया जायेगा। इस विकास के द्वारा हमने कोशिश की है कि आने वाली परियोजनाओं में इनका उपयोग करके सॉफ्टवेयरों की उपयोगिता अंतरिक्ष प्रणालियों की क्षमता संवर्धन के लिये किया जाए। भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी दिशा में भी हमे इसी रूप में भू-जाँच इकाइयों को विकसित करना है, जिससे उपयोगकर्ता को कम जटिलता का सामना करके परियोजनाओं को जल्दी और सरलता पूर्वक संपन्न कर सके।

## 6. लेखक परिचय :

अवधेश कुमार: उन्होंने इलेक्ट्रॉनिकी और संचार अभियांत्रिकी में अपनी स्नातक डिग्री उत्तर प्रदेश तकनीक विश्वविद्यालय, लखनऊ और स्नातकोत्तर की डिग्री एनआईटी मेघालय से प्राप्त की। वह 7 मार्च, 2017 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद में शामिल हुये। वह वर्तमान में रिसैट -1ए और रिसैट -2ए के लिये भू-जाँच इकाइयों संबंधित डिजाइन और विकास करने में शामिल हैं।

माधव दास: उन्होंने इलेक्ट्रॉनिकी और संचार अभियांत्रिकी में अपनी स्नातक डिग्री विश्वेसरैया तकनीक विश्वविद्यालय, कर्नाटक से प्राप्त की। वह 2005 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र. भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद में शामिल हुये। इनका कार्य क्षेत्र, एफपीजीए आधारित ऑन बोर्ड अंकीय प्रणाली को सूक्ष्मतरंग नीतभार के लिये डिजाइन और नीतभार के लिये जाँच इकाइयों का विकास करना है। वह सॉलिड स्टेट रिकॉर्डर, लॉच वीइकल और वायुवर्ती के विकास क्षेत्र में काम कर रहे है।

संदर्भः 1. रिसैट -1 ए सार पी. डी. आर. डॉक्युमेंट, मार्च, 2017

2. टीसीयू एसआरएस डॉक्युमेंट, मई, 2018.

3. जीसीयू विवरण डॉक्युमेंट, मार्च, 2018

***

# निसार डेटा अभिग्रहण और किरण गठक हार्डवेयर के लिए नीतभार नियंत्रक अनुकारी की रचना और विकास

**विकास सिंह, शालिनी गंगेले, संजय त्रिवेदी**
**एमएसडीपीडी/एमएसडीजी/एमआरएसए, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),**
**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद**
vikassingh@sacisrogovin, shalinisethia@sacisrogovin

**सारांश-**

यह पत्र निसार डेटा अभिग्रहण और किरण गठक (डीएबीएफ) नीतभार नियंत्रक (पीएलसी) अनुकारी के रचना और विकास की पूरी जानकारी का वर्णन करता है। डीएबीएफ उप प्रणाली की आवश्यक परीक्षण और सत्यापन गतिविधियों को करने के लिए यह पीएलसी अनुकारी आदेश पर विभिन्न समय पर नियंत्रण संकेत उत्पन्न करने में सक्षम है, जिसका उपयोग डीएबीएफ उपप्रणाली की कार्यक्षमता को सत्यापित करने के लिए किया जाता है। विभिन्न नियंत्रण संकेत पूरी तरह से प्रोग्राम करने योग्य है और इसे वीएचडीएल एफपीजीए कोडिंग का उपयोग करके आवश्यकता के आधार पर आसानी से अनुकूलित किया जा सकता है। एक पीएलसी अनुकारी कस्टम किन्टेक्स 7 एफपीजीए बोर्ड पर आधारित ग्राउंड चेकआउट इकाई का उपयोग करके विकसित किया गया है। आवश्यक डेटा और जानकारी भेजने और प्राप्त करने के लिए पीएलसी बोर्ड को पीसी और डीएबीएफ बोर्ड के साथ इंटरफेस किया गया है।

**परिचय-**

NISAR निसार (नासा-इसरो एसएआर) नासा और इसरो द्वारा संयुक्त रूप से विकास के तहत वैश्विक ग्लेशियर बर्फ कवरेज, तटीय, महासागर और आपदा अध्ययनों की निगरानी के लिए एक वैश्विक विज्ञान मिशन है। निसार L और S-बैंड में संचालित एक दोहरी आवृत्ति का सार सेंसर है। एल-बैंड सार नासा द्वारा विकसित किया जा रहा है जबकि SAC इसरो में एस-बैंड सार विकसित किया जा रहा है। S-बैंड सार पेलोड डिजिटल सिस्टम में तीन महत्वपूर्ण सब-सिस्टम शामिल हैं अर्थात् नीतभार नियंत्रक (पीएलसी), अंकीय चर्प जनक(डीसीजी), डेटा अधिग्रहण और किरण गठक। एस-बैंड सार सिस्टम में 24(वी)+24(एच) चैनल होते हैं, जो 48 चैनलों पर अंकीय डेटा प्राप्त करता है जो कि डीएबीएफ हार्डवेयर को भेजदिया जाता है और बाद में ऑन-बोर्ड अंकीय किरण बनाने (Digital Beam Forming) और डेटा स्वरूपण संचालन (Data Formatting Operation) करने में उपयोग किया जाता है। ग्राउंड से आवश्यक नियंत्रण और समय संकेतों को प्राप्त करके आगंतुक डेटा पर आवश्यक ऑन-बोर्ड प्रसंस्करण संचालन करने के लिए कुल चार डीएबीएफ हार्डवेयर इकाइयां नीतभार नियंत्रक उपप्रणाली के साथ इंटरफेस करती हैं। डीएबीएफ को विभिन्न बीम बनाने वाले गुणांक भी प्राप्त होते हैं जिन्हें पीएलसी से मैप-ऑन से पहले ऑन-द-फ्लाई संग्रहित और अपलोड किया जाता है।

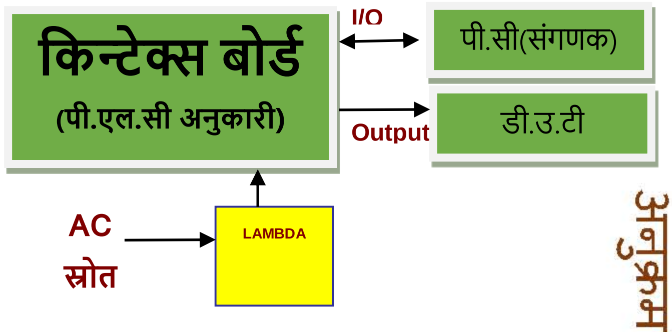
डीएबीएफ उप प्रणाली की आवश्यक परीक्षण और सत्यापन गतिविधियों को करने के लिए, एक नीतभार नियंत्रक अनुकारी कस्टम किन्टेक्स 7 एफपीजीए बोर्ड पर आधारित ग्राउंड चेकआउट इकाई का उपयोग करके विकसित किया गया है। यह नीतभार नियंत्रक अनुकारी आदेश पर विभिन्न समय और नियंत्रण संकेत उत्पन्न करने में सक्षम है, जिसका उपयोग डीएबीएफ उपप्रणाली की कार्यक्षमता को सत्यापित करने के लिए किया जाता है।

विभिन्न नियंत्रण संकेतों को पूरी तरह से प्रोग्राम किया जा सकता है, और इसे वीएचडीएल एफपीजीए कोडिंग का उपयोग करके आवश्यकता के आधार पर आसानी से अनुकूलित किया जा सकता है। पीएलसी अनुकारी और डीएबीएफ में पीएलसी अनुकारी से डीएबीएफ तक सहायक और कॉन्फ़िगरेशन डेटा भेजने के उद्देश्य से RS 422 & LVDS इंटरफ़ेस है। यह 3-तार प्रोटोकॉल का उपयोग करके किया जाता है जो विभेदक इंटरफ़ेस पर घड़ी, स्ट्रोब और डेटा का उपयोग करता है।

आवश्यकता के अनुसार विशिष्ट सिग्नल उत्पन्न करने के लिए आवश्यक डेटा और आदेश भेजने के लिए "LABVIEW" सॉफ़्टवेयर का उपयोग करके फ्रंट-एंड एप्लिकेशन विकसित किया गया है। ऑन-बोर्ड एफपीजीए और पीसी आधारित फ्रंट एंड एप्लिकेशन के बीच संचार UART प्रोटोकॉल का उपयोग करके स्थापित किया गया है। यह पत्र निसार डीएबीएफ उपप्रणाली के पीएलसी अनुकारी इकाई के सॉफ्टवेयर डिजाइन पहलुओं, विकास और वास्तुकला के बारे में विवरण देता है।

**डेटा अभिग्रहण और किरण गठक -**

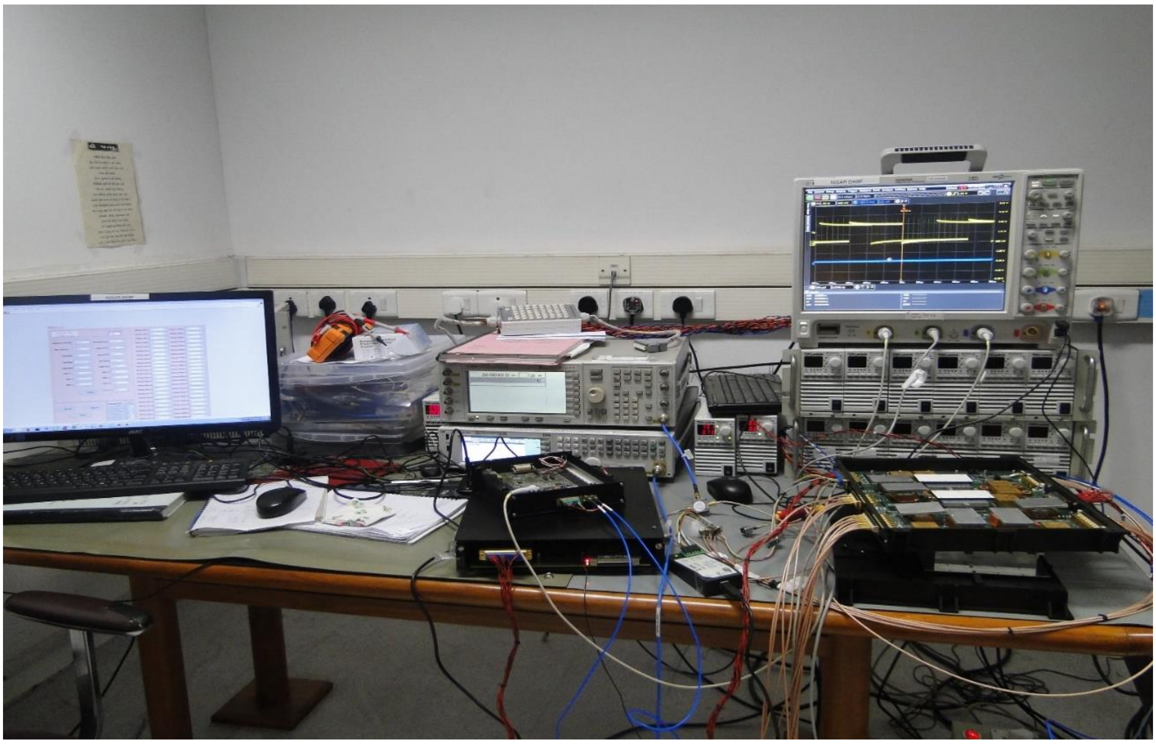
डीएबीएफ उपप्रणाली में दो कार्यात्मक इकाइयां शामिल हैं, जैसे डेटा अधिग्रहण इकाई और अंकीय किरण बनाने की इकाई। S-बैंड सार प्रणाली में 24 (वी) 24 (एच) चैनल होते हैं, जो डेटा अधिग्रहण हार्डवेयर को कई चैनलों पर डिजिटलीकरण करने और निष्पादित करने के लिए भेजी जाती है और बाद में डिजिटलीकृत बहु-चैनल डेटा अंकीय किरण गठक इकाई को भेजी जाती है। 48 एनालॉग चैनल व्यक्तिगत 24 (वी) 24 (एच) TRIMS (ट्रांसमीटर और रिसीवर मॉड्यूल) इकाइयों से भेजे जाएंगे और आवश्यक डिजिटलीकरण और सिग्नल प्रोसेसिंग तब डीएबीएफ उप-प्रणाली में किया जाएगा।




चित्र 1 जाँच व्यवस्था

अनुक्रमणिका

डेटा अधिग्रहण, अंकीकरण, सिग्नल संसाधन और प्रारूपण प्रचालन एक साथ डेटा अधिग्रहण एवं किरण गठक उपप्रणाली का निर्माण करता है। डीएबीएफ में बहुत तरीके के प्रचालन होता है जैसे जिटर मापने और अंकीय बहु-चैनल डेटा में सुधार, आवृत्ति संकरण, अंकीय फ़िल्टरिंग, डिजिटल बीम फॉर्मिंग, बीएक्यू डेटा संपीड़न, डाटा स्वरूपण इत्यादि। डीएबीएफ उपप्रणाली के लिए अपनाए गए डिजाइन दर्शन के तहत वी और एच ध्रुवीकरण के लिए अलग अलग लेकिन समान डीएबीएफ पैकेज का अनुभूति कि गयी है। प्रत्येक डीएबीएफ पैकेज में दो डीएबीएफ ट्रे और एक ईपीसी ट्रे शामिल होगा। इसलिए एकल पोल की कुल डीएबीएफ कार्यक्षमता दो डीएबीएफ उप-ट्रे के बीच विभाजित किया जाएगा



चित्र 2 जाँच व्यवस्था

**पीएलसी अनुकारी का विकास-**

पीएलसी अनुकारी के विकास में जीयूआई का विकास किया गया है, जहां से सभी नियंत्रण और आवश्यक डेटा भेजा जाएगा और एफपीजीए कोड आवश्यक डेटा और नियंत्रण सिग्नल उत्पन्न करने के लिए इस्तेमाल किया जायेगा। जीयूआई UART प्रोटोकॉल का उपयोग कर डेटा और नियंत्रण भेजने के लिए पीएलसी अनुकारी प्रचालन को ग्राफी प्रयोक्ता अंतराप्रिष्ट(जीयूआई) के माध्यम से नियंत्रित किया जाता है।

***1. जीयूआई का विकास-***

पीएलसी अनुकारी को नियंत्रित करने के लिए आदेश ग्राफी प्रयोक्ता अंतरापृष्ठ (जीयूआई) द्वारा UART के माध्यम से बोर्ड तक भेजा जाता है।

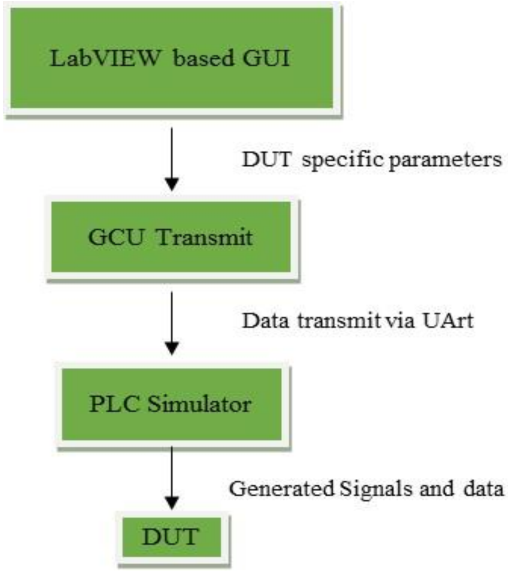
पीएलसी अनुकारी के लिए जीयूआई विकसित करने के लिए उपयोग किया जाने वाला विकास पर्यावरण विंडोज 7 के रन टाइम पर्यावरण के साथ LABVIEW में विकसित किया गया है।

चित्र 4 LABVIEW में विकसित जीयूआई दिखाता है। सभी जरूरी छेत्र आवश्यकता के अनुसार भरे जाएंगे और एफपीजीए को विन्यास करने के लिए UART प्रोटोकॉल का उपयोग करके डेटा KINTEX 7 बोर्ड को भेजा जाएगा।

**पीएलसी अनुकारी जाँच व्यवस्था-**

इस इकाई के परीक्षण को पूरा करने के लिए आवश्यक इकाईयां है-

- जीसीयू [सीपीसीआई आधारित इकाई] हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर
- पीएलसी अनुकारी बोर्ड (Kintex 7 मदर बोर्ड)
- डीउटी (निसार डीएबीएफ बोर्ड)




चित्र. 3 नियंत्रण चित्र

- बिजली आपूर्ति इकाई [LAMBDA] RS422 धारावाहिक इंटरफेसिंग केबल

- ऑपरेटर कंसोल डीयूटी को संरूपण करने के लिए पीएलसी अनुकारी से आदेश और डीयूटी (परीक्षण के तहत डिवाइस) विशिष्ट पैरामीटर का चयन करता है, जिसे बाद में UART (यूनिवर्सल असिंक्रोनस रिसीवर/ ट्रांसमीटर) प्रोटोकॉल द्वारा भेजा जाता है। पीएलसी अनुकारी विभिन्न आवश्यक नियंत्रण और समय संकेतों को उत्पन्न करता है जो डीयूटी के संचालन के लिए आवश्यक होता है। ये उत्पन्न संकेत डीयूटी को भेजें जाते हैं, जो बदले में आउटपुट उत्पन्न करता है। चित्र एवं 1 पीएलसी 2 अनुकारी के जाँच व्यवस्था को दिखाते है। चित्र 3 पीएलसी अनुकारी परीक्षण सेटअप के नियंत्रण प्रवाह आरेख की व्याख्या करता है।

### 2. नीतभार नियंत्रक-

- नीतभार नियन्त्रक (पीएलसी) संश्लेषी द्वारक रेडार एसएआर)) नीतभार की गतिविधियों के अंतस्थापित: नियंत्रण, आदेश और समन्वय को निष्पादित करता है और एसएआर उपकरण के विन्यास और समग्र संचालन में आवश्यक लचीलापन भी प्रदान करता है।

  पीएलसी को सार प्रचालनीय आदेश (एसओसी) प्राप्त होता है जो सार विधा, समय प्राचल, ध्रुवीकरण, ऑपरेशन-अवधि इत्यादि को परिभाषित करता है। पीएलसी नीतभार की सभी उप-प्रणालियों के उचित कामकाज के लिए समय और नियंत्रण सिग्नल भी उत्पन्न करता है। पीएलसी एक साथ एल के मामले में समकलिकरण के लिए L और S-बैंड सार के साथ भी इंटरफेस करता है।

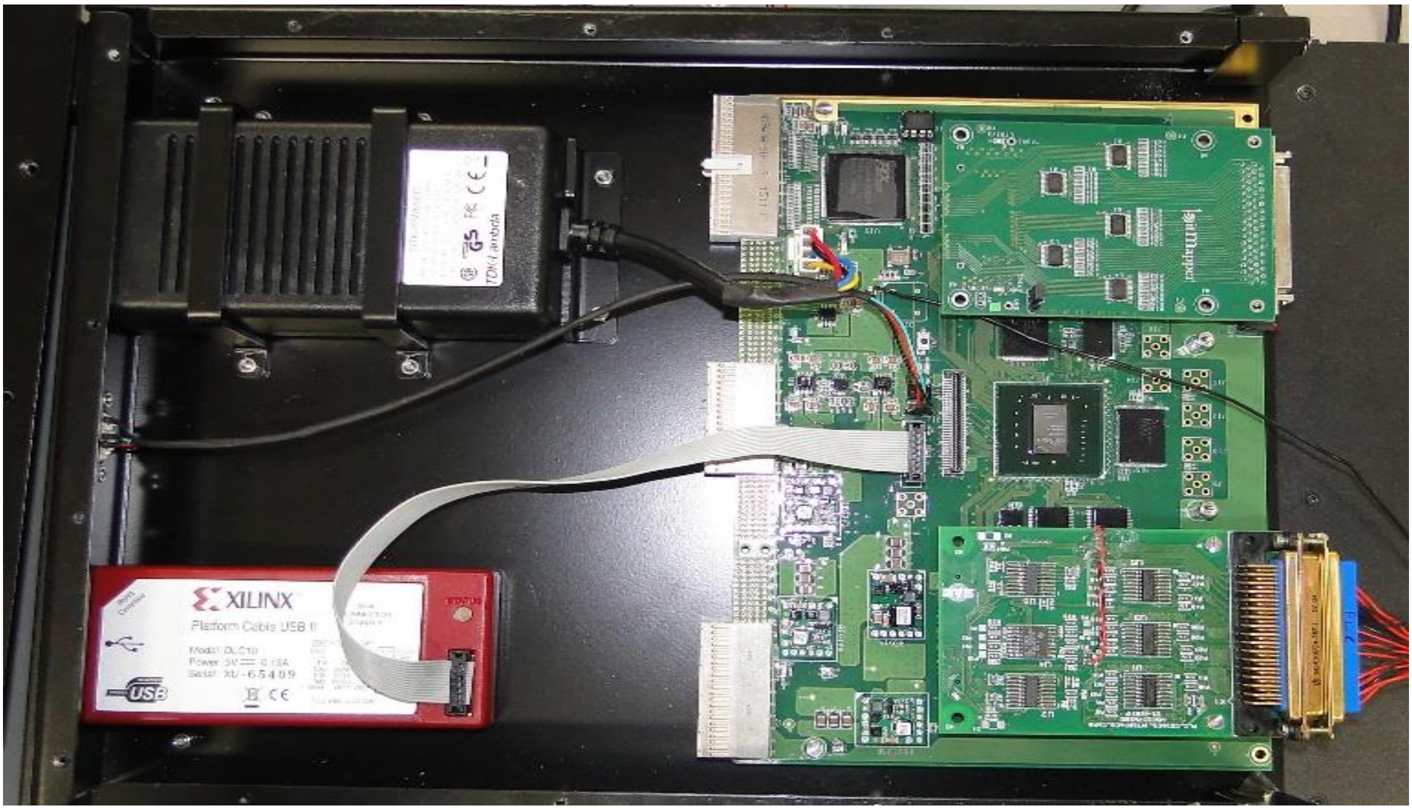
### 3. किन्टेक्स 7 मदर बोर्ड का वीएचडीएल कोडिंग भाग-

इसमे मुख्यतः दो भाग है, जीयूआई से डेटा प्राप्त करने के लिए मानक UART तर्क और जीयूआई से प्राप्त आदेश के आधार पर डेटा और सिग्नल की इकाई शामिल है।

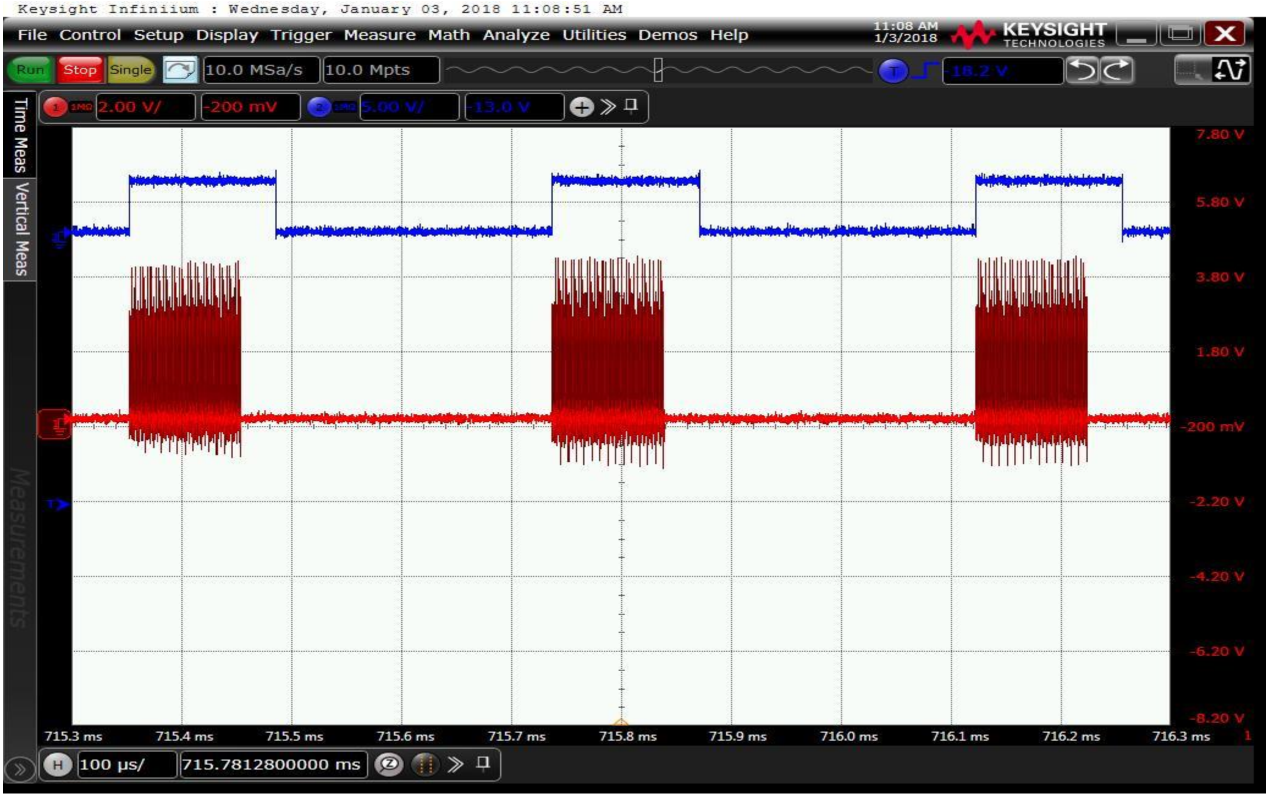
पीएलसी अनुकारी की कार्यात्मक आवश्यकताओं को संक्षेप में सारांशित किया जा सकता है:--

- डीयूटी के लिए मुख्य सन्दर्भ घड़ी का विकास करना।
- रिसेट, स्ट्रोब, सीरियल डेटा, पीआरएफ सिंक और मैप ऑफ संकेत को उत्पन्न करने के लिए समय संकेतों के अनुक्रम सुनिश्चित करना।

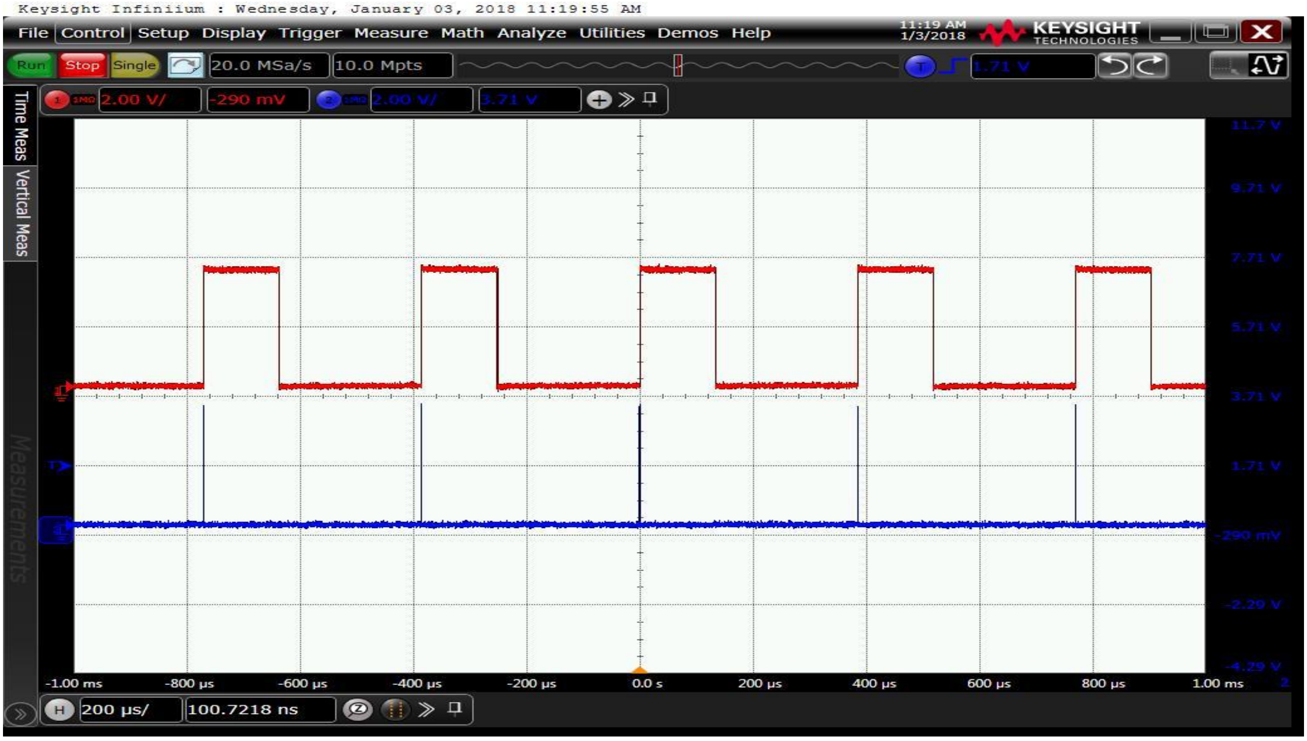
डेटा और नियंत्रण संकेतों को स्थानांतरित करने के लिए पीएलसी अनुकारी और डीएबीएफ सिस्टम RS 422 केबल के माध्यम से जुड़े हुए हैं। चित्र 5 किन्टेक्स 7 मदर बोर्ड हार्डवेयर दिखाता है जिसका उपयोग पीएलसी अनुकारी को विकसित करने के लिए किया जा रहा है। मदर बोर्ड में एक अनुकूलित डाटर बोर्ड है जो पीएलसी अनुकारी के लिए रचना किया गया है जिसे डीएबीएफ सब-सिस्टम के साथ इंटरफेस किया जाएगा।




चित्र 5 पीएलसी अनुकारी हार्डवेयर



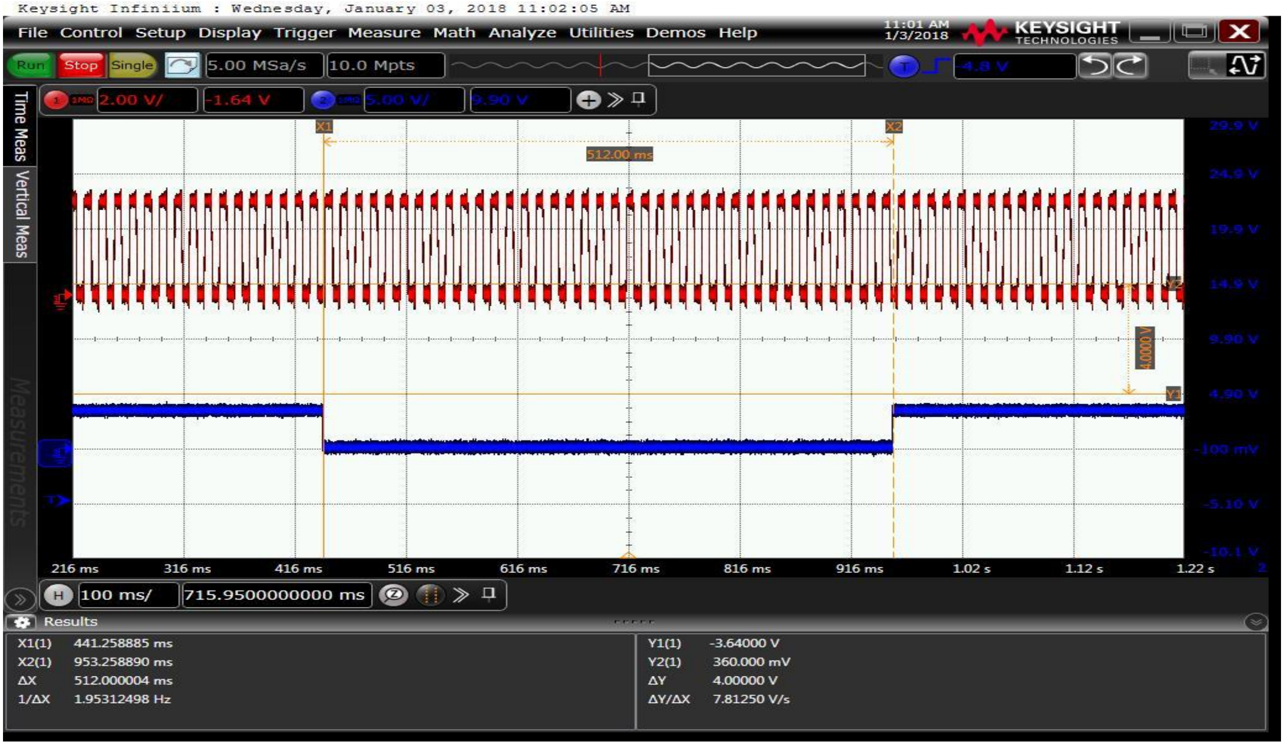

चित्र 6 स्ट्रोब और डाटा संकेत




चित्र 7 स्ट्रोब और पीआरएफ सिंक संकेत

पीएलसी अनुकारी KINTKEX7 की 40 मेगाहर्ट्ज घड़ी का उपयोग करके 10 मेगाहट्र्ज और 125 मेगाहर्ट्ज के 2 संदर्भ घड़ी उत्पन्न करेगा। 125 मेगाहर्ट्ज घड़ी का उपयोग स्मृति से डेटा को पढ़ने और लिखने के लिए किया जाएगा और डेटा को 10 मेगाहट्र्ज घड़ी का उपयोग करके क्रमबद्ध किया जाएगा। अन्य सभी सिग्नल भी 10 मेगाहट्र्ज घड़ी से प्राप्त किए जाएंगे। जीयूआई से भेजा जा रहा डेटा आंतरिक रूप से उत्पन्न विशेष पते पर संग्रहीत किया जाएगा और आगे की प्रक्रिया के लिए वापस पढ़ा जाएगा। स्मृति आवश्यकता को पूरा करने के लिए आईपीकोर ड्यूल पोर्ट ब्लॉक मेमोरी का उपयोग किया गया है।

"CONFIG" आदेश जीयू आई में दर्ज किए गए विवरण को स्मृति में भेज देगा और वापस पढ़ा जाएगा, और AUX_DATA और AUX_STROBE सिग्नल के रूप में DSS को भेजा जाएगा। "मैप ऑन" आदेश स्मृति से डेटा पढ़ेगा और सिग्नल (AUX_DATA, AUX_STROBE और PRF_SYNC) को DSS में भेजेगा। उत्पन्न सिग्नल की अवधि IMAGIN_DURATION और MAP_OFF आदेश पर निर्भर करेगी। चित्र 6 स्ट्रोब और डेटा सिग्नल और चित्र 7 स्ट्रोब और पीआर एफ सिंक दिखाता है।




चित्र 8 10MHz कालद और रिसेट संकेत

"मैप ऑफ" आदेश मैप ऑन आदेश जारी करके भेजे जा रहे सभी सिग्नल को रोक देगा और मैप ऑफ स्पंद उत्पन्न करेगा।

"RESET" आदेश 512ms की अवधि के सक्रिय कम सिग्नल उत्पन्न करेगा। चित्र 8 उत्पन्न की गई 10MHz घड़ी दिखाता है और जीयू आई से रीसेट आदेश भेजने के बाद उत्पन्न सिग्नल रीसेट दिखता है।

**निष्कर्ष-**

निसार अभियान के डीएबीएफ उपप्रणाली के कठोर परीक्षण और प्रदर्शन मूल्यांकन करने के लिए अनिवार्य आवश्यकता को ध्यान में रखते हुए, पीएलसी अनुकारी के डिजाइन और विकास को किया गया है। यह पीएलसी अनुकारी मूल पीएलसी से अपेक्षित सभी आवश्यक नियंत्रण और डेटा सिग्नल उत्पन्न करेगा, जो विकास के तहत वास्तविक पीएलसी पर निर्भरता के बिना स्वतंत्र रूप से डीएबीएफ उपप्रणाली का परीक्षण और सत्यापन करने में मदद करेगा। पीएलसी अनुकारी कोड और जीयूआई को अनुकूलित किया जा सकता है और अन्य अभियानों में भी इसका इस्तेमाल किया जा सकता है।

**लेखक परिचय -**

**विकास सिंह** ने वर्ष 2012 में IET इंजिनिअरिंग कॉलेज, लखनऊ से कम्पुटर संगणक एवं अभियांत्रिकी में बीटेक की डिग्री प्राप्त की। । वर्ष 2016 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग अंकिय इलेक्ट्रोनिक समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये रडार आकंड़ों के प्रक्रमण, निसार, चंद्रयान 2 रडार उचाइमापी इत्यादि मिशनों में संलग्न हैं।

**शालिनी गंगेले** ने वर्ष 2002 में इलेक्ट्रॉनिकी और संचार अभियांत्रिकी में अपनी बीई डिग्री स्वर्ण पदक के साथ उत्तर गुजरात विश्वविद्यालय, गुजरात से प्राप्त की। वह 2003 में अंतरिक्ष अनुप्रयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद में शामिल हो गईं। उन्होंने गुजरात विश्वविद्यालय से 2005 में अपने एम टैक को पूरा किया। उन्होंने आरआईएसएटी-1, ओएस-2 स्कैटरोमीटर, स्कैट्सैट-1, चंद्रयान-2 एसएआर और एल / एस बैंड एयरबोर्न एसएआर जैसे विभिन्न माइक्रोवेव पेलोड के लिए ऑनबोर्ड सिग्नल प्रोसेसिंग सिस्टम के डिजाइन और विकास के लिए काम किया है।

**संजय त्रिवेदी** ने वर्ष 1982 में AVPT कॉलेज, राजकोट से इलेक्ट्रोनिक में डिप्लोमा प्राप्त किया। वर्ष 1984 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में अंकीय संचार कार्यक्रम में कार्य आरंभ किया। वर्ष 1992 में गुजरात युनिवर्सिटी से बीई एवं 2013 में SVNIT, सूरत से MTech कि उपाधि ग्रहण की। वर्त्तमान में, ये चंद्रयान-2 रडार ऊँचाईमापी, NI-SAR इत्यादि , मिशन- में संलग्न हैं।

***

अनुक्रमणिका

# बहु-अभियान गुणता प्राचल डेटाबेस अभिकल्पना द्वारा डेटा/ डेटा उत्पाद गुणता मूल्यांकन

**अनुजा शर्मा, बी कार्तिकेयन्**
**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),**
**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)**
**अहमदाबाद, गुजरात, भारत**
anuja@sac.isro.gov.in; bkartik@sac.isro.gov.in

## प्रस्तावना

डेटा गुणता मूल्यांकन तन्त्र (Data Quality Evaluation System) स्वतंत्र रूप से, उन्नत-विधि द्वारा नीतभार, प्लेटफार्म निष्पादन तथा डेटा उत्पाद की गुणता मूल्यांकन के लिए उत्तरदायी होता है [1]। प्रकाशीय तथा सुक्ष्म-तरंगीय संवेदकों से प्राप्त डेटा की गुणता जांच तथा मूल्यांकन हेतु डीक्यूई सॉफ्टवेयर का निर्माण कार्य अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में किया जाता है और राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र (National Remote Sensing Centre) अथवा मोसडेक में सक्रिय किया जाता है। डीक्यूई का मुख्य कार्य निरंतर डेटा उत्पाद की विकिर्णता तथा ज्यामितीय परिशुद्धता का आंकलन करना है। डीक्यूई के द्वारा किये गए मूल्यांकन एवं विश्लेषण विवरण (quality evaluation report) नीतभार तथा डेटा उत्पाद टीम को प्रेषित की जाती है, इसी आधार पर डेटा उत्पाद गुणता संवर्धन हेतु मिशन दल अथवा डेटा उत्पादन दल द्वारा उचित निर्णय लिए जाते हैं।

[1]। डीक्यूई सॉफ्टवेयर द्वारा अभिकलित अथवा मॉनिटरिंग योग्य प्राचलों का संचयन डेटाबेस में किया जाता है। यह डेटाबेस, गुणता प्राचलों के साथ सहायक डेटा का भी संचयन करता है, जिससे आवश्यकता अनुसार किसी भी उत्पाद के गुणता प्राचलों का अध्ययन किया जा सके। इस पत्र में डीक्यूई द्वारा अभिकल्पित बहु-अभियान डेटाबेस और डेटा स्टोर करने वाले एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर का संक्षिप्त में वर्णन किया गया है। डेटाबेस की अभिकल्पना प्रकाशीय तथा सुक्ष्म-तरंगीय प्रकार के प्रतिबिम्बीय बहु-मिशन के गुणता मूल्यांकन के लिए की गयी है एवं इसका कार्यान्वयन “ओरेकल डेटाबेस” (ORACLE Database) की सहायता से किया गया है। यह डेटाबेस, संवेदकों के निष्पादन तथा डेटा उत्पादों के गुणता मूल्यांकन तथा विश्लेषण के लिए अत्यंत आवश्यक है। वर्तमान में प्रतिबिम्ब प्राप्त करने वाले मिशन जैसे रिसौर्ससेट-1, ओसीएम, रिसौर्ससेट-2, कार्टोसेट-1, 2 (ए, बी, सी, डी, ई और एफ) और रीसैट-1 आई.एम.जी.ई.ओ.एस.सुविधा में संचलित होने वाले सभी मिशन इस बहु-मिशन डेटाबेस द्वारा सक्रिय हैं। इसी आधार पर स्केटसेट जैसे प्रकीर्णमापीय संवेदक के लिए बहु-मिशन डेटाबेस का निर्माण किया गया है जो आई.एम.जी.ई.ओ.एस.व मोसडेक सुविधा कार्यान्वित है।

## डीक्यूई तंत्र

डीक्यूई के संचालन हेतु स्व-निर्मित सॉफ्टवेयर का विकास अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के “प्रतिबिम्ब विश्लेषण और गुणता मूल्यांकन प्रभाग” (Image Analysis and Quality Evaluation Division) में किया जाता है और राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र अथवा मोसडेक में डीक्यूई सॉफ्टवेयर को स्थापित किया जाता है।

मिशन के अनुसार सर्वप्रथम गुणता प्राचलों व मॉनिटरिंग योग्य प्राचलों का चयन किया जाता है। तत्पश्चात प्राचालों के अभिकलन के लिए नीति बनाई जाती है और नीति अनुसार सोफ्टवेयर की अभिकल्पना तैयार की जाती है। प्राचलों को उसके उपयोग के आधार पर विभिन्न क्रियाओं में रखा गया है। डीक्यूई की प्रचलित क्रियाएँ निम्न हैं -

### अ) विकिर्णता डीक्यूई

a. प्रकाशीय संवेदक प्रतिबिम्ब के लिए समतल लक्ष्य आधारित प्राचल (परावर्तकता, किरणता, एस.एन.आर आदि)
b. दृश्य आयत चित्र
c. सूक्ष्म तरंगीय संवेदक प्रतिबिम्ब के लिए समतल लक्ष्य पर सिग्मा- शून्य, स्पेकल व विकिरणमापीय विभेदन क्षमता
d. कोना परावर्तक (corner reflector) या तारा प्रतिबिम्ब जैसे बिंदु लक्ष्य के आवेग अनुक्रिया प्राचल (impulse response parameter)

### आ) ज्यामितीय डी.क्यू.ई

a. स्थिति-यथार्थता, स्केल, आन्तरिक-विकृति
b. साइडलेप/ ओवर-लेप
c. सूक्ष्म तरंगीय संवेदक में ध्रुवण- ध्रुवण का पंजीकरण त्रुटि
d. प्रकाशीय संवेदक के बैंडो के मध्य पंजीकरण त्रुटि
e. प्रकाशीय संवेदक के पोर्टों के मध्य अथवा बैंडो के मध्य सांतरण मापन

### इ) ऑनबोर्ड अंशांकन डीक्यूई

a. एल.ई.डी.द्वारा संसूचक अंशांकन
b. प्रेशित्र-अभिग्राही मोड्यूलस का अंशांकन (TxRx-Module Calibration)

किसी भी डीक्यूई क्रिया के कार्यान्वयन के लिए एक या एक से अधिक प्रक्रम बनाये जाते है जो कि एक निर्धारित क्रम में कार्य करते है

उदाहरण के तौर पर स्थिति-यथार्थता (Location accuracy) ज्यामितीय डीक्यूई क्रिया के लिए निम्न प्रक्रमों का निर्धारित क्रम में अनुपालन करने की आवश्यकता होती है [1]-

1) दृश्य के कोना निर्देशांक की सहायता से विभेदन क्षमता अनुसार सन्दर्भ डेटाबेस से प्राप्त सन्दर्भों की सूची तैयार कर दर्शाना
2) ऑपरेटर द्वारा सन्दर्भ का चुनाव
3) चुने हुए सन्दर्भ और प्रतिबिम्ब का दर्शन

4) सन्दर्भ और प्रतिबिम्ब में भू-नियंत्रण बिंदुओं का ऑपरेटर द्वारा चयन
5) स्थिति में दोनों दिशाओं में अंतर का अभिकलन और अन्य प्राचल का अभिकलन
6) विस्तृत रिपोर्ट दर्शान
7) डेटाबेस में डीक्यूई के परिणामों का संग्रहण

प्रक्रम श्रृंखला के सभी प्रक्रमों के क्रियान्वयन के पश्चात डीक्यूई की विस्तृत रिपोर्ट दर्शाई जाती है (क्रमांक-6)। रिपोर्ट विवरण से संतुष्ट होने की स्थिति में ऑपरेटर डीक्यूई सॉफ्टवेयर द्वारा अभिकलित परिणामों को डीक्यूई परिणाम डेटाबेस में संग्रहीत करता है। उपरोक्त प्रक्रमों में से सातवां प्रक्रम डेटा को डेटाबेस में स्टोर करता है और इसी प्रकार सभी क्रियाओं के अभिकलित प्राचल उसके मेटा डेटा के साथ डेटाबेस में संग्रहित किये जाते हैं।

## डेटाबेस का महत्त्व

सर्वप्रथम, डेटाबेस क्या है, यह जानना आवश्यक है। जैसा कि हमने पहले भी बताया है, इस कार्य के लिए "ओरेकल डेटाबेस" को उपयोग में लिया गया है। "ओरेकल" एक रिलेशनल डेटाबेस है। रिलेशन का पर्याय है "टेबल" जिसमे स्तंभ तथा पंक्ति होते है। टेबल रुपी संरचना होने से तरह तरह से डेटा ऐक्सेस किया जा सकता है। डेटाबेस की अभिकल्पना टेबलों के द्वारा होती है जो सरल है और जिसमे तार्किक तौर पर ही डेटा स्टोर होता है।

डेटाबेस डेटा को पूर्ण सुरक्षा प्रदान करता है जिससे केवल अधिकृत उपयोगकर्ता ही डेटा को ऐक्सेस कर सकते है। डेटाबेस में स्टोर किया हुआ डेटा हम किसी भी समय कंप्यूटर प्रोग्राम द्वारा प्राप्त कर सकते है, आसानी से उसे बदल सकते हैं, एक से अधिक लोगों/ प्रोग्राम के द्वारा एक ही समय में प्राप्त कर सकते हैं। डेटाबेस के प्रयोग से डेटा की रिडनडेंसी (Redundancy) और असंगति (Inconsistency) को भी दूर किया जा सकता है।

रिडनडेंसी का मतलब है कि एक ही डेटा की बहुत जगह नक़ल या कॉपी होना। डेटा रिडनडेंसी ही असंगति का कारण बनती है। किसी भी डेटा में बदलाव करने पर यह बदलाव सभी जगह लागू नहीं होने पर असंगति पाई जाती है।

डेटाबेस में स्टोर किये गए डेटा का उपयोग मुख्यत: पश्च-विश्लेषण के लिये किया जाता है। विशेष किन्तु सरल एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर की मदद से इस डेटा को नेटवर्क या वेब के द्वारा प्रयोग में लाया जाता है। दोनों ही स्थिति में डेटाबेस से प्राप्त होने वाला डेटा त्रुटिहीन होना चाहिए। इसी कारण डेटाबेस कि अभिकल्पना अत्यंत ही सावधानीपूर्वक की जाती है।

डेटाबेस के प्रचलित होने से पूर्व, डेटा को फाइलों में स्टोर किया जाता था। फाइल रूपी डेटाबेस में निम्न खामियां पाई जाती हैं:

अ. बदलाव करना कठिन होता है
आ. डेटा सुरक्षित नहीं होता है
इ. विभिन्न कॉपियां होने से असंगति पाए जाने की सम्भावना अधिक है
ई. अधिक डेटा होने पर उसे ऐक्सेस करना मुश्किल है।
उ. ऐक्सेस का एप्लीकेशन प्रोग्राम जटिल होता है

डेटाबेस से डेटा ऐक्सेस करने के लिए सुविधाजनक क्वेरी भाषा उपयोग में लाई जाती है, जिसे हम "स्ट्कचर्ड क्वरी लेंग्वज" (SQL) के नाम से जानते है। एस.क्यू.एल. की सहयता से डेटाबेस के टेबल बनाने में, उसमे डेटा डालने, डेटा में बदलाव अथवा उसे ऐक्सेस करने में मदद मिलती है।

## बहु-मिशन डेटाबेस की अभिकल्पना

बहु-मिशन डेटाबेस की अभिकल्पना का मुख्य आधार था कि एक ही सूत्र में सभी प्रतिबिम्बीय मिशनों के गुणता प्राचलों को संग्रहित किया जाये जिससे प्रत्येक मिशन या सुदूर संवेदक के लिए अलग डेटाबेस के निर्माण की आवश्यकता न हो साथ ही अंतर-संवेदक विश्लेषण करने का विकल्प भी रहे। बहु-मिशन डेटाबेस की अभिकल्पना निम्न कारणों से एक चुनौती पूर्ण कार्य था।

अ. प्राचलों की विभिन्नता

a. विकीर्णमापिय प्राचल
b. अंशांकन प्राचल
c. ज्यामितीय प्राचल

आ. विभिन्न मिशन के प्रकार

a. रेसौर्ससेट, ओसीएम जैसे व्यवस्थित मिशन
b. कार्टोसैट जैसे एजाइल मिशन
c. रीसैट, निसार जैसे सिंथेटिक अपरचर रडार मिशन

इ. एक से अधिक बार उत्पाद का जनन

ई. एक से अधिक बार डीक्यूई किया जाना

एक ही उत्पाद को विभिन्न प्राचलों के अभिकलन में उपयोग में लाना।

बहु-मिशन डेटाबेस उपरोक्त सभी आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए अभिकल्पित किया गया है (चित्र 1)। सर्वप्रथम डेटाबेस में शामिल किये जाने वाले सभी प्राचलों को एकत्रित किया गया और सम्बंधित प्राचलों या मेटा डेटा की ग्रुपिंग की गयी। ग्रूप के आधार पर डेटाबेस टेबल बनाये गए जिसमे निम्न मुख्य बातों का ध्यान रखना आवश्यक था -

अ. किसी भी एक टेबल या दो टेबलों में कोई भी डेटा बार-बार नहीं आये
आ. दो सम्बंधित टेबलों को कॉमन स्तंभ अर्थात सन्दर्भ कुंजी (Reference key) द्वारा जोड़ा जाये
इ. जोड़ने से पूर्व सभी टेबल्स में प्राथमिक कुंजी (Primary Key) की रचना की गयी जो समान डेटा को बार-बार डेटाबेस में जाने से रोक दे
ई. ज़रूरत पड़ने पर वर्जन क्रमांक द्वारा समान डेटा को डेटाबेस में डालने की सुविधा देने का विकल्प दिया गया

चित्र 1 बहु-मिशन डेटाबेस की अभिकल्पना के आधार बिंदु

डेटाबेस के नियमों का पालन करते हुए इस डेटाबेस को तृतीय नोर्मल फॉर्म तक नोर्मलाइज़ किया गया। आवश्यकता अनुसार कुल चार चरणों में विभिन्न टेबलों की रचना की गयी है। प्रथम चरण में सैटेलाइट, उसके संवेदक और उनके विनिर्देशों को स्टोर किया गया है, साथ ही मिशन के आधार पर उसे एक मोड ऑफ ऑपरेशन दिया गया है। इस टेबल में स्थिर (static) सूचना स्टोर की जाती है। दूसरे चरण के टेबलों में दृश्य/उत्पाद, संवेदक के कक्षा/व्यवहार प्राचलों की जानकारी स्टोर की जाती है जिसे हम मेटा-डेटा भी कहते हैं। पुनः-उत्पाद जनन की जानकारी को सुरक्षित रखने हेतु तृतीय चरण के टेबल्स काम में आते है। डीक्यूई द्वारा अभिकलित किये गए प्राचलों को चतुर्थ चरण के टेबलों में रखा जाता है और पुनः डीक्यूई की जानकारी भी यहाँ स्टोर की जाती है। सभी टेबल्स में उचित प्राइमरी कुंजी रखी गयी है एवं उन्हें विदेश कुंजी द्वारा जोड़ा भी गया है। दिए गए चित्र में लाल रंग से दर्शाये गए स्तंभों से कम्पोसिट प्राथमिक कुंजी का निर्माण किया गया है।

जैसा कि प्रभाग 2 में बताया गया है, डीक्यूई की किसी भी क्रिया के प्रसंस्करण के अंत में एक फाइल में मेटा डेटा व अभिकलित प्राचलों को लिखवाया जाता है। यह उत्पाद/दृश्य का गुणता सार प्रदान करता है। डेटाबेस एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर इस फाइल को पढ़ कर डेटाबेस में डालने का कार्य करता है।

डेटा स्टोर करने हेतु सॉफ्टवेयर एप्लीकेशन निम्न कार्य करती है -

अ. प्रथम चरण के टेबल में मिशन व संवेदक को ढूंढ कर उसका ऑपरेशन मोड जानना

आ. द्वितीय चरण के टेबल में मेटा डेटा को मैच करना

इ. यदि पहले से डेटा मौजूद है तो

a. पुनः उत्पाद जनन का कारण जानना

b. पुनः उत्पाद जनन की अवस्था में नए उत्पाद वेर्जन के साथ डेटा डालना

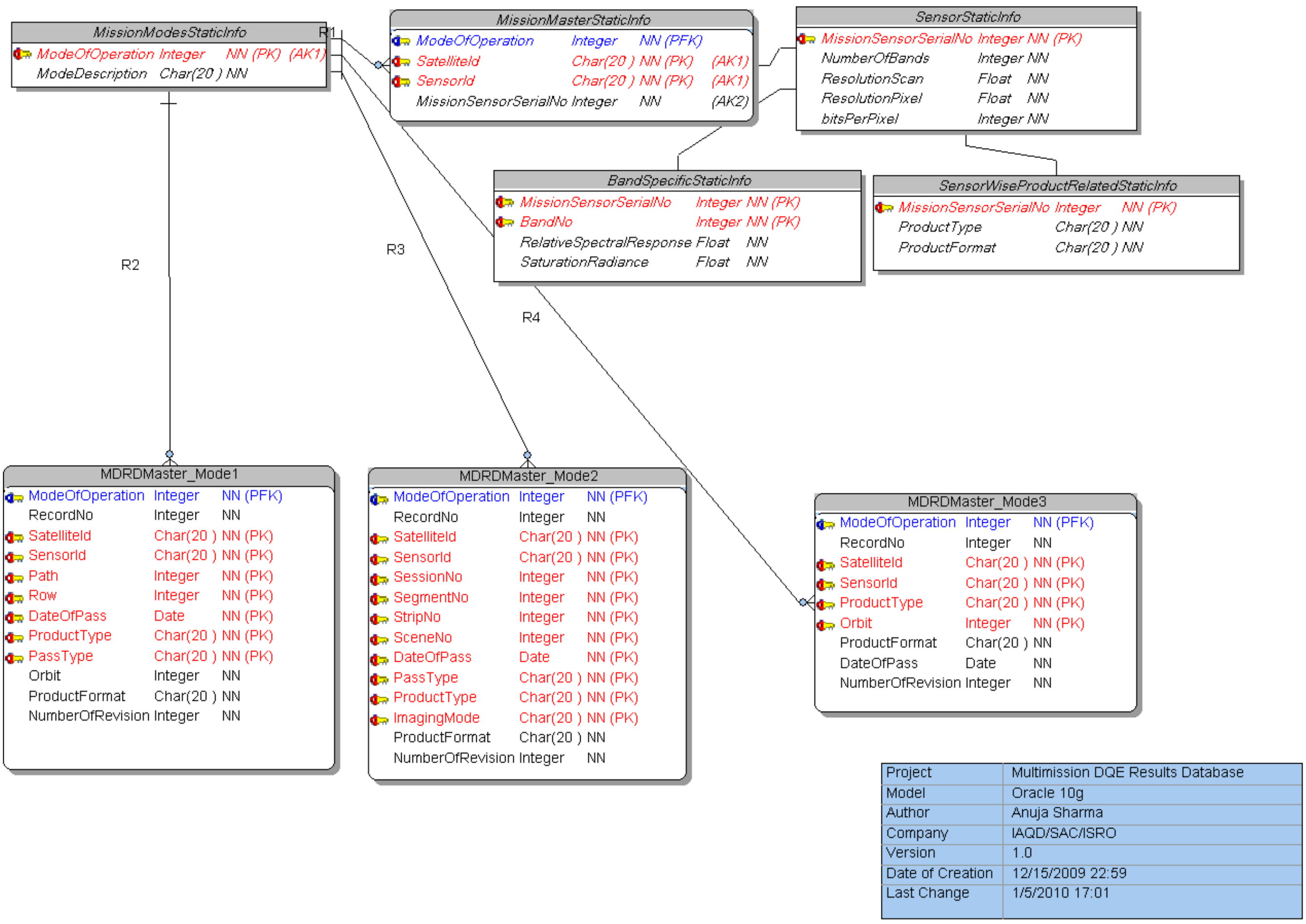
c. वर्जन क्रमांक को बढ़ा कर चरण 3 के टेबल में डेटा डालने की तैयारी करना

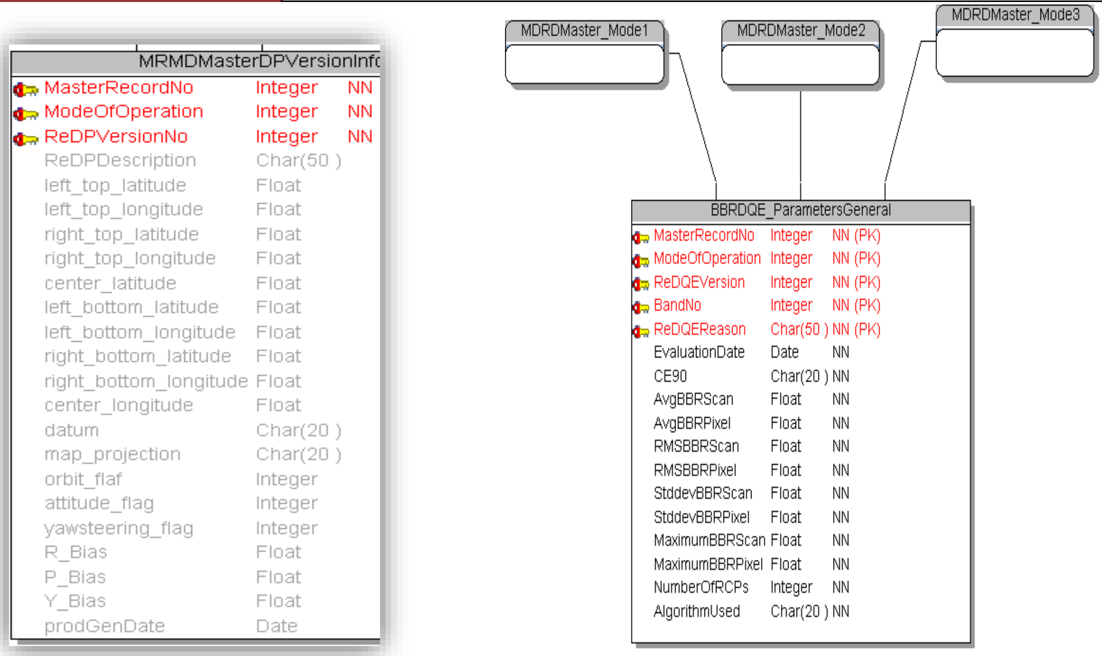
ई. यदि दूसरी क्रिया के लिए उत्पाद को लिया गया हो तब बिना मेटा-डेटा स्टोर किये अगले स्टेप पर जाना

उ. नया उत्पाद होने की अवस्था में मेटा डेटा को स्टोर करना

ऊ. चतुर्थ चरण के टेबल में डीक्यूई द्वारा अभिकलित किये गए प्राचलों को स्टोर करना एवं पुनः-डीक्यूई के लिए वर्जन क्रमांक की जानकारी रखना

ऋ. किसी भी टेबल में डेटा नहीं स्टोर होने पर पूरे रिकॉर्ड को रोल-बेक करना

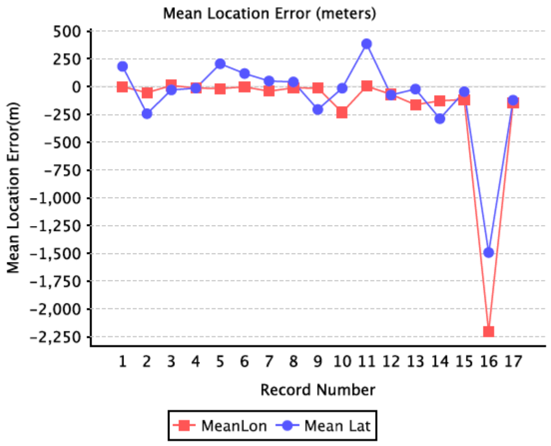


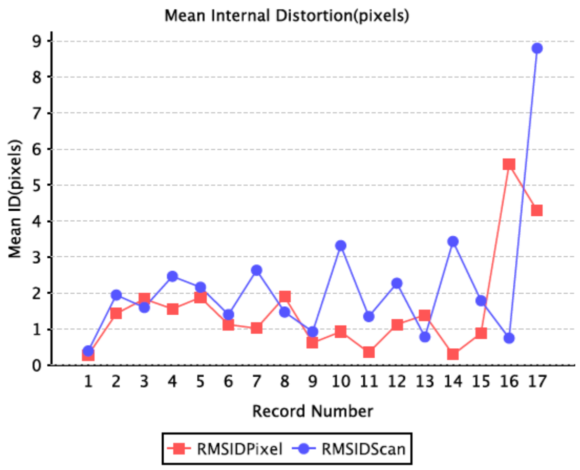


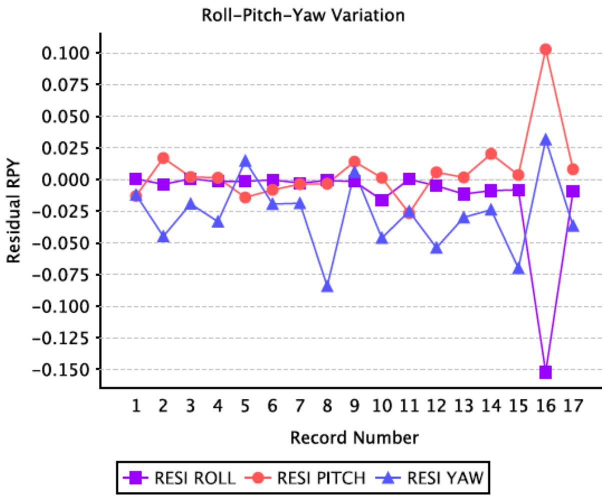

चित्र 2 प्रथम से चतुर्थ चरण के टेबल (बीबीआर प्राचल)

## डेटाबेस द्वारा प्राप्त समय श्रृंखला तथा रिपोर्ट्स

डेटाबेस में डेटा व्यवस्थित रूप से स्टोर होने के पश्चात, विशेष एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर द्वारा उसे रिपोर्ट या समय श्रृंखला के तौर पर प्राप्त किया जाता है। निम्न चित्र हमें डेटाबेस से प्राप्त की गयी रिपोर्ट्स व समय श्रृंखला दर्शाते हैं। किन्हीं भी दो दिनांकों के बीच, किसी भी क्रिया के लिए, किसी भी लेवल के उत्पाद के लिए हम रिपोर्ट या समय श्रृंखला का निर्माण कर सकते हैं। चित्र 3 (अ) में रेसौर्ससेट-1 की लोकेशन त्रुटि के प्लाट व चित्र 3 (बी) में रिपोर्ट दर्शाई गयी है। चित्र 3 (अ) के पहले प्लाट में अक्षांश (Latitude) और देशांश (Longitude) के लिए यथार्थता त्रुटि दिखाई गयी है जो कि एक बिंदु को छोड़ सभी के लिए 250 मीटर से कम है। जिस बिंदु में यथार्थता त्रुटि 250 मीटर से अधिक है (चित्र 3 अ तीसरा प्लाट) उसकी आतंरिक विकृति भी 6 से 8 पिक्सेल्स तक देखि जा सकती है। डीक्यूई द्वारा मूल्यांकन से तीसरे प्लाट में दर्शाया गया है कि अक्षांश दिशा और देशांश दिशा की त्रुटि को ठीक करने के लिए रोल दिशा और पिच दिशा में कृमशः कितना बायस देना होगा।



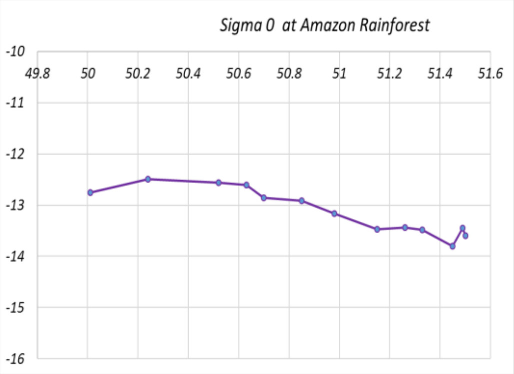




चित्र 3 (अ) रेसौर्ससेट-1 की लोकेशन त्रुटि

दूसरा उदाहरण हमने रीसैट-1 सार संवेदक का लिया है। सार अर्थात संश्लेषी द्वारक रेडार (Synthetic Aperture RADAR) ऐसा संवेदक है जो सी-बैंड में कार्य करता है और सभी मौसम, दिन व रात में प्रतिबिम्ब लेने में सक्षम है। रीसैट-1 सार संवेदक, द्वारा भेजे गए सी-बैंड के सिग्नल से लक्ष्य को प्रदीप्त

किया जाता है और इस क्रिया से प्राप्त पश्च-प्राकीर्ण को संवेदक द्वारा मापा जाता है। अमेजन के जंगलों में पश्च-प्रकीर्ण स्थिर पाया जाता है किन्तु इसमें आपतन कोण के बदलने से इसमें थोडा बदलाव अपेक्षित है। सार सिग्नल में एक विशेष प्रकार का रव दिखता है जिसे हम स्पेकल रव के नाम से जानते है। चित्र-4 अमेजन के जंगलों पर प्राप्त सिग्मा-शून्य व स्पेकल रव का आपतन कोण के आधार पर विश्लेषण दर्शाता है।




DQE Database Report : GDQE -Location Parameters for RS1 L-3

(-999.99 - Not Available/Not Computed)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Duration | 01-Jan-03 | To | 05-May-15 | Path: | 1 | To | 999 | Pass Type: | ALL |
| Duration | 01-Jan-03 | To | 05-May-15 | Row: | 1 | To | 999 | | |

Product Details Table - I

| Sr No | DOP | Orbit | Path | Row | ProdType | PassType | Imaging Angle | Product Format | Request ID |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 01/02/08 | 22280 | 91 | 54 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 2 | 04/02/08 | 22322 | 106 | 54 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 3 | 12/02/08 | 22436 | 98 | 52 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 4 | 18/02/08 | 22521 | 104 | 54 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 5 | 21/02/08 | 22564 | 95 | 51 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 6 | 24/02/08 | 22606 | 110 | 53 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 7 | 26/02/08 | 22635 | 96 | 51 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 8 | 26/03/08 | 23047 | 97 | 51 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 9 | 28/03/08 | 23075 | 107 | 55 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 10 | 01/04/08 | 23132 | 103 | 56 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 11 | 05/04/08 | 23189 | 99 | 60 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 12 | 10/04/08 | 23260 | 100 | 60 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 13 | 14/04/08 | 23317 | 96 | 51 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 14 | 16/04/08 | 23345 | 106 | 57 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 15 | 19/04/08 | 23388 | 97 | 51 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 16 | 21/04/08 | 23416 | 107 | 55 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |
| 17 | 23/04/08 | 23445 | 93 | 55 | ST | PLD | 0.00 | SS | NON_IMGEOS_RECOR |

Orientation Parameters , Biases and Residual

All angles are in degree

| Sr | Roll | Pitch | Yaw | R_Bias | P_Bias | Y_Bias | ResiRol | ResiPitc | ResiYaw |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -0.0835 | 0.1020 | 3.4287 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | 0.0005 | -0.0130 | -0.0121 |
| 2 | -0.0861 | 0.0541 | 3.4519 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0038 | 0.0170 | -0.0449 |
| 3 | -0.0871 | 0.0934 | 3.3618 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0020 | -0.0192 |
| 4 | -0.0837 | 0.0899 | 3.4438 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0016 | 0.0014 | -0.0333 |
| 5 | -0.0812 | 0.1080 | 3.3194 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0014 | -0.0142 | 0.0148 |
| 6 | -0.0830 | 0.0963 | 3.4068 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0003 | -0.0082 | -0.0193 |
| 7 | -0.0758 | 0.0928 | 3.3436 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0028 | -0.0037 | -0.0187 |
| 8 | -0.0914 | 0.0992 | 3.3520 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0007 | -0.0034 | -0.0842 |
| 9 | -0.1141 | 0.0861 | 3.5145 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0016 | 0.0141 | 0.0061 |
| 10 | -0.0950 | 0.1179 | 3.5376 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0162 | 0.0014 | -0.0462 |
| 11 | -0.1188 | 0.1185 | 3.6756 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | 0.0002 | -0.0266 | -0.0251 |
| 12 | -0.1109 | 0.1025 | 3.6788 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0050 | 0.0057 | -0.0539 |
| 13 | -0.0972 | 0.0927 | 3.3785 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0114 | 0.0016 | -0.0299 |
| 14 | -0.1281 | 0.0871 | 3.6083 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0088 | 0.0202 | -0.0238 |
| 15 | -0.1032 | 0.1025 | 3.3751 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0081 | 0.0036 | -0.0700 |
| 16 | -0.0006 | -0.0105 | 3.5655 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.1523 | 0.1028 | 0.0316 |
| 17 | -0.1290 | 0.1262 | 3.5135 | 0.0000 | -0.0090 | 0.0000 | -0.0093 | 0.0081 | -0.0366 |

Location Summary Report

चित्र - 5 में स्केटसेट नीतभार के संवेदक निष्पादन हेतु मोनिटर किये गए प्राचलों कि समय श्रृंखला दर्शाई गयी है। पूरे तंत्र में किन्हीं चुनिन्दा जगहों पर तापमान मापने के लिए विशेष यंत्र लगाये गए हैं।

चित्र 5 के प्लांट 1 में विभिन्न स्थलों पर मापा गये तापमान की समय श्रृंखला दिखाई है। यह एक चक्रीय पैटर्न दिखाती है और पिछले 105 वर्षों में सिस्टम के तापमान में 10 की बढ़त को भी दर्शाती है। फिलहाल यह बढ़त प्रचालन सीमा में ही है किन्तु इसे मॉनिटर करते रहना आवश्यक है।

Product Details Table-II

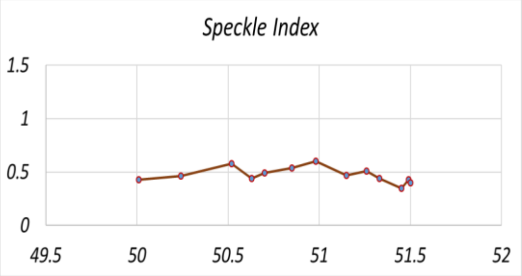
| Sr No | OrbitFlag<br>AttitudeFlag | Orbit Description<br>Atitude Description | Altitude(m)<br>Datum | Projection<br>Ellipsoid | ProdGenDate<br>DQEDate | DPVerNo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 821197.00<br>EVEREST | POL | 05/02/08<br>07/02/08 | 0 |
| 2 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 821242.00<br>EVEREST | POL | 06/02/08<br>07/02/08 | 0 |
| 3 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 821799.00<br>EVEREST | POL | 14/02/08<br>14/02/08 | 0 |
| 4 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 821854.00<br>EVEREST | POL | 20/02/08<br>21/02/08 | 0 |
| 5 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 822404.00<br>EVEREST | POL | 26/02/08<br>26/02/08 | 0 |
| 6 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 822284.00<br>EVEREST | POL | 26/02/08<br>26/02/08 | 0 |
| 7 | 1<br>2 | SANGAM estimated SPS PB based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 822727.00<br>EVEREST | POL | 28/02/08<br>29/02/08 | 0 |
| 8 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 824245.00<br>EVEREST | POL | 31/03/08<br>08/04/08 | 0 |
| 9 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 823814.00<br>EVEREST | POL | 31/03/08<br>04/04/08 | 0 |
| 10 | 0<br>2 | S-band based orbit determination values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 823789.00<br>EVEREST | POL | 04/04/08<br>08/04/08 | 0 |
| 11 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 823296.00<br>EVEREST | POL | 10/04/08<br>10/04/08 | 0 |
| 12 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 823249.00<br>EVEREST | POL | 13/04/08<br>15/04/08 | 0 |
| 13 | 0<br>2 | S-band based orbit determination values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 824367.00<br>EVEREST | POL | 15/04/08<br>16/04/08 | 0 |
| 14 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 823247.00<br>EVEREST | POL | 21/04/08<br>22/04/08 | 0 |
| 15 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 824004.00<br>EVEREST | POL | 21/04/08<br>22/04/08 | 0 |
| 16 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 823195.00<br>EVEREST | POL | 24/04/08<br>25/04/08 | 0 |
| 17 | 2<br>2 | SANGAM estimated SPS RT based orbit values<br>Ground processed Star Sensor Head-2 Qs | 823206.00<br>EVEREST | POL | 24/04/08<br>26/04/08 | 0 |

Location Accuracy

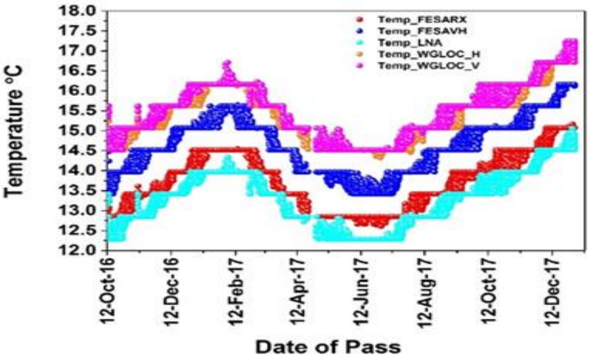
| Sr No | GCP Source | #Ref | #GCP | MeanLat | STDLat | RMSLat | DIR | MeanLon | STDLon | RMSLon | DIR | CE-90 ( m ) | DQE Reason |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RIMG | 5 | 32 | 182.80 | 30.19 | 185.27 | N | 0.42 | 31.89 | 31.90 | W | -999.00 | Normal_Product |
| 2 | RIMG | 4 | 17 | -243.03 | 56.35 | 249.48 | S | -54.26 | 54.26 | 76.74 | W | -999.00 | Normal_Product |
| 3 | RIMG | 5 | 20 | -29.13 | 41.87 | 51.01 | S | 11.19 | 193.51 | 193.84 | E | -999.00 | Normal_Product |
| 4 | RIMG | 6 | 17 | -12.97 | 31.99 | 34.52 | S | -12.63 | 33.33 | 35.64 | W | -999.00 | Normal_Product |
| 5 | RIMG | 4 | 25 | 206.57 | 40.22 | 210.45 | N | -16.15 | 32.19 | 36.02 | W | -999.00 | Normal_Product |
| 6 | RIMG | 5 | 18 | 118.44 | 32.96 | 122.94 | N | -2.18 | 47.08 | 47.13 | W | -999.00 | Normal_Product |
| 7 | RIMG | 5 | 24 | 51.39 | 27.88 | 58.46 | N | -40.33 | 20.33 | 45.16 | W | -999.00 | Normal_Product |
| 8 | RIMG | 5 | 18 | 42.59 | 67.05 | 79.43 | N | -10.37 | 30.49 | 32.21 | W | -999.00 | Normal_Product |
| 9 | RIMG | 4 | 13 | -205.19 | 28.94 | 207.22 | S | -13.23 | 53.86 | 55.46 | W | -999.00 | Normal_Product |
| 10 | RIMG | 6 | 16 | -13.48 | 48.79 | 50.62 | S | -230.81 | 28.39 | 232.55 | W | -999.00 | Normal_Product |

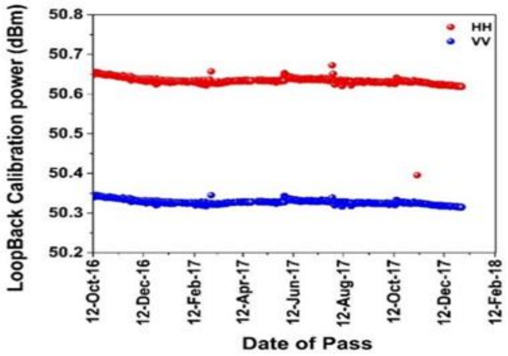
Location Summary Report

चित्र 3 (ब) रेसौर्ससेट-1 की लोकेशन त्रुटि रिपोर्ट




चित्र - 4 रीसेट-1 अमेजन के जंगलों पर प्राप्त प्रकिर्णमापी गुणता प्राचल




चित्र - 5 स्केटसेट नीतभार : जंक्शन पर तापमान तथा दोनों धृवों के लिए रव की समय श्रृंखला

## उपसंहार

सुदूर उपग्रहों से प्राप्त डेटा इसरो व अन्य संस्थाओं के अनुप्रयोग वैज्ञानिकों एवं सरकारी/ गैर सरकारी एजेंसियों द्वारा बड़े पैमाने पर उपयोग में लाया जाता है। इसलिए यह अपेक्षित है कि उपभोक्ता को उच्च-गुणता व पूर्ण रूप से त्रुटिहीन उत्पाद ही प्राप्त हों। गुणता प्राचलों का निष्कर्षण (extraction) व मोनिटरिंग एक अति-आवश्यक क्रिया है जिसके लिए डीक्यूई तंत्र सक्रिय है। डीक्यूई तंत्र सभी प्रकार के मिशन जैसे रिसौर्ससेट-1, ओसीएम, रिसौर्ससेट-2, कार्टोसेट- (1, 2, ए, बी, सी, डी, ई और एफ) और रीसैट-1 के गुणता प्राचलों साथ सहायक डेटा का संचयन एक ईष्टतम अभिकल्पित डेटाबेस में “ओरेकल डेटाबेस” द्वारा करता है। डेटाबेस की अभिकल्पना मिशनों की विभिन्नता को ध्यान में रख कर की गयी है साथ ही यह अत्यंत ही विस्तारणीय है जिसमे नए प्रकार के मिशन को आसानी से जोड़ा जा सकता है। गत 9 वर्ष से बहु-अभियान डेटाबेस एन.आर.एस.सी.में दस से अधिक मिशनों के लिए सक्रिय है। सरल क्वेरी भाषा के उपयोग से मदद से विशेष एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर द्वारा इसमें डेटा स्टोर किया जाता है और किन्हीं भी प्राचलों के मध्य के व्यवहार का पूर्ण विश्लेषण किया जाता है। यथार्थता त्रुटि और आतंरिक विकृति जैसे ज्यामितीय प्राचलों का व्यवहार उसकी समय श्रृंखला द्वारा समझा जा सकता है और सम-लक्ष्य से विकीर्णता प्राचलों का अध्ययन व उनके विकीर्णता हस्ताक्षर भी देखे जाते है। समय के साथ डेटा में आये बदलाव की जानकारी और संवेदक के प्राचलों का व्यवहार जानने के लिए यह डेटाबेस अत्यंत ही लाभकारी है।

## सन्दर्भ

[1] सुदूर-उपग्रह डेटा गुणता मूल्यांकन तथा विश्लेषण - एक चुनौती, अनुजा शर्मा, बी कार्तिकेयन्, हिंदी संगोष्ठी 2015

[2] प्रकीर्णमापी डेटा/डेटा-उत्पादों का स्वचलित सॉफ्टवेयर द्वारा गुणता मूल्यांकन, अनुजा शर्मा, मनीषा गुप्ता, वैभव मल्होत्रा, बी कार्तिकेयन्, हिंदी संगोष्ठी 2017

[3] सी.जे.डेट, “अन इंट्रोडक्शन टू डेटाबेस सिस्टम”, आठवां एडीशन

## आभार

पत्र के लेखक इस कार्य को करने का सुअवसर व प्रोत्साहन देने के लिए केंद्र निदेशक श्री तपन मिश्रा व समूह प्रधान श्री देबज्योति धर (एस.आई.पी.जी.) का आभार प्रगट करते है। साथ ही आई.ए.क्यू.डी. दल के सभी सदस्यों द्वारा समय-समय पर दिए गये सुझावों व योगदान के लिए विशेष आभार व्यक्त करते है। लेखक हिंदी कक्ष के सदस्य एवं आयोजन समिति के भी आभारी हैं।

## लेखक परिचय

श्रीमती अनुजा शर्मा ने वर्ष 1996 में एस.ए.टी.आई., विदिशा से कंप्यूटर साइंस व इंजीनरिंग में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 1997 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र-इसरो अहमदाबाद में प्रतिबिम्ब संसाधन व डेटा संसाधन समूह के डेटा गुणता मूल्यांकन विभाग से कार्य आरम्भ किया। इन्होंने प्रकाशीय व सूक्ष्तरंगी संवेदकों की गुणता मूल्यांकन व विश्लेषण पर कार्य किया है। वर्तमान में, श्रीमती शर्मा, वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.एफ. के पद पर कार्यरत हैं।

डॉ. बी कार्तिकेयन् ने वर्ष 1999 में आई. आई. टी. खडगपुर से पीएचडी की उपाधि प्राप्त की। वर्ष 1990 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र - इसरो अहमदाबाद में प्रतिबिम्ब संसाधन व डेटा संसाधन समूह से कार्य आरम्भ किया। वर्तमान में डॉ. कार्तिकेयन् (वैज्ञानिक/इंजीनियर-एच) प्रतिबिंब विशलेषण एवं गुणवत्ता मूल्यांकन विभाग के प्रधान पद पर कार्यरत हैं। कार्टो-डीईएम परियोजना में इनका विशेष योगदान है।

***

# ईपीसी के लिए स्पंद जनक का विकास

संजय त्रिवेदी, गौरव जैन, विकास सिंह
sanjay@sac.isro.gov.in, gauravjain@sac.isro.gov.in, vikassingh@sac.isro.gov.in
एम.एस.डी.पी.डी/एम.एस.डी.जी/एम.आर.एस.ए, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद

## सारांश-

यह पत्र स्पंद जनक के डिजाइन और विकास की पूरी जानकारी का वर्णन करता है। यह हार्डवेयर इलेक्ट्रानिक पावर कंडीशनिंग (ईपीसी) को चालू तथा बंद करने के लिए बनाया गया है। यह हार्डवेयर विभिन्न मिली सेकेंड श्रेणी के संकेत उत्पन्न करके ईपीसी का सुचालन करता है। यह एक स्वचालित हार्डवेयर है।

## परिचय-

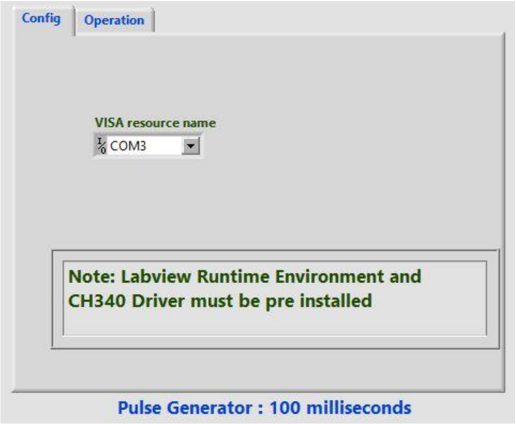
स्पंद जनक को मुख्यतः इन तीन भागों में बाँटा जा सकता है-

- ईपीसी को चालू बंद करने के लिए स्पंद उत्पन्न करना।
- दूरमिति मानीटरिंग
- ईपीसी को चालू बंद करने तथा मॉनिटरिंग के लिए मानक इंटरफेस

स्पंद जनक ईपीसी को चालू और बंद करने के लिए अलग अलग समय के 2 डिजिटल संकेत उत्पन्न करता है। स्पंद जनक को बनाने के लिए ARDUINO (व्यावसायिक हार्डवेयर) पर आधारित हार्डवेयर तथा कित्रिम I/O इंटरफ़ेस जो कि ईपीसी के अनुसार है का उपयोग करके बनाया गया है, जिसको आवश्यकता के अनुसार प्रोग्राम किया जा सकता है। यह उपकरण USB से पावर लेता है और USB से UART परिवर्तक के द्वारा संकेत भेजता है;

## स्पंद जनक का विकास-

स्पंक जनक को ARDUINO मदर बोर्ड के माध्यम से बनाया गया है। मदर बोर्ड को ग्राफी प्रयोक्ता अंतरापृष्ठ(GUI) से जोड़ने के लिए UART प्रोटोकाल का उपयोग किया गया है। UART के माध्यम से ईपीसी को चालू या बंद करने के संकेत को मदर बोर्ड तक भेजा जाता है। UART 9600 baud rate पर काम करता है। किसी भी संकेत को प्राप्त करने के बाद मदर बोर्ड प्राप्त संकेत के आधार पर अलग अलग संकेत उत्पन्न करता है, जो कि ईपीसी को भेजे जाते है। यह उपकरण 100 मिली सेकेंड का स्पंद उत्पन्न करता है जो कि ईपीसी को चालू करता है। मदर बोर्ड की प्रोग्रामिंग ARDUINO डेवलपमेंट किट के माध्यम से की गयी है, जो कि आवश्यकता पड़ने पर आसानी से बदली जा सकती है।

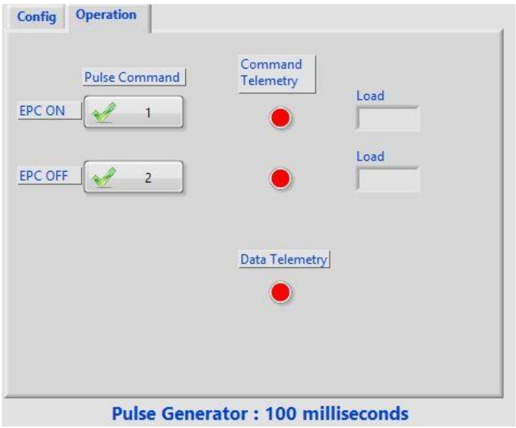



चित्र 1: स्पंद जनक कॉम पोर्ट का चुनाव

## G.U.I स्पंद जनक के सुचालन के लिए-

नीचे दिया गए चित्र 1 में कुछ पहले से ही मौजूद सॉफ्टवेर के बारे में बताया गया है जो कि स्पंद जनक को चलने के लिए बहुत ही महत्वपूर्ण है। बिना इस सॉफ्टवेर के स्पंद जनक को चलाया नही जा सकता। और कॉम पोर्ट के चुनाव का भी प्रावधान दिया गया है जिससे की उपभोक्ता सही कॉम पर लगे हुए स्पंद जनक का चुनाव कर सके।

नीचे दिए गए चित्र 2 में स्पंद जनक के संचालन के लिए बनाया गया है।




चित्र 2: स्पंद जनक संकेत

ऊपर दिए गए चित्र में बटन एक को दबाने से EPC चालू होगा और इकाई के द्वारा भेजा गया जवाब लोड की तरह प्रदर्शित किया जाएगा और दिया गया Command telemetry LED ये दर्शायेगा की दिया गया निर्देश सही से निष्पादित हुआ की नहीं। अगर निष्पादन में कोई गड़बड़ी हुई तो LED का रंग बदल जाएगा और उपभोक्ता को पता चल जाएगा की इकाई सही से काम कर रहा है कि नही।

उसी तरह से बटन दो भी कम करेगा जो कि EPC को बंद करने के लिए उपयोग किया जाएगा और इसका भी जवाब एकदम बटन एक की जवाब की तरह से देखा जा सकता है।

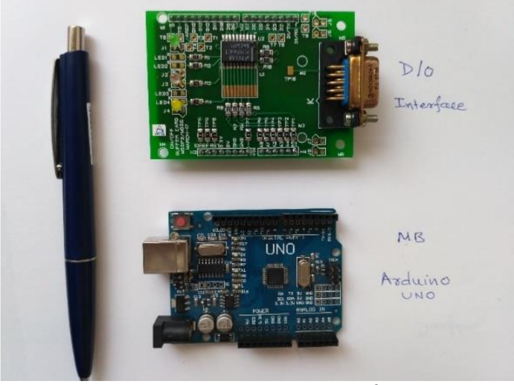
दिया गया Data Telemetry लगातार इकाई के लोड को देखता रहेगा और हर 5 सेकंड पर अद्यातिकरण करता रहेगा अगर इकाई में कोई गड़बड़ी दिखी तो Data Telemetry LED का रंग बदल जाएगा और उपभोक्ता को पता चल जाएगा इकाई पर कोई लोड है कि नही।

## हार्डवेयर का विकासन-

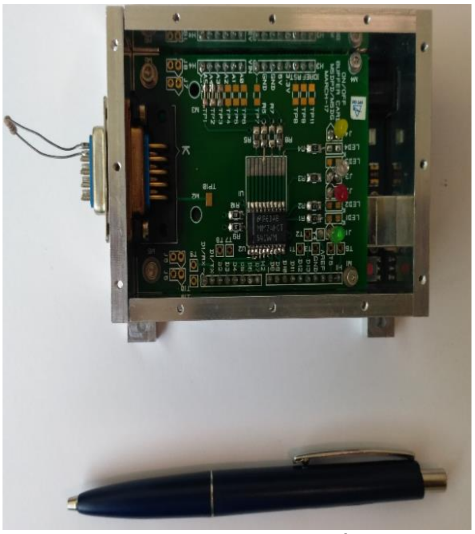
इस इकाई को बनाए की लिए RDUINO बोर्ड का इस्तेमाल किया गया है जिसके RDUINO प्रोग्रामिंग से नियंत्रण किया जा सकता है। जब उपभोक्ता बटन एक को दबाएगा तो यहाँ से 100 मिली सेकेंड का एक स्पंद उत्पन्न होगा जो कि EPC हार्डवेयर को भेज दिया जाएगा। जो कि EPC को चालू करने का सन्देश होगा

और EPC चालू हो जाएगा। और उसी तरह से बटन दो को दबाने पर EPC को बंद करने का सन्देश भेजा जाएगा जो कि EPC को बंद कर देगा।

नीचे दिया गया चित्र उपयुक्त हार्डवेयर का है।



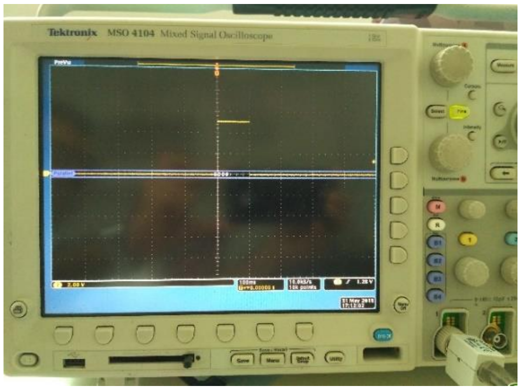

चित्र 3: अलग अलग बोर्ड



चित्र 4: सम्मिलित बोर्ड

GUI पिन 1 पर आन स्पंद को और आफ़ स्पंद को पिन 2 पर भेजता है। पिन 3 का उपयोग EPC से संकेत प्राप्त करने के लिए उपयोग किया गया है। पिन 6 से 9 तक सारे आधार से जुड़े है।

नीचे दिए गए चित्र में हम देख सकते है 100मिलि सेकंड का स्पंद जो कि 5 वोल्ट का आउटपुट है।




चित्र 5 :आउटपुट

**लाभ-**

- विशिष्ट इनपुट आउटपुट इंटरफेस के साथ कोस्टबेस्ड (Costbased) हार्डवेयर
- पुनःप्रोग्रामनीय/ पुनरुपयोगी
- कम दाम
- तीव्र विकास समय

**निष्कर्ष-**

इस इकाई का उपयोग अभी EPC को ऑन और ऑफ करने की लिए किया जा रहा है। पर भविष्य में हम इसको किसी भी प्रकार के स्पंद जनक के रूप में इस्तेमाल कर सकते है।

**लेखक परिचय -**

गौरव जैन ने वर्ष 2014 में IIST कॉलेज, लखनऊ से एविओनिक्स में बी.टेक की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2014 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग अंकीय इलेक्ट्रॉनिक समूह में कार्य आरंभ किया।

संजय त्रिवेदी ने वर्ष 1982 में AVPT कॉलेज, राजकोट से इलेक्ट्रॉनिक में डिप्लोमा प्राप्त किया। वर्ष 1984 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में अंकीय संचार कार्यक्रम में कार्य आरंभ किया। वर्ष 1992 में गुजरात युनिवर्सिटी से बी.ई. एवं 2013 में SVNIT, सूरत से M.Tech. कि उपाधि ग्रहण की। वर्तमान में, ये चंद्रयान - 2 रेडार ऊँचाईमापी, NI-SAR इत्यादि, मिशन में संलग्न हैं।

विकास सिंह ने वर्ष 2012 में IET इंजीनियरिंग कॉलेज, लखनऊ से कम्प्यूटर संगणक एवं अभियांत्रिकी में बी.टेक की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2016 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग अंकीय इलेक्ट्रॉनिक समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये रेडार आकंड़ों के प्रक्रमण, निसार, चंद्रयान 2 रेडार ऊँचाइमापी इत्यादि मिशनों में संलग्न हैं।

***

अंतरिक्ष प्रणालियों की क्षमता संवर्धन के लिए सॉफ्टवेयरों की उपयोगिता

# समष्टि अंतरिक्ष तकनीक का सॉफ्टवेयर प्रक्रिया द्वारा परिपालन

सुश्री कृती खत्री, सुश्री बिन्दिया कुमारी, श्रीमती के शहाना
दिल्ली भू केंद्र - अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद

**सारांश**

***आजकल प्रौद्योगिकी हमारे जीवन का एक अनिवार्य हिस्सा है और इसके बिना जीवन की कल्पना करना असंभव है। इन दिनों हमारे दैनिक जीवन को आसान बनाने के लिए स्मार्ट उपकरण, कृत्रिम बुद्धिमत्ता तकनीक, यंत्र अधिगम, उच्च तकनीक उपकरण आदि से भरा हुआ है। इसी तरह उपग्रहों में भी उच्च तकनीक की मांग में इन दिनों वृद्धि हुई है। आवश्यकता अनुसार उपग्रह को पुनः विन्यास (re-configurable) करना; अंतरिक्ष में उपग्रह स्व-सेवा सक्षम करने के लिए सॉफ्टवेयर; लोगों के साथ जुड़ने के लिए 3-डी वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग को वास्तव में महसूस करें। इसरो इन आगामी और योजनाबद्ध अंतरिक्ष मिशनों में इन प्रौद्योगिकी विकास को भी कार्यान्वित कर रहा है और इन क्षेत्रों में खोज शुरू कर चुका है। उदाहरण के लिए 3 डी प्रिंटिंग तकनीक का उपयोग करके चंद्रमा पर इग्लू का निर्माण, स्मार्ट सिटीज के लिए उपग्रह योगदान आदि। प्रस्तुत लेख में हमने ऐसे ही कुछ, आने वाली तकनीकी विकास के बारे में चर्चा की है।***

***शब्द संकेत***

प्रौद्योगिकी (technology), पुनः विन्यास (re-configurable), उपग्रह (Satellite), प्रेक्षण (Observation), कृत्रिम बुद्धिमत्ता (artificial intelligence (AI), लचीले (Flexible)

## 1. प्रस्तावना

भारत की प्रगति में अंतरिक्ष विज्ञान एवं तकनीकी की भूमिका अवर्णनिय हैं। भारत में विज्ञान और सामाजिक विकास के अनुप्रयोगो के लिए, 1969 में इसरो की स्थापना डॉ. विक्रम साराभाई ने की थी। इसरो के उपग्रह द्वारा संचार, भू-प्रेक्षण, पर्यावरण प्रेक्षण, मौसम विज्ञानी, सुदूर संवेदन, नौसंचालन, अंतरिक्ष शिष्टमंडल आदि कार्य आज के युग का एक अभिन्न भाग है । इन उपग्रह द्वारा भेजे गए आंकडे, चित्र, संकेत, सिग्नल, चिन्ह, भौगोलिक सूचना, संवेदनीय सूचना से सर्वेक्षण, संचार सुविधा रक्षातंत्र, खोजना एवं बचाव, प्रकृति का अध्ययन आदि से आज कल मनुष्य का जीवन इस प्रकार प्रभावित हैं कि इसके बिना आज के युग में अपने जीवन की कल्पना करना असंभव हैं ।

आजकल प्रौद्योगिकी हमारे जीवन का एक अनिवार्य हिस्सा है और इसके बिना जीवन की कल्पना करना असंभव है। इन दिनों हमारे दैनिक जीवन को आसान बनाने के लिए स्मार्ट उपकरण, कृत्रिम बुद्धिमत्ता तकनीक, यंत्र अधिगम, उच्च तकनीक उपकरण आदि से भरा हुआ है। इसी तरह उपग्रहों में भी उच्च तकनीक की मांग में इन दिनों वृद्धि हुई है। आवश्यकता अनुसार उपग्रह को पुनः विन्यास (re-configurable) करना; अंतरिक्ष में उपग्रह स्व-सेवा सक्षम करने के लिए सॉफ्टवेयर; लोगों के साथ जुड़ने के लिए 3 आयामी वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग को वास्तव में महसूस करें। इसरो इन आगामी और योजनाबद्ध अंतरिक्ष मिशनों में इन प्रौद्योगिकी विकास को भी कार्यान्वित कर रहा है और इन क्षेत्रों में खोज शुरू कर चुका है। इसरो उदाहरण के लिए 3डी प्रिंटिंग तकनीक का उपयोग करके चंद्रमा पर इग्लू का निर्माण करने वाला है, स्मार्ट सिटीज के लिए उपग्रह योगदान आदि।

प्रस्तुत लेख में हमने ऐसे ही कुछ, आने वाली तकनीकी विकास के बारे में चर्चा की है। सब से पहले पुनः विन्यास (re-configurable) उपग्रहों का वर्णन करा है। इसके पश्चात सॉफ़्टवेयर के उपयोग से अंतरिक्ष में उपग्रह कैसे स्व-सेवा बनाया जा सकता है के बारे में चर्चा की है। इसरो द्वारा चंद्रमा पर इग्लू के निर्माण के बारे में चर्चा की है और अंत में हमने वर्चुअल वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग के 3डी तकनीकी विकास पर चर्चा की है जिसे इसरो उपग्रहों के साथ कार्यान्वित किया जा सकता है।

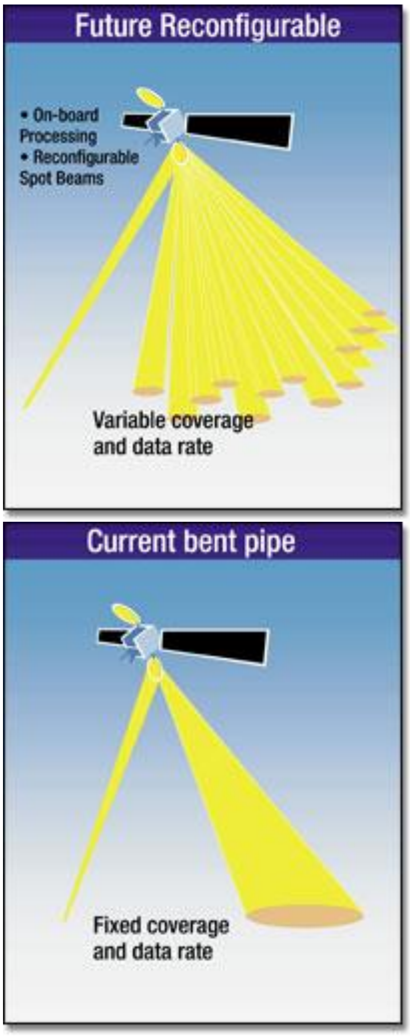
## 2. पुनः विन्यास उपग्रह (Re-configurable Satellites)

उच्च डेटा ट्रैफ़िक मांगों का सामना करने के लिए, उपग्रह प्रणाली डिजाइनर उन्नत (advanced) उपग्रह संचार आर्किटेक्चर की तलाश में हैं। इस संदर्भ में, हाल ही में, कई बीमों के उपयोग को अगली पीढ़ी के उच्च थ्रूपुट उपग्रह प्रणालियों का एक प्रमुख तरीका है। इस सिस्टम में एक (ग्लोबल) बीम की बजाय बड़ी संख्या में बीम (बहुकिरण एंटीना) कवरेज क्षेत्र में होती हैं। यह तरीका फायदेमंद है क्योंकि प्रत्येक बीम का G/T (gain-to-noise temperature) अकेली बीम की तुलना में ज़्यादा होता है और उपलब्ध स्पेक्ट्रम को स्थानिक (spatially) रूप से अलग बीम के बीच पुनः उपयोग किया जा सकता है।

परंपरागत (Conventional) मल्टीबीम उपग्रह संचार प्रणाली कई निश्चित (fixed) बीम के माध्यम से विस्तृत (wide) क्षेत्रों का कवरेज सुनिश्चित करती है। इन मे हर बीम के अंदर सभी उपभोक्ता समान बैंडविड्थ शेयर करते हैं। इन उपग्रहों की बैंडविड्थ 36 MHz निश्चित होती हैं। इसरो का GSAT-6 उपग्रह एक परंपरागत मल्टीबीम उपग्रह संचार प्रणाली हैं। वर्तमान बेंट पाइप एवं पुनः विन्यास उपग्रह को चित्र - 1 में देखा जा सकता है।

आज के उपग्रह संचार प्रणाली में ऑपरेटरों द्वारा लचीले (Flexible) नीतभार की आवश्यकता होती है। विशेष रूप से उपभोक्ता की समय के साथ बदलती मांगों का उपाय है कि कक्षा में एंटीना बीम पैटर्न को गतिशील रूप से संशोधित करने में सक्षम होना महत्वपूर्ण है।
आजकल लचीले नीतभार जो कि किफायती और पुनः विन्यास कवरेज देते हों की अत्याधिक आवश्यकता है। उपग्रह को ऊर्जा, बैंडविड्थ, कनेक्टिविटी, कवरेज के लिए और जब आवश्यकता उत्पन्न होती है, उसके अनुसार कॉन्फ़िगर किया जा सकता

है। यह स्टीयरबल स्पॉट बीम के साथ हासिल किया जा सकता है। बड़े प्रत्यक्ष (direct) विकिरणी (radiating) सरणी (array) को अनुकूली (adaptive) बीमफॉर्मिंग के साथ मिलाकर व्यतिकरण (interferences) को अस्वीकार कर सकते है और साथ मे उपभोक्ता की ज़रुरत के हिसाब से अधिकतम लब्धि प्रदान की जा सकती है।




चित्र 1 : वर्तमान बेंट पाइप एवं फिर से विन्यास उपग्रह

इसरो ने 2017 में अपने उच्च-थ्रूपुट संचार उपग्रह GSAT-19 लॉन्च किया है जो भारत के पिछले संचार उपग्रहों की तुलना में अधिक डेटा थ्रूपुट प्रदान करता है। GSAT-20 और GSAT-11 अगले दो उच्च-थ्रुपुट उपग्रह (HTS) हैं। इन उपग्रहों पर इसरो द्वारा अन्वेषण उन्नत चरण में हैं। इन सब की संयुक्त क्षमता 88 जीबीपीएस की है। यह देश के कुल भूमि क्षेत्र को कवरेज देंगे। ये उच्च-थ्रुपुट उपग्रह, छोटे क्षेत्रों में कई बार उपग्रह 'बीम' का पुन: उपयोग (reuses) करता है।

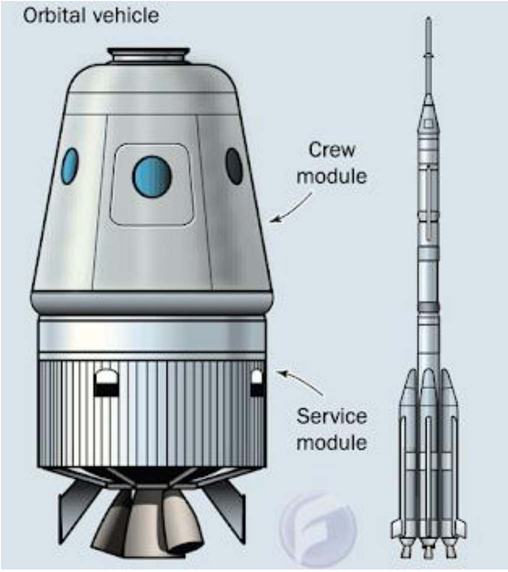
3. **अंतरिक्ष में उपग्रह स्वयं सेवा**

सन 2000 में वैज्ञानिकों ने कृत्रिम (artificial) बुद्धि (intelligence) (AI) सॉफ्टवेयर को उपग्रह के लिए सफलतापूर्वक रेडियो किया और अंतरिक्ष यान के सिस्टम में त्रुटियों को खोजने और विश्लेषण करने की सॉफ़्टवेयर की क्षमता का परीक्षण किया। आम तौर पर, जमीन पर समस्या निवारण किया जाता है। नासा, लिविंगस्टोन (Livingstone) संस्करण (version) 2 (LV-2) द्वारा उपयोग किए जाने वाले कृत्रिम बुद्धिमान सॉफ़्टवेयर, स्वचालित रूप से उनके पृथ्वी निरीक्षण एक (E0-1) उपग्रह के उपकरणों और प्रणालियों में अनुरूपित विफलताओं का पता लगाता है और निदान करता है।

21वीं शताब्दी में पृथ्वी, चंद्रमा, मंगल और उससे आगे के ग्रहों की खोज का समर्थन करने के लिए इस प्रकार की तकनीक और प्रौद्योगिकी आवश्यक है। यह ग्रह पृथ्वी से लाखों मील या कई प्रकाश वर्ष दूर है। इन ग्रहों का अन्वेषण करने के लिए, इन्मे रोबोट सिस्टम होते हैं जो अंतरिक्ष अन्वेषण के तेजी से जटिल कार्यों को संभालने के लिए आवश्यक हैं। इस तरह के सॉफ़्टवेयर, वैज्ञानिकों को रोबोट सिस्टम की समस्या निवारण और जाँच पड़ताल अंतरिक्ष में करने की क्षमता प्रदान करते हैं। पृथ्वी से इंटरप्लानेटरी स्पेस कक्षा में आदेश पहुंचने के लिए लंबा समय लगता है (उदाहरण पृथ्वी से मंगल तक कमांड लगभग 23 मिनट में पहुचता है)। इस लंबे विलम्ब को केवल ऑनबोर्ड सॉफ्टवेयर इंटेलिजेंस की मदद से ही कम किया जा सकता है।

लिविंगस्टोन सॉफ्टवेयर ने नासा के वैज्ञानिकों को अंतरिक्ष में त्रुटियों को ठीक करने का मौका दिया, और साथ मे उन्के मिशन की रक्षा की और उन लोगो ने अपना मिशन लक्ष्य को प्राप्त करना जारी रखा। लिविंगस्टोन के डेवलपर्स का मानना है कि सॉफ़्टवेयर निदान (diagnosis) उपकरण के इस्तेमाल से रोबोट या घुमंतू (rovers) जो मंगल या अन्य ग्रह अन्वेषण मे उपयोग मे आते हे उनकी त्रुटियों को खोजने के लिए किया जा सकता है।

हाल ही में इसरो का नौसंचालन उपग्रह हीट शील्ड से अलग नही हुआ, इसके अलावा संचार उपग्रह GSAT-6A के साथ संपर्क भी खो दिया गया। ऐसी विफलताओं को अंतरिक्ष में उपग्रह स्वयं सेवा के द्वारा कम किया जा सकता है। इसरो द्वारा, जब मनुष्य अंतरिक्ष में गहराई से कार्य करेंगे, तो चालक दल को अंतरिक्ष यान की समस्याओं की पहचान करने और तुरंत मरम्मत करने के लिए लिविंगस्टोन सॉफ्टवेयर जैसे स्वचालित उपकरण की आवश्यकता पड़ेगी। चित्र - 2 में इसरो के मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम को दिखाया गया हैं।




चित्र 2 : इसरो मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम

**4. चंद्रमा पर इग्लू (भवन/ कालोनी) :**

इसरो ने चंद्रमा पर इग्लू बनाने पर काम शुरू कर दिया है। इन 'चंद्र निवास', जैसे कि वैज्ञानिक उन्हें बुलाते हैं, चंद्रमा में रोबोट और 3-डी प्रिंटर भेजकर और चंद्रमा की मिट्टी और अन्य सामग्री का उपयोग करके बनाए जाएंगे। इस प्रोजेक्ट ने एक कामकाजी मॉडल के साथ प्रगति देखी है - एक 3डी प्रिंटर का उपयोग करके बनाया गया - इसरो की चंद्रमा terrain परीक्षण सुविधा में बैठे हुए।

ये इग्लो चंद्र मिट्टी और मिश्रित (assorted) स्मार्ट सामग्रियों के मिश्रण का उपयोग करके बनाया जाएगा जिसे फिर 3-डी (dimensional) प्रिंटर में इनपुट दिया जाएगा। यह अंतरिक्ष में संरचनाओं के निर्माण के लिए एक अभिनव दृष्टिकोण (innovative approach) है, क्योंकि यह महंगी रॉकेट के साथ पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से सामग्रियों को बढ़ाने की आवश्यकता को समाप्त करता है। चंद्रयान 1 को चंद्रमा पर पानी मिला है (जीवन के लिए जरूरी है), इसलिए भविष्य में इसरो चंद्रमा पर कालोनियों का निर्माण करने की योजना बना रहा है।

यूआर राव अंतरिक्ष केंद्र (यूआरएससी), बैंगलोर के निदेशक ने कहा - इन संरचनाओं का लक्ष्य आखिरकार अनुसंधानकर्ता (researcher) को उनके प्रवास के दौरान बचाने और अनुसंधान करने के लिए एक सुरक्षित स्थान प्रदान करना है। नींव की 3डी छपाई का उपयोग करके, अंतरिक्ष यात्री को अत्यधिक भारी अंतरिक्ष सूट पहने हुए भवनों के निर्माण के कठिन बोझ को नहीं करना होगा। उन्होंने आगे कहा कि इसरो ने चंद्र सिमुलेटर (सामग्री जो लगभग चंद्र मिट्टी के गुणों जैसी) बनाने की प्रक्रिया में महारत हासिल की है, और इसमें लगभग 60 टन सामग्री का उपयोग हुआ। अपोलो मिशन द्वारा चंद्रमा से लाए गए मिट्टी के नमूने के साथ इसकी गुणवता 99.6% से मेल खाते हैं। इसरो द्वारा चन्द्रमा पर रहने की व्यवस्था (इग्लू) के अन्वेषण को चित्र - 3 में देखा जा सकता है।

चित्र 3 : चन्द्रमा पर रहने की व्यवस्था (इग्ल

**5. होलोपॉर्टेशन (Holoportation)**

होलोपॉर्टेशन एक नई प्रकार की **3** डी कैप्चर तकनीक है जो लोगों के उच्च गुणवत्ता वाले **3** डी मॉडल को वास्तविक समय में दुनिया में कहीं भी पुनर्निर्मित (reconstructed), संपीड़ित (compressed) और प्रसारित (transmitted) करने देती है। होलोपॉर्टेशन (HoloLens) को जब होलोलेन्स जैसे मिश्रित रियलिटी डिस्प्ले के साथ मिलाया जाता हे, तब यह तकनीक उपभोक्ता को 3डी में दूरस्थ (remote) प्रतिभागियों को देखने, सुनने और बातचीत करने की अनुमति देती है। चित्र - 4 में होलोपॉर्टेशन की एक झलक देखी जा सकती है।

चित्र 4 : होलोपॉर्टेशन की एक झलक

होलोलेन्स रियलिटी डिस्प्ले से एक ऐसी व्यवस्था बनाती हे जैसे कि वास्तव में एक ही भौतिक स्थान पर दोनों उपभोक्ता मौजूद हैं। हजारों मील दूर उपभोक्ता के साथ संचार और बातचीत करना आमने-सामने संचार के रूप में स्वाभाविक हो

अनुक्रमणिका

जाता है। प्रत्येक व्यक्ति 3डी कैमरों की एक श्रृंखला से घिरा हुता है। ये कैमरे उस व्यक्ति के संचलन (**movement**) और भाषण को कैप्चर करते हैं। होलोपॉर्टेशन से उन्हें एक दूसरे कमरे में प्रोजेक्ट करा जाता है जहां होलोलेन्स या संवर्धित (**augmented**) वास्तविकता (**reality**) (**AR**) हेडसेट पहने हुए व्यक्ति उनको देख सेकत हैं और बातचीत कर सकते हैं। गहराई कैमरों के उपयोग करके लोगों, फर्नीचर और वस्तुओं समेत एक संपूर्ण स्थान के वास्तविक समय का 3डी पुनर्निर्माण किया जाता है।

ऑडियो को **3** डी वीडियो के साथ एक साथ शामिल किया जा सकता है; सेशन को रिकॉर्ड किया जा सकता है और बाद की तारीख में वापस खेला जा सकता है। होलोपॉर्टेड फ़ीड को छोटे आकार में संकुचित किया जा सकता है, ताकि हम बाद में उदाहरण के लिए, हमारी कॉफी टेबल पर बच्चों के प्लेटाइम का वीडियो का पुनर्मिलन देख सकें।

होलोपोर्टेशन माइक्रोसॉफ्ट द्वारा संवर्धित (**augmented**) वास्तविकता (**reality**) को रियल टाइम में सफल बनाने की एक पहल है। होलोपॉर्टेशन को इसरो उपग्रहों के माध्यम से वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग के साथ जोड़ा जा सकता है। इससे उपभोक्ता वर्चुअल 3-डी वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग का अनुभव कर साकते है।

**6. निष्कर्ष :-**

हमारे दैनिक कार्य को सरल बनाने के लिए स्मार्ट उपकरण, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (artificial intelligence) तकनीक, यंत्र अधिगम, उच्च तकनीक उपकरण आदि हर जगह मौजूद है। उपग्रहों में भी उच्च तकनीक की मांग में इन दिनों वृद्धि हुई है। इस लेख मे हमने आवश्यकता अनुसार उपग्रह को फिर से विन्यास (re-configurable) करना; अंतरिक्ष में उपग्रह स्व-सेवा सक्षम करने के लिए सॉफ्टवेयर; उपग्रह द्वरा लोगों के साथ जुड़ने के लिए होलोपॉर्टेशन तकनीक जिसमे 3 आयामी वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग को वास्तव में महसूस किया जाता है पर चर्चा की है। इसरो इन आगामी और योजनाबद्ध अंतरिक्ष मिशनों में इन प्रौद्योगिकी विकास को भी कार्यान्वित कर रहा है और इन क्षेत्रों में खोज शुरू कर चुका है। इसरो द्वारा 3डी प्रिंटिंग तकनीक का उपयोग करके चंद्रमा पर इग्लू के निर्माण पर भी चर्चा की है।

**संदर्भ :-**


1. “Adaptive beamforming for large arrays in satellite communications systems with dispersed coverage”, J. Montesinos et al., France
2. वेब संदर्भ-1 बोइंग, www.boeing.com
3. वेब संदर्भ-2 **नासा, www.nasa.gov**
4. वेब संदर्भ-3 **विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, www.vssc.gov.in**
5. पत्रिका इलेक्ट्रॉनिक्स फोर यु, अप्रैल 2018.
6. वेब संदर्भ-4 www.wikipedia.com


**आभार :-**

हिंदी तकनीकी संगोष्ठी 2018 में यह हमारा पहला लेख है। इसमें अपने लेख प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने हेतु संगोष्ठी समिति, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र को हार्दिक धन्यवाद।

**लेखक परिचय :-**

**कृती खत्री** ने वर्ष 2004 में एम.डी.यू विश्वविधालय से इलेक्ट्रॉनिकी एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2005 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में नौसंचालन नीतभार के प्रणाली में कार्य आरंभ किया। 2013 में निरमा विश्वविधालय, अहमदाबाद से संचार इंजीनियरिंग में एम.टेक. डिग्री प्राप्त की है। वर्तमान में दिल्ली भू-केंद्र प्रभाग में कार्यरत हैं।

**बिन्दिया कुमारी** ने वर्ष 2004 में पटना विश्वविधालय से इलेक्ट्रॉनिकी एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। सेमसंग में अभियंता के रूप में कार्य किया है। वर्ष 2006 में इस्ट्रैक, बेंगलूर में कार्य आरंभ किया। 2007 से दिल्ली भू-केंद्र प्रभाग, में कार्यरत हैं। अभी इलेक्ट्रॉनिकी एवं संचार इंजीनियरिंग में एम.ई. कर रही हैं।

**श्रीमती के शहाना** ने 1990 में इसरो उपग्रह केंद्र, बेंगलूर में कार्य आरंभ किया। वर्ष 2007 में एम.टेक. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2001 से दिल्ली भू-केंद्र प्रभाग में कार्यरत हैं। वर्तमान में दिल्ली भू-केंद्र प्रभाग, की प्रधान हैं।

# ऑप्टिकल एवं थर्मल सुदूर संवेदन द्वारा रेडिएटिव फ्लक्सों का कृषिसम्बन्धी भू-परिदृश्य क्षेत्र में आकलन

***राहुल निगम* और बिमल के. भट्टाचार्य***

**ई मेल: rahulnigam@sac.isro.gov.in*

कृषि भू-पारिस्थितिकीय विभाग (AED), बीपीएसजी/इपीएसए (BPSG/EPSA)

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान केंद्र (इसरो)

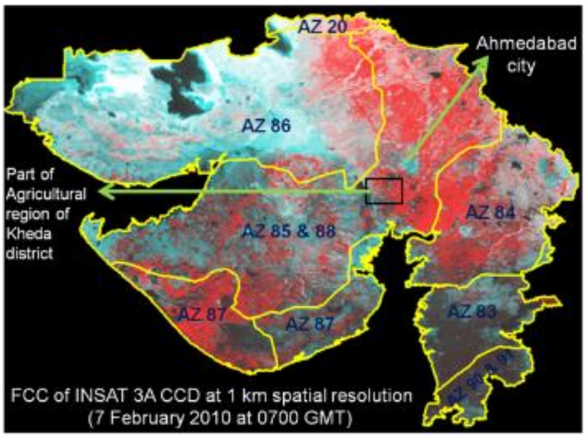
अहमदाबाद, गुजरात

**सारांश:**

*इस प्रस्तुति में कृषि सम्बन्धी भू-परिदृश्य क्षेत्र में रेडिएटिव फ्लक्सों के अध्ययन के लिए ऑप्टिकल एवं थर्मल बैंड द्वारा वाष्पोत्सर्जन (evapotranspiration) को ज्ञात किया गया। इसके लिए सुदूर संवेदन द्वारा वनस्पति एवं भौतिक सूचकांकों का आकलन कर पूर्ण रूप से सतही ऊर्जा संतुलन (surface energy balance) को स्थापित कर विभिन्न अन्य फ्लक्सों का भी आकलन किया गया। सेंसिबल (sensible) एवं गुप्त (latent) ऊष्मा प्रवाह को सेंटीलोमीटर द्वारा प्रतिपादित किया गया। साथ ही सेंसिबल ऊष्मा प्रवाह का फसल के उत्पादन के सम्बन्ध की विवेचना की गयी है। इस प्रयोग में हमने यह पाया की मेट्रिक मॉडल द्वारा हम ऊर्जा के संतुलन को स्थापित करते हुए विभिन्न रेडिएटिव फ्लक्सों का सही-सही आकलन एक बड़े भू-भाग में कर सकते हैं। साथ ही कृषि में उपयुक्त जल के निर्धारण एवं उपयोग का भी पता लगा सकते हैं जो भविष्य में कृषि जल नीति में अहम भूमिका अदा कर सकता है क्योंकि कृषि में उपयोग होनेवाले जल का 40 से 70 प्रतिशत भाग वाष्पोत्सर्जन में उपयोग होता है।*

## 1 प्रस्तुति:

जल ताप संतुष्टि, योजना सिंचाई शिड्यूलिंग और अनुकूलन और उन्नत प्रक्रिया-आधारित उपज मॉडलिंग के लिए कृषि जल प्रबंधन में सतही ताप प्रवाह की सटीक मात्रा महत्वपूर्ण है। अलग-अलग जटिलताओं के साथ कई सुदूर संवेदन आधारित सतह गर्मी प्रवाह मॉडल को विभिन्न स्थानिक पैमाने पर सेंसिबल (एच) (H) और गुप्त (अल ई) (LE) प्रवाह का अनुमान लगाने के लिए विकसित किया गया है। फ्लक्स के सुदूर संवेदन अनुमानों को आम तौर पर थर्मल इन्फ्रारेड बैंड, अल्बेडो और वनस्पति सूचकांक से दृश्य और निकट अवरक्त बैंड से भूमि सतह तापमान (एलएसटी) की आवश्यकता होती है। मॉडल द्वारा (जैक्सन एट अल., 1977), सतही ऊर्जा संतुलन (तासुमी एट अल, 2004; झांग एट अल, 2006; निशिदा एट अल, 2003; वर्स्त्रेटन एट अल, 2004; बत्रा) के आधार पर एकल और दोहरी स्रोत योजनाएं शामिल हैं। सुदूर संवेदन फ्लक्स अनुमानों पर क्षेत्रफल (1 किमी$^{-2}$ से 10 किमी-$^{2}$) का प्रभाव एक बड़ा मुद्दा है। वर्तमान में धीमी प्रतिक्रिया (बोवेन अनुपात या प्रवाह प्रोफाइल) अथवा उच्च-प्रतिक्रिया (एडी कॉन्वर्सिस) सिस्टम से बड़े क्षेत्र के बारे में सटीक अभिवाहों का मापन किया जा सकता है। इन सिस्टम से दस मिनट की औसत अवधि का मापन कर पूरे दिन की फ्लक्स की गणना की जा सकती है। यह औसत अवधि के दौरान वायुमंडल के अस्थायी संकल्प और मांग स्थिरता को कम करते हैं, जिसे अक्सर सतह परत में महसूस नहीं किया जाता है। इसलिए, यह सैटेलाइट सुदूर संवेदन में मॉडलों पर आधारित फ्लक्स को कैलिब्रेट करने के लिए एक प्रमुख तरीका है परन्तु यह फ्लक्स केवल एक बिन्दु पर आधारित मापन पर निर्भर करता है। सैटेलाइट द्वारा निकले गए फ्लक्सों को बड़े क्षेत्र में विधिमान्य के लिए हमें पूरे क्षेत्र के औसत फ्लक्सों की ज़रूरत पड़ती है जो उस पूरे क्षेत्र में आये बदलाव को व्यक्त कर सके। सेंटीलोमीटर (एलएएस) एक ऐसा उपकरण है जिसके माध्यम से एक बड़े क्षेत्र का औसत फ्लक्स का मापन किया जा सकता है। सेंटीलोमीटर में ऑप्टिकल सेंटीलेशन विधियों का उपयोग करके क्षेत्र या रेखा औसत गर्मी प्रवाह का बड़े क्षेत्र और कम समय-समय पर मापा जा सकता है। इसमें 240 मीटर से 4.5 किमी तक की पथ लंबाई के साथ क्षेत्र-औसत माप लेने की सक्षम है। सेंटीलोमीटर 10 किमी तक पथ की लंबाई के साथ माप ले सकता है। इन्फ्रारेड ($\lambda$ = 8.80 माइक्रोन) और माइक्रोवेव ($\lambda$ = 1.7 मिमी) सेंटीलोमीटर का संयोजन सेंसिबल गर्मी प्रवाह में 4% औसत विचलन और तुलनात्मक गर्मी प्रवाह (ग्रीन एट अल, 2001) में 12% औसत विचलन के साथ एक अच्छा समझौता दिखाता है। यह आलेख अर्द्ध-शुष्क कृषि परिदृश्य पर सतही ऊर्जा संतुलन ढांचे के भीतर ऑप्टिकल एवं थर्मल सुदूर संवेदन डेटा का उपयोग करके सेंसिबल और गुप्त गर्मी प्रवाहों के मॉडलिंग पर केंद्रित है। उपग्रह आधारित आकलन के सत्यापन पर माप के परिदृश्य पर प्रभाव को भी हाईलाइट किया गया है।




AZ20 : Transitional plain AZ86 : Noth-western Gujarat
AZ85 & 88 : North Gujarat & North Saurashtra AZ84 : Middle Gujarat
AZ83 : South Gujarat AZ90 & AZ91 : South & North Konkan coastal
AZ87 : South Saurashtra

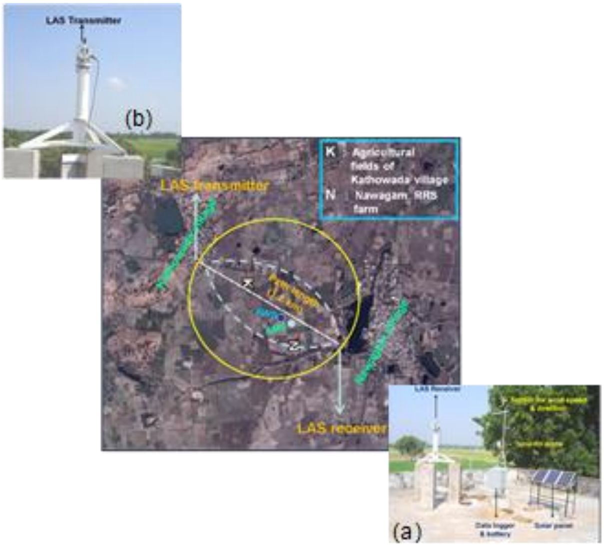
चित्र 1. उत्तर गुजरात के कृषि पारिस्थितिकी तंत्र के उप-विभाग खेड़ा में अध्ययन क्षेत्र

### 1.1 उपयोग किया गया डाटा:

अध्ययन क्षेत्र पश्चिमी भारत गुजरात राज्य में अर्द्ध शुष्क कृषि पारिस्थितिकी तंत्र का प्रतिनिधित्व करता है। राज्य को आठ कृषि-जलवायु उप-क्षेत्रों में बांटा गया है। इन उप-क्षेत्रों में चावल,

गेहूँ की फसल प्रणाली खेड़ा जिले में प्रमुख है। वर्तमान प्रयोगात्मक साइट को 1.1 किमी कृषि परिदृश्य (चित्र 1) से चुना गया था जिसमें चावल-गेहूँ प्रणाली नवागाम और निकटवर्ती कठवाड़ा गांवों में फैली हुई थी। LISS-IV में दिखाए गए विस्तृत फार्म लेआउट और खेत की सीमाएं चित्र 2 में दिखायी गई हैं। नवागाम कृषि केंद्र से काठोवाड़ा गांव तक कृषि क्षेत्र का चयन कर बड़े एपर्चर सेंटीलोमीटर (एलएएस) और इनसैट से जुड़े कृषि-मेट स्टेशन का सेटअप विभिन्न फ्लाक्सीस के मापन के लिए किया गया था।

चित्र 2. नवागाम रिसर्च स्टेशन का विस्तृत रेखांकन (उपरी बन्ध 22°47′43.45″N, 72°346.45″E और निम्न बंध 22°46′31.45″N, 72°34′33.80″E)।




चित्र 3. सेंटीलोमीटर के अंश (ऐ) नवागाम रिसर्च स्टेशन के लेनेवाले तरफ (बी) कठवाड़ा गाँव के प्रेषित भाग की तरफ लगाया गया है

## 2.1 मौसम सम्बंधित डाटा

### 2.1.1 बड़े एपर्चर सेंटीलोमीटर (एलएएस)

सहायक उपकरण (सौर पैनल, बैटरी, तार/ केबल्स) के साथ सेंटीलोमीटर (मेक: किप और ज़ोनन एलएएस 150) का ट्रांसमीटर लगभग 10 मीटर ऊंचाई पर काठोवाड़ा गांव में एक किसान के घर के छत के ऊपर स्थापित किया गया था। मेटाओरोलॉजिकल असेंबली, डाटा लोगर और एक्सेसरीज़ (सौर पैनल, बैटरी, तार / केबल्स) के साथ एलएएस रिसीवर नवागाम आरआरएस के कार्यालय भवन के छत के शीर्ष पर रिसीवर के साथ लगभग 10 मीटर ऊंचाई पर स्थापित किया गया था। ट्रांसमीटर और रिसीवर की ऊंचाई सेंटीलोमीटर (आरआरएस) फार्म और कठवाड़ा किसानों के घर (चित्र 3) में लगभग 1.1 किमी की विकर्ण पथ लंबाई बनाए रखती है। रिसीवर और मौसम संबंधी असेंबली कैंपबेल डेटालागर से जुड़ी हुई थी। सेंटीलोमीटर डेटा की उपलब्धता की अवधि तीन वर्ष तक रबी एवं खरीफ कृषि उपजों के लिए रही।

### 2.1.2 इनसैट-जुड़े एग्रो-मेट स्टेशन (एएमएस) (AMS)

इनसैट संचार लिंक के साथ लोकप्रिय रूप से आईएसआरओ-एएमएस (एग्रो-मेट स्टेशन) के रूप में जाना जाने वाला एक प्रोटोटाइप अगस्त 2008 में एलएएस की विकर्ण पथ लंबाई के भीतर आरआरएस में केंद्रीय क्षेत्र में स्थापित किया गया था। एएमएस बोवेन अनुपात टावर जैसा सेंसर के साथ दिखता है वायु तापमान, सापेक्ष आर्द्रता, हवा की गति और दिशा तीन ऊंचाइयों पर (भट्टाचार्य एट अल, 2009)। अध्ययन के लिए तीन वर्ष की अवधि के लिए आधा घंटे का डेटा इस्तेमाल किया गया था।

### 2.1.3 स्वचालित मौसम स्टेशन (एडब्ल्यूएस)

एएमएस के स्थान के निकट वर्षा, वायु तापमान और सापेक्ष आर्द्रता, हवा की गति और हवा की दिशा को मापने वाले सेंसर के साथ एक स्वचालित मौसम स्टेशन (एडब्लूएस) स्थापित किया गया था। प्रति घंटा मापा डेटा एडब्ल्यूएस डेलगर में दर्ज किया गया था। पिछले तीन मात्राओं का औसत 24 घंटों के लिए औसत था और दिन में 24 घंटों में बारिश हुई थी।

## 2.2 फसल प्रबंधन डेटा

बुवाई और कटाई, किसान, सिंचाई शेड्यूलिंग, विभिन्न चरणों में औसत फसल की ऊंचाई, फसल उपज, मानक उर्वरक प्रबंधन प्रथाओं के लिए फसल प्रबंधन डेटा एकत्र किया गया। आरआरएस में कुछ परीक्षण भूखंड तीन वर्ष के लिए खरीफ और रबी के लिए डेटा एकत्र किए गए थे और अध्ययन के लिए इस्तेमाल किए गए थे।

## 2.3 सैटेलाइट डेटा

सात-बैंड सतह प्रतिबिंबों के दैनिक उत्पाद (MYD09A1, संस्करण V004) (स्रोत: http://lpdaac.usgs.gov) और 500 मीटर और 1 किमी स्थानिक पर मोडिस एक्वा (MODIS AQUA) से भूमि सतह तापमान (एलएसटी) (संस्करण V004 के साथ MYD09Q1) संकल्प, क्रमशः (13:30 बजे) स्पष्ट आकाश अवधि के लिए, 1 अक्टूबर से 21 मार्च का उपयोग किया गया था। यह प्रयोगात्मक क्षेत्र में गेहूँ की वृद्धि अवधि के अंत में खरीफ चावल के अनाज भरने के चरण की शुरूआत के अनुरूप है। सेंसर-विशिष्ट रैखिक रूपांतरण (लिआंग एट अल, 1999) का उपयोग करते हुए दैनिक नॉनटाइम सतह अल्बेडो (albedo) सात बैंड सतह प्रतिबिंब डेटा से लिया गया था। सामान्यीकृत अंतर वनस्पति सूचकांक (एनडीवीआई) (NDVI) को अंतर के अवरोध और निकट अवरक्त (NIR) (बैंड 2) और लाल (बैंड 1) (red) सतह प्रतिबिंबों के योग से गणना की गई थी। इन आंकड़ों का उपयोग वाष्पीकरण अंश (evaporative fraction) आधारित मॉडल से गुप्त गर्मी (latent heat) प्रवाह अनुमान उत्पन्न करने के लिए किया गया था। बड़े क्षेत्रीय

अनुक्रमणिका

सेंसिबल गर्मी (sensible heat) प्रवाह के स्वतंत्र अनुमान उत्पन्न करने के लिए 1 नवंबर से 31 मई की अवधि के लिए मोडिस टेरा (MODIS TERRA) (11:30 बजे) और एक्वा (AQUA) (1:30 बजे) भी प्राप्त किए गए थे।

## 3 प्रक्रिया

### 3.1 बड़े क्षेत्र का सेंसिबल गर्मी प्रवाह

#### 3.1.1 सेंटीलोमेट्री

लगभग 1.1 किमी 2 के फूटप्रिंट पर रेखा-औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाह (एच) बड़े एपर्चर सेंटीलोमीटर (एलएएस) से सेंटीलोमेट्री माप का उपयोग करके लिया गया था। एलएएस प्रणाली 880 एनएम तरंग दैर्ध्य पर सेंटीलोमेट्री की मात्रा को मापती है जो हवा की अपवर्तक सूचकांक के ऑप्टिकल अस्थिर संरचना पैरामीटर (सीएन 2) के रूप में व्यक्त की जाती है। यह पैरामीटर वातावरण की स्थिरता स्थितियों के आधार पर भिन्न होता है। यह सतही गर्मी प्रवाह के संदर्भ में व्यक्त किया जा सकता है। इसलिए, यह बड़े पदचिह्न (1.1 किमी 2) पर सेंसिबल गर्मी प्रवाह का प्रत्यक्ष माप प्रदान करता है। सिग्नल स्रोत विशेषताओं और माप ऊंचाई पर निर्भर करता है। सेंटीलोमेट्री के लिए कोई उपकरण अंशांकन की आवश्यकता नहीं है। बेलिनर्स और होल्स्टैग (1991), डी ब्रुइन (2000) द्वारा लागू मोनिन-ओबूखोव समानता सिद्धांत (मोस्ट) दृष्टिकोण और वायुगतिकीय सिद्धांतों का उपयोग सेंसिबल गर्मी प्रवाह को प्राप्त करने के लिए किया जाता था।

#### 3.1.2 थर्मल सुदूर संवेदन और मेट्रिक मॉडल

मोडिस टेरा और एक्वा (MODIS Terra & Aqua) ओवरपास से तत्काल सेंसिबल गर्मी प्रवाह का अनुमान लगाया गया है कि मेट्रिक मॉडल (तसुमी एट अल., 2004) का उपयोग हवा की गति और सतह के तापमान से "आंतरिक रूप से" कैलिब्रेटेड "एक सूखे 'और' ठंड 'पिक्सेल के आधार किया जाता है।(बास्तिएंसन एट अल., 1998; बास्तिएंसन एट अल., 2000)। सेंसिबल गर्मी प्रवाह को निम्न रूप में परिभाषित किया गया है,

$$H = \frac{\rho_{air} C_p (a + bT_s)}{r_{ah}} \quad (1)$$

जहां $\rho_{air}$ = हवा घनत्व (किलो एम -3); $C_p$= हवा की विशिष्ट गर्मी क्षमता (≈1004 जेकेजी -1 के -1); $r_{ah}$ = गर्मी परिवहन के लिए वायुगतिकीय प्रतिरोध (एसएम -1); $T_s$ (एलएसटी) = सतह का तापमान (के); और 'a' और 'b' अनुभवी गुणांक हैं जो प्रत्येक उपग्रह छवि के लिए आंतरिक अंशांकन के माध्यम से निर्धारित किए जाते हैं। समीकरण 1 में '$a + bT_s$' शब्द सतह के ऊपर 0.1 मीटर से 2.0 मीटर की ऊंचाई (बास्टियान्सन, 1998) की ऊंचाई के बीच अनुमानित हवा तापमान अंतर 'dT' के निकट सतह का प्रतिनिधित्व करता है। आंतरिक रूप से कैलिब्रेटेड dT (तापमान ढाल) बड़े पैमाने पर रडियोमेत्रिक (radiometric) और वायुगतिकीय (aerodynamic) सतह तापमान और हवा के तापमान में अज्ञात स्थानिक भिन्नता के बीच अंतर के कारण होने वाली समस्याओं के लिए क्षतिपूर्ति करता है। '$r_{ah}$' के निर्धारण के लिए हवा स्थिरता सुधारों के लिए पुनरावृत्ति की आवश्यकता होती है और दस पुनरावृत्तियों के बाद मोनिन-ओबूखोव समानता (मोस्ट) सिद्धांत (बास्टियान्सन, 2000) लागू करने वाले तटस्थ स्थिरता के साथ प्रारंभ किया जाता है। आंतरिक अंशांकन सतही ऊर्जा संतुलन को दो चरम स्थितियों के लिए सतही प्रवाह की भविष्यवाणी करने के लिए प्रशिक्षित करता है, जिसे "ठंड" और "गर्म" पिक्सल के रूप में संदर्भित किया जाता है, जो पूर्ण-कवर, अच्छी तरह से पानी वाले सूखे मिट्टी और शुष्क कृषि मिट्टी के समान होते हैं। इन दो स्थितियों के लिए वाष्पोत्सर्जन (ईटी) का आकलन एडब्ल्यूएस डेटा द्वारा किया जाता है, जो एएससीई मानकीकृत पेनमैन-मोंटेथ अल्फल्फा प्रक्रिया और सतह मिट्टी परत (एलन एट अल, 1998) पर लागू एफएओ -56 (FAO-56) आधारित जल संतुलन द्वारा सहायता प्राप्त है। इन चरम पिक्सल पर dT को ऊर्जा संतुलन के आधार पर पिछली गणना की गई थी और सेंसिबल गर्मी प्रवाह (एच) समीकरण में अनुभवजन्य गुणांक 'a' और 'b' dT और Ts के बीच एक रैखिक संबंध मानते थे। जब मध्यवर्ती गणनाओं में व्यवस्थित त्रुटियां (जैसे अल्बेडो, सतह का तापमान और मिट्टी ताप प्रवाह) होता है, तो आंतरिक अंशांकन प्रक्रिया "पक्षपातपूर्ण" dT फ़ंक्शन प्राप्त करके मध्यवर्ती त्रुटियों की क्षतिपूर्ति करती है। इससे 'एच' चरम अनुमानित 'एच' (H) के अनुरूप होता है जैसा कि दो चरम स्थितियों पर मौसम डेटा और उपग्रह छवि डेटा द्वारा भविष्यवाणी की जाती है। यह SEBAL (बास्टियान्सन एट अल, 1998) से एक संशोधन है जो स्थानीय जल निकाय से ठंड पिक्सेल के रूप में उपयोग करता है, और पिक्सल के लिए शून्य और डीटी को शून्य के रूप में परिभाषित करता है। हालांकि, पानी के तापमान के तापमान पर एच (H) = 0 मानने का अभ्यास शुष्क क्षेत्रों में ठंड कृषि पिक्सेल के लिए एच (H) के आकलन में कुछ त्रुटियों का कारण बन सकता है। स्थानिक सेंसिबल गर्मी प्रवाह मेट्रिक मॉडल, मोडिस टेरा - एक्वा ऑप्टिकल-थर्मल डेटा और संदर्भ-ईटी का उपयोग करके एडब्ल्यूएस से माप का उपयोग करके उत्पन्न किया गया था। स्थिरता सुधार, dT और एच (H) के माध्यम से पिक्सेल-बाय-पिक्सेल आधार पर '$r_{ah}$' को हल करने के लिए दस पुनरावृत्तियों का पालन किया गया।

### 3.2 थर्मल सुदूर संवेदन और एसएसईबी मॉडल से बड़े क्षेत्र में गर्मी प्रवाह

सतह ऊर्जा संतुलन (एसएसईबी) दृष्टिकोण का उपयोग गुप्त गर्मी प्रवाह (LE) की गणना करने के लिए किया गया था जिसे आम तौर पर सतह ऊर्जा संतुलन के अवशेष के रूप में गणना की गई थी (मोरान एट अल, 1994; बस्टियान्सन एट अल, 1998; एंडरसन एट अल, 2007; मलिक एट अल, 2009)। एक एकल स्रोत (मिट्टी-वनस्पति प्रणाली एक इकाई माना जाता है) सतह ऊर्जा संतुलन के रूप में लिखा जा सकता है,

$$R_n - G = Q = H + LE \quad (2)$$

शुद्ध उपलब्ध ऊर्जा ($Q = R_n - G$) कुल सतह गर्मी प्रवाह (H + LE) के बराबर होती है। इसको निम्न रूप में भी लिखा जा सकता है (निशिदा एट अल, 2003),

$$LE = Q.\Lambda \quad (3)$$

वाष्पीकरण अंश = LE/Q

वाष्पीकरण अंश ($\Lambda$), किसी भी विशेष उदाहरण पर LE की एक अनुक्रमणिका, को गुप्त गर्मी प्रवाह अंश (शटलवर्थ एट अल,

1989) भी कहा जा सकता है। यह वास्तविक रूप से फसल वाष्पीकरण मांग के अनुपात को व्यक्त करता है जब वायुमंडलीय नमी की स्थिति मिट्टी की नमी की स्थिति के साथ संतुलन में होती है। तत्काल अनुमानों का उपयोग प्रतिदिन की गणना के लिए किया जा सकता है क्योंकि LE/Q अनुपात दिन के घंटों के दौरान स्थिर रहता है, हालांकि H और अल ली (LE) व्यक्तिगत रूप से भिन्न होते हैं। नोओटाइम उपग्रह ओवरपास पर तत्काल LE के बीच का अंतर और 24-एच एकीकृत ऊर्जा संतुलन से ली गई LE सीमांत है और इसे उपेक्षित किया जा सकता है। वायुमंडल और मिट्टी में गर्मी के किसी भी अन्य स्रोत/ सिंक के साथ और दिन भर किसी भी घटना पर ऊर्जा संतुलन बंद करने के साथ, L वाष्पीकरण अंश (LE/Q) है। वाष्पीकरण अंश (L), किसी भी विशेष उदाहरण पर LE की एक अनुक्रमणिका, को गुप्त गर्मी प्रवाह अंश (शटलवर्थ एट अल, 1989) भी कहा जा सकता है। यह वास्तविक रूप से फसल वाष्पीकरण मांग के अनुपात को व्यक्त करता है जब वायुमंडलीय नमी की स्थिति मिट्टी की नमी की स्थिति के साथ संतुलन में होती है। तत्काल अनुमानों का उपयोग प्रतिदिन की गणना के लिए किया जा सकता है क्योंकि LE/Q अनुपात दिन के घंटों के दौरान स्थिर रहता है, हालांकि एच और ली व्यक्तिगत रूप से भिन्न होते हैं। पूरे दिन में उपग्रह ओवरपास पर तत्काल LE के बीच का अंतर और 24-एच एकीकृत ऊर्जा संतुलन से ली गई LE सीमांत है और इसे उपेक्षित किया जा सकता है। वायुमंडल और मिट्टी में गर्मी के किसी भी अन्य स्रोत / सिंक के साथ और दिन भर किसी भी घटना पर ऊर्जा संतुलन बंद करने के साथ,

$$LE_{noon} = (R_n - G)_{noon}\Lambda_{noon} = (R_{nnoon} - G_{noon})\Lambda_{noon} \quad (4)$$

दोपहर में LE को एलएसटी-अल्बेडो (LST-albedo) दो आयामी स्कैटर से मॉडिस एक्वा दैनिक एलएसटी और अल्बेडो डेटा (रोरींक एट अल, 2000; वेरस्ट्रेटेन एट अल, 2005) से अनुमानित किया गया था। मल्लिक एट अल. द्वारा इस दृष्टिकोण, फायदे और सीमाओं के सिद्धांतों का वर्णन पहले से ही किया जा चुका है। दोपहर के समय का नेट विकिरण गणना के लिए इनपुट इन्सोलेशन, अल्बेडो (noon), $T_s$, एयर तापमान ($T_a$) सतह उत्सर्जन ($\varepsilon_s$), वायु उत्सर्जन ($\varepsilon_a$) हैं। $R_{snoon}$ को डब्लूएमओ एमिपरिकल क्लिएअर-स्काई मॉडल से सौर जेनिथ कोण और भारत पर कैलिब्रेटेड गुणांक (मलिक एट अल, 2009) के आधार पर निर्धारित किया गया था। सतही अल्बेडो निर्धारित करने के लिए सात बैंड सतह प्रतिबिंबों से संकीर्ण-से-ब्रॉडबैंड रूपांतरण लागू किया गया था। नोएनटाइम वायु तापमान ($T_{noon}$) को Ts एनडीवीआई (NDVI) से टीविएक्स (TVX) एल्गोरिथ्म से अधिकतम एनडीवीआई पर एक छोटी विंडो के भीतर (तापमान-वनस्पति सूचकांक) से निर्धारित किया गया था। भूतल उत्सर्जन एनडीवीआई और $Ts_{noon}$ से वायु उत्सर्जन से निर्धारित किया गया था। दोपहर के समय अधिग्रहण का उपयोग करते हुए, दिन के गुप्त गर्मी प्रवाह के आकलन के लिए प्रमुख धारणा यह है कि LE दैनिक उपग्रह छवि से जुड़े सभी ओवरपास समय पर स्थिर रहता है। ऊर्जा संतुलन, LE के दैनिक विकास में संरक्षण की धारणा के साथ, स्पष्ट रूप से आकाश-परिस्थितियों में लगातार दिन के रूप में लिया जा सकता है। कई स्थितियों में से कई (जेनेटिन एट अल, 2007; मलिक एट अल, 2009), $\Lambda$ दिन के दौरान काफी समय पर नहीं बदलता है। यह धारणा पर्यावरणीय परिस्थितियों के लिए रखती है जहां मिट्टी की नमी एक दिन के भीतर महत्वपूर्ण रूप से परिवर्तित नहीं होती है और मौसम की स्थिति, मिट्टी की नमी, स्थलाकृति और जैव-भौतिक स्थितियों का संयोजन एल के संरक्षण में योगदान देता है। इसलिए,

$$LE_d = Q_d\Lambda_d = Q_d\Lambda_{noon} \quad (5)$$

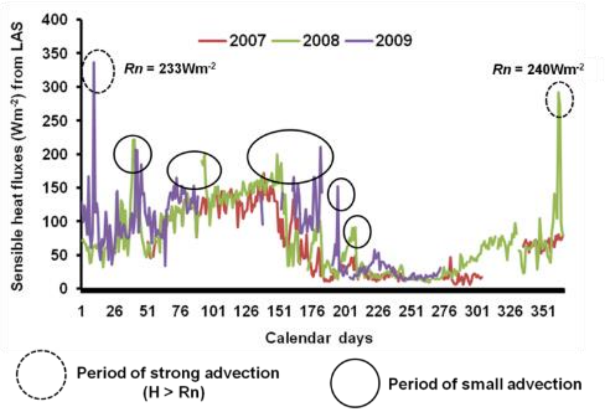
साफ़ आकाश के दिनों के लिए, दैनिक आरएन ($R_n$) और क्यू (Q) सूर्योदय ($T_{rise}$) के बीच सूर्यास्त ($Ts_{et}$) के बीच सामान्य साइनोसॉइडल (sinusoidal) करव प्रदर्शित करता है। $Q_d$ का अनुमान बिष्ट एट अल (2005) द्वारा दिए गए साइनसॉइडल मॉडल को लागू करके किया गया था। यह मॉडल मानता है कि क्यू (Q) का दैनिक पाठ्यक्रम सूर्योदय से सूर्यास्त तक स्पष्ट आकाश दिनों में दिन की रोशनी अवधि के दौरान सौर विकिरण के पालन करता है। दस दिवसीय औसत अव्यक्त गर्मी प्रवाहों को दिन के औसत गुप्त गर्मी प्रवाह से गणना की गई थी।

## 4. परिणाम और चर्चाएं

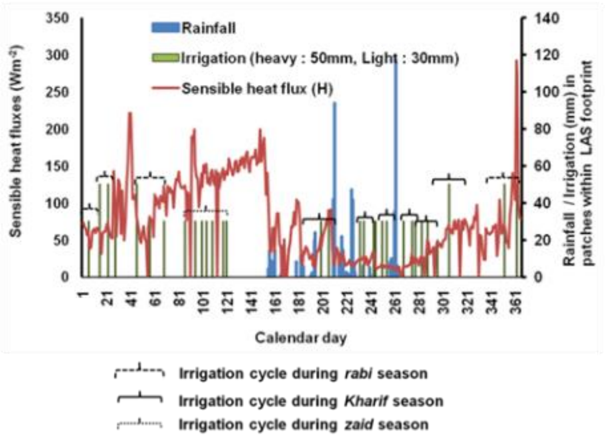
### 4.1 अनुकूली परिस्थितियों और सेंसिबल ऊष्मा अभिवाह

सेंटीलोमीटर से दिन की औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाह तीन वर्षों (चित्र 4) के लिए प्लॉट किया गया है। आम तौर पर, गर्मी के मौसम के दौरान उच्च आदेश सेंसिबल गर्मी प्रवाह होता है जब जमीन और वायुमंडल दोनों का थर्मल स्टेट उच्च होता है लेकिन मिट्टी की नमी की कमी के कारण सापेक्ष आर्द्रता कम क्रम की होती है। सेंसिबल गर्मी प्रवाह की निचली रेंज दक्षिण-पश्चिम मानसून के मौसम में वर्षा के कारण उच्च मिट्टी की गीलेपन के कारण होती है। चावल-गेहूँ प्रणाली पर सेंसिबल गर्मी प्रवाह की वार्षिक भिन्नता आम तौर पर बिमोडाल वितरण दिखाती है। खरीफ सीजन में कम स्पेल के बाद गेहूँ के विभिन्न विकास चरणों पर लागू सिंचाई के कारण इसमें कमी आई है। सेंसिबल ऊष्मा अभिवाहक में अस्थायी स्पाइक्स विज्ञापन के कारण आसपास के फसल क्षेत्रों से प्राप्त अतिरिक्त गर्मी प्रवाह से जुड़े होते हैं। शुद्ध विकिरण से अधिक सेंसिबल गर्मी प्रवाह की ओर जाता है। रबी मौसम के दौरान अध्ययन फसल क्षेत्र में सिंचाई के बाद मजबूत उत्खनन पाया गया था। आसपास के कृषि क्षेत्रों में सिंचाई कार्यक्रमों में अंतर स्थानीय थर्मल असंतुलन पैदा करता है जो आसपास के क्षेत्रों से ऊर्जा के क्षैतिज परिवहन का कारण बनता है। हालांकि खरीफ चावल में उत्थान होता है लेकिन परिमाण छोटा होता है क्योंकि दक्षिण-पश्चिम मानसून की वर्षा बड़े क्षेत्र में मिट्टी की गीलेपन में अधिक समानता लाती है। रबी मौसम में स्थानीय वायुमंडलीय मतभेद सिंचाई कार्यक्रमों के कारण होते हैं जो कि किसानों की सुविधा, सिंचाई जल उपलब्धता आदि पर निर्भर करते हैं। खरीफ चावल के दौरान, एलएएस एच की परिमाण निम्न सीमा (10-100 डब्ल्यूएम-2) में होती है जो निरंतर संतृप्ति के कारण हो सकती है क्लाउड कवर और कम हवा की गति के कारण मिट्टी की नमी, कम नेट रेडिएटिव फ्लक्स (Rn) के साथ। इस अवधि के दौरान सापेक्ष आर्द्रता भी बहुत अधिक थी, हालांकि सर्दियों की तुलना में थर्मल शासन इतना कम नहीं था। इसके विपरीत, शुष्क गर्मी के महीनों (मार्च

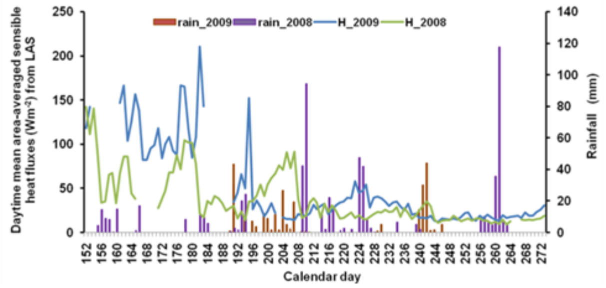
से मई) के दौरान सेंसिबल गर्मी प्रवाहों में उच्च सीमा (100-200 डब्लूएम -2) दिखाई देती है जब आरएच और हवा की गति कम होती है लेकिन थर्मल शासन उच्च सीमा पर होता है। इसलिए, सेंसिबल गर्मी प्रवाह की मौसमी परिवर्तनशीलता थर्मल स्टेट, मिट्टी नमी या सापेक्ष आर्द्रता, बादल गतिशीलता और हवा की गति से प्रभावित होती है।




चित्र 4. तीन वर्षों के दरमियान सेंटीलोमीटर (एलएएस) की वार्षिक परिवर्तनशीलता



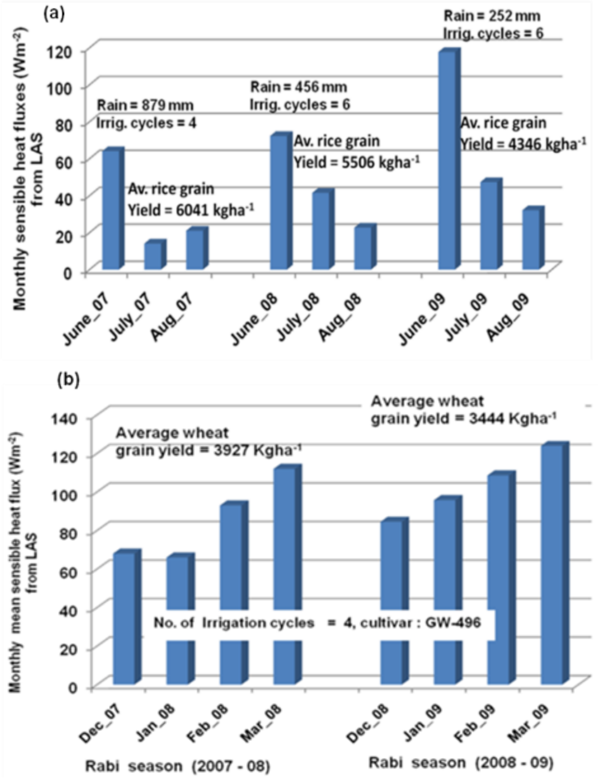

चित्र 5. सेंटीलोमीटर की वृष्टि और सिंचाई जल नियमन की तरफ अनुक्रिया




चित्र 6. सेंटीलोमीटर की तुलना खरीफ ऋतू में सामान्य वर्ष (2008) और सुखा वर्ष (2009) के लिए

### 4.2 जल आपूर्ति की स्थिति और सेंसिबल गर्मी प्रवाह

वर्ष 2008 के लिए दिन के औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाहों को सेंटीलोमीटर पदचिह्न (1.1 किमी 2) के भीतर भारी और हल्की सिंचाई की दैनिक वर्षा और आवेदन तिथियों के साथ प्लॉट किया गया था। हालांकि खरीफ चावल और गेहूँ में क्रमश: 6 और 4 प्रमुख सिंचाई चक्र थे। सिंचाई आवेदन की तिथियां अधिक हैं क्योंकि विशेष दिन विशेष रूप से भूखंडों के समूहों में सिंचाई दी जाती है और इसके बाद दूसरों द्वारा किया जाता है। इसलिए, एलएएस पदचिह्न के भीतर सिंचाई आवेदन की सभी तिथियां चित्रा 5 में या तो खरीफ चावल को सुरक्षा उपायों के रूप में गेहूँ (50 मिमी) या हल्की (30 मिमी) सिंचाई के लिए भारी के रूप में दिखायी जाती हैं। नवागम आरआरएस में मामूली फसलों के उत्पादन के लिए गर्मी के मौसम में एक से दो चक्र प्रकाश सिंचाई भी दी जाती है। हालांकि, सेंसिबल गर्मी प्रवाह की अंतर-मौसमी परिवर्तनशीलता कई कारकों पर निर्भर करती है, लेकिन बारिश या सिंचाई घटना होने के बाद इसे छोड़ना पाया जाता है। इसलिए, एक मौसम के भीतर एक छोटे से समय के पैमाने पर, यह मिट्टी गीलेपन गतिशीलता के साथ मजबूत युग्मन है। इस प्रभाव को आगे बढ़ाया गया था जब खरीफ की सेंसिबल ताप प्रवाह 2008 की तुलना में 2008 (एक सामान्य वर्षा वर्ष) और 2009 (एक सूखा वर्ष) के बीच तुलना की जाती है जैसा कि चित्र 6 में दिखाया गया है। जून से अगस्त की सामान्य अवधि के लिए मौसमी औसत दिन की सेंसिबल ऊष्मा अधिक होती है 2009 के सूखे वर्ष (63 डब्लूएम -2) में 2008 के सामान्य वर्षों (44 डब्लूएम -2) और 2007 (36 डब्लूएम -2) की तुलना में। 2009, 2008 और 2007 में मौसमी वर्षा 2008, 2009 में 6 (छः) सिंचाई चक्रों के साथ 252 मिमी, 456 मिमी और 879 मिमी थी और 2007 में।

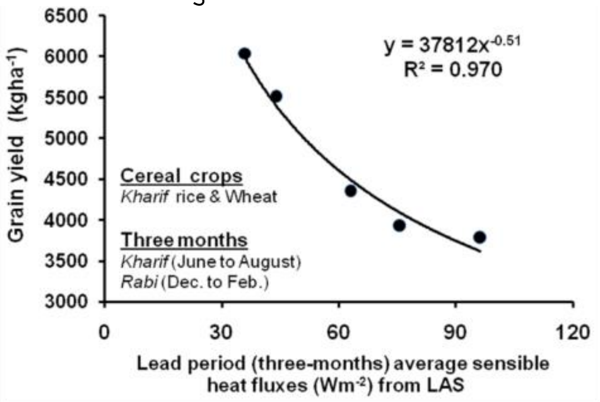



चित्र 7. सेंटीलोमीटर के साथ मौसमी वर्षा एवं खरीफ एवं रबी फसल उत्पादन का तुलनात्मक अध्ययन

### 4.3 सेंसिबल ऊष्मा अभिवाह और अनाज उपज

2007, 2008, 2009 में खरीफ सीजन (जून से अगस्त) की सामान्य अवधि के लिए दिन की सेंसिबल गर्मी प्रवाह का मासिक औसत और रबी 2007-2008, 2008-09 के दौरान चार महीने (दिसंबर से मार्च) की सामान्य अवधि चित्रा में दिखाया गया है 7ए और 7बी। जून 2007, 2008 और 2009 में मासिक औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाह 64, 72, 118 डब्ल्यूएम -2 थे। ये क्रमशः जुलाई में 14, 42, 47 डब्लूएम-2 और 21, 23 और 32 डब्ल्यूएम -2 थे। सभी तीन महीनों में, सूखे वर्ष (2009) ने उच्चतम सेंसिबल ताप प्रवाह दिखाया। इस क्षेत्र में एलएएस

पदचिह्न के भीतर प्रमुख किसान (जीआर -12) से खरीफ चावल की औसत अनाज उपज क्रमशः 2007, 2008 और 2009 में 6041, 5506 और 4346 किलोग्राम/ह दो रबी मौसमों के दौरान, 2007-2008, 2008-09, दिसंबर, जनवरी, फरवरी, मार्च में मासिक सेंसिबल ऊष्मा अभिवाह क्रमश: 68, 66, 93, 112 डब्ल्यूएम-2, रबी 2007-08 और 85, 96, 109 के लिए क्रमशः 68, 66, 93, 112 डब्ल्यूएम-2 थे, रबी 2008-09 के लिए क्रमशः 124 डब्ल्यूएम-2। आम तौर पर, रबी 2007-08 की तुलना में रबी 2008-09 के दौरान सेंसिबल गर्मी प्रवाह उच्चतर थे, हालांकि वहां थे। दोनों मौसमों में चार (4) सिंचाई चक्र। यह देखा गया था कि रबी 2008-09 (3444 किलो-1) की तुलना में गेहूँ के प्रमुख किसान (जीडब्ल्यू-496) से औसत अनाज पैदावार रबी 2007-08 (3927 किलो-1) में अधिक थी। हालांकि इसी तरह के जल प्रबंधन प्रथाओं के साथ इलाज 2007-08 के मुकाबले 2008-09 के दौरान गेहूँ की पैदावार में कमी को 2008-09 में उच्च गर्मी के तनाव के कारण जिम्मेदार ठहराया जा सकता है, क्योंकि यह तीन महीनों में सेंसिबल गर्मी प्रवाह के उच्च क्रम के साथ प्रमाणित है। खरीफ और रबी में समानता यह है कि सेंसिबल गर्मी प्रवाह में मतभेद अनाज उपज के मामले में अनाज उत्पादकता में अंतर के संबंध में हो सकते हैं। सिंचित गेहूँ के लिए, यह दो रबी मौसमों में समान जल प्रबंधन और शुद्ध रेडिएटिव फ्लक्स (ज्यादातर स्पष्ट आकाश की स्थिति) के तहत गर्मी के तनाव की भिन्नता थी। खरीफ में, यह पानी की आपूर्ति की स्थिति (बारिश और विभिन्न सिंचाई प्रबंधन) और अलग-अलग नेट रेडिएटिव फ्लक्स (ज्यादातर बादल-गति की स्थिति अलग-अलग क्लाउड गतिशीलता के साथ) अलग-अलग होती है, जिसके परिणामस्वरूप खरीफ चावल में अलग-अलग सेंसिबल ताप प्रवाह और अनाज उपज हो सकती है। इन-सीजन औसत सेंसिबल गर्मी तीन महीने (जून से अगस्त में खरीफ में, दिसंबर से फरवरी में फरवरी) की लीड अवधि से बहती है, जो मजबूत नकारात्मक शक्ति फिट संबंध ($y = ax^{-b}$) के साथ एक आम पैटर्न पाया जाता है। अनाज (चावल और गेहूँ) अनाज उपज (चित्र 8) के साथ इसका एक्सपोनेंट लगभग आधा (0.51) और 0.98 का सहसंबंध गुणांक होता है।



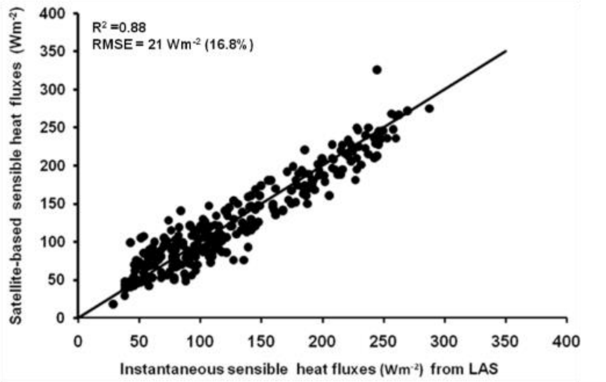

चित्र 8. त्रि-मासिक पूर्व ऊष्मा अभिवाहक एवं कृषि उपज का चित्रण

सेलर्स एट अल (1997) द्वारा पौधों या शुद्ध प्रकाश संश्लेषण द्वारा सेंसिबल गर्मी प्रवाह और शुद्ध कार्बन सेवन के बीच मजबूत अंतर-संबंध दिखाया गया है। स्टोमेटा (stomata) का कन्डकटेन्स शुद्ध प्रकाश संश्लेषण और सेंसिबल गर्मी fluxes या अव्यक्त गर्मी fluxes के बीच एक युग्मक के रूप में कार्य करता है। वायुगतिकीय प्रतिरोध (कृपया समीकरण देखें 1) सेंसिबल गर्मी प्रवाह माप में एम्बेडेड मुख्य रूप से थोक चंदवा और मिट्टी के प्रतिरोध से अन्य छोटे इंटरफेसिंग प्रतिरोधों के अलावा गर्मी के लिए बना है। कुछ ने सीरियल और कुछ समानांतर कनेक्शन के रूप में परिकल्पना की है। ये प्रतिरोध शुद्ध प्रकाश संश्लेषण को नियंत्रित करते हैं जो अनाज बायोमास और अनाज उपज के लिए प्रमुख प्रक्रिया है। इन प्रतिरोधों को मिट्टी की नमी, सतह के तापमान, हवा की गति इत्यादि में भिन्नता के कारण वाष्प दबाव घाटे द्वारा भी नियंत्रित किया जाता है। इसके अलावा, सेंसिबल गर्मी प्रवाह माप में एम्बेडेड डीटी (सतह-वायु तापमान अंतर) आमतौर पर मिट्टी नमी, चंदवा विकास, भूमि से प्रभावित होता है। मुख्य रूप से बादलों से प्रभावित सतह थर्मल शासन और विकिरण पैटर्न। इन सभी कारकों की विविधताओं के लिए लम्बे प्रतिक्रियाएं एलएएस से सीधे मापा जाने योग्य सेंसिबल गर्मी प्रवाह की विविधता को प्रभावित करती हैं। इसलिए, कृषि क्षेत्र में अनाज फसलों के लिए मौसमी औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाह और अनाज उपज के बीच ऐसा व्यवहार खोजने के लिए काफी स्पष्ट है। किसी भी जैविक प्रणाली में, रैखिक व्यवहार करने के बजाय गैर-रैखिक व्यवहार को मानना हमेशा बेहतर होता है हालांकि सहसंबंध गुणांक रैखिक के लिए उच्च हो सकता है।

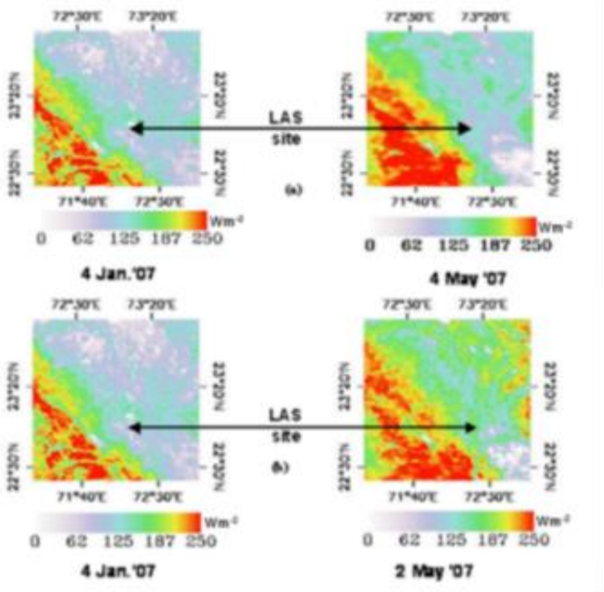
### 4.4 गर्मी प्रवाह की स्थानिक और लौकिक परिवर्तनशीलता

#### 4.4.1 सेंसिबल ऊष्मा अभिवाहक

1 नवंबर 2006 से 31 मई 2007 की अवधि के लिए टीईआरए लाइन और औसत से एमईटीआरआईसी मॉडल का उपयोग करके 1 किमी 2 पर सेंसिबल गर्मी प्रवाह के मोडिस आधारित तात्कालिक अनुमानों की तुलना एलएएस लाइन-औसत (1.1 किमी 2) एच के साथ की गई थी। तत्काल सेंसिबल गर्मी प्रवाह की तुलना आम अवधि (अक्टूबर से मार्च) के परिणामस्वरूप 21 डब्ल्यूएम-2 (मापित माध्य का 25%) और 0.87 (चित्र 9) के सहसंबंध गुणांक का आरएमएसई हुआ। हालांकि, इसी अवधि के लिए दस दिवसीय औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाह की तुलना में 13 डब्लूएम -2 (मापित माध्य का 15%) और 0.95 के सहसंबंध गुणांक में वृद्धि हुई आरएमएसई का उत्पादन हुआ। इससे साबित हुआ कि एलएएस से सेंसिबल गर्मी प्रवाह के लाइन-औसत नमूने के उपयोग के रूप में सत्यापन संदर्भ के रूप में मॉडिस उपग्रह से अनुमानों की कम त्रुटि उत्पन्न हुई। इस प्रयोग से जुड़ी त्रुटियां सवाना पर्यावरण (मार्क्स एट अल, 2008) पर किए गए अध्ययन (15 से 20%) के साथ समझौते में थी।




चित्र 1. सेंटीलोमीटर और मोडिस से प्राप्त तत्क्षण सेंसिबल ऊष्मा अभिवाहकों की तुलना

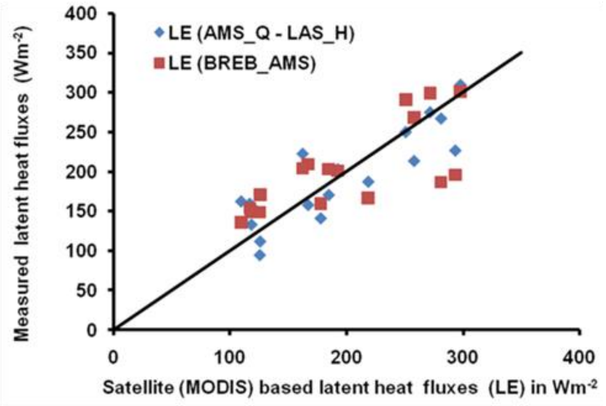



चित्र 10. (ए) टेरा और (बी) एक्वा के लिए मेट्रिक मॉडल का उपयोग कर सेंसिबल गर्मी प्रवाह का स्थानिक उत्पादन

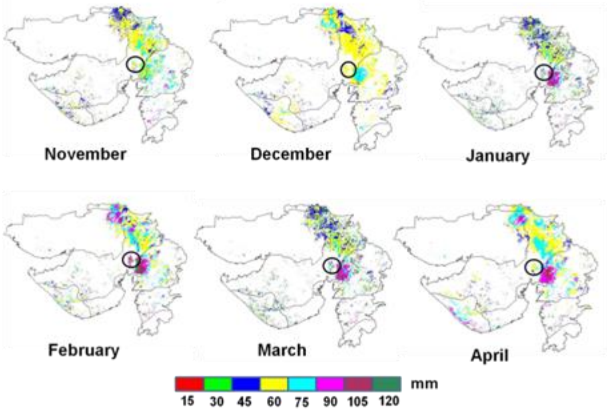
सेंसिबल गर्मी के स्थानिक आउटपुट जनवरी और मई में नवागाम क्षेत्र में केंद्रित 100 किमी x 100 किमी क्षेत्र में टेरा और एक्वा ओवरपास पर केंद्रित चित्र 10 में दिखाए जाते हैं।

### 4.4.2 गुप्त ऊष्मा अभिवाहक

मोडिस एक्वा से दस दिवसीय दिन के औसत लेटेस्ट गर्मी प्रवाह (एलई) अनुमान (स्थानिक पैमाने~1 किमी 2) की तुलना एएमएस से बीआरईबी ली अनुमानों और एलएएस से ली और एएमएस से शुद्ध विकिरण (आरएन) के साथ पहली बार 1 अक्टूबर की अवधि के लिए की गई थी (अक्टूबर 1 डी) मार्च 2 डीकैड (मार्च 2 डी)। यह अवधि खरीफ सीजन के अंत तक रबी मौसम के अंत तक मेल खाती है। अक्टूबर से नवंबर के अंत तक ली में गिरावट और जनवरी और फरवरी के माध्यम से धीरे-धीरे बढ़ोतरी के बाद मार्च 2 डीकैड (मार्च 2 डी) में गिरावट ने खरीफ चावल की गंभीरता और नवागम क्षेत्र में अध्ययन पैच पर रबी मौसम में गेहूँ के विकास को स्पष्ट रूप से कब्जा कर लिया। एमओडीआईएस और ग्राउंड मापन (सेंटीलोमीटर और एएमएस) के बीच ली अनुमानों के 1:1 स्कैटर ने उच्च सहसंबंध गुणांक (0.87) और कम आरएमएसई (16.9% एलएएस आधारित एलई के माध्य) के साथ गणना के साथ एक अच्छा समझौता (चित्र 11) दिखाया एएमएस नेट उपलब्ध ऊर्जा (एएमएस नेट विकिरण और मिट्टी गर्मी प्रवाह का अंतर) और एलएएस एच उन (सहसंबंध गुणांक = 0.75, आरएमएसई = 21.2%) से पूरी तरह से एएमएस बीआरईबी से। एएमएस की तुलना में एलओएस से सेंसिबल ऊष्मा अभिवाहक के समकक्ष नमूना औसत ने एमओडीआईएस ली अनुमानों की तुलना में आरएमएसई को उच्च सहसंबंध के साथ लगभग 5% कम किया। यह ध्यान रखना दिलचस्प है कि एमओडीआईएस के लिए प्रतिशत आरएमएसई एक ही बढ़ती अवधि (नवंबर से मार्च) के लिए आधार आधारित माप के माध्य के संबंध में दस दिवसीय औसत LE और H आधारित है (क्रमशः 16.9% और 15%) जब एलएएसएच का इस्तेमाल किया गया था। पूर्व के लिए सहसंबंध अपेक्षाकृत कम था जो एएमएस से शुद्ध विकिरण और मिट्टी की गर्मी प्रवाह के कम पदचिह्न औसत के कारण हो सकता है, एलएएस एच की तुलना में क्षेत्र-औसत LE की गणना के लिए। रबी 2008-2009 (नवंबर 2008 से अप्रैल 2009) के दौरान मोडिस एक्वा दिन के समय तक गर्मी के प्रवाह से कृषि परिदृश्य से अनुमानित वाष्पीकरण की मासिक रकम चित्र 10 में दिखायी गयी है। यह गुजरात क्षेत्र में 4 से 120 मिमी तक भिन्न है। यह नवागम क्षेत्र में अध्ययन पैच पर 60 से 90 मिमी तक भिन्न होता है। यह ध्यान रखना बहुत दिलचस्प है कि दिसंबर में वाष्पीकरण कम से कम था। यह धीरे-धीरे और लगातार नवागम और आसपास के इलाकों में चोटी तक बढ़ गया और फिर मार्च और अप्रैल की ओर कमी आई। यह आम तौर पर फसल विकास चक्र से मेल खाता है। नवागम के विपरीत क्षेत्र ने जनवरी से अप्रैल तक लगातार वाष्पीकरण दिखाया जो कि सिंचाई के पानी के निरंतर स्रोत के कारण निरंतर कृषि गतिविधि के कारण हो सकता है।




चित्र 11. मोडिस पर आधारित गुप्त ऊष्मा अभिवाहक का सेंटीलोमीटर और एएमएस के साथ तुलनात्मक अवलोकन।




चित्र 12. मासिक डेटा के साथ सतह ऊर्जा संतुलन दृष्टिकोण का उपयोग करते हुए गुजरात में रबी सीजन (2008-2009) के दौरान कृषि परिदृश्य पर मासिक वाष्प-प्रत्यारोपण। सीमाएं कृषि जलवायु क्षेत्रों के लिए हैं। ब्लैक सर्कल अध्ययन स्थल पर केंद्रित कृषि क्षेत्र को इंगित करता है।

### 5. निष्कर्ष

वर्तमान लेख ने चावल-गेहूँ की फसल प्रणाली के साथ एक विशिष्ट अर्ध-शुष्क कृषि-पारिस्थितिकी तंत्र पर सतह ऊर्जा संतुलन का सबसे महत्वपूर्ण घटक क्षेत्र-औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाह, मौसमी और वार्षिक विशेषता का स्पष्ट रूप से सामने लाया है। बहु-वर्षीय विश्लेषण ने दक्षिण-पश्चिम मानसून वर्षा, इसकी साल-दर-वर्ष उतार-चढ़ाव और सिंचाई प्रबंधन प्रथाओं की विविधता के लिए सेंसिबल गर्मी प्रवाह की संवेदनशीलता दिखाई।

अनुक्रमणिका

तीन महीनों की लीड अवधि से इन-सीजन सेंसिबल गर्मी प्रवाह का औसत अनाज (खरीफ चावल और गेहूँ) अनाज उपज के साथ अत्यधिक पाया जाता है। एलएएस से क्षेत्र-औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाह ने बीआरईबी विधि से प्राप्त उपग्रहों की तुलना में उपग्रह आधारित सेंसिबल गर्मी प्रवाह के लिए बेहतर यथार्थता (Accuracies) दिखाया। एएमएस से शुद्ध विकिरण और मिट्टी के ताप प्रवाह के साथ संयोजन में एलएएस से क्षेत्र-औसत सेंसिबल गर्मी प्रवाह का उपयोग मोडिस-आधारित दस-दिवसीय अव्यक्त फ्लोट अनुमानों की त्रुटियों को कम करता है, केवल एएमएस- आधारित बोवेन अनुपात ऊर्जा संतुलन। इसलिए, एएमएस के साथ संयोजन में एलएएस सिस्टम उपग्रह आधारित गर्मी प्रवाह अनुमानों के लिए अंशांकन और सत्यापन उपकरण के रूप में उपयोग करने के लिए आदर्श है। तीन महीने की लीड अवधि के लिए एलएएस से गणना की सेंसिबल गर्मी प्रवाह रबी और खरीफ अनाज फसलों की अनाज उपज के साथ अच्छा सहसंबंध दिखाता है। इन्हें कुछ अनिश्चितताएं हैं जैसे मापा सेंसिबल गर्मी प्रवाह का पैर प्रिंट 1.1 किमी 2 था और अनाज उपज आरआरएस, नवागम के भीतर भूखंडों की औसत थी। इसके अलावा, खरीफ और दो रबी मौसमों के केवल तीन मौसमों का डेटा इस्तेमाल किया गया था। इसलिए, आईएनएसएटी-लिंक्ड एएमएस से बीआरईबी का उपयोग करके सेंसिबल ताप प्रवाह को कई वर्षों तक गणना की जानी चाहिए और भविष्य में अनाज उपज के साथ इसके लगातार संबंधों की खोज की जानी चाहिए। वायुगतिकीय सिद्धांतों का उपयोग करके एएमएस डेटा से सेंसिबल गर्मी प्रवाह के स्वतंत्र अनुमान और प्रकाशित विश्लेषणात्मक मॉडल (मलिक एट अल, 2013) के माध्यम से चंदवा संचालन निकालने के लिए भी बेहतर है। सेंसिबल गर्मी प्रवाह या चंदवा संचालन के मासिक और मौसमी औसत अनाज अनाज उपज के साथ व्यवस्थित व्यवहार हो सकता है। सतह ताप गर्मी प्रवाह के लिए किसी भी उन्नत अंशांकन-सत्यापन कार्यक्रम के लिए एलएएस एक अभिन्न हिस्सा होना चाहिए। यह उपकरण सैटेलाइट प्लेटफ़ॉर्म से सतह परत के भीतर विकिरण और संवहनी प्रवाहों को मापने के लिए भविष्य में उन्नत सेंसर को परिभाषित करने में सक्षम होगा।

### स्वीकृतियाँ:

लेखक काम के विभिन्न चरणों में मार्गदर्शन और प्रोत्साहन के लिए उप निर्देशक, ईपीएसए और निर्देशक, सेक के लिए आभारी हैं।

### सन्दर्भ:


- एलन, आर जी, परेरा, एल एस, रास, डी., और स्मिथ, एम। (1998)। "फसल evapotranspiration।" एफएओ सिंचाई और ड्रेनेज पेपर 56, संयुक्त राष्ट्र के खाद्य और कृषि संगठन, रोम।
- एंडरसन, एम.सी., नॉर्मन, जेएम, मेसीकल्स्की, जेआर, ओटकिन, जेए। और कुस्ता, डब्ल्यूपी (2007)। थर्मल रिमोट सेंसिंग पर आधारित महाद्वीपीय संयुक्त राज्य भर में वाष्पीकरण और नमी तनाव का एक जलवायु अध्ययन। 1: मॉडल फॉर्मूलेशन। जियोफिजिक्स रिसर्च जर्नल, 112 (डी 10117), 1-17।
- बेनामी (1991)। कृषि-जलवायु क्षेत्र विशिष्ट शोध: एनएआरपी के तहत भारतीय परिप्रेक्ष्य। ईडी। घोष, एसपी, आईसीएआर, नई दिल्ली।
- बस्टियान्सन, डब्ल्यूजीएम, मेनेंटी, एम., फेडडेस, आरए। और होल्स्टलाग, एएएम। (1998)। भूमि (एसईबीएएल) के लिए एक रिमोट सेंसिंग सतह ऊर्जा संतुलन एल्गोरिथ्म। 1: फॉर्मूलेशन। जर्नल ऑफ हाइड्रोलॉजी, 213, 19 82-212।
- बस्टियान्सन, डब्ल्यूजीएम (2000)। सिबेल आधारित सेंसिबल और गुप्त गर्मी fliges सिंचित Gediz बेसिन, तुर्की में। जर्नल ऑफ़ हाइड्रोलॉजी, 22 9, 87-100।
- बत्रा, एन., इस्लाम, एस, वेंटुरिनी, वी., बिष्ट, जी। और जियांग, एल। (2006)। दक्षिणी महान मैदानी इलाकों में स्पष्ट आकाश दिनों के लिए मोडिस और एवीएचआरआर सेंसर से वाष्पीकरण की तुलना और अनुमान। पर्यावरण की दूरस्थ संवेदन, 103, 1-15।
- बेलजार्स, ए.सी.एम. और होल्स्टैग, एएएम, 1 99 1। वायुमंडलीय मॉडल के लिए भूमि की सतह पर प्रवाह पैरामीटरकरण। एप्लाइड मौसम विज्ञान जर्नल, 30, 327-341।
- भट्टाचार्य, बीके, दत्त, सीबीएस और परीहार, जेएस (2009)। आईएनएसएटी अपलिंक एग्रोमेट स्टेशन - मिट्टी-चंदवा-वायुमंडलीय प्रतिक्रिया अध्ययन के लिए स्वचालित माइक्रोमैटोरोलॉजिकल मापन के नेटवर्क के साथ एक वैज्ञानिक उपकरण। 17-18 दिसंबर के दौरान अहमदाबाद में आयोजित कृषि में जलवायु परिवर्तन पर अंतर्राष्ट्रीय कार्यशाला की कार्यवाही में, पेपर संख्या। TS9.13।
- भट्टाचार्य, बीके, मलिक, के., पटेल, एनके। और परीहार, जेएस (2010)। भारतीय भूगर्भीय मौसम विज्ञान उपग्रह से रिमोट सेंसिंग डेटा का उपयोग करके कृषि भूमि पर क्षेत्रीय स्पष्ट आकाश evapotranspiration। जर्नल ऑफ हाइड्रोलॉजी, 387, 65-80।
- बिष्ट, जी., वेंटुरिनी, वी., इस्लाम, एस और जियांग, एल., 2005. स्पष्ट आकाश दिवसों के लिए मोडिस (मध्यम संकल्प इमेजिंग स्पेक्ट्रोराडीमीटर) डेटा का उपयोग करके शुद्ध विकिरण का अनुमान। पर्यावरण का रिमोट सेंसिंग, 97, 52-67।
- बोनी, जी., एंटेखाबी, डी। और कास्टेलि, एफ। (2001)। सतही ऊर्जा संतुलन घटकों और वाष्पीकरण पर सतह नियंत्रण के आकलन के लिए उपग्रह माप के साथ भूमि डेटा आकलन । जल संसाधन अनुसंधान, 37, 1713-1722।
- चेबोनी, ए, वाट्स, सी., लागौरेड, जेपी, केर, वाईएच, रोड्रिगेज, जे.सी., बोनेफॉन्ड, जेएम, सैंटियागो, एफ., डेडीयू, जी., गुड्रिच, डी.सी. और अनक्रिच, सी। (2000)। कृषि और वन मौसम विज्ञान, 105, 215 - 226।
- डी ब्रुइन, एचएआर, रोंडा, आरजे। और वान डी वेइल, बीजेएच। (2000)। थोक रिचर्डसन संख्याओं के मामले में Obukhov लंबाई और सतह fluxes के लिए लगभग समाधान। सीमा-परत मौसम विज्ञान, 95, 145-157।

- एएससीई के पर्यावरणीय और जल संसाधन संस्थान संदर्भ Evapotranspiration कार्य समिति (ईडब्ल्यूआरआई) के मानकीकरण। (2002)। "एएससीई मानकीकृत संदर्भ evapotranspiration समीकरण।" Http://www.kimberly.uidaho.edu/water/asceewri/& (सितंबर 17, 2003)।
- जेनेटिन, पी., एंटेखाबी, डी., चेहबोनी, ए., बुलेट, जी। और ड्यूकेमिन, बी। (2007)। वाष्पीकरण अंश दैनिक व्यवहार का विश्लेषण। कृषि और वन मौसम विज्ञान, 143, 13-29।
- ग्रीन, एई, एस्टिल, एमएस, मैकनी, के.जे. और निवेन, जेपी (2001)। पथ-औसत सतह प्रवाह अवरक्त और माइक्रोवेव सेंटीलोमीटर से निर्धारित होता है। कृषि और वन मौसम विज्ञान, 109, 233-247।
- जैक्सन, आर डी, रेजीनाटो, आर जे और इडसो, एस बी (1977)। गेहूँ चंदवा तापमान: पानी की आवश्यकताओं का मूल्यांकन करने के लिए एक व्यावहारिक उपकरण। जल संसाधन अनुसंधान, 13, 651-656।
- लिआंग, एस, स्ट्रालर, ए और वाथल, सी। (1 999)। उपग्रह अवलोकन से भूमि की सतह अल्बेडो की पुनर्प्राप्ति: एक सिमुलेशन अध्ययन। एप्लाइड मौसम विज्ञान जर्नल, 38: 712 - 725।
- मलिक के., भट्टाचार्य, बीके, राव, वीयूएम, रेड्डी, डीआर, बनर्जी, एस, होशली, वी., पांडे, वी., कर, जी., मुखर्जी, जे., व्यास, एसपी, गाडगील, एएस और पटेल, एनके (2009)। भारतीय कृषि-पारिस्थितिक तंत्र पर दूर-दराज के उपग्रह रिमोट सेंसिंग डेटा का उपयोग करते हुए स्पष्ट आकाश दिनों में लेटेंट गर्मी प्रवाह अनुमान। कृषि और वन मौसम विज्ञान, 149, 1646 -1665।
- मलिक, के., जार्विस, ए., फिशर, जे बी, तु, केपी, बोएग, ई। और नियोगी, डी। (2013)। लेटेंट-मॉन्टेथ, प्रिस्टली-टेलर और बुचेट की पूरक परिकल्पना के आधार पर लेटेंट गर्मी प्रवाह और चंदवा आचरण। जर्नल ऑफ हाइड्रोमेटोरोलॉजी, 14, 41 9-441।
- मार्क्स, ए., कुंट्समैन, एच., श्टेमियर, डी। और मोएने, एएफ (2008)। सवानाह पर्यावरण पर उपग्रह व्युत्पन्न संवेदनशील गर्मी प्रवाह और सेंटीलोमीटर माप के लिए अनिश्चितता विश्लेषण और मेसोस्केल मौसम संबंधी सिमुलेशन परिणामों की तुलना में। कृषि और वन मौसम विज्ञान, 148 (4), 656-667।
- मोरन, एमएस, कुस्ता, डब्ल्यूपी, विडल, ए., स्टैनर्ड, डीआई, ब्लैनफोर्ड, जेएच। और निकोलस, डब्ल्यूडी (1994)। सेमीफाइड रेंजलैंड के सतही ऊर्जा संतुलन मूल्यांकन के लिए ग्राउंड-आधारित दूरस्थ रूप से महसूस किए गए डेटा का उपयोग करें। जल संसाधन अनुसंधान, 30, 1339-1350।
- निशिदा, के., नीमानी, आरआर, रनिंग, एसडब्ल्यू। और ग्लासी, जेएम (2003)। भूमि सतह वाष्पीकरण के लिए एक परिचालन दूरस्थ संवेदन एल्गोरिथ्म। जियोफिजिकल रिसर्च जर्नल, 108 (डी 9), 4270।
- रोरींक, जीजे, सु, जेड और मेनेंटी, एम। (2000)। एस-सेबी: सतह ऊर्जा संतुलन का अनुमान लगाने के लिए एक साधारण रिमोट सेंसिंग एल्गोरिथ्म। भौतिकी और पृथ्वी की रसायन शास्त्र, 25, 147-157।
- विक्रेता, पीजे, डिकिंसन, आरई, रैंडल, डीए, बेट्स, एके, हॉल, एफजी, बेरी, जेए, कोलात्ज़, जीजे, डेनिंग, एएस, मूनी, एचए, नोब्रे, सीए, सैटो, एन, फील्ड, सीबी और हेंडरसन-विक्रेता, ए। (1997)। महाद्वीपों और वायुमंडल के बीच ऊर्जा, पानी और कार्बन का मॉडलिंग, विज्ञान, 275, 502 - 50 9।
- शटलवर्थ, डब्ल्यू जे., गुर्नी, आरजे, एचएसयू, एवाई। और ऑर्म्सबी, जेपी (1989)। फीफा: भूतल प्रवाह साइट्स पर ऊर्जा विभाजन में भिन्नता, वॉल्यूम। 186. आईएएचएस पब्लिश., पीपी 67-74।
- स्टिसन, एस, सैंडहोल्ट, आई, नॉर्गार्ड, ए, फेन्सहोल्ट, आर। और जेन्सेन, केएच। (2008)। सेनेगल नदी बेसिन में एमएसजी-सेविरी डेटा पर लागू क्षेत्रीय वाष्पीकरण की अनुमान लगाने के लिए थर्मल जड़त्व के साथ त्रिकोण विधि का संयोजन। पर्यावरण की दूरस्थ संवेदन, 112, 1242-1255।
- तसुमी, एम., एलन, आरजी, ट्रेज़ा, आर। और राइट, जेएल (2005)। फसल गुणांक घटता के भीतर आबादी भिन्नता का आकलन करने के लिए उपग्रह आधारित ऊर्जा संतुलन। जर्नल ऑफ सिंचाई एंड ड्रेनेज इंजीनियरिंग, 131, 94-10 9।
- वेंटुरिनी, वी., इस्लाम, एस। और रोड्रिगेज, एल। (2008)। एक पूरक आधारित मॉडल का उपयोग करके एमओडीआईएस उत्पादों से वाष्पीकरणशील अंश और वाष्पीकरण की अनुमान। पर्यावरण के दूरस्थ संवेदन, 112, 132-141।
- वेरस्ट्रेटेन, डब्लू डब्ल्यू., वेरोस्ट्राटे, एफ। और फेयन, जे। (2005)। उपग्रह ओवरपास समय पर एनओएए-इमेजरी से यूरोपीय जंगलों के वाष्पीकरण की आकलन : एकीकृत ऑप्टिकल और थर्मल सेंसर डेटा उत्पादों के लिए एक परिचालन प्रसंस्करण श्रृंखला की ओर। पर्यावरण के दूरस्थ संवेदन, 96, 256-276।
- झांग, वाई., लियू, सी., लेई, वाई., तांग, वाई., यू, क्यू, शेन, वाई। और सन, एच। (2006)। क्षेत्रीय गुप्त गर्मी प्रवाह और दैनिक evapotranspiration का अनुमान लगाने के लिए एक एकीकृत एल्गोरिथ्म। रिमोट सेंसिंग का अंतर्राष्ट्रीय जर्नल, 27, 129 -152


***

मौजूदा उपग्रह और संवेदको का गैरपरंपरागत उपयोग

# भू-आधारित विकिरणमापी (Ground Based Radiometer)

**रितेश कुमार शर्मा, अमिता शाह, उमंग भाटिया, संजय त्रिवेदी**

एम.एस.डी.पी.डी./एम.आर.एस.ए./सैक भवन नं. 52

कमरा नं. 40/33, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)

आंबावाडी विस्तार पो.ऑ., भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन

इसरो, अहमदाबाद - 380015, भारत

दूरभाषः+ 91-7926915240/33, फैक्स + 91-7926915850

ईमेल: ritesh@sac.isro.gov.in; aashah@sac.isro.gov.in; sanjay@sac.isro.gov.in

**सारांश**

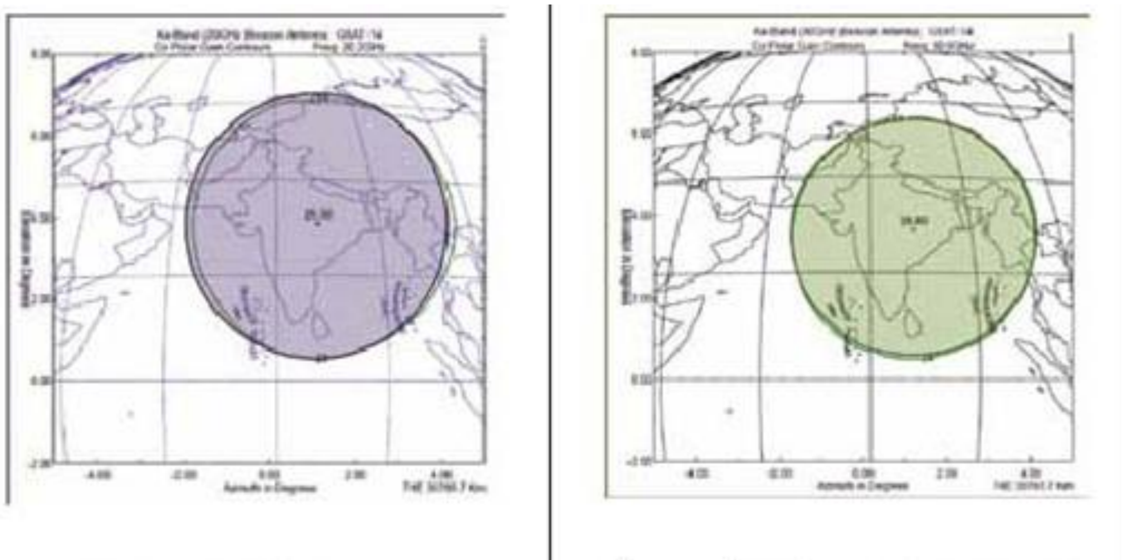
*बादलों का वेधीकरण, किसी भी मौसम में काम करने की क्षमता, सूरज के किरणों की उपलब्धि के बिना भी काम करने की लाक्षणिकता की वजह से उन्नत अवकाशी प्रौद्योगिकी के साथ सूक्ष्म तरंगों का उपयोग अत्यंत आवश्यक हो गया है। सूक्ष्मतरंग विकिरणमापी विज्ञान ने वातावरण के दूर संवेदन के समान स्वयं को स्थापित कर दिया है, जो निष्क्रिय विकिरणमापी के नाम से जाना जाता है। सूक्ष्मतरंग विकिरणमापी, लक्ष्य के द्वारा उत्सर्जित विद्युतचुंबकीय विकिरण, एंटेना के द्वारा अवलोकन की गई ऊर्जा का मापनयंत्र है। निष्क्रिय विकिरणमापी, पदार्थ माध्यम के असंगत उत्सर्जित तापमान का विद्युतचुंबकीय किरणों को मापने का अतिसंवेदनशील अभिग्राही है। एंटेना के द्वारा मापा गया तापमान Ta, वस्तु के द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा का प्रदीप्ति तापमान (Brightness Temperature) है। इसी वजह से एंटेना का तापमान सूक्ष्म परिशुद्धता और विभेदन से मापना अति आवश्यक है। इसरो के द्वारा निर्माण किए गए GSAT-14 अंतरिक्ष यान की उम्र 12 साल तक है। इस उपग्रह में 6 Ku-बैंड और 6 विस्तृत C-बैंड ट्रांसपोंडर है, जो पूरे भारत को व्याप्ति करता है। GSAT-14 अंतरिक्ष यान में 2 Ka-बैंड बीकन भी है, जो क्षीणन-अध्ययन और अनुसन्धान के प्रयोग हेतु आरोपित किया गया है, साथ ही साथ यह उपग्रह संचरण के क्षीणन को भी मापेगा। भारतीय अंतरिक्ष अनुसन्धान संगठन (ISRO) और CNES का सामूहिक प्रयोग, Ka-बैंड बीकन प्रचारण के लिए निर्धारित किया गया है। इसी कारण से अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (SAC) ने प्रायोगिक आधार पर नई दिल्ली और अहमदाबाद में प्रथम भू-अभिग्राही केन्द्रों की स्थापना का आयोजन किया है।*

*इस पत्र में GBR के संसाधित के अभिकल्प, हार्डवेयर विन्यास एवं परिणाम के विवरण को विस्तृत रूप में प्रस्तुत किया गया है।*

**मुख्य शब्द :** अंकीय उप-निकाय (डी.एस.एस.,Digital Subsystem,DSS),प्रदीप्ति तापमान (Brightness Temperature), रेडियोमापी(Radiometer)

**भू- आधारित विकिरणमापी तंत्र**

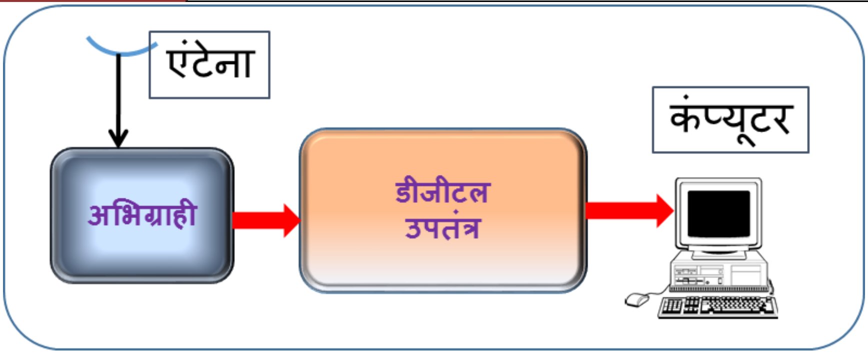
चित्र-1 में GSAT-14 आरोपित बीकन के व्याप्ति क्षेत्र को दर्शाया गया है। इन बीकनों से प्रेषित तरंगों को भू-आधारित अभिग्राही तंत्रों द्वारा प्राप्त किया जायेगा। तदुपरांत इन संकेतों को प्रक्रमित करके वर्षा के कारण प्रस्तुत संकेत क्षीणन का आकलन किया जायेगा।



a. Ka band 20GHz coverage    b. Ka band 30GHz coverage

**चित्र -1:** GSAT-14 आरोपित बीकन का व्याप्ति क्षेत्र

अनुक्रमणिका




चित्र-2 भू-आधारित विकिरणमापी तंत्र

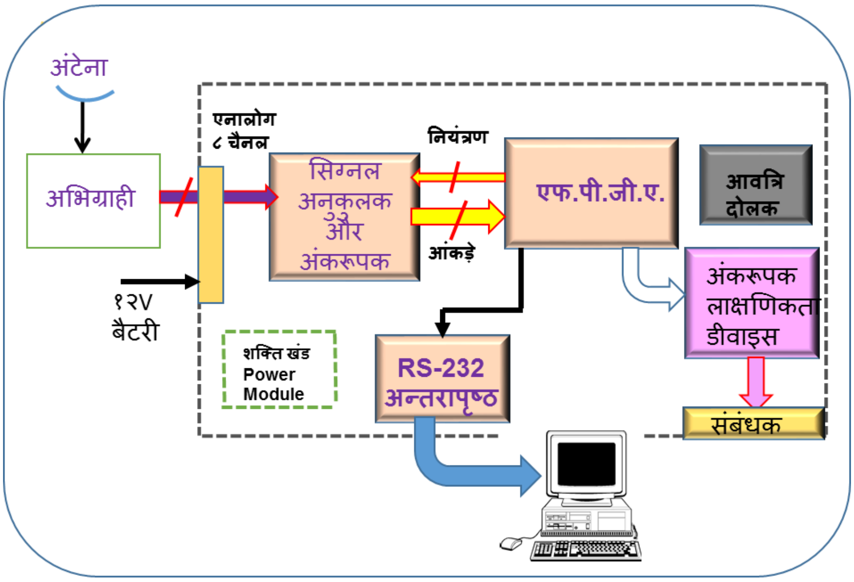
चित्र-2 में भू-आधारित विकिरणमापी तंत्र को दर्शाया गया है। प्रथम चरण में इसको प्रायोगिक आधार पर नई दिल्ली और अहमदाबाद में स्थापित किया जायेगा। सारणी-1 में भू- आधारित विकिरणमापी तंत्र के मुख्य प्राचलों को दर्शाया गया है।

सारणी-1: भू- आधारित विकिरणमापी तंत्र के प्रमुख विनिर्देश

| विनिर्देश | |
|---|---|
| प्रारूप | डिकी स्वीच |
| प्रचालन आवृति | 20.2, 22.3, 30.5 और 31.5 GHz |
| ध्रुवण | उर्ध्वाधर, समस्तरीय |
| बैंड विस्तार | 3 डीबी : ±300 MHz, 20 डीबी : ±500 MHz |
| डिकी स्वीच चाल | 1 KHz |
| समाकलन समय | 1 सेकंड |
| निवेश विकिरणमापी परिसर | 10°-350°K |
| रव आकलन (NE∆T) | 0.3°K |
| अंकरूपक प्रभावी संख्या(ENOB) | 14 बिट |

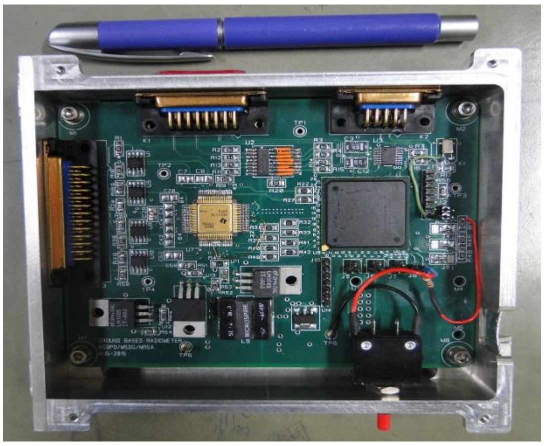
**अंकीय उप-निकाय (डी.एस.एस., Digital Subsystem,DSS):**

चित्र-3 में अंकीय उप-निकाय के खंड आरेख को प्रदर्शित किया गया है। यह Xilinx Spartan एफ.पी.जी.ए. आधारित निकाय है। यह निकाय नियंत्रण और संकेतों को अन्य उपतंत्रों हेतु जनन करके वास्तविक काल में आंकडों का अर्जन एवं संसाधन “सूक्ष्म परिशुद्ध” विधि से करता है। जैसा की चित्र-3 में दर्शाया गया है, अंकीय उपतंत्र में प्राप्त अभिग्राही आंकडों की लाक्षणिकता यह है कि, उनका विभव 0 से +5V, सिंगल एंडेड, 1KHz बैंड विस्तार तथा 100 किओह्‌म समापन का है। 14-बिट्स अंकरूपक सूक्ष्म परिशुद्धता हासिल करने के लिए सभी घटकों का चयन करने में सावधानी बरती गयी है। जरूरी साहित्य सर्वेक्षण के बाद अंकरूपक AD1278 डिवाइस का चयन किया गया है। एक डिवाइस में एक साथ 8-चैनलों के आकडों का अर्जन कर सकते है, जिनके लिए कन्ट्रोल सिस्टम एक समान प्रक्रिया द्वारा FPGA में आरोपित किया गया है, जो वजन, शक्ति और लघुता प्राप्त करने में मदद करता है। चित्र-4 के क. एवं ख. भाग में भू-आधारित विकिरणमापी तंत्र का हार्डवेयर को और ग. भाग में जी.बी.आर. की परीक्षण व्यवस्था को दर्शाया गया है।

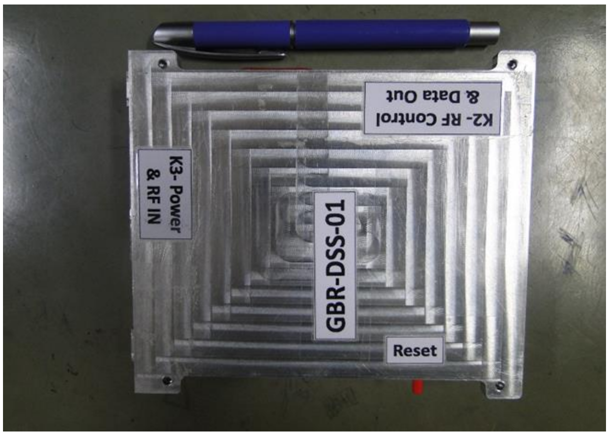



चित्र-3: भू- आधारित विकिरणमापी तंत्र के अंकीय उप-निकाय का खंड आरेख

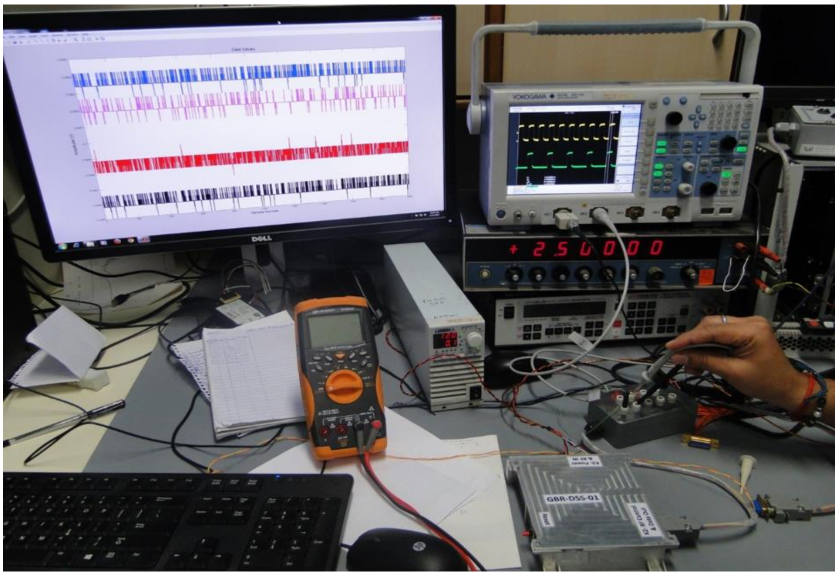
सारणी-2 भू- आधारित विकिरणमापी की द्रव्यमान एवं आयतन की जानकारी प्रस्तुत करता है।



क




ख



ग

**चित्र-4: (क.) एवं (ख.) भू-आधारित विकिरणमापी तंत्र का हार्डवेयर; (ग.) जी. बी. आर. की परीक्षण व्यवस्था**

सारणी-2 भू- आधारित विकिरणमापी की द्रव्यमान एवं आयतन की जानकारी प्रस्तुत करता है।

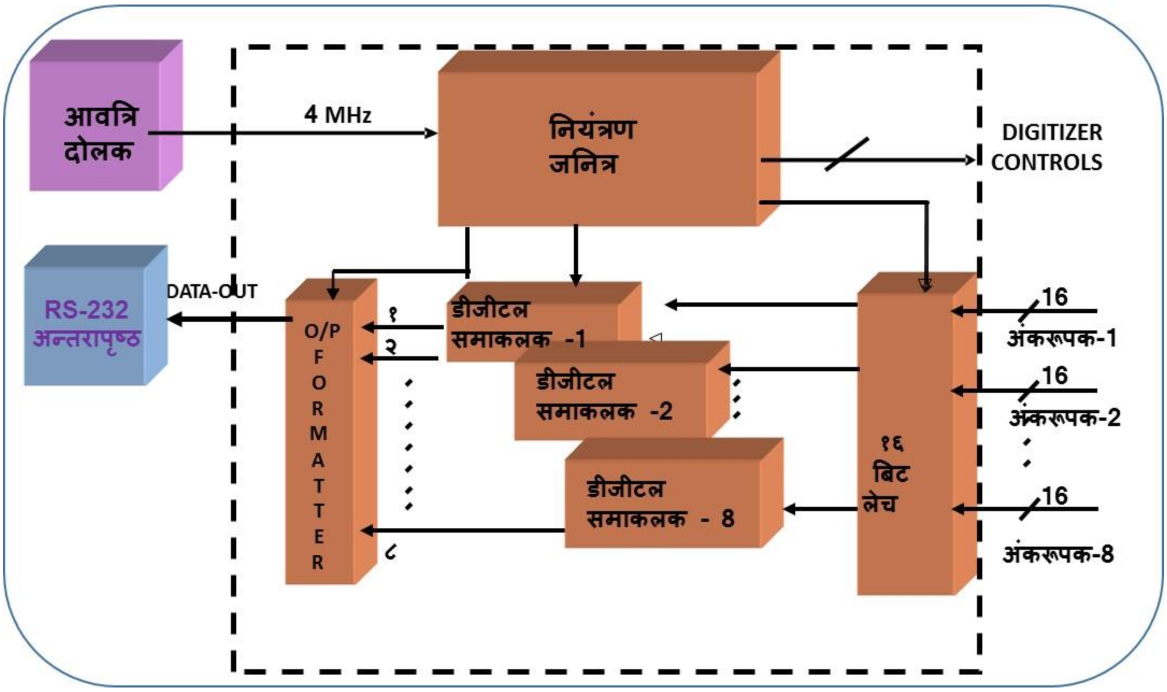
**सारणी-2: भू-आधारित विकिरणमापी की द्रव्यमान एवं आयतन की**

| सारणी क्रमाँक | पी.सी.बी. आमाप | 100x130x2.21 एम.एम. |
|---|---|---|
| 1 | स्तरीय संख्या | 8 |
| 2 | पैकेज आमाप | 115x145x30 एम.एम. |
| 3 | वजन | 410 ग्राम |
| 4 | ऊर्जा | 1.2 वाट |

एनालोग सिग्नल को अंकरूपक में भेजने के पूर्व OPAMP का उपयोग किया है, जो सिग्नल को स्थायी करता है। मुख्य निवेश: तापमान गुणांक (TEMPCO), लंबे समय तक संभावित रूप से कम पाया जाय ऐसे वोल्टेज संदर्भ डिवाईस (REF43) का प्रबंध बाह्य रूप से किया गया है और यह सन्दर्भ अंकरूपक को प्रदान किया गया है। उपतंत्र के लिए जरूरी सभी संकेतों को जनित करने के लिए 4 MHz दोलक का भी समावेश किया गया है। सिस्टम के सभी चैनल एक समान रूप से FPGA आधारित संसाधित्र द्वारा जुड़े हुए हैं। अभिग्राहित द्वारा सभी एनालोग सिग्नल का डिजिटल अंको में परिवर्तन किया जाता है और प्रोसेसिंग के लिए एफ.पी.जी.ए. में भेजा जाता है।

इनके संसाधन के लिए Xilinx Spartan एफ.पी.जी.ए. का चयन किया गया है, जिसमें configuration PROM का अंतर्गत समावेश है, जो परिमाण के क्षेत्र में लघुता प्राप्त करता है। एफ.पी.जी.ए. में integrator processor का आरोपण किया गया है जिसको चित्र-5 में प्रदर्शित किया गया है, जिसकी वजह से सिग्नल का सामर्थ्य बढ़ता है, और रव का सामर्थ्य कम होता है। प्रत्येक सिग्नल के लिए 1 सेकंड का पुनरावृत्ति काल निर्धारित किया गया है। सभी चैनलों का एक साथ प्रक्रमण किया जाता है, तत्पश्चात उन्हें पूर्वनिर्धारित फॉर्मेट में प्रेषित करने की प्रकिया की जाती है। समस्त निकायों को सुवाहय (Portable) बनाने के लिए प्राप्त आकडों को कंप्यूटर में संग्रह करने के लिए RS-232 अंतरापृष्ठ डिवाइस

का चयन किया गया है तथा 12V बैटरी का उपयोग करके उपतंत्र के लिए जरूरी ऊर्जा का प्रबंध किया गया है, जिसके लिए LDO नामक डिवाइस का उपयोग किया गया है।




चित्र-5: अंकीय उप-निकाय के FPGA का खंड आरेख

| सारणी क्रमाँक | निवेश वोल्टेज | महत्तम् प्राप्त कोड मान | न्यूनतम प्राप्त कोड मान | कोड प्रकीर्णन |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.9993 | 63746 | 63742 | 4 |
| 2 | 4.9993 | 63774 | 63770 | 4 |
| 3 | 4.9993 | 63748 | 63744 | 4 |
| 4 | 4.9993 | 63767 | 63763 | 4 |

सारणी-3: भू- आधारित विकिरणमापी तंत्र के परिणाम

**परिणाम**

सारणी-3 में भू-आधारित विकिरणमापी तंत्र के अंकीय उपतंत्र के प्राप्त परिणामों को दर्शाया गया है। वर्तमान में 4- चैनल अंकीय उपतंत्र का परिणाम प्रस्तुत किया गया है। भविष्य में 8-चैनलों की भी सुविधा रखी गयी है। प्राप्त सभी परिणाम **भू- आधारित विकिरणमापी तंत्र के प्रमुख विनिर्देश** के अनुरूप पाए गए।

**उपसंहार**

उपर्युक्त परिणामों के आधार पर अंकीय उपतंत्र, भू-आधारित विकिरणमापी के प्रमुख विनिर्देशों की आवश्यकताओं को सम्पूर्ण करता है। इस अंकीय उपतंत्र के माध्यम से क्षीणन-मान का "सूक्ष्म परिशुद्ध" आकलन करना इस निकाय के माध्यम से संभव हो जायेगा। इस पत्र में GBR संसाधित्र के अभिकल्प व विकास का विवरण दिया गया है। इसमें निर्मित समस्त तंत्र पूर्णतया एम.आर.एस.ए. में निर्मित हुए हैं तथा यह इस संगोष्ठी के विषय "भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में हो रहे नवीनतम प्रयास" के उद्देश्य को चरितार्थ करने में सफल होंगे।

**

अनुक्रमणिका

**आभार**

लेखकगण रडार ऊँचाईमापी संबंधित विकास गतिविधियों के लिए लेखक एवं सहलेखक इस कार्यों को करने के लिए दिए गए सुअवसर प्रोत्साहन एवं दिशा-निर्देश के लिए श्री तपन मिश्रा (निदेशक, सैक), श्री राजीव ज्योति (उप-निदेशक, एम.आर.एस.ए.), श्री निलेश एम. देसाई (उप-निदेशक, एस.एस.ए.ए.) तथा श्री बी.एस.रामन (समूह-निदेशक) का तहेदिल से आभार प्रकट करते हैं। हम श्रीमती नीलू एस. सेठ, वरिष्ठ हिंदी अधिकारी तथा हिंदी कक्ष के सभी सहकर्मियों का आभार प्रकट करते हैं। अंततः हम MRSA के सभी कर्मियों, सैक/ इसरो एवं इसरो के अन्य केंद्रों के वैज्ञानिकों, अभियंताओं व सहकर्मियों, जो कि इस मिशन संबंधित गतिविधियों में सलंग्न है, के प्रति आभार प्रकट करते हैं।

**लेखक परिचय :**

रितेश कुमार शर्मा ने वर्ष 2001, में IET इंजीनियरिंग कॉलेज, लखनऊ से इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरिंग में बी.टेक. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2001 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग अंकिय इलेक्ट्रॉनिक समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, MMWave साउंडर, NI-SAR, GBR इत्यादि मिशनो में संलग्न है।

अमिता ए शाह ने वर्ष 1982 में सरकारी महिला पॉली-टेक्निक, अहमदाबाद से रेडियो तकनीकी में डिप्लोमा प्राप्त किया। वर्ष 1983 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान-2, MMWave साउंडर, GBR मिशनो में संलग्न है।

उमंग भाटिया ने वर्ष 2017 में KNIT इंजीनियरिंग कॉलेज, सुल्तानपुर से इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरिंग में बी.टेक. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2018 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सूक्ष्म-तरंग प्रणाली समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में, ये चंद्रयान -2, GBR मिशनो में संलग्न है।

संजय त्रिवेदी ने वर्ष 1982 में AVPT कॉलेज, राजकोट से इलेक्ट्रॉनिक में डिप्लोमा प्राप्त किया। वर्ष 1984 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में अंकिय संचार कार्यक्रम में कार्य आरंभ किया। वर्ष 1992 में गुजरात युनिवर्सिटी से बी.ई. एवं 2013 में SVNIT, सूरत से M.Tech. की उपाधि ग्रहण की। वर्तमान में, ये चंद्रयान -2 रडार ऊँचाईमापी, NI-SAR इत्यादि मिशनो में संलग्न है।

# भारत तथा नज़दीकी सागरों पर जल समस्थानिक (आइसोटोप) की परिवर्तनशीलता

निमिशा सिंह*, रोहित प्रधान एवं आर. पी. सिंह
***वैज्ञानिक/अभियंता-एस.सी.**, भू जल-विज्ञान विभाग, जी.एच.सी.ए.जी., ई.पी.एस.ए.
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत
*nimisha@sac.isro.gov.in

**सारांश:** वर्तमान समय में जल वाष्प में मौजूद समस्थानिक वितरण से बादल की प्रक्रियाओं, वैश्विक जल-चक्र प्रक्रियाओं, वायुमंडलीय और स्थलीय जल संसाधनों के बीच संबंधों को समझने में मदद मिलती हैं। वायुमंडलीय जल वाष्प की समस्थानिक संरचना के अध्ययन से हम अद्वितीय जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। इस तकनीक की मदद से वायुमंडल में पानी की उपस्थिति, इसका अन्य अवयवों से मिश्रण, तथा पृथ्वी के जल-चक्र के अध्ययन में मदद मिल सकती है। आधुनिक युग में वायुमंडल में पानी की समस्थानिक संरचना का अध्ययन करने के लिए विभिन्न उपग्रहों का उपयोग किया जा रहा है। टीईएस, स्काइमाची जैसे कुछ उच्च रिज़ॉल्यूशन सेंसर का उपयोग ट्रेस गैसों की मात्रा को मापने के लिए किया जाता है। इस अध्ययन में हम टीईएस सेंसर के द्वारा पानी में उपस्थित स्थिर समस्थानिक का पता लगाते हैं जो वातावरण में मौजूद पानी का स्रोत बताता है। इसके साथ-साथ इस विधि के माध्यम से भारत के ऊपर पानी के स्थायी समस्थानिक की स्थानिक एवं अस्थायी परिवर्तनशीलता के बारे में भी जानकारी प्राप्त की जा सकती है।

## 1. प्रस्तावना:

समस्थानिक को एक विशेष रासायनिक तत्व के रूप में परिभाषित किया जाता है। इन तत्वों की परमाणु संख्या समान होती है जबकि इनके परमाणु भार भिन्न होते हैं। ऐसा होते हुए भी समस्थानिकों के रासायनिक गुण सामान्य होते हैं। पर्यावरणीय समस्थानिक मूल रूप से दो श्रेणियों, 'स्थायी एवं रेडियोएक्टिव' में वर्गीकृत किये जाते हैं। 'पर्यावरणीय' शब्द का तात्पर्य है कि ये प्राकृतिक प्रक्रियाओं के परिणामस्वरूप प्रकृति में बनते हैं अथवा इनका निर्माण मानव की गतिविधियों द्वारा होता है। स्थायी समस्थानिक अपने आप क्षीण नहीं होते हैं अतः ये वायुमंडल में स्थिर रहते हैं। इन स्थायी समस्थानिकों मे परिवर्तन लगभग न के बराबर होता है। वैज्ञानिक अध्ययनों के लिए हमे स्थायी समस्थानिकों में परिवर्तन जानने के लिए वातावरण में उनके अनुपात की आवश्यकता होती है। इनका उपयोग ट्रैसर के रूप में किया जाता है। $^{18}O$, $^{2}H$, $^{13}C$ आदि स्थायी समस्थानिकों के उदाहरण हैं। रेडियोएक्टिव समस्थानिकों से अल्फा एवं बीटा कणों का लगातार क्षय होता रहता है जिनके कारण इनका इस्तेमाल डेटिंग (वस्तुओं की उम्र) के लिए किया जाता है। कुछ उपयोगी रेडियोएक्टिव समस्थानिक जिनका समान्य रूप से डेटिंग में इस्तेमाल होता है, उनके उदहारण $^{3}H$ (त्रितियम), $^{14}C$ आदि हैं।

वायुमंडलीय और जल विज्ञान के लिए सबसे प्रासंगिक समस्थानिक ऑक्सीजन के लिए $^{18}O$ और हाइड्रोजन के लिए $^{2}H$ [1,2] हैं। जल समस्थानिक को एक उत्तम ट्रैसर के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है क्योंकि इसकी सहायता से वायुमंडल में जल की उत्पत्ति, संक्षेपण और वाष्पीकरण के बारे में उचित जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। जल के नौ संभावित समस्थानिक होते हैं, जिनमें से $H_2{}^{16}O$ (99.73098%) सबसे आम है। परन्तु अन्य जल समस्थानिक जैसे की $H_2{}^{18}O$, $H_2{}^{17}O$ और HDO बहुत ही कम लेकिन मापनीय मात्रा (0.199978%, 0.037888% और 0.031460%) में पाए जाते हैं [3,4,5]। जल वैज्ञानिकों ने 1950 के दशक से ही वायुमंडल में स्थित स्थायी समस्थानिकों का प्रयोग जल-विज्ञान के क्षेत्र में करना प्रारंभ कर दिया था। समस्थानिक जल-विज्ञान एक सटीक एवं भरोसेमन्द तकनीक है जिसे वायुमंडल और हाइड्रोस्फीयर में उपलब्ध स्थायी जल समस्थानिकों के अध्ययन में उपयोग के लिए लाया जाता है।

पहले हम लोग इन ट्रैस गैसों का अध्ययन इन-सीटू माध्यम से करते थे जिसमे हमें कई प्रकार की समस्याओं का सामना करना पड़ता था तथा इसमें समय भी अधिक लगता था। परन्तु आजकल उपग्रहों के द्वारा प्राप्त चित्रों की मदद से हम भारत ही नहीं बल्कि पूरे विश्व में इन ट्रैस गैसों की विविधता को जान सकते हैं। इस क्षेत्र में टीईएस, स्काइमाची जैसे सेंसर हमें जल समस्थानिकों के बारे में जानकारी ही नहीं बल्कि वातावरण में व्याप्त अन्य ट्रैस गैसों की मात्रा को भी बता सकते हैं। इस अध्ययन में हमने टीईएस सेंसर का उपयोग करके भारत, अरब सागर तथा बंगाल की खाड़ी के वातावरण में मौजूद जल के समस्थानिकों का अलग अलग दबाव पर अध्ययन किया है।

## 2. अध्ययन क्षेत्र:

हमारे अध्ययन का क्षेत्र भारत का सम्पूर्ण भू-भाग, अरब सागर एवं बंगाल की खाड़ी है। भौगोलिक दृष्टि से, भारत भूमध्य रेखा के उत्तर दिशा के बीच 6°46'46 उत्तर से 37°5' उत्तर और 68°6' पूर्व से 97°25' पूर्व के बीच स्थित है। भारत का आधिकांश हिस्सा अरब सागर और बंगाल की खाड़ी से घिरा हुआ है जिसके कारण इस क्षेत्र के वायुमंडल में मौजूद जल वाष्प आइसोटोपिक अध्ययन के लिए महत्वपूर्ण है। बंगाल की खाड़ी

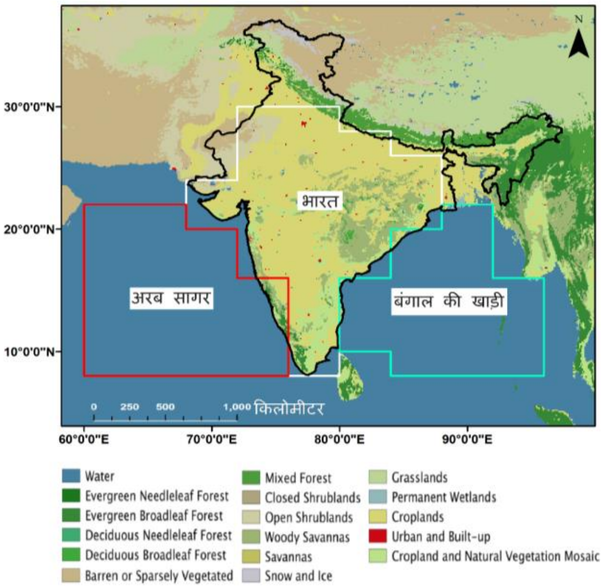
और अरब सागर दोनों लगभग एक ही आकार और समान मानसूनिक पानी परिसंचरण प्रदर्शित करते हैं। क्षेत्रफल के हिसाब से बंगाल की खाड़ी 2,172,000 वर्ग किलोमीटर (839,000 वर्ग मील) तथा अरब सागर 3,862,000 वर्ग किलोमीटर (1,491,000 वर्ग मील) है।

### 3. डेटा इस्तेमाल और पद्धति:

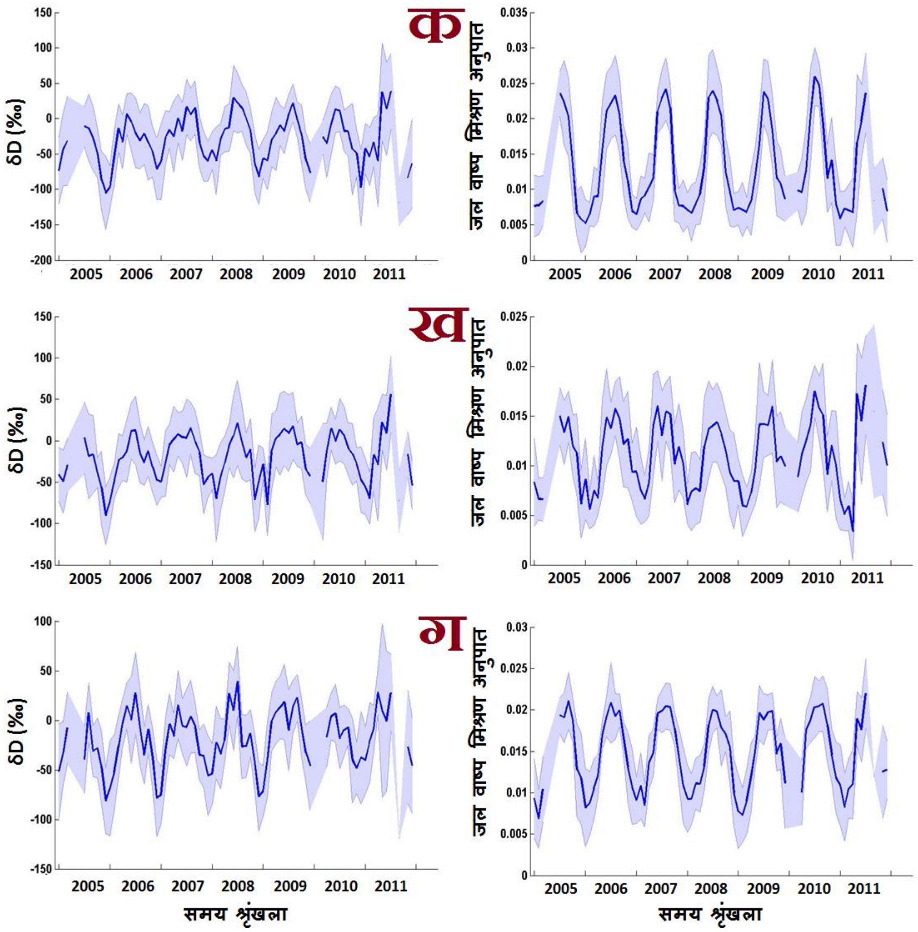
इस अध्ययन में ड्यूटेरियम ऑक्साइड (HDO) और जल वाष्प ($H_2{}^{16}O$) के टीईएस 3 स्तर डेटा का उपयोग किया गया है। स्तर 2 डेटा का स्थानिक रीजोलुशन 0.5×5 किमी नादिर और 2.3×23 किमी लीम्ब है। स्तर 3 के डेटा का स्थानिक रीजोलुशन $2^o x 4^o$ होता है जो काफी अपरिष्कृत है। इसका इस्तेमाल करके हमने D/H अनुपात की गणना की ताकि इन समस्थानिकों में परिवर्तन का पता चले। इस अनुपात को δD के रूप में व्यक्त किया जाता है। इस अनुपात को निकालने के लिए निम्नलिखित सूत्र का उपयोग किया गया है:

$$\delta D=[(HDO/H_2O)_{\text{सामग्री}}/(HDO/H_2O)_{VSMOW}-1]x1000(‰)$$

जिसमें $(HDO/H_2O)_{VSMOW}$ का मूल्य $3.11\times10^{-4}$ है। यह अध्ययन जनवरी 2005 से दिसंबर 2011 की अवधि के लिए 825 एचपीए के दबाव स्तर पर किया गया है। अध्ययन क्षेत्र में मौजूद भूमि इस्तेमाल तथा भूमि आवरण नक्शा चित्र संख्या 1 में दर्शाया गया है।




चित्र 1. अध्ययन क्षेत्र को दर्शाता चित्र



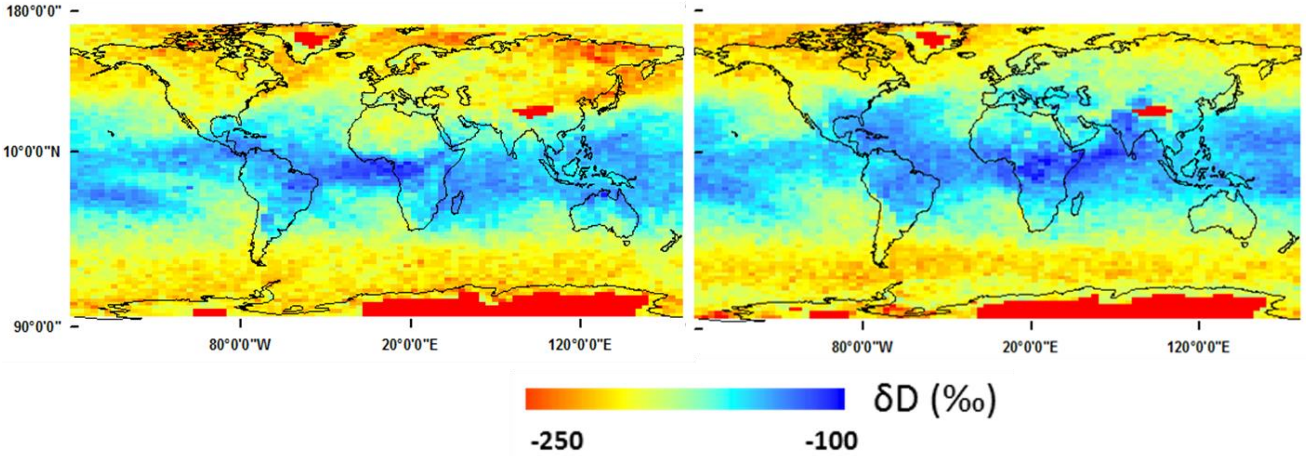

चित्र 2. (क) भारत (ख) अरब सागर तथा (ग) बंगाल की खाड़ी के ऊपर 825 एचपीए दबाव स्तर पर δD (बाएं) तथा जल वाष्प मिश्रण अनुपात (दाएं) की वर्ष 2005 से 2011 तक की अस्थायी परिवर्तनशीलता।

उपर दर्शाए गए चित्र से ये साफ़ ज़ाहिर होता है कि δD कि परिवर्तनशीलता एक चक्रीय प्रक्रिया है। जाड़े के महीनों (नवम्बर से फरवरी) में इसकी मात्रा काफी कम होती है। इसका मूल कारण सूर्य विकिरण में आई कमी है जिससे जल का वाष्पीकरण

दर काफी कम हो जाता है। जल में मौजूद HDO का वाष्पीकरण दर $H_2O$ के मुकाबले कम होता है। इस वजह से वाष्प में इसकी मात्रा पानी के मुकाबले कम पायी जाती है। कारणवश हवा में δD शून्य से कम होता है। गर्मी के मौसम में सूर्य के विकिरण की बढ़ोतरी होती है जिससे जल का वाष्पीकरण दर बढ़ जाता है। इस मौसम में HDO तथा $H_2O$ साथ साथ अधिक मात्रा में वाष्पीकृत होते हैं जिससे δD में बढ़ोतरी होती है [6]। मॉनसून में बंगाल की खाड़ी तथा अरब सागर से जल वाष्प का प्रवाह भारत के मुख्य भूभाग की तरफ होता है। इसकी वजह से भारत के ऊपर भी δD में बढ़ोतरी हो जाती है।

भारत के ऊपर 825 एचपीऐ के दबाव स्तर पर δD का सर्वाधिक मासिक मूल जुलाई महीने में 8.8±16.7‰ देखा गया है जबकि इसका न्यूनतम मासिक मूल दिसम्बर महीने में -79.6±26.6‰ प्राप्त हुआ। अरब सागर के ऊपर δD का सर्वाधिक मासिक मूल जुलाई महीने में 16.9±32.2‰ देखा गया जबकि इसका न्यूनतम मासिक मूल फरवरी महीने में -56.8±21.0‰ प्राप्त हुआ। इसी प्रकार बंगाल की खाड़ी के ऊपर δD का सर्वाधिक मासिक मूल मई महीने में 14.5±16.9‰ देखा गया है जबकि इसका न्यूनतम मासिक मूल दिसम्बर महीने में -60.3±27.6‰ प्राप्त हुआ। इसी प्रकार से जल वाष्प का सर्वाधिक मासिक मूल जुलाई महीने में $(23\pm3)\times10^{-3}$ देखा गया है जबकि इसका न्यूनतम मासिक मूल जनवरी महीने में $(6.6\pm2.6)\times10^{-3}$ प्राप्त हुआ। अरब सागर के ऊपर जल वाष्प का सर्वाधिक मासिक मूल जुलाई महीने में $(15\pm2.6)\times10^{-3}$ देखा गया जबकि इसका न्यूनतम मासिक मूल फरवरी महीने में $(6.3\pm1.8)\times10^{-3}$ प्राप्त हुआ। इसी प्रकार बंगाल की खाड़ी के ऊपर जल वाष्प का सर्वाधिक मासिक मूल जुलाई महीने में $(20\pm2.3)\times10^{-3}$ देखा गया है जबकि इसका न्यूनतम मासिक मूल फरवरी महीने में $(8.5\pm2.6)\times10^{-3}$ प्राप्त हुआ।

चित्र 3 से हम δD के वैश्विक वितरण को विस्तार से समझ सकते हैं। भूमध्य रेखा के आस पास δD की मात्रा सबसे अधिक होती है। इसकी मुख्य वजह अन्तर उष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्र (आई.टी.सी.जेड) का होना है। यहाँ पर उत्तरी गोलार्ध से आने वाली हवा का मेल दक्षिणी गोलार्ध से आने वाली हवा से होता है। इसकी वजह से यहाँ जल वाष्प अधिक हो जाता है जिसके फलस्वरूप δD में भी बढ़ोतरी होती है। दिसम्बर में भारत के ऊपर δD जुलाई के मुकाबले काफी कम होता है। समुद्र से आये जल वाष्प की समस्थानिक संरचना पेड़ों द्वारा स्वेद से उत्पन्न जल वाष्प से भिन्न होती है। इसके अध्ययन से पानी के स्रोत का पता लगाया जा सकता है। अफ्रीका और दक्षिण अमेरिका के जंगलों के ऊपर δD हर समय अधिक ही रहता है। यहाँ मौजूद जंगल लगातार स्वेद प्रक्रिया के द्वारा जल वाष्प उत्पन्न करते रहते हैं [7]। स्वेद से उत्पन्न वाष्प में δD गीली मिट्टी से उत्पन्न वाष्प के मुकाबले अधिक होता है। इस कारणवश हरे-भरे जंगलों के ऊपर δD की मात्रा अधिक होती है।




चित्र 3. दिसम्बर (बाएं) तथा जुलाई (दाएँ) में 825 एचपीए दबाव स्तर पर δD का वैश्विक वितरण।

### 5. निष्कर्ष:

वातावरण में व्याप्त जल समस्थानिक की उपस्थिति से हम इस बात का पता लगा सकते हैं की पानी का स्रोत क्या है। इस विधि के उपयोग से हम जल समस्थानिकों की सांद्रता का पता लगा सकते हैं जो हमें स्थानीय वायुमण्डल में जलवाष्प घटकों की जानकारी प्रदान कर सकते हैं। वर्षा के जल वाष्प में वर्षा का विभिन्न घटकों जैसे कि वाष्पोत्सर्जन, मृदा आर्द्रता, सरिता प्रवाह एवं भूजल में हिस्सेदारी का पता लगा सकते हैं। भिन्न अन्तरदेशीय जलविज्ञानीय इकाइयों में वाष्प/जल के ठहराव के समय का निर्धारण किया जा सकता है। मौसमीय एवं स्थलीय आधार पर वायुमण्डलीय/सतही जल/भूजल अन्तःक्रिया से संबंधित अन्वेषण में इसकी मदद ली जा सकती है। भारतीय उपमहाद्वीप के समस्थानिक जलविज्ञान आंकड़े के आधार पर लोगों को उचित जानकारी दी जा सकती है। इस अध्ययन में हमने जल वाष्प में मौजूद समस्थानिकों की स्थानिक एवं अस्थायी परिवर्तनशीलता को पेश किया है। भारत, बंगाल की खाड़ी तथा अरब सागर के उपर 825 एचपीए दबाव स्तर पर 2005-2011 के बीच δD तथा जल वाष्प मिश्रण अनुपात के बदलाव को समझने की कोशिश की है।

### सन्दर्भ:


[1] गाट जे. आर. 1996. आक्सीजन एंड हाइड्रोजन आइसोटोप इन द हाइड्रोलोजिकल साइकिल. अन्नु. री. पलानेट साईं. 24, 225-262.

[2] मूक डब्लू. ऍम. ई. 2001. एन्विरोंमेंटल आइसोटोप इन द हाइड्रोलोजिकल साइकिल. प्रिंसिपल एंड एप्लेकेशन। यू.एन.ई.एस.सी.ओ. सीरीस. *http://www.naweb.iaea.org/napc/ih/volumes.asp*

[3] मायेर ई. जे., ईरियन एफ.डब्लू., युआंग वाई.यल . एंड गंसन एम. आर. 1996. एटमोस स्त्रतोस्फेरिक दयूत्रय्तेद वाटर एंड इम्प्लिकय्शन फॉर त्रोपोस्फेर स्त्रतोस्फेर ट्रांसपोर्ट. जिओफीज़िक्स. रिस. लेट. 23, 2385-2388.

[4] कुआंग, ज़ेड. एम., टून, जी. सी., व्हेन्न्बर्ग, पी. ओ. एंड युआंग याइ. एल. 2003. मेजर्द HDO/H2O रेशियो अक्रोस द ट्रोपिकल ट्रोपोपौस. जिओफीज़िक्स. रिस. लेट. 30, 1372.

[5] ज़्खारोव वी. जे., इमासु, आर., ग्रिबानोव, के. जी., हौफ्मन्न, जी. एंड जौज़ल, जे. 2004. लेटीच्युडनल डिस्ट्रीब्युशन ऑफ द ड्यूटीरियम टू हाईड्रोजन रेशियो इन द एटमोसफेरिक वाटर वेपर रिट्रीव्द फ्रॉम IMG/ADEOS डाटा. जिओफीज़िक्स. रिस. लेट. 31, L12104.

[6] गलोस्की, जे. स्टीन-लार्सन, एच. सी., फील्ड, आर. डी., वार्डेन, जे., रीसी, सी. एंड श्नाइडर, एम. 2016. स्टेबल आइसोटोप इन एटमोसफेरिक वाटर वेपर एंड एप्लेकेशन टू द हाइड्रोलोजिकल साइकिल. रिव. जिओफीज़िक्स., 54, 809-865, डी.ओ.आई. 10.1002/2015RG000512.

[7] राईट, जे. एस., फू, आर., वार्डेन, जे. आर., चक्रबर्ती, एस., क्लिंटन, एन. इ., रीसी, सी., सुन, वाई. एंड यिन, एल. 2017. रेन-फोरेस्ट इनीशियेटेड वेट सीज़न ओन्सेट ओवर द सदर्न एमेजन. प्रो. नेश्नल. अकाड. साईं. यु. एस. ऐ. 114, 8481-8486.


### पारिभाषिक शब्दावलीः

1. समस्थानिक - इन तत्वों की परमाणु संख्या समान होती है जबकि इनके परमाणु भार भिन्न होते हैं। अंग्रेजी में इसे आइसोटोप के नाम से जाना जाता है।
2. जल वाष्प - पानी के वाष्पीकरण से उत्पन्न भाप जब हवा से मिलता है। अंग्रेजी में इसे वाटर वेपर कहते हैं।
3. स्वेद - पेड़ों तथा जीव जन्तुओं की कोषिकाओं द्वारा उत्पन्न जल वाष्प को स्वेद कहते हैं। अंग्रेजी में इसे ट्रान्सपीरेशन कहते हैं।
4. ट्रेस गैस - वायुमंडल में मौजूद बहुत ही सूक्ष्म मात्रा में पाए जाने वाले गैसों को ट्रेस गैस कहते हैं।

### लेखक परिचय:

निमिशा सिंह भू जल-विज्ञान विभाग में पिछले 1 साल से अधिक समय से काम कर रही हैं। उन्होंने उपग्रहों द्वारा प्राप्त मृदा आर्द्रता की मदद से सरिता प्रवाह की गणना की है। फिलहाल वे जल समस्थानिक के परिवर्तनशीलता पर अध्ययन कर रही हैं। उन्होंने काशी हिंदू विश्वविद्यालय से भौतिकी में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की है।

'अंतरिक्ष प्रणालियों के लिए समय एवं गुणवत्ता प्रभावी प्रबंधन की उपयोगिता'

# इसरो में परियोजना प्रबंधन की भावी दिशा

रोहित सिंह, वैज्ञानिक/अभियंता एससी (कार्यक्रम योजना एवं मूल्यांकन समूह)
विकास और शैक्षिक संचार यूनिट (डेकू)
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत

## सार

परियोजना प्रबंधन (प्रोजेक्ट मैनेजमेंट) आज के समय में कोई नया विषय नहीं है। अपितु प्रबंधन विज्ञान की यह शाखा सैकड़ों-हजारों वर्षों से उपयोग में है। आज से हजारो वर्ष पूर्व बनाये गए गीज़ा के पिरामिड, चीन की महान दीवार, ताजमहल जैसे अजूबे या वर्तमान में वाणिज्यिक जेट विमानों का विकास, बुर्ज खलीफा, रॉकेट प्रोद्योगिकी, उपग्रहों के समूह, अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन आदि सब कार्य परियोजना प्रबंधन प्रथाओं को लागू करने वाले प्रबंधक और उनकी दूरदर्शिता का परिणाम एवं सफल परियोजना प्रबंधन के बेजोड़ उदाहरण है।

अंतरिक्ष उड़ान से जुड़े हुए कार्यक्रम और परियोजनाएं अक्सर सबसे दृश्यमान और जटिल होती हैं, क्यूंकि इसमें बहुत सारी इकाइयों एवं केंद्रों को मिलकर एक साथ एक लक्ष्य पर काम करना होता है। राष्ट्रीय प्राथमिकताओं के कार्यान्वयन के अनुसार कई बार परियोजनाओं के समयकाल में भी परिवर्तन करना पड़ता है। इस प्रकार हर परियोजना या कार्यक्रम दायरे और जटिलता में एक दूसरे से भिन्न होती हैं, जिसके कारण उनका प्रबंधन भी जटिल होता है।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के बदलते परिदृश्य में आज परियोजना प्रबंधन का केंद्रीकृत उपयोग अति आवश्यक है। वर्तमान में इसरो अपनी बढ़ी हुई रॉकेट प्रक्षेपण की क्षमता का प्रदर्शन कर चुका है, एवं निकट समय में नयी प्रक्षेपण प्रणालियों के विकास में भी अग्रसर है। इसी प्रकार इसरो के केंद्रों में भी नीतभारों, उपग्रहों और उनसे जुड़े हुए अनुप्रयोगों को बढ़ाने की जिम्मेदारी आ रही है।

अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम और परियोजना प्रबंधन की आवश्यकताएँ नित बदलते समय के साथ बदल रही है। इस परिपेक्ष्य में परियोजना प्रबंधको को अपने स्तर पर यह सुनिश्चित करने के आवश्यकता है कि हम नए कार्यक्रम और परियोजनाएं विकसित करे और सफलतापूर्वक उनको लागत प्रभावी और कुशल तरीके से निष्पादित भी करे। जिसके लिए हमे कार्यक्रम और परियोजना प्रबंधन के सिद्धांतों एवं नीतियों को नए ढंग से स्थापित करना पड़ेगा। यह लेख इस दिशा में एक छोटा सा प्रयास है।

प्रमुख शब्द: परियोजना प्रबंधन (प्रोजेक्ट मैनेजमेंट), भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), रॉकेट प्रक्षेपण, अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम, परियोजना प्रबंधन कार्यालय (प्रोजेक्ट मैनेजमेंट ऑफिस - पीएम्ओ ), मानव संसाधन प्रबंधन, संगठनात्मक संरचना, बाध्यताएँ, समय प्रबंधन इत्यादि ।

## प्रस्तावना

एक परियोजना एक अद्‌वितीय उत्पाद, सेवा, या परिणाम बनाने के लिए एक अस्थायी प्रयास है। परियोजनाओं की अस्थायी प्रकृति यह इंगित करती है कि एक परियोजना की एक निश्चित शुरुआत और अंत होता है।अस्थायी रूप से इसका मतलब यह नहीं है कि एक परियोजना की अवधि कम है। यह अवधि एक दिन एक साल या एक दशक तक भी हो सकती है। परियोजनाओं की प्रकृति अस्थायी होती हैं, परन्तु उनके परिणाम परियोजना के अंत से भी बाहर हो सकते हैं। परियोजनाएं सभी संगठनात्मक स्तरों पर करी जा सकती हैं। एक परियोजना में एक व्यक्ति, समूह या विभाग भी शामिल हो सकता है। एक परियोजना कई संगठनों से एक संगठनात्मक इकाई या एकाधिक संगठनात्मक इकाइयों को शामिल करके भी बनायीं जा सकती हैं।

आमतौर पर यह माना जाता है कि परियोजना प्रबंधकों (प्रोजेक्ट मैनेजर) को सिर्फ यह जानने की जरूरत है कि लोगों को कैसे प्रबंधित किया जाए या आप बस कुछ सॉफ्टवेयर खरीदे, कुछ चार्ट और तालिका बनायें और आप एक प्रोजेक्ट मैनेजर बन सकते हैं। परन्तु समझने योग्य बात यह है कि, परियोजना प्रबंधन एक विज्ञान और एक कला दोनों है, यह एक व्यवस्थित प्रक्रिया का पालन करता है। यह किसी भी परियोजना को दो हिस्सों में विभाजित करता है - पहला प्रक्रिया समूह (प्रोसेस ग्रुप्स) और दूसरा ज्ञान प्रबंधन (नॉलेज एरिया)।

प्रक्रिया समूह के प्रबंधक परियोजना प्रबंधन की उच्च स्तरीय प्रक्रिया का पालन करते हैं जैसे की परियोजना का आरंभ करना, योजना बनाना, निष्पादन करना, निगरानी करना, नियंत्रित करना, और बंद करना। जबकि ज्ञान क्षेत्र के प्रबंधक परियोजना का एकीकरण, गुंजाइश, समय, लागत, गुणवत्ता, मानव संसाधन, संचार, जोखिम, और खरीद प्रबंधन आदि क्षेत्रों पर ध्यान देते है।

## परियोजना प्रबंधन कार्यालय (प्रोजेक्ट मैनेजमेंट ऑफिस - पीएम्ओ )

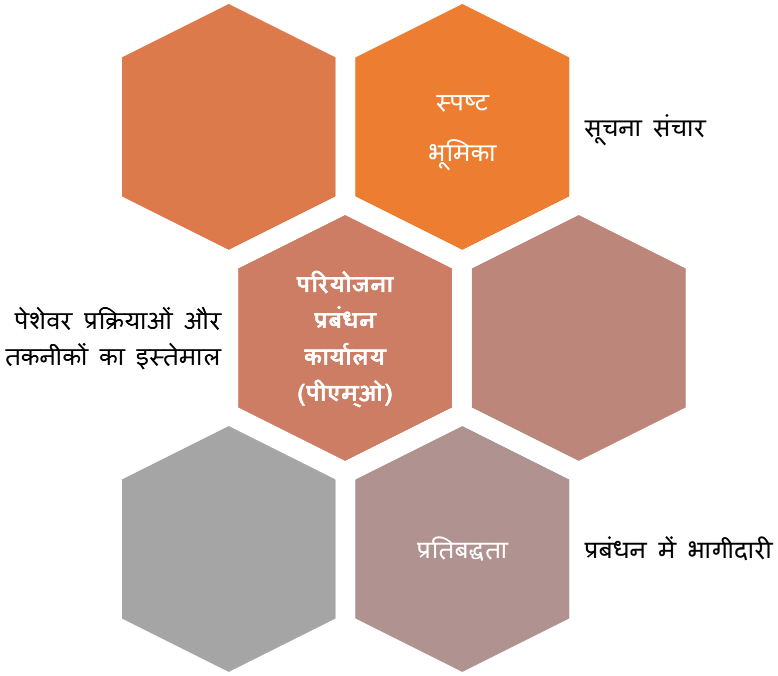
परियोजना प्रबंधन कार्यालय (प्रोजेक्ट मैनेजमेंट ऑफिस - पीएम्ओ ) परियोजना और कार्यक्रम प्रबंधन के लिए जिम्मेदार

होता है। यह विभाग परियोजनाओं के प्रबंधन को केंद्रीकृत करता है।, इस कार्यालय के तीन प्रमुख भूमिकाएँ है:

1) संगठन के भीतर परियोजनाओं के प्रबंधन के लिए नीतियों, पद्धतियों और टेम्पलेट प्रदान करना।
2) परियोजनाओं को प्रबंधित करने के तरीके पर संगठन में दूसरों को समर्थन और मार्गदर्शन प्रदान करना, परियोजना प्रबंधन सॉफ्टवेयर में दूसरों को ट्रेनिंग देना आदि।
3) विभिन्न परियोजनाओं के लिए परियोजना प्रबंधकों को आवश्यकता अनुसार नियुक्त करना आदि।

परियोजना प्रबंधन कार्यालय (पीएम्ओ) के अधिकार अन्य प्रभागो से कई मायनों में अलग होते है। एक संगठन के भीतर एक विभागीय इकाई है, यह कोई व्यक्ति नहीं है। सभी परियोजनाओं को एक निश्चित आकार, प्रकार, या प्रभाव में इस कार्यालय द्वारा प्रबंधित किया जाता है। यह कार्यालय :

- परियोजनाओं के बीच परस्पर निर्भरता का प्रबंधन करता है।
- संसाधन प्रदान करने में सहायता करता है।
- परियोजनाओं को समाप्त करने की सिफारिश करता है।
- संगठनात्मक प्रक्रियाओं के अनुपालन की निगरानी करता है।
- दूसरी परियोजना के सबक इकट्ठा करने और उन्हें अन्य परियोजनाओं के लिए उपलब्ध करने का कार्य करता है।
- परियोजनाओं के बारे में केंद्रीकृत संचार प्रदान करता है।
- परियोजना के शुरुआती दौर जैसे की परियोजना का आरंभ करना, योजना बनाने में सबसे ज्यादा भागीदारी करना।
- परिवर्तन प्रबंधन में भागीदारी करता है।




परियोजना प्रबंधन कार्यालय की जिम्मेदारियां

पीएमओ को सफलतापूर्वक कार्यान्वित करने के लिए, संगठनों को इन महत्वपूर्ण अवधारणाओं को याद रखना चाहिए:

- पीएमओ की भूमिका स्पष्ट रूप से परिभाषित की जानी चाहिए।
- पीएमओ को तीन प्रमुख भूमिकाओं में से एक लेना चाहिए, और उसपर काम करना चाहिए।
- कार्यकारी प्रबंधन की प्रतिबद्धता भी आवश्यक है।
- उचित परियोजना प्रबंधन के उपयोग के बिना परियोजना प्रदर्शन में सुधार न करे।
- प्रक्रियाओं और तकनीकों द्वारा पेशेवर परियोजना प्रबंधन को बढ़ावा दिया जाना चाहिए।

## परियोजना के उद्देश्य (प्रोजेक्ट ओब्जेक्टिव्स)

किसी भी परियोजना में जब उद्देश्यों को पूरा किया गया है, तभी परियोजनाओं को पूरा माना जाता है। यदि यह निर्धारित किया जाता है कि परियोजना के उद्देश्यों को पूरा नहीं किया जा सकता है, तो परियोजना को समय से पहले समाप्त कर दिया जाना चाहिए। उद्देश्यों की पूर्ण समझ परियोजना की लंबाई से आंकलित की जा सकती है। गुणवत्ता की गतिविधियों द्वारा यह सुनिश्चित किया जाता है कि परियोजना अपने उद्देश्यों को पूरा करे। जोखिम प्रबंधन भी एक महत्वपूर्ण गतिविधि है जिसके द्वारा हम किसी भी परियोजना उद्देश्यों के खतरे को कम कर सकते है। ऐसी चीजें जो परियोजना उद्देश्यों पर नकारात्मक प्रभाव डाल सकती हैं, उनकी लगातार निगरानी करनी चाहिए।

उद्देश्यों के द्वारा प्रबंधन करने के तीन महत्वपूर्ण सूत्र है:

1. स्पष्ट और यथार्थवादी उद्देश्यों की स्थापना करें।
2. समय-समय पर मूल्यांकन करें कि उद्देश्यों को पूरा किया जा रहा है या नहीं।
3. सुधारात्मक कार्रवाई लागू करें।

## उद्देश्यों के द्वारा प्रबंधन करने के तीन महत्वपूर्ण सूत्र

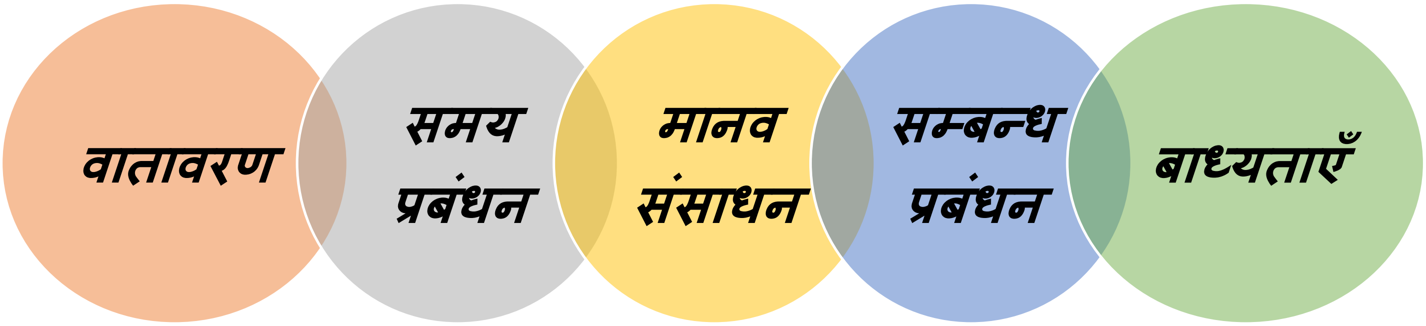
- *स्पष्ट और यथार्थवादी उद्देश्यों की स्थापना*
- *समय-समय पर उद्देश्यों का मूल्यांकन*
- *सुधारात्मक कार्रवाई*

### परियोजना प्रबंधक (प्रोजेक्ट मैनेजर)

किसी भी कार्यक्रम (प्रोग्राम) या परियोजना (प्रोजेक्ट) में उसका परियोजना प्रबंधक (प्रोजेक्ट मैनेजर) स्वयं की कुछ तकनीकी विशेषज्ञता और प्रबंधन कौशल लाता है। हालांकि, एक अच्छे परियोजना प्रबंधक (प्रोजेक्ट मैनेजर) में तकनीकी गुणों के अलावा कुछ अन्य विशेषताओं का भी होना आवश्यक है। परियोजना प्रबंधक के प्रबंधकीय कौशल, जैसे कार्यक्रम निर्धारण (शेड्यूलिंग) और बजट नियोजन से कहीं अधिक है। इसमें किसी भी कार्यक्रम / परियोजना का सामना करने वाली समस्याओं के बावजूद, एक मिशन के सफल विकास की ओर टीम का नेतृत्व करने की क्षमता शामिल है।

परियोजना प्रबंधक (प्रोजेक्ट मैनेजर) को परियोजना की पूरी तस्वीर देखने, संभावित समस्याओं को पहले से भांपने, बाधाओं के आसपास परियोजना समूह (टीम) को निर्देशित करने और एक ऐसा माहौल प्रदान करने की आवश्यकता है, जो टीम को सफल होने में सक्षम बनाता है। परियोजना प्रबंधक टीम के सदस्यों को कार्य की प्राथमिकताओं को अपने कार्यों के माध्यम से बताता है और उनका सही दिशा में नेतृत्व करता है। कार्यक्रम / परियोजना की सफलता के लिए परियोजना प्रबंधक (प्रोजेक्ट मैनेजर) की मजबूत प्रतिबद्धता, मजबूत कार्य नैतिकता, उत्साह संचार और टीम के सदस्यों के प्रति सम्मान द्वारा आवश्यक नेतृत्व प्रदान करने से टीम एक सफल एवं लंबा रास्ता तय करती है।

### अंतरिक्ष कार्यक्रम / परियोजना विकास से जुड़े परियोजना प्रबंधकों के लिए महत्वपूर्ण बिंदु :




परियोजना प्रबंधकों के लिए महत्वपूर्ण बिंदु

- **वातावरण के प्रति सक्रियता**

नेतृत्व अपने आसपास के वातावरण से सक्रिय एवं सचेत होने के बारे में है। इसका मतलब है समस्याओं का पहले से अनुमान लगाना और मुद्दों को दूर करने से पहले की कार्रवाई करना, या उनके प्रभाव को कम से कम कम करना। एक प्रतिक्रियाशील प्रबंधक हमेशा समस्याओं के पीछे होगा और कभी भी मुद्दे को पकड़ नहीं पाएगा। जबकि एक सक्रिय प्रबंधक अनुमानित रूप से समस्याओं से आगे बढ़कर सभी हितधारकों से बात करता है, और समस्याओं से एक कदम आगे रहेगा। एक सक्रिय प्रबंधक हमेशा यह सुनिश्चित करता है कि कार्यक्रम / परियोजना सही रास्ते पर है।

उदाहरण के तौर पर अगर किसी प्रभाग के कुछ नीतभार के उपकरण विदेश से मँगवाए जाने है, तो परियोजना प्रबंधक को सभी अनुमानित समस्याओं का पहले से आकलन कर लेना चाहिए। जैसे कि अगर निविदा कि प्रक्रिया, नीतभार के प्रेषण आदि के दौरान कुछ देरी होती है, तो परियोजना के बाकी सारे पहलुओं में भी परिवर्तन का आकलन करके सभी हितधारकों को सूचित करना एक सक्रिय प्रबंधक की जिम्मेदारी है। इससे दूसरे केंद्र व प्रभागों को अपने परियोजना में जरूरी परिवर्तन

का समय मिल जाएगा, एवं उनका समय व संसाधनों की बचत होगी।

### ❖ समय प्रबंधन

कार्यक्रम / परियोजना विकास को आगे बढ़ाने के लिए समय-समय पर निर्णय लेने की आवश्यकता पड़ती है। आदर्श रूप से, हर कोई निर्णय लेने से पहले सभी संभावित जानकारी लेना चाहता है। परन्तु अमूमन सही निर्णय सुनिश्चित करने में सारी जानकारी एकत्रित करने में एक लंबा समय लगता है। हालांकि, समय एक ऐसा सुख है जो आम तौर पर परियोजना प्रबंधको के लिए उपलब्ध नहीं है। अक्सर, इन्हें न्यूनतम जानकारी के साथ एक निर्णय लेना पड़ता है। कम जानकारी के साथ सही एवं अच्छे निर्णय लेने की क्षमता ही एक एक अच्छे प्रबंधक को बाकियों से विशिष्ट बनाता है। यदि आपने एक गलत निर्णय ले लिया है और आप उसके बारे में जानते है, तो उस गलती का सुधार किया जा सकता है, परन्तु अगर आपके अन्दर निर्णय लेने की क्षमता ही नहीं है तो उसके परिणाम और गंभीर हो सकते है। सही समय पर सही निर्णय लेना की कला ही एक सफल प्रबंधक को बनाता है।

उदाहरण के लिए, अगर किसी भी नीतभार को केंद्र से भेजे जाने के बाद परियोजना प्रबंधक के संज्ञान में गुणवत्ता परीक्षण के दौरान की कुछ ऐसी त्रुटियाँ मिलती है, जिनके परिणाम देरी से आये है। तो यह बात दूसरों के संज्ञान में लाने की जिम्मेदारी परियोजना प्रबंधक की है, क्यूंकि अगर परियोजना के आगे के चरणों में या उपग्रह कक्षा में जाकर इसकी वजह से कुछ दिक्कते आती है तो यह पूरे कार्यक्रम को खतरे में डाल सकता है। परियोजना प्रबंधक को कई बार ऐसे निर्णय लेने पड़ते है, जिनके लिए उन्हें बाहर से दबाव पड़ता है, परन्तु उन्हें इन सब की परवाह किये बिना कठोर निर्णय लेने की क्षमता ही परियोजना को सफल बनाती है।

### ❖ मानव संसाधन प्रबंधन

अंतरिक्ष प्रोद्योगिकी से जुड़े कार्यक्रम / परियोजना एक गहन गतिविधि है, जिसके लिए एक मजबूत टीम की आवश्यकता होती है। यद्यपि परियोजना प्रबंधक (प्रोजेक्ट मैनेजर) के पास मानव संसाधन पर पूर्ण नियंत्रण नहीं है, फिर भी उन्हें यह सुनिश्चित करने की ज़रूरत है कि टीम ठीक से काम कर रही है, खासकर अनुभवी लोगों को उपयोग प्रभावी रूप से हो पा रहा है। टीम के सदस्यों के लिए निर्णय के लिए उचित अधिकार सौंपना, उनके आत्मविश्वास और काम पूरा करने के लिए महत्वपूर्ण है। उचित नेतृत्व के साथ, टीम अपने फैसलों में भरोसा करेगी और सफल मिशन सुनिश्चित करने के लिए कड़ी मेहनत करने की इच्छुक होगी।

इसरो के वर्तमान परियोजनओं में अनुभवी सदस्यों के अलावा, कम अनुभवी सदस्यों को शामिल करना और कार्य के अनुरूप उन्हें समय समय पर सलाह देना आवश्यक है। परियोजना प्रबंधक को यह भी सुनिश्चित करना चाहिए कि बाद के कार्यक्रमों / परियोजनाओं में उन सदस्यों द्वारा उचित अनुभव पारित किया जाए। इसके द्वारा इसरो का ज्ञान प्रबंधन (नॉलेज मैनेजमेंट) भी सफलता पूर्वक किया जा सकता है। जो हमारे जैसे शोध संस्थानों / संगठनों के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है।

### ❖ सम्बन्ध प्रबंधन

कार्यक्रम / परियोजना हितधारकों के साथ संबंधों का प्रबंधन एक सफल परियोजना विकास के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। हितधारकों में वैज्ञानिक, कार्यक्रम कार्यालय, अन्य केंद्र, अंतर्राष्ट्रीय साथी संस्थान, मुख्यालय (मुख्यालय), अन्य सरकारी एजेंसियां, विधायी और कार्यकारी शाखाओं के कर्मचारी शामिल हैं। परस्पर संवाद हितधारक के साथ-साथ समीक्षा टीमों के लिए भी परियोजना प्रबंधन का सबसे अच्छा तरीका है। अगर कार्यक्रम / परियोजना में किसी भी प्रकार की समस्या आती है तो उनको छुपाना उचित नहीं है। हितधारक यह बात भली भांति समझते हैं कि समस्याएं अपरिहार्य हैं, और प्रक्रिया का एक सामान्य हिस्सा हैं।

यदि आप समस्याओं को हल करने के लिए सक्रिय, दृढ़ कदम उठाते हैं तो आपको उनके अविश्वास के बजाय हितधारकों के समर्थन मिलेंगे। उदहारण के लिए यदि कार्यक्रम / परियोजना बजट में कटौती की जाती है, तो आपको यथार्थवादी होना चाहिए और सभी मूल लक्ष्यों को पूरा करने के वादे किए बिना एक नई बेसलाइन को प्रतिस्थापित या विकसित करने के लिए हितधारकों के साथ काम करना होगा। हितधारकों के साथ काम करते समय आपका मुख्य उद्देश्य लगातार उनके साथ संवाद करना है- जानकारी प्रदान करना और इनपुट प्राप्त करना है। उनके द्वारा प्रदान किए जाने वाले समर्थन को बनाए रखने के लिए आपको इसकी आवश्यकता है।

### ❖ अनुबंधित कर्मचारियों का प्रबंधन

परियोजना प्रबंधक अक्सर ठेकेदारों अथवा अनुबंधित कर्मचारियों के साथ भी काम करते हैं। सफल होने के प्रोजेक्ट टीम को लिए केवल ठेकेदार या अनुबंधित कर्मचारियों की निगरानी ही नहीं ,अपितु उनके साथ सामंजस्य में काम करने की ज़रूरत है। यदि आपके पास एक मजबूत, सक्षम टीम है, तो ठेकेदार भी एक समान मजबूत टीम के साथ जवाब देगा। आदर्श स्थिति यह है कि जब परियोजना टीम और अनुबंधित कर्मचारी दोनों एक एकीकृत परियोजना टीम की तरह महसूस करते हैं। यह टीमों को विश्वास के साथ मिलकर काम करने में सक्षम बनाता है।

एक परियोजना प्रबंधक को अनुबंधित कर्मचारियों के प्रति भी संवेदनशील होना चाहिए क्यूंकि वो भी परियोजना के लिए बराबर रूप से महत्वपूर्ण है। यदि आप अनुबंधित कर्मचारियों के बीच में कोई गंभीर मुद्दा देखते हैं, तो इसे ठीक करने के लिए प्रारंभिक और सक्रिय कार्रवाई करें, क्योंकि समस्याओं के

बावजूद, कार्यक्रम या परियोजना की आवश्यकताओं के अनुसार प्रबंधन करना ही एक सफल परियोजना प्रबंधक की निशानी है।

❖ प्रबंधन में बाध्यताएँ

परियोजना प्रबंधक के रूप में, आपको प्रोजेक्ट समेत एक परियोजना को पूरा करने के लिए कई चीजों को संभालना या जोड़ना होगा जैसे समय, लागत, जोखिम, दायरा, गुणवत्ता, संसाधन, ग्राहक संतुष्टि, और अन्य कारक। हितधारक, प्रबंधक, और अन्य उपयोगकर्ता अनिवार्य रूप से कुछ बदलने या परियोजना में नया काम जोड़ने या घटाने की कोशिश करेंगे। प्रोजेक्ट मैनेजर के रूप में, आप इन परिवर्तन अनुरोधों का विश्लेषण करने और पहचानने के लिए ज़िम्मेदार हैं। ऐसी बाध्यताओं से आगे बढ़कर ही एक सफल परियोजना का निर्माण होता है।

कई बार किसी नीतभार अथवा उपग्रह के विकास चरण के दौरान आपको अचानक से उपयोगकर्ताओं द्वारा कुछ नए परिवर्तन की माँग की जाती है, तो ऐसी स्थिति में एक परियोजना प्रबंधक को घबराये या हडबडाए बिना अपनी बाध्यताएँ उपयोगकर्ताओं के समक्ष रखनी चाहिए, एवं परस्पर संवाद के द्वारा उनका नियोजन करना चाहिए।

## निष्कर्ष

कोई भी परियोजना पृथकता में काम नहीं करती है। परियोजनाओं पर बहुत सारी चीजों का प्रभाव पड़ता है, जैसे कि, सांस्कृतिक मानदंड, प्रबंधन नीतियां, और संगठनों की प्रक्रियाएं आदि। अच्छे परियोजना प्रबंधक इन प्रभावों की तलाश करते हैं और उन्हें परियोजना और संगठन के लाभ के लिए प्रबंधित करते हैं।

प्रभाव के मुख्य रूपों में से एक यह है कि कार्यक्रम का आयोजन कैसे किया जाता है। संगठनात्मक संरचना यह निर्देश देगा कि प्रोजेक्ट मैनेजर की संसाधनों के साथ मदद के लिए कौन करेगा, सूचना संचार कैसे होना चाहिए, परियोजना को कैसे संभाला जाना चाहिए, और परियोजना प्रबंधन के कई अन्य पहलुओं जैसे नियोजन, निष्पादन, निगरानी और नियंत्रण आदि को कैसे संभाले। संगठनात्मक संरचना के अनुसार परियोजना प्रबंधक और कार्यात्मक प्रबंधक (फंक्शनल मेनेजर) की जिम्मेदारी और जवाबदारी भी निर्धारित की जानी चाहिए।

आज बाजार में विभिन्न प्रकार की प्रबंधन गतिविधियों के लिए तरह तरह के परियोजना प्रबंधन सॉफ्टवेर और उद्यम संसाधन योजना के सॉफ्टवेर उपलब्ध है। इनका उपयोग करके भी हम परियोजना की निगरानी वा नियंत्रण कर सकते है। हमे अपनी जरूरतों के अनुसार इनका उपयोग शुरू कर देना चाहिए।

आज भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में जिस तेजी से विकास और परिवर्तन आ रहे है, समय की माँग यही है की एक संगठनात्मक स्तर पर हम केंद्रीकृत परियोजना प्रबंधन की ओर अग्रसर हो और नयी नीतियाँ बनाये। अगर हमे विश्व के दूसरे अंतरिक्ष कार्यक्रमों के साथ चलना है, एवं उनसे आगे निकलना है, तो अब सही वक्त है कि हम प्रबंधन के सिद्धांतों को अपने सभी कार्यक्रम एवं परियोजनाओं में उपयोग करे।

## सन्दर्भ सूची


1. A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK® Guide) - 6th Edition
2. PMP" Exam Prep by Rita Mulachy – 9th Edition
3. NPR 7120.5, NASA Space Flight Program and Project Management Handbook (2010)
4. https://www.pmi.org etc


## आभार

मैं विकास और शैक्षिक संचार यूनिट (डेकू) के निदेशक, श्री वीरेन्द्र कुमार जी का आभारी हूँ कि उन्होंने मुझे 'इसरो में परियोजना प्रबंधन की भावी दिशा' के ऊपर ये लेख लिखने का अवसर प्रदान किया । मै कार्यक्रम योजना एवं मूल्यांकन समूह के निदेशक श्री राजेश खन्डेलवाल जी को भी धन्यवाद देना चाहूँगा जिन्होंने इस लेख को पूरा करने में मुझे समय-समय पर उचित मार्गदर्शन और प्रोत्साहन दिया एवं कार्यक्रम योजना एवं निगरानी समूह के प्रमुख श्री एस एल राजशेखर जी को भी मै उनके विशेष सुझाव एवं मार्गदर्शन के लिए आभार व्यक्त करता हूँ।

## लेखक परिचय

रोहित सिंह
वैज्ञानिक/अभियंता एस सी,
कार्यक्रम योजना एवं मूल्यांकन समूह
विकास और शैक्षिक संचार यूनिट

***

# सही घटक सही समय पर गुणवत्ता प्रमाणित

**विनोदचंद्र एम पटेल#1 जयेशकुमार जेसलपुरा #2**
**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),**
**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)**
**अहमदाबाद, गुजरात, भारत**
#1vmpatel@sac.isro.gov.in, jmjesalpura@sac.isro.gov.in, #2

## सारांश-

अंतरिक्ष प्रणाली की गुणवत्ता और विश्वसनीयता, इसके घटक-भागों पर निर्भर है। प्रत्येक घटक, प्रणाली उप-प्रणाली के निर्माण का मूल खंड हैं। इसलिए, अंतरिक्ष-मिशन की सफलता के लिए एक प्रभावी “घटक प्रबंधन कार्यक्रम” (पार्ट्स मैनेजमेंट प्रोग्राम, पीएमपी) का कार्यान्वयन अति आवश्यक है। “घटक प्रबंधन कार्यक्रम” (पार्ट्स मैनेजमेंट प्रोग्राम, पीएमपी), अंतरिक्ष प्रणाली के जीवन-चक्र में शामिल विभिन्न प्रक्रियाओं और तत्वों को शामिल करता है, जैसे की घटक-अवयव का चयन, अधिग्रहण, भंडारण, संचालन, प्रबंधन, लेन-देन, , वितरण, मांग, एवं उपयोग आदि। एक उचित और कारगर “घटक प्रबंधन कार्यक्रम”, अंतरिक्ष प्रणालियों के निर्माण के लिए, **सही समय पर गुणवत्ता प्रमाणित सही घटक-अवयव** की उपलब्धता सुनिश्चित करता है। यह सुनिश्चितता; कम्प्यूटरीकृत रीयल-टाइम इन्वेंटरी सिस्टम, पूर्ण ट्रेसिबिलिटी, दीर्घकालिन संग्रह, ईएसडी (ESD) नियंत्रण, स्टॉक-अलर्ट, खरीद-कॉल, विसंयोगन (अलगाव) और सख्त पर्यावरण नियंत्रण के माध्यम द्वारा हासिल कि जाती है।

## 1. प्रस्तावना

EEE (इलेक्ट्रॉनिक्स, इलेक्ट्रिकल और इलेक्ट्रोमेकनिकल) घटक-भाग, अंतरिक्ष प्रणाली के मूलतः अवयव हैं और इसलिए घटक-भागों की गुणवत्ता और विश्वसनीयता, अंततः अंतरिक्ष मिशन की सफलता या विफलता निर्धारित करती है। इसलिए अंतरिक्ष-प्रणाली निर्माण के अंतर्गत, एक प्रभावी “घटक प्रबंधन कार्यक्रम” (पार्ट्स मैनेजमेंट प्रोग्राम, पीएमपी) लागू किया जाना चाहिए जिसमें, घटक-भाग के चयन, अधिग्रहण से लेकर उसके उपयोग, ऑन-बोर्ड प्रदर्शन तक के सभी तत्व हों। उचित भंडारण और सुरक्षित हैंडलिंग के साथ घटको की सूची का प्रबंधन, “घटक प्रबंधन कार्यक्रम” (पार्ट्स मैनेजमेंट प्रोग्राम, पीएमपी) का मुख्य तत्व है। यह लेख, सैक/इसरो में निर्माणधीन सभी अंतरिक्ष प्रणाली (स्पेस पेलोड सिस्टम) के लिए अनुबंधित इन्वेंट्री प्रबंधन पद्धति और प्रक्रियाओं का वर्णन करता है।

## 2. आवश्यकता, एक विशेष सुविधा की

अंतरिक्ष परियोजना के निर्माण कार्य में आम तौर पर कई प्रकार के लाखो घटक-भागों (पार्ट्स) की आवश्यकता होती है,। एक अंतरिक्ष-यान का सामान्यतः 10 से 20% प्रतिशत हिस्सा, उसमें सम्मिलित विजाणु घटक-भागों (पार्ट्स) का होता है।

वर्तमान परिदृश्य में, कई अंतरिक्ष प्रणालियाँ (सेटेलाइट पेलोड) का समानांतर निर्माण कार्य एक कड़ी चुनौती है जो समय-सारिणी (टाइम-शेडयूल) को भी निचोड़ती हैं। ये चुनौतियां अनिवार्य रूप से, समय-सारिणी और विश्वसनीयता के निर्धारित लक्ष्यों को, प्राप्त करने के लिए **"सही घटक-भाग, सही समय पर"** नीति तंत्र की मांग करती है।

लंबा खरीद-चक्र, सीमित स्रोतों जैसे खतरों के प्रभाव को कम करने के लिए, "थोक-खरीद (वोल्यूम-बाय)" दृष्टिकोण अंतरिक्ष घटक-भाग खरीद के लिए अपनाया जाता है, जिसके लिए दीर्घकालिक भंडारण और सुरक्षित हैंडलिंग प्रक्रियाओं के साथ एक प्रभावी पार्ट्स इन्वेंट्री प्रबंधन की आवश्यकता होती है।

सैक में स्थित “अंतरिक्ष प्रणाली अनुबंधित भंडार (बोंडेड स्टोर्स)” इन सभी आवश्यकताओं को पूरा करता है।

## 3. बोंडेड स्टोर्स (अंतरिक्ष प्रणाली अनुबधित भंडार)

बोंडेड स्टोर्स, अंतरिक्ष प्रणाली के निर्माणकार्य मे उपयोग होने वाले सभी EEE घटक-भागों (पार्ट्स) को संरक्षित और वितरित करता है। EEE घटक-भागों के अलावा, अन्य इलेक्ट्रॉनिक्स आइटम, जैसे की फैब्रिकेशन सामग्री, पीसीबी, पैकेज, मॉड्यूल भी बोंडेड स्टोर्स में संरक्षित/ संग्रहीत किए जाते हैं।

चित्र 1 : बोंडेड स्टोर्स, सैक

बोंडेड स्टोर्स से, बहु-चरण सत्यापन (मल्टी स्टेप वेरिफिकेसन) और विनियमन के माध्यम दवारा, यह प्रामाणित किया जाता है की **उपग्रह निर्माण के लिए, केवल “स्वीकृत घटक-भाग (एक्सेप्टेड-पार्ट) जारी की गई हैं**।

बोंडेड स्टोर्स क्षेत्र में, पर्यावरणीय परिस्थितियों हमेशा ही (राउन्ड द क्लोक) इसरो-पैक्स-300 के पूर्ण अनुपालन में, पर्यावरण मानकों की सीमाओं के भीतर रखा जाता है और पूर्णतः नियंत्रित किया जाता है।

• **तापमान : 22 डिग्री सेल्सियस ± 3 डिग्री सेल्सियस**
• **आर्द्रता : 50 ± 10% आरएच**

तापमान, **आर्द्रता, स्वच्छता-अंक** और अन्य सभी मापदंड (पैरामीटर) निर्धारित समयावधि पर कैलिब्रेटेड उपकरणों के माध्यम से नापा मापा जाता है और दर्ज भी किया जाता है।

• **प्रकाश-तीव्रता: 100 फीट कैंडल (1 फुट विस्तार मे)**

**प्रकाश** सभी जगह मे एक सामान , छाया-रहित और कार्यो के सही निष्पादन के लिए गंभीर प्रतिबिंब से मुक्त है।

• **स्वच्छता :** इसरो-पैक्स -300 के अनुसार, कक्षा 1 लाख (क्लास 1 लाख) और स्वच्छ क्षेत्र का दबाव ज्यादा रखना जरुरी है।

प्रदूषण के सभी संभावित स्रोतों पर अंकुश रखकर उसे नियंत्रण में रखा जाता है।

मुख्य-भंडार मे प्रवेश एवं निकास (एन्ट्री/एक्सिट), दूषित पदार्थो के प्रवेश को रोकने के लिए एयर शावर के माध्यम से और अलग और पृथक (आइसोलेटेड) है। स्वच्छता का स्तर, कैलिब्रेटेड पार्टिकल-काउंटर का उपयोग करके मापा जाता है।

• **ईएसडी सुरक्षा/ उपाय/ नियंत्रण:** ईएसडी नियंत्रण प्रणाली, यह सुनिश्चित करने के लिए संस्थापित की गई है कि संवेदनशील घटक-भाग सुरक्षित रहें और इलेक्ट्रोस्टेटिक संवेदनशीलता स्तर के नीचे संभावित अंतर कम हो।

कार्य-टेबल का मैट, स्टेटिक डीसिपेटीव ($10^5$ से $10^{10}$ ओहम/ वर्ग) हैं और 1 मेगाओहम्स प्रतिरोध (रेसिस्टर) के माध्यम से ग्राउंडेड हैं।

सभी काम करने वाले कर्मियों, कलाई पट्टियों के माध्यम से जमीन से उपयुक्त रूप से जुड़े हुए हैं। उपयोग मे लेने वाली वस्तुये ; कार्य-ट्रे, कंटेनर, बैग, उपकरण, वस्त्र, जूते, कुर्सियाँ आदि सभी उपकरण स्टेटिक डीसिपेटिव है।

मुख्य-भंडार मे पूरा तल (फ़्लोर) पर्याप्त ग्राउंडिंग के साथ स्टेटिक डीसिपेटीव टाइल्स से बना है।

ईएसडी नियंत्रण उपायों की दक्षता, समय-समय पर सत्यापित की जाती है और आईएसआरओ-पीएक्स-300 दिशानिर्देशों के निर्धारित अनुसूची के अनुसार स्वतंत्र परीक्षण (ऑडिट) भी की जाती है।

बोंडेड स्टोर्स क्षेत्र में कर्मियों, सामग्रियों और उपकरणों के लिए लागू नियमों का उपयोग। सीसीटीवी प्रणाली के साथ सहायता की पर्याप्त निगरानी, अलार्म के साथ अग्नि सुरक्षा प्रणाली और अनबन्धित आपातकालीन निकास भी मौजूद हैं। फर्नीचर न्यूनतम है ताकि सफाई आसान और पूरी तरह हो सके।

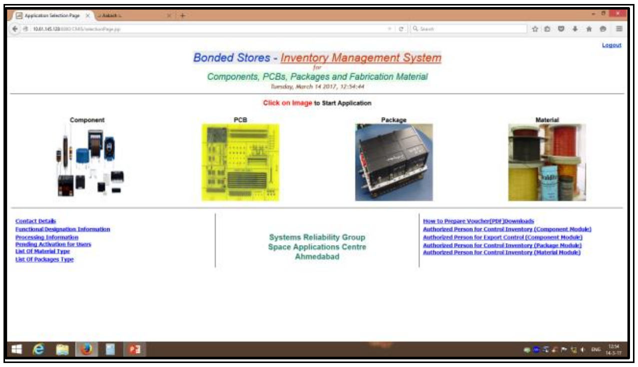
### 4. घटक-भाग सूची एवं प्रबंधन प्रणाली (पार्टस इन्वेंटरी मेनेजमेंट प्रोग्राम)

घटक-भाग सूची एवं प्रबंधन प्रणाली की आवश्यकता इसलिये है कि किसी भी समय हम यह जान सके कि घटक-भाग (पार्ट्स) का कितना स्टॉक उपलब्ध है ताकि उपयोगकर्ताओं को मौजूदा स्टॉक की दृश्यता और उत्पादन समय पर इसकी उपलब्धता हो सके।

चित्र 2 : ईएसडी मुक्त कार्य-स्थल

इन जरूरतों को समझते हुए, एक अनुकूलित (कस्टमाईज़ड) सॉफ्टवेयर विकसित किया गया और 2006 से सैक में परिचालित कराया गया था। "बॉन्डेड स्टोर्स कोम्पोनेन्ट्स इन्वेंटरी मैनेजमेंट सिस्टम (BS-IMS, बीएस-आईएमएस) सॉफ्टवेयर" नामक यह सॉफ्टवेयर, बॉन्डेड स्टोर्स के इन्वेंट्री प्रबंधन और रियल-टाइम ऑपरेशन्स का मुख्य हिस्सा है, लेनदेन।

बीएस-आईएमएस सॉफ्टवेयर "स्ट्रैट्स 2 फ्रेम जावा वर्क" तकनीक में विकसित किया गया था और इसके बाद दो बार अपग्रेड किया गया है। परियोजनाओं, क्यूए/ क्यूसी, पीएफएफ और अन्य सुविधाओं के उपयोगकर्ताओं द्वारा वस्तुओं (EEE घटक/भागों, पीसीबी, पैकेज, फैब्रिकेशन सामग्री) की उपलब्धता और लेनदेन को जानने के लिए इसका व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है।




चित्र 3 : बोंडेड स्टोर्स, आई एम एस पोर्टल मुख्य पेज

### बीएसआईएमएस- सॉफ्टवेयर (BS-IMS SW)

यह एप्लिकेशन सॉफ्टवेयर ,वेब आधारित है और जावा में स्ट्रैट्स फ्रेम 2वर्क पर विकसित किया गया है।

- वेबसर्वर: अपाचे टॉमकैट 7.0
- डेटाबेस: एसक्यूएल सर्वर 2008 आर 2 (रिलेशनल डेटाबेस)
- ऑपरेटिंग सिस्टम: विंडोज सर्वर 2012

### पहुँच क्षमता

- बीएस-आईएमएस सॉफ्टवेयर, 24*7 सर्वर पर होस्ट किया गया है और एसएएसएनईटी के साथ-साथ इसरो केंद्रों में स्पेस नेट के माध्यम से भी उपलब्ध (एक्सेसिबल) है।
- वर्तमान में, 600 से भी अधिक उपयोगकर्ता हैं और एक साथ उपयोग करने मे कोई सीमा या प्रतिबंध नहीं है।

(सी) डाटाबेस वॉल्यूम और स्ट्रक्चरल कॉम्प्लेक्सिटी

- स्क्रीन की संख्या: 125 (30+ स्क्रीन उच्च जटिलता के हैं: 40 फ़ील्ड, 25 बटन)
- रिपोर्ट की संख्या: 60
- टेबल्स की संख्या: 60 (कम से कम 20+ टेबल उच्च जटिलता के हैं: 40 फ़ील्ड तक)

मुख्य विशेषताएं

- वेब आधारित सॉफ्टवेयर सिस्टम, उपयोगकर्ता के अनुकूल व्यापक जीयूआई (GUI)के साथ संचालित मेनू।
- लेनदेन के लिए कुल चार मॉड्यूल (EEE घटक/भाग, फैब्रिकेशन-सामग्री, पीसीबी, पैकेज) प्रत्येक के लिए अलग स्टॉक उपलब्धता जानकारी के लिये।
- उपयोगकर्ता और भूमिका आधारित प्रमाणीकरण और अधिकारों के असाइनमेंट।
- पांच लेनदेन प्रकार : जमा, वितरण और वापसी (स्क्रीनिंग, फैब्रिकेशन, निर्माण/विफलता विश्लेषण, एमआरबी, टिनिंग, संगतता इत्यादि), परियोजनाओं और आरक्षण के बीच स्थानांतरण।
- नई परियोजनाओं और स्टॉक, उपयोगकर्ता और परियोजनाओं, परियोजनाओं और परियोजना स्टॉक : हर एक के लिये अतिरिक्त विन्यास स्क्रीन,
- भंडारित वस्तुओं की गुणवत्ता और मात्रा की पूरी जानकारी।
- लेनदेन की पूरी जानकारी, रिकॉर्ड के साथ. प्रत्येक आइटम के लिए परियोजनावार जमा/ वितरण/ समय अवधि/ अवधि में वापसी आदि विगत।
- हर एक परियोजना-स्टॉक में 'सभी वस्तुओं' की उपलब्धता की त्वरित जानकारी।
- अनुकूलित आवश्यकताओं के अनुसार दृश्य और रिपोर्ट।
- आकस्मिकता के लिए वस्तुओं का आरक्षण।
- मास्टर डेटाबेस (एमडीबी) निर्माण और ऑनलाइन। अनुमोदन।
- आइटम डेटा पैकेज (टेस्ट रिपोर्ट, प्रमाणपत्र और जमा वस्तुओं से संबंधित अन्य दस्तावेज) अपलोड/ डाउनलोड सुविधा।
- आसान और तेज़ी से वितरण के लिए, जमा वस्तुओं को स्थान टैग का असाइनमेंट।
- उपयोगकर्ताओं द्वारा ऑनलाइन घटक/भाग स्क्रीनिंग अनुरोध।
- एसआईवी तैयार करने के लिए एक्सेल शीट का उपयोग करके तैयार बीओएम का आयात।
- ईमेल के माध्यम से वाउचर की प्रसंस्करण पर उपयोगकर्ता को अधिसूचना।
- "निर्यात नियंत्रित" और "अति महत्वपूर्ण" वस्तुओं का सूची नियंत्रण।
- पूर्ण स्क्रीनिंग रिकॉर्ड के साथ नई परियोजना-स्टॉक में अप्रयुक्त (unused) स्टॉक का मानचित्रण।
- अनुचित आरक्षण और वस्तुओं की रिहाई को रोकने के लिए निर्धारित समय के बाद लेनदेन अनुरोध को स्वत: रद्द करना।

5. बॉंडेड स्टोर्स ऑपरेशन और कार्य-प्रवाह

बॉंडेड स्टोर्स में पहली बार आने वाले, आइटम/ वस्तु-समूह (आइटम लॉट) को अनुक्रमिक रूप से प्रति जमाव बैच/ लॉट, एक जारीकर्ता अंक (इस्सु नंबर) आवंटित किया जाता है,। आइटम के जमा होने से पहले, हर एक आइटम का एक विशेष एमडीबी (मास्टर डेटा बेस) नंबर जनरेट किया जाता है जिसमें संबंधित घटक/भाग की महत्वपूर्ण विगत की कोडिंग शामिल है।

एमडीबी नंबर की संरचना, वस्तुओं की प्रत्येक श्रेणी के लिए मानकीकृत है। एक ट्रांजिस्टर के लिए बनाया गया, एमडीबी संख्या का उदाहरण नीचे है;

TABLE 1. MDB No. Structure Example

| TABLE I. **Part No** | TABLE II. **Package** | TABLE III. **Pins** | TABLE IV. **Quality** | TABLE V. **RHA** |
|---|---|---|---|---|
| TABLE VI. 2N2222A | TABLE VII. TO-18 | TABLE VIII. 3 | TABLE IX. MIL-S | TABLE X. 100K |

आइटम्स को इश्यू क्रमांक से स्टोर किया जाता हैं। उसके बाद प्रत्येक आइटम्स की लेनदेन, स्क्रीनिंग, निरीक्षण, निर्माण, भंडारण और अन्य प्रकिया वाउचर के माध्यम से कि जाती है। प्रत्येक वाउचर का एक संदर्भ नंबर (वाउचर नं) है जो संबंधित आइटम के से जुड़ा हुआ है।

जमा करने की प्रक्रिया

स्टोर्स डिपॉजिट वाउचर (एसडीवी), आइटम के आवंटित एमडीबी नंबर का उपयोग करके तैयार किया जाता है और उसके बाद बॉन्डेड स्टोर्स में आइटम जमा कि जाती है। FM आइटम अपरिक्सित (अनस्क्रीन) ग्रेड और LAT आइटम को TS ग्रेड में जमा किया जाता है।

लेने की प्रक्रिया

स्टोर्स इश्यु वाउचर (एसआईवी) स्क्रीनिंग, परीक्षण, फैब्रिकेशन, एमआरबी (गैर-अनुरूपता स्वभाव) और अन्य उद्देश्यों के लिए बॉंडेड स्टोर्स से वस्तुओं को लेने के लिए है। केवल मर्यादित अधिकृत व्यक्तियों को ही यह अधिकार दिया गया है।

वापसी प्रक्रिया

स्टोर्स रिटर्न नोट (एसआरएन) का उपयोग स्क्रीनिंग, निरीक्षण, परीक्षण इत्यादि के पूरा होने के बाद आइटम वापस करने के

लिए किया जाता है। लौटाई गई वस्तु उचित ग्रेड के तहत (स्वीकृत, अस्वीकृत इत्यादि) जमा की जाती है।

चित्र 4 : जारी-प्राप्त पद्धति

### आरक्षण प्रक्रिया

स्टोर्स आरक्षण (एसआरवी) वाउचर के माध्यम से, वस्तुओं को आकस्मिक स्थिति के लिए आरक्षित करने की अनुमति है।

### स्थानांतरण प्रक्रिया

स्टोर्स ट्रांसफर वाउचर (एसटीवी) का उपयोग, प्रोजेक्ट और पिछले सभी लेनदेन व्यवहार/रिकार्ड के साथ, एक प्रोजेक्ट स्टॉक से दूसरे प्रोजेक्ट स्टॉक में वस्तुओं के स्थानांतरण के लिए किया जाना है।

### 6. संग्रहण प्रक्रिया और पद्धति (स्टोरेज मैकेनिज्म और मेथड)

बॉंडेड स्टोर्स का पूरा क्षेत्र, पांच अलग-अलग क्षेत्रों में विभाजित है। EEE घटक/भागों, सामग्री और पीसीबी क्षेत्र में, स्पष्ट सीमा के साथ, तीन अलग उप- क्षेत्र (सब-झोन) हैं। आइटम अलग-अलग संग्रहित और मात्रा खाते के साथ, पहचान-लेबल और लेनदेन व्यवहार के कार्ड के साथ, अपरीक्षित, परीक्षित, स्वीकृत और अस्वीकृत के रूप में, अलग से संग्रहीत किए जाते हैं।

चित्र 5 : EEE पार्ट्स संग्रहण

सुरक्षित संग्रहण के लिए ईएसडी सुरक्षित मॉड्यूलर पेटी का उपयोग इश्यु नंबर टैगिंग/ट्रेसिबिलिटी के साथ किया जाता है। पैकेज/सब-सिस्टम क्षेत्र जिसमें इन-हाउस निर्मित मॉड्यूल एवं प्रसंस्कृत (प्रोक्योर्ड) पैकेज, असेंबली, मॉड्यूल और सब-सिस्टम संग्रहीत किए जाते हैं।

संग्रहण स्थान और आइटम इश्यु नंबर को एक-दूसरे के साथ पार-संदर्भित किया जाता है और जारी करने के लिए आइटम की पहचान और तेज़ी से पुनर्प्राप्ति के लिए कंप्यूटरीकृत किया जाता है।

चित्र 6 : पेकेज/ सबसिस्टम संग्रहण

महत्वपूर्ण वस्तुओं के भंडारण के लिए एक अलग क्षेत्र, **क्रिटिकल-ज़ोन,** भी विशेष रूप से है। यह क्षेत्र विशेष रूप मे "ऑटो नाइट्रोजन प्रवाह तंत्र" के साथ डीह्यूमिनिटीफायर/ डेसीकेटर युक्त विशेष अलमारियाँ है जिसमे एमएमआईसी, सेमीकंडक्टर चिप्स, सीसीडी, ऑप्टिकल फिल्टर और लेंस, सिल्वर प्लेटेड घटक/भाग, ऑक्सीजन संवेदनशील जैसे महत्वपूर्ण घटक/अवयव स्टोर किये जाते हैं। इन अलमारियों में आर्द्रता के स्तर को, संग्रहीत वस्तुओं की अखंडता की गारंटी के लिए सैट/नियंत्रण किया जा सकता है।

चित्र 7 : नाइट्रोजन चेम्बर्स

क्रिटिकल पार्ट्स क्षेत्र में, नाइट्रोजन शुद्धिकरण और वेक्यूम-सीलिंग की भी एक विशेष सुविधा है जो दीर्घ अवधि संग्रह (लॉन्गटर्म स्टोरेज) के लिए आर्द्रता संवेदनशील और सिल्वर प्लेटेड घटक/भाग के पैकेजिंग के लिए स्थापित की गई है। नाइट्रोजन शुद्धिकरण करने के साथ आइटम पैकेजिंग की यह विधि अवशोषण के बिना लंबे समय तक भंडारण के लिए संवेदनशील वस्तुओं को संरक्षित करने के लिए बहुत प्रभावी है।

चित्र 8 : नाइट्रोजन पर्जिंग सुविधा

चित्र 9 : ईएसडी- मुक्त संग्रहण

अंतरिक्ष प्रणालियों में उपयोग की जाने वाली वस्तुओं के लिए एक प्रमुख आवश्यकता के रूप में, एक व्यापक अंत आइटम डेटा पैकेज (ईआईडीपी), जिसमें टेस्ट रिपोर्ट, प्रमाण पत्र और दस्तावेज शामिल हैं, भी खरीदे जाते हैं। ये ईआईडीपी (हार्ड कॉपी और/ या सॉफ्ट कॉपी) संबंधित इश्यू क्रमांक के साथ दस्तावेज़ संग्रह/ क्षेत्र में, संरक्षित रखते है।

**उपयोगकर्ता इंटरफ़ेस एवं इंटरैक्शन ज़ोन** वाउचर अंतरंग आइटम, की प्राप्ति और प्रदान (लेन-दें) के लिए है। सत्यापन, वाउचर प्रसंस्करण कार्यों, उपयोगकर्ता इंटरैक्शन और कागजी कार्यवाही के काम यहां किया जाता है।

बेहतर प्रबंधन, भंडारण प्रभावशीलता और संभावित गलतियों/ त्रुटियों के अटकाव के लिए, बोंडेड स्टोर्स कार्यान्वयन निम्नलिखित अमलीकरण किया जाता है।

- परियोजनावार परीक्षित और अपरीक्षित घटक/भाग, रिकॉर्ड के साथ अलग से संग्रहीत।
- घटक/भागों का सही पृथक्करण, पहचान और लेबलिंग।
- घटक/भागों को जमा और जारी करने के दौरान बहु-चरण सत्यापन।
- अस्वीकृत वस्तुओं को निर्धारित समय के बाद संगरोधित और निपटान किया जाता है।
- संवेदनशील घटकों/ वस्तुओं के हैंडलिंग, स्थानांतरण, पुनः पैकिंग के दौरान ईएसडी सुरक्षित उपकरण का उपयोग।
- घटक/भाग/वस्तुओं को संभालने (हेंडलिंग) के लिए कार्यरत कर्मियों को आवधिक प्रशिक्षण और संवेदनशीलता, ईएसडी नियंत्रण जागरूकता।
- डेटा पैकेज और दस्तावेज (वस्तुओं के साथ जमा) अच्छी तरह संरक्षित, रखरखाव और संदर्भ के लिए उपयोगकर्ताओं के लिए उपलब्ध।

## निष्कर्ष

सैक बोंडेड स्टोर्स में “घटक प्रबंधन कार्यक्रम” (पार्ट्स मैनेजमेंट प्रोग्राम, पीएमपी) के अंतर्गत, घटक-भाग सूची (EEE आइटम इन्वेंटरी) का सुचारूरूप से प्रबंधन एवं नियंत्रण होता है। योग्य संग्रह प्रक्रिया और पद्धति के द्वारा ये सुनिश्चित किया जाता है की अंतरिक्ष प्रणालियों के निर्माण के लिए, सही समय पर गुणवत्ता प्रमाणित सही घटक-अवयव उपलब्ध ही रहें।

## लेखक परिचय

विनोदचंद्र पटेल पांच वर्ष आईटीआई संस्थान में अध्यापन कार्य करने के पश्चात् सन 1991 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में सेवाप्रवृत हुए और क्रमशः पदोन्नति प्राप्त करके, हाल में कनिष्ठ अभियंता के पद पर कार्यरत है। पिछले 27 वर्षों की सेवा-अवधि में, लेखक ने सैक/इसरो स्थित EEE घटक/अवयव संग्रहण भंडार (बोंडेड स्टोर्स) के प्रस्थापन, परिचालन, रख-रखाव, नियमन एवं आधुनिकीकरण में अमूल्य और सराहनीय योगदान दिया है।

जयेशकुमार जेसलपुरा ने बी. ई. (इलेक्ट्रोनिक्स एवं कम्युनिकेशन) की उपाधि, एलडी इंजीनियरिंग कॉलेज, गुजरात युनिवर्सिटी से प्राप्त की। वह पिछले 26 वर्षों से इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में वैज्ञानिक/अभियंता के पद पर कार्यरत है। उपग्रह प्रणालियों की गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता के संलग्न, EEE घटक/अवयव का चयन एवं क्वालिटी स्पेसिफिकेसन और सैक प्रिफर्ड पार्ट्स लिस्ट (SAC-PPL) जैसी अति आवश्यक कार्य-प्रवृतियों में लेखक ने प्रमुख योगदान दिया है। वर्तमान में वह EEE घटक/अवयव संग्रहण भंडार (सैक बोंडेड स्टोर्स) के तकनीकी प्रबंधन में कार्यरत है।

## अभिस्वीकृति

लेखकगण, बहुमूल्य मार्गदर्शन और निरंतर प्रोत्साहन के लिए श्री ए के लाल, ग्रुप निदेशक-एसआरजी/एसएसी, श्री पी एम खोलिया, प्रबंधक बोंडेड स्टोर्स, एसआरजी/एसएसी और श्री कमलकुमार पोद्दार, ओएसक्यु.डी, एसआरजी/एसएसी का कृतज्ञतापूर्वक आभार प्रकट करते हैं।

## संदर्भ :

[1] इसरो-पैक्स -300: इलेक्ट्रॉनिक पैकेजों के निर्माण के लिए कार्यकुशलता मापदंड (वर्कमैन्शिप स्टैण्डर्ड)।

[2] इसरो-पीएएस -207: इलेक्ट्रॉनिक हार्डवेयर के लिए संग्रहण, हैंडलिंग और परिवहन आवश्यकताएं।

[3] इएससीसी-24900: घटकों के पर्यावरण प्रदूषण को नियंत्रित करने के लिए न्यूनतम आवश्यकतायें।

[4] एसईजी/ आरएईडी/ स्टोरेज प्लान, अंक-1, आवृति-00, अक्टूबर 2010: EEE घटक/भागों, सैटेलाइट उपप्रणाली और एकीकृत उपग्रह के लिए संग्रहण और पुनर्परीक्षण योजना।

# अंतरिक्ष प्रणालियों के संविरचन के लिए समय एवं गुणवत्ता प्रभावी प्रबंधन की उपयोगिता

आशीष कुमार शर्मा, भावेश नागर, दिनेश कुमार अग्रवाल,
वैज्ञानिक/अभियंता
ई.एफ.पी.डी/इ.एफ.एम.जी./ ई.एस.एस.ए.
बाह्य संविरचन एवं योजना विभाग, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र,
भारतीय अंतरिक्ष अनुसन्धान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत

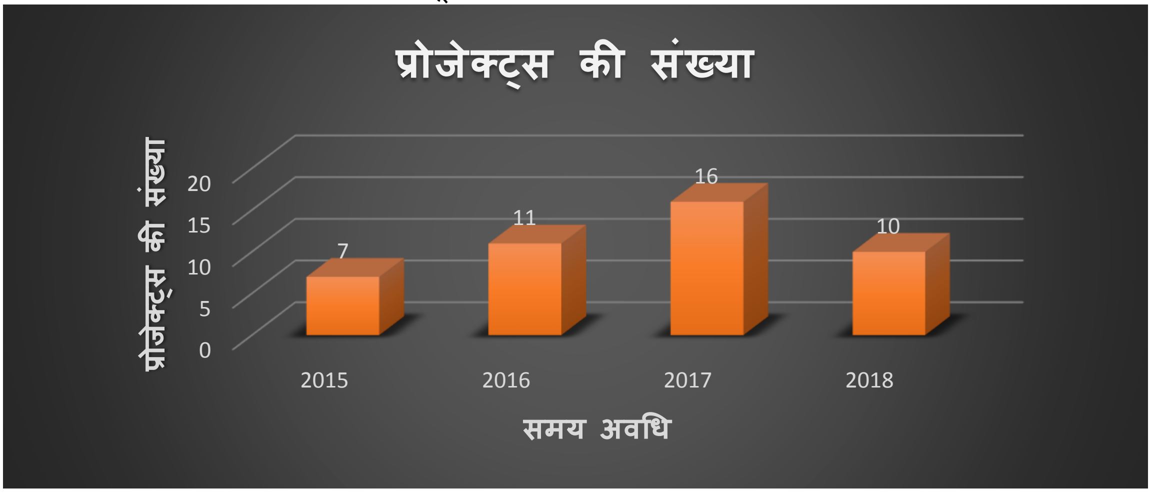
**सार:** भारतीय अंतरिक्ष अनुसन्धान केंद्र, समय के साथ-साथ कई नये नये प्रक्षेपण कर रहा है। जिसमे नये नये उपग्रह भी भेजे जा रहे है। उपयोगिता के आधार पर ये सभी उपग्रह साधारण जनता के दिन प्रतिदिन के कार्यो को आसान बना रही है। और साथ ही इन उपग्रहो की मदद से हम समय और गुणवत्ता में उन्नति हो रही है। परन्तु जैसे- जैसे हम इन उपग्रहो को संख्या में वृद्धि कर रहे है हमें उन सभी बिंदुओं को ध्यान में रखना होगा जिससे उपग्रह की अलग - अलग प्रणालियों की गुणवत्ता में कोई समझौता नहीं है। साथ ही साथ इन प्रणालियों को बनाने के लिए लगने वाला समय भी सीमित होगा क्योंकि जैसे - जैसे उपग्रहों की संख्या बढ़ रही है, हमे समय में सीमित रहकर बिना गुणवत्ता से समझौता किये इन सभी उपग्रहों का निर्माण करना होगा जिससे साधारण जन को सीधा लाभ हो सके।

**संकेत शब्द:** मुद्रित परिपथ बोर्ड, परिक्षण एवं मूल्यांकन, कार्यान्ववयन परीक्षण

**1.परिचय:** भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान केन्द्र पिछले कई सालों से निरन्तर लोगों के विकास के लिए तत्पर है। इस प्रक्रिया में काफी समय से बिना किसी त्रुटि के निर्माण कार्य चल रहा है। इन प्रणालियों को बनाने से लेकर अंतिम परिक्षण एवं मूल्यांकन तक काफी चरणों में कार्य होता है। किसी भी प्रणाली के लिए इन सभी चरणों को पूर्ण करना काफी महत्वपूर्ण है। जहाँ तक हम सभी को पता है कि निर्माण कार्य में मुख्यत: निम्नलिखित चरण आते हैं-

- प्रणाली अभियांत्रिकी के द्वारा तकनीकी मापदंड का निर्धारण
- उप प्रणाली का निर्धारण
- उप प्रणाली की परिपथ संरचना
- मुद्रित परिपथ बोर्ड का निर्माण
- मुद्रित परिचय बोर्ड पर घटक लगाना
- कार्यान्यवयन परीक्षण
- पैकेजिंग कार्य
- अन्तिम कार्यान्यवयन परीक्षण
- आवरण बन्द कराना
- अन्तिम परिक्षण एवं मूल्यांकन

इन सभी चरणों से होकर ही प्रत्येक प्रणाली का निर्माण किया जाता है। और अंत में पूर्ण उपग्रह को प्रक्षेपित यान के द्वारा अंतरिक्ष में प्रक्षेपित किया जाता है। जहाँ तक स्पष्ट है कि इन सभी चरणों में ही समय और गुणवत्ता का काफी ध्यान रखा जाता है। पर जैसे - जैसे इन प्रणालियों की संख्या बढ़ रही है (जैसा कि चित्र-1 में दर्शाया गया है), हमें गुणवत्ता और इन पर लगने वाले समय को अच्छी तरह से प्रबंधन करना होगा।

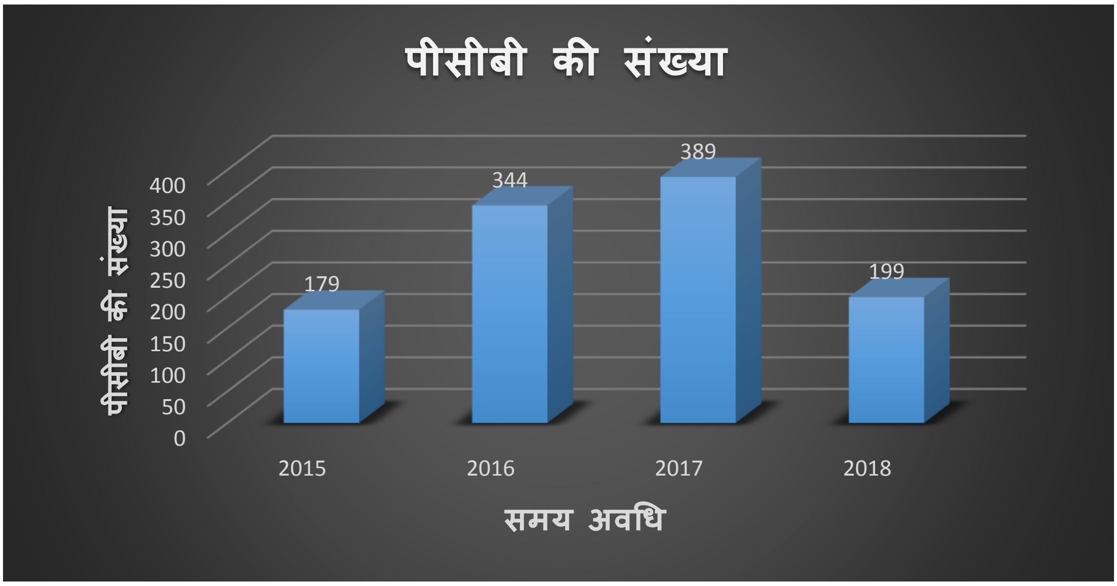



चित्र 1: परियोजनाओं की संख्या का विवरण

**भाग 1.समय के प्रभावी प्रबंधन की उपयोगिता**

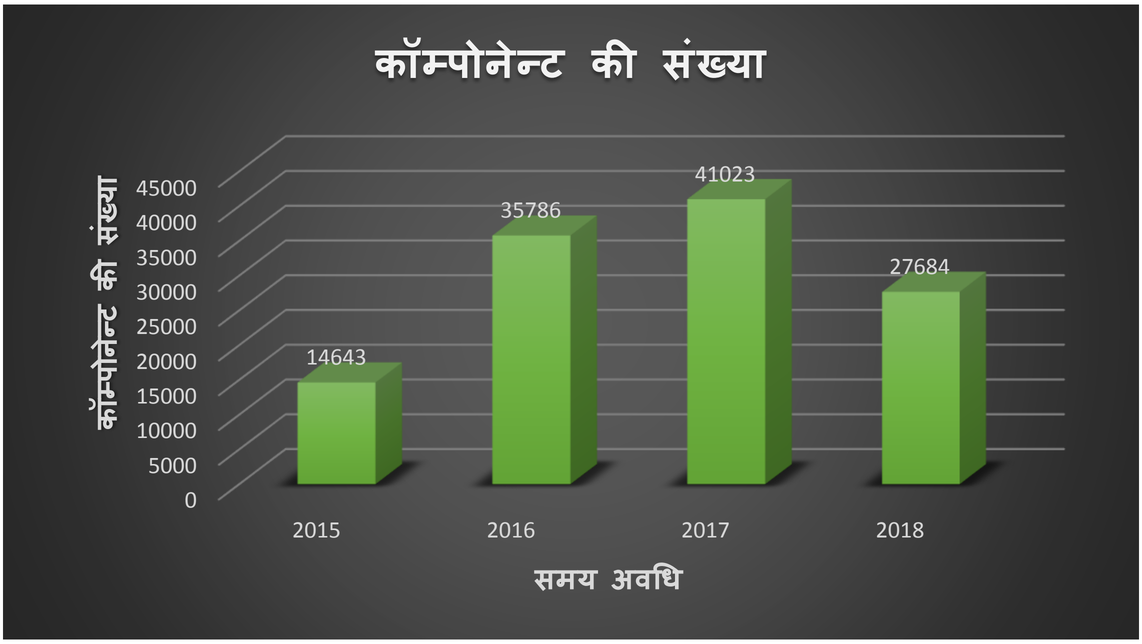
जैसा कि हमें पता है कि किसी भी प्रणाली या नीतभार को पूर्णतया बनाने में समय सीमा एक महत्वपूर्ण घटक है। और जैसे- जैसे हम अलग - अलग नीतभार बनाते जा रहा है उसी अनुसार पीसीबी की संख्या में भी निरंतर वृद्धि हो रही है (जैसा कि चित्र-2 में दर्शाया गया है), उस स्थिति में समय सीमा तो

काफी महत्वपूर्ण हो जाता है। अत: हमें समय को ध्यान में रखकर ही बिना गुणवत्ता से समझौता किये प्रणाली (नीतभार) को बनाना होता है। इस स्थिति में यदि कई ऐसे चरण आते हैं जहाँ हम समय का प्रभाव प्रबंधन कर सके तो हम उस प्रणाली को नियत समय में ही पूर्ण कर लेंगे। आगे आनेवाले लेख में हम ऐसे ही कुछ विलम्ब कारकों का वर्णन करेंगे जिनको अगर हम समाप्त कर सके तो हम प्रणाली को काफी शीघ्र पूर्ण कर लेंगे।



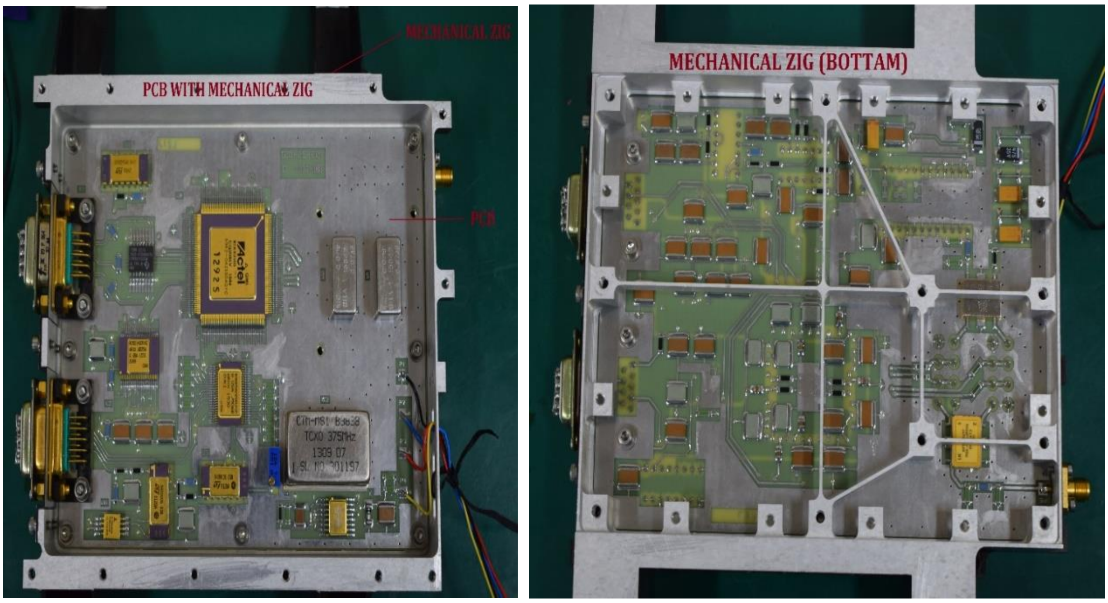

चित्र 2 : पी. सी.बी. की संख्या का विवरण

**(क)घटकों के एकत्रीकरण में विलम्ब**: जैसा कि हम जानते हैं कि भी नीतभार प्रणाली के पूर्ण होने में सूक्ष्मकणिका संयंत्रों घटकों का पूरा योगदान है। बिना इन घटकों के कोई भी प्रणाली पूर्ण नहीं हो सकती। और समय क साथ साथ एन घटकों की संख्या में काफी वृद्धि हो रही है (जैसा कि चित्र-3 में दर्शाया गया है), इसलिए जो भी नीतभार को प्रणाली अभियान्त्रिकी के द्वारा निर्धारित किया जाता है। उनको बनाने में जो भी यांत्रिकीया सूक्ष्मकणिका घटकों कों जरूरत होती है उनको बिना विलम्ब किये खरीदने कों प्रक्रिया प्रारम्भ कर देनी चाहिए। इस अवस्था में यदि प्रभावी प्रबंधन कों बात करे तो घटकों कों पहले से ही खरीदकर बोंडेड स्टोर में जमा करवा सकते हैं। यदि किसी स्थिति में हमें घटक मार्केट से नहीं मिल पाते, तो हमें प्रणाली के निर्माण कार्य के आरम्भ होने से पहले किसी भी तरह से प्रभावों प्रबंधन करके उनकों मंगाना चाहिए ताकि जब उन घटकों की आवश्यकता पड़े तो हम सिर्फ इस इन्तजार में न रहें कि कब घटक आयेंगे और कब कार्य प्रारम्भ होगा। जैसे कि जी - सैट 29 के कई उप प्रणालियों में विलम्ब मात्र इस कारण हुआ कि हमारे पास घटक नहीं थें और हम मात्र घटकों का इन्तजार कर रहे थे। इसलिए अगर हमें समय का प्रभावी प्रबंध करना हो तो हमें इन घटकों कों मंगाने में जो भी टालने योग्य विलम्ब हो, हम उनको टाल सकतें है और प्रणाली काफी जल्दी बन सकती है।



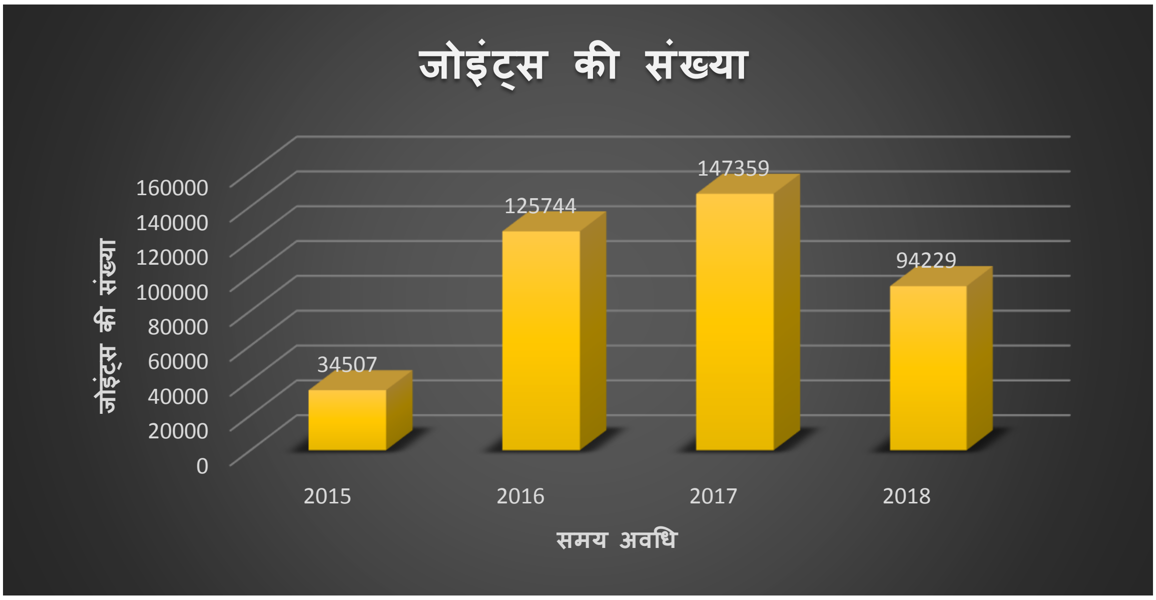

चित्र 3 : अवयवों की संख्या का विवरण

**(ख) सूक्ष्मकणिका योग्य कार्य एवं यांत्रिको कार्य की सुसंगता**
जैसा कि हम जानते हैं कि यांत्रिकी कार्य भी नितिभार या उप प्रणाली कों सम्पन्न करनें के लिए काफी महत्वपूर्ण है। और सूक्ष्मकणिका और यांत्रिकी अभियांत्रिको एक दूसरे के पूरक है। यदि हमें समय का प्रभावी प्रबंधन करना हों तो हमें सारी यांत्रिक प्रक्रिया, जो किसी भी तरह सें सूक्ष्मकणिका से सम्बन्धित है, को पूरा करके रख लेना चाहिए क्योंकि बिना इस प्रक्रिया के सारी प्रणाली का निर्माण कार्य अधूरा है। और उसको बनानें में कोई न कोई विलम्ब तो होगा ही अत: जिस भी प्रकार के यांत्रिक घटकों का प्रयोग सूक्ष्मकणिका तंत्र के साथ होना हों उनको व्यवस्था पहले से ही करके उनकी सुसंगिता करवानी चाहिए (जैसा कि चित्र 4 में दर्शाया गया है)। उदाहरणतया जीसैट -29 के निर्माण कार्य के दौरान यांत्रिक प्रक्रिया में काफी विलम्ब हों रहा था और बार बार प्रक्रिया को अंजाम दिया जा रहा था इसकी वजह से सूक्ष्मकणिका तंत्र के निर्माण कार्य प्रभावित हो रहा था।




चित्र 4: सूक्ष्मकणिका योग्य कार्य एवं यांत्रिको कार्य की सुसंगता का विवरण

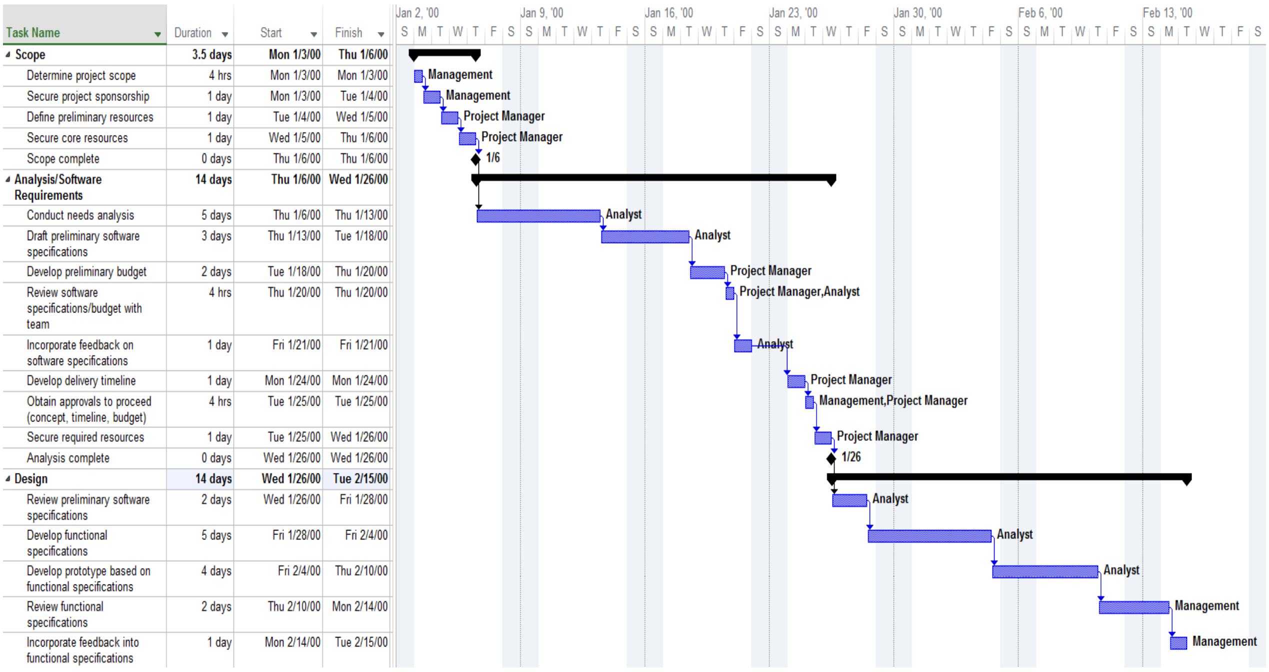
**(ग) कार्यान्वयवन परिक्षण मे समय का प्रभावी परीक्षण:-**
किसी भी प्रणाली के निर्माण (यांत्रिक एव सूक्ष्मकणिका) कार्य के बाद उसका सफल कार्यान्वयवन परीक्षण करना अति महत्वपूर्ण चरण है। अत: हमें इस चरण को काफी ध्यानपूर्वक और गुणवत्ता के साथ प्रतिपादन करना होता है। इस दौरान हमें यह भी ध्यान रखना होता है कि समय की बर्बादी न की जाये। इसलिए कार्यान्वयवन परीक्षण के दौरान समय का प्रभावी प्रबंधन अति आवश्यक हो जाता है। कार्यान्वयवन परीक्षण के समय का पूर्व अनुमान लगाकर परीक्षण के लिए आवश्यक समस्त जरुरी संयंत्रों की व्यवस्था पहले की जानी चाहिए, जिससे की कार्ड के आते ही अति शीघ्र कार्यान्वयवन का परीक्षण पूरा किया जा सके। व्यर्थ में कार्ड को विभाग में रखकर विलम्ब की आशंका बढ़ जाती है। इसके अलावा हमें जिस तकनीकी भाग का परीक्षण करना हो वही पर ही परीक्षण के दौरान सिमित जोइंट्स पे प्रोबिंग की जानी चाहिए क्योंकि प्रणालियों के बढ़ने के साथ साथ सोल्डर जोइंट्स की संख्या में भी वृद्धि हो रही है (जैसा कि चित्र 5 में दर्शाया गया है) नहीं तो व्यर्थ में ही उन सोल्डर बिन्दुओं को प्रमाणन के मानक का बनाने में समय व्यर्थ होता है और इस तरह हमें समय का प्रभावी प्रबंधन कर सकते हैं।




चित्र 5 :सोल्डर जोड़ों की संख्या का विवरण

**(घ) प्रमाणिक प्रयत्नों का समय पर अभाव:-**

जैसा कि हमें पता है, इसरो में किसी भी प्रणाली के प्रारम्भ से अन्त तक निर्माण कार्य में प्रमाणिक प्रयत्नों का काफी योगदान होता है। अत: किसी भी प्रकार के कार्य को करनें में जिस भी प्रमाणिक प्रपत्र की आवश्यकता होती है उसको पूरी तरह से पूर्ण करके पहले से ही तैयार रखना चाहिए जिससे की कार्य को सम्पन्न करने में प्रपत्र की वजह से विलम्ब न हो।



| Task Name | Duration | Start | Finish |
|---|---|---|---|
| Scope | 3.5 days | Mon 1/3/00 | Thu 1/6/00 |
| Determine project scope | 4 hrs | Mon 1/3/00 | Mon 1/3/00 |
| Secure project sponsorship | 1 day | Mon 1/3/00 | Tue 1/4/00 |
| Define preliminary resources | 1 day | Tue 1/4/00 | Wed 1/5/00 |
| Secure core resources | 1 day | Wed 1/5/00 | Thu 1/6/00 |
| Scope complete | 0 days | Thu 1/6/00 | Thu 1/6/00 |
| Analysis/Software Requirements | 14 days | Thu 1/6/00 | Wed 1/26/00 |
| Conduct needs analysis | 5 days | Thu 1/6/00 | Thu 1/13/00 |
| Draft preliminary software specifications | 3 days | Thu 1/13/00 | Tue 1/18/00 |
| Develop preliminary budget | 2 days | Tue 1/18/00 | Thu 1/20/00 |
| Review software specifications/budget with team | 4 hrs | Thu 1/20/00 | Thu 1/20/00 |
| Incorporate feedback on software specifications | 1 day | Fri 1/21/00 | Fri 1/21/00 |
| Develop delivery timeline | 1 day | Mon 1/24/00 | Mon 1/24/00 |
| Obtain approvals to proceed (concept, timeline, budget) | 4 hrs | Tue 1/25/00 | Tue 1/25/00 |
| Secure required resources | 1 day | Tue 1/25/00 | Wed 1/26/00 |
| Analysis complete | 0 days | Wed 1/26/00 | Wed 1/26/00 |
| Design | 14 days | Wed 1/26/00 | Tue 2/15/00 |
| Review preliminary software specifications | 2 days | Wed 1/26/00 | Fri 1/28/00 |
| Develop functional specifications | 5 days | Fri 1/28/00 | Fri 2/4/00 |
| Develop prototype based on functional specifications | 4 days | Fri 2/4/00 | Thu 2/10/00 |
| Review functional specifications | 2 days | Thu 2/10/00 | Mon 2/14/00 |
| Incorporate feedback into functional specifications | 1 day | Mon 2/14/00 | Tue 2/15/00 |



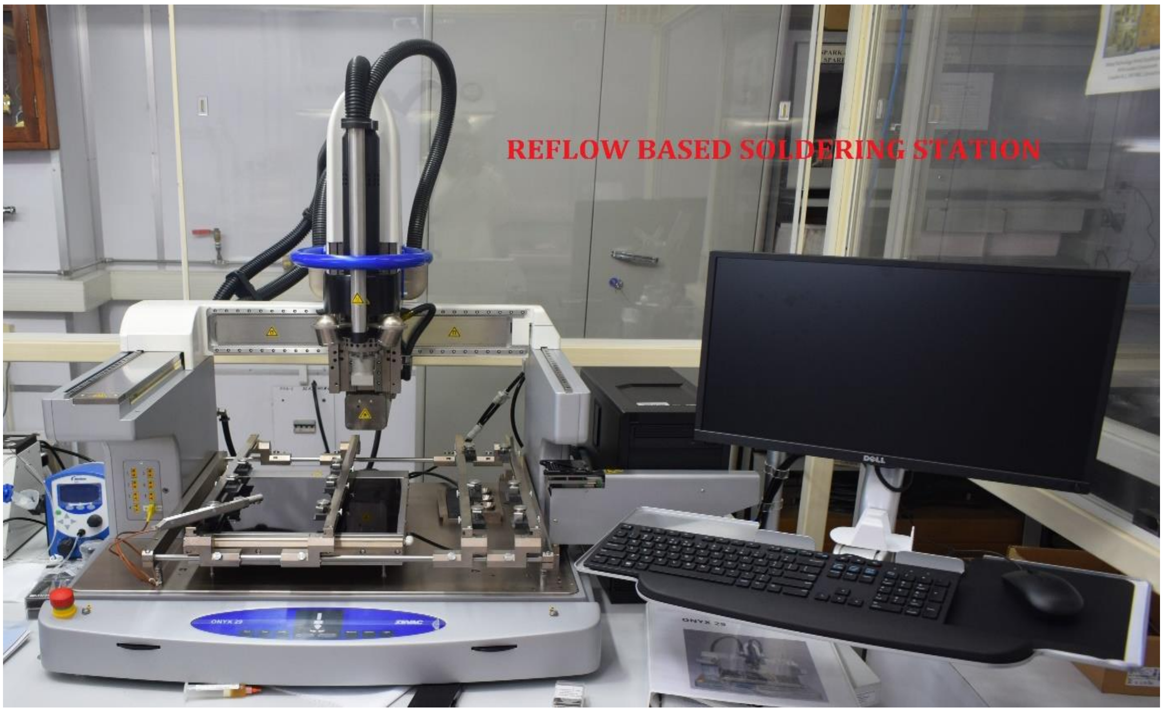
चित्र 6 : माइक्रोसोफ्ट आधारित प्रणाली प्रबंधन सॉफ्टवेर

**सूक्ष्मकणिका संविरचन के लिए आवश्यक कुछ प्रमाणित पत्रक**

- अनुमोदित यांत्रिक सुसंगता पत्र
- अनुमोदित संविरचन क्रमबद्धता
- अनुमोदित घटक सूची
- अनुमोदित ऊपरी / निचली रेखाचित्र
- अनुमोदित बेएर पीसीबी रेखाचित्र
- 100 %अवयवो की उपलब्धता

**(च) घटकों की सोल्डरिंग में स्वचालन :-**

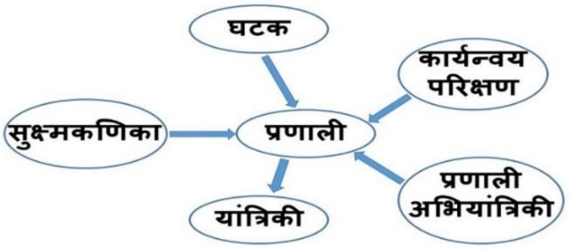
जैसा कि हमें पता है कि घटक की संख्या हर प्रणाली में बढ़ती जा रही है। ओर साथ ही साथ घटकों का आकार भी कम होता जा रहा है। इस परिस्थिति में हाथ से की गई सोल्डरिंग समय ज्यादा लगाती है। यदि हम सोल्डरिंग या अन्य किसी सुविधा जिसमें आज भी हस्त सोल्डरिंग से कार्य होता है। उसको बदलकर स्वचालन करना ही होगा तभी जाकर हम समय का प्रभावी प्रबंध कर पायेगें। इसमें सूक्ष्मकणिका से लेकर यांत्रिक अभियांत्रिकी के समस्त क्षेत्रों में ही ये कार्य करना होगा। (जैसा कि चित्र 7 में दर्शाया गया है)




चित्र 7 : पुनर्प्रवाह आधारित सोल्डरिंग संयंत्र

**भाग 2: गुणवत्ता में प्रभावी प्रबंधन**

समय के साथ- साथ गुणवत्ता में प्रभावी प्रबंधन करना भी उतना ही महत्वपूर्ण है, क्योंकि अगर हम जल्दी करने के प्रयास में गुणवत्ता में समझौता करते हैं तो हम कही न कही प्रणाली के निर्माण और परीक्षण में कोई त्रुटी या समस्या उत्पन्न हो सकती है। अगर हमें प्रणाली, बिना विलम्ब और परीक्षण समस्या के चाहिए तो गुणवत्ता का प्रभावी प्रबंधन अति महत्वपूर्ण है। किसी भी प्रणाली के संविरचन के लिए काफी सारे अवयवों की आवस्यकता होता है (जैसा कि चित्र 8 में दर्शाया गया है)

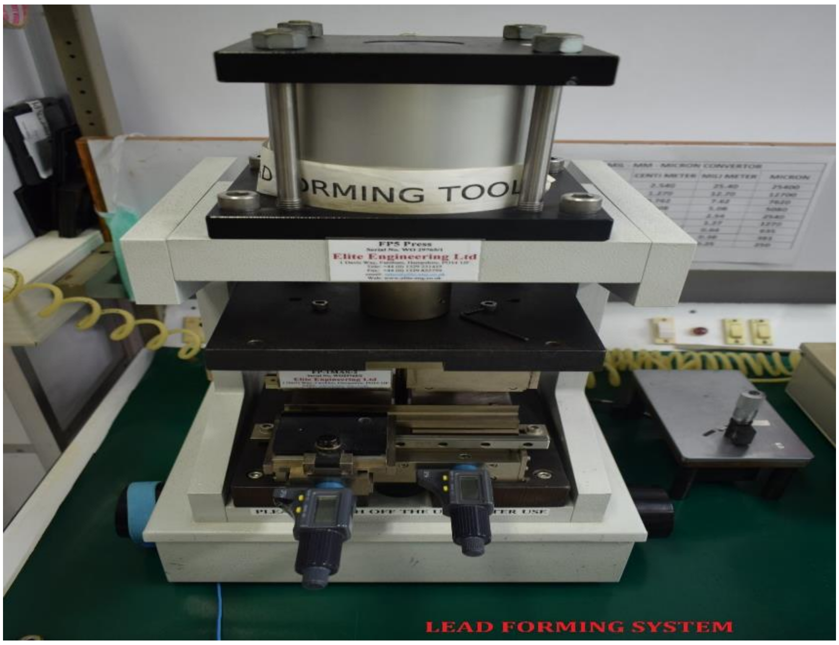



चित्र 8 : प्रणाली के निर्माण कार्य के लिए आवश्यक अवयव

**(क) घटकों की गुणवत्ता का प्रबंधन**:-जैसा कि हमें सभी को पता है, की सूक्ष्मकणिका प्रणाली के निर्माण के लिए प्रमाणित एवं सही घटक का ही प्रयोग किया जाता है इस स्थिति में यादी घटकों की गुणवत्ता का प्रबंध सही प्रकार से नहीं किया गया तो, हम प्रणाली के कार्यन्वयन में कोई न कोई त्रुटी अवश्य कर देंगे। इसके साथ ही प्रणाली के निर्माण कार्य के दौरान हो हमें काफी समस्याओं का सामना करना पड़ सकता है। जैसा कि चित्र (9)में दर्शाया गया है कि लीड फोर्मिंग सिस्टम के द्वारा उच्च गुणवत्ता वाले और प्रमाणित घटकों की सोल्डरिंग कम समय में की जा सकती है

**(ख) स्वचालन प्रणाली कि गुणवत्ता का प्रबंधन :-**

यदि हम समय को ध्यान में रखकर प्रणाली का निर्माण करते हैं। वो उस दशा में स्वचालन एक अच्छा विकल्प हों सकता है। परन्तु स्वचालन प्रणाली को गुणवत्ता तथा उसका प्रमाण दोनों अति महत्वपूर्ण है। इसलिए स्वचालन प्रणाली की गुणवत्ता के लिए हमें उसको प्रमाणित करना होगा और उसका प्रयोग करना प्रारम्भ करना होगा। क्योंकि प्रमाणित स्वचालन में हमें कम समय में ज्यादा प्रणाली का निर्माण कर सकते हैं। जैसा कि चित्र (10) में दर्शाया गया है कि ज्यादा घटकों की कम समय में सोल्डरिंग करने के लिए हम अर्ध स्वचालित तंत्र का प्रयोग कर सकते हैं।




चित्र 9: लीड अनुरुपक सयंत्र

चित्र 10 -अर्ध-स्वचालित सोल्डरिंग तंत्र

तालिका -1

| क्रमांक | विवरण | 2018 | 2017 | 2016 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **प्रोजेक्ट्स की संख्या** | 10 | 16 | 11 | 7 |
| 2 | **पी.सी.बी. की संख्या** | 199 | 389 | 344 | 179 |
| 3 | **घटकों की संख्या** | 27684 | 35786 | 41023 | 14643 |
| 4 | **जोइंट्स की संख्या** | 944229 | 125744 | 147359 | 34507 |

**निष्कर्ष:** जैसा कि स्पष्ट है कि इसरो में समय एवं गुणवत्ता के प्रभावी प्रबंधन की काफी उपयोगिता है और जैसे-जैसे प्रणालियों की संख्या में वृधि हो रही है (जैसा कि **तालिका 1** में दर्शाया गया है) हमें इन सब बातों पर विशेष ध्यान रखना होगा की कैसे हम गुणवत्ता में निरंतर सुधार कर सके। और इसलिए जैसा कि इस प्रपत्र में स्पष्ट किया गया है कि किन किन बिन्दुओं पर हमे विशेष रूप से ध्यान रखना है जिससे की हम बढ़ते हुए प्रणाली की संख्या के साथ, गुणवत्ता में बिना किसी समझौते के, प्रणालियों का कार्य पूर्ण किया जा सके. इन सबसे महत्वपूर्ण बात ये है कि हम हमे विशेष प्रबंधन के लिए एक ऐसा वैकल्पिक प्रबंधन करके रखना होगा ताकि किसी एक विधा के कार्य पूरा न होने की दिशा में हमारा वैकल्पिक प्रबंधन काम में लाया जा सके.

**आभार:** लेखक, इस क्षेत्र में कार्य करने का अवसर प्रदान करने के लिए श्री दिनेश कुमार अग्रवाल, प्रधान ई.एफ.पी.डी., श्री आर.एस.शर्मा, समूह प्रधान, ई.एफ.एम.जी. और श्री ए.एन.भट्टाचार्य उप निदेशक, ई.एस.एस.ए. के आभारी हैं। लेखक हिंदी विभाग के कर्मियों के प्रति भी आभार प्रकट करते हैं।

**लेखक परिचय:**

**आशीष कुमार शर्मा,** ने वर्ष 2014 मे सूक्ष्मकणिका एवम संचारण अभियांत्रिकी से अभियांत्रिकी की उपाधि प्राप्त की तथा विश्वेशरैया नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नॉलजी से वर्ष 2016 में संचार अभियांत्रिकी से मास्टर्स की उपाधि प्राप्त की। तदोपरांत वर्ष 2017 से इसरो में वैज्ञानिक/अभियंता के पद पर कार्यरत हैं। इनकी विशेष रूचि संविचरण के नए स्वचालित सयंत्रों के बारे में है।

**भावेश नागर,** सैक में तकनीशिन-बी के पद कार्यरत है।

**दिनेश कुमार अग्रवाल, प्रधान** ई.एफ.पी.डी, वर्ष 1990 से इसरो में वैज्ञानिक पद पर कार्यरत है इनकी विशेष रूचि संविचरण के नए स्वचालित सयंत्रों के साथ साथ नए वेंडर्स को इसरो के कार्य के लिए इसरो परिसर में स्थापित करना के बारे मे है।

****

अंतरिक्ष प्रणालियों के लिए समय एवं गुणवत्ता प्रभावी प्रबंधन की उपयोगिता

# अंतरिक्ष पेलोडके इलेक्ट्रोमिकल पैकेज में डायइलेक्ट्रिक सबस्ट्रेट के लिए निर्धारण तंत्र

दर्शन चौधरी, वरिष्ठ तकनिकी सहायक-ए
धवल वर्तक वैज्ञानिक/अभियंता-एसडी और बी सत्यनारायण, वैज्ञानिक/अभियंता-एसजी
क्यूएम्ऐडी-एसआरजी- सैक, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
darshans@sac.isro.gov.in, dhaval@sac.isro.gov.in, bsatyanarayana@sac.isro.gov.in

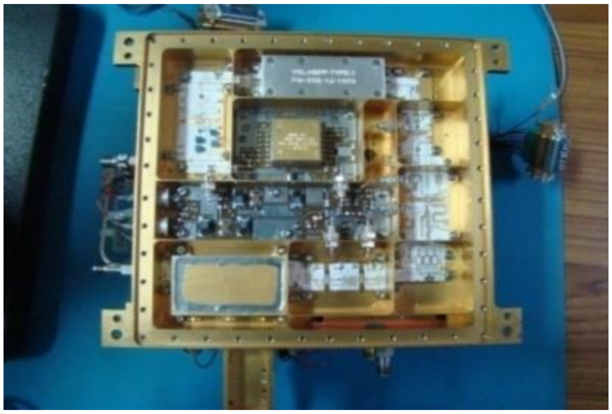
सारांश

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में गुणवत्ता को हमेशा प्राथमिकता दी जाती है क्योकि उपग्रह के प्रक्षेपण के बाद उसका सुधार संभवित नहीं है, इसलिए अंतरिक्ष उपयोग से पहले सभी उपग्रह में उपयोग होने वाले मटीरियल और सभी प्रक्रियाओं की अर्हता प्राप्त करना जरुरी है। इसके अलावा अंतरिक्ष परियोजना का समय सारिणी भी महत्वपूर्ण पहलू है। परियोजना अनुसूची पूरा नहीं होने पर नुकसान उठाना पड सकता है, इसलिए परियोजना की सफलता को पूरा करने के लिए समय और गुणवत्ता दोनों आवश्यक और महत्वपूर्ण कारक हैं।

यह पेपर स्क्रू द्वारा सीधे एल्यूमीनियम इलेक्ट्रोमेकेनिकल पैकेज में भंगुर सब्सट्रेट के निर्धारण तंत्र का वर्णन करता है, स्क्रू द्वारा सब्सट्रेट के निर्धारण तंत्र से गुणवत्ता के अवक्रमण के बिना बॉन्डिंग या सोल्डरिंग प्रक्रिया का समय तथा इसकी योग्यता प्रक्रिया समय बचाया गया

## 1. प्रस्तावना

इलेक्ट्रोमेकैनिकल पैकेज अंतरिक्ष पेलोड में नामित माइक्रोवेव आवृत्तियों पर काम करने के लिए डिज़ाइन किया जाता है। थर्मोस्टेट माइक्रोवेव सबस्ट्रेट - TMM10i को सीधे स्क्रू द्वारा पैकेज में लगाया गया, इसकी प्रक्रिया चुनौतीपूर्ण और महत्वपूर्ण थी। क्योंकि इस भंगुर TMM10i सबस्ट्रेट में असेंबली और परिक्षण जैसे विभिन्न चरणों में तनाव विकसित हो सकता है,



चित्र 1. इलेक्ट्रोमेकैनिकल पैकेज

जिसके परिणाम स्वरुप सब्सट्रेट में दरार पड सकती है, यह एलेक्ट्रोमैकेनिकल पैकेज को असफल कर सकती है , जिससे पेलोड और अंत में मिशन पर इसका परिणाम हो सकता है। यह पेपर फास्टनरों द्वारा TMM10i सबस्ट्रेट के निर्धारण तंत्र का वर्णन करता है। इसमें सब्सट्रेट फिक्सिंग के लिए और इसके मुड़ाव प्रतिरोधक क्षमता के खिलाफ पर्याप्त तनाव मार्जिन को सुनिश्चित करने के लिए टार्क मूल्य का विश्लेषण किया गया है। असेंबली और कम्पन परीक्षण के दौरान उत्पन्न होने वाले तनाव का विश्लेषण किया गया जिससे सब्सट्रेट की विफलता के खिलाफ सुरक्षा मार्जिन भी प्राप्त हुआ।

उच्च विश्वसनीयता सुनिश्चित करनेके लिए, इलेक्ट्रोमेकैनिकल पैकेज अंतरिक्ष पेलोड के घटकों में विद्युत इंटरफेस प्रदान करता है। इस पैकेज में कैरियर प्लेट्स, स्टेप कवर और इलेक्ट्रॉनिक डिवाइस सबस्ट्रेट पर लगाए गए होते हैं, जिन्हें पैकेज की सतह पर भी लगाया जाता है। TMM10i मटेरियल को उच्च आवृत्ति वाहक के लाभ के लिए एक सबस्ट्रेट के रूप में उपयोग करने की आवश्यकता थी, जिसे माइक्रोस्ट्रिप उपयोगिता के लिए डिज़ाइन किया गया था। TMM10i सबस्ट्रेट का निर्धारण तंत्र सबस्ट्रेट की मोटाई और उसके अनुप्रयोगों पर निर्भर करता है।

इसके अलावा, इलेक्ट्रोमेकैनिकल पैकेज को लॉन्च और अंतरिक्ष पर्यावरण के दौरान कड़े परिस्थितियों का सामना करना पड़ता है। इस दौरान सबस्ट्रेट कि विफलता, माइक्रोवेव एकीकृत सर्किट को विफल बना सकती है।

माइक्रोवेव इलेक्ट्रॉनिक घटकों को एकत्रित करके उसे हाऊसिंग मे सुनिश्चित जगह पर निर्धारित करके उपर कवर लगाया जाता है, जिसे इलेक्ट्रोमेकैनिकल पैकेज (चित्र. 1) कहते हैं। ये माइक्रोवेव एकीकृत सर्किट और प्रिंटेड सर्किट बोर्डों की डिजाइन के लिये बनाये जाते हैं। इलेक्ट्रोमेकैनिकल पैकेज में छोटे इलेक्ट्रॉनिक घटक होते हैं जो सबस्ट्रेट पर आरोहित होते हैं। वर्तमान में कोवार वाहक प्लेट के साथ एल्युमिना सब्सट्रेट का उपयोग किया जाता है, क्योंकि उसका थर्मल विस्तार का गुणांक, किसी थर्मल तनाव से बचने के लिए उपयुक्त होता है।

TMM10i आरएफ और माइक्रोवेव सर्किट के लिए एक उन्नत सर्किट मटीरियल है, जिसकी डायइलेक्ट्रिक कॉन्स्टेन्ट विस्तृत श्रृंखला मे पाई जाती है। हालांकि, TMM10i लैमिनेट्स, सिरेमिक और पारंपरिक पीटीएफई माइक्रोवेव सर्किट लैमिनेट्स के विद्युत और यांत्रिक दोनों गुणों के संयुक्त लाभ प्रदान करता हैं, जिसका अल्युमिना सबस्ट्रेस की जगह उपयोग किया जा सकता है।

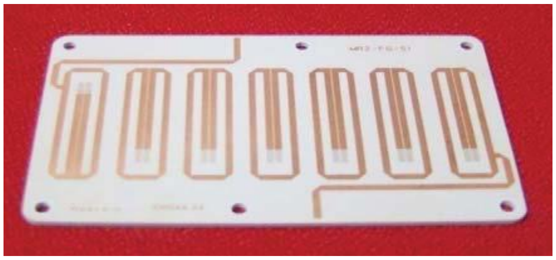
## 2. स्क्रू द्वारा निर्धारण तंत्र

पैकेज में मायक्रोस्ट्रिप अनुप्रयोगों के लिए TMM10i सबस्ट्रेट को लगाना जरुरी था। TMM10i सबस्ट्रेट (मोटाई 1.27 मिमी

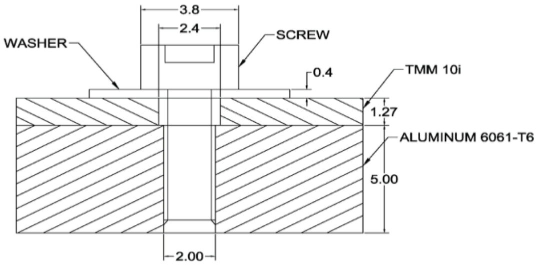
- 0.05") के लिए निर्धारण तंत्र विकसित किया गया, यह सीधे पैकेज पर स्क्रू द्वारा लगायी गयी।

TMM10i सबस्ट्रेट (मोटाई 1.27 मिमी. चित्र 2) को एल्यूमीनियम मिश्रधातु के पैकेज पर सीधा हेक्सागोनल सॉकेट स्क्रू द्वारा कसनेके लिये उचित टॉर्क सुनिश्चित किया गया। इस निर्धारण तंत्र को विकसित करने के कई फायदे थे जैसे रीवर्क प्रक्रिया में आसानी, वांछित आकार के सबस्ट्रेट का उपयोग और वाहक प्लेट के वजनमें घटाव, पर सबसे जरुरी था की इस प्रक्रिया में लगने वाला समय। TMM10i सबस्ट्रेट को सीधा पैकेज में लगानेसे बहुत सारी प्रक्रिया जो पारम्परिक सबस्ट्रेट को लगाने मे की जाती है, जैसे की बॉन्डिंग, सोल्डरिंग और इसमें लगने वाले समय की बचत हो सकती थी, इसलिए ये भंगुर सबस्ट्रेट को स्क्रू द्वारा कसने के लिए उचित टार्क के मूल्य को सुनिश्चित करना जरुरी था।

किसी भी सबस्ट्रेट का निर्धारण तंत्र विभिन्न कारकों पर निर्भर करता जैसे की इस्तेमाल किए जाने वाले स्क्रू के आकार, सब्सट्रेट का आकार, वजन, सबस्ट्रेट्स पर लगनेवाले इलेक्ट्रॉनिक्स घटक आदि। हालांकि, सबस्ट्रेट की भंगुरता इस पद्धति को महत्वपूर्ण बनाती है। साथ ही, यह महत्वपूर्ण था कि पैकेज पर सबस्ट्रेट को ठीक से कसना, जिससे असेम्ब्ली और परीक्षण के दौरान सबस्ट्रेट पर कोई तनाव न आये। अगर स्क्रू को कम कसा गया तो कंपन परीक्षण के दौरान सबस्ट्रेट ढीला होने कि संभावना थी, जो असेंबली से बाहर आ सकती थी, अगर अधिक कसा गया तो अधिकतम तनाव से टूट सकती थी। इस ज्ञात समस्या से बचने के लिए, उचित टॉर्क मूल्य के साथ प्रत्येक सबस्ट्रेट असेंबली को कसना जरूरी था।



चित्र 2. TMM10i **सबस्ट्रेट** (मोटाई 1.27 मिमी)




चित्र 3. TMM10i सबस्ट्रेट 1.27 मिमी (मोटाई) और एल्यूमीनियम प्लेट

2.1. टॉर्क का मूल्यांकन और इसके प्रभाव

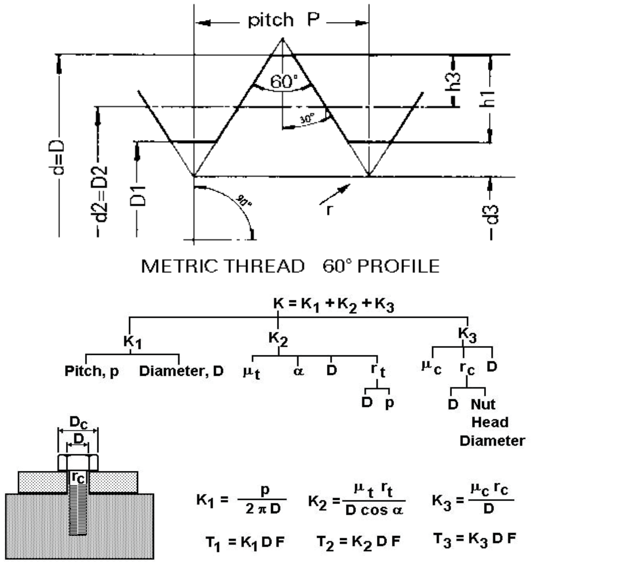
टॉर्क का मूल्य मटेरियल के प्रकार, स्क्रू के आकार, सुरक्षित भार पर निर्भर करता है

टॉर्क $T = K \times D \times W$

जहाँ

T= टॉर्क N m, k = घर्षण गुणांक, D = स्क्रू व्यास (M), W = लागूभार (N)

2.1.1 घर्षण गुणांक का महत्व टॉर्क अनुप्रयोगों मे घर्षण गुणांक 'K' बहुत ही महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। 'K' का मूल्य मटेरियल का प्रकार, आकार, सतह घर्षण और स्क्रू के थ्रेडिंग पर निर्भर करता है। इसका मूल्य स्क्रू की सिरकी निचली सतह क्षेत्र और स्क्रू के थ्रेडिंग क्षेत्र के लिए अलग अलग होता है। यहा पर TMM10i सबस्ट्रेट, SS 304 स्क्रू के सिर की निचली सतह के संपर्क में है, जबकि SS 304 से बनी हेलीकॉइल स्क्रू के थ्रेड के साथ संपर्क में है।




चित्र 4. घर्षण गुणांक के विवरण और मीट्रिक थ्रेड की शब्दावली

यहाँ p - थ्रेड की पिच, $r_t$ - स्क्रू की त्रिज्या, $r_c$ - सिर की त्रिज्या, $\mu_t$ - थ्रेड और हेलीकॉइल के बीच घर्षण गुणांक (सीओएफ), $\mu_c$ स्क्रू के उपरी घटक और TMM10i के बीच का घर्षण गुणांक और $\alpha$ स्क्रू के थ्रेड का कोण का आधा हिस्सा (आमतौर पर 30 अंश का कोण)

K = घर्षण गुणांक (नट फॅक्टर)

$K = K_1 + K_2 + K_3$

जहाँ

$K_1$ = ज्यामितीय गुणांक

$K_2$ = स्क्रू के थ्रेड के घर्षण संबंधित गुणांक

$K_3$ = स्क्रू कि निचली सतह के घर्षण संबंधीत गुणांक

$K_1$, $K_2$ तथा $K_3$ खोजने के लिये सूत्र

$$K_1 = \frac{p}{2\,\pi\,D} = 0.0318$$

p = 0.4 मिमी M2 आकारके थ्रेडके लिये,

D=M2 मिमी व्यास के लिये

$$K_2 = \frac{\mu_t r_t}{D\,cos\,\alpha} = 0.083$$

$r_t$=0.87 मिमी, $\alpha$= थ्रेड का कोण का आधा हिस्सा (आमतौरपर 30 अंशका कोण), $\mu_t$=0.18 SS304 के थ्रेड के लिये घर्षण गुणांक

$k_3 = \frac{\mu_c r_c}{D} = 0.168$

$r_c$ = 1.05 मिमी (प्लेन वॉशर का व्यास 4 मिमी, स्क्रू के सिर का व्यास 3.8 मिमी और सबस्ट्रेट के छेदका व्यास मिमी, संपर्क त्रिज्या : स्क्रू हेड से प्लेन वॉशर के बीच $r_c$ =0.7 मिमी, प्लेन वॉशर से TMM10i के बीच $r_c$ = 1.05 मिमी) SS304 वॉशर और TMM10i का बीच का घर्षण गुणांक ($\mu_c$) = 0.20

घर्षण गुणांक K =0.0318 + 0.083 + 0.168 = 0.283 ….(2)

2.2 सुरक्षित लागूभार (w)

स्क्रू की तुलना में एल्युमीनियम मिश्र धातु मुलायम होने के कारण TMM10i सबस्ट्रेट को एल्युमीनियम मिश्र धातू पॅकेज मे लगाते समय यदि ज्यादा बल देकर स्क्रू को लगाया जाये तो पैकेज में थ्रेड को नुकसान पहुँच सकता है। सुरक्षित लागु भार स्क्रू के थ्रेड को विफलता से बचाता है। एल्युमीनियम मिश्र धातु की नम्य होने की क्षमता 240MPa मानी गयी है।

$$W = A_b \times \sigma_y$$

$A_b$ = स्क्रू का तनाव क्षेत्र, $\sigma_y$ = एल्युमीनियम की नम्य होने की क्षमता

$A_b = \frac{\pi}{4}\, d^2$ = 2.38 मिमी²

d = D - 0.648 p

D = स्क्रू का बाहरी व्यास 2 मिमी , p = पिच =0.4 मिमी

एल्युमीनियम की नम्य होने की क्षमता के 75 प्रतिशत को ध्यान में रखते हुए। सुरक्षित भार (W) = 428.4 N …… (3)

2.2.1 प्रीलोड की TMM10i सबस्ट्रेट पर असर

स्क्रू के प्रीलोड के कारण TMM10i सबस्ट्रेट पर आनेवाला तनाव

TMM10i सबस्ट्रेट पर आनेवाला तनाव = स्क्रू का प्रीलोड / तनाव क्षेत्र

$\sigma = \frac{W}{\frac{\pi}{4}[D1^2 - d1^2]}$ = 37. 67 MPa

D1= प्लेन वॉशर का व्यास, d1 = TMM10i छेद का व्यास

प्रीलोड के कारण सबस्ट्रेट पर उत्पादित तनाव इसकी मुड़ाव प्रतिरोध क्षमता से लगभग 2.5 गुना कम है, जिसके कारण सबस्ट्रेट विफल नहीं होगा।

2.3 टार्क की गणना (प्रीलोड)

टार्क T = K x D x W

(2), (3) और D=1.7 मिमी के मूल्योंको समीकरण में रखने के बाद

T = 0.206 Nm ≈ 0.21 Nm

## 3.0 कम्पन जाँच के दौरान TMM10i सबस्ट्रेट पर लोड का प्रभाव

0.21 Nm प्रीलोड के साथ TMM10i सबस्ट्रेट कम्पन जाँच के दौरान किसीभी संरचनात्मक अवक्रमण के बिना आनेवाले भार को बनाए रखना है। सबस्ट्रेट पर आनेवाले भार को कम्पन जाँच परिक्षण के परिणामो पर से निकाला गया। कम्पन जाँच के दौरान सतह के समान्तर तथा सतह से सीधे की दिशा में दिए गए इनपुट क्वालिफिकेशन स्तर क्रमश: 11.8 grms और 17.5 grms (तालिका -1) थे।

तालिका -1 : GPeak और लोड गणना

| अक्ष | यादृच्छिक में प्रवर्धन प्रतिक्रिया | प्रतिक्रिया 11.8 grms पर(X,Y अक्षमें) और 17.5 grms (Z अक्षमें) | Gpeak (वास्तविक G) | सबस्ट्रेट पर भार Kg |
|---|---|---|---|---|
| Y | 1.33 | 15.69 | 47.07 | 0.560 |
| X | 2 | 23.6 | 70.8 | 0.843 |
| Z | 2.08 | 36.4 | 109.2 | 1.300 |

TMM10i सबस्ट्रेट का वजन =11.91 grms

कम्पन जाँच के दौरान TMM10i सबस्ट्रेट पर आनेवाला भार, स्क्रू के प्रीलोड के कारण आनेवाले भार के मुकाबले बहुत कम है। कम्पन जाँच के दौरान आनेवाले लोड के खिलाफ पर्याप्त मार्जिन पाया गया। यह बॉक्स के साथ सबस्ट्रेट की असेंबली अखंडता भी सुनिश्चित करता है

## 4.0 प्रायोगिक विश्लेषण

अधिकतम कितने टार्क मूल्य पर TMM10i सबस्ट्रेट खंडित होता है वो जानने के लिए प्रायोगिक विश्लेषण किया गया इसके लिए TMM10i सबस्ट्रेट को एल्युमीनियम में से बने खास प्रकार के फ़िक्सर पर लगाई गयी। TMM10i सबस्ट्रेट पर स्क्रू को बारी बारी क्रम से टार्क दिया गया और बढ़ाया गया, साथ ही साथ उसका निरिक्षण किया गया प्रारम्भ में सभी स्क्रू को 0.10 Nm टार्क दिया गया, उसके बाद धीरे-धीरे टार्क मूल्यों को बढ़ाकर 0.50 Nm तक किया गया।

चित्र 5: TMM10i सबस्ट्रेट तथा फ़िक्सर

TMM10i सबस्ट्रेट 0.50 Nm टार्क लगाने से टूट गयी, जो टार्क विश्लेषण द्वारा निकाले गये मूल्य 0.21 Nm से कई अधिक है जो सबस्ट्रेट की सुरक्षा सुनिश्चित करती है।

## 5.0 अवलोकन:

जब TMM10i सबस्ट्रेट को 0.21Nm टार्क के साथ सीधे एल्यूमीनियम फ़िक्सर पर जकड लिया जाये तो स्क्रू में 37.67

MPA तनाव उत्पन्न होता है जिससे TMM10i सबस्ट्रेट विफल नहीं होती, कंपन के दौरान TMM10i सबस्ट्रेट पर आनेवाला भार, क्लैंपिंग भार से बहुत कम है। प्रयोगात्मक विश्लेषण से यह देखा गया के वॉशर के साथ उपयोग किए जाने पर स्क्रू को अधिकतम 0.50-0.55 Nm टार्क दिया जा सकता है लेकिन बिना किसी वॉशर से, 0.50 Nm पर सबस्ट्रेट टूटता है।

## 6.0 निष्कर्ष :

इस प्रकार, बॉन्डिंग और सोल्डरिंग जैसे प्रक्रिया की बजाय TMM10i सबस्ट्रेट को सीधा एल्यूमीनियम इलेक्ट्रोमेकैनिकल पैकेज पर जकड़ने के लिए टार्क का उचित मूल्य निकाला गया। इस निर्धारण तंत्र से गुणवत्ता के अवक्रमण के बिना, बहुत समय बचा लिया गया और विश्वसनीयता भी परखी गयी।

## लेखक परिचयः

दर्शन चौधरी
वरिष्ठ तकनीकी सहायक -अे
क्यूऐएमडी - एस. आर. जी. - सैक

धवल वर्तक
वैज्ञानिक/अभियंता - एस. डी,
क्यूऐएमडी - एस. आर. जी. - सैक

बी सत्यनारायण
वैज्ञानिक/अभियंता - एस. जी
प्रधान क्यूऐएमडी - एस. आर. जी. - सैक

## संदर्भः


- एएसएम हैण्डबुक 1997 वोल्यूम 2, नॉन फेर्रास मेटल एंड अल्लोय अमेरिकेन सोसाइटी ऑफ मेटल्स
- बर्रेट रिचर्ड टी. 1990 फास्टनर डिजाइन मन्युअल, 15-16 नासा रेफरेंस पब्लिकेशन 1228
- बिक्क्फोर्ड जॉन एच. 2007 इंट्रोडक्शन टू डिजाइन एंड बेहेवियर ऑफ बोल्तेड जॉइंट, चौथी आवृत्ति सीआरसी प्रेस
- डेविड जेआर, कंसाइस मेटल हैण्ड बुक
- इसरो पेक्स 300 वर्कमेंनशिप गाइडलाइन
- मिशेल पेच 1991. "हैण्डबुक ऑफ इलेक्ट्रोनिक्स पैकेज डिजाइन", मार्सेल डेक्कर इंक. न्यूयोर्क
- मिल स्टैंड. 883 टेस्ट मेथोड्स फॉर माइक्रोवेव सरकिट आईसैक बेंगलूर
- रोज्जेर कॉर्पोरेशन अडवांस सर्किट मटेरिअल TMM थर्मोस्टेटी माइक्रोवेव मटीरियल


***

इसरो/अंतरिक्ष विभाग के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग एवं संभावनाएँ

# इसरो के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा की एक नई उड़ान

**आशीष डावरा, वरिष्ठ सहायक, पीपीजी**
**मनीष राठौड़, अटेंडेंट, नियंत्रक कार्यालय**
**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)**
**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)**
**अहमदाबाद, गुजरात, भारत**

**सारांश**

राजभाषा किसी भी देश के लिए अति आवश्यक है जिसके माध्यम से शासन-प्रशासन का कार्य किया जाता है। आजादी के पहले देश में अंग्रेजी संचार एवं प्राशासनिक कार्य की भाषा थी। स्वतंत्रता प्राप्ति के उपरांत देश की संविधान सभा ने हिन्दी को 14 सितंबर, 1949 के दिन स्वतंत्र भारत की राजभाषा के रूप में अपनाया। इसके साथ ही अंग्रेजी भाषा को भी अगले 15 सालों के लिए शासकीय संचार एवं प्राशासनिक कार्य हेतु सह-राजभाषा के रूप में बनाये रखा गया। कुछ कारणों से हिन्दी भाषा आज तक पूर्णतः राजभाषा के रूप में स्थापित नहीं हो पाई है। हिन्दी को स्थापित करने के लिए भारत सरकार ने राजभाषा पर एक नीति तैयार की थी। राजभाषा की संवैधानिक प्रावधानों के रूप में व्याख्या की गई।

इन संवैधानिक प्रावधानों में राजभाषा अधिनियम, 1963; राजभाषा संकल्प, 1968; राजभाषा नियम, 1976 शामिल हैं। राजभाषा पर संसदीय समिति की सिफारिशों पर भारत के राष्ट्रपति के आदेश; राजभाषा विभाग द्वारा जारी वार्षिक कार्यक्रम में दिए गए दिशानिर्देश और लक्ष्य राजभाषा नीति के अभिन्न अंग हैं। उपरोक्त सभी संवैधानिक प्रावधानों का एक मात्र उद्देश्य हिन्दी को राजभाषा के रूप में स्थापित करना है।

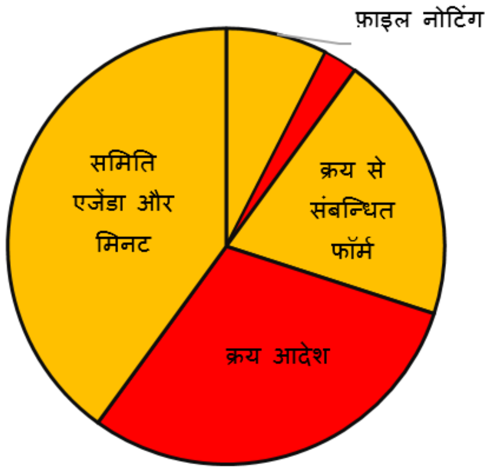
## प्रस्तावना

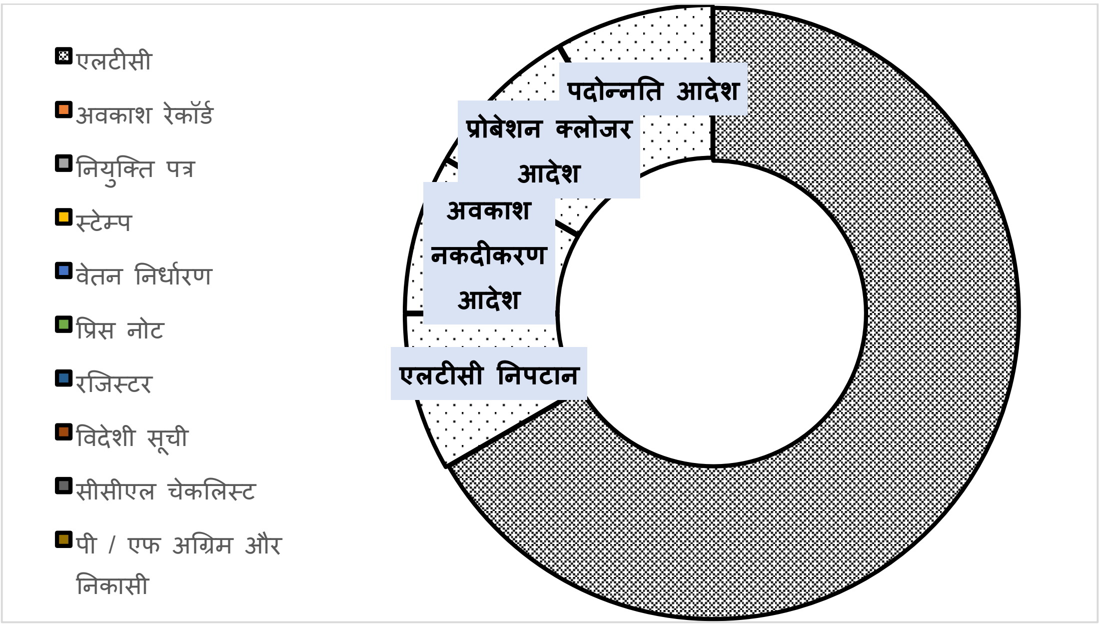
**इसरो/अंतरिक्ष विभाग के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग के लिए किये जा रहे विभिन्न उपाय-**

1. **क्रय प्रभाग**
2. **स्थापना प्रभाग**
3. **लेखा प्रभाग**

➢ **क्रय प्रभाग**

क्रय प्रभाग से जुड़े सभी फॉर्म द्विभाषी हैं। इसके अलावा विभिन्न खरीद समितियों (जेपीसी/ एनएसी/ एसपीसी/ सीएफसी) के एजेंडा और मिनट इत्यादि द्विभाषी तैयार किये जाते हैं। कई बार फाइल नोटिंग केवल हिन्दी में किए जाने पर भी ध्यान दिया जाता है। हाल ही में COINS सॉफ्टवेयर लॉन्च किया गया, जो एक द्विभाषी सॉफ्टवेयर है। क्रय प्रभाग से जुड़े सभी कार्यों की रिपोर्ट्स द्विभाषी रूप में COINS सॉफ्टवेर से प्राप्त की जा सकती हैं।




**संभावनाएं**

खरीद आदेश (ईजीपीएस) अभी भी अंग्रेजी में हैं।

➢ **स्थापना प्रभाग**

स्थापना के विभिन्न क्षेत्रों के सभी कार्यालय आदेश और ज्ञापन द्विभाषी में किए जाते हैं।

1. एलटीसी
2. अवकाश रिकॉर्ड
3. नियुक्ति पत्र
4. मुहर
5. वेतन निर्धारण
6. प्रिस नोट
7. रजिस्टर
8. विदेशी सूची
9. सीसीएल चेकलिस्ट
10. पी/एफ अग्रिम और निकासी
11. सेवा पुस्तक प्रविष्टियां आदि

**संभावनाएं**

1. एलटीसी निपटान
2. अवकाश नकदीकरण आदेश
3. प्रोबेशन क्लोजर आदेश
4. पदोन्नति आदेश

➢ **लेखा प्रभाग**

कोइन्स सॉफ्टवेर से लेखा प्रभाग से जुड़े सभी वाउचर द्विभाषी रूप में प्रिंट किए जाते हैं। इसके अलावा लोकल बिल्स विदेशी बिल्स और अन्य विविध बिल्स के सभी वाउचर द्विभाषी रूप में मुद्रित किए जायेंगे। एनपीएस, ग्रुप इंश्योरेंस एवम पेंशन से जुड़े सभी फॉर्म्स और परिपत्र द्विभाषी रूप में है। प्री-ऑडिट की सभी टिप्पणियां हिन्दी में की जाती हैं। विदेशी विनिमय की नोटिंग द्विभाषी रूप में की जाती है।

**संभावनाएं**

पीपीओ आदेश का प्रारूप मूलभूत से द्विभाषी है लेकिन कम जगह होने की वजह से उसमें दर्शाए जाने वाले महत्वपूर्ण विवरण केवल अंग्रेजी में ही लिखे जाते हैं।

**अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र/विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट द्वारा हिन्दी के प्रचार-प्रसार के उपाय**

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र एवं विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट में राजभाषा प्रचार-प्रसार के लिए राजभाषा कार्यान्वयन समिति का गठन किया गया है।

➢ **राजभाषा कार्यान्वयन समिति सैक :-** यह समिति निदेशक सैक की अध्यक्षता में बनायी गयी है। जो अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में राजभाषा के प्रचार-प्रसार का ध्यान रखती है।

➢ **राजभाषा कार्यान्वयन समिति डेकू:-** यह समिति निदेशक डेकू की अध्यक्षता में बनायी गयी है। जो डेकू में राजभाषा के प्रचार-प्रसार का ध्यान रखती है।

उपरोक्त समितियों के माध्यम से यहाँ पर राजभाषा हिन्दी के कार्यान्वयन और हिन्दी को सहजता से लागू करने के लिए विभिन्न उपाय किये जा रहे हैं-

1. अधिकारियों एवं कर्मचारियों के बीच हिन्दी का प्रयोग बढ़ाने के लिए संघ सरकार द्वारा कई प्रोत्साहन नीतियों का अनुपालन किया जाता है। जिसके माध्यम से कर्मचारियों को हिन्दी में काम करने के लिए प्रेरित और प्रोत्साहित किया जाता है, जिससे सारा कार्यालयीन कार्य हिन्दी में ही हो।

- हिन्दी माह
- विश्व हिन्दी दिवस (हिन्दी निबंध/ हिन्दी वाद-विवाद)
- सतर्कता जागरुकता सप्ताह (हिन्दी निबंध)
- सुरक्षा सप्ताह

2. इसके अलावा अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र द्वारा अधिकारियों/कर्मचारियों को हिन्दी के प्रयोग को बढ़ावा देने के लिए विभिन्न प्रकार की पुरस्कार योजनाए संचालित हैं। हिन्दी नोटिंग, ड्राफ्टिंग, डिक्टेशन स्कीम और हिन्दी टाइपिंग/स्टेनोग्राफी प्रोत्साहन भत्ता योजना लागू की गई है। हिन्दी में कार्यालयीन कार्य करने के लिए प्रोत्साहन योजना का संचालन किया जा रहा है।

- अनुभागों के लिए चल वैजयंती प्रोत्साहन योजना

अनुक्रमणिका

- मूल रूप से हिन्दी में कार्य करने हेतु प्रोत्साहन योजना
- अधिकारियों के लिए डिक्टेशन योजना
- सितंबर माह के दौरान अधिकतर कार्य हिन्दी में करने के लिए विशेष प्रतियोगिता

3. वर्ष 2017-18 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र एवं विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट में जारी कुल कागजात की संख्या 10000 है। वर्ष के दौरान लिखी गयी टिप्पणियाँ की संख्या 13000।

**राजभाषा के संवैधानिक प्रावधानों के अनुसार हिन्दी के प्रचार-प्रसार के लिए किये जा रहे उपाय-**

1. अधिकारियों और कर्मचारियों को राजभाषा संबंधी प्रावधानों की जानकारी देने और हिन्दी में कार्य करने का प्रशिक्षण देने के लिए प्रत्येक तिमाही में एक कार्यशाला का आयोजन किया जाता है।
2. राजभाषा विभाग द्वारा हिन्दी को स्वयं शिक्षण हेतु एक बहुभाषिक "लीला एप" तैयार किया गया है। इस एप का अनावरण माननीय राष्ट्रपति के द्वारा 14 सितम्बर, 2017 को हिन्दी दिवस के अवसर पर किया गया।
3. "लीला मोबाइल एप" की विशेषताएं निम्नानुसार हैं-
   - i. यह मोबाइल पर हिन्दी सीखने के लिए निशुल्क उपलब्ध है।
   - ii. यह गूगल तथा एपल एप स्टोर में उपलब्ध है। स्टोर के सर्च में लीला राजभाषा डाउनलोड किया जा सकता है।
   - iii. "लीला मोबाइल एप" यूजर फ्रेंडली है।
   - iv. इसके द्वारा अंग्रेजी, असमिया, बांगला, नेपाली, उड़िया, पंजाबी, गुजराती, मराठी, तमिल, तेलगु, कन्नड़ और मलयालम के माध्यम से हिन्दी सीखी जा सकती हैं।

अधिकतर अं.वि./इसरो केंद्र/यूनिटों में हिन्दी का कार्यसाधक ज्ञान रखने वाले कर्मचारियों की संख्या 80% से अधिक है।

आज इसरो/अं.वि. के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा नीति के अनुपालन के लिए विविध प्रयास किए जा रहे हैं जिससे स्थिति पूर्व की अपेक्षा काफी बेहतर हो गई है। आज उपर्युक्त दर्शाए गए विविध दस्तावेज मात्र हिन्दी/द्विभाषी में ही तैयार किए जा रहे हैं। तथापि वांछनीय स्थिति इससे कहीं अधिक की है। आज आवश्यकता है ऐसी हिन्दी के प्रयोग की, जो क्लिष्ट न होकर सरल एवं सहज हो और जिसे आसानी से समझा जा सके। कोइन्स से जारी होने वाले द्विभाषी दस्तावेजों को तैयार करते समय निर्धारित समिति ने इस बात पर काफी बल दिया तथा जो दस्तावेज अनुवाद कर तैयार किए गए, उसमें ऐसी हिन्दी का प्रयोग करने का प्रयत्न किया गया जिससे आसानी से अर्थ समझा जा सके।

आसान और सहज राजभाषा ही पूरे देश में स्थापित हो सकती है। देश की अन्य भाषाओं के साथ सामंजस्य बिठाने के बाद ही राजभाषा की स्थापना पूरे देश में हो सकती है।

**संदर्भ**


1. http://www.Isro.gov.In
2. http://www.sac.gov.In
3. http://www.dos.gov.In
4. http://www.decu.gov.In
5. http://10.61.36.75/sac/decu/aboutus/Index.htm
6. डॉ. विजय अग्रवाल - हिन्दी भाषा अतीत से आज तक
7. डॉ मलिक मोहम्मद - राजभाषा हिन्दी विकास के विविध आयाम
8. पी सी जैन - हिन्दी प्रयोग

"इसरो/अंतरिक्ष विभाग के प्रशासनिक क्षेत्रों में राजभाषा के प्रगामी प्रयोग एवं संभावनाएँ"

# हिंदी भाषा का बढ़ता स्वरूप

निकुंज शाह एवं चन्दन सिंह [व. सहायक]
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015
Nikunjs@sac.isro.gov.in, cksingh@sac.isro.gov.in

**सारांश** : किसी भी देश, राज्य, संस्था के मुलभूत आधार प्रशासनिक इकाई मानी जाती है, अंतरिक्ष विभाग हमारी राजभाषा को बढावा देने में हमेशा से प्रयासरत रहा है। प्रशासनिक इकाइयों में हो रहे हिंदी के प्रयोग अत्यंत सराहनीय है, कर्मचारी के आगमन[1] से प्रस्थगन[2] तक, नीतभार[3] के योजना प्रस्ताव से प्रक्षेपण तक जितनी आवश्यक औपचारिकताएँ हैं उसमें प्रशासनिक इकाइयाँ महत्वपूर्ण भूमिका निभाती रही है, और खास बात यह है कि अधिकांशत: कार्य द्विभाषी अथार्त् हिंदी एवं अंग्रजी में संकलित[4] होते हैं। इसरो के आधिकारिक वेब साइट अब हिंदी में भी उपलब्ध है। कार्यबलों[5] के नियुक्ति, तैनाती, पदोन्नति, स्थानांतरण, प्रतिनियुक्ति[6], सेवानिवृत्ति एवं पदत्याग लगभग सभी तरह के कार्यो में हिंदी की सहभागिता[7] में हताशा वृद्धि हुई है। एक संपूर्णरुपी अनुसंधान केंद्र में हिंदी में इस कदर के कार्य प्रतिष्ठा के पात्र है।

**प्रस्तावना** : इसरो के प्रशासनिक इकाइयों में हिंदी में हो रहे कार्य प्रगतिशील[8] रही है जो हमारी राजभाषा के बढ़ता स्वरुप के लिए शुभ संकेत है, कार्यालय के लगभग कामकाज को द्विभाषी फार्मेट में संकलन, हिंदी विभाग से हिंदी पत्रिकाओं का विमोचन, हिंदी पखवाड़ा का अयोजन, हिंदी तकनीकी सेमिनार एवं अन्य विभागों के हिंदी प्रोत्साहन योजनाओं का समयानुरुप कार्यान्वयन में प्रशासनिक क्षेत्रों से प्रतिभागी शामिल होते आ रहे हैं। प्रशासनिक इकाइयों के सेवा-पँजी, रजिस्टर, इत्यादि में हिंदी में प्रविष्टियाँ, द्विभाषीय जाँच सूची, प्रशासनिक क्षेत्र के कार्यों के निपटारे के लिए कौवा (COWAA) सॉफ्टवेयर के द्विभाषी संस्करण का प्रस्ताव, विभिन्न प्रशासनिक इकाइयों के कार्यों का संक्षेपण एवं हिंदी में हो रहे प्रगामी कार्य एवं संभावनाएँ का उल्लेख किया गया है।

देश की रीढ़[9] प्रशासनिक इकाई मानी जाती है जो इसे सुचारु रूप से संचालन के लिए अत्यंत आवश्यक है और उसे सदैव विकास के मार्ग पर बनाए रखती है। उसी प्रकार किसी भी संस्था की एक प्रशासनिक इकाई होती है। इसरो भी एक अंतरिक्ष अनुसन्धान एवं विकास के तौर पर विकसित एक सफलतम केंद्र जो मानवजाति की सेवा के लिए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के आदर्श वाक्य संजोए हुए विश्व में अपना परचम लहरा रहा है। इसरो में आज लगभग 18 हजार कार्यबलों की मदद से न सिर्फ अपने अंतरिक्ष सम्बन्धी आवश्यकताओं की पूर्ति करने में सक्षम है बल्कि दुनिया के अनेक देशों के साथ व्यापारिक एवं प्रौद्योगिक विकास एवं अन्य स्तरों पर सहयोग कर रही है। लैटिन अमेरिकन शब्द से विकसित ऐडमिनिस्ट्रेशन का विकास लगभग कई वर्षों पूर्व ही भारत में हो चुका था। अर्थशास्त्र इसका एक अच्छा उदाहरण है जो चाणक्य की प्रशासनिक नीतियों का संग्रह है और पूरे विश्व में विख्यात है, उसके अनुसार :-

*"यदि प्रशासनिक कार्यो की पारदर्शिता पर आम जनता को संदेह न हो वह देश सबसे सुखी एवं विकसित होगा।"*

अत: प्रशासन शब्द इतना व्यापक[10] है कि इसमें और कई परिभाषाएँ स्वत: ही सम्मिलित हो जाती हैं जैसे, अनुशासन, आर्थिक नीति, नियंत्रण (आय-व्यय), योजना का संचालन, सुरक्षा, इत्यादि कई तथ्यों को समायोजित[11] कर एक सुप्रशासन संभव है। हिंदी वेद-संवेदना, आभास, श्रृंगार, काव्यों की भाषा है इसके गहन शब्दों का समायोजन जैसे सूर्य (SUN) का दूसरा नाम (समानार्थी) अंग्रेजी में कितने हैं? और हिंदी में कितने है - व्याख्या करने की जरुरत ही नहीं। राजभाषा अधिनियम, 1963 की धारा 3(3) के अंतर्गत संकल्प, सामान्य आदेश, नियम, अधिसूचनाएँ, प्रशासनिक व अन्य विवरण, प्रेस विज्ञप्तियाँ, निविदाएँ, करार, अनुज्ञप्तियाँ, अनुज्ञा-पत्र सूचनाएं और निविदा प्रपत्र द्विभाषिक रुप में अर्थात् अंग्रेजी एवं हिंदी दोनों में जारी किए जाएंगे। किसी प्रकार के उल्लंघन के लिए हस्ताक्षर करने वाले अधिकारी को जिम्मेदार ठहराया जाएगा। लेकिन हम यहाँ प्रशासन के व्यापक स्तरों पर नहीं बल्कि प्रशासनिक क्षेत्र में हो रहे हिंदी में कार्यों के बारे में संक्षेप में अवलोकन[12] करेंगे।

इसरो स्थापना से ही राजभाषा को बढ़ावा देने के लिए प्रयासरत रही है। इसरो अपने द्विभाषी लोगो (प्रतीक-चिह्न) एवं कृत्रिम उपग्रहों के हिंदी में नामकरण जैसे आर्यभट्ट, रोहिणी, चंद्रयान, मंगलयान, नाविक, भूवन (जीपीएस आधारित वेबसाइट एवं एप्स) तक ही सिमित नहीं है, अब इसरो की आधिकारिक वेबसाइट भी हिंदी में उपलब्ध है। इसरो के लगभग सभी केन्द्रों में तकनीकी इकाइयों के साथ-साथ प्रशासनिक इकाई एवं क्रय-भंडार, लेखा - विभाग, पुस्तकालय भी स्थापित है। कानून (Legal), सतर्कता (Vigilance), स्थापना (Establishment), चिकित्सा (CHSS), हिंदी अनुभाग (Hindi Cell), कैंटीन(Canteen), प्रकाशन एवं जन-संपर्क (Publication & Public relation), संपदा (Estate), चयन (Recruitment), पुनरीक्षा (Review), वृत्ति (Pension), कार्मिक एवं सामान्य प्रशासन (P & G.A.) इत्यादि विभाग मिलकर प्रशासकीय इकाई बनती है जो एक दूसरे के साथ मिलकर दिनचर्या के प्रशासनिक कार्यो का निपटारा[13] करती है। विदेश यात्रा का विवरण हो या सतर्कता मंजूरी, सेवा पंजी में प्रविष्टि करनी हो या पासपोर्ट

का अनुमति पत्र, चरित्र एवं पूर्ववर्ती का नमूना भेजना हो या विशेष सुरक्षा प्रश्नावली सत्यापित करना हो, कार्यबलों के नियुक्ति, तैनाती, पदोन्नति, स्थानांतरण, प्रतिनियुक्ति, पदत्याग लगभग सभी तरह के कार्यो की फार्मेट द्विभाषी तो हो ही चुके है, अब कुछ कार्य जैसे सेवा पंजी में छुट्टी, यात्रा रियायत एवं अन्य प्रकार की प्रविष्टियाँ सिर्फ हिंदी में होने लगी है। यहाँ तक की अब प्रिंटेड फार्मेट में भी निवेदन/प्रतिवेदन पूर्णतः द्विभाषी हो चुका है।

हिंदी के प्रगामी प्रयोग के उपलब्धियों पर विचार करने के लिए निम्नलिखित प्रतिदिन के कार्यो को सम्मिलित करते हुए दिशाबिन्दु देखना होगा।

- कानून एवं सतर्कता:

- कानून संबंधी- भारत के विभिन्न न्यायालयों (जिला स्तर, राज्य स्तर) एवं सुप्रीम कोर्ट से आए आवक, आपराधिक मामले, चार्ज-शीट, सुनवाई संबंधित, निविदा आधारित शिकायत, इत्यादि की फाईलें तैयार करना, जाँच करना, एवं आवश्यक कारवाई करना।

- सतर्कता मंजूरी संबंधी - परिवीक्षाकाल समाप्ति हेतु, विदेश यात्रा हेतु, पुनरीक्षा हेतु, पासपोर्ट प्राप्ति नवीनीकरण हेतु, वीज़ा प्राप्ति हेतु, पदोन्नति एवं स्थानांतरण हेतु, त्यागपत्र निर्गमन हेतु, आवेदन अग्रेषित करने हेतु, एवं अन्य फॉर्म हेतु।

- स्थापना अनुभाग :-

- छुट्टी एवं छुट्टी यात्रा रियायत (LTC) - एलटीसी (छुट्टी यात्रा भत्ता) को अग्रेषित करना, छुट्टी यात्रा नगदीकरण को अग्रेषित करना, यात्रा वापसी का निपटारा, सेवा पंजी में प्रविष्टि, जाँच एवं पुनरीक्षण सूचि तैयार करना, शिशु देखभाल जांच सूची बनाना, असाधारण छुट्टी, मातृत्त्व छुट्टी, यात्रा रियायत, विदेश यात्रा, अध्ययन छुट्टी आदि।

- वेतन सम्बन्धी मामलो के प्रसंस्करण के लिए - वेतन का निर्धारण, आवक वृद्धि प्रमाणपत्र, वार्षिक वेतन वृद्धि, एमएसीपी इत्यादि, वेतन कटौती।

- कार्मिक मामले - सभी वैज्ञानिक, तकनीकी और प्रशासनिक कर्मचारियों की नियुक्ति सम्बंधित आदेश एवं सेवा पंजी तैयार करना, नियुक्तियों की अधिसूचनाएँ, परिवीक्षा पूर्ण करना, वेतन निर्धारण, रिसर्च इंटर्न, रिसर्च असिस्टेंट, प्रोजेक्ट असिस्टेंट, प्रशिक्षु, जेआरएफ, एसआरएफ, रिसर्च एसोसिएट इत्यादि का विवरण एवं प्रशासकीय नियमन करना, पारिवारिक विवरण और गृहनगर घोषणा आदि सम्बंधित फॉर्म का सेवा पंजी में संजोना, अवार्ड, प्रतिनियुक्ति सम्बंधित अधिसूचनाएँ एवं फाइल रिकार्ड। जेसीएम (JCM) संबंधी मामले, डॉस पत्राचार, सूचना का अधिकार, जनशक्ति, कैडर समीक्षा, वैज्ञानिक और तकनीकी पदों का निर्माण और उन्नयन, गृह निर्माण अग्रिम, वैयक्तिक कम्प्यूटर अग्रिम, संसदीय प्रश्न, विभिन्न संगठनों/ मंत्रालयों/ विभागों को वार्षिक/ तिमाही रिपोर्ट, जनशक्ति प्रबंधन सूचना प्रणाली, अनुसूचित जाति/ अनुसूचित जनजाति/ ओबीसी/ पीडब्ल्यूडी/ अल्पसंख्यक/ महिलाएं का सेवा में प्रतिनिधित्व का ब्योरा तैयार करना।

- मौद्रिक सम्बंधित - शिशु शिक्षा भत्ता का अग्रिम प्रेषित, प्रोत्साहन सम्बंधित योजना तहत भत्ता प्रेषित (PRIS), उपग्रह प्रक्षेपित सम्बंधित योजना का लाभ (PUA, LCA), प्रिस चर वृद्धि (Pris variable increment) का लाभ, एलटीसी लाभ, आवास अग्रिम, कम्प्यूटर अग्रिम, हिंदी योजना लाभ, इत्यादि को लेखा विभाग में आदेश को अग्रेषित करना, नियमन एवं रख रखाव।

- परिवीक्षा सम्बंधित - नियुक्ति से लेकर परिवीक्षा काल समाप्त होने तक की क्रियाकलाप जैसे चरित्र सत्यापन एवं विशेष सुरक्षा प्रश्नावली को सत्यापित हेतु निवेदन एवं अनुस्मारक भेजना, परिवीक्षाकाल पूर्णता हेतु जाँच सूची बनाना, समितीयों को बायोडाटा एवं गोपनीय रिपोर्ट भेजना एवं परिवीक्षाकाल पूर्ण की आदेश का निर्गमन।

आगामी प्रयोग की संभावनाएँ - चयन अनुभाग द्वारा प्रक्रिया से लेकर सेवा निवृत्ति तक दस्तावेज सम्बंधित सारे क्रियाकलाप द्विभाषी हो चुके हैं, जैसे प्रतिनियुक्ति प्रस्ताव सम्बंधित सारी शर्ते भी द्विभाषी हो चुकी हैं। अब हम कार्यविधि पर विचार करे तो यह पाते हैं कि सिर्फ सेवा पंजी में प्रविष्टि छोड़कर सारे कार्य कौवा (COWAA) सॉफ्टवेयर एवं वेब आधारित कॉइन्स (COINS) सॉफ्टवेयर से होती है जिसके द्विभाषी संस्करण सीमित हैं। यहाँ तक की ई-सर्विस बुक (ई-सेवा पंजी) को प्रयोग में लाने के पहलुओं पर भी विचार किया जा रहा है। एम आई इस डी (MISD) में भी द्विभाषी करने पर विचार किया जा रहा है।

भारत सरकार की ओर से भी हिंदी भाषा को बढाने में काफी जोर दिया जा रहा है। इसका एक उदाहरण है "लीला" एप्प, जो हिंदीं सिखाने के लिए नि:शुल्क उपलब्ध है और यह एप्प क्षेत्रिय भाषाओं में भी उपलब्ध है। इसरो की केंद्र से भी कई हिंदी पत्रिकाएँ विमोचित की जाती है जैसे- आईजैक(यूआरएससी) से झरोखा, इसरो मुख्यालय से क्षितिज, इस्ट्रैक से पुलकित, एसडीएससीशार से ऊड़ान, सैक से अभिव्यक्ति। वहीं हिंदी विभाग की तरफ से कई प्रोत्साहन योजना भी कार्यरत् है जैसे वार्षिक प्रोत्साहन योजना, हिंदी माह प्रोत्साहन योजना, प्रशासनिक प्रोत्साहन इत्यादि। वहीं राजभाषा अनुभाग द्वारा राजभाषा गौरव पुरस्कार योजना, राजभाषा कीर्ति पुरस्कार, मौलिक पुस्तक लेखन इत्यादि। जब भी रिक्त पदों का विज्ञापन आता है तो द्विभाषी तो होता ही है, परीक्षा के लिए जब प्रवेश पत्र जारी किये जाते हैं तो परीक्षार्थी से भाषा चुनने के लिए हिंदी या अंग्रेजी पूछी जाती है। अतः हिंदी चयन करने पर पूरी तरह हिंदी में डाउनलोड किया

जा सकता है। कुछ हिंदीं विशेष शब्द को तो अब नियमन में ला ही दी गई - जैसे रिकमेन्डेशन के बदले संस्तुति की जाए, अप्रूवल के बदले अनुमोदित की गई, हायर अथॉरिटी के पास फाइल फार्वर्ड करते समय फाइल अग्रेषित की गई/ की जाती है या आगे कारवाई हेतु भेजी जाती है। इस प्रकार के हिंदी के प्रयोग अब धड़ल्ले देखने को मिल रहे है।

खास बात यह है की जो हिंदी नहीं भी जानते हैं वे भी कुछ इस प्रकार के सीमित शब्दों को तो जान ही गए है। कभी - कभी यह भी देखा गया है की चरित्र - सत्यापन प्रपत्र पूर्णतः हिंदी में भेजे जाते हैं ऐसी स्थिति में जो सम्बंधित संपर्क अधिकारी को जो दिक्कते आ जाती है उन्हें हिन्दीभाषी कर्मचारी की मदद लेनी पड़ती है। सत्यापन में अक्सर लिखा होता है उपर्युक्त व्यक्ति के विरुद्ध कोई आपराधिक मामला दर्ज नहीं पाया गया - यह सरल तरीके से लिखा गया है - इसे समझना बहुत आसान है। परन्तु इसी वाक्य को कभी - कभी कुछ इस तरह से लिखे होते हैं - व्यक्ति के विरुद्ध किसी प्रकार की अभियुक्ति नहीं है - तो इसे समझना मुश्किल हो जाता है कि अभियुक्ति का मतलब क्या हुआ। हिंदी विभाग की तरफ से अंतरिक्ष शब्दावली के साथ - साथ प्रशासनिक शब्दावली का संकलन अंग्रेजी में अर्थ के साथ की गई है। कुछ शब्द अभी भी ऐसे है की पूरी तरह हिंदी में लिख देने पर समझना मुश्किल हो जाता है, जबकि वे शब्द भारतीय राजभाषा के आधिकारिक वेबसाइट पर रखे हुए है।। जैसे Passport - चारपत्र, सर्वसम्मति (unanimous), वसीयत (will), स्वयंसेवक (volunteer), अतः हिंदी को तेज़ी से अमल करने के लिए कुछ शब्द को अंग्रेजी में रखना समझदारी होगी। वही दूसरी ओर हिंदी के कुछ समानार्थी शब्द - जो ज्यादा प्रचलित है उसी को उपयोग में लाना होगा। जैसे - निरसन या निराकरण (abrogation) का आसान सा समानार्थी शब्द समाप्ति है तो हमें समाप्ति को अमल करना होगा। उसी तरह कुछ शब्द परामर्श-सलाह, रज़ामंदी - करार, अनुबंध - सहमति, ऐसे कई शब्द है जो कई अवसरों पर हिंदी को प्रसारित करने में बाधा पहुंचाते हैं क्योंकि यदि हम शब्द का व्यावहारिक रूप नहीं बल्कि व्याकरण के नियम को अपनाने में रह जाते हैं। यदि शब्द के समानार्थी का वास्तविक रूप में अमल करे तो आम लोगो को समझने में कठिनाई होने लगती है। परिणामस्वरूप हिंदी को व्यावहारिक रूप नहीं दिया जा सकता है। लेकिन हम यहाँ प्रशासनिक कार्य में हिंदी के प्रयोग की बात कर रहे है तो भारत सरकार के सभी विभागों में हिंदी में प्रयोग किए जाने वाले तरीकों एवं शब्दों में समानता रखनी होगी ताकि हमारे अंतरिक्ष विभाग एवं अन्य राज्य एवं केंद्र सरकार के हिंदी प्रयोग किए जाने वाले को समझने एवं अमल करने में कोई कठिनाई नहीं हो। कई हिंदी विद्वानों के अनुसार इसका एक तरीका बने - बनाये फॉर्मेट\ टेम्पलेट हो जैसे उन्हें वैज्ञानिक\ अभियंता - एसई पद की नियुक्ति का प्रस्ताव भेजा जाता है। यहाँ सिर्फ पद एवं नाम को ही बदलना पड़ेगा। इसका फायदा यह होगा की अंग्रेजी भाषी भी कुछ हिंदी शब्द से अवगत हो जाएंगे।

निष्कर्ष:- यह सर्वविदित है कि हिंदी भारत सरकार की कार्यकारी भाषा है। लेकिन हम सुविधा के लिए द्विभाषी फार्मेट अपनातें हैं, तेजी से बदलती दुनिया में भाषाओं के स्वरुप भी बदलते जा रहें है, इसकी मुख्य वजह डिजीटल दुनियाँ है, परिणामस्वरुप हिंदी के वास्तविक शब्द विलुप्त होते जा रहे है और ईसीतरह हिंदी में वार्तालाप भी प्रभावित होती जा रही है, अब गिने-चुने लोग ही पूर्ण रुप से हिंदी में वार्तालाप कर पाते हैं, शुद्ध हिंदी में बातचीत तो दुर की बात है। अब संस्कृत के सापेक्ष समझे तो भारत वर्ष में अनेकों पर्व-त्योहार, विवाह, एवं शुभ- मुहूर्त के समय पंडितों द्वारा पूजा-अर्चना संस्कृत में कराए जातें है, जैसे संस्कृत के श्लोक, मंत्र, जाप, पाठ्य इत्यादि वहीं कहीं न कहीं संस्कृत के हिंदी अनुवाद में भी कहानी, श्लोक पढे जाते हैं जैसे हनुमान चालिसा, देवी आरती इत्यादि। क्या यह संभव है कि उसमें भी अंग्रेजी बोलचाल भाषा की तरह बीच में जोड़ दिए जाए? कदापि नहीं। क्या यह संभव है कोई विशेष श्लोक दक्षिणी भारत के लोग जिसे हिंदी बोलना भी न आता हो वही श्लोक के कुछ शब्द देश के किसी और क्षेत्र के श्लोक के वही विशेष शब्द से भिन्न हो जाए? कदापि नहीं? तो कहने का तात्पर्य यह है कि हिंदी के बढोतरी में भी भारत सरकार को कुछ कदम उठाने होंगे कि हिंदी के कार्यकारी भाषा के शब्द भी इसतरह से सामान्य बना दिए जाए कि उसकी प्रचलन स्वंय ही श्लोकों की तरह तेजी से बढ़ती चली जाएगी। जैसे - Recommendation for proposal - प्रस्ताव के लिए संस्तुती। प्रस्ताव के लिए सिफारिश। तो हमें किसी एक शब्द को पूरे भारतवर्ष में अपनाना होगा। यह अलग बात है कि इससे हिंदी की विविधता पर अंकुश लग सकती है परंतु हिंदी को तेजी से अपनाने में यह कारगर साबित हो सकती है।

***लेखक परिचय***

**निकुंज शाह, व. सहायक, स्थापना अनुभाग, का. एवं सा. प्र. विभाग, सैक**

निकुंज शाह ने बी. कॉम की उपाधि प्राप्त करने के बाद 2004 में ईल्कट्रोलेस निकेल प्लेटिंग में लेखाकर के तौर पर काम किया फिर वर्ष 2006 से ग्लोबल मेड डाटा में कार्य करना आरंभ किया, 2013 में डीआरडीओ में नियुक्त हुए तदोपरांत 2013 में ही इसरो में सहायक के तौर पर नियुक्त किए गए। 2017 में लॉ में स्नातक की उपाधि प्राप्त किया। अभी स्थापना अनुभाग में कार्यरत है। इससे पूर्व पेंशन अनुभाग में भी कार्य का अनुभव लिया।

अनुक्रमणिका

**चंदन सिंह, व.सहायक, स्थापना अनुभाग, का. एवं सा. प्र. विभाग, सैक**

***2. लेखक परिचय -:*** (मुख्य लेखक) चंदन सिंह ने कंप्यूटर सायंस में बैचलर उपाधि प्राप्त करने के बाद इन्फोसिस लिमिटेड में सॉफ्टवेयर डेवेलपर के तौर पर काम किया तदोपरांत चंदन सिंह की नियुक्ति 2013 में एमआरएसए में सहायक के तौर पर हुई। अब वरि.सहायक के तौर पर स्थापना अनुभाग में कार्यरत हैं। जॉली धर, प्रधान एमएसआरडी के साथ मिलकर 2013 के हिंदी अंतरकेंद्रिय सेमीनार में शिर्षक "आपदा प्रबंधन में इसरो की भूमिका" के तहत इन्फेरियोमेट्री सार की उल्लेख करते हुए उसके अनुप्रयोग एवं विषयवार विश्लेषण किया। 2015 के हिंदी राजभाषा सत्र में "हिंदी की प्रसार में बाधाएँ" का उल्लेख किया। 2017 के हिंदी के तकनीकी सेमिनार में "जन-जन में विज्ञान" शीर्षक के तहत इसरो के उपलब्धियाँ को जनता तक कैसे पँहुचाया जाए, का उल्लेख किया।

संदर्भः


1. केंद्रीय हिंदी परिषद
2. कार्मिक एवं प्रशिक्षण विभाग, भारत सरकार
3. निती आयोग, भारत सरकार
4. हिंदी विभाग, इसरो
5. भारतीय प्राचीन ईतिहास, विपीन चंद्रा
6. इसरो के विभिन्न केंद्रों की हिंदी संबंधित रिपोर्ट
7. राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय, भारत सरकार


**पारिभाषिक शब्दावलीः**

| | | |
|---|---|---|
| आगमन- Joining/Appointment | प्रतिनियुक्ति- Deputation | समायोजित- Integration |
| प्रस्थगन- Superannuation/Resignation | सहभागिता- Contribution | अवलोकन- Observation |
| नीतभार- Payload | प्रगतिशिल- Progressive | निपटारा- Settelment |
| संकलित- Inclusion | रीढ़- Basic, Root, Fundamental | |
| कार्यबलों- Manpower | व्यापक- Complex, Discritptive | |

**अन्य सूची-**

*(इसे सुविधा के लिए संक्षेप में लिखा गया है इसमें संसदीय मामलों के बारे में भी उल्लेखित है।)

***

# विदेशी बिल अनुभाग : अंतरिक्ष कार्यक्रमों हेतु महत्वपूर्ण योगदान

सोमा करनावट, कनिष्ठ हिंदी अनुवादक, हिंदी अनुभाग, कासाप्र
बबीता मखीजा, सहायक, विदेशी बिल अनुभाग, वित्त एवं लेखा प्रभाग
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
somakarnavat@sac.isro.gov.in, babitamakhija@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

*प्रस्तुत लेख में भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के सफल कार्यान्वयन में विदेशी बिल अनुभाग के योगदान पर चर्चा की गई है। उपग्रह एवं प्रमोचन यान के कई घटकों का उत्पादन देश में नहीं होता है। ऐसे में विदेश से आयात ही इसका समाधान है। विदेश से विविध सामग्री आयात करने की प्रक्रिया, भुगतान की विधि, इससे संबंधित नियम एवं अन्य संबंधित विषयों पर लेख में विस्तृत जानकारी प्रदान की गई है। इस लेख को पढ़ने के बाद विदेशी बिल अनुभाग की संपूर्ण कार्यविधि समझना काफी आसान हो जाएगा। साथ ही, इस अनुभाग में हिंदी में हाल में किए जा रहे कार्य एवं भविष्य की संभावनाओं पर भी चर्चा की गई है।*

## 1. प्रस्तावना

वर्ष 1975 में भारत के प्रथम उपग्रह 'आर्यभट्ट' के प्रमोचन के साथ ही भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की शुरुआत हुई। धीरे-धीरे भारत ने स्वयं के प्रमोचन यान विकसित किए और अत्याधुनिक तकनीक वाले उपग्रह प्रमोचित किए। वर्ष 2018 में हम इतनी मजबूत स्थिति में आ गए हैं कि अब तक 200 से अधिक विदेशी उपग्रह प्रमोचित कर चुके हैं। आज अनेक घटक देश में बनने लगे हैं, जिससे हमें कई फायदे हुए हैं। पहला, देश में तकनीकी कौशल में वृद्धि, दूसरा विदेशी कंपनियों पर निर्भरता कम, तीसरा, विदेशी मुद्रा के व्यय में कमी, आदि। इतनी प्रगति के बाद भी, कुछ घटक ऐसे हैं जो पूरी दुनिया में सिर्फ एक या दो ही कंपनियाँ बनाती हैं। इसके अतिरिक्त, विदेश में कई अत्याधुनिक तकनीकें और विशिष्ट प्रौद्योगिकियाँ भी उपलब्ध होती हैं। हमें ये विदेश से आयात करनी होती हैं। आयात करने के पश्चात भुगतान एवं अन्य संबंधित कार्य विदेशी बिल अनुभाग द्वारा किए जाते हैं।

## 2. क्रय एवं भंडार प्रभाग द्वारा मांगपत्र के आधार पर क्रय आदेश जारी करना :

परियोजना की आवश्यकता के अनुसार वैज्ञानिकों द्वारा अपेक्षित अवयवों हेतु मांगपत्र जारी किया जाता है। अवयवों के मूल्य के अनुसार निर्धारित क्रय समिति अपनी बैठक में उनकी आवश्यकता पर चर्चा करती है। यदि मांगपत्र अनुमोदित होता है, तो विक्रेता के नाम पर क्रय आदेश जारी किया जाता है, जिसमें उस आदेश के सभी विवरण एवं आपूर्ति से संबंधित शर्तों का उल्लेख किया जाता है।

क्रय आदेश की एक प्रति विदेशी बिल अनुभाग को भेजी जाती है। अनुभाग द्वारा इस क्रय आदेश को अपने रिकॉर्ड में फाइल कर लिया जाता है। भविष्य में किसी भी प्रकार का भुगतान या अन्य पत्रव्यवहार होने पर उसकी एक प्रति इस क्रय आदेश के साथ फाइल की जाती है, ताकि पूर्व में किए गए सभी कार्य एक साथ उपलब्ध रहें।

## 3. भुगतान के प्रकार :

आयात की गई सामग्री का भुगतान मुख्य रूप से चार प्रकार से किया जाता है -

**3.1 अग्रिम भुगतान (Advance Payment)**
**3.2 साख पत्र (Letter of Credit, L/C)**
**3.3 दर्शनी ड्राफ्ट (Sight Draft, S/D)**
**3.4 नगद भुगतान (Direct Payment)**

**3.1 अग्रिम भुगतान (Advance Payment) :** माल की आपूर्ति से पहले किए गए भुगतान को अग्रिम भुगतान कहा जाता है। आपूर्तिकर्ता के लिए यह सबसे सुरक्षित और लाभदायक होता है। अग्रिम भुगतान की राशि 1,00,000/- डॉलर से अधिक होने पर विक्रेता से अग्रिम भुगतान बैंक गारंटी मांगी जाती है, जो आपूर्ति पूरी हो जाने पर वापिस कर दी जाती है।

**3.2 साख पत्र (Letter of Credit, L/C) :** बैंक द्वारा किसी संभावित उधारकर्ता के नाम जारी किया दस्तावेज जिसमें उसे एक पूर्वनिश्चित उद्देश्य के लिए एक निर्दिष्ट राशि बैंक से उधार लेने का अधिकार दिया जाता है। विदेशी कंपनी को भारतीय संस्थान की उधारपात्रता के विषय में अधिक जानकारी नहीं होती, लेकिन वह वैश्विक स्तर पर बैंक को पहचानता है। साख पत्र के माध्यम से बैंक विक्रेता को यह गारंटी देता है कि यदि क्रेता द्वारा भुगतान नहीं किया गया तो बैंक उसका भुगतान करेगा। अतः विक्रेता को अपने माल का मूल्य मिलने का भरोसा होता है। इसीलिए साख पत्र विदेश से आयात किए गए माल के भुगतान हेतु सबसे अधिक विश्वसनीय तरीका है। क्रय प्रभाग साख पत्र जारी करने के लिए लेखा प्रभाग को अनुरोध भेजता है। अनुरोध प्राप्त होने पर लेखा प्रभाग साख पत्र का मसौदा तैयार करता है जो क्रय प्रभाग और विक्रेता को भेजा जाता है, जिससे किसी प्रकार का संशोधन तत्काल कर लिया जाए और भविष्य में इसकी आवश्यकता न रहे। तत्पश्चात साख पत्र जारी करने के लिए बैंक को अर्जी दी जाती है और बैंक 2-3 कार्य दिवसों में साख पत्र जारी कर देता है।

विदेशी आपूर्तिकर्ता माल की लदाई के पश्चात Invoice, Airway Bill/Shipment Bill, Warranty Certificate, Bank Guarantee (यदि लागू हो) आदि दस्तावेज बैंक की विदेशी शाखा में जमा कराता है। दस्तावेजों के सत्यापन के बाद, ये सभी दस्तावेज बैंक की भारतीय शाखा को अग्रेषित किए जाते हैं जहाँ पर साख पत्र जारी किया गया था। बैंक सभी दस्तावेजों की फोटोकॉपी के साथ साख पत्र के भुगतान हेतु निर्धारित प्रोफार्मा भेजता है। दस्तावेजों में किसी प्रकार विसंगति पाए जाने पर बैंक द्वारा उसका उल्लेख किया जाता है। विसंगति गंभीर न होने पर बैंक विसंगति शुल्क काटकर दस्तावेज अग्रेषित कर देता है। विसंगति बड़ी हो तो विदेशी बिल अनुभाग

विक्रेता से बात करके विसंगति को सुलझाने का प्रयत्न करता है। इसे सुलझाने के बाद ही भुगतान किया जाता है। सभी दस्तावेज सही होने पर बैंक से क्लेम प्राप्त होने के 10 दिनों के अंदर भुगतान करना आवश्यक होता है। विदेशी बिल अनुभाग में दस्तावेजों के सत्यापन (आवश्यकता होने पर क्रय प्रभाग से जानकारी प्राप्त की जाती है) के पश्चात, फॉर्म A1 भरकर बैंक भेजा जाता है।

**3.3 दर्शनी ड्राफ्ट (Sight Draft, S/D) :** दर्शनी ड्राफ्ट में भी बैंक की उपस्थिति होती है, लेकिन उनकी कोई गारंटी न होने की वजह से यह तरीका विदेशी कंपनी के लिए साख पत्र से कुछ कम विश्वसनीय होता है। दर्शनी ड्राफ्ट में साख पत्र की तरह क्लेम प्राप्त होने पर भुगतान करने का बंधन नहीं होता है। यदि दस्तावेज पूर्ण नहीं हों या क्रय आदेश की शर्तों का पालन नहीं किया गया हो तो विसंगति सुलझने तक भुगतान रोका जा सकता है।

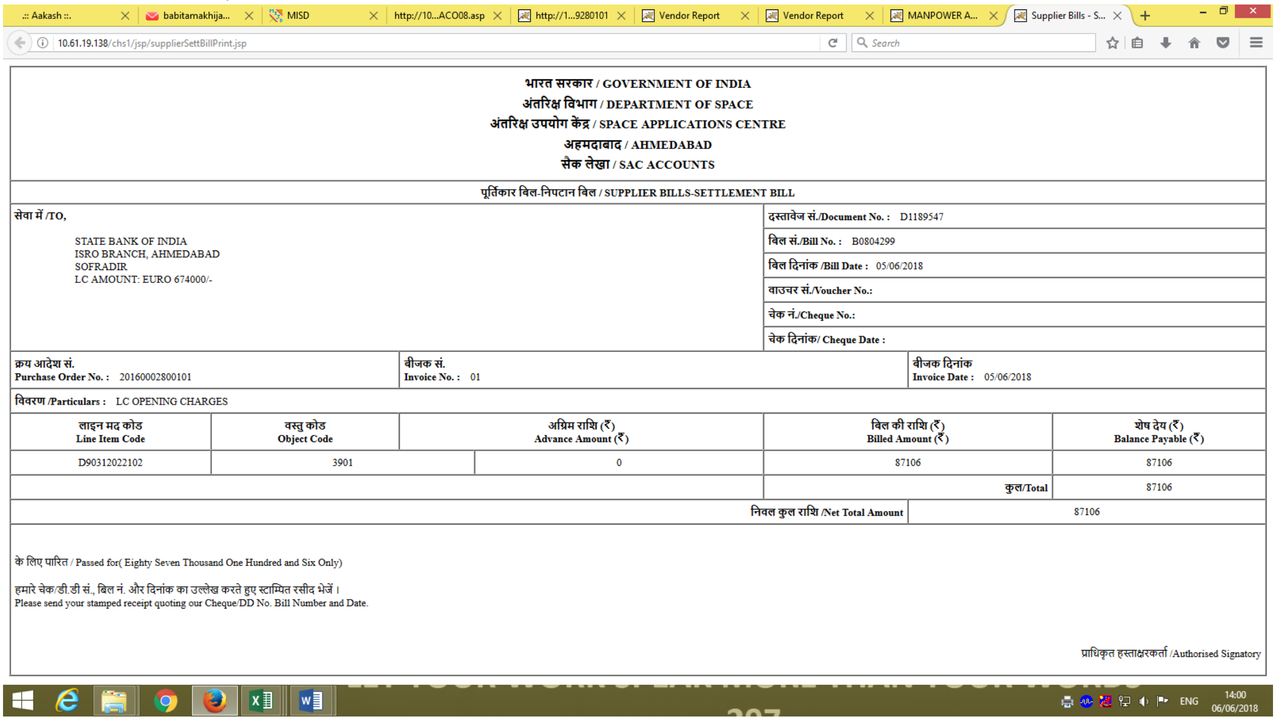
दर्शनी ड्राफ्ट में, विदेशी आपूर्तिकर्ता माल की लदाई के पश्चात Invoice, Airway Bill/Shipment Bill, Warranty Certificate आदि दस्तावेज अपने बैंक के माध्यम से भारतीय बैंक को अग्रेषित करता है या सीधे भारतीय शाखा को भी भेज सकता है। बैंक अपने स्तर पर दस्तावेजों के सत्यापन के पश्चात दर्शनी ड्राफ्ट के निर्धारित प्रोफार्मा सहित सभी दस्तावेजों की फोटोकॉपी विदेशी बिल अनुभाग में भेजता है। अनुभाग में दस्तावेजों के सत्यापन के बाद फॉर्म A1 भरकर बैंक भेजा जाता है।

**3.4 नगद भुगतान (Direct Payment) :** नगद भुगतान विधि में माल की आपूर्ति के पश्चात, अंतिम उपयोगकर्ता को प्राप्त होने और MIRV (Material Inspection cum Receipt Voucher) पर हस्ताक्षर होने के बाद भुगतान किया जाता है। इसमें विदेशी बिल अनुभाग फॉर्म A1 के साथ बैंक को एक पत्र भेजता है, जिसमें Invoice, Packing List, Airway Bill तथा Bill of Entry details दर्ज होते हैं। इस पत्र में अनुरोध किया जाता है कि केंद्र को पूरा माल प्राप्त हो चुका है और आपूर्तिकर्ता की ओर से किसी प्रकार का कार्य शेष नहीं है, अतः आपूर्तिकर्ता को भुगतान किया जाए।

इसके अतिरिक्त, विदेश से मंगाई जाने वाली पुस्तकों और पत्रिकाओं का भुगतान भी विदेशी बिल अनुभाग द्वारा किया जाता है। पुस्तकालय द्वारा भुगतान का अनुरोध और बीजक प्राप्त होने पर संबंधित विवरण फॉर्म A2 के साथ बैंक को भेजे जाते हैं।

किसी भी क्रय आदेश का भुगतान करने से पहले उसका बजट देखना भी आवश्यक होता है। इसके लिए योजना एवं परियोजना समूह (पीपीजी), बजट एवं संकलन अनुभाग, मांगकर्ता और मुख्यालय के बजट प्रबंधकों से समय-समय पर चर्चा करना जरूरी होता है। अनुभाग में प्रत्येक परियोजना के बजट के अंतर्गत किए गए भुगतान का ब्यौरा रखा जाता है।

यदि माल की आपूर्ति में देर हुई है और क्रय आदेश/ करार में निर्णीत हर्जाने (Liquidated Damages) का खंड है, तो देरी के अनुपात में निर्णीत हर्जाने की रकम काटकर भुगतान किया जाता है। निर्णीत हर्जाना किसी भी विधि से भुगतान करने पर काटा जा सकता है। साख पत्र में रकम काटने के लिए हिताधिकारी के बैंक को सूचित कर अनुमति लेना आवश्यक होता है।



भारत सरकार / GOVERNMENT OF INDIA
अंतरिक्ष विभाग / DEPARTMENT OF SPACE
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र / SPACE APPLICATIONS CENTRE
अहमदाबाद / AHMEDABAD
सैक लेखा / SAC ACCOUNTS

पूर्तिकार बिल-निपटान बिल / SUPPLIER BILLS-SETTLEMENT BILL

सेवा में /TO,
STATE BANK OF INDIA
ISRO BRANCH, AHMEDABAD
SOFRADIR
LC AMOUNT: EURO 674000/-

दस्तावेज सं./Document No. : D1189547
बिल सं./Bill No. : B0804299
बिल दिनांक /Bill Date : 05/06/2018
वाउचर सं./Voucher No.:
चेक नं./Cheque No.:
चेक दिनांक/ Cheque Date :

क्रय आदेश सं. Purchase Order No. : 20160002800101
बीजक सं. Invoice No. : 01
बीजक दिनांक Invoice Date : 05/06/2018

विवरण /Particulars : LC OPENING CHARGES

| लाइन मद कोड Line Item Code | वस्तु कोड Object Code | अग्रिम राशि (₹) Advance Amount (₹) | बिल की राशि (₹) Billed Amount (₹) | शेष देय (₹) Balance Payable (₹) |
|---|---|---|---|---|
| D90312022102 | 3901 | 0 | 87106 | 87106 |
| | | | कुल/Total | 87106 |
| | | | निवल कुल राशि /Net Total Amount | 87106 |

के लिए पारित / Passed for( Eighty Seven Thousand One Hundred and Six Only)

हमारे चेक/डी.डी सं., बिल नं. और दिनांक का उल्लेख करते हुए स्टाम्पित रसीद भेजें।
Please send your stamped receipt quoting our Cheque/DD No. Bill Number and Date.

प्राधिकृत हस्ताक्षरकर्ता /Authorised Signatory

चित्र 1. एमआईएसडी द्वारा निर्मित सॉफ्टवेयर के माध्यम से मुद्रित द्विभाषी वाउचर का नमूना

**भुगतान की विधि -**

फॉर्म A1 भरकर भेजने के 1 या 2 दिन बाद बैंक से उस दिन की विनिमय दर के अनुसार रेट प्राप्त होते हैं। ये रेट बैंक के परिपत्र के साथ मिलाए जाते हैं। यदि सब ठीक पाया जाता है तो भुगतान करने के लिए आपूर्तिकर्ता को भुगतान करने के लिए वाउचर बनाया जाता है।

विदेशी मुद्रा में भुगतान करने के लिए मुख्यतः दो प्रकार के फॉर्म प्रयुक्त होते हैं-

1. **फॉर्म A1** - जब कोई भौतिक वस्तु (दिखाई देने वाली वस्तु, जैसे- अंतरिक्षयान का कोई घटक) आयात की जाती है, तो उसके भुगतान के लिए फॉर्म A1 भरकर बैंक भेजा जाता है।
2. **फॉर्म A2** - जब सॉफ्टवेयर अथवा पुस्तकालय के लिए पुस्तकें, मैग्जीन आदि जैसी सामग्री आयात की जाती है, तो उसके भुगतान के लिए फॉर्म A2 भरकर बैंक भेजा जाता है।

अनुभाग में निम्नलिखित रजिस्टरों में प्रविष्टियाँ की जाती हैं:-

1. ओबीआर (Objection Book Register)
2. आगम पत्र (Bill of Entry)
3. माल भाड़ा एवं सीमा शुल्क (Freight & Customs)
4. बैंक गारंटी (Bank guarantee)

## 4. माल अग्रेषक एवं समाशोधन एजेंट के भुगतान

सामग्री के मूल्य के साथ अन्य विविध खर्च भी जुड़े होते हैं, जैसे विक्रेता के कारखाने/गोदाम से पोत/हवाई अड्डे तक लाना, बीमा, जहाज भाड़ा, आदि। ये विविध खर्च कौन वहन करेगा, इस विषय पर क्रय आदेश जारी होने के पहले सहमति बना ली जाती है। व्यापार में कई प्रकार की शब्दावली का प्रयोग किया जाता है, जैसे FOB, CIP, Ex-works आदि।

जहाज में लदाई अथवा माल जहाज तक पहुँचाने की जिम्मेदारी माल अग्रेषक की होती है। वह क्रेता के निर्देशानुसार विक्रेता के गोदाम या पोत से माल लेकर क्रेता तक पहुँचाता है। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के माल अग्रेषक मैसर्स बॉमर लॉरी एंड कंपनी हैं। उनके साथ इसरो ने करार किया है जिसके अनुसार वे माल केंद्र के सुपुर्द करते हैं और करार की दर के अनुसार शुल्क वसूल करते हैं। निर्धारित आकार एवं भार से अधिक होने पर IATA (International Air Transport Association) की वर्तमान दर के अनुसार शुल्क लिया जाता है।

**तालिका-1 अंतर्राष्ट्रीय वाणिज्यिक शब्दावली**

| जिम्मेदारी | परिवहन के सभी प्रकार | | | | | जलमार्ग | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EXW | FCA | CPT | CIP | DAT | FOB | CIF |
| | Ex Works | Free Carrier | Carriage Paid To | Carriage & Insurance Paid To | Delivered at Terminal | Free On Board | Cost, Insurance & Freight |
| ट्रक में लदाई | क्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता |
| निर्यात शुल्क | क्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता |
| निर्यातक के पत्तन तक परिवहन | क्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता |
| मूल पत्तन पर ट्रक से उतारना | क्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता |
| मूल पत्तन पर लैंडिंग खर्च | क्रेता | क्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता |
| आयातक के पत्तन तक परिवहन | क्रेता | क्रेता | विक्रेता | विक्रेता | विक्रेता | क्रेता | विक्रेता |
| आयातक के पत्तन पर उतारना और ट्रक में लदाई | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता | विक्रेता | क्रेता | क्रेता |
| गंतव्य तक परिवहन | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता |
| बीमा | क्रेता | क्रेता | क्रेता | विक्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता |
| सीमाशुल्क और अन्य कर | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता | क्रेता |

माल अग्रेषक के बिल अन्य संबंधित दस्तावेज जैसे Airway Bill, Packing List आदि के साथ क्रय एवं भंडार प्रभाग में जमा कराए जाते हैं। सभी बिल क्रय प्रभाग द्वारा जाँचे एवं सत्यापित किए जाते हैं और विदेशी बिल अनुभाग को अग्रेषित किए जाते हैं। विदेशी बिल अनुभाग अपनी ओर से जाँच करने के बाद इनका भुगतान करता है और क्रय आदेश की प्रति में किए गए भुगतान का ब्यौरा दर्ज करता है।

पहले इसरो को केंद्रीय सरकार का कार्यालय होने की वजह से सीमाशुल्क नहीं भरना होता था। अब नियमों में परिवर्तन के बाद 5% सीमाशुल्क भरना होता है। सीमाशुल्क चुकाने के बाद ही गोदाम में रखे गए माल को छुड़ाया जा सकता है। इस कार्य के लिए M/s Velji P. & Sons को समाशोधन एजेंट के रूप में नियुक्त किया गया है। वे सीमाशुल्क भरकर सरकारी गोदाम में रखे माल को छुड़ाते हैं और करार की दरों के अनुसार सीमाशुल्क, गोदाम का भाड़ा तथा अन्य खर्च के बिल प्रस्तुत करते हैं। सभी बिल क्रय प्रभाग द्वारा जाँचे एवं सत्यापित किए जाते हैं और विदेशी बिल अनुभाग को अग्रेषित किए जाते हैं। विदेशी बिल अनुभाग अपनी ओर से जाँच करने के बाद इनका भुगतान करता है और क्रय आदेश की प्रति में किए गए भुगतान का ब्यौरा दर्ज करता है।

## 5. अन्य संबंधित कार्य :

विदेशी बिल अनुभाग में ऊपर बताए गए मुख्य कार्यों के अतिरिक्त निम्नलिखित अन्य कार्य भी किए जाते हैं -

**(i) बैंक गारंटी का रखरखाव**

**(ii) आगम पत्रों के विवरण बनाए रखना**

**(iii) माल वापस विदेश भेजने के लिए बैंक से अधित्याग प्राप्त करना**

**(iv) एजेंसी कमीशन**

### 5.1 बैंक गारंटी का रखरखाव :

बैंक गारंटी के प्रकार :-

1. अग्रिम बैंक गारंटी (Advance Bank Guarantee)
2. प्रतिभूति बैंक गारंटी (Security Bank Guarantee)
3. निष्पादन बैंक गारंटी (Performance Bank Guarantee)
4. मरम्मत के लिए भेजे गए माल की प्रतिभूति हेतु बैंक गारंटी (Bank Guarantee for Security against material sent for repairs)
5. फ्री इशू मटीरियल की प्रतिभूति हेतु बैंक गारंटी (Bank Guarantee for Security against Free Issue Materials)

बैंक गारंटी किसी बैंक द्वारा दिया गया वह वचन होता है कि आपूर्तिकर्ता द्वारा संतोषजनक सेवा प्रदान न करने पर, बैंक द्वारा गारंटी में उल्लिखित रकम का भुगतान किया जाएगा। यह क्रेता की सुरक्षा के लिए मांगी जाती है। साथ ही, किसी करार के अंतर्गत यदि माल के लिए अग्रिम भुगतान किया गया है, तो उसकी सुरक्षा के लिए भी विक्रेता से बैंक गारंटी मांगी जाती है। जब माल की आपूर्ति हो जाती है, तो बैंक गारंटी विक्रेता को वापस कर दी जाती है।

अनुभाग के पास जितनी भी बैंक गारंटियाँ जमा होती हैं, उनका रिकॉर्ड रखा जाता है और नियमित रूप से जाँच की जाती है। यदि किसी गारंटी की अवधि समाप्त होने वाली है, और उसकी आपूर्ति/वारंटी समाप्त होने में समय बाकी हो, तो बैंक गारंटी की अवधि बढ़ाने के लिए आवश्यक कार्रवाई की जाती है। गारंटी की अवधि समाप्त होने के बाद मांगकर्ता से आवश्यक पुष्टि प्राप्त की जाती है और तत्पश्चात बैंक गारंटी विक्रेता को लौटा दी जाती है।

**5.2 : आगम पत्रों के विवरण बनाए रखना**

आयातकर्ता को वस्तुओं की कीमत तथा अन्य आवश्यक विवरण जिस फॉर्म में भरकर सीमाशुल्क अधिकारियों के समक्ष प्रस्तुत करने होते हैं और जिसके स्वीकार होने पर ही माल छुड़ाने की अनुमति दी जाती है उसे आगम पत्र (Bill Of Entry) कहते हैं। समाशोधन एजेंट आगम पत्र विदेशी बिल अनुभाग में जमा कराता है। आगम पत्र के विवरण, जैसे- पत्र संख्या, दिनांक, पत्तन कोड, मूल्य आदि एक रजिस्टर में नोट करके बैंक को अग्रेषित किए जाते हैं। आगम पत्र की मूल प्रति को संबंधित क्रय आदेश के साथ फाइल कर दिया जाता है।

**5.3 : माल वापस विदेश भेजने के लिए बैंक से अधित्याग प्राप्त करना**

वारंटी काल के दौरान यदि किसी मशीन में खराबी आ जाती है तो उसे मरम्मत के लिए विदेश भेजने की जरूरत पड़ सकती है। ऐसे सामान को विदेश भेजने से पूर्व बैंक से अधित्याग प्रमाणपत्र प्राप्त करना होता है कि संबंधित मशीन मरम्मत के लिए विदेश भेजी जा रही है और मरम्मत होने के पश्चात वापिस भारत भेजी जाएगी। इसका निर्यात नहीं किया जा रहा है और इसमें किसी तरह का वित्तीय लेनदेन नहीं किया गया है।

**5.4 : एजेंसी कमीशन**

कुछ क्रय आदेशों की शर्तों के अनुसार विदेशी कंपनी के भारतीय एजेंट के कमीशन का भुगतान भारतीय मुद्रा में किया जाना होता है। माल की आपूर्ति, संस्थापना आदि सभी कार्य पूर्ण होने के बाद विदेशी बिल अनुभाग एजेंसी कमीशन का भुगतान करता है।

## 6. विदेशी बिल अनुभाग में हिंदी में किया जा रहा कार्य एवं संभावनाएँ :

विदेशी बिल अनुभाग के कर्मचारी हिंदी की गतिविधियों में बढ़-चढ़कर हिस्सा लेते हैं। हिंदी में मूल रूप से कार्य करने हेतु लागू प्रोत्साहन योजना, हिंदी माह एवं अन्य प्रतियोगिताओं आदि में सभी नियमित रूप से भाग लेते हैं और पुरस्कार प्राप्त करते हैं। हमारे ही केंद्र के एमआईएसडी अनुभाग द्वारा विकसित कोवा हिंदी प्रणाली के इस्तेमाल से मुख्य भुगतान, माल अग्रेषक एवं समाशोधक एजेंट के भुगतान के वाउचर द्विभाषी रूप से प्रिंट किए जाते थे। अब कोइन्स प्रणाली में भी ये सभी वाउचर द्विभाषी रूप में मुद्रित किए जाएँगे। इसरो की परियोजनाओं की संख्या बढ़ने की वजह से विदेशी बिल अनुभाग के कार्य के अनुपात में भी वृद्धि हुई है। साख पत्र जारी करने के लिए क्रय प्रभाग की फाइलों पर टिप्पणियाँ हिंदी तथा द्विभाषी में की जा सकती है। बैंक को भेजे जाने वाले सामान्य पत्रों का प्रारूप द्विभाषी किया जा सकता है। इस प्रकार इस अनुभाग में हिंदी में काफी कार्य किया जा रहा है और भविष्य में इसे बढ़ाने की संभावना भी नजर आती है।

**लेखक परिचयः**

**सोमा करनावट** ने वर्ष 2009 में कॉमर्स विषय में स्नातक और 2011 में स्नातकोत्तर डिग्री प्राप्त की। इसके पश्चात 2012 में महात्मा गांधी अंतरराष्ट्रीय हिंदी विश्वविद्यालय, वर्धा से अनुवाद में स्नातकोत्तर डिप्लोमा और 2013 में इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय से हिंदी में स्नातकोत्तर उपाधि ग्रहण की। सन् 2013 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के वित्त एवं लेखा प्रभाग में सहायक के रूप में कार्यग्रहण। फरवरी 2016 से हिंदी अनुभाग में कार्य प्रारंभ किया। लेखन में, विशेषकर जीवन की छोटी-छोटी घटनाओं से जुड़ी कहानियाँ लिखने में रुचि है। वर्ष 2011 में प्रख्यात पुस्तक "चिकन सूप फॉर सोल" में कहानी प्रकाशित हुई। अन्य कई पत्र-पत्रिकाओं में भी कहानी, पत्र, विचार आदि प्रकाशित होते रहते हैं। केंद्र की हिंदी गृहपत्रिका अभिव्यक्ति में नियमित योगदान। वर्ष 2016 में श्रीहरिकोटा में संपन्न हिंदी तकनीकी संगोष्ठी में प्रस्तुतीकरण हेतु लेख चयनित हुआ था। वर्ष 2017 में एड्रिन, इस्ट्रैक एवं वीएसएससी में आयोजित संगोष्ठियों के राजभाषा सत्र में लेख प्रस्तुत किए।

**बबीता मखीजा** ने वर्ष 2016 में चार्टर्ड अकाउंटेंट की परीक्षा परीक्षा पास की। उसी वर्ष गुजरात यूनिवर्सिटी से एम.बी.ए. की उपाधि प्राप्त की। जनवरी 2016 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के वित्त एवं लेखा प्रभाग के विदेशी बिल अनुभाग में सहायक के रूप में कार्यरत। सभी कर संबंधी सेमिनार, बैंक के साथ चर्चा, क्रय एवं भंडार के साथ बैठकों में सक्रिय योगदान। वित्त एवं प्रबंधन से संबंधित नवीनतम जानकारी प्राप्त करने में रुचि है। कार्यक्षेत्र में गुणवत्ता बढ़ाने और कार्य को सरल एवं रोचक बनाने के लिए नई-नई तकनीकों का प्रयोग करने का प्रयास रहता है। हिंदी राष्ट्रभाषा प्रचार समिति की कोविद स्तर तक की परीक्षा पास की है। केंद्र की वार्षिक प्रोत्साहन योजना एवं विविध हिंदी कार्यक्रमों में नियमित रूप से सहभागिता कर हिंदी में अधिक-से-अधिक कार्य करने का प्रयास।

*-*-*

गुणवत्ता और विश्वनीयता के लिए नवीन विचार

# एल्युमीनियम पर नेनो सिल्वर विलेपन के लिए प्रक्रिया विकास और गुणवत्ता परीक्षण

वैशाली उमराणीया, विमल शाह, शरद शुक्ला
सतह उपचार एवं ऊष्मीय पैंटिंग विभाग (एस.टी.पी.डी./ई.एन.टी.एस.जी./ई.एस.एस.ए.)
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, इसरो, अहमदाबाद

**1. सारांश**

यह संशोधन पत्र एल्युमीनियम पर सिल्वर विलेपन के बारे में वर्णन कर्ता है जिसमें पूर्व प्रक्रियाओ जैसे कि स्वच्छन, जस्तीकरण और विद्युत रहित निकल प्लेटिंग का समावेश किया गया है। नेनो सिल्वर प्लेटिंग को अवकाश उपयोग के लिए जरुरी परीक्षणों में सफलता पूर्वक पारित होने के लिए प्रक्रिया के प्रचाल को इष्टमीकृत किया गया है। जिसका प्रयोग भविष्य में नीतभार के भागों में सिल्वर विलेपन करने के लिए किया जाएगा। इस परियोजना का उद्देश्य सिल्वर विलेपन करके रेडियो आवृति वाले किरणों को प्रसारित होने के लिए महत्तम चालकतायुक्त और प्रकाशीय गुणधर्म देना है। विलेपन के मूल्यांकन के लिए विभिन्न परीक्षण अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में किये गये है जैसे कि मोटाई मापन, तापीय प्रतिरोध परीक्षण, प्लेट बंकन विश्लेषण और सोल्डर क्षमता। अंतरिक्ष में रहने के लिए विलेपन का मूल्यांकन आर्द्रता परीक्षण, ताप चक्रण परीक्षण और ताप निर्वात परीक्षण जैसे पर्यावरणीय परीक्षणों से किया गया है। नवीन परीक्षण में प्लेटिंग के पहले और बाद में सतह का खुरदुरापन, इलेक्ट्रिकल चालकता मापन और रेडियो विकिरणों का मापन किया गया। परत की संक्षारित माध्यम में रहने की क्षमता देखने के लिए सल्फर आर्द्रता वाष्प में परीक्षण किया गया। विलेपन की सूक्ष्म नेनो संरचना की जाँच लेसर कोन्फोकल सूक्ष्मदर्शिकी(LCM), स्केनिंग एलेक्ट्रोन सूक्ष्मदर्शिकी(SEM) और परमाण्विक बल सूक्ष्मदर्शिकी (AFM) विश्लेषण से की गयी है।

**संकेत शब्द**

सिल्वर विलेपन, एल्युमीनियम, रासायनिकी, योग्यता

**2. परिचय :**

एक अंतरिक्ष यान के प्रक्षेपण की लागत बहुत ज्यादा होती है क्योंकि बड़े पैमाने पर वजन की कमी अंतरिक्ष यान की डिजाइन में एक महत्वपूर्ण कसौटी है। अंतरिक्ष यान के वजन में कमी अधिक पेलोड क्षमता की ओर ले जाती है। इस तरह समाज के कल्याण के लिए यह अनुसंधान महत्वपूर्ण है। अंतरिक्ष में कुछ घटकों को एल्युमीनियम मिश्र धातु द्वारा उत्पादित भागों से बनाने के कारण पूरे संरचनात्मक सामग्री के वजन में द्रुतगति से कमी आई है। एल्युमीनियम मिश्रधातुओं के कई अन्य फायदे हैं, जैसे कि उत्कृष्ट विद्दयुत चुम्बकीय परीक्षण प्रदर्शन, प्रघात अवशोषण की क्षमता, विद्युत और तापीय चालकता, आदि।

कई सालों से सिल्वर विलेपन के लिये विशेष स्वामित्व ब्रांड के रसायनों का प्रयोग किया जाता था। संभव है कि कुछ समय के बाद वह कंपनी उन रसायनों का उत्पादन बंद कर दे। इस परिस्थिति में यह जरुरी था कि सैक में हो रहे सिल्वर विलेपन के लिये एक विकल्प होना चाहिए। इसे आधार लेकर मूल रासायनिकी से सिल्वर विलेपन को विकसित किया गया। यह रासायनिक सिल्वर विलेपन एल्युमीनियम की सभी मिश्रधातुओं पर एक महत्तम चालकता युक्त फिल्म प्रदान करता है। यह विलेपन एक उत्कृष्ट तापीय पेंट आधार भी है, और अक्सर प्रकाशीय और वैद्युतीय घटकों के साथ जहाँ महत्तम परावर्तक सतह की आवश्यकता होती है वहाँ उपयोग किया जाता है। चमकता सफ़ेद प्रकटन इस रासायनिक फिल्म की विशेषता है।

**3. प्रयोगात्मक :**

एल्युमीनियम के 13 नमूने (आकार 25 मिमी X 100 मिमी X 1 मिमी) पर निम्नलिखित अनुक्रम के अनुसार सिल्वर विलेपन किये गये। विलयन तैयार करने के लिए प्रयोगशाला अभिकर्मिक रसायनों का प्रयोग किया गया।

1. विलायक स्वच्छन:
   अल्ट्रासोनिक विलायक में 5 मिनट के लिए ट्राईक्लोरोएथिलीन में विस्नेहन (degreasing)
2. क्षारीय सफाई:
   10 % सोडियम हाइड्रोक्साइड में 1-2 मिनट के लिए, उसके बाद आसुत या आयन मुक्त पानी से 2 मिनट के लिए साफ़ किया।
3. एसिड शुद्धिकरण :
   50% नाइट्रिक अम्ल + 30ग्राम/लीटर अमोनियम बाईफ्लूराइड में डालकर 1-2 मिनट के लिए डुबाया, उसके बाद आसुत या आयन मुक्त पानी से 2 मिनट के लिए साफ़ किया।
4. नाइट्रिक एसिड में प्रक्रिया :
   50% नाइट्रिक अम्ल में डालकर 1-2 मिनट के लिए डुबाया, उसके बाद आसुत या आयन मुक्त पानी से 2 मिनट के लिए साफ़ किया।
5. जस्तीकरण:
   जस्तीय विलयन में 40-50सेकेंड तक डुबाया, उसके बाद आसुत या आयन मुक्त पानी से 2 मिनट के लिए साफ़ किया।
6. विजस्तीकरण:
   50% नाइट्रिक अम्ल में डालकर 1-2 मिनट के लिए डुबाया, उसके बाद आसुत या आयन मुक्त पानी से 2 मिनट के लिए साफ़ किया।
7. पुनःजस्तीकरण:

जस्तीय विलयन में 20-30 सेकेंड तक डुबाया, उसके बाद आसुत या आयन मुक्त पानी से 2 मिनट के लिए साफ़ किया। ऐसा करने से जसत की परत का मूल धातु के साथ अच्छा विलेपन होता है। उसके बाद आसुत या आयन मुक्त पानी से 2 मिनट के लिए साफ़ किया।

8. विद्युतरहित निकल विलेपन:

यह एक स्वउत्प्रेरित अभिक्रिया है। जो एक संतुलित रासायनिक अभिक्रिया द्वारा उत्प्रेरित सक्रीय सतह पर निकल निक्षेपित करती है। इस प्रक्रिया में हायपो फोस्फाईट की उपस्थिति के कारण निकल के साथ कुछ फोस्फारस भी निक्षेपित हो जाता है जिसकी मात्रा 8-10 % तक होती है। विद्युतरहित निकल विलेपन विलयन में नमूनों को एक घंटे के लिए रखा गया।

9. स्ट्राइक सिल्वर विलेपन:

ग्रोवेल के रसायनों का प्रयोग करके किया

| | |
|---|---|
| सिल्वर पोटेशियम सायनाइड | 6 ग्राम/लीटर |
| पोटेशियम सायनाइड | 60 ग्राम/लीटर |
| pH | 12.0-12.5 |
| समय अंतराल | 3 मिनट |
| एनोड | झंगरोधी इस्पात(Stainless steel) 304/316 |
| कुंड पदार्थ(Bath material) | पोली प्रोपीलीन |

*तालिका क्रम 1: स्ट्राइक सिल्वर विलेपन विलयन*

10. सिल्वर विलेपन: मूल रसायनों का प्रयोग करके किया। विलयन तैयार करने के लिए आसुत या आयन मुक्त जल उपयोग किया गया है। सभी प्रयोगशाला अभिकर्मक ग्रेड रसायनों का उपयोग किया गया। विलयन संरचना तालिका क्रम 1 में सारणीबद्ध है। विलेपन करने के लिए सामान्य डायरेक्ट विज प्रवाह के बदले रिवर्स पल्स करंट का प्रयोग किया गया है, जिससे सूक्ष्म नेनो कण निक्षेपित होते हैं।

| | |
|---|---|
| सिल्वर पोटेशियम सायनाइड | 120 ग्राम/लीटर |
| पोटेशियम सायनाइड | 50 ग्राम/लीटर |
| पोटेशियम कार्बोनेट | 30 ग्राम/लीटर |
| ब्राईटनर | 30 मिली/लीटर |
| लेवेलर | 10 मिली/लीटर |
| pH | 11.0-11.5 |
| समय अंतराल | 30 मिनट |
| एनोड | झंगरोधी इस्पात(Stainless steel) 304/316 |
| कुंड पदार्थ(Bath material) | पोली प्रोपीलीन |

*तालिका क्रम 1: सिल्वर विलेपन विलयन*

चित्र 1 : *सिल्वर विलेपन प्रयोगात्मक ढांचा*

11. पश्च उपचार : द्रुत जल प्रक्षालन, एवं आइसो प्रोपाइल आल्कोहोल में स्वच्छ करके सुखाया गया। अलग- अलग प्रचाल का प्रयोग करके कुल 30 से भी ज्यादा नमूने बनाकर यह अभिक्रिया को इष्टमीकृत किया गया है।

**4. गुणवत्ता परीक्षण और विश्वसनीयता मापन तकनीक :** विलेपन को पर्यावरणीय परीक्षणों से पहले और बाद में भौतिक दिखाव में कोई भी गुणक्षीणन के लिए चार गुना आवर्धन पर सूक्ष्मदर्शी द्वारा निरीक्षण किया गया है।

4.1 सतह के आकारीय अध्ययन लेसर सूक्ष्मदर्शिकी के साथ किये गए हैं।

4.2 विलेपन का मोटाई मापन एक्स-किरण प्रतिदीप्ति स्पेक्ट्रोस्कोप में किया गया है।

4.3 तापीय प्रतिरोध परीक्षण गर्म वायु ओवन में किया गया है।

4.4 आर्द्रता परीक्षण एक तापनियंत्रित आर्द्रता कक्ष में किया गया। कक्ष में सापेक्ष आर्द्रता 95 ±0.5%, 50 °C पर बनाए रखी गयी।

4.5 तापीय चक्रण टेस्ट एक ताप नियंत्रित गरम और ठंडे कक्ष में किया गया है।

4.6 ताप निर्वात परीक्षण एक ताप नियंत्रित उच्च निर्वात कक्ष में किया गया है।

सिल्वर विलेपन विलेपन के नमूने तालिका क्रम 2 में सारणीबद्ध विनिर्दैशो के अनुसार परीक्षण किये गए हैं :

| | तापमान | समय अवधि |
|---|---|---|
| ठंडा विभाग | - 40 °C ± 3 °C | 24 घंटा |
| गरम विभाग | + 75 °C ± 3 °C | 24 घंटा |
| चक्रों की संख्या | 1 | |
| निर्वात | $10^{-5}$ Torr. और ज्यादा | |

*तालिका क्रम 2: तापनिर्वात परीक्षण*

4.7 विलेपन की सोल्डर करने की क्षमता जांच करने के लिए 250 °C तापमान वाले सोल्डर बाथ में डुबाया गया। परीक्षण के बाद विलेपन के किसी भी गुणक्षीणन के लिए जाँच की गयी।

4.8 आसंजन परीक्षण में नमूने को 150 °C तापमान पर ओवन में एक घंटे के लिए रखा गया। परीक्षण के पहले और बाद नमूनों में कोई भी गुणक्षीणन के लिए देखा गया।

4.9 कठोरता मापन (Hardness test) में नमूने को काट के मोल्ड में बिठाकर, पोलिश करके सिल्वर विलेपन का अनुप्रस्थ छेद बनाया गया। इस छेद के ऊपर डायमंड वाले यंत्र से कठोरता मापन किया गया।

4.10 प्लेटिंग के पहले और बाद में सतह का खुरदरापन नापा गया।

4.11 प्लेटिंग के बाद में चार प्रोब विधि से इलेक्ट्रिकल चालकता का मापन किया गया।

4.12 प्लेटिंग के पहले और बाद में रेडियो विकिरणों को पारगमन करके विकिरण प्रतिगमन हानि और निवेशन हानि का मापन किया गया।

4.13 परत की संक्षारित माध्यम में रहने की क्षमता देखने के लिए सल्फर आर्द्रता वाष्प में परीक्षण किया गया।

4.14 सतही रूक्षता मापन:

सतही रूक्षता विश्लेषक से प्रकार्यात्मक क्षेत्र पर सतही रूक्षता का मापन किया गया। बेहतर आरएफ प्रदर्शन के लिए जितनी संभव हो सके उतनी सतही रूक्षता कम होनी चाहिए। बेहतर सतही रूक्षता निवेशन ह्रास को कम कर देती है। सभी नमूने डीसी और उत्क्रम पल्स रजत विलेपन के पूर्व और पश्चात् दोनों बार सतही रूक्षता मापन किए गए।

मापन का विवरण निम्नानुसार है:

| विलेपन से पूर्व | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| नमूना | सतही रूक्षता (सीएलए) | | नमूना | सतह रूक्षता (सीएलए) | |
| | डीसी विलेपन प्रक्रिया | | | उत्क्रम विलेपन प्रक्रिया | |
| | विलेपन से पूर्व | विलेपन के पश्चात् | | विलेपन से पूर्व | विलेपन के पश्चात् |
| डी 1 | 0.155 | 0.214 | R1 | 0.173 | 0.167 |
| डी 2 | 0.172 | 0.203 | R2 | 0.187 | 0.157 |
| डी 3 | 0.235 | 0.265 | R3 | 0.158 | 0.135 |
| डी 4 | 0.202 | 0.186 | R4 | 0.209 | 0.184 |
| डी 5 | 0.172 | 0.235 | R5 | 0.183 | 0.159 |
| डी 6 | 0.180 | 0.251 | R6 | 0.207 | 0.185 |

**4.15 आरएफ मापन:** सदिश नेटवर्क विश्लेषक से आरएफ मापन किया गया। आरएफ फ़िल्टर की दीवार से गुजरता है। आवृत्ति जितनी उच्च होती है स्किन गहनता उतनी कम हो जाती है। निवेशन ह्रास को कम करने के लिए

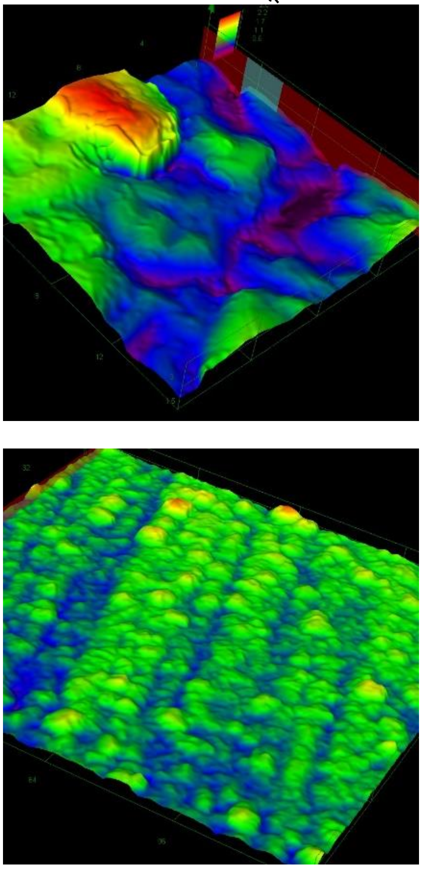
आरएफ सुचालकता को सुधारने के लिए प्रकार्यात्मक पर रजत विलेपन किया जाता है। निवेशन ह्रास का मापन फिल्टर में डीसी और उत्क्रम पल्स रजत विलेपन के पूर्व और पश्चात् दोनों बार किया गया। मापन का विवरण निम्नानुसार है:-

अर्हता परीक्षण की आवश्यकताएं सारणी -1 के अनुसार हैं।

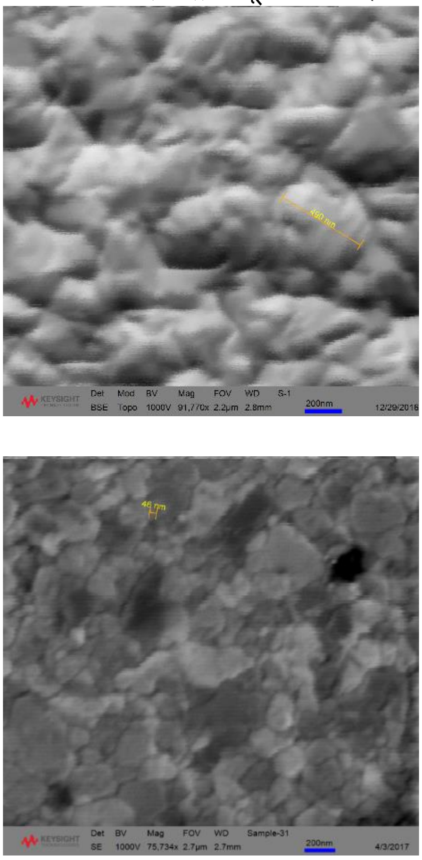
**सारणी-1 : अर्हता परीक्षण आवश्यकताएं**

| परीक्षण / निरीक्षण | स्वीकृति मापदंड |
|---|---|
| दृश्यमान निरीक्षण | सिल्वर विलेपन निरंतर, चिकनी, पक्षपाती और दिखने में एक जैसी होनी चाहिए और इसे ब्लिस्टर, खरोंच, छिछोरा, जलने का संकेत, बढ़त निर्माण और अन्य चढ़ाव के कार्यात्मक उपयोग के लिए हानिकारक दोष से मुक्त होना चाहिए। |
| मोटाई | 5-8 माइक्रोन के भीतर |
| उष्णता प्रतिरोध परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण | परीक्षण के बाद नमूनों, किसी भी मलिनीकरण, ब्लिस्टरिंग, छीलने या सिल्वर चढ़ाना के किसी भी अन्य गिरावट को नहीं दिखाना चाहिए। |
| तापीय शॉक परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण एवं बेंड आसंजन परीक्षण | तापीय चक्र परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण में कोई गिरावट नहीं होनी चाहिए और बेंड आसंजन के बाद विलेपन में कोई अलगाव नहीं होना चाहिए। |
| आर्द्रता परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण और बेंड आसंजन परीक्षण | आर्द्रता परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण में कोई गिरावट नहीं होनी चाहिए और बेंड आसंजन के बाद विलेपन में कोई अलगाव नहीं होना चाहिए। |
| तापनिर्वात परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण और बेंड आसंजन परीक्षण | तापनिर्वात परीक्षण के बाद दृश्यमान निरीक्षण में कोई गिरावट नहीं होनी चाहिए और बेंड आसंजन के बाद विलेपन में कोई अलगाव नहीं होना चाहिए। |
| बेंड आसंजन परीक्षण | धातु सब्सट्रेट से विलेपन का अलगाव / क्रैकिंग नहीं होना चाहिए। |
| संधि क्षमता परीक्षण | डी-वेटिंग, नॉन-वेटिंग और पिनहोल से मुक्त होना चाहिए |
| कठोरता परीक्षण | 100 से 110 Hv |

चित्र क्रम 3 लेसर कोन्फोकल सूक्ष्मदर्शिकी (LCM) छवि

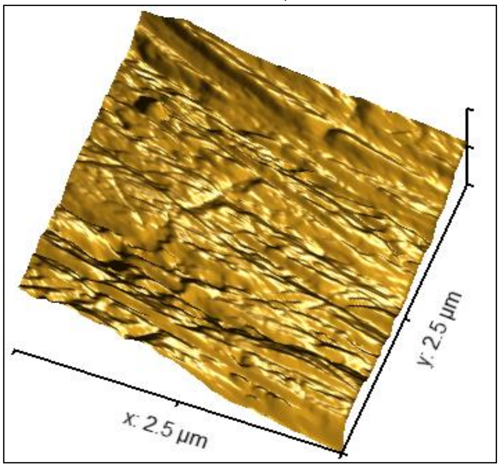


चित्र क्रम 4 स्केनिंग इलेक्ट्रोन सूक्ष्मदर्शिकी (SEM) छवि

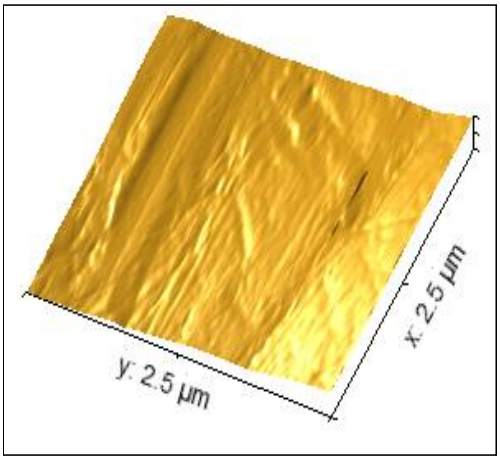


अनुक्रमणिका

चित्र क्रम 5 परमाण्विक बल सूक्ष्मदर्शिकी (AFM) छवि




डायरेक्ट करंट सिल्वर निक्षेपण




रिवर्स करंट सिल्वर विलेपन

एक्स-किरण प्रतिदीप्ति स्पेक्ट्रोस्कोप मापन में देखा गया है कि सिल्वर की औसत मोटाई 6-8 µ और विद्युतरहित निकल विलेपन की औसत मोटाई 10-12 µ है। अंतरिक्ष में रहने के लिए विलेपन का मूल्यांकन तापीय प्रतिरोध परीक्षण, आर्द्रता परीक्षण, ताप चक्रण परीक्षण और ताप निर्वात परीक्षण जैसे पर्यावरणीय परीक्षणों से किया गया है जिसमें कोई फफोला या उखड़ी हुई परत नही देखने को मिली है जो दिखाता है कि विलेपन इस पर्यावरण में टिक सकता है। सोल्डर भी अच्छी तरह से चिपका हुआ देखा गया है। आसंजन परीक्षण के बाद किसी टेस्ट में भी कोई फफोला या उखड़ी हुई परत नहीं देखने को मिली है। विलेपन की कठोरता का औसत मूल्य 106 Hv पाया गया है, जो मानकों के अनुसार ही है। यह देखा गया है कि डायरेक्ट करंट सिल्वर निक्षेपण की तुलना में रिवर्स करंट सिल्वर विलेपन करने से सतह के खुरदरेपन में कमी आती है। डायरेक्ट करंट सिल्वर निक्षेपण और रिवर्स करंट सिल्वर विलेपन करने से विलेपन की इलेक्ट्रिकल चालकता मूल सिल्वर की चालकता के बहुत नजदीक है। रेडियो विकिरणों को पारगमन करके विकिरण प्रतिगमन हानि और निवेशन हानि के मापन में देखा गया कि रिवर्स करंट सिल्वर विलेपन करने से हानि में ज्यादा कमी पाई जाती है। डीसी विलेपन की तुलना में उत्क्रम पल्स विलेपन में सतही बनावट बेहतर होती है। डीसी विलेपन की तुलना में उत्क्रम पल्स विलेपन में निवेशन ह्रास कम होता है।

*चित्र क्रम 4, सिल्वर विलेपित केयु बैंड उच्च आवृत्ति फील्टर*

**5. निष्कर्ष**

विशेष स्वामित्व ब्रांड को विस्थापित करने के लिए मूल रासायनिकी द्वारा सिल्वर विलेपन की प्रक्रिया को विकसित किया गया है। इस तरह भारत में ही मूल रासायनिकी विकास किया जा सकता है जिससे विदेशी धनराशि की भी बचत होगी। सिल्वर विलेपन पर्याप्त यांत्रिक गुणों के साथ बाह्य अंतरिक्ष की आवश्यकता के लिए स्थायी है। विलेपन की अंतरिक्ष योग्यता के लिये किये गये परीक्षण एवं मूल्यांकन प्रयोगों के आधार पर सिल्वर विलेपन एक आदर्श विलेप है। भविष्य के सभी पेलोड पर इस विलेप को उपयोग करने की योजना है। परिणाम दिखाते हैं कि इस विधि से किया गया सिल्वर विलेपन एल्युमिनियम को बेहतर विद्युतीय चालकता प्रदान करता है।

अनुक्रमणिका

**6. संदर्भ**


1. विशाल सक्सेना, आर.उमारानी, ए.के.शर्मा, एल्युमीनियम मिश्र धातु पर उच्च अवशोषक विद्युत रहित श्याम निकल विलेप का अध्ययन, अंतर केन्द्र तकनीकी हिंदी सेमिनार, इसरो सेटेलाईट केन्द्र, बेंगलुरु, नवंबर 2005
2. **QUALIFICATION TEST REPORT FOR REVERSE PULSE SILVER PLATING ON AL.ALLOY,** REPORT NO: SRG/PMQD-M/QTR-RSPA-01
3. **QUALIFICATION TEST REPORT FOR REVERSE PULSE SILVER PLATED ALUMINIUM PARTS WITH ELCTROLESS NICKEL AS AN UNDERCOAT,** REPORT NO: SRG/PMQD-M/QTR-RSPA-02

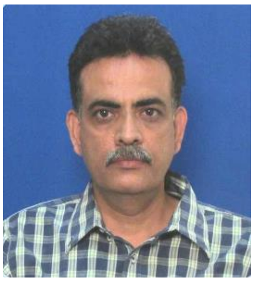

**7. धन्यवाद**

हम राजभाषा कार्यान्वन समिति के अध्यक्ष एवं सभी सदस्यों के प्रति अत्यंत आभारी हैं जिन्होंने हमें यह लेख लिखने का अवसर प्रदान किया। हम श्री तपन मिश्रा ,निदेशक सैक, श्री ए.एन. भट्टाचार्य उप-निदेशक इ.एस.एस.ए., श्री दिलीप आर. पटेल, समूह निदेशक इ.एन.टी.एस.जी. के भी अत्यन्त आभारी हैं जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम पी.एम.क्यू.डी.-एम विभाग के भी आभारी है, जिन्होंने योग्यता परीक्षण में योगदान प्रदान किया। एस.टी.पी.डी. विभाग में कार्यरत श्री विपुल चौहान, श्री चंद्रकान्त बोटादरा के प्रति आभार व्यक्त करते हैं जिन्होंने विलेपन अनुप्रयोग के दौरान विशेष योगदान दिया। हम वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी तथा हिन्दी कक्ष के सभी सहकर्मियों के भी अत्यंत आभारी हैं जिनके सहयोग से यह लेख संपूर्ण हो सका है।

**8. लेखक परिचय :**

वैशाली उमराणीया ने वर्ष 2010 मे के.एस.के.वी. कच्छ यूनिवर्सिटी, भुज गुजरात से रसायन विज्ञान में गोल्ड मेडल के साथ मास्टर डिग्री प्राप्त की। अभी पी.एच.डी. अभ्यास कर रही हैं। गवर्नमेंट इंजीनियरिंग महाविद्यालय में अध्यापक के रूप में कार्य किया है। वर्ष 2011 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सतह उपचार एवं उष्मीय पेंट सुविधा में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में वरिष्ठ वैज्ञानिक सहायक के पद पर कार्यरत हैं।

श्री वि. एम. शाह वर्तमान में प्रक्रिया एवं सामग्री गुणवत्ता आश्वासन प्रभाग-मैकेनिकल, प्रणाली विश्वसनीयता समूह, अंतरिक्ष अनुप्रयोग केंद्र (आईएसआरओ) अहमदाबाद में वैज्ञानिक / इंजीनियर-“एसई” के रूप में काम कर रहे हैं।



श्री शरद शुक्ला वर्तमान में सतह उपचार एवं उष्मीय पेंट सुविधा में प्रधान के पद पर वैज्ञानिक / इंजीनियर-“एसएफ” के रूप में काम कर रहे हैं। उन्होंने रसायन इंजीनियरी शाखा में एम.टेक. अभ्यास किया है।

***

<u>गुणवत्ता और विश्वसनीयता के लिए नवीन विचार</u>

# प्रवर्धक एमएमआईसी डिजाईन में गुणवत्ता और विश्वसनीयता

प्रणव प्रकाश सिंह, वैज्ञानिक-एस.एफ, पूजा श्रीवास्तव, प्रधान-ऐडी, डी. के. सिंह, समूह निदेशक, आरएफएसजी
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
ppsingh@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

***गुणवत्ता और विश्वसनीयता की आवश्यकता हर जगह है। गुणवत्ता किसी भी वस्तु, युक्ति या प्रणाली का अभी का अभिलक्षण बताता है, गुणवत्ता आश्वासन यह दर्शाता है कि वस्तु अपने अभिलक्षण के अनुरूप कार्य करेगी। जबकि विश्वसनीयता उस वस्तु की प्राथमिकता को बताता है, कि उस वस्तु, युक्ति या प्रणाली अपना अभिलाक्षित कार्य कितने समय के लिए बिना किसी विफलता के एक निर्धारित अवस्था में करेगी। वर्तमान में केंद्र की गुणवत्ता और विश्वसनीयता नीति प्रणाली व उप प्रणाली तथा एमएमआईसी निर्माण के लगभग सभी पहलुओं को बड़े ही धयान से मॉनीटर करता है। इस लेख में मैं केंद्र में विकसित होने वाले एमएमआईसी में अभिलक्षण अवस्था के समय ही और बेहतर गुणवत्ता और विश्वसनीयता पर ध्यान आकर्षित करना चाहूँगा। हमारी गुणवत्ता और विश्वसनीयता नीति का झुकाव किसी भी उत्पाद के अभिलक्षण के समय ही विश्वसनीयता को कार्यान्वयन करने की है पर ज्यादा जोर उत्पाद को कैसे औद्योगिक निर्माण करे और निर्मित उत्पाद को कैसे परीक्षण करें व उसके विशेषता का मूल्याकन करें। उसका आयु परीक्षण कर उसके एमएमटीएफ निर्धारित कर सके, एस पर ध्यान देती है। उप प्रणाली के अभिलक्षण के दौरान कैसे विश्वसनीयता को बढ़ायें इसके लिए भी हमारे पास प्रभावी तरीके हैं जैसे (विश्वसनीयता अभियांत्रिकी, परिपथ अभिकल्प मूल्यांकन)। जैसा कि हम दिन प्रतिदिन स्वयं से अभिकल्पित एमएमआईसी का उपयोग बढ़ा रहे हैं। एक सरल एवं कारगर गुणवत्ता और विश्वसनीयता नीति की एमएमआईसी अभिकल्पना में आवश्यकता है। इसके लिए एमएमआईसी अभिकल्पना में विश्वसनीयता की संकल्पना की आवश्यकता है और उस पर ध्यान देने की जरूरत है। इस लेख में परम्परागत गुणवत्ता प्रक्रिया से हटकर कुछ और नवीन विचार जोड़े जा सकते हैं।***

## 1. प्रस्तावना

प्रत्येक अभियंता अपने ज्ञान, अनुभव व तकनीकी आवश्यकता के तहत एमएमआईसी (मोनोलिथिक माइक्रोवेब इंटीग्रेटेड सर्किट) का अभिलक्षण करता है। किसी भी बड़ी संस्था में एक बहुत ही छोटा समूह एमएमआईसी अभिकल्पना का कार्य करता है। वह इस कार्य के लिए एक एमएमआईसी फाउंड्री का चयन करता है। तकनीकी आवश्यकता के अनुसार एक प्रक्रम का चयन करता है और आवश्यक प्रशिक्षण के बाद एमएमआईसी अभिकल्पना शुरू करता है। एमएमआईसी के लिए गुणवत्ता और विश्वसनीयता नीति लगभग सभी बातों का ध्यान रखती है जो घटक (कंपोनेंट) के लिए आवश्यक हैं। जैसे कि-

**तालिका -1** एमएमआईसी निर्माण प्रक्रिया की क्षमता

| क्र. सं. | प्राचल (पैरामीटर) | विनिर्देश |
|---|---|---|
| 1 | प्रक्रम क्षमता | |
| क | संचयन तापमान | -55° से +150°C |
| ख | प्रचालन तापमान | -20° से +85°C |
| ग | विकिरण सहन (टी आई डी ) | 150 KRads(Si) |
| घ | वेफर का संविरचन (फब्रिकेसन) नियंत्रण कन्फर्मेंस | |
| ङ | वेफर सन्निरीक्षण (Screening) और केजीडी की पहचान | |
| च | वेफर स्वीकृति परिक्षण (WAT) | |

पर गुणवत्ता और विश्वसनीयता नीति परिपथ की गुणवत्ता को लेकर कभी कोई औपचारिक प्रतिबंध नहीं है। हालांकि संस्था में पियर रिवु और एससीआरसी हैं। पर यहाँ भी विश्वसनीयता को लेकर सिर्फ FMECA और अनुमंताक निम्नन पर ही ज्यादा केंद्रित है।

## 2. एमएमआईसी अभिकल्पना में विश्वसनीयता:

एमएमआईसी अभिकल्पना में डिजाइनर का उत्तरदायित्व है कि अभिकल्पित एमएमआईसी सभी फलन/प्रकार्य (functional) अपेक्षा को पूरा करे। यहाँ आवश्यक है कि विद्युतीय अभिकल्प (Electrical Design) सभी चरम सीमा पर आरएफ, डीसी (विभव व धारा) और थर्मल प्राचल (पैरामीटर) पर सही कार्य करे। संस्था में विकसित होने वाले एमएमआईसी के लिए उप-प्रणाली की तरह ही गुणवत्ता और विश्वसनीयता नीति के तहत निम्न बातों को अमल करने की आवश्यकता है।

**एमएमआईसी अभिकल्प परिभाषा**

1. **ईएसडी संरक्षण परिपथ**
2. **स्थिरता विश्लेषण** : आरएफ, डीसी (विभव) और थर्मल के सभी चरम सीमा पर अनुकरण (सिमुलेशन)
3. **अनुमंताक निम्नन विश्लेषण** (नार्मल व चरम सीमा पर) (Derating Analysis ): इसमें युक्ति, संधारित्र, प्रेरक और डीसी पथ का न्यूनतम डेटा होना अनिवार्य है।
4. **अपवाह (ड्रिफ्ट) विश्लेषण**
5. **विश्वसनीयता अंक और आयु**
6. **अनुपालन तालिका** (compliance tabel)
7. **क्यूए (गुणवत्ता आश्वासन)** द्वारा एमएमआईसी अभिकल्प (परिपथ व अभिविन्यास) का अनुमोदन

## 3. एमएमआईसी अभिकल्प में गुणवत्ता आश्वासन:

### 3.1 प्रवर्धक एमएमआईसी अभिकल्प परिभाषा

प्रवर्धक एमएमआईसी अभिकल्प परिभाषा में न्यूनतम निम्नलिखित मापदंडों का होना अनिवार्य है।

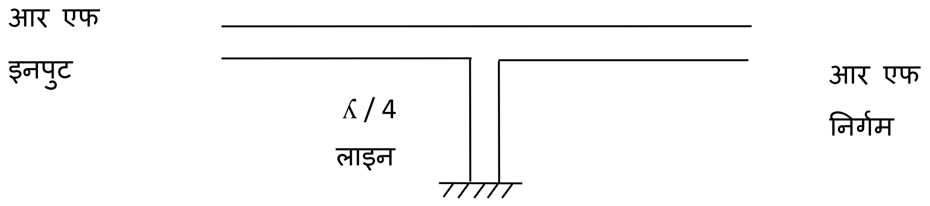
**तालिका -2** प्रवर्धक एमएमआईसी के अभिकल्प लक्ष्य

| क्रम संख्या | प्रचाल (पैरामीटर) | इकाई | मान (वाल्यू) | टिप्पणी |
|---|---|---|---|---|
| 1 | आवृत्तिपट्ट | मेगा हर्ट्ज | केन्द्र आवर्ति ± बैंड विस्तार | |
| 2 | प्रवर्धन | डेसिबल | ≥ टी बी डी | |
| 3 | तरंग उत्पादन शक्ति | डी बी एम | ≥ टी बी डी | |
| 4 | उच्च तरंग सुरेखता | डी बी | ≤ टी बी डी | |
| 5 | क्षीणकारी परिसर | डी बी | रेंज / लागू नहीं | |
| 6 | क्षीणकारी यथार्थता | डी बी | 1, 2, 3 से 12 तक बढ्ते क्रम में । लागू नहीं | |
| ७ | क्षीणकरी अनिश्चितता | डी बी | ≤ टी बी डी / लागू नहीं | |
| 8 | अंतरामाडुलन विरुपण | डी बी सी | | |
| 9 | -3 डी बी | | ≤ - टी बी डी | |
| 10 | -10 डी बी | | ≤ - टी बी डी | |
| 11 | -17 डी बी | | ≤ - टी बी डी | |
| 12 | इतर आवृत्ति | डी बी सी | ≤ -60 | |
| 13 | सत्रादी विरुपण | | | |
| 13 क | 2 न्द विरुपण | डी बी सी | ≤ -40 | |
| 13 ख | 3 र्द विरुपण | डी बी सी | ≤ -40 | |
| 14 | आगत प्रतिगमन हानि | डी बी | ≤ -17 | |
| 15 | निर्गमन प्रतिगमन हानि | डी बी | ≤ -17 | |
| 16 | टोटल फेज शिफ्ट | डिग्री | ≤ 17 | |
| 17 | डी सी शक्ति की खपत | वॉट | ≤ टी बी डी | |
| 18 | 65°c पर चैनल का तापमान | °c | ≤ 110 या 125 | |
| 19 | परिचालन तापमान परिसर | °c | -20 से 85 | |
| 20 | डाइ आयाम | एम x एम x एम | | |
| 21 | आरएफ का अंदर और बाहर अन्तरापृष्ठ (इंटरफेस) | एम x एम | | आरएफ अन्वेषी (प्रोब) |
| 22 | डीसी अन्तरापृष्ठ (इंटरफेस) | एम x एम | | डीसी अन्वेषी (प्रोब) |

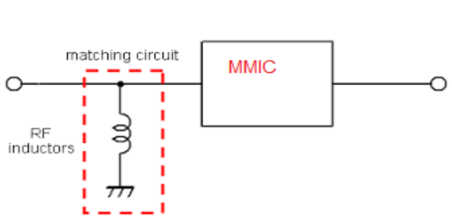
उपरोक्त मापदंडों को नॉन लीनियर सिमुलेसन द्वारा सत्यापित करें। इसी तरह दूसरे तरह के एमएमआईसी के लिए भी तालिका का निर्माण कर सकते हैं।

### 3.2 ईएसडी संरक्षण परिपथ

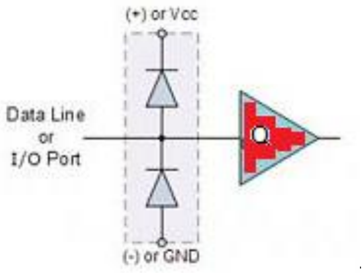
एमएमआईसी अभिकल्प में ईएसडी संरक्षण परिपथ का होना अनिवार्य है। ये परिपथ आरएफ को जाने दें और ईएसडी को न्यूनतम अवरोध दें। इसके लिए शार्ट सर्किट लेमड़ा/4 लाइन या उच्च मान का प्रेरक का इस्तेमाल कर सकते हैं। इसके आलावा डायोड का उपयोग भी कर सकते हैं।




चित्र - 1 ईएसडी संरक्षण परिपथ (एक विकल्प)




चित्र - 2 उच्च मान का प्रेरक




### 3.3 स्थिरता विश्लेषण

डिजाइनड एमएमआईसी का **के फैक्टर** सभी गेट व ड्रेन विभव के लिए निकालें और आलेख (प्लाट) के साथ लिख लें। यदि प्रवर्धक एक से जयादा अवस्था (स्टेज ) का है तो प्रत्येक अवस्था का **के फैक्टर** अलग अलग निकालें।

## 4. एमएमआईसी अभिकल्प में विश्वसनीयता आश्वासन

### 4.1 प्रवर्धक एमएमआईसी का अनुमंताक निम्नन विश्लेषण

**तालिका -3 अनुमंताक निम्नन विश्लेषण**

| क्रम संख्या | प्रकार | प्रक्रिया की सीमा | प्रचालन मान (वाल्यू) | अनुमंताक निम्नन |
|---|---|---|---|---|
| 1 | फेट | x विभव | Y विभव | (X/Y) ≤ 0.75 |
| 2 | प्रेरक | x A प्रति इकाई | | ≤ ट्रैक विड्थ के अनुसार महत्तम धारा |
| 3 | संधारित्र | x विभव | Y विभव | (X/Y) ≤ 0.5 |
| 4 | प्रतिरोध | x मिली वॉट | Y मिली वॉट | (X/Y) ≤ 0.5 |
| 5 | डायोड | x मिली वॉट | Y मिली वॉट | (X/Y) ≤ 0.5 |

### 4.2 अपवाह (ड्रिफ्ट) विश्लेषण

डिजाइनड एमएमआईसी का मोंटे कार्लो विश्लेषण करें और आलेख (प्लाट) के साथ लिख लें। मोंटे कार्लो विश्लेषण में सभी घटक (कंपोनेंट) के संविरचन (फब्रेकेशन) सहन (टोलरेंस) को ले। थर्मल मॉडल उपलब्ध होने पर पूरे तापमान रेंज में मोंटे कार्लो विश्लेषण करें और आलेख (प्लाट) के साथ लिख लें।

### 4.3 विश्वसनीयता अंक और आयु विश्लेषण

डिजाइनड एमएमआईसी का विश्वसनीयता नियमों के अनुसार विश्वसनीयता अंक निकालें और चुने हुए एमएमआईसी प्रक्रम के हिसाब से उसका आयु विश्लेषण करें। विश्वसनीयता अंक के लिए एमएमआईसी के निर्माण के बाद उसका उम्र परीक्षण करें।

### 4.4 अनुपालन तालिका

अभिकल्पित एमएमआईसी की प्रत्येक **सम्मति तालिका बनाई जाये और सभी नॉन काम्प्ल्यांस की वजह से गुणवत्ता और विश्वसनीयता पर क्या असर होगा उस पर तकनीकी जानकारी होनी आवश्यक है।**

**तालिका -4 डिजाइनड एमएमआईसी के लिए एक सम्मति (compliance)**

| क्रम संख्या | प्रकार | लक्ष्य | प्राप्त मान | टिप्पणी |
|---|---|---|---|---|
| 1 | प्रक्रम क्षमता | | | |
| 2 | आरएफ अभिकल्प परिभाषा | | | |
| 3 | अनुमंताक निम्नन | | | |
| 4 | अपवाह (ड्रिफ्ट) विश्लेषण | | | |
| 5 | विश्वसनीयता अंक | | | |
| 6 | आयु विश्लेषण | | | |

## 5. निष्कर्ष

गुणवत्ता और विश्वसनीयता अंतरिक्ष प्रणाली का अभिन्न अंग है। हमारी विश्वसनीयता नीति केंद्र में होने वाली सभी प्रणालियों, उप प्रणालियों, सॉफ्टवेयर आदि प्रकार के लिए उपलब्ध है। इस लेख में प्रस्तुत विचार एमएमआईसी अभिकल्पन प्रक्रिया और मजबूत तथा योजना बद्ध करने में सहायक सिद्ध होगा।

## 6. आभार

हम श्री के. एस. परीख, उपनिदेशक, एसएनपीए, श्री डी के दास, सह निदेशक और श्री तपन मिश्रा निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र के आभारी हैं,जिन्होंने हमें हिंदी में कार्य करने के लिए प्रोत्साहित किया और तकनीकी मार्गदर्शन दिया और प्रवर्धक एमएमआईसी डिजाईन में गुणवत्ता और विश्वसनीयता पर हमारे विचार रखने में हमारा मनोबल बढ़ाया।

### संदर्भः

1. *ऑन बोर्ड एमएमआईसी के अभिकलपन और योग्यता का सैक मानक - ISRO-SAC-MMIC-STANDARD-V1.0; Rev-0.*
2. *Design, selection, procurement and use of die from monolithic microwave integrated circuits (MMICs) ECSS-Q-ST-60-12C, 31 July 2008*

### पारिभाषिक शब्दावलीः

| | | | |
|---|---|---|---|
| *1.* | ***एमएमआईसी*** | : | ***मोनोलिथिक माइक्रोवेव इंटीग्रेटेड सर्किट*** |
| *2.* | ***एम टी टी एफ*** | : | ***मीन टाइम टु फेल*** |
| *3.* | *FMECA* | : | ***फेलियर मोड इफ़ेक्टस एंड क्रिटकिलिटी एनालिसिस*** |
| *4.* | ***एससीआरसी*** | : | ***स्टैंडिंग सर्किट रिव्यु समिति*** |

### लेखक परिचयः (फोटो सहित)

प्रणव प्रकाश सिंह, वैज्ञानिक/ अभियंता -'SF' ने वर्ष 2000 में बीआईटी, दुर्ग से इलेक्ट्रोनिक एवं संचार इंजीनियरिंग में स्तानक किया। वर्ष 2001 नवम्बर में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (इसरो) अहमदाबाद में कार्य प्रारंभ किया|

पूजा श्रीवास्तव ने वर्ष 2001 नवम्बर में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (इसरो), अहमदाबाद में कार्य प्रारंभ किया। वर्तमान समय मे ये प्रधान, प्रवर्धक विभाग के पद पर कार्यरत हैं|

***

गुणवत्ता और विश्वसनीयता के नवीन विचार

# मुद्रित परिपथ बोर्ड लेआउट का विश्लेषण और इसकी स्वीकृति योजना

रमेश कुमार, मंगल कुमार महापात्र, एम.एस.सी.ई.डी.
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
rameshkumar@sac.isro.gov.in
mangal@sac.isro.gov.in

**सारांश** - मुद्रित परिपथ बोर्ड (पीसीबी) एक विद्युत अवयव होता है जो इलेक्ट्रानिक अवयवों को आधार प्रदान करने के लिये तथा इन्हें आपस में सुचालक मार्गों अर्थात ताँबे के पथ के माध्यम से जोड़ने के लिये उपयोग में लाया जाता है। जैसा कि हम जानते हैं कि पीसीबी लेआउट डिज़ाइन करना आसान नहीं है, क्योंकि बहुत अधिक जटिलता, उच्च गति, कम शक्ति तथा बहुत ही सख्त बाध्यता इत्यादि की आवश्यकता के कारण बहुत सारी बाधाएँ उत्पन होती है। इस मामले में अंकीय रूपरेखा बनाने में, प्रसारण पथ कई प्रभाव से जुड़े विभिन्न मुद्दों से ग्रस्त हैं। निचली आवृत्तियों पर संकेत डेटा अपनी विशेषता के भीतर ही रहते हैं और प्रणाली की रूपरेखा के रूप में कार्य करता है। लेकिन जैसे ही प्रणाली की आवृत्ति और गति बढ़ती है, प्रणाली पर इसका प्रभाव न केवल अंकीय गुण, बल्कि प्रणाली के भीतर एनालॉग गुण को भी पड़ता है। प्रसारण पथ का प्रभाव भेजे जा रहे डेटा पर भी महत्वपूर्ण होता है। कम गति पर, आवृत्ति प्रतिक्रिया संकेत पर थोड़ा प्रभाव डालती है, जब तक कि संचरण माध्यम विशेष रूप से लंबा न हो। हालांकि, जैसे-जैसे गति बढ़ जाती है, उच्च आवृत्ति प्रभाव होते ही है और यहां तक कि सबसे छोटी लाइने भी रिंगिंग, क्रॉसस्टॉक, प्रतिबिंब, और ग्राउंड बाउंस जैसी समस्याओं से ग्रस्त हो सकती है, जो संकेत की अखंडता (प्रतिक्रिया) को गंभीरता से बाधित करती हैं। आज का मुद्रित सर्किट बोर्ड (पीसीबी) रचना चुनौतियां न केवल स्थलीय पीसीबी रचना तक ही सीमित हैं, बल्कि यह अधिक प्रमुख और महत्वपूर्ण अंतरिक्ष की क्षमता वाली पीसीबी तक भी विस्तारित है। अंतरिक्ष पर्यावरण और उच्च विश्वसनीयता पीसीबी प्राप्त करने की आवश्यकता के कारण अतिरिक्त चुनौतियां भी हैं। जैसा कि हम जानते है कि पीसीबी लेआउट डिज़ाइन हमारी क्यूए टीम द्वारा इसकी विश्वसनीयता के लिए सत्यापित किया जाता है लेकिन यह पर्याप्त नहीं है क्योंकि प्रत्येक सर्किट और उनका लेआउट अलग-अलग उपयोग और महत्वपूर्ण संकेत के लिये होता है। इसलिए, यह लेख अंतरिक्ष श्रेणी के लिये पीसीबी लेआउट डिज़ाइन के संकेत अखंडता, शक्ति अखंडता और ईएमआई विश्लेषण के विभिन्न प्रकार के विश्लेषण सत्यापन, दस्तावेज़ीकरण और रिपोर्ट बनने के बारे में बताता है। यह विश्वसनीय स्पेस योग्य पीसीबी सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक पीसीबी रचना मुद्दों और महत्वपूर्ण कार्यों को भी समझाता है।

## प्रस्तावना

हाल के समय में, चिप प्रौद्योगिकी में प्रगति की वजह से, बोर्ड पर क्लॉक की गति में वृद्धि, पीसीबी का खाका का आकार और वजन में क्रांतिकारी बदलाव आ रहे हैं। एफपीजीए, एएसआईसी इत्यादि जैसे उच्च वीएलएसआई घनत्व उपकरणों के बढ़ते उपयोग के साथ, पीसीबी डिज़ाइन भी अधिक से अधिक घना, जटिल और चुनौतीपूर्ण हो जाता है। इन पीसीबी रचना चुनौतियों में उच्च पिन संख्या/घना-पिच घटकों के प्लेसमेंट और अनुमार्गण (रूटिंग), अत्यधिक घने इंटरकनेक्शन, संकेत अखंडता (एसआई), शक्ति अखंडता (पीआई) और इलेक्ट्रो मैग्नेटिक हस्तक्षेप और संगतता (ईएमआई/ईएमसी) जैसे मुद्दों का संचालन शामिल है। अंतरिक्ष योग्य पीसीबी रचना करने की प्रक्रिया बहुत महत्वपूर्ण है और इसमे कड़े डिज़ाइन बाधाओं का सामना करना पड़ता है। इसलिए, एक महत्वपूर्ण अंतरिक्ष मिशन के उद्देश्य को पूरा करने के लिए अच्छी तरह से परिभाषित पीसीबी दिशानिर्देश और प्रक्रियाओं का पालन किया जाना चाहिए। इसलिए, पीसीबी डिजाइनर को डिज़ाइन प्रथाओं और विश्लेषण के माध्यम से गुजरना होता है ताकि पीसीबी से उत्पन्न विफलताओं का सामना अंतरिक्ष में न करना पड़े।

अंतरिक्ष में, विफलता एक विकल्प नहीं है। पीसीबी न केवल निष्ठुर अंतरिक्ष वातावरण में इच्छित कार्यक्षमता और निरंतर प्रदर्शन को पूरा करते हैं बल्कि उच्च जोखिम अंतरिक्ष मिशनों में उच्च विश्वसनीयता सुनिश्चित भी करते हैं। संचार उपग्रह, रिमोट सेंसिंग उपग्रह, नेविगेशन उपग्रह और अन्य ग्रहों और पृथ्वी का अवलोकन अंतरिक्ष मिशनों को उनके परिष्कृत उपकरणों के लिए अत्यधिक विश्वसनीय पीसीबी की आवश्यकता होती है।

अंतरिक्ष हार्डवेयर के लिए सबसे महत्वपूर्ण कारक विश्वसनीयता है। चूंकि इलेक्ट्रॉनिक्स हार्डवेयर अंतरिक्ष में परिचालित है, इसलिए असफलताओं के मामले में इन्हें मरम्मत करना संभव नहीं है, इसलिए, लगभग शून्य विफलता जोखिम प्राप्त करना आवश्यक है। इसके अलावा, लंबे जीवन वाले उपग्रह मिशनों को बिना किसी तकनीकी गड़बड़ या डाउनटाइम के कई वर्षों तक स्पेस इलेक्ट्रॉनिक्स के निरंतर प्रदर्शन की आवश्यकता होती है। अर्थात पीसीबी के रचना अंतरिक्ष यान की विश्वसनीयता पर प्रत्यक्ष प्रभाव डाल सकते हैं। पीसीबी में कोई भी विफलता अंतरिक्ष मिशन के एक महत्वपूर्ण कार्य के नुकसान का कारण बन सकती है। अंतरिक्ष परियोजनाओं और अनुप्रयोगों में गुणवत्ता आश्वासन के लिए अच्छी तरह से परिभाषित पीसीबी रचना दिशानिर्देशों का कड़ाई से पालन किया जाना चाहिए।

**विभिन्न प्रकार के पीसीबी लेआउट का विभिन्न प्रकार का विश्लेषण:**

इसमें एसआई, पीआई, ईएमआई और पूर्ण रूटेड डिज़ाइन के थर्मल विश्लेषण शामिल हैं। ये विश्लेषण बोर्ड के विद्युत और थर्मल प्रदर्शन को सुनिश्चित करने के इरादे से होते हैं। उच्च

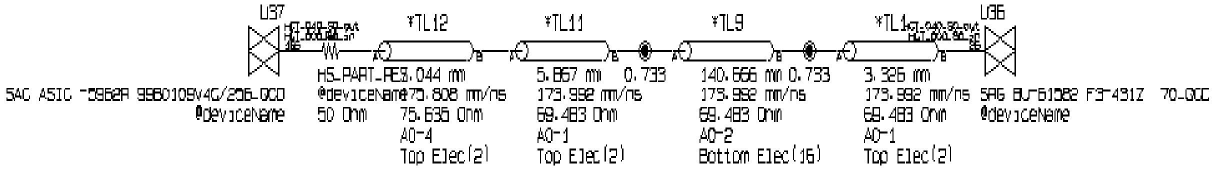
आवृत्ति पर पीसीबी के बेहतर प्रदर्शन के लिए, संदर्भ शक्ति सतह का उपयोग अनिवार्य है। शक्ति सतह प्रतिबाधा को कम करते हैं जिसके परिणामस्वरूप ग्राउन्ड उछाल (ग्राउन्ड बाउन्स) जैसे अवांछनीय अपरिवर्तनीय शोर में कमी आती है। वे वितरक क्षमता जोड़ते हैं, और उच्च आवृत्ति पर डिकपलिंग संधारित्र के रूप में कार्य करते हैं। संकेत पथ के लूप क्षेत्र को कम करने के अलावा ये ईएमआई विकिरण को कम करता है, और वो बाहरी स्रोतों के शोर के खिलाफ ढाल के रूप में भी कार्य करते हैं। यह महत्वपूर्ण है की बुनियादी लेआउट तकनीक मे ग्राउंड सतह में कोई भी छेद, स्लॉट या छिद्रण न हो, क्योंकि यह अनुरेख प्रतिबाधा में असंतोष पैदा करता है और आरएफ रिटर्न को रोकता है।

**संकेत समग्रता (एस आई):**

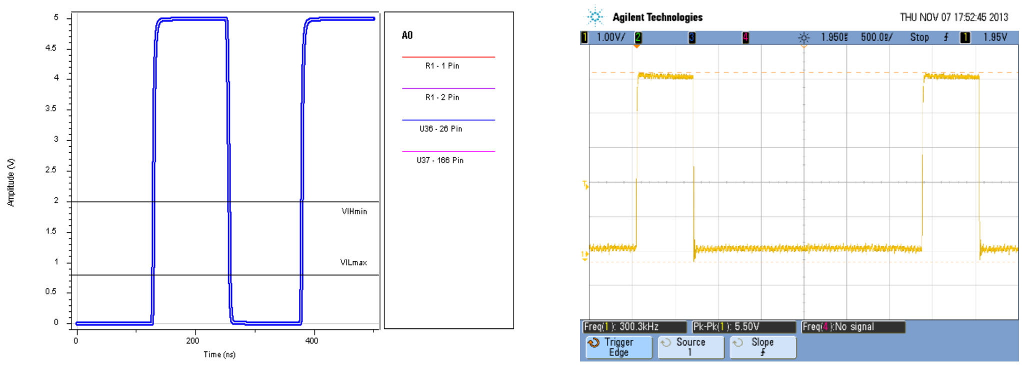
आवृत्ति बढ़ने के साथ ही, संकेत के उच्चतम हार्मोनिक्स की तरंगदैर्ध्य पीसीबी कंडक्टर के भौतिक आकार तक पहुंच जाती है और कंडक्टर संचरण रेखा के रूप में कार्य करना शुरू कर देता है और संकेत प्रतिबिंब, रिंगिंग और अप्रासंगिक संकेत की समस्याएं पैदा करता है। रिंगिंग और प्रतिबिंब प्रतिबाधा में विसंगति या असंतोष के कारण होता है और उचित रेखा समाप्ति का उपयोग करके और निरंतर रेफरेन्स सतह का उपयोग करके अनुरेख चौड़ाई स्थिर रखकर कम किया जा सकता है। अन्दर के सतहों का अप्रांसगिक संकेत (क्रास्टाल्क) को कम करने के लिए, ट्रेक के बीच विस्तृत अंतर रखें और उनके बीच समांतरता की डिग्री कम करें। अन्दर के सतहों के अप्रांसगिक संकेत को कम करने के लिए, एक्स-दिशा में चल रहे एक परत पर चलने वाले अनुरेख के साथ और वाय दिशा में चलने वाली उध्वार्धर अनुमार्गण का उपयोग करें और दूसरी परत पर चलने वाले अनुरेख को ग्राउंड या शक्ति सतह द्वारा परतों को अलग करें।

अनुमार्गण के पहले वाले चरण में, एसआई विश्लेषण का उपयोग आई/ओ, क्लॉक वितरण, चिप पैकेज प्रकार, घटक प्रकार, बोर्ड स्टैकअप, पिन असाइनमेंट, नेट सांस्थिति (टोपोलॉजी) और समाप्ति रणनीतियों के लिए किया जा सकता है। इस चरण में एसआई विश्लेषण को बाधा संचालित एसआई रचना भी कहा जाता है क्योंकि विकसित दिशानिर्देशों को घटक प्लेसमेंट और अनुमार्गण के लिए बाधाओं के रूप में उपयोग किया जाता है। पूर्ववर्ती एसआई डिज़ाइन चरण में बाधा संचालित का उद्देश्य यह सुनिश्चित करना है कि शोर और समय बजट के लिए नियुक्ति/अनुमार्गण बाधाओं का पालन करने वाले भौतिक लेआउट की संकेत अखंडता अधिकतम स्वीकार्य शोर स्तर से अधिक न हो। व्यापक और गहराई से पूर्ववर्ती एसआई विश्लेषण पुन: रचना प्रयासों और स्थान/मार्ग पुनरावृत्तियों को कम करेगा, और अंततः रचना चक्र को कम करेगा।

प्रारंभिक भौतिक लेआउट के साथ, बाद वाले एसआई विश्लेषण मुद्रित परिपथ बोर्ड की रचना दिशानिर्देशों और बाधाओं की शुद्धता को सत्यापित करता है। यह वर्तमान रचना में एसआई उल्लंघन की जांच करता है, जैसे प्रतिबिंब शोर, रिंगिंग, अप्रासंगिक संकेत और ग्राउंड बाउंस। यह एसआई समस्याओं को भी उजागर कर सकता है जिन्हें पूर्ववर्ती चरण में अनदेखा किया जाता है, क्योंकि पोस्ट रूट विश्लेषण अनुमानित डेटा या मॉडल के बजाय भौतिक लेआउट डेटा के साथ काम करता है, इसलिए इसे अधिक सटीक सिमुलेशन परिणाम उत्पन्न होता है। जब एसआई विश्लेषण पूरी रचना प्रक्रिया में पूरी तरह कार्यान्वित किया जाता है, तो तेजी से एक विश्वसनीय उच्च प्रदर्शन प्रणाली हासिल की जा सकती है।



सिंगल बोर्ड पीएलसी में संकेत "ए0" सांस्थिति (टोपोलोजी)




सिंगल बोर्ड पीएलसी के संकेत ए0 का एसआई (बाएं) और ऑसीसिलोस्कोप (दाएं) परिणाम

**शक्ति समग्रता (पीआई):**

चूंकि आईसी स्विचिंग वर्तमान सक्रिय आउटपुट, गतिविधि स्थिति, चालक का वृद्धि और गिरावट के समय, घड़ी आवृत्तियों और लोड की स्थिति के रूप में विभिन्न पहलुओं पर निर्भर करता है, इसलिए डीसी वोल्टेज समान रूप से वितरित नहीं होते हैं और तांबे के सतहों पर आदर्श नहीं माना जाता है इसलिए, निम्नलिखित उपाय इस तरह की समस्या को दूर करने के लिए आम तौर पर किया जाता है-

-> डिवाइस पर वीसीसी और जीएनडी पिन से निकलने वाले रेखा जितना संभव हो उतना कम अधिष्ठापन होना

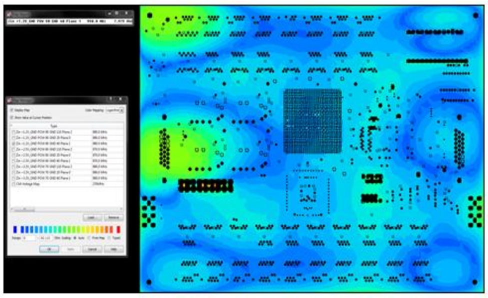
अनुक्रमणिका

चाहिए। शारीरिक बाधाओं की अनुमति के रूप में उन्हें छोटे और चौड़े बनाकर किया जाता है।

-> कम ईएसआर वाले संधारित्र चुनने से बिजली आपूर्ति अ-युग्मन में सुधार होगा।

-> आईसी के वीसीसी/जीएनडी पिन के पास संधारित्र का लगाना

-> कैपेसिटर के लिए एक छोटा पैकेज चुनने से पैकेज अधिष्ठापन कम हो जाएगा।



सॉलिड स्टेट रिकॉर्डर का शक्ति समग्रता विश्लेषण मानचित्र L9_ + 3.3 वोल्ट और L2_ ग्राउन्ड 990 मेगाहर्ट्ज पर

**विद्युत चुम्बकीय हस्तक्षेप (ईएमआई):**

पीसीबी में ईएमआई विकिरण के मुख्य स्रोत हैं- संकेत अनुरेख द्वारा परिभाषित "लूप क्षेत्र", इसके रिटर्न पथ और सतहों की जोड़ी से बना डीपोल एंटीना। अपने सभी ग्राउन्ड/बिजली सतहों पर चलने वाले सभी हाई स्पीड संकेत अनुरेख सुनिश्चित करें। एनालॉग सतह के उपर अंकीय संकेत की अनुमति न दें जब तक कि वह उस क्षेत्र में किसी डिवाइस पर नहीं जा रहा है। इस मामले में लूप तथा शोर को कम करने के लिए ग्राउन्ड अनुरेख का पालन करें।

ईएमआई को कम करने के लिए निम्नलिखित तकनीकों का उपयोग किया जा सकता है।

-- अगर जीएनडी/शक्ति सतहों में कोई भी स्लॉट या अंतराल है तो सुनिश्चित करें कि उनके ऊपर कोई उच्च गति संकेत नहीं चल रहा है

-- उच्च गति संकेतों के लिए ट्रैक स्टब्स को कम करें

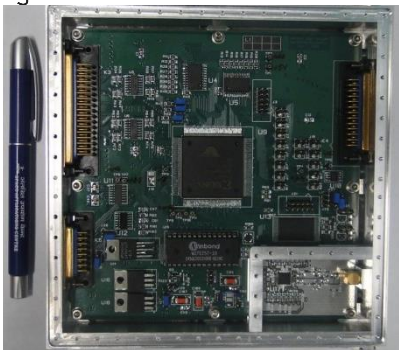
-- 20-एच नियम का पालन किया जाना चाहिए जिसमें ग्राउंड सतह को बिजली के सतहों से उनके बीच की दूरी से 20 गुणा होना चाहिए।

-- सुरक्षा और संरक्षण के द्वारा महत्वपूर्ण घटकों और पटरियों के बीच अलगाव प्रदान करना।

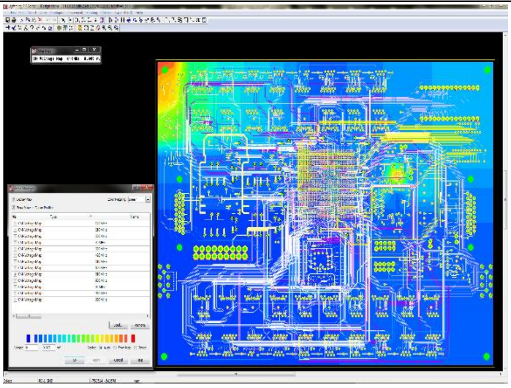
-- अलग तांबा क्षेत्र के चारों ओर, महत्वपूर्ण ट्रैक के साथ ग्राउन्ड डालने,

-- स्लॉट के बिना ग्राउन्ड के सतहों का उपयोग,

-- सभी अनुरेख पर टी को हटाने चाहिए।



जिगबी टीआरसी बोर्ड अलग आरएफ अनुभाग

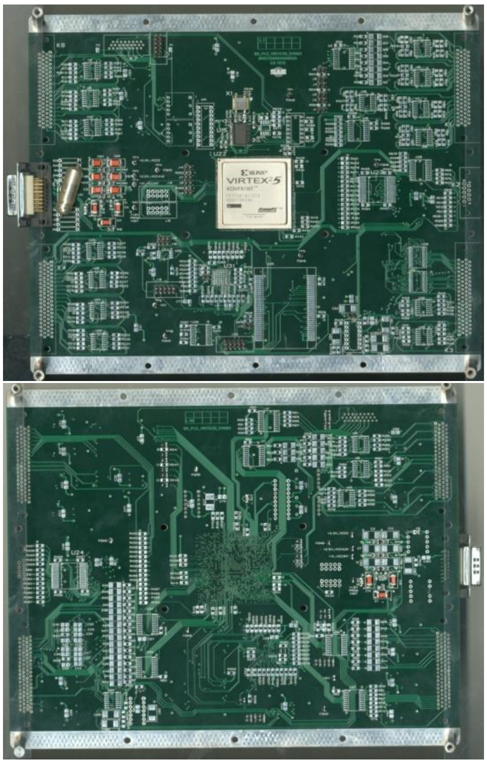


उच्च घनत्व एसएसआर बोर्ड ईएमआई मानचित्र के साथ

**ऊष्मीय प्रबंधन:**

थर्मल प्रबंधन का प्राथमिक उद्देश्य यह सुनिश्चित करना है कि पीसीबी पर सभी घटक उनकी स्वीकार्य तापमान सीमाओं के भीतर बनाए रखा जाए। पीसीबी, तांबे के पैटर्न और घटकों से गर्मी को खत्म करने और बोर्ड तथा इसकी असेंबली को ठंडा रखने के लिए एक आवश्यक तत्व है।

ताँबा गर्मी के अच्छे सुचालक होते है और गर्मी सोखने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। दूसरी तरफ, तांबा पैटर्न के माध्यम से ऊष्मा को पैकेज मे पँहुचाया जाता है। इसलिए, यह सुनिश्चित करने के लिए अनुरेख की उचित चौड़ाई और मोटाई की जांच की जानी चाहिए ताकी सुचालक के माध्यम से जरूरत के अनुसार या उससे सुरक्षित मूल्य के ऊपर अनुरेख का तापमान नहीं बढे, ऐसा होने से पीसीबी की विफलता दर में वृद्धि हो सकती है, यही कारण है कि एक तांबा अनुरेख के माध्यम से वर्तमान में अंतरिक्ष श्रेणी के पीसीबी के लिए 66% तक के कम रेटिंग से किया जाता है। पीसीबी से गर्मी को हटाने के लिए विशेष धातु-कोर सतहों को भी शामिल किया जाता है।




उपरोक्त कार्ड मे रीब (पट्टी) की तरफ से ऊष्मा का प्रबन्ध

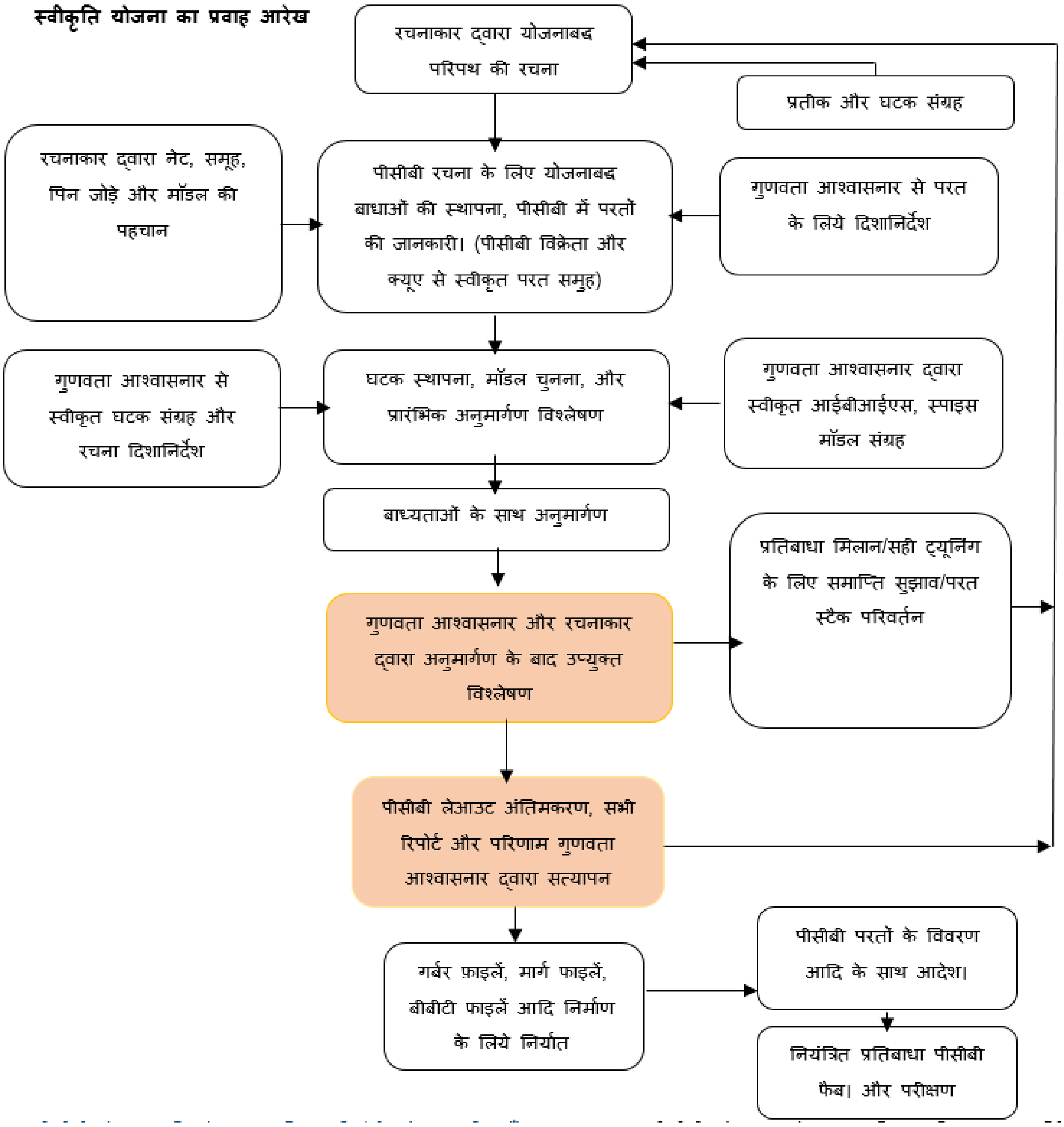
ऊष्मा को धातु कोर सतहों के माध्यम से स्थानांतरित कर दिया जाता है। ऊष्मा के मुद्दे को दूर करने के लिए नीचे कुछ सुझाव दिये गये हैं -

(1) थर्मल सतह प्रदान करना चाहिए।

(2) ट्रे के गर्मी को मुक्त करने के लिए बोर्ड की रूपरेखा के पास ऊष्मीय पथ प्रदान किया जाना चाहिए।

(3) चोथर्म शीट के माध्यम से थर्मल सतह में गर्मी स्थानांतरित करने के लिए एफपीजीए और एएसआईसी के नीचे प्रदान किया जाता है।

**स्वीकृति योजना का प्रवाह आरेख**




## पीसीबी लेआउट विश्लेषण सबन्धित रिपोर्ट और उसकी जाँच

**-- संकेत अखंडता विश्लेषण संबंधित रिपोर्ट**

अखंडता विश्लेषण आयोजित करने के बाद निम्नलिखित रिपोर्ट निरीक्षण और अनुमोदन के लिए तैयार की जाएगी। परिणाम सारणीबद्ध होंगे और भविष्य के लिए तरंगों को संग्रहीत किया जाएगा। सभी महत्वपूर्ण तरंगों की मुद्रित प्रतियां बनाई जाएंगी और गुणवता आश्वासन अभियंता और रचना अभियंता प्रत्येक एक-एक प्रति बनाए रखेंगे। गुणवत्ता आश्वासन अभियंता द्वारा एकत्र की गई मुद्रित प्रतियां पीसीबी लेआउट के गुणवता आश्वासन फोल्डर में दायर की जाएंगी। रचना अभियंता और गुणवता आश्वासन निरीक्षक इस रिपोर्ट की प्रतियां सत्यापन के लिए बनाएँगे। रचना अभियंता किसी भी अन्य विशेष सिमुलेशन जैसे ईएमआई, ईएमसी इत्यादि निर्दिष्ट करेंगे। ऐसे मामलों में, आवश्यकता तालिका, परीक्षण से पहले होगी जिसका प्रारूप नीचे दिये गये है।

**-- पीसीबी लेआउट के साथ निम्न विवरण आपूर्ति करना चाहिए**

पीसीबी लेआउट से संबंधित निम्नलिखित रिपोर्ट विवरणों के साथ निरीक्षण के लिए गुणवता आश्वासन को जमा किए जाने चाहिए।

-- प्रत्येक अवयव का मॉडल के साथ अवयवो की सूची।

-- विकट नेट की सूची।

-- प्रतिबाधा सूची।

-- प्रतिबिंब विश्लेषण रिपोर्ट (जहां आवश्यकता हो)

-- प्रसारण मे देरी की रिपोर्ट

-- अप्रांसगिक संकेत विश्लेषण रिपोर्ट (जहां आवश्यकतां हो)

-- यदि कोई और विशेष आवश्यकताएं हो तो।

गुणवता आश्वासन निरीक्षक अंतिम निरीक्षण और अनुमोदन के लिए रचना लेने से पहले सभी आवश्यक इनपुट विवरणों की उपलब्धता को सत्यापित करेगा।

**प्रतिबिंब विश्लेषण रिपोर्ट**

| | नेट का नाम | औसत जेड ओम में | न्यूनतम जेड ओम में | अधिकतम जेड ओम में | न्यूनतम लंबाई मिमी में | अधिकतम लंबाई मिमी में | अधि ओवरशूट मिवो में | अधि अनडरशूट मिवो में | स्टीमलस स्पंद चोडाइ नैसे | स्टीमलस आवृत्ति | नेट वाहक तथा मॉडल का नाम | नेट आवक तथा मॉडल का नाम | हस्ताक्षर |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| अपेक्षित | यदि कोई जुड़वाँ पिन हो तो | | | | | | | | | | | | रचनाकार |
| पूर्ववर्ति एस आई आंकड़ा | | | | | | | | | | | | | रचनाकार |
| बाद के एस आई आंकड़ा | | | | | | | | | | | | | गुणवता आश्वासनार |

**प्रतिबाधा रिपोर्ट**

पीसीबी लेआउट जिन्हें नियंत्रित प्रतिबाधा आवश्यकता की आवश्यकता होती है, प्रतिबिंब विश्लेषण रिपोर्ट के साथ आपूर्ति की जानी चाहिए। प्रतिबाधा की गणना के लिए उपयोग किया जाने वाला परत स्टैक पीसीबी विनिर्माण के लिए उपयोग किए जाने वाले परत स्टैक के समान होना चाहिए। सामग्री का प्रकार, अचालक और अपव्यय कारक प्रविष्टियां लेमिनेट्स के भौतिक विनिर्देश से मेल खानी चाहिए।

**प्रतिबिंब विश्लेषण रिपोर्ट**

पीसीबी लेआउट जिन्हें संकेत अखंडता विश्लेषण की आवश्यकता होती है, प्रतिबिंब विश्लेषण रिपोर्ट के साथ आपूर्ति की जानी चाहिए। प्रतिबिंब विश्लेषण करते समय नेट पर लागू उत्तेजना का सबसे खराब केस संकेत वृद्धि समय, आयाम और आवृत्ति होगी। एसआई विश्लेषण के दौरान सुझाए गए टर्मिनेटर को आगे की प्रक्रियाओं के लिए रचना की मंजूरी से पहले योजनाबद्ध रचना में जोड़ा जाना चाहिए। डिज़ाइनर और गुणवता आश्वासन अभियंता द्वारा डिज़ाइन बाधाओं और प्रदर्शन आवश्यकताओं के आधार पर टर्मिनेटर का प्रकार चुनना चाहिए।

**प्रसारण विलंब जांच रिपोर्ट**

एक जैसे समूहों की बाधाओं में उच्च गति पता, डेटा, नियंत्रण और क्लाक रेखाओं को रूट करना आवश्यक है ताकि समय की त्रुटियों को समाप्त किया जा सकें। सापेक्ष प्रसारण विलंब (यदि आवश्यक हो) जैसी बाधाओं को आवश्यकता वाले कॉलम में उल्लिखित किया जाना चाहिए और पीसीबी लेआउट डिज़ाइन में आवश्यकताओं के विरूद्ध सत्यापित किया जाना चाहिए।

**अप्रांसगिक संकेत विश्लेषण रिपोर्ट**

पीसीबी लेआउट जिन्हें संकेत अखंडता विश्लेषण की आवश्यकता होती है, को अप्रांसगिक संकेत विश्लेषण रिपोर्ट की आवश्यकता होती है। अप्रांसगिक संकेत विश्लेषण करते समय नेट पर लागू उत्तेजना के लिए सबसे खराब वृद्धि समय, आयाम और आवृत्ति होगी।

**शक्ति अखंडता विश्लेषण रिपोर्ट**

शक्ति अखंडता विश्लेषण पीसीबी पर आयोजित किया जाना चाहिए जहां डिजाइनर द्वारा आवश्यकताओं को सूचीबद्ध किया गया हो। डिकपलिंग प्रतिबाधा स्पेक्ट्रम, किसी भी बिंदु पर प्रतिबाधा और प्रत्येक सतहों के लिए सतहों की प्रतिबाधा डिजाइनर द्वारा सूचीबद्ध या प्लॉट किया जाना चाहिए जो गुणवता आश्वासन अभियंताओं द्वारा विधिवत सत्यापित और अनुमोदित किया जाना चाहिए। उदाहरण मानचित्र उपर के चित्र में दिखाया गया है।

**प्रसारण विलंब जांच रिपोर्ट**

| | समूह/ पिन जोड़ा | औसत जेड ओम में | न्यूनतम जेड ओम में | अधिकतम जेड ओम में | न्यून प्रसारण विलंब | अधिकतम प्रसारण विलंब | हस्ताक्षर |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| अपेक्षित | | | | | | | रचनाकार |
| पूर्ववर्ती एस आई आंकड़ा | | | | | | | रचनाकार |
| बाद के एस आई आंकड़ा | | | | | | | गुणवता आश्वासनार |

अनुक्रमणिका

**अप्रांसगिक संकेत विश्लेषण रिपोर्ट**

| क्रम संख्या | नेट नाम तथा वाहक घटक तकनीक | मॉडल नाम | आक्रामक नेट नाम तथा वाहक घटक तकनीक | मॉडल नाम | अधिकतम अप्रांसगिक संकेत मिवो तथा अधिकतम अनुमोदित/अवलोकि | स्टिमलस मापदंड | हस्ताक्षर |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | रचनाकार |
| | | | | | | | गुणवत्ता आश्वासन |

**विद्युत चुम्बकीय हस्तक्षेप (ईएमआई) विश्लेषण रिपोर्ट**

विकट नेट के अलावा कार्यात्मक/प्रदर्शन आवश्यकताओं के आधार पर डिजाइनर द्वारा सूचीबद्ध, क्लॉक नेट तथा उच्च गति डेटा लाइन जहां वृद्धि समय 1 नैनो सेकन्ड से कम है जैसे सभी महत्वपूर्ण चीजो का ईएमआई विश्लेषण करना चाहिए तथा जो भी लागू आवृत्तियाँ हो उस्का ईएमआई/ईएमसी मानचित्र दर्ज किया जा सकता है। उदाहरण मानचित्र उपर के चित्र में दिखाया गया है।

**निष्कर्ष :**

चूंकि विफलता अंतरिक्ष श्रेणी की पीसीबी में कोई विकल्प नहीं है और इसे विशेष रुप से अंतरिक्ष वातावरण को सहन करना है, इसलिये एक त्रुटि रहित पीसीबी रचना करना अनिवार्य है। अत्यधिक विश्वसनीय पीसीबी कड़े अंतरिक्ष रचना दिशानिर्देशों, मजबूत पीसीबी रचना प्रवाह और प्रभावी **रचना** तकनीकों का पालन करके डिज़ाइन किया जा सकता है। रचना प्रक्रिया सर्किट की विद्युत आवश्यकताओं, यांत्रिक और उष्मीय आवश्यकताओं को पूरा करेगी जो स्पष्ट रूप से डिजाइनर करते है परन्तु पीसीबी की विश्वसनीयता बढाने के लिये सभी प्रकार के विश्लेषण को क्युए के साथ सत्यापन तथा रिपोर्ट सबमिट किया जाना चाहिए।

**आभार**

पीसीबी लेआउट विश्लेषण और विश्वसनीयता संबंधित गतिविधियों के लिए लगातार मार्गदर्शन और प्रोत्साहन के लिए लेखक श्री तपन मिश्रा (निदेशक, एसएसी), उप-निदेशक श्री राजीव ज्योति, ग्रुप-प्रधान श्री बी.एस. रमण, हिंदी कक्ष के सभी सदस्यों एवं हमारे ग्रुप के सभी कर्मचारी गण के आभारी हैं। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में आयोजित हिंदी तकनीकी संगोष्ठी में लेख प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने के लिए संगोष्ठी समिति का हार्दिक आभार। लेखक अपने ज्ञान और विशेषज्ञता को साझा करने के लिए सभी टीम सदस्य का भी आभारी हैं।

**लेखक परिचयः**

रमेश कुमार ने वर्ष 2007 में नवीन राजकीय पॉलिटेक्नीक, पटना से इलेक्ट्रोनिक्स अभियांत्रिकी में डिप्लोमा, 2010 में आई.ई.आई. कोलकाता से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में बी.ई. की डिग्री और वर्ष 2014 में आई.ई.टी.ई. नई दिल्ली से कंप्यूटर साइंस में एम.टेक. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2009 से सैक के माइक्रोवेव सेंसर कंट्रोल इलेक्ट्रॉनिक्स प्रभाग में कार्यरत हैं। वे आई.ई.आई, के आजीवन सहयोगी सदस्य तथा आई.ई.टी.ई. और आई.एस.एस.ई. के आजीवन सदस्य हैं। उनको को उच्च गति पीसीबी के रचना के लिये इसरो के अध्यक्ष से सराहना प्रमाणपत्र भी मिला है।

मंगल कुमार महापात्र ने वर्ष **2010** यू.जी.ई.आई. राउरकेला, उड़ीसा से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में डिप्लोमा, **2014** में आई. ई. आई. कोलकाता से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष **2010** से **2016** तक टाटा स्टील जमशेदपुर एवं वर्ष **2016** से **2017** तक राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, राउरकेला, उड़ीसा में कार्यरत थे। वर्ष **2017** नवंबर महीना से इसरो अंतरिक्ष उपयोग केंद के माइक्रोवेव सेंसर कंट्रोल प्रभाग में कार्यरत हैं। वे महापात्र आई.ई.आई. के आजीवन सदस्य हैं

**संदर्भः**

*1. इसरो-पैक्स -301 पीसीबी रचना गाइड लाइन*

*2. आईपीसी -2221 ए, आईपीसी-2222 मानकों*

*3.एरिक बोगेटिन, "संकेत एंड शक्ति इंटेग्रिटी", प्रेंटिस हॉल आधुनिक अर्धचालक रचना श्रृंखला*

# बेहतर गुणवत्ता के लिए स्वचालित जाँच व्यवस्था द्वारा GSAT-19/11 के अनुरेखन अभिग्राही का परीक्षण एवं मूल्यांकन

पंकज कुमार गुप्ता[1], दीपिका रॉय[2], संतोष लछेटा[3]
वैज्ञानिक/अभियंता - एस.एफ.[1], एस.ई.[2], एस.डी.[3], एस.सी.टी.डी./ अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
[1]pankaj@sac.isro.gov.in, [2]deepikaroy@sac.isro.gov.in, [3]santosh0204@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

*उपग्रहों में उपयोग होने वाले यंत्रों की गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता सुनिश्चित करना बहुत ही महत्वपूर्ण है। गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता सुनिश्चित करने हेतु यंत्रों के निर्माण के दौरान उपयोग होने वाली प्रक्रियाओं एवं जाँचों को बहुत ही ध्यान पूर्वक निर्धारित किया जाता है। निर्माण के अंतिम चरण में यंत्र को अंतरिक्ष उपयोगी सिद्ध करने के लिए इसको परीक्षण एवं मूल्यांकन प्रक्रिया से गुजारा जाता है। परीक्षण एवं मूल्यांकन प्रक्रिया में यंत्र की क्रियाविधि (**Functionality**) एवं विनिर्देशों (**Specifications**) को अंतरिक्ष के समरूप वातावरण में परखा जाता है। यंत्र के प्राचलों (parametrs) को मापने एवं अंकित करने के लिए हस्तचालित (Manual) अथवा स्वचालित (**Automated**) विधि का उपयोग किया जा सकता है। बेहतर गुणवत्ता के लिए स्वचालित विधि का उपयोग आवश्यक है क्योंकि यह मानव जनित त्रुटियों को कम करती है, छोटी से छोटी घटनाओं को अंकित करने में सक्षम होती है, विस्तृत रूप से परीक्षण करने व कम प्रशिक्षित व्यक्ति द्वारा कार्य संचालन में सहायक है एवं समय भी बचाती है।*

*GSAT-19/11 का अनुरेखन अभिग्राही एक नए तरह का यंत्र है तथा इसकी परीक्षण प्रक्रिया पेचीदा है। इस वजह से इसके हस्तचालित ढंग से परीक्षण के दौरान त्रुटियाँ होने की संभावना ज्यादा होती है और एक विशेषज्ञ की उपस्थिति जरूरी होती है। इन जरूरतों को देखते हुए, इसके बेहतर परीक्षण एवं मूल्यांकन हेतु एक स्वचालित जाँच व्यवस्था का विकास किया गया। स्वचालित जाँच व्यवस्था को तीन भागों में बाँटा जा सकता है: सॉफ़्टवेयर, उद्दीपन जनित्र (stimulus generator), मानक उपकरण। सॉफ़्टवेयर मानक उपकरणों को नियंत्रित कर जाँच के अनुरूप उद्दीपन जनित्र का उपयोग करते हुए अभिग्राही को उद्दीपन देता है और अभिग्राही के निर्गमित सिग्नलों को मानक उपकरणों का उपयोग करते हुए माप कर संगणक में अंकित करता है। यह स्वचालित जाँच व्यवस्था अभिग्राही के सभी प्राचलों को कम से कम मानव हस्तक्षेप द्वारा मापने एवं अंकित करने में सक्षम है। इसके उपयोग से माप लेने के समय में लगभग पांच गुना कमी आई है और माप प्रक्रिया त्रुटिहीन रही। इसका उपयोग GSAT-11/19 के एक QM एवं चार FM अभिग्राहियों के परीक्षण एवं मूल्यांकन के लिए सफलतापूर्वक किया गया। इस पूर्ण प्रक्रिया में यह पाया गया कि स्वचालित जाँच व्यवस्था के उपयोग से उपग्रहों में उपयोग होने वाले यंत्रों की गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता के स्तर को बेहतर किया जा सकता है।*

## 1. प्रस्तावना

GSAT-19/11 उपग्रह इसरो के आधुनिक बहु-किरणपुंज संचार उपग्रह हैं। आधुनिक बहु-किरणपुंज संचार उपग्रहों में निर्देशन त्रुटि दूर करने व ऐन्टेना किरणपुंज को विनिर्दिष्ट क्षेत्र में बनाए रखने के लिए एकस्पंदी अनुरेखन प्रणाली की आवश्यकता होती है [3]। उच्च अभिलक्ष्यन यथार्थता की जरूरत के कारण इस तरह के अनुप्रयोगों में एकस्पंदी अनुरेखन प्रणाली का इस्तेमाल किया जाता है [2]। एकस्पंदी अनुरेखन प्रणाली को तीन संरूपों में क्रियान्वित (implemented) किया जा सकता है - एकल-चैनल, दो-चैनल व तीन-चैनल [1]। GSAT-19/11 में दो-चैनल संरूप का उपयोग किया गया है। दो-चैनल एकस्पंदी अनुरेखन अभिग्राही धन (Sum) सिग्नल व त्रुटि (Error) सिग्नल को निवेश (Input) के तौर पर लेता है और दिगंश (Azimuth) व उन्नतांश (Elevation) दिष्टकारी (DC) निर्गम सिग्नल उत्पन्न करता है। इन निर्गम सिग्नलों को MIL-STD-1553B बस के द्वारा निर्गमित किया जाता है।

इस अनुरेखन अभिग्राही की क्रियाविधि एवं विनिर्देशों को जाँचने-परखने एवं अंतरिक्ष प्रयोग के योग्य घोषित करने हेतु किये जाने वाले परीक्षण एवं मूल्यांकन (T&E) के लिए एक जाँच व्यवस्था की जरूरत होती है, जो अभिग्राही को वास्तविक निवेश सिग्नलों के समरूप सिग्नल दे सके और निर्गमित सिग्नलों का माप एवं अंकित कर सके। यह जाँच व्यवस्था हस्तचालित अथवा स्वचालित हो सकती है। अनुरेखन अभिग्राही संचार उपग्रहों में उपयोग होने वाले परम्परागत यंत्रों से भिन्न है तथा इसकी परीक्षण प्रक्रिया पेचीदा है। इस वजह से इसके हस्तचालित ढंग से परीक्षण के दौरान त्रुटियाँ होने की संभावना ज्यादा होती है और एक प्रशिक्षित एवं अनुभवी व्यक्ति की जरूरत होती है। इन जरूरतों को देखते हुए, इसके बेहतर परीक्षण एवं मूल्यांकन हेतु एक स्वचालित जाँच व्यवस्था का विकास किया गया।

स्वचालित जाँच व्यवस्था को तीन भागों में बाँटा जा सकता है: सॉफ़्टवेयर, उद्दीपन जनित्र, मानक उपकरण। सॉफ़्टवेयर, सिग्नल जनित्र को नियंत्रित कर जाँच के अनुरूप उद्दीपन जनित्र का उपयोग करते हुए अनुरेखन अभिग्राही को देता है और अभिग्राही के निर्गमित सिग्नल को मानक उपकरणों (MIL-STD-1553B बस नियंत्रक / स्पेक्ट्रम विश्लेषक) का उपयोग करते हुए संगणक में अंकित करता है। उद्दीपन जनित्र बीकन सिग्नल एवं रव (Noise) सिग्नल लेकर अभिग्राही के लिए धन (Sum) सिग्नल व त्रुटि (Error) सिग्नल बनाता है जो वास्तविक निवेश सिग्नलों के समरूप होता है। सिग्नल जनित्र, रव जनित्र, MIL-STD-

1553B बस नियंत्रक, स्पेक्ट्रम विश्लेषक एवं परावर्ती एटीनुएटर को मानक उपकरणों की तरह उपयोग किया जाता है।

यह स्वचालित जाँच व्यवस्था अभिग्राही की सभी प्राचलों को कम से कम मानव हस्तक्षेप द्वारा मापने एवं अंकित करने में सक्षम है। इस स्वचालित जाँच व्यवस्था का उपयोग करके अनुरेखन अभिग्राहियों का विभिन्न जाँच परिस्थितियों में परीक्षण एवं मूल्यांकन किया गया। इसके उपयोग से माप लेने का समय बहुत कम हुआ तथा विशेषज्ञ अभियंताओं की उपस्थिति के बिना भी माप प्रक्रिया त्रुटिहीन की जा सकी। इसके उपयोग से गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता का स्तर बेहतर होता है क्योंकि इसके उपयोग से ना सिर्फ़ माप त्रुटिहीन होती है, अपितु कोई भी अचानक आये अनपेक्षित व्यवहार को आसानी से पकड़ा जा सकता है। इसका उपयोग GSAT-11/19 के QM एवं FM अभिग्राहियों का परीक्षण एवं मूल्यांकन के लिए किया गया।

खंड 2 में दो-चैनल एकस्पंदी अनुरेखन अभिग्राही एवं उसकी परीक्षण जरूरतों का वर्णन किया गया है। खंड 3 में स्वचालित जांच व्यवस्था का वर्णन किया गया है। खंड 4 में स्वचालित जांच व्यवस्था की FM/QM अभिग्राहियों के परीक्षण एवं मुल्यांकन में उपयोगिता बताई गई है। खंड 5 में निष्कर्ष प्रस्तुत किया गया है।

## 2. दो-चैनल अनुरेखन अभिग्राही एवं उसकी परीक्षण जरूरतें:

दो-चैनल एकस्पंदी अनुरेखन अभिग्राही धन (Sum) सिग्नल व त्रुटि (Error) सिग्नल को निवेश के तौर पर लेता है और दिगंश (Azimuth) व उन्नतांश (Elevation) दिष्टकारी (DC) निर्गम त्रुटि सिग्नल उत्पन्न करता है। इन निर्गम त्रुटि सिग्नलों एवं तीन और सिग्नलों लॉक ऑन (Lock On), सिग्नल शक्ति (Signal Strength) एवं आवृत्ति विस्थापन (Frequecy Offset) सिग्नल] को MIL-STD-1553B बस के माध्यम से बाहर दिया जाता है। MIL-STD-1553B बस के माध्यम से कला नियंत्रक शब्द (Phase Control Word or PCW) को भी निवेशित किया जाता है, जो धन और त्रुटि सिग्नलों के बीच कला परवर्तित कर Az & El त्रुटि आवेशों को एकबद्ध करने के काम आता है। अभिग्राही 21.4 MHz के धन एवं त्रुटि अनुश्रवण सिग्नलों को भी निर्गमित करता है, जिसका उपयोग सिर्फ परीक्षण के लिए किया जाता है।

| क्रमांक | प्रचाल (Parameter) | विनिर्देश (Specification) |
|---|---|---|
| 1. | निवेश आवृत्ति (Input Frequency) (MHz) | 70 ± 0.035 |
| 2. | निवेश ऊर्जा परास (Input Power range) ( dBm) | Sum: -25 to -45<br>Error: Min 6dB below Sum |
| 3. | निवेश गातिक परास (Input dynamic range) ( dB) | > 20 |
| 4. | निवेश C/No देहली (Input C/No Threshold) (dB-Hz) | < 55.0 |
| 5. | अर्जन परास (Acquisition range) (KHz) | ±35.0 min |
| 6. | अर्जन समय (Acquisition time) (sec) | < 8.0 |
| 7. | निर्गम Az & El त्रुटि आवेश (Az & EL Error Output voltage) | ± (5 ± 20%) DC<br>Across 220 KΩ; |
| 8. | धन व त्रुटि चैनल के बीच कला असंतुलन की वजह से मिश्रित सिग्नल (Crosstalk due to Phase imbalance between Sum & Error channels) (V) | ± 0.9 |
| 9. | बिना त्रुटि निवेश की अवस्था में निर्गम त्रुटि आवेश (Error Output for no Error Signal Input) (mV) | ± 50.0 |

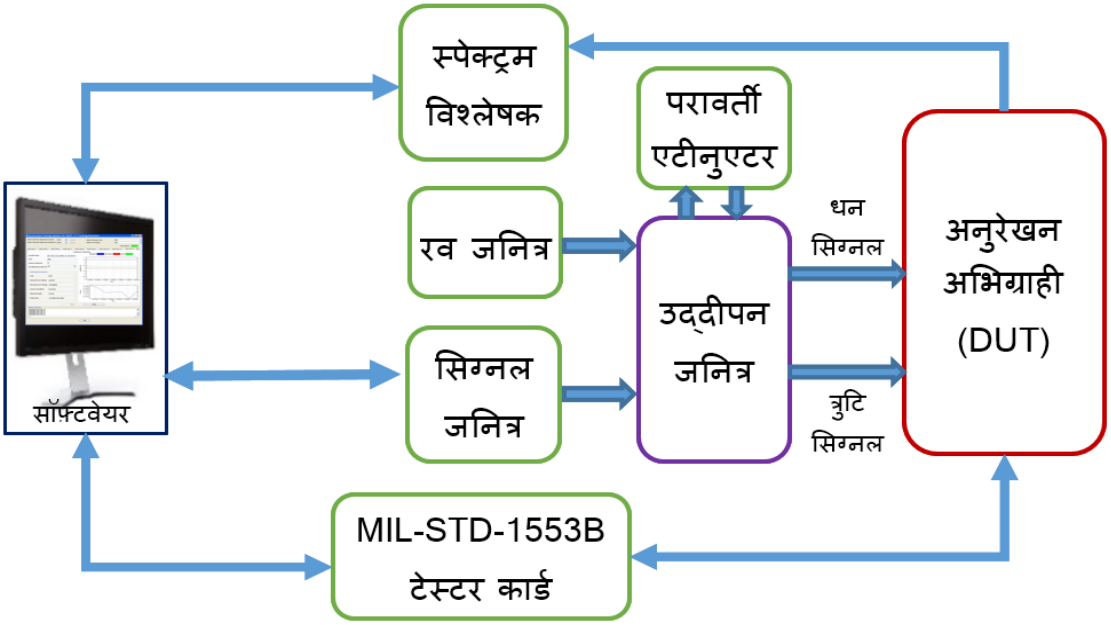
तालिका1 : अनुरेखन अभिग्राही के मुख्य विनिर्देश

अनुरेखन अभिग्राही के मुख्य विनिर्देश प्राचल तालिका1 में दिए गए हैं। परीक्षण के दौरान इन सभी प्राचलों को मापने की जरुरत होती है। निवेश आवृत्ति एवं अर्जन परास विनिर्देशों को नापने के लिए धन व त्रुटि निवेश सिग्नलों की आवृत्ति, सिग्नल जनित्र की आवृत्ति के माध्यम से 70 MHz केंद्र आवृति के इर्द गिर्द ±35 KHz बदलते हैं और देखते हैं कि लॉक ऑन सिग्नल हमेशा हाई है या नही। इसी प्रकार निवेश ऊर्जा परास एवं निवेश गतिक परास को सिग्नल जनित्र की ऊर्जा बदल कर अभिग्राही के लॉक ऑन सिग्नल, सिग्नल शक्ति जाँच सिग्नल तथा निर्गम त्रुटि सिग्नलों को देखते हैं। निवेश C/No देहली को नापने के लिए निवेश ऊर्जा परास के निम्न स्तर पर विनिर्देश के हिसाब से रव की शक्ति को सेट करते हैं और देखते हैं कि अभिग्राही लॉक हो रहा है या नहीं। अर्जन समय को विश्लेषण से केवल सिद्ध किया जाता है, मापा नहीं जाता। निर्गम Az & El त्रुटि आवेशों को मापने के लिए सिग्नल जनित्र से सिग्नल देने के बाद परावर्ती एटीनुएटर के माध्यम से सिर्फ त्रुटि सिग्नल को कम करते हैं और Az & El त्रुटि आवेशों में आये बदलाव को अंकित करते हैं। धन व त्रुटि चैनल के बीच कला असंतुलन की वजह से मिश्रित सिग्नल नापने के लिए त्रुटि सिग्नल को धन सिग्नल से 6 dB कम रखकर एवं कला नियंत्रक शब्द को बदलकर Az या El त्रुटि आवेश को शुरुआत में शून्य कर, Az & El त्रुटि आवेशों को विभिन्न वातावरणों में अंकित करते हैं और देखते हैं शून्य किया हुआ आवेश विनिर्देश से ज्यादा परिवर्तित तो नहीं हुआ है। बिना त्रुटि निवेश की अवस्था में निर्गम त्रुटि आवेश नापने के लिए त्रुटि निवेश को टर्मिनेट कर

दिया जाता है और त्रुटि आवेशों को अंकित करते हैं और देखते हैं कि यह विनिर्देश से ज्यादा तो नहीं हुआ है।

### 3. स्वचालित जांच व्यवस्था:

ऑन-बोर्ड अनुरेखन अभिग्राही की स्वचालित परीक्षण व्यवस्था का आरेख चित्र 1 में दिखाया गया है।




चित्र 1. स्वचालित जाँच व्यवस्था का खंड आरेख

स्वचालित जाँच व्यवस्था को तीन भागों में बाँटा जा सकता है:

- GUI आधारित सॉफ़्टवेयर (GUI Based Software): GUI आधारित सॉफ़्टवेयर सिग्नल जनित्र को नियंत्रित कर जाँच के अनुरूप उद्दीपन जनित्र का उपयोग करते हुए अनुरेखन अभिग्राही को देता है और अभिग्राही के निर्गमित सिग्नल को मानक उपकरणों (MIL-STD-1553B बस नियंत्रक / स्पेक्ट्रम विश्लेषक) का उपयोग करते हुए संगणक में अंकित करता है।
- उद्दीपन जनित्र (Test Zig): उद्दीपन जनित्र बीकन सिग्नल एवं रव सिग्नल लेकर अभिग्राही के लिए धन (Sum) सिग्नल व त्रुटि (Error) सिग्नल बनाता है जो वास्तविक निवेश सिग्नलों के समरूप होता है।
- मानक उपकरण (Standard Equipments): सिग्नल जनित्र, रव जनित्र, MIL-STD-1553B बस नियंत्रक, स्पेक्ट्रम विश्लेषक एवं परावर्ती एटीनुएटर को मानक उपकरणों की तरह उपयोग किया जाता है।

खंड 2 में दी गई परीक्षण जरूरतों को पूरा करने के लिए, जाँचों को निम्नलिखित जाँच प्रकरणों (test cases) में बाँट कर सॉफ़्टवेयर द्वारा स्वचालित किया गया:

a. देहली C/No के लिए निवेश आवृत्ति अर्जन परास) 70 MHz ± 40 KHz( (Input Frequency Acquisition Range (70 MHz ± 40 KHz) for threshold C/No)
b. अर्जन समय (Acquisition Time/Sweep Time in sec)
c. निवेश गातिक परास में निर्गम Az & El त्रुटि आवेश (Az & El Error Output Voltage over Input dynamic range)
d. बिना त्रुटि निवेश की अवस्था में निर्गम त्रुटि आवेश (Error output for no error input)
e. कला नियंत्रण शब्द आदेश सत्यापन (PCW command verification )
f. सिग्नल आवृत्ति विस्थापन (Signal frequency offset (VCXO control voltage) (V))
g. सिग्नल ऊर्जा आवेश (Signal Strength Voltage (V))
h. रव के साथ IF विभेदक लाभ (IF Differential Gain with Noise (dBm)- For reference data recording)
i. रव के बिना त्रुटि प्रतिक्रिया (Error response without Noise )
j. निरंतर अनुश्रवण (Continuous monitoring)

GUI आधारित सॉफ़्टवेयर निम्नलिखित कार्य करता है:

1. जाँच प्रकरण के अनुसार DUT के लिए धन (Sum) व त्रुटि (Error) के आगत संकेत उत्पन्न करना। इसमें जाँच प्रकरण के उद्देश्य अनुसार अभिग्राही के परीक्षण करने के लिए आगत संकेत की आवृत्ति, शक्ति और रव स्तर को बदलना शामिल है।
2. MIL-STD-1553B बस के माध्यम से अनुरेखन अभिग्राही को आदेश भेजना और अनुश्रवण आंकडे प्राप्त करना
3. हर जाँच प्रकरण के आंकड़ों का अभिलेख संचित करना
4. आंकड़ों का विश्लेषण कर और उसको प्रदर्शित करना
5. उपयोगकर्ता को GUI आधारित अंतराफलक (Interface) प्रदान करना

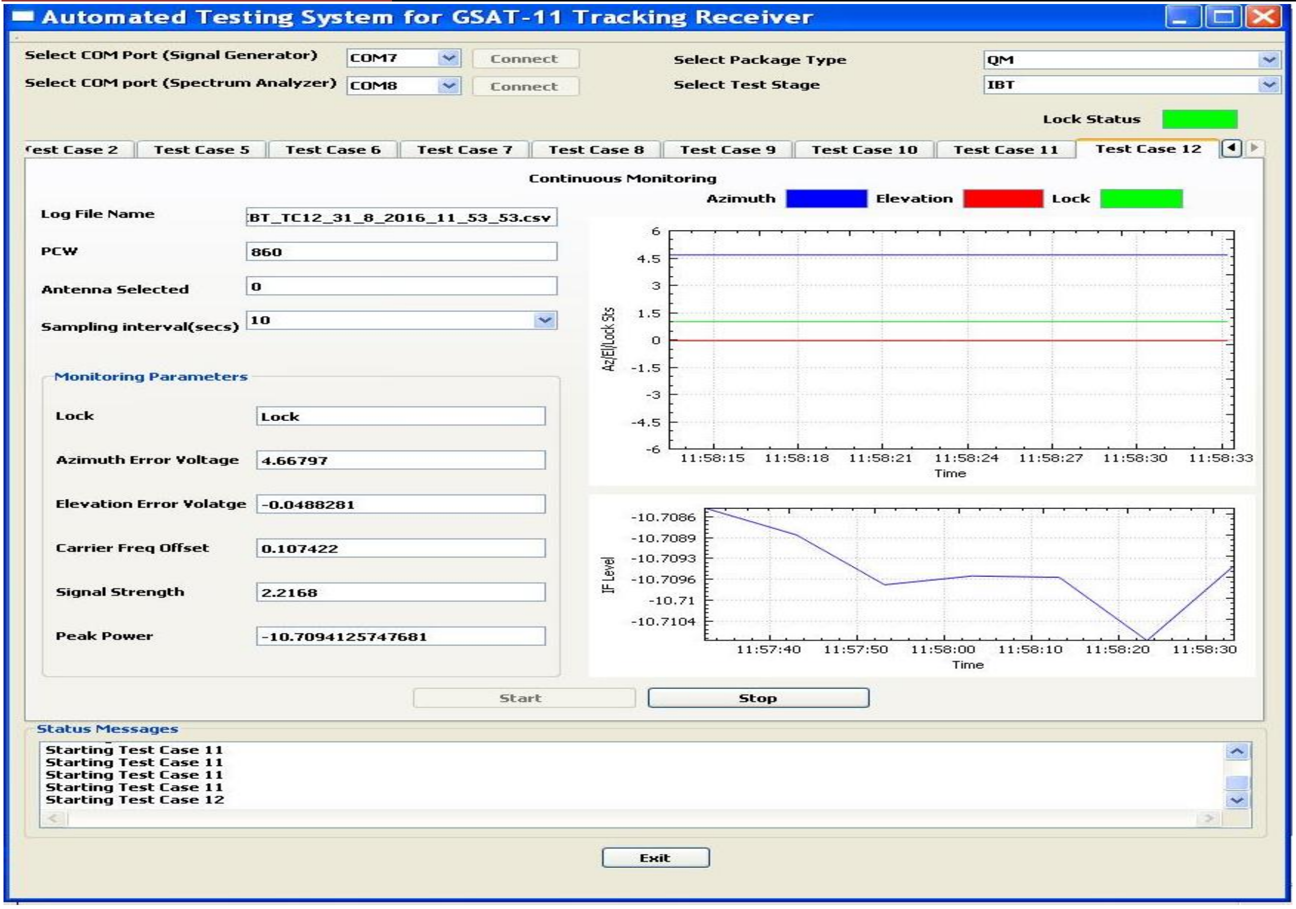
GUI आधारित सॉफ्टवेयर को QT का उपयोग करके विकसित किया गया, जो कि एक Cross-platform अनुप्रयोग विकास ढांचा है एवं C++ का उपयोग कर अनुप्रयोगों को विकसित करने में सक्षम बनाता है। इस सॉफ्टवेयर की अभिकल्पना व निर्माण प्रमापीय (Modular) ढंग से की गई है, जिससे कि भविष्य में अभिग्राही की जाँच आवश्यकता में परिवर्तन होने पर सॉफ्टवेयर को भी आसानी से परिवर्तित किया जा सके। सॉफ्टवेयर निम्नलिखित कार्यक्षमता प्रदान करता है:

1. **मानव अंतराफलक (Human Interface) :** यह सॉफ्टवेयर एक GUI आधारित मानव अंतराफलक प्रदान करता है, जो कि उपयोगकर्ता के लिए बहुत सरल है। इस सॉफ्टवेयर में अनुरेखन अभिग्राही का क्रमांक एवं जाँच वातावरण को चुनने का प्रबन्ध भी किया गया है। किसी भी जाँच प्रकरण (test case) को चालू करने के लिए इसमें अलग-अलग टैब (tab) भी दिये गये हैं। चित्र 2 में GUI पटल का चित्र (GUI screenshot) दिखाया गया है।
2. **उपकरण अंतराफलक (Equipment interface):** यह सॉफ्टवेयर RS-232 अंतराफलक के द्वारा स्पेक्ट्रम विश्लेषक, सिग्नल जनित्र एवं तापमान संवेदक (Sensor) को नियंत्रित करने का कार्य भी करता है। सिग्नल जनित्र का उपयोग निवेश सिग्नल की आवृत्ति व शक्ति बदलकर, DUT का अर्जन व गतिक परास प्रमाणित करने के लिए किया जाता है, स्पेक्ट्रम विश्लेषक का उपयोग अनुश्रवण आवृत्ति (21.4 MHz) वाले सिग्नल पर नज़र रखने के लिए किया जाता है एवं तापमान संवेदक का उपयोग तापनिर्वात परीक्षण के दौरान, अनुरेखन अभिग्राही के तापमान पर नज़र रखने के लिए किया जाता है। उपकरणों को नियंत्रित करने के लिए SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) आदेशों (commands) का उपयोग किया गया है।
3. **जाँच प्रकरण की कार्यविधि:** प्रत्येक जाँच प्रकरण (test case) के लिए GUI में एक अलग टैब (tab) है जिसके माध्यम से उस जाँच प्रकरण को संचालित किया जा सकता है। इस सॉफ्टवेयर के उपयोगकर्ता को इच्छित जाँच प्रकरण वाले टैब को चुनना होता है और फिर चुने हुए जाँच प्रकरण के हिसाब से जरूरी जानकारी सॉफ्टवेयर में दर्ज करनी होती है। इसके उपरांत आरंभ बटन (Start Button) पर क्लिक (click) करते ही जाँच प्रकरण के हिसाब से जाँच प्रक्रिया शुरू हो जाती है।
   स्वचालित सॉफ्टवेयर एक MIL-STD-1553 Bus Controller (BC) की तरह भी काम करता है और यह जाँच प्रकरण के हिसाब से आदेशों (commands) को भेजता है एवं TRRT (Tracking Receiver Remote Terminal) से प्रतिक्रिया प्राप्त करता है। तालिका 2 में बस नियंत्रक के द्वारा DUT को MIL-STD-1553 के माध्यम से भेजे जाने वाले आदेशों (commands) व प्रतिक्रिया का विवरण दिया गया है। सॉफ्टवेयर इन भेजे गये आदेश व प्राप्त प्रतिक्रिया को एक फाइल में संचित भी करता जाता है, जिसका जरूरत पड़ने पर विश्लेषण भी किया जा सकता है।
4. **आंकडो को संचित करना:** सॉफ्टवेयर, उपयोगकर्ता के द्वारा क्रियान्वित किये गए प्रत्येक जाँच प्रकरण की एक लॉग (log) फाइल बनाता है। इस फाइल में जाँच प्रकरण के हिसाब से DUT को भेजे गये प्रत्येक आदेश और प्राप्त प्रतिक्रिया का विवरण होता है।
5. **अनुवादन किये गए आंकडो का प्रदर्शन:** अनुरेखन अभिग्राही और जाँच सॉफ्टवेयर के मध्य आदान - प्रदान किये गये सभी आंकडो को GUI के द्वारा तालिका व रेखाचित्र के माध्यम से प्रदर्शित किया जाता है।

| निर्देश (Command) | MIL-STD-1553 RT Sub-Address | शब्द संख्या / विवरण |
|---|---|---|
| Data Ready | Receive SA-2 | W1(0xAA fixed data) |
| एंटेना चयन एवं कला नियंत्रक शब्द (PCW) | Receive SA-3 | W1- एंटेना चयन<br>W2- कला नियंत्रक शब्द (PCW) |
| अनुश्रवण आंकड़े (Monitoring Data) | Transmit SA-1 | W1: लॉक स्तिथि<br>W2: दिगंश त्रुटि आवेश<br>W3: उन्नतांश त्रुटि आवेश<br>W4: निवेश आवृत्ति विस्थापन<br>W5: निवेश शक्ति |

तालिका 2: MIL-STD-1553 interface के द्वारा आदान-प्रदान की जाने वाले निर्देश और आंकड़े

स्वचालित जाँच व्यवस्था को FM अभिग्राहियों के परीक्षण में उपयोग करने से पहले इसकी गुणवत्ता परखने के लिए, सॉफ्टवेयर की जाँच कराई गई और गुणवत्ता आश्वासन प्रमाणपत्र भी प्राप्त किया गया तथा पूरी जाँच व्यवस्था को लगातार 24 घंटे के लिये DVM अभिग्राही के परीक्षण के लिये उपयोग किया गया।




चित्र 2. स्वचालित जाँच व्यवस्था का GUI

चित्र 3. स्वचालित जाँच व्यवस्था का तापनिर्वात परीक्षण में उपयोग

## 4. स्वचालित जाचं व्यवस्था की FM/QM अभिग्राहियों के परीक्षण एवं मुल्यांकन में उपयोगिता:

इस स्वचालित परीक्षण सॉफ्टवेर ने हस्तचालित विधि की तुलना में परीक्षण और माप समय को लगभग 5 गुना कम कर दिया है। इससे माप की दक्षता (efficiency) और सटीकता

(accuracy) में भारी सुधार भी आया और मानव हस्तक्षेप बहुत कम हो गया है जिससे कि परीक्षण प्रक्रिया सुव्यवस्थित (streamline) और मानकीकृत (standardise) हो गयी है। इस स्वचालित जाँच व्यवस्था के द्वारा GSAT-11 और GSAT-19 उपग्रह के लिए, चार FM एवं एक QM अनुरेखन अभिग्राही का सफलतापूर्वक विस्तृत रूप से परिक्षण किया गया।

चित्र_3 में अनुरेखन अभिग्राही के तापनिर्वात परीक्षण में स्वचालित जाँच व्यवस्था का उपयोग दिखाया गया है। इस सॉफ्टवेयर का उपयोग कुछ बदलावों के साथ भविष्य में GSAT-20 के अनुरेखन अभिग्राही के लिए भी किया जायेगा।

GSAT-19/11 के अनुरेखन अभिग्राहियों के परीक्षण एवं मूल्यांकन के लिए एक स्वचालित जाँच व्यवस्था का विकास किया गया तथा FM/QM अभिग्राहियों के परीक्षण में उपयोग करने से पहले इसकी गुणवत्ता जाँच कराई गई। इसके सफलता पूर्वक उपयोग से सभी FM/QM अभिग्राहियों का परीक्षण एवं मुल्यांकन बड़ी आसानी से किया जा सका। इसके उपयोग से माप लेने के समय में पांच गुना कमी आई और माप प्रक्रिया त्रुटिहीन रही। इसके उपयोग से विस्तृत रूप से परीक्षण एवं मुल्यांकन किया जा सका जो गुणवत्ता सुधारने में बहुत उपयोगी सिद्ध हुआ।

## 5. निष्कर्ष :

### लेखक परिचयः

पंकज कुमार गुप्ता ने वर्ष 2001 में आई. ई. टी., कानपुर से इलेक्ट्रॉनिकी एवं संचार इंजीनियरिंग में बी. टेक. डिग्री प्राप्त की। 2008 में IISc बेंगलूरु से इलेक्ट्रॉनिकी डिजाईन एवं प्रौद्योगिकी में एम. टेक. डिग्री प्राप्त की है। वर्ष 2001 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में कार्यरत हैं। मुख्यतः ऑनबोर्ड एवं भू-केंद्र ऐन्टेना ट्रैकिंग अभिग्राही डिजाईन, ट्रैकिंग प्रणाली एवं ऐंटेना बीमफोर्मिंग क्षेत्रों में कार्य किया है। इनकी अगुआई में इसरो की प्रथम ऑनबोर्ड ट्रैकिंग प्रणाली एवं ट्रैकिंग अभिग्राही का विकास GSAT-19 उपग्रह के लिए हुआ। इसरो के प्रथम HTS उपग्रह GSAT-11 की ऑनबोर्ड ट्रैकिंग प्रणाली एवं ट्रैकिंग अभिग्राही का विकास भी इनकी अगुआई में हुआ।

दीपिका रॉय ने वर्ष 2009 में इंदिरा गांधी इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, जीजीएसआईपीयू, दिल्ली से कंप्यूटर साइंस में बी.टेक की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2009 से 2015 तक राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र, हैदराबाद में IRS उपग्रहों के Level-0 आंकड़ो के प्रसंस्करण में कार्य किया । वर्ष 2015 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में मुख्यतः अनुरेखन अभिग्राही, बीमफॉर्मिंग सिस्टम, NavIC के MIL-STD-1553 रिमोट टर्मिनल एवं तटीय निगरानी प्रणाली के लिए सॉफ्टवेयर के विकास में कार्यरत हैं।

संतोष लछेटा ने वर्ष 2010 में स्वामी विवेकानंद कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग, इंदौर से इलेक्ट्रॉनिकी एवं संचार इंजीनियरिंग में बी. ई. (B.E.) डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2011 से वर्ष 2012 तक एक्रोपोलिस इंजीनियरिंग कॉलेज, इंदौर में लेक्चरर रहे एवं वर्ष 2012 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में कार्यरत हैं। मुख्यतः ऑनबोर्ड एवं भू-केंद्र ऐन्टेना अनुरेखन अभिग्राही और NavIC अभिग्राही के अभिकल्पना एवं विकास में कार्यरत है।

### संदर्भः


[1] संतोष लछेटा, पंकज कुमार गुप्ता, "उभयनिष्ठ डिजिटल एकस्पंदी अनुरेखन अभिग्राही", हिन्दी तकनीकी संगोष्ठी, अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद, अगस्त 2015

[2] पंकज कुमार गुप्ता, जे के होता, "उन्नत संचार उपग्रहों की ऐंटेना ट्रैकिंग जरूरतें एवं चुनौतियाँ", हिन्दी तकनीकी संगोष्ठी - 2014, अंतिरक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद, जुलाई 2014

[3] जीसैट-11/19 नीतभार पी.डी.आर. रिपोर्ट


### पारिभाषिक शब्दावलीः

GUI: Graphical User Interface (लेखाचित्रीय/आलेखीय उपभोक्ता पटल)

FM: Flight Model(उडान योग्य मॉडल)

QM: Qualification Model(योग्यता मॉडल)

DVM: Design Verification Model (अभिकल्पना सत्यापन मॉडल)

DUT: Device Under Test (जाँचाधीन यंत्र)

**अन्य सूचीः** एकस्पंद, अनुरेखन प्रणाली, ऐन्टेना, अभिग्राही

***

गुणवत्ता और विश्वसनीयता के लिए नवीन विचार

# सिलिकॉन कार्बाइड पर कणक्षेपण तकनीक का उपयोग करके टीआईडब्ल्यू-एयू धात्विकीकरण की प्रक्रिया का विकास

**अंजली कश्यप, एच.ओ.डी / ओ.एस.जी / एस.ई.डी.ए**
**परेश आर. सरवैया, टी.एस.पी.डी / एम.ई.जी / ई.एस.एस.ए**
**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो),**
**अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत**
(kashyapanjali@sac.isro.gov.in, paresh@sac.isro.gov.in)

**सारांश -**
*इसरो परियोजनाओं के संचार, सुदूर संवेदन और नौसंचालन नीतभार सभी में सूक्ष्म-तरंग एकीकृत परिपथ (मिक) का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। मिक संविरचन के लिए परावैद्युत (डाइ-इलेक्ट्रिक) सिरेमिक अवस्तर (सब्स्ट्रेट) (ऐलुमिना) का उपयोग किया जाता है जिस पर मिक पैटर्निंग के लिए धात्विकीकरण (मेटॅलाइज़ेशन) किया जाता है। सूक्ष्म-तरंग परास में उच्च शक्ति, उच्च आवृत्ति और उच्च तापमान अनुप्रयोगों को बनाए रखने के लिए गैलियम नाइट्राइड (गैन) और सिलिकॉन कार्बाइड (सिक्) आधारित एकंखड सूक्ष्म-तरंग एकीकृत परिपथ (मिमिक) की संरचना के लिए यह प्रक्रिया वर्तमान में विकसित की जा रही है। अनावृत सिक् अवस्तर का धात्विकीकरण कणक्षेपण (स्पटरिंग) तकनीक का उपयोग करके किया गया है। इस तकनीक का उपयोग करते हुए, धातु की बहुपरत पतली फिल्में जैसे टीआईडब्ल्यू और एयू को अनुक्रमिक रूप से अवस्तर पर जमा किया जा सकता है। बहुपरत धात्विकीकरण स्टैक को वांछित एकरूपता, आसंजन (ऐड्हीशन), मोटाई के साथ-साथ वांछित विद्युत गुणों के साथ विकसित करने के लिए, प्रक्रिया के मापदंडों का इष्टतमीकरण (आप्टिमाइज़ेशन) और उपर्युक्त प्रक्रिया के गुणों का विशिष्टीकरण करना बहुत जरूरी है। प्रौद्योगिकी की मुख्य विशेषताओं में जमा की गई पतली फिल्म की प्रक्रिया की पुनरावर्तनीयता और सुगठित संरचना शामिल है। धात्विकीकरण का पर्यावरणीय परीक्षणों और पैटर्न की उत्कीर्णन (एन्ग्रेविंग) और असेंबली व पैकेजिंग जैसी प्रक्रियाओं के साथ संगतता को प्रमाणित करने की भी आवश्यकता है।*
*इस लेख में धात्विकीकरण की प्रक्रिया का विकास, जमा फिल्म का विशिष्टीकरण, आगे की प्रक्रिया के साथ साध्यता, पर्यावरण परीक्षण इत्यादि शामिल हैं।*

## 1. प्रस्तावना

वांतरिक्ष, ऑटोमोबाइल और उच्च शक्ति इलेक्ट्रॉनिकी प्रणाली की प्रगति के लिए उच्च शक्ति, उच्च आवृत्ति और उच्च तापमान पर काम करने में सक्षम इलेक्ट्रॉनिकी उपकरणों को विकसित करने की मांग निरंतर बढ़ती जा रही है। उच्च शक्ति इलेक्ट्रॉनिकी युक्ति आमतौर पर उच्च धारा घनत्व, उच्च आंतरिक विद्युत क्षेत्रफल और इसके परिणामस्वरूप उच्च प्रचालन तापमान पर काम करते हैं। उच्च तापमान पर धात्विकीकरण, पैकेजिंग इत्यादि की क्षमता में गिरावट के कारण विकसित इलेक्ट्रॉनिकी उपकरण 250 डिग्री सेल्सियस से नीचे संचालित करने के लिए सीमित हैं। विस्तृत-बैंड अंतराल युक्ति प्रौद्योगिकी 350 डिग्री सेल्सियस और उच्च तापमान पर चलने वाले उच्च शक्ति इलेक्ट्रॉनिकी परिपथ के लिए एक नया दरवाजा खोलती है। सिलिकॉन कार्बाइड इन इलेक्ट्रॉनिकी उपकरणों के लिए बड़ी क्षमता के अवस्तर के रूप में कार्य करता है। सिलिकॉन कार्बाइड में विस्तृत-बैंड अंतराल, उच्च बंधन शक्ति, उच्च क्रांतिक विद्युत क्षेत्रफल, उच्च तापीय चालकता, और उच्च गुणवत्ता के कई और भौतिक और इलेक्ट्रॉनिकी गुण हैं।

सूक्ष्म-तरंग एकीकृत परिपथ (मिक) अभी ऐलुमिना अवस्तर पर विकसित किए जाते हैं और कार्यात्मक जरूरतों के लिए थोक घटकों (बल्क कम्पोनेन्ट्स) को इस पर रखा जाता है। ऐलुमिना में आरएफ परावैद्युत हानि (डाइ-इलेक्ट्रिक लॉस) कम होती है ताकि अवस्तर के पास अधिकांश विद्युत क्षेत्रफल को सीमित किया जा सके। यह उच्च यांत्रिक, रासायनिक और विद्युत गुण भी प्रदान करता है। अब युक्ति प्रौद्योगिकी का ध्यान एकंखड सूक्ष्म-तरंग एकीकृत परिपथ (मिमिक) के अनुप्रयोगों की तरफ मुड़ रहा है। उच्च शक्ति, उच्च आवृत्ति और उच्च तापमान अनुप्रयोगों को बनाए रखने के लिए भविष्य में गैन और सिक् आधारित मिमिक विकसित करने की योजना है। सिक् आधारित मिमिक सूक्ष्म-तरंग आवृत्ति परास में शक्ति प्रवर्धक के रूप में उपयोग किए जा सकते हैं। एकीकृत परिपथ संचार प्रणालियों के लिए आवश्यक उच्च शक्ति पर काम कर सकते हैं। इसलिए, सिक् आधारित मिमिक में एकीकृत सूक्ष्म-तरंग शक्ति तकनीक में सुधार करने की महत्वपूर्ण क्षमता है, जो शक्ति के स्तर और दक्षता दोनों में बड़ी वृद्धि प्रदान करता है। उच्च परास और विभेदन के लिए सिक् मिमिक का उपयोग एस-बैंड पर संचालित हवाई खोज रेडार में भी किया जा सकता है।

कठोर वातावरण में प्रचालन इलेक्ट्रॉनिकी उपकरणों को अपने पूरे जीवन चक्र में कार्यात्मक संचालन को बनाए रखने के लिए एक उचित पैकेज की आवश्यकता होती है। उपलब्ध अवस्तर सामग्री और धात्विकीकरण अधियोजना पैकेज के अभिकल्प को काफी प्रभावित करती है। कठोर पर्यावरण अनुप्रयोगों में उच्च तापमान, उच्च शक्ति उपकरणों के उपयोग के लिए पतली फिल्म सामग्री का चयन करने के दौरान निम्नलिखित गुणों का ध्यान रखना चाहिए:

(क) **भौतिक गुणधर्म:** धात्विकीकरण को अवस्तर सामग्री के साथ अच्छा आसंजन देना चाहिए।

(ख) **विद्युत चालकता:** धात्विकीकरण उच्च धारा के प्रवाह के लिए सक्षम होना चाहिए।

**(ग) ताप-यांत्रिक क्षमता:** सभी तापमान पर ताप प्रतिबल को कम करने के लिए अवस्तर और अन्य पैकेजिंग घटकों के बीच तापीय प्रसार के गुणांक का मिलान उचित होना चाहिए।

**(घ) श्रांति प्रतिरोध:** उच्च और निम्न चरम सीमा के तापमान के संपर्क में चक्रीय प्रतिरोध का सामना करने के लिए पैकेज में अच्छा श्रांति प्रतिरोध होना चाहिए।

**(ङ) तापीय चालकता:** बढ़ते तापमान के साथ इसकी कमी को भरने के लिए धात्विकीकरण की तापीय चालकता अधिकतम होनी चाहिए।

**(च) रासायनिक स्थिरता:** असेंबली और प्रचालन तापमान पर लंबे समय तक स्थिरता के लिए धात्विकीकरण को अंतर-प्रसार और ऑक्सीकरण को सीमित करना चाहिए।

**(छ) संविरचन प्रक्रियाओं के साथ संगतता:** धात्विकीकरण का संविरचन प्रक्रियाएँ जैसे लिथोग्राफी, असेंबली, आदि के साथ अच्छी संगतता होनी चाहिए।

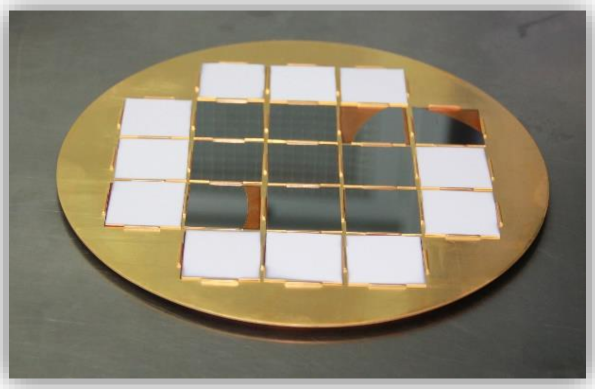
## 2. विकास की प्रक्रिया

अवस्तर पर पतली फिल्म की जमावट दो तकनीकों का उपयोग करके की जा सकती है: भौतिक वाष्प जमावट और रासायनिक वाष्प जमावट। यहां सिक् अवस्तर पर टीआईडब्ल्यू-एयू धातु विलेपन जमा करने के लिए भौतिक वाष्प जमावट की तकनीकों में से एक, कणक्षेपण (डीसी मैग्नेट्रॉन स्पटरिंग) तकनीक का उपयोग किया गया है। शोध प्रयोगशालाओं और औद्योगिक संयंत्रों दोनों में विभिन्न प्रकार की सामग्री जमा करने के लिए कणक्षेपण तकनीक का उपयोग किया जाता है। ऊर्जावान कण, ज्यादातर आयन, की बमबारी द्वारा ठोस लक्ष्य के परमाणुओं के निष्कासन के रूप में कणक्षेपण तकनीक को परिभाषित किया जाता है। यह निष्कासन सतह परमाणुओं के साथ ऊर्जावान कणों के टकराव से होता है।

एक निर्वात कक्ष में कैथोड (लक्ष्य) और एनोड/ग्राउन्ड (अवस्तर) एक-दूसरे के विपरीत स्थित होते हैं। टर्बोमोलेक्यूलर और रोटरी पंप के संयोजन द्वारा निर्वात कक्ष को पंप किया जाता है। आधार दाब के $1.0\text{x}10^{-6}$ टॉर या इससे अच्छे तक पंप करने के बाद एक अक्रिय गैस (आर्गन) का निर्वात कक्ष में प्रवेश कराया जाता है जिससे दाब $5\text{x}10^{-3}$ टॉर तक पहुंच जाता है। कैथोड और एनोड के बीच एक उच्च विभवांतर (पोटेन्शियल डिफरेन्स) लागू किया जाता है। गैस के परमाणु पोजिटिवली चार्ज आयन में परिवर्तित होते हैं और विद्युत क्षेत्र से ऊर्जा लेकर लक्ष्य की ओर आकर्षित होते हैं। पर्याप्त ऊर्जा के साथ आयन लक्ष्य पर बमबारी करते हैं और उसके परमाणुओं को निष्कासित कर कणक्षेपण की प्रक्रिया को शुरू करते हैं।

कम से कम दाब पर कणक्षेपण की दर को बढ़ाने के लिए, अपद्रव्यों को कम करने के लिए और अनचाहे अवस्तर के तापन को कम करने के लिए लक्ष्य के ऊपर एक चुंबकीय क्षेत्र लागू किया जाता है। इस विधि को मैग्नेट्रॉन कणक्षेपण तकनीक के रूप में जाना जाता है। मैग्नेट्रॉन कणक्षेपण के प्रचालन के दो तरीके हैं।

1. चालक लक्ष्य के लिए आमतौर पर डीसी बिजली का उपयोग किया जाता है।
2. रोधक या अर्धचालक लक्ष्य के लिए, आरएफ बिजली का उपयोग किया जाता है।



चित्र 1: सफाई के बाद अवस्तर धारक में रखे अनावृत अवस्तर

2-3 मिनट के लिए तरल साबुन के साथ सफाई।
↓
2 मिनट के लिए बहते हुए निर-आयनित जल में धोएं।
↓
5-7 मिनट के लिए निर-आयनित जल में पराश्रव्य सफाई।
↓
5-7 मिनट के लिए 50% हाइड्रो-क्लोरिक एसिड में पराश्रव्य सफाई।
↓
2 मिनट के लिए बहते हुए निर-आयनित जल में धोएं।
↓
5-7 मिनट के लिए निर-आयनित जल में पराश्रव्य सफाई।
↓
5-7 मिनट के लिए एसीटोन में पराश्रव्य सफाई।
↓
5-7 मिनट के लिए अल्कोहल में पराश्रव्य सफाई।
↓
2 मिनट के लिए बहते हुए निर-आयनित जल में धोएं।
↓
5-7 मिनट के लिए निर-आयनित जल में पराश्रव्य सफाई।
↓
45 मिनट के लिए 60 डिग्री सेल्सियस पर क्रोमिक एसिड में पराश्रव्य सफाई।
↓
2 मिनट के लिए बहते हुए निर-आयनित जल में धोएं।
↓
5-7 मिनट के लिए निर-आयनित जल में पराश्रव्य सफाई।
↓
5-7 मिनट के लिए प्रयुक्त अल्कोहल में पराश्रव्य सफाई।
↓
5-7 मिनट के लिए ताजा अल्कोहल में पराश्रव्य सफाई।
↓
45 मिनट के लिए प्रोपेनॉल-2 में वाष्प विग्रीजन।

### (क) अवस्तरों की सफाई

विभिन्न संदूषण को हटाने और सतह को सक्रिय करने के लिए अवस्तर की सफाई की आवश्यकता होती है। संदूषण दो प्रकार के होते हैं: कार्बनिक और अकार्बनिक। अकार्बनिक संदूषण के लिए हाइड्रो-क्लोरिक एसिड (एच-सीएल), क्रोमिक एसिड और तरल साबुन द्वारा सफाई की जाती है। कार्बनिक प्रदूषण के लिए एसीटोन (वर्ण, प्रलेप के लिए), त्रि-क्लोरो-एथिलीन (टी-सी-ई) (ग्रीज़ के लिए) और

अनुक्रमणिका

अल्कोहॉल (एकसमान शुष्कन के लिए) द्वारा सफाई की जाती है। रासायनिक सफाई के दौरान रसायनों का सतह पर रह जाना भी प्रदूषक के रूप में कार्य कर सकता है। इसलिए, रासायनिक सफाई के बाद हमेशा निर-आयनित (डी-आयोनाइज़्ड) जल के साथ अवस्तरों की सफाई की जाती है। पराश्रव्य मार्जक (अल्ट्रासॉनिक क्लीनर) रासायनिक सफाई की प्रक्रिया को तेज करता है और संदूषण व रासायनिक अवशिष्टों को आसानी से हटाने में मदद करता है। अनावृत सिक् अवस्तर मार्जक धारक (क्लीनिंग होल्डर) में ऐसे व्यवस्थित किए जाते हैं ताकि सफाई के दौरान अवस्तर के 'ए' तल बीकर के नीचे की तरफ होने चाहिए। सिक् अवस्तर की सफाई निम्नलिखित चरणों के अनुसार की जाती है:

**(ख) कणक्षेपण तंत्र में अवस्तरों की लोडिंग**

सभी अवस्तरों को उचित सफाई के बाद अवस्तर धारक (सब्स्ट्रेट होल्डर) में डीसी मैग्नेट्रॉन कणक्षेपण तंत्र में लोड करने के लिए रखा जाता है।

**लोड-लॉक कक्ष का निकास ।**

↓

**स्लोटेड अवस्तर धारक में सभी अवस्तरों (सिक् और एल्यूमिना दोनों) को शीर्ष तरफ 'बी' तल के साथ व्यवस्थित करें।**

↓

**लोड-लॉक कक्ष में लोडिंग प्लेटफ़ॉर्म पर अवस्तर धारक को रखें।**

↓

**लोड-लॉक कक्ष का निर्वातन।**

↓

**लोड-लॉक कक्ष से प्रक्रिया कक्ष तक अवस्तर धारक को स्थानांतरित करें।**

↓

**निर्वात के अंतिम स्तर को प्राप्त करने के बाद प्रक्रिया शुरू करने से कम से कम 4 घंटे पहले प्रतीक्षा करें।**

चित्र 2: चल रही यथास्थित सफाई प्रक्रिया और उत्पन्न प्लाज्मा दिखाती हुई तस्वीर

**(ग) यथास्थित (इन-सिटू) सफाई प्रक्रिया**

निर्वात का वांछित स्तर यानी 1.0x10$^{-6}$ टॉर आने के बाद कम ऊर्जा आयन स्रोत का उपयोग करके लोडेड अवस्तरों की यथास्थित सफाई को निष्पादित किया जाता है। यह अवस्तर की सतह पर फंसे गैस या किसी भी रासायनिक संदूषण को हटाकर उसे सूक्ष्म स्तर पर साफ करता है।

(क) यथास्थित सफाई प्रक्रिया शुरू करने से 10 मिनट पहले आर्गन गैस का निर्वात कक्ष में प्रवेश कराया जाता है जिससे दाब 5x10$^{-3}$ टॉर तक पहुंच जाता है।

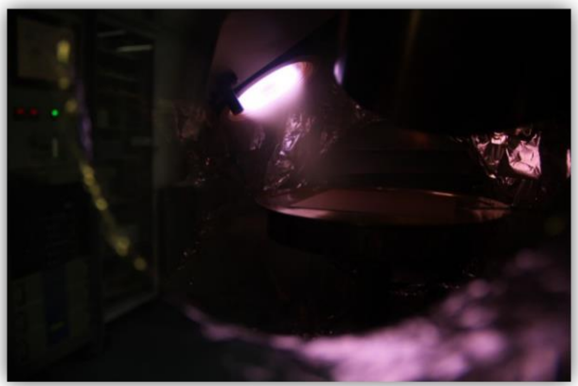
(ख) यथास्थित कम ऊर्जा आयन सफाई प्रक्रिया निम्नलिखित मापदंडों के साथ शुरू होती है।

1. आर्गन गैस प्रवाह: 4.8 एससीसीएम
2. आयन धारा: 1.40 ऐम्पियर
3. वोल्टेज: 200 वोल्ट
4. समय: 15 मिनट

यथास्थित सफाई प्रक्रिया के पूरा होने के बाद, कणक्षेपण कक्ष का तापमान $\leq$180 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ जाता है।

**(घ) कणक्षेपण की प्रक्रिया**

तापमान के 90 डिग्री सेल्सियस से नीचे पहुंचने के बाद ही धात्विकीकरण प्रक्रिया शुरू की जा सकती है।



चित्र 3: अवस्तरो पर कणक्षेपण किए गए एयू कणों की जमावट

तापमान के 90 डिग्री सेल्सियस से नीचे पहुंचने तक प्रतीक्षा करें।

↓

27 एससीसीएम तक आर्गन गैस के प्रवाह को बनाए रखें।

↓

$5.0 \times 10^{-3}$ टॉर तक निर्वात के स्तर को बनाए रखें।

↓

टीआईडब्ल्यू का कणक्षेपण: 110 वाट पर शक्ति को लगातार बनाए रखें।
वोल्टेज = 360 वोल्ट; धारा = 304 मिलीएम्पियर; समय = 5 मिनट

↓

एयू का कणक्षेपण : 360 मिलीएम्पियर पर धारा को लगातार बनाए रखा जाना चाहिए
शक्ति = 202 वाट; वोल्टेज = 567 वोल्ट; समय = 95 मिनट

↓

जब तक तापमान व्यापक तक पहुंचे, तब तक सभी अवस्तरों को उच्च निर्वात में रखें।

'बी' तल पर कणक्षेपण की प्रक्रिया को पूरा करने के बाद अगले कदम पर 'ए' तल का कणक्षेपण किया जाता है।

प्रक्रिया कक्ष से लोड-लॉक कक्ष तक अवस्तर धारक का स्थानांतरण।

↓

लोड-लॉक कक्ष का निकास ।

↓

लोड-लॉक कक्ष से अवस्तर धारक निकालें।

↓

शीर्ष तरफ 'ए' तल के साथ अवस्तरों के पक्ष को उलटा करें।
सभी अवस्तरों को एक और स्लॉटेड अवस्तर धारक पर 'ए' तल पर कणक्षेपण के लिए एसे रखें, जो पहले धारक के अवस्तरों के सीरियल नंबर के साथ अभी के अवस्तरों के सीरियल नंबर के मिलान को सुनिश्चित करें।

↓

लोड-लॉक कक्ष में लोडिंग प्लेटफ़ॉर्म पर अवस्तर धारक को रखें।

↓

लोड-लॉक कक्ष का निर्वातन।

↓

लोड-लॉक कक्ष से प्रक्रिया कक्ष तक अवस्तर धारक का स्थानांतरण।

↓

निर्वात के अंतिम स्तर को प्राप्त करने के बाद, प्रक्रिया शुरू करने से कम से कम 4 घंटे पहले प्रतीक्षा करें।

निर्वात के वांछित स्तर यानी $1.0x10^{-6}$ टॉर आने के बाद फिर से कम ऊर्जा आयन स्रोत का उपयोग करके लोडेड अवस्तरों की यथास्थित सफाई प्रक्रिया को (**पैरा ग के अनुसार**) निष्पादित किया जाता है। यथास्थित सफाई प्रक्रिया की समाप्ति के बाद कणक्षेपण कक्ष का तापमान ≤180 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ जाता है।

तापमान के 90 डिग्री सेल्सियस से नीचे पहुंचने तक प्रतीक्षा करें।

↓

27 एससीसीएम तक आर्गन गैस के प्रवाह को बनाए रखें।

↓

$5.0 \times 10^{-3}$ टॉर तक निर्वात के स्तर को बनाए रखें।

↓

टीआईडब्ल्यू का कणक्षेपण: 110 वाट पर शक्ति को लगातार बनाए रखें।
वोल्टेज = 360 वोल्ट; धारा = 304 मिलीएम्पियर; समय = 5 मिनट

↓

एयू का कणक्षेपण : 360 मिलीएम्पियर पर धारा को लगातार बनाए रखा जाना चाहिए
शक्ति = 202 वाट; वोल्टेज = 567 वोल्ट; समय = 95 मिनट

↓

जब तक तापमान व्यापक तक पहुंचे, तब तक सभी अवस्तरों को उच्च निर्वात में रखें।

↓

प्रक्रिया कक्ष से लोड-लॉक कक्ष तक अवस्तर धारक का स्थानांतरण।

↓

लोड-लॉक कक्ष का निकास।

↓

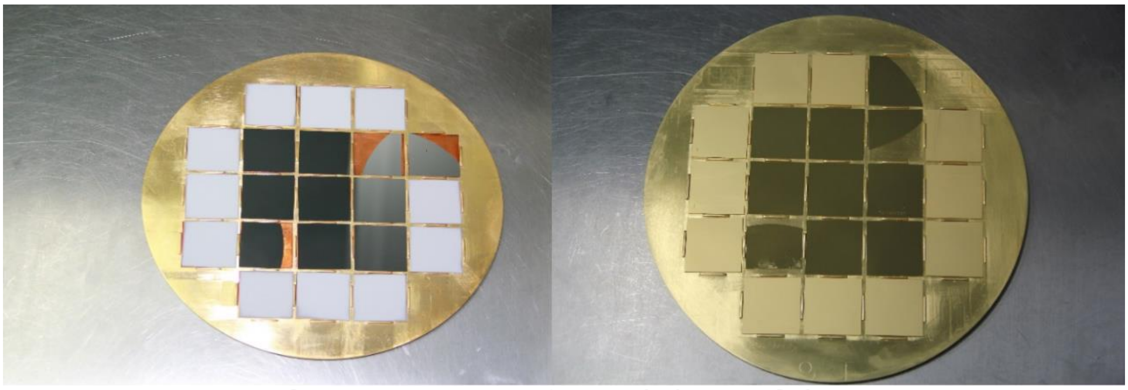
लोड-लॉक कक्ष से अवस्तर धारक निकालें।

↓

इसरो-पैक्स-305 के अनुसार किसी भी दोष के लिए दृश्य निरीक्षण।

↓

बैग पर अवस्तर की उचित बैच संख्या और सीरियल नंबर के साथ बैग में अवस्तरों की पैकिंग।



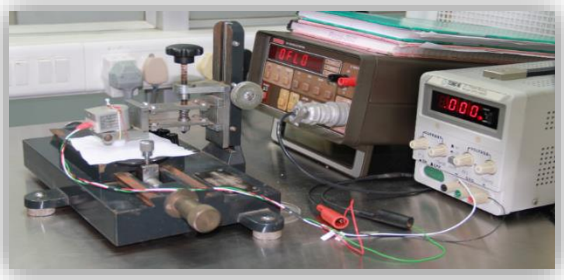
चित्र 4: इनपुट - अनावृत अवस्तर और उत्पाद - टीआईडब्ल्यू-एयू धात्विकीकृत अवस्तर

### 3. इसरो पैक्स-305 के अनुसार विशिष्टीकरण और पर्यावरण परीक्षण के परिणाम

#### (क) दृश्य निरीक्षण

धात्विकीकरण प्रक्रिया के बाद 'ए' और 'बी' दोनों तलों का माइक्रोस्कोप में 10X आवर्धन पर दृश्य निरीक्षण किया गया। परिणाम निम्नानुसार हैं:

1. कोई नोड्यूल और उभार नहीं पाया गया।
2. किसी भी पिन्होल और शून्यिका का कोई सबूत नहीं है।
3. धात्विकीकरण की मूल प्रकटन में कोई मलिनीकरण (डिसकलरेशन) नहीं है।



चित्र 5: टी.एस.पी.डी प्रयोगशाला में परत की प्रतिरोधकता को मापने का उपकरण

#### (ख) परत की प्रतिरोधकता का माप

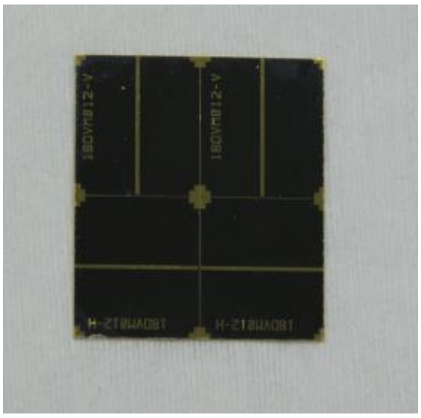
दृश्य निरीक्षण के बाद परत की प्रतिरोधकता मापी जाती है।

तालिका - 1

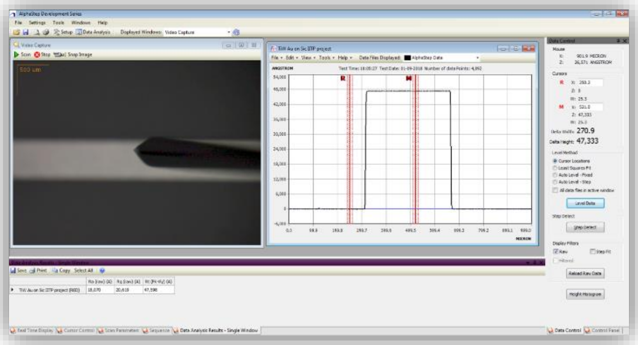
| नमूना / तल | | धारा (मिलीऐम्पियर) | वोल्टेज (मिलीवोल्ट) | परत की प्रतिरोधकता (ओम/स्कवायर) |
|---|---|---|---|---|
| सिलिकॉन कार्बाइड (सिक्) | ए तल | 10 | 0.01300 | 0.0059 |
| | बी तल | 10 | 0.01358 | 0.0062 |
| एल्युमिना | ए तल | 10 | 0.01299 | 0.0059 |
| | बी तल | 10 | 0.01323 | 0.0060 |

तालिका - 2

| उपकरण | औसत मोटाई (माइक्रोमीटर) | लक्षित मोटाई (माइक्रोमीटर) |
|---|---|---|
| स्टाइलस प्रोफाइलोमीटर | 4.7333 | 4.5 - 5.0 |



चित्र 6: धात्विकीकरण की मोटाई को मापने के लिए ट्रांसमिशन लाइन का नक्काशी पैटर्न



चित्र 7: स्टाइलस प्रोफाइलर का उपयोग कर धात्विकीकरण की मोटाई का मापन

**(ग) धात्विकीकरण की मोटाई और एकसमानता का माप**

धात्विकीकरण की मोटाई नक्काशी पैटर्न पर स्टाइलस प्रोफाइलोमीटर उपकरण द्वारा मापी जाती है।

**(घ) बेक-इन-एयर परीक्षण**

टीआईडब्ल्यू-एयू धात्विकीकृत अवस्तरों को 15 मिनट के लिए 425 डिग्री सेल्सियस पर हवा में बेक किया जाता है। बेक-इन-एयर टेस्ट के बाद 'ए' और 'बी' दोनों तलों का दृश्य निरीक्षण (**पैरा क के अनुसार**) किया जाता है। परिणाम निम्नानुसार हैं:

1. 'ए' और 'बी' दोनों तलों पर कोई ब्लिस्टर का गठन नहीं पाया गया।
2. एयू की सतह की मूल प्रकटन में कोई मलिनीकरण नहीं है।
3. परीक्षण के बाद परत की प्रतिरोधकता (**पैरा ख के अनुसार**) मापी गई और कोई परिवर्तन नहीं देखा गया।

**(ङ) स्टड पुल तकनीक का उपयोग कर आसंजन का परीक्षण**

गुणता निर्धारण के लिए स्कॉच टेप से एवं मात्रीकरण के लिए स्टड पुल तकनीक से आसंजन परीक्षण किया गया। स्टड पुल

**(च) उच्च तापमान संचयन परीक्षण** यह परीक्षण निम्नलिखित स्थिति के साथ किया जाता है

:तालिका -4

| तापमान | अवधि |
|---|---|
| 125 डिग्री | 168 घंटे |

1. उच्च तापमान संचयन परीक्षण के बाद 'ए' और 'बी' दोनों तलों का दृश्य निरीक्षण (पैरा क के अनुसार) किया गया। किसी भी तल पर कोई ब्लिस्टर का गठन नहीं पाया गया।
2. परीक्षण के बाद परत की प्रतिरोधकता (**पैरा ख के अनुसार**) मापी गई और कोई परिवर्तन नहीं देखा गया।
3. स्कॉच टेप का उपयोग करके आसंजन परीक्षण (**पैरा ङ के अनुसार**) किया गया। धात्विकीकरण अवस्तरों पर बरकरार रहता है और कोई छील नहीं देखा गया।

**(छ) तापीय चक्रण परीक्षण**

**(ज)** यह परीक्षण निम्नलिखित स्थिति के साथ किया जाता है

तालिका -5

| चरण | तापमान | अवधि |
|---|---|---|
| 1. | -65 डिग्री | 10 मिनट |
| 2. | +150 डिग्री | 10 मिनट |

तकनीक में परिभाषित क्षेत्र से प्रसामान्य एक स्टड को अरलडाइट/एपॉक्सी के द्वारा अवस्तर की सतह से बांधा जाता है। स्टड को आसंजन परीक्षक में दबाया जाता है और स्टड को फिल्म और अवस्तर इंटरफ़ेस के बीच अलगाव होने तक खींचा जाता है।

तालिका -3

| नमूना | बल | विफल विधा | परिणाम |
|---|---|---|---|
| टीआईडब्ल्यू-एयू धात्विकीकृत सिक् अवस्तर | > 1000 पीएसआई | एपॉक्सी विफलता | कोई धातु का उत्थापन नहीं |
| टीआईडब्ल्यू-एयू धात्विकीकृत ऐलुमिना अवस्तर | > 1000 पीएसआई | एपॉक्सी विफलता | कोई धातु का उत्थापन नहीं |

चक्रों की संख्या: 100

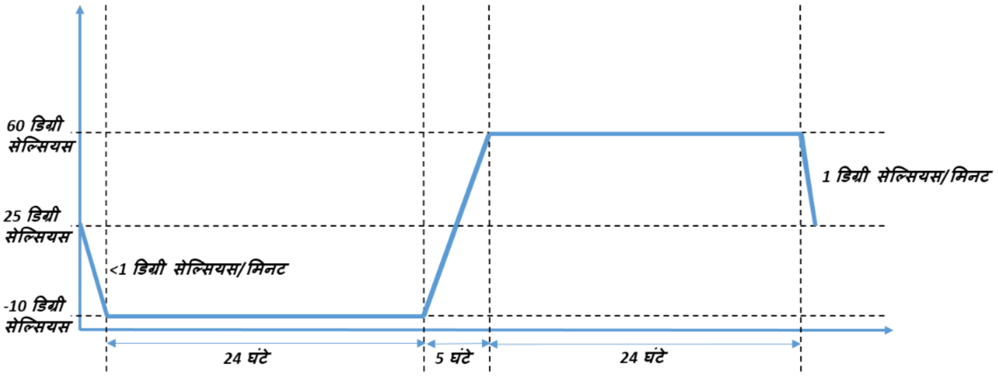
1. तापीय चक्रण परीक्षण के बाद 'ए' और 'बी' दोनों तलों का दृश्य निरीक्षण (**पैरा क के अनुसार**) किया गया। किसी भी तल पर कोई ब्लिस्टर का गठन नहीं पाया गया।
2. परीक्षण के बाद परत की प्रतिरोधकता (**पैरा ख के अनुसार**) मापी गई और कोई परिवर्तन नहीं देखा गया।
3. स्कॉच टेप का उपयोग करके आसंजन परीक्षण (**पैरा ङ के अनुसार**) किया गया। धात्विकीकरण अवस्तरों पर बरकरार रहता है और कोई छील नहीं देखा गया।

**(झ) ताप निर्वात परीक्षण**

यह परीक्षण निम्नलिखित स्थिति के साथ किया जाता है:

तालिका - 6

| निर्वात का स्तर | तापमान | संक्रमण की अवधि |
|---|---|---|
| $1.0*10^{-5}$ Torr | -10 डिग्री सेल्सियस 24 घंटे के लिए | 5 घंटे |
| | +60 डिग्री सेल्सियस 24 घंटे के लिए | |




चित्र 8: ताप निर्वात चक्रण

1. ताप निर्वात परीक्षण के बाद 'ए' और 'बी' दोनों तलों का दृश्य निरीक्षण (पैरा क के अनुसार) किया गया। किसी भी तल पर कोई ब्लिस्टर का गठन नहीं पाया गया।

2. परीक्षण के बाद परत की प्रतिरोधकता (**पैरा ख के अनुसार**) मापी गई और कोई परिवर्तन नहीं देखा गया।

3. स्कॉच टेप का उपयोग करके आसंजन परीक्षण (**पैरा ङ के अनुसार**) किया गया। धात्विकीकरण अवस्तरों पर बरकरार रहता है और कोई छील नहीं देखा गया।

## 4. निष्कर्ष

(क) सिलिकॉन कार्बाइड (सिक्) अवस्तर पर कणक्षेपण तकनीक का उपयोग करके टीआईडब्ल्यू-एयू का धात्विकीकरण एवं संविरचन प्रक्रियाओं के साथ संगतता को स्थापित किया गया है।

(ख) धात्विकीकृत सिक् अवस्तर के विभिन्न गुण जैसे मोटाई (4.5 - 5.0 माइक्रोमीटर), एकसमानता (90 प्रतिशत से अच्छी), परत की प्रतिरोधकता ($\geq$0.006 ओम/स्कवायर) और आसंजन ($\geq$1000 पीएसआई), का विशिष्टीकरण किया गया है।

(ग) इसरो-पैक्स-305 की पूर्व-योग्यता प्रक्रिया के अनुसार विभिन्न उन्नत पर्यावरणीय परीक्षण जैसे बेक-इन-एयर परीक्षण, तापीय चक्रण परीक्षण, ताप निर्वात परीक्षण और उच्च तापमान संचयन परीक्षण किए गए हैं। इन सभी परीक्षणों के संचालन के बाद जमा की गई पतली फिल्म में कोई गिरावट नहीं देखी गई।

(घ) भविष्य में संचार और इसरो परियोजनाओं के सभी नौसंचालन नीतभार में टीआईडब्ल्यू-एयू धात्विकीकृत सिलिकॉन कार्बाइड (सिक्) अवस्तर का उपयोग मिक और मिमिक के लिए किया जा सकता है।

### आभार

हम श्री राकेश के. कनेरिया और श्री आर. जेसुराजा का उनके सहायता और संवेदनात्मक चर्चा के लिए शुक्रिया अदा करना चाहते हैं। हम उन सभी लोगों का आभार प्रकट करना चाहते हैं जिन्होंने इस कार्य के दौरान विभिन्न तरीकों से हमारी सहायता की है। हम डॉ. राजेश बी उपाध्याय (हेड, टीएसपीडी), श्री अमित विक्रम कुरुलकर (हेड, एचओडी), डॉ. एम. सेंथिल कुमार (जीडी, ओएसजी), श्री ए. एन. भट्टाचार्य (डीडी, एस्सा) और श्री सौम्य एस. सरकार (डीडी, सेडा) को उनके बहुमूल्य मार्गदर्शन और प्रोत्साहन के लिए विशेष धन्यवाद देना चाहते हैं।

### संदर्भः

1. ए. बेरी, वी. रेनेरी, एफ. रोकाफोर्ट, एफ. ला वाया, ई. जेनेटी, "उच्च तापमान और कठोर पर्यावरण उपकरणों के लिए 6 एच सिलिकॉन कार्बाइड पर धातुकरण ढेर के रूप में टीआईडब्ल्यू/एयू की पतली फ़िल्मों का अध्ययन", सामग्री विज्ञान फोरम, वॉल्यूम 457-460 (2004), पृष्ठ संख्या 873-876
2. ई. अल्फोन्सो, जे. ओलाया, जी. क्यूबिलोस, "कणक्षेपण तकनीक और इसके अनुप्रयोगों के माध्यम से पतली परत की वर्धन", यूनिवर्सिडैड नसीओनल डी कोलंबिया, कोलंबिया
3. बी. ग्रीन, वी. तिलक, एस ली, एच. किम, जे. स्मार्ट, के. वेब, जे. शैली, और एल. ईस्टमैन, "सिक् सबस्ट्रेट्स पर उच्च शक्ति ब्रॉडबैंड एलगैन / गैन हेम्ट मिमिक, आईईईई ट्रांस. माइक्रोवेव. थ्योरी टेक., वॉल्यूम 49, संख्या 12, पृष्ठ संख्या.2486-2493, दिसंबर 2001
4. इसरो पैक्स - 305, इशू 1, दिसंबर 2000, इसरो, बैंगलोर

### लेखक परिचय:

**अंजली कश्यप**: इन्होंने भौतिकी में अपनी स्नातक डिग्री हंसराज कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली और स्नातकोत्तर की डिग्री आईआईटी रूड़की से प्राप्त की है। वह 7 मार्च, 2017 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक-इसरो), अहमदाबाद में कार्यग्रहण किया। वह वर्तमान में हाइपर स्पेक्ट्रल ऑप्टिकल डिविज़न में थिन फ़िल्म ऑप्टिकल प्रयोगशाला में प्रकाशीय फिल्टर्स व ग्रेटिंग्स का डिजाइन, उनका विकास, विशिष्टीकरण एवं विश्लेषण का कार्य करती हैं।

**परेश आर. सरवैया**: इन्होंने भौतिकी में अपनी स्नातक डिग्री सर पी.पी. इन्स्टिट्यूट ऑफ साइन्स कॉलेज, भावनगर, गुजरात से प्राप्त की है। वह 1 मई, 1986 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक-इसरो), अहमदाबाद में कार्य कर रहे हैं। वह वर्तमान में थिन फ़िल्म एंड सबस्ट्रेट प्रोसेसिंग डिविज़न में सूक्ष्म-तरंग एकीकृत परिपथ से संबंधित धात्विकीकरण प्रक्रिया का विकास एवं विशिष्टीकरण करने में शामिल हैं। अंतरिक्ष उपयोग के लिए विकसित उनकी क्रोम-कोपर-गोल्ड कोटिंग की प्रक्रिया को इसरो की सबसे अच्छी प्रक्रियाओं में से एक के लिए बेस्ट अवार्ड भी मिला है।

***

अनुक्रमणिका

# प्रक्रिया सिमुलेशन के लिए बेलनाकार आरबी लैंप असेंबली के सामग्री गैर-रैखिकता और तापमान के साथ गुण भिन्नता को ध्यान में रखते हुए थर्मो-लोचदार विश्लेषण

## (Thermo-Elastic Analysis of Cylindrical Rb Lamp Assembly for Process Simulation Considering Material Non-Linearity and Properties Variation with Temperature )

चंद्रशेखर/ डॉ बी. एस. मुंजाल
वैज्ञानिक/अभियंता, एस.एस.डी./अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात- 380015,भारत
shekhar@sac.isro.gov.in

**सार (Abstract):**

*रूबिडियम बल्ब असेंबली पर एक गैर-रैखिक थर्मो-लोचदार विश्लेषण ने दस्तावेज़ संख्या (। एसएसी/ एमईएसए/ एसटीजी/ एसएसडी/ आरएस-परमाणु घड़ी/ 2015/02) में वर्णित घटकों के लिए बहुत अधिक तनाव (stress) की भविष्यवाणी की।*

*इंडियम के लिए तापमान निर्भर nonlinear Elasto- प्लास्टिक सामग्री मॉडल पर विचार विशेष रूप से ऊंचे तापमान पर अपनी उच्च plasticity शामिल करने के लिए एक परिष्कृत थर्मो-लोचदार विश्लेषण किया गया है। यह दस्तावेज़ आरबी बल्ब असेंबली पर किए गए गैर-रैखिक परिमित तत्व विश्लेषण से प्राप्त परिणामों का सारांश और चर्चा करती है।*

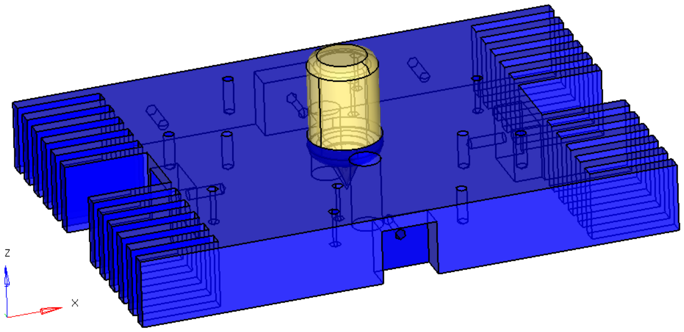
**परिचय (Introduction):**

एक पिछली रिपोर्ट (दस्तावेज़ संख्या "एसएसी/ एमईएसए/ एसटीजी/ एसएसडी/ आरएस-परमाणु क्लॉक/ 2015/02"), प्रक्रिया सिमुलेशन के लिए आरबी लैंप असेंबली पर किए गए गैर-रैखिक थर्मो-लोचदार विश्लेषण के विवरण और परिणामों पर चर्चा करती है। विश्लेषण ने इंडियम और क्वार्ट्ज परतों के लिए बहुत अधिक तनाव की भविष्यवाणी की। लेकिन सिमुलेशन ने माना कि इंडियम अपने कमरे के तापमान गुणों को जैसे ही यह ठोस बनता है, प्राप्त करता है, जो कि गलत और बहुत सकल (wrong and very gross) है। इसलिए बेहतर सटीकता के लिए वास्तविक जीवन प्रक्रिया (real life process) को पकड़ने के लिए तापमान निर्भर गुणों के साथ एक गैर-रैखिक विश्लेषण की आवश्यकता थी। यह रिपोर्ट इंडियम सामग्री नॉनलाइनरिटी (material non-linearity) पर विचार करने वाले नॉनलाइनर परिमित तत्व थर्मो-लोचदार विश्लेषण (nonlinear finite element thermo-elastic analyses) के परिणामों को प्रस्तुत करती है जिसमें तनाव स्तर के साथ-साथ इंडियम सामग्री व्यवहार पर तापमान-निर्भरता भी शामिल है। विश्लेषण के तहत रूबिडियम लैंप असेंबली में शामिल हैं:

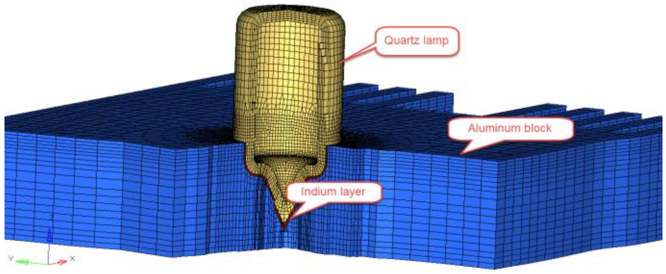
ए) एक बेलनाकार क्वार्ट्ज दीपक (Cylindrical Quartz Lamp) (1.5 मिमी त्वचा मोटाई)

बी) एक एल्यूमिनियम आवास (Aluminum Housing)

सी) एल्यूमिनियम आवास (Aluminum housing) पर क्वार्ट्ज दीपक पकड़ने के लिए इंडियम सोल्डर (0.25 मिमी परत मोटाई)



<u>चित्र 1A</u> <u>रूडियमियम बल्ब असेंबली का सीएडी मॉडल (CAD Model)</u>




<u>चित्र 1-बी</u> <u>रूबिडियम बल्ब असेंबली के एफई मॉडल (FE Model)</u>

ब्लॉक को 156 डिग्री सेल्सियस गर्म करके जब इंडियम पिघला जाता है बल्ब को ब्लॉक पर इकट्ठा किया जाता है, और बाद में कमरे के तापमान तक ठंडा किया जाता है। इसलिए, इस प्रक्रिया को थर्मो-लोचदार विश्लेषण के साथ अनुकरण किया जाता है जो असेंबली पर $\Delta T$ = 125 डिग्री सेल्सियस के तापमान भार पर विचार करता है, जो मानता है कि असेंबली 150 डिग्री सेल्सियस (जब इंडियम सामग्री ने कुछ कठोरता हासिल की है) से 25 डिग्री सेल्सियस का कमरा तापमान तक ठंडा हो जाती है।

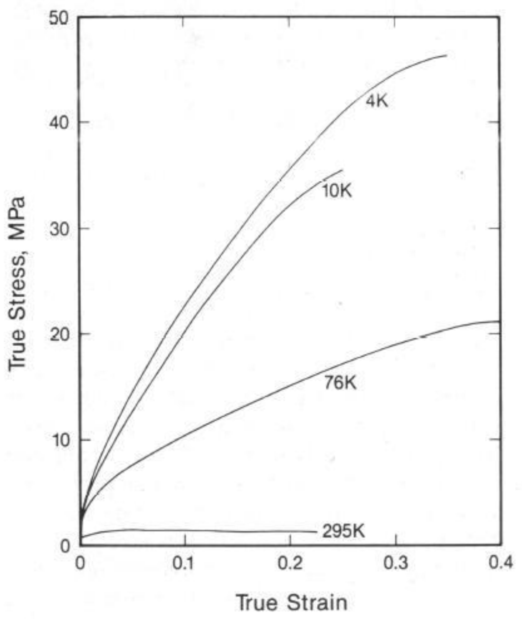
**सामग्री भौतिक गुण (Material Properties):**

विश्लेषण में उपयोग की जाने वाली सामग्री भौतिक गुण तालिका 1 में दी गई हैं। चूंकि उन्नत तापमान पर इंडियम के सामग्री भौतिक गुण प्रकाशित साहित्य में उपलब्ध नहीं हैं, इसलिए कमरे और क्रायोजेनिक तापमान पर इसकी गुण सिमुलेशन के लिए उच्च

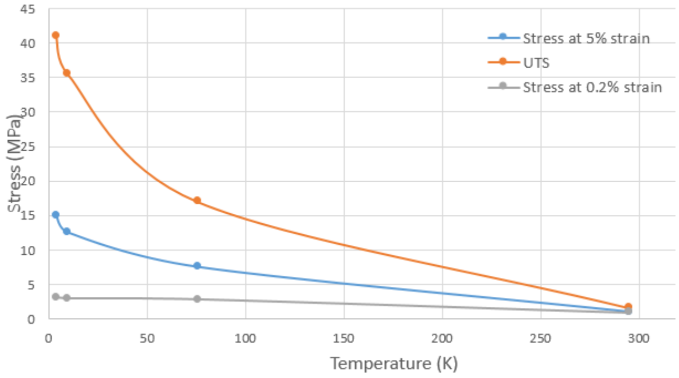
तापमान तक वाग्विस्तार (Extrapolate) किया गया है। साहित्य में उपलब्ध इंडियम के लिए तनाव- तन्यता वक्र चित्र 2 ए में दिखाया गया है।

**तालिका 1** विश्लेषण में उपयोग की जाने वाली सामग्री भौतिक गुण (Material Properties used in the analysis)

| Sr. no. | Material | Young's Modulus | Poisson's ratio | Density | Coefficient of thermal expansion |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N/m² | - | Kg/m³ | ppm/K |
| 1 | Aluminium | 7e10 | 0.33 | 2700 | 23.4 |
| 2 | Indium | Refer fig 2d | 0.45 | 7300 | 33 |
| 3 | Quartz | 7.25e10 | 0.17 | 2200 | 0.55 |

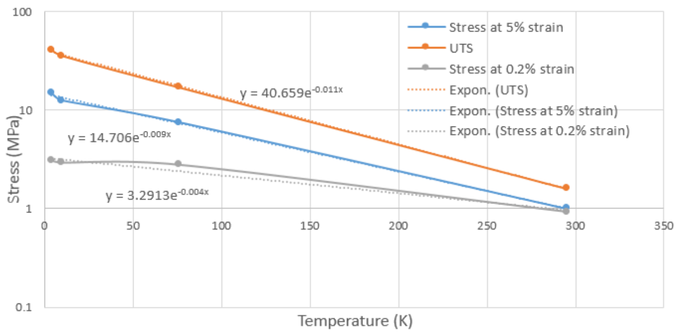



**चित्र 2-ए** <u>कमरे के तापमान और क्रायोजेनिक तापमान पर इंडियम के लिए तनाव-तनाव वक्र [रेफरें- 2]</u> (**STRESS-STRAIN CURVE FOR INDIUM AT ROOM TEMPERATURE AND CRYOGENIC TEMPERATURES [REF. 2]).**




**चित्र 2-बी** तापमान के साथ 5% तनाव और अल्टीमेट तन्यता ताकत (यूटीएस) पर तनाव का प्लॉट **(PLOT OF STRESS AT 5% STRAIN AND ULTIMATE TENSILE STRENGTH (UTS) WITH TEMPERATURE OBTAINED FROM FIG. 2A).**

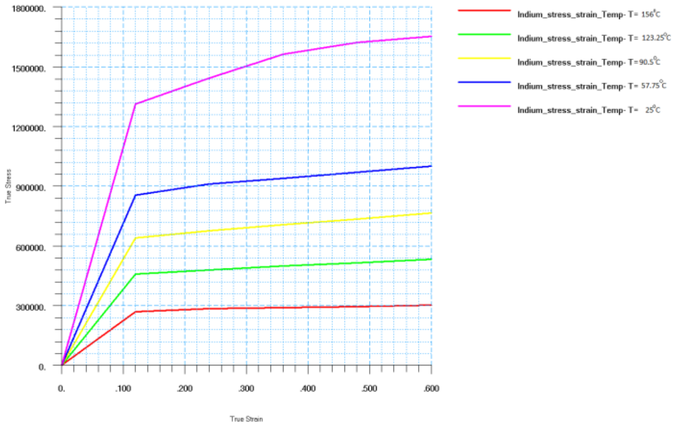
वक्र को निकालने के लिए, हमें प्रवृत्ति के लिए एक उपयुक्त कार्य (appropriate function) अनुमान लगाने की आवश्यकता है। लॉगरिदमिक पैमाने पर तापमान के साथ 5% तनाव और अल्टीमेट टेन्सिल स्ट्रेंथ्स (यूटीएस) पर तनाव की एक तस्वीर तापमान के साथ इन तनावों के लॉगेरिथम की रैखिक निर्भरता दिखाती है, जैसा कि चित्र 2 सी में 5% तनाव राज्य और यूटीएस के लिए दिखाया गया है। इसलिए, एक उलटा लॉगरिदमिक फ़ंक्शन या घातीय प्रतिगमन फ़ंक्शन का उपयोग उच्च तापमान पर तनाव को निकालने के लिए किया जाता है। अलग-अलग तनाव राज्यों के अनुरूप घातीय प्रतिगमन समारोह में तनाव-तनाव व्यवहार के लिए विभिन्न एक्सट्रापोलेशन गुणांक प्राप्त किए गए थे, जिनका उपयोग कमरे के तापमान से ऊपर तापमान की स्थिति में तनाव स्थिति (strain state) उत्पन्न करने के लिए आवश्यक तनाव स्तर (stress level) को निकालने के लिए किया गया है।




**चित्र 2-सी** तनाव पर 5% तनाव और अल्टीमेट तन्यता शक्ति (यूटीएस) पर तनाव के साथ एक प्लॉट रिग्रेशन वक्र के साथ logarithmic पैमाने पर **(PLOT OF STRESS AT 5% STRAIN AND ULTIMATE TENSILE STRENGTH (UTS) WITH TEMPERATURE ON A LOGARITHMIC SCALE ALONG WITH REGRESSION CURVES).**

एक्सट्रापोलेटेड वक्र 0.36 एमपीए का यूटीएस देते हैं और 0.3 एमपीए के 5% तनाव पर 156 डिग्री सेल्सियस पर तनाव देते हैं, जो इंडियम का पिघलने वाला बिंदु है। इसलिए, वास्तव में, इसे 156 डिग्री सेल्सियस पर कोई तनाव नहीं विकसित करना चाहिए। इस प्रकार, सिमुलेशन द्वारा सुझाए गए वास्तविक तनाव से कम तनाव होने की उम्मीद है। कमरे के तापमान से ऊपर तापमान पर एक्स्ट्राप्रोलेटेड तनाव-तनाव वक्र अपने पिघलने बिंदु तक चित्र 2 डी में दिखाया गया है।

अनुक्रमणिका



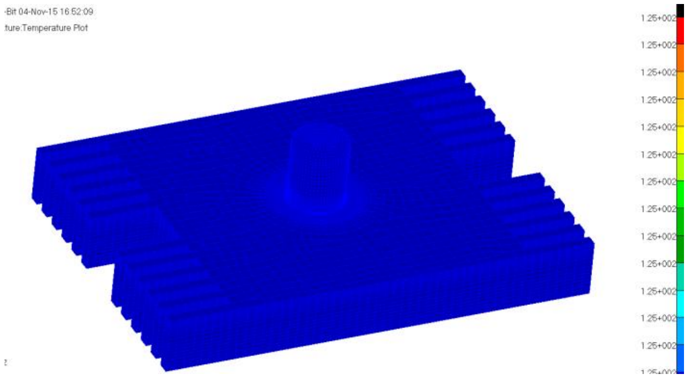

**चित्र 2-डी** 25 डिग्री सेल्सियस से 156 डिग्री सेल्सियस तक के तापमान के लिए इंडियम के लिए सही तनाव-तनाव वक्र (TRUE STRESS-STRAIN CURVES FOR INDIUM FOR TEMPERATURES RANGING FROM 25°C TO 156°C)

## धारणाएं (Assumptions):

1. इंडियम को छोड़कर सभी सामग्रियों को असफलता तक रैखिक रूप से व्यवहार करने के लिए माना जाता है।
2. पूर्ण सिमुलेशन के दौरान सभी घटकों के बीच 100% अखंडता माना जाता है।
3. ऊंचे तापमान पर इंडियम सामग्री गुण गणितीय रूप से कमरे के तापमान और उप-शून्य क्रायोजेनिक तापमान की स्थिति के लिए लीटरटेर में उपलब्ध गुणों से निकाले जाते/ एक्सट्रापोलेटेड हैं।

## परिणाम (Results):

असेंबली (Assembly) पर ΔT = 125 डिग्री सेल्सियस के तापमान भार के लिए परिणामों को अनुमानित (estimated) किया गया है (जो कुल मिलाकर असेंबली को 150 डिग्री सेल्सियस से 25 डिग्री सेल्सियस के कमरे के तापमान में एकीकरण प्रक्रिया के दौरान ठंडा करता है) जैसा चित्र 4 ए में दिखाया गया है।



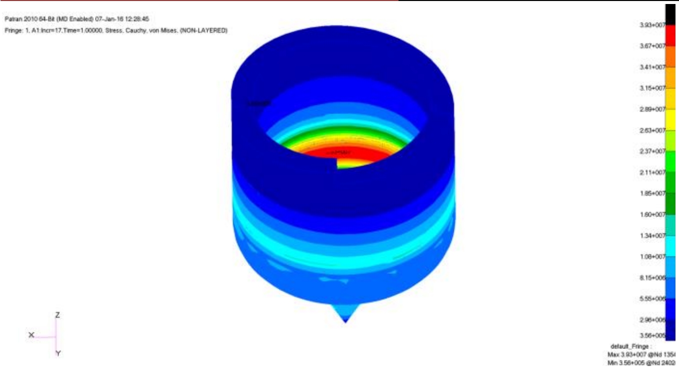
**चित्र 4-ए** असेंबली पर लोड तापमान कंटूर (डिग्री सेल्सियस) (CONTOUR OF TEMPERATURE (IN °C) LOAD ON THE ASSEMBLY.)

**तालिका 2** आरबी दीपक असेंबली के लिए संरचनात्मक विश्लेषण के परिणाम (STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS FOR RB LAMP ASSEMBLY)

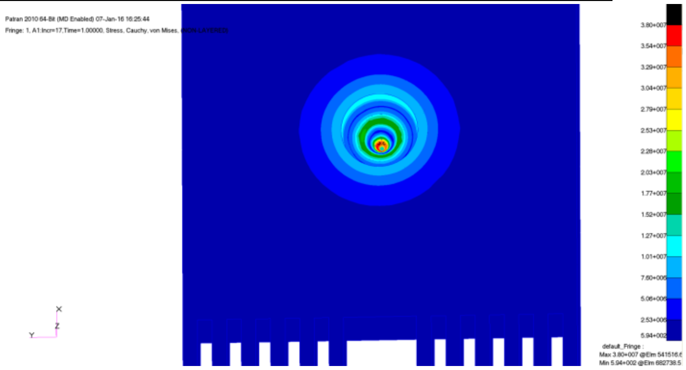
| Sr. no. | Component/Material | Maximum stress (MPa) | Maximum stress (MPa) obtained from simulation with temperature invariant properties |
|---|---|---|---|
| 1 | Lamp/Quartz | Von mises - 39 (Fig. 4b)<br>Max principal – 28 (Fig. 4c) | Von mises - 67<br>Max principal – 32 |
| 2 | Indium solder | Von-mises - 1 (Fig. 4d)<br>Hydrostatic – 2.13 (Fig. 4e) | Von-mises - 15.9<br>Hydrostatic - 18.5 |
| 3 | Housing/ Aluminium | Von-mises - 38 (Fig. 4f) | Von-mises - 20.6 |

यह देखा जा सकता है कि पिछले विश्लेषण अनुमानों की तुलना में तापमान निर्भर सामग्री गुणों के साथ गैर-रैखिक विश्लेषण के लिए तनाव काफी कम हो गया है [रेफरी 1] जैसा कि तालिका-2 में दिया गया है, दीपक 28 एमपीए (MPa) का अधिकतम मुख्य तनाव (Max. Principal Stress) विकसित करता है, जबकि क्वार्ट्ज में 50 एमपीए (MPa) की तन्य शक्ति (Tensile strength) है [रेफरी 3]। हालांकि, इंडियम 1 एमपीए (MPa) का अधिकतम वॉन-माइस तनाव विकसित करता है, जो 1.6 एमपीए (MPa) की इसकी तन्यता शक्ति (Tensile strength) या 2.4 एमपीए की संपीड़न शक्ति (Compressive strength) से कम है [रेफरी 2]। इसके अलावा, विकसित अधिकतम हाइड्रोस्टैटिक तनाव (Hydrostatic stress) 2.13 एमपीए (MPa) है जो पहले के नॉनलाइनर सिमुलेशन अध्ययन से काफी कम हो गया है, जहां कमरे के तापमान पर तापमान स्वतंत्र इंडियम सामग्री गुण माना गया था। यह सिमुलेशन भविष्यवाणी करता है कि असेंबली तनाव प्रक्रिया शर्तों से संबंधित असेंबली प्रक्रिया की स्थिति में जीवित रहेगी। हालांकि, इंडियम परत में इस रिपोर्ट में लगभग 36% (रेफरी: फिग 6 बी और फिग 6 डी) का बहुत अधिक उपभेद /तन्यता (Strain) है, यह वास्तविकता में चिंता का विषय हो सकता है कि, क्या इंडियम सामग्री विरूपण के इस स्तर को सह सकती है [रेफरी। 2 और इस रिपोर्ट में चित्र 2 ए]।

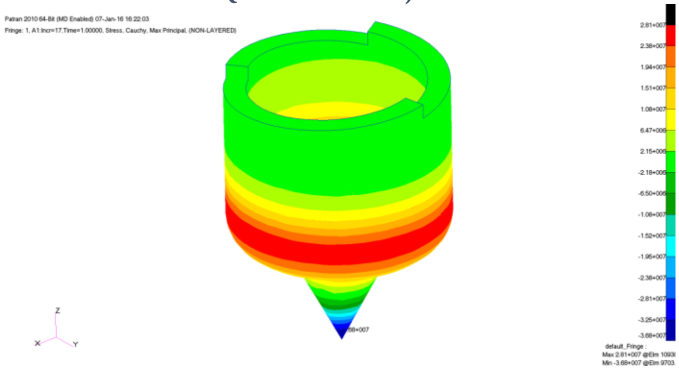
अनुक्रमणिका



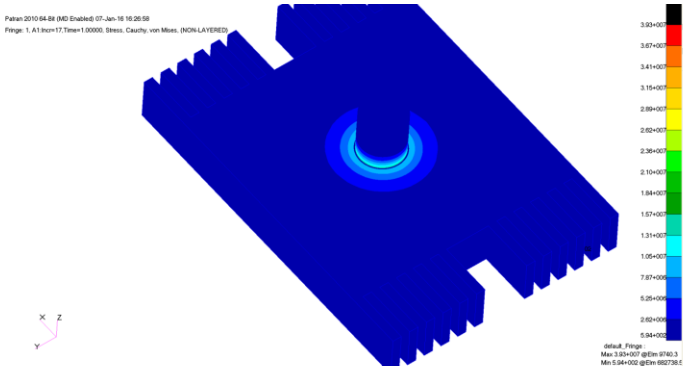
**चित्र 4-बी** क्वार्ट्ज दीपक में वॉन-माइस तनाव वितरण (Pa में) (VON- MISES STRESS DISTRIBUTION (IN PA) IN QUARTZ LAMP.)



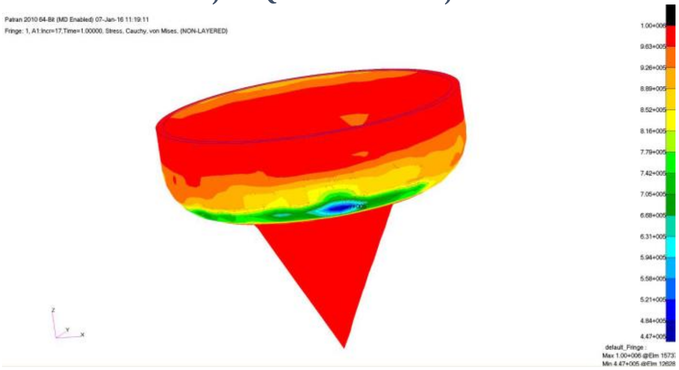
**चित्र 4-एफ** एल्यूमीनियम आवास में वॉन-माइस तनाव वितरण (Pa में) (VON-MISES STRESS DISTRIBUTION (IN PA) IN ALUMINIUM HOUSING.



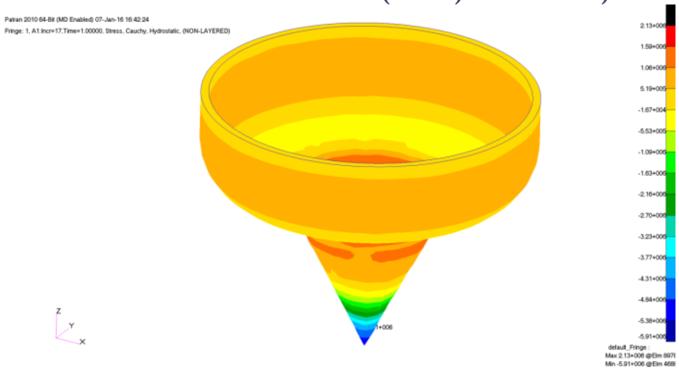
**चित्र 4-सी** क्वार्ट्ज लैंप में अधिकतम प्रिंसिपल तनाव वितरण (Pa में) (MAX. PRINCIPAL STRESS DISTRIBUTION (IN PA) IN QUARTZ LAMP.)



**चित्र 4-जी** पूरे असेंबली में वॉन-माइस तनाव वितरण (Pa में) (VON-MISES STRESS DISTRIBUTION (IN PA) IN THE ENTIRE ASSEMBLY)



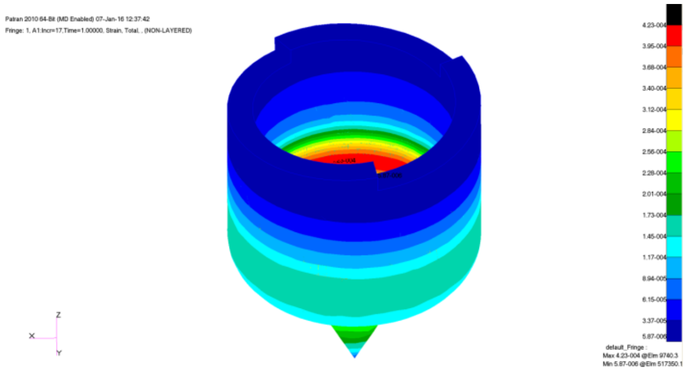
**चित्र 4-डी** इंडियम में वॉन-माइस तनाव वितरण (Pa में) (VON-MISES STRESS DISTRIBUTION (IN PA) IN INDIUM.)



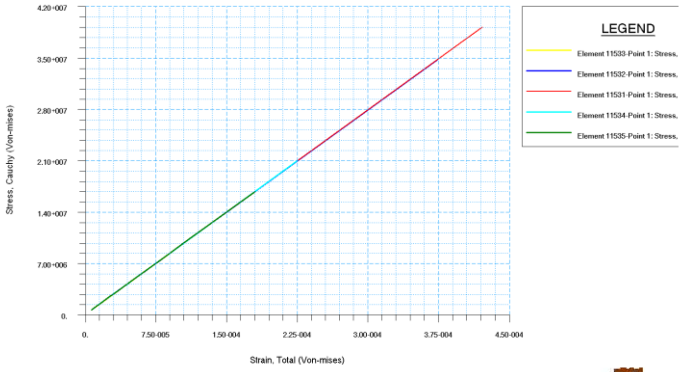
**चित्र 4-ई** इंडियम में हाइड्रोस्टैटिक तनाव वितरण (Pa में) (HYDROSTATIC STRESS DISTRIBUTION (IN PA) IN INDIUM. )

## चर्चा (Discussions):

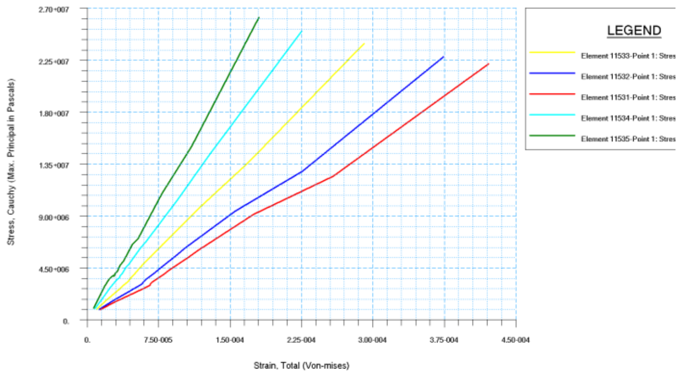
दीपक में तन्यता /उपभेदों का निर्माण (strain build-up) चित्र 5 ए -5 सी से देखा जा सकता है।



**चित्र 5-ए** क्वार्ट्ज लैंप में वॉन-माईस तन्यता /उपभेद वितरण (VON-MISES STRAIN DISTRIBUTION IN QUARTZ LAMP.)

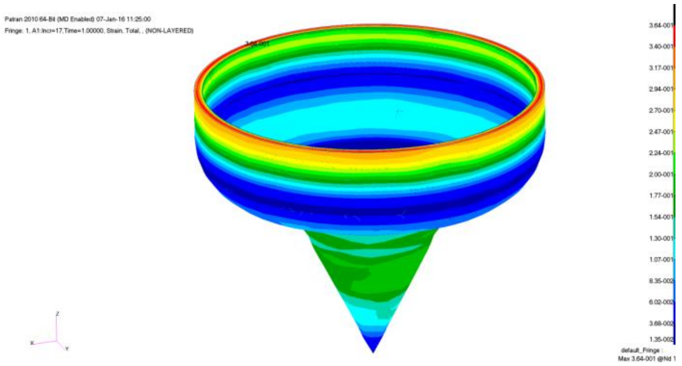



**चित्र 5-बी** क्वार्ट्ज दीपक के लिए वॉन-माईस तनाव बनाम तन्यता /उपभेद प्लॉट (VON-MISES STRESS VS STRAIN PLOT FOR QUARTZ LAMP)

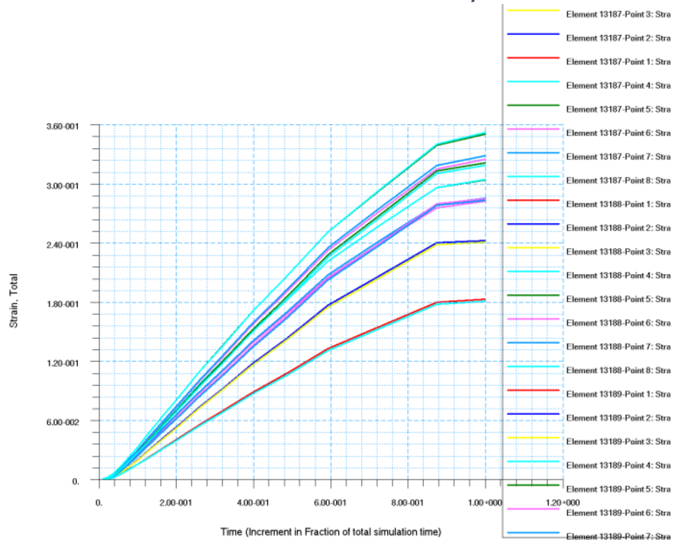



**चित्र 5-सी** क्वार्ट्ज लैंप के लिए अधिकतम प्रिंसिपल तनाव बनाम स्ट्रेन प्लॉट (MAX PRINCIPAL STRESS VS STRAIN PLOT FOR QUARTZ LAMP)

इंडियम में विकसित अधिकतम तन्यता (Strain) 0.364 (चित्र 5 डी) है, जबकि तापमान स्वतंत्र सामग्री गुणों के साथ सिमुलेशन 0.29 का तन्यता (Strain) देता है। इस प्रकार, यह अनुमान लगाया जा सकता है कि इंडियम के बढ़ते प्रवाह (Increased flow) ने हाइड्रो-स्टेटिक तनावों को छोड़ दिया है। हालांकि, इंडियम सामग्री में प्रेरित तनाव (induced strain) इंडियम के 0.25 की प्लास्टिक सीमा से अधिक है (जैसा कि अनुबंध में इस रिपोर्ट से जुड़े प्रकाशित संदर्भ में दिया गया है)। इंडियम में तन्यता निर्माण का अध्ययन चित्र 5 डी, चित्र 5-ई और 5 जी से किया जा सकता है।

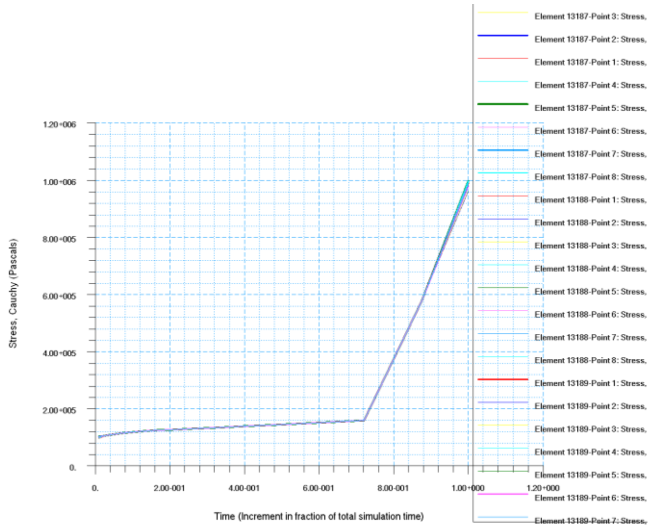


**चित्र 5-डी** इंडियम परत में स्ट्रेन वितरण (STRAIN DISTRIBUTION IN INDIUM LAYER)

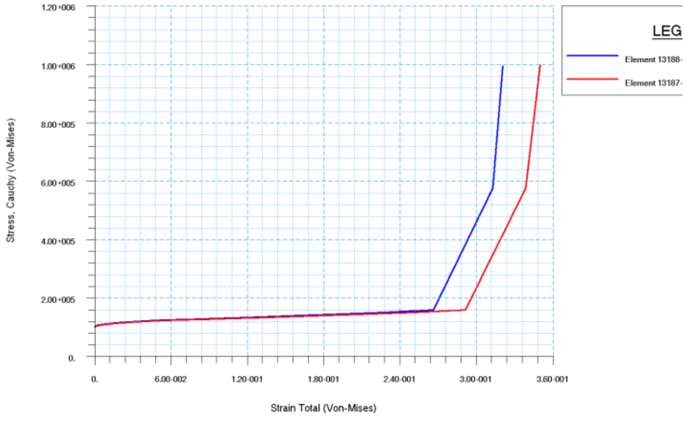



**चित्र 5-ई** इंडियम के लिए स्ट्रेन बनाम समय प्लॉट (STRAIN VS TIME PLOT FOR INDIUM)

जैसा कि अपेक्षित था, इंडियम परत की मुक्त सतह पर उपभेद /तन्यता (Strain) सबसे अधिक है। ऐसा इसलिए है क्योंकि सामग्री को मुक्त सतह के पास बहने की अनुमति है, इसलिए यह उस क्षेत्र में कम हाइड्रोस्टैटिक बलों को विकसित करता है (देखें चित्र 4 डी)। चित्र 6 बी और चित्र 6 डी स्पष्ट रूप से दिखाता है कि अधिकांश उपभेद प्रारंभिक चरणों में विकसित होते हैं, जब इंडियम उच्च तापमान पर होता है और आसानी से बह सकता है। यह उस चरण में प्रमुख तनाव (major stresses) विकसित नहीं करता है। हालांकि, जैसे जैसे सामग्री ठोस होती जाती है तनाव (stress) तेजी से बढ़ता है (चित्र 5 एफ और चित्र 5 जी)।




**चित्र 5-एफ** इंडियम के लिए तनाव बनाम समय प्लॉट (STRESS (VON-MISES) VS TIME PLOT FOR INDIUM)




**चित्र 5-जी** इंडियम के लिए तनाव बनाम स्ट्रेन प्लॉट (STRESS VS STRAIN PLOT FOR INDIUM)

## निष्कर्ष (Conclusions):

- $\Delta T$ = 125 डिग्री सेल्सियस के तापमान भार पर इंडियम के लिए तापमान निर्भर एलस्टो-प्लास्टिक सामग्री मॉडल के साथ थर्मो-लोचदार विश्लेषण कमरे के तापमान और क्रायोजेनिक तापमान के तनाव- उपभेद (stress-strain) को उच्च तापमान तक बढ़ाकर किया गया है।

- यह विश्लेषण लैंप में 28 एमपीए (MPa) का अधिकतम मुख्य तनाव (Principal Stress) और इंडियम सोल्डर में 1 एमपीए (MPa) के अधिकतम वॉन-मास तनाव (Von-Mises Stress) का अनुमान लगाता है। दोनों मूल्य संबंधित सामग्री शक्ति मूल्यों (Material strength limits) से कम हैं।
- हालांकि, इंडियम परत लगभग 36% की उपभेद /तन्यता (Strain) का अनुभव करता है, जो 25% की प्लास्टिक सीमा से अधिक है (परिशिष्ट में संलग्न प्रकाशित साहित्य में से एक के अनुसार)।
- हाइड्रोस्टैटिक तनाव पिछले परिस्थिति से काफी कम हो गया है जहां कमरे के तापमान पर तापमान स्वतंत्र सामग्री गैर-रैखिकता (temperature-independent nonlinearity) माना गया था।
- प्रक्रिया सिमुलेशन के लिए असेंबली का एक और सटीक गणितीय विश्लेषण करने के लिए, इसके पिघलने बिंदु तक कमरे के तापमान के ऊपर विभिन्न तापमान पर इंडियम सामग्री की गैर-रैखिक सामग्री **गुण** (nonlinear **material properties at different temperatures)** प्राप्त करने की आवश्यकता है।

## संदर्भ (References):


1. एसएसी/ एमईएसए/ एसटीजी/ एसएसडी/ आरएस-परमाणु घड़ी/ 2015/02
2. रीड, आर पी, मैककोवन, सी एन, वॉल्श, आर पी, डेलगाडो, एल। ए।, मैककोल्स्की, जेडी, "तन्यता ताकत और इंडियम की लचीलापन", सामग्री विज्ञान और इंजीनियरिंग ए, 102 (1988) 227-236।
3. http://heraeus-quarzglas.com/ en/ quarzglas/ mechanicalproperties /Mechanical_properties.aspx


## आभार :


हम, एसएसडी/एस. टी. जी. के प्रधान, एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होने हमे यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम, हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो के भी आभारी है, जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है। हम, फीस्ट टीम को अत्यन्त आभारी है, जिससे साफ्टवेयर को सही दिशा में उपयोग कर सके।


## लेखक परिचय:

चंद्रशेखर ने 2000 में आई. आई. टी. दिल्ली से मेकेनिकल इन्जीनियरिंग में एम. टेक. की उपाधि प्राप्त की। संरचनात्मक प्रणाली प्रभाग में कार्य कर रहे है।

डॉ बी. एस. मुंजाल ने एन. आई. टी. अहमदाबाद से संरचनात्मक इन्जीनियरिंग में पीएचडी की उपाधि प्राप्त की। संरचनात्मक प्रणाली प्रभाग में कार्य कर रहे है।

***

गुणवत्ता और विश्वसनीयता के लिए नवीन विचार

# माइक्रोटोप्स-II सूर्यप्रकाशमापी का लैंगली पद्धति द्वारा अंशांकन

प्रतिभा खेमसारा, मनीषा गुप्ता, शिल्पा प्रकाश, बंकिम शाह, बी. कार्तिकेयन
वैज्ञानिक/अभियंता, आई.ए.क्यू.डी./एस.आई.पी.जी.
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
pratibhasoni@sac.isro .gov.in

**सारांश**

किसी भी उपग्रह की सार्थकता उसके आँकड़ों के परिमाणात्मक उपयोग पर निर्भर करती है और यह परिमाणात्मकता उपग्रह के अंशांकन से सुनिश्चित की जाती है। प्रक्षेपण के पश्चात किये जाने वाले प्रतिनियुक्ति अंशांकन में वायुमंडलीय तत्वों के मापन हेतु माइक्रोटोप्स-II सूर्यप्रकाशमापी उपकरण का उपयोग किया जाता है। इस उपकरण का अंशांकन, लैंगली पद्धति के द्वारा एक ऊंचाई वाली जगह (पी.आर.एल. वेधशाला, माउंट आबू, राजस्थान) पर किया गया है। जिसके अंतर्गत स्वच्छ आकाशीय अवस्था में किये गए मापन के द्वारा एरोसोल अंशांकन स्थिरांक निकाले गये और यह पाया गया की सूर्यप्रकाशमापी के सभी चैनलों के लिए इन स्थिरांको में केवल 2 प्रतिशत का ही परिवर्तन आया है।

## 1. प्रस्तावना

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के क्षेत्र में किसी भी उपग्रह की सफलता उसके आँकड़ों के परिमाणात्मक उपयोग पर निर्भर करती है और इस लक्ष्य को अंशसोधन के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। उपग्रह के प्रक्षेपण से पहले उसका प्रयोगशाला में अच्छी तरह अंशांकन किया जाता है परन्तु प्रक्षेपण के दौरान उच्च दबाव, अंतरिक्ष की जलवायु और संसूचक के कालिक क्षय के कारण, अंशांकन और निरंतर निगरानी की आवयश्कता होती है। प्रतिनियुक्ति अंशांकन उपग्रह के प्रक्षेपण के पश्चात की जाने वाली क्रिया है जिसमें किसी समांग क्षेत्र में विकिरणमापी की सहायता से सतह की परावर्तकता के साथ वायुमंडलीय तत्वों मापा जाता है। Radiative transfer modelling की सहायता से वायुमंडल की ऊपरी सतह पर विकिरणता निकाली जाती है। यह कूट संकेत वायुमंडल में वायुमंडलीय गैसों और एरोसोल से होने वाले प्रकीर्णन और अवशोषण को समाहित करता है।

वायुमंडल की ऊपरी सतह पर विकिरणता निकालने में एरोसोल सांद्रण तथा एरोसोल मॉडल एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते है जो की भारतीय उपग्रह प्रणाली के प्रकाशी संवेदको के अंशांकन और वैधीकरण से संबंध रखता है। वायुमंडल में वायुमंडलीय गैसों का वितरण सामान रूप से है परन्तु एरोसोल और पानी की वाष्प गतिक है अतः इनका सही मापन बहुत जरुरी है। प्रतिनियुक्ति अंशांकन में इन तत्वों का मापन माइक्रोटोप्स-II सूर्यप्रकाशमापी और ओज़ोनोमीटर से किया जाता है। यह एक बहु-चैनल उपकरण है जो की एरोसोल प्रकाशी गहराई, पानी की वाष्प और ओजोन मापने में सछम है। इसमें उपयोग होने वाले संसूचक और फिल्टर समय के साथ पदावनति होते हैं और इस कारण इस उपकरण का हर साल अंशांकन किया जाना चाहिए। प्रतिनियुक्ति अंशांकन के द्वारा RS2, RS2A एवं Cartosat श्रृंखला का अंशांकन किया गया है और आने वाले भावी उपग्रहों (RS3/3A) का अंशांकन भी किया जायेगा। जो उनकी गुणवत्ता और विश्वसनीयता के निर्धारण में महत्वपूर्ण भूमिका निभायेगा। इस लेख में इस उपकरण के लैंगली पद्धति द्वारा अंशांकन की विधि को बताया गया है।

**2. अंशांकन में उपयोग किये गए उपकरण :** इस प्रयोग में दो सूर्यप्रकाशमापी (संख्या 22464 और संख्या 17863) एवं एक ओज़ोनोमीटर (संख्या 22426) उपकरण का उपयोग किया गया है। सूर्यप्रकाशमापी संख्या 22426 अभी एक साल पुराना है तथा दूसरा करीब 10 साल पुराना है। दोनों ही उपकरण की खिड़कियों को सूर्य की दिशा में पंक्तिबद्ध करके सारणी में दिए गए चैनलों में सूर्य से आने वाली किरणों को मापा जाता है (चित्र 1)। इसका उपयोग करके वायु में उपस्थित एरोसोल प्रकाशी गहराई (AOT), पानी की वाष्प और ओजोन की गणना की जाती है [2]। यह उपकरण हर एक चैनल पर मापी गयी सौर विकिरण, AOT स्थिरांक, वायुमंडलीय दबाव, समय और स्थान का उपयोग कर, AOT की गणना करता है।

$$AOT_{\lambda} = \frac{ln(V_{0\lambda}) - ln(V_{\lambda} \times SDCORR)}{M} - \tau_{R\lambda} \times \frac{P}{P_0}$$

सारणी 1: उपकरण के विनिर्देश

| प्राचाल | सुर्यप्रकाशमापी संख्या 22426 | सुर्यप्रकाशमापी संख्या 17863 | ओज़ोनोमीटर संख्या 22426 |
|---|---|---|---|
| चैनल (nm) | 340, 400, 500, 675, 870 | 380, 500, 675, 870, 1020 | 305, 312, 320, 936, 1020 |
| FWHM (nm) | 2.5 nm | | |
| अवलोकन कोण | 2.5° | | |
| सक्रिय सीमा | >3*105 | | |
| परिशुद्धता | 0.001 AOT; 0.01cm पानी वाष्प | | |
| परिचालन वातावरण | 0-50°C | | |

जहाँ पर "λ" निर्देश तरंग दैघ्य, $ln(V_{0\lambda})$ AOT अंशांकन स्थिरांक, $V_\lambda$ मापी गयी विकिरण की तीव्रता, **SDCORR S**पृथ्वी से सूर्य की दूरी का संशोधन, **M** प्रकाशी वायु द्रव्यमान, $\tau_{R\lambda}$ **Rayleigh** प्रकाशी गहराई, **P** तथा $P_0$ स्टेशन दबाव और मानक समुन्द्र-तल दबाव (1013.25**mB**) है **[2]**।

चित्र 1: सूर्यप्रकाशमापी उपकरण

3. लैंगली पद्धति : माइक्रोटोप्स-II सूर्यप्रकाशमापी उपकरण के अंशांकन के लिए अनेको पद्धति है जैसे Standard irradiance lamp, Aureole और Iterative [1,3] लेकिन सबसे प्रचलित पद्धति, लैंगली पद्धति है क्योंकि इसमें किसी दूसरे अंशांकन उपकरण की आवयश्कता नहीं होती है परन्तु इसकी सार्थकता पूर्णतः वायुमंडलीय दशा पर निर्भर करती है जहाँ पर यह अंशांकन किया जाता है।

इस पद्धति का मूल सिद्धांत यह है की जब भी सूर्य की किरणें वायुमंडल से होकर गुजरती है तो वायुमंडल में उपस्थित अणु और ठोस कण विकिरण को अवशोषित तथा प्रकीर्णन कर क्षीण कर देते है। विद्युतचुम्बकीय तरंगों का प्रकाशीय पथ के द्वारा हुए क्षीणन को, क्षीणन के चरघातांकी नियम Bouguer-Beer-Lambert's नियम के द्वारा निकाला जाता है [1]।

$$V(\lambda) = V_0(\lambda)e^{-\tau(\lambda)/cos\theta} \quad ................(1)$$

जहाँ $V_0(\lambda)$ वायुमंडल की ऊपरी सतह पर विकिरण की तीव्रता है जो की क्षीणन के बाद $V(\lambda)$ रह जाती है। θ सौर शिरोबिंदु है. $V(\lambda)$ सूर्य-पृथ्वी की दूरी के लिए संशोधित है। $\tau(\lambda)$ पूर्ण स्तंभी गहराई है जो एरोसोल प्रकाशी गहराई $\tau_a$, Rayleigh प्रकीर्णन के द्वारा प्रकाशी गहराई $\tau_R$ और गैसों के अवशोषण के द्वारा प्रकाशी गहराई $\tau_g$ का योगफल है।

$$[\tau(\lambda) = \tau_a(\lambda) + \tau_R(\lambda) + \tau_g(\lambda)]$$

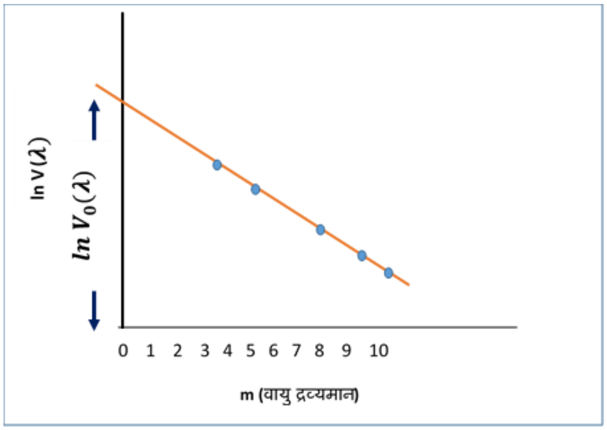
समीकरण 1 का दोनों तरफ स्वाभाविक लघुगुणक लेने पर

$$ln\, V\,(\lambda) = ln\, V_0(\lambda) - m\tau(\lambda) \quad .............(2)$$

जहाँ $ln\, V_0(\lambda)$ उपकरण का अंशांकन स्थिरांक है।$ln\, V\,(\lambda)$ और $m$ का आलेख चित्र 2 में दिखाया गया है।

इस सरल रेखा आलेख में $-\tau(\lambda)$ पूर्ण प्रकाशी गहराई है और $ln\, V_0(\lambda)$ अंशांकन स्थिरांक है जो की वायु द्रव्यमान के शून्य की स्थिति पर निकाला जाता है [5]।

इसी पद्धति का उपयोग करके सूर्यप्रकाशमापी का अंशांकन किया गया है।



चित्र 2: लैंगली पद्धति

**4. आँकड़ों का संग्रहण तथा उनका विश्लेषण:**

**4.1 स्थान का चुनाव:** लैंगली पद्धति कि पूर्णतः सार्थकता के लिए कुछ प्रतिबन्ध आवश्यक है

1. आपेक्षिक एरोसोल आकार वितरण स्थिर रहना चाहिए
2. वायु द्रव्यमान की अधिकतम विभिन्नता होनी चाहिए

मापन का स्थान बहुत ही महत्वपूर्ण है क्योंकि यह पद्धति एकांकी अंशांकन है। इन्हीं दोनों प्रतिबंधों को संतुष्ट करने के लिए माउंट आबू स्तिथ पी.आर.एल वेधशाला ( 24.653°N, 72.779°E) का चयन किया गया जो कि अरावली पर्वतो के गुरुशिखर शीर्ष पर 1680 मीटर की ऊंचाई पर है [1,4]।

**4.2 आँकड़ों का संग्रहण:** सूर्यप्रकाशमापी के अंशांकन के लिए तीन दिन का अभियान चलाया गया जिसके अंतर्गत मापन की प्रक्रिया के लिए उपकरणों को वेधशाला की छत पर लगाया गया था (चित्र 3)।

मापन कि प्रक्रिया ठीक सूर्य उदय से ले लेकर दोपहर तक चली (सारणी 2)।

सारणी 2: मापन कि प्रकिर्या

| दिनांक | प्रारम्भिक समय | अंत समय | समय अंतराल | टिप्पणी |
|---|---|---|---|---|
| 13 अप्रैल 2018 | 7:10 अपराह्न | 11:30 अपराह्न | 2 मिनट | साफ़ आसमान पक्षाथ बादलों क साथ |
| 14 अप्रैल 2018 | 6:55 अपराह्न | 11:30 अपराह्न | 5 मिनट | दोपहर तक साफ़ आसमान |

पहले दिन 13 अप्रैल 2018 को आकाश पक्षाथ बादल थे (चित्र 4(अ)। दूसरे दिन 14 अप्रैल 2018 को आकाश बहुत ही साफ़ था (चित्र 4(ब)। तीसरे दिन आकाश में बादल बहुत ज्यादा थे इस कारण मापन नहीं किया गया।

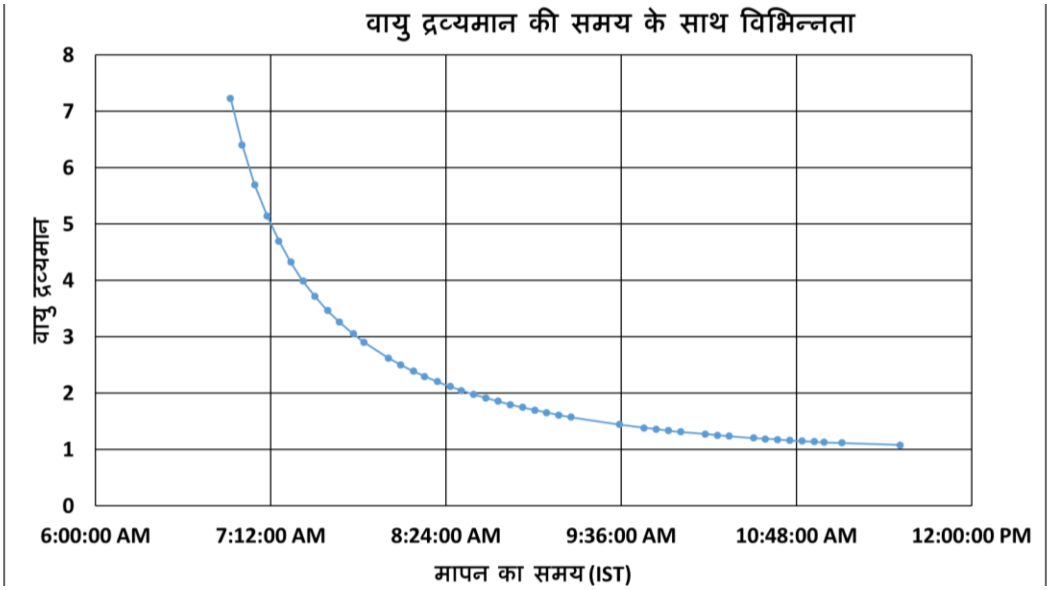
**4.3 परिणाम एवं विचार विमर्श:** अंश 4.2 में हमने देखा की मापन की क्रिया ठीक सूर्य उदय के पश्चात शुरू की गयी क्योंकि यह समय हमें वायु के द्रव्यमान में अधिकतम विभिन्नता देता है जो लैंगली पद्धति की आवश्यकता है। चित्र 5 दिखता है की 14 अप्रैल

2018 को सूर्य उदय से लेकर दोपहर तक वायु द्रव्यमान में सबसे ज्यादा विभिन्नता 9 बजे तक देखने को मिलती हैं उसके बाद यह स्थिर सा हो जाता है। फिर यही स्थिति शाम को सूर्यास्त के समय भी मिलती है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि लैंगली पद्धति के द्वारा AOT अंशांकन स्थिरांकों को निकालने के लिए 9 बजे तक के आँकड़े पर्याप्त है।

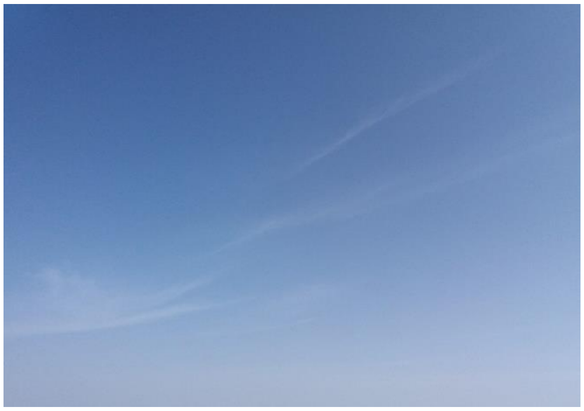
14 अप्रैल 2018 को AOT का मान 550nm के चैनल पर लगभग 0.4±0.03 था। पूरे मापन की क्रिया के दौरान AOT के मापन में, मानक विचलन, सभी चैनलों पर सारणी 3 में दिया है जिससे यह ज्ञात होता है कि आपेक्षिक एरोसोल आकार वितरण मापन के दिन स्थिर था।

दोनों दिन के 9 बजे तक के आँकड़ों का उपयोग कर लैंगली पद्धति के द्वारा AOT अंशांकन स्थिरांक निकाला गया है। जिन्हें चित्र संख्या 6 में दिखाया गया है।

चित्र 3 पी.आर.एल वेधशाला की छत पर मापन क्रिया




चित्र 5: वायु द्रव्यम्मान की विभिन्नता



चित्र 4(अ) तथा (ब): आसमान की स्तिथि 13 और 14 अप्रैल 2018

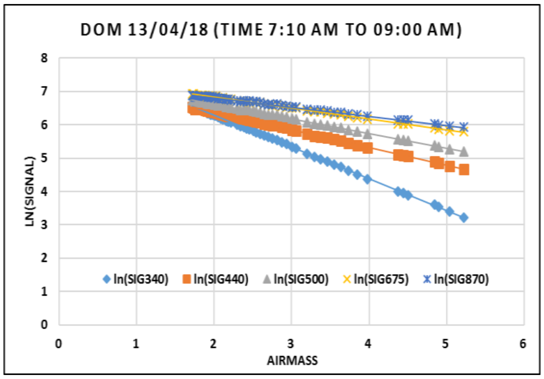
सारणी 3: मापन के दौरान एरोसोल प्रकाशी गहराई का मानक विचलन

| तरंग दैर्घ्य (nm) | संख्या 22464 | तरंग दैर्घ्य (nm) | संख्या 17863 |
|---|---|---|---|
| 340 | 0.05 | 380 | 0.04 |
| 400 | 0.04 | 500 | 0.03 |
| 500 | 0.05 | 675 | 0.03 |
| 675 | 0.05 | 870 | 0.03 |
| 870 | 0.06 | 1020 | 0.03 |

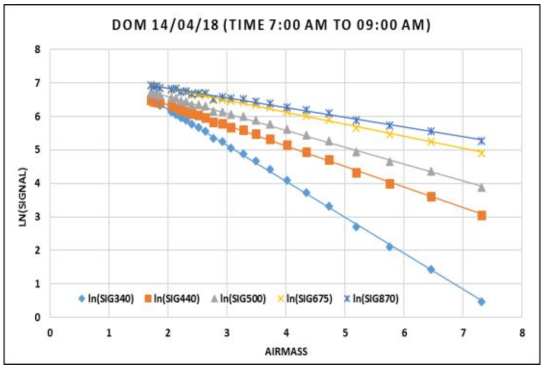
सारणी 4: सूर्यप्रकाशमापी संख्या 22464 के लिए निकले गए AOT अंशांकन स्थिरांक

| तरंग दैर्घ्य (nm) | कंपनी AOT स्थिरांक | 13 अप्रैल 2018 | | | 14 अप्रैल 2018 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | निकाला गया | $R^2$ | %परिवर्तन | निकाला गया | $R^2$ | %परिवर्तन |
| 340 | 8.315 | 8.182 | 1.000 | 1.60 | 8.350 | 0.999 | -0.42 |
| 400 | 7.473 | 7.427 | 0.999 | 0.62 | 7.562 | 0.999 | -1.19 |
| 500 | 7.574 | 7.489 | 0.999 | 1.12 | 7.597 | 0.998 | -0.30 |
| 675 | 7.531 | 7.479 | 0.997 | 0.70 | 7.548 | 0.996 | -0.22 |
| 870 | 7.434 | 7.364 | 0.994 | 0.94 | 7.417 | 0.994 | 0.22 |

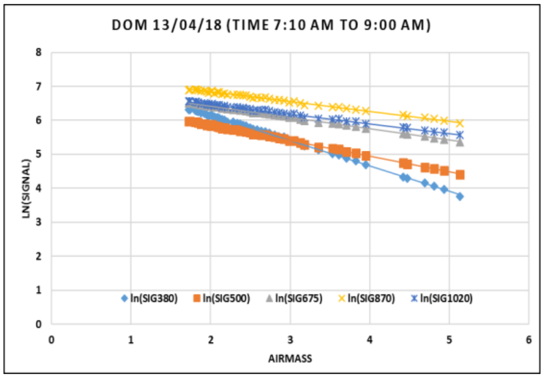
13 अप्रैल 2018

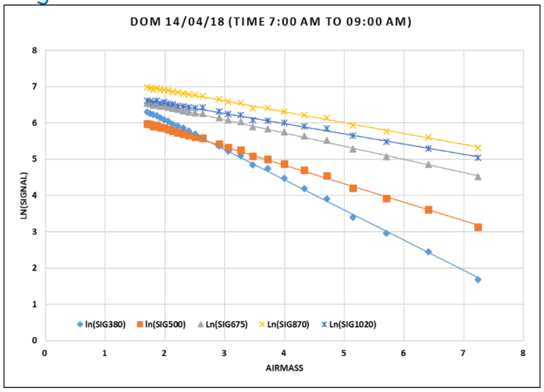



14th अप्रैल 2018

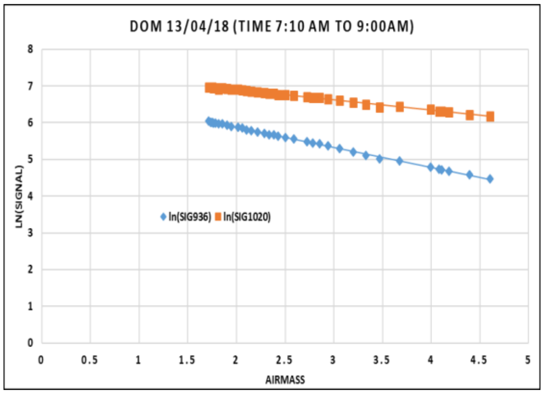


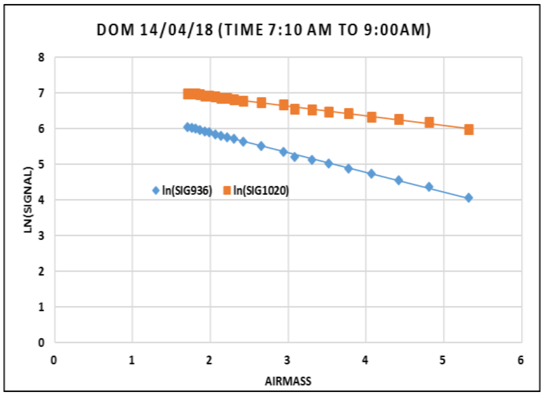

चित्र 6(अ): संख्या 22464- मापे गये सिग्नल के प्राकृतिक लघुगुणक का वायु द्रव्यमान के साथ परिवर्तन (सभी चैनल के लिए)




चित्र 6(ब): संख्या 17863- मापे गये सिग्नल के प्राकृतिक लघुगुणक का वायु द्रव्यमान के साथ परिवर्तन (सभी चैनल के लिए)



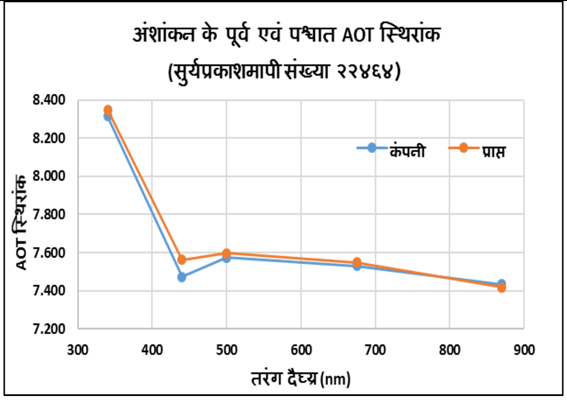

चित्र 6(अ): संख्या 22426- मापे गये सिग्नल के प्राकृतिक लघुगुणक का वायु द्रव्यमान के साथ परिवर्तन (दोनों चैनल के लिए)

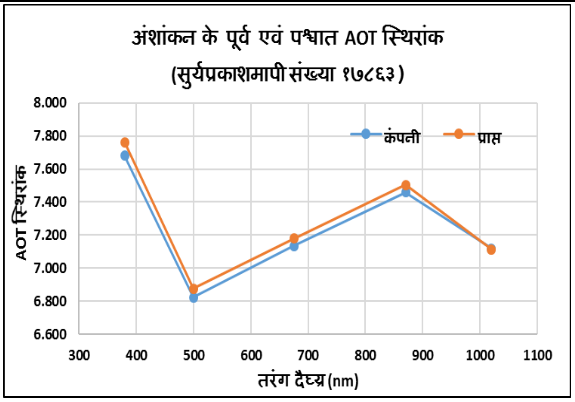
सारणी 5: सूर्यप्रकाशमापी संख्या 17863 के लिए निकले गए AOT अंशांकन स्थिरांक

| तरंग दैघ्य (*nm*) | कंपनी *AOT* स्थिरांक | 13 अप्रैल 2018 | | | 14 अप्रैल 2018 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | निकाला गया | $R^2$ | %परिवर्तन | निकाला गया | $R^2$ | %परिवर्तन |
| **380** | 7.681 | 7.636 | 0.999 | 0.59 | 7.763 | 0.999 | -1.07 |
| **500** | 6.824 | 6.772 | 0.999 | 0.76 | 6.878 | 0.999 | -0.79 |
| **675** | 7.135 | 7.086 | 0.998 | 0.69 | 7.180 | 0.998 | -0.63 |
| **870** | 7.458 | 7.412 | 0.995 | 0.61 | 7.504 | 0.997 | -0.62 |
| **1020** | 7.119 | 7.037 | 0.995 | 1.16 | 7.114 | 0.996 | 0.07 |

सारणी 6: ओज़ोनोमीटर संख्या 22426 के लिए निकले गए AOT अंशांकन स्थिरांक

| तरंग दैघ्य (*nm*) | कंपनी *AOT* स्थिरांक | 13 अप्रैल 2018 | | | 14 अप्रैल 2018 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | निकाला गया | $R^2$ | % परिवर्तन | निकाला गया | $R^2$ | % परिवर्तन |
| 936 | **7.522** | 6.969 | 0.999 | 7.35 | 6.982 | 0.999 | 7.17 |
| 1020 | **7.430** | 7.453 | 0.996 | -0.31 | 7.462 | 0.994 | -0.43 |




चित्र 7 (अ) और (ब): अंशांकन के पूर्व एवं पश्चात AOT स्थिरांक की तुलना दोनों सूर्यप्रकाशमापी

ऊपर दी गयी सारणी के परिणाम और चित्र बताते है कि सूर्यप्रकाशमापी संख्या 22464 के AOT स्थिरांक में 2 % का ही परिवर्तन जबकि संख्या 17863 के स्थिरांक में 1% का परिवर्तन आया है। और इस प्रयोग से यह पाया गया कि 14 अप्रैल 2018 के आंकड़े ज्यादा विश्वसनीय के क्योंकि उस दिन आसमान बादल रहित और सपष्ट था। इस कारण उपकरण में AOT स्थिरांक के संपूरण के लिए 14 अप्रैल 2018 के स्थिरांको को उपयोग में लिया जायेगा। ओज़ोनोमीटर के 936nm वाले चैनल के स्थिरांक में ~7% का परिवर्तन आया है परन्तु 1020nm चैनल में सिर्फ 0.5% का ही परिवर्तन आया है। चित्र क्रमांक 7 में दोनों ही प्रकाशमापी उपकरणों के कंपनी और लैंगली पद्धति द्वारा निकले गए AOT स्थिरांको को दर्शाया गया है।

इस प्रयोग से यह पाया गया कि , कंपनी द्वारा दिये गये AOT अंशांकन स्थिरांक दोनों ही सूर्यप्रकाशमापी उपकरणों के लिए अभी भी मान्य है विशेषकर पुराने वाले उपकरण के लिए (संख्या 17863)।

**5. निष्कर्ष एवं भविष्य कार्य:** इस प्रयोग में माइक्रोटोप्स-II सूर्यप्रकाशमापी उपकरण का लैंगली पद्धति के द्वारा अंशांकन किया गया और यह पाया गया कि दोनों ही सूर्यप्राशामापी उपकरणों के सभी चैनलों के AOT स्थिरांको में परिवर्तन केवल 2% के अंदर ही आया है। ओज़ोनोमीटर के 936nm चैनल क लिए ~7% का परिवर्तन आया है और 1020nm चैनल क लिए यह 1% का अंदर है। यह विश्लेषण केवल 14 अप्रैल 2018 के आँकड़ों को लेकर किया गया है।

14 अप्रैल 2018 आँकड़ों का उपयोग करके दोनों ही सुर्प्रकाशमापी के लिए, AOT स्थिरांक में परिवर्तन बहुत कम आये है और लैंगली आलेख भी रेखीय है परन्तु उस दिन आकाश के साफ़ होने के पश्चात भी मापी गयी एरोसोल प्रकाशी गहराई अधिक (0.4±0.03) थी। इसीलिए इस प्रयोग को वर्षा के बाद पुनः दोहराया जायेगा क्योंकि उस मौसम में वायुमंडल में एरोसोल का भार बहुत कम हो जाता है और साफ़ मौसम मिलने के आसार ज्यादा रहते है जिनका उपयोग करके AOT स्थिरांको को फिर से लैंगली पद्धति के द्वारा निकल जायेगा। एरोसोल प्रकाशी गहराई कि AOT स्थिरांको पर सवेंदनशीलता को निकल जायेगा। यह उपकरण भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के आने वाले उपग्रहों के प्रतिनियुक्ति अंशांकन में उपयोग किये जायेंगे जो उनकी गुणवत्ता और विश्सनीयता के निर्धारण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते है।

**संदर्भः**

**[1]** Shailendra S. Srivastava, Helish Sharma, Yogdeep Desai, B. Kartikeyan, N. K. Vyas, "Calibration of Sunphotometer at Mt Abu, Rajasthan, India", IASTA-2012

**[2]** User guide, Microtops II Ozonometer & Sunphotometer, Solar Light Company., Inc.
**[3]** Bruce. W. Forgan. "General method for calibrating Sunphotometer", Applied Optics Vol. 33, No. 21 1994
**[4]** SAC/EPSA/CVD/CAL-VAL/2016/Cal-02, Sun Photometer Calibration using high altitude site, Mount Abu.
**[5]** Beat. Schmid., Christoph. Wehrli., "High Precision Calibration of a Sunphotometer Using Langley Plot Performance at Jungfraujoch (3580m) and Standard Irradiance Lamps".
**[6]** J. Dayou et al., "Ground Based Aerosol Depth Measurement using Sunphotometers". Applied Science and Technology.

## आभार

पत्र के लेखक इस कार्य को करने का सुअवसर व प्रोहत्साहन देने के लिए केंद्र निदेशक श्री तपन मिश्रा व समूह प्रधान श्री देबज्योति धर (एस0आई0पी0जी0) का आभार प्रकट करते है। साथ ही श्री के. एन. बाबु., श्री शैलेन्द्र श्रीवास्तव एवं आईएक्यूडी दल के अन्य सदस्यों द्वारा समय-समय पर दिए गये सुझावों व योगदान के लिए विशेष आभार व्यक्त करते है। लेखक हिंदी कक्ष के सदस्य एवं आयोजन समिति के भी आभारी हैं।

## लेखक परिचयः

प्रतिभा खेमसारा ने वर्ष 2013 में विक्रम विश्वविद्यालय से भौतिक विज्ञान में परास्नातक की डिग्री हासिल की। वर्ष 2016 में अन्तरिक्ष उपयोग केंद्र के प्रतिबिंब विश्लेषण एवं गुणवत्ता मूल्यांकन विभाग में नियुक्त हुई। वर्तमान में, प्रतिभा खेमसारा, वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.सी. के पद पर कार्यरत हैं। इन्होंने प्रकाशीय संवेदको के प्रतिनियुक्ति अंशांकन एवं गुणवत्ता मूल्यांकन कि दिशा में कार्य किया हैं।

डॉ. मनीषा गुप्ता ने अलीगढ़ मुस्लिम विश्वविद्यालय से भौतिक विज्ञान में परास्नातक की उपाधि सन् 2007 में हासिल की। उसके बाद इन्होने अलीगढ़ मुस्लिम विश्वविद्यालय से ही नैनो विज्ञान में पीएचडी की उपाधि सन् 2014 में प्राप्त की। डॉ गुप्ता, सन् 2010 में अन्तरिक्ष उपयोग केंद्र के प्रतिबिंब विश्लेषण एवं गुणवत्ता मूल्यांकन विभाग में नियुक्त हुई। वर्तमान में, डॉ गुप्ता, वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.डी. के पद पर कार्यरत हैं।

शिल्पा प्रकाश ने वर्ष 1999 में पुणे विश्वविद्यालय से कंप्यूटर साइंस व इन्जिनरिंग में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। वर्ष 1999 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र - इसरो अहमदाबाद में उन्नत प्रतिबिम्ब संसाधन विभाग से कार्य आरम्भ किया। वर्तमान में शिल्पा प्रकाश, प्रतिबिंब विश्लेषण एवं गुणवत्ता मूल्यांकन विभाग में वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.एफ. के पद पर कार्यरत हैं। इन्होने प्रकाशीय व सूक्ष्तरंगी संवेदकों की गुणवत्ता मूल्यांकन के सॉफ्टवयेर के विकास एवं कार्टो-डीईएम परियोजना के लिए कार्य किया है।

बंकिम शाह ने सांख्यिकी में स्नातक कि डिग्री वर्ष 1982 में हासिल की इसके बाद ये 1983 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में नियुक्त हुए। इन्होंने प्रतिबिंब विश्लेषण एवं गुणवत्ता मूल्यांकन के क्षेत्र में कार्य किया हैं। इन्होंने मेनफ्रेम सिस्टम तथा IRS ग्राउंड प्रोसेसिंग में सन्दर्भ प्रतिबिम्ब कि परिकल्पना एवं यथार्थभूत होने कि दिशा में कार्य किया है। वर्तमान में, बंकिम शाह, वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.एफ. के पद पर कार्यरत हैं।

डॉ. बी कार्तिकेयन् ने वर्ष 1990 में आई. आई. टी. खडगपुर से पीएचडी की उपाधि प्राप्त की। वर्ष 1990 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र - इसरो अहमदाबाद में प्रतिबिम्ब संसाधन व डेटा संसाधन समूह से कार्य आरम्भ किया। वर्तमान में डॉ. कार्तिकेयन् (वैज्ञानिक/इंजीनियर-एच) प्रतिबिंब विश्लेषण एवं गुणवत्ता मूल्यांकन विभाग के प्रधान पद पर कार्यरत हैं। कार्टो-डीईएम परियोजना में इनका विशेष योगदान है।

***

अनुक्रमणिका

गुणवत्ता अवं विश्वसनीयता के लिए नवीन विचार

# टी.डब्लू.टी.ए को विकसित करने के लिए फेरस और नॉन-फेरस पदार्थ की अपगैसन गुण का विश्लेषण

अखिल कुमार पोद्दार, वैज्ञानिक/अभियंता - एस. सी,
योगेश घोटेकर, वरिष्ठ वैज्ञानिक सहायक- ए,
वि.एम.शाह, वैज्ञानिक/अभियंता -एसई
पीएमक्यूडी - एम.एस.आर.जी. - सैक
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) अहमदाबाद, गुजरात, भारत
akhil201215@sac.isro.gov.in, yogeshghotekar@sac.isro.gov.in, vmshah@sac.isro.gov.in

सारांश- *यह अध्ययन सटीक रूप से अंतरिक्ष उपयोग के लिए पॉलीमर के साथ-साथ धातु पदार्थ दोनों के लिए अपगैसन गुण के विश्लेषण का महत्व निर्दिष्ट करता है। यद्यपि अपगैसन किसी भी सामग्री के लिए उनकी आवरण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। यह मुख्य रूप से धातु सामग्री के अपगैसन गुणों की तथा उसके लिए जिम्मेदार कारणों के आकलन पर जोर देता है।*

## 1. परिचय

अंतरिक्ष वातावरण में आमतौर पर कण विकिरण, पराबैंगनी विकिरण, उल्कापिंड और उच्च निर्वात होता है। यद्यपि सामग्री पर मुख्य प्रभाव निर्वात का होता है जो कि $10^{-6}$ से $10^{-14}$ टोर या उससे भी कम निर्वात हो सकता है। निर्वात में सभी सामग्रियों, उनके गुण जिसके लिए उनका इस्तेमाल किया जाना है तथा उनके खुद ब खुद आने वाले गुणों में बदलाव पाया जा सकता है। जो कि पृथ्वी के वायुमंडल के तुलना में भिन्न पाया जाता है जैसे की अपगैसन गुण जो कि दबाव और तापमान के आधार पर भिन्न हो सकती है। अपगैसन गुण TML,CVCM और WVR के प्रतिशत के संदर्भ में निकला जाता है। **सामग्री की सतह से गैसीय अणुओं की सहज मुक्ति को अपगैसन कहा जाता है।**

यह देखा गया है कि भौतिक रूप से और रासायनिक रूप से गैसीय परमाणुओं/अणुओं के सामग्री में मिलने के कारण ही वह सामग्री अपगैसन करने की क्षमता प्राप्त करती है। अवशोषण और शोषण जैसे गुणों के कारण सामग्री में गैसीय परमाणु/अणु घुलते हैं, जो कम दबाव और उच्च तापमान पर अपगैसन को दर्शाता है।

हेनरी के कानून के अनुसार:
तरल/ठोस माध्यम में गैस की घुलने की मात्रा उस पर लागू दबाव पर सीधे आनुपातिक होती है।

P = KH.C ............... (1)

जहां, C: गैस की घुलने की मात्रा है।
P: गैस का आंशिक दबाव है।
KH: हेनरी का स्थिरांक है।

नीचे दी गई सामग्रियों के माध्यम से गैसों की सामने की क्षमता:

धातु : दुर्लभ गैस धातु में समा नहीं पाती है। $H_2$ गैस पैलेडियम और आयरन में उच्च दर से समा जाती हैं एवं $O_2$ गैस चांदी में समा जाती हैं।

अर्द्ध कंडक्टर : जर्मेनियम और सिलिकॉन के माध्यम में He और $H_2$ समाती हैं।

पॉलिमर : सभी गैस सभी पॉलिमर में प्रवेश करती हैं तथा पानी भी उच्च दर से इनमे समाती हैं।

## 2. अपगैसन तंत्र

किसी भी सामग्री की एक अनूठी विशेषता यह है कि इसके अणु लगातार वाष्पित होते हैं और सतह पर वापस लौटते हैं। पृथ्वी के माहौल में यह घटना माइक्रोस्कोपिक स्तर में जिसकी औसत मुक्त पथ जो की $5x10^{-4}$ मीटर के आधार पर होती है। यहां सामग्री की सतह से अणुओं को मुक्त करने की दर सामग्री पर अणुओं के वापस लौटने की दर के साथ समतोल में होती है। इसलिए, द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं देखा जाता है वही वैक्यूम में अणुओं को वापस होने का कोई मौका नहीं होता है क्योंकि अंतरिक्ष में अणुओं का औसत मुक्त पथ बहुत अधिक हो जाता है।

**एक-दूसरे के साथ टकराने से पहले अणुओं द्वारा यात्रा की जाने वाली औसत दूरी को औसत मुक्त पथ कहा जाता है।**

औसत मुक्त पथ (L) $= \frac{KB.T}{\sqrt{2}\,\pi d^2 P}$ ......... (2)

जहां, KB: बोल्टज़मान स्थिरांक है।

T: तापमान है।
P: दबाव लागू है।
D: परमाणुओं का व्यास है।

समीकरण-2 से, यह देखा जाता है कि औसत मुक्त पथ तापमान के साथ आनुपातिक है और दबाव के विपरीत आनुपातिक है। ASTM E-595 अपगैसन परीक्षण के अनुसार उपकरण कक्ष के आयाम से अधिक औसत मुक्त पथ प्राप्त करने के लिए $5x10^{-5}$ टॉर दबाव और 125°C तापमान पर

किया जाता है। उच्च तापमान के परिणामस्वरूप औसत मुक्त पथ में वृद्धि के साथ-साथ बॉन्ड का टूटना भी होता है जो गैस की मुक्ति को आसानी से बाहर कर देता है। अपगैसन हो चुकी हुई कण जिन्हें TML के रूप में दर्शाया जाता है, जो कि घनत्व योग्य और गैर- घनत्व योग्य में बांटा गया है। यहां घनत्व योग्य कण अंतरिक्ष के उपयोग में की जाने वाली सामग्री के लिए ज्यादा चिंता का क्षेत्र है, ये कण कलेक्टर प्लेट पर फिर से संचित हो जाती है जिसे CVCM के रूप में दर्शाया जाता है।

## 3. अपगैसन का महत्व

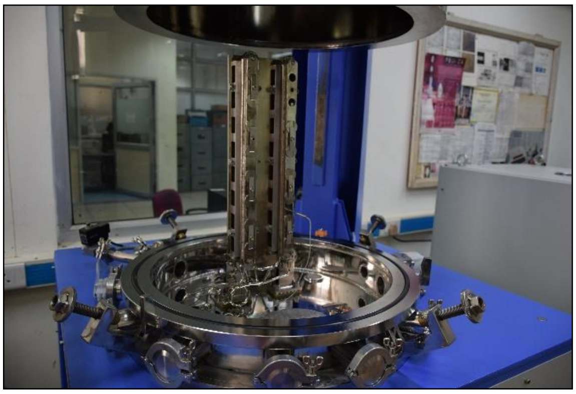
यह मुख्य रूप से निष्क्रिय पदार्थों के लिए एक स्क्रीनिंग तकनीक है और अंतरिक्ष यान में उपयोग किए जाने से पहले पदार्थों के लिए अपगैसन पैरामीटर का विश्लेषण करना महत्वपूर्ण है क्योंकि मुक्त हो चुकी अणुओं को ऑप्टिकल सतह, थर्मल कंट्रोल सतह और विद्युत संपर्कों पर फिर से संघनित होने का मौका मिलता है और इस प्रकार विशिष्ट तरंगदैर्ध्य संचरण के नुकसान का कारण बनता है, तापमान संतुलन को परेशान करता है और क्रमशः अन्य उपप्रणाली से विद्युत संकेतों के प्रवाह को परेशान करता है। ASTM E-595 के अनुसार यदि किसी भी सामग्री के लिए निर्वात में प्रतिशत TML $\leq$ 1% और CVCM $\leq$ 0.1% से कम या समान पाया जाता है, तो सामग्री को अंतरिक्ष उपयोग के लिए संगत माना जाता है जो कि अन्य उप प्रणालियों को कोई नुकसान नहीं पहुंचाता है।

## 4. लक्ष्य

आम तौर पर पोलिमर वाला पदार्थ जैसे चिपकने वाला पदार्थ, तेल, टेप, कपड़े, पॉलिमर पॉटिंग, कोटिंग्स, ट्यूब, कॉर्ड इत्यादि अपगैसन के लिए प्रवण होते हैं क्योंकि इसमें परमाणु अशक्त बंधन में रहते हैं और $O_2$, $CO_2$, $N_2$, $H_2O$ आदि जैसे गैस की घुलनशीलता अवशोषण एवं सोखने के माध्यम से आसानी से होती है। इसलिए, स्पेस में इस्तेमाल होने वाली पोलिमर सामग्री के लिए अपगैसन पैरामीटर की जांच की सिफारिश की जाती है। हालांकि, धातु (मिश्र धातु) पदार्थ में भी अपगैसन का स्रोत होता है जो कि फंसे हुए गैसीय परमाणुओं, सतह पर ऑक्साइड फिल्मों, तैयारी के दौरान गैसीय परमाणु की भागीदारी, सोखे हुए अणुओं, गैसीय अणुओं की पारगम्यता आदि के कारण हो सकती है। वर्तमान अध्ययन TWTA विकास के लिए उपयोग धातु/मिश्रधातु सामग्री पर निर्वात और तापमान के प्रभाव पर चर्चा करेगी।

## 5. प्रायोगिक सेटअप

पीएमक्यूडी-एम/एसआरजी में ASTM E-595 के अनुसार डिजाइन की गई नई 16 कक्षों वाली अपगैसन उपकरण के माध्यम से परीक्षण किया गया है। लगभग 100-300 मिलीग्राम धातु सामग्री के नमूने परीक्षण के लिए लिया जाता है जिसका सटीक प्रारंभिक वजन दर्ज किया जाता है और साथ के कलेक्टर प्लेट का प्रारंभिक वजन भी लिया जाता है। उपकरण में नमूने को 125°C पर और कलेक्टर प्लेट को 25°C तापमान पर बनाए रखना होता है। फिर वैक्यूम प्रणाली को बंद किया जाता है और इसे $10^{-5}$ टोर या उससे भी कम का निर्वात दबाब में 24 घंटे के लिए रखना होता है। 24 घंटों के बाद कक्ष को ठंडा करना और वेंट वाल्व खोलने की प्रक्रिया शुरू होती है। नमूने और साथ के कलेक्टर प्लेट को देसिच्काटर में रख कर कमरे के तापमान तक ठंडा किया जाता है। फिर नमूने और साथ के कलेक्टर प्लेटों का अंतिम वजन दर्ज किया जाता है। कुल द्रव्यमान हानि (TML) नमूने में प्रतिशत वजन घटने से और सामूहिक अस्थिर संघनित द्रव्यमान (CVCM) कलेक्टर प्लेट में प्रतिशत वजन बढ़ने से गणना की जाती है।



**आकृति 1: अपगैसन उपकरण**

## 6. गणना

M 1: परीक्षण के लिए नमूने के प्रारंभिक द्रव्यमान

C 1: कलेक्टर प्लेट के प्रारंभिक द्रव्यमान।

M 2: परीक्षण के बाद नमूना का अंतिम द्रव्यमान।

C 2: कलेक्टर प्लेट का अंतिम द्रव्यमान।

ए प्रतिशत (TML के लिए: $\frac{M1-M2}{M1} * 100$

बी) प्रतिशत CVCM के लिए: : $\frac{C2-C1}{M1} * 100$

## 7. परिणाम और चर्चा

अपगैसन प्रयोग के परिणाम नीचे तालिका-1 में दिए गए हैं जो की दो मान के औसत है।

| क्र.सं. | सामग्री विवरण | % TML | % CVCM |
|---|---|---|---|
| 01. | ओएफएच कॉपर | 0.004 | 0.04 |
| 02. | मोनेल रॉड | शून्य | शून्य |
| 03. | मोलिब्डेनम रॉड | शून्य | शून्य |
| 04. | कोवर शिम | 0.017 | 0.027 |
| 05. | सॉफ्ट आयरन रॉड | 0.02 | 0.02 |

तालिका-1: विभिन्न धातु सामग्री के लिए अपगैसन के परिणाम

हालांकि, तालिका-1 से यह देखा गया है कि धातु पदार्थ 125°C और $10^{-5}$ टॉर दबाव पर आउटगैसिंग करने के लिए प्रवण होते है लेकिन हमेशा निर्दिष्ट सीमा के भीतर परन्तु अगर कोई पदार्थ ऑप्टिकल सतह के बिल्कुल समीप रहती है तो TML और CVCM प्रतिशत की सीमा 10% तक घट जाती है, जो कि चिंता का विषय है क्योंकि CVCM प्रतिशत कुछ धातुओं में 0.02 से अधिक पाया गया है जिसकी सीमा 0.01 प्रतिशत निर्धारित की जाती है।

## 8. निष्कर्ष

इस अध्ययन से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है:

ए) यह देखा गया है कि धातु सामग्री के द्वारा अपगैसन इसकी सतह की गुण पर निर्भर करता है। अच्छी मशीनी सतह की तुलना में पोरस सतह वाली सामग्री में अपगैसन के लिए अधिक प्रवण है।

बी) कॉपर और लोहे आधारित सामग्री तुलनात्मक रूप से अन्य तत्व से अपगैसन के लिए ज्यादा प्रवण हैं।

सी) यह भी देखा गया है की TML प्रतिशत कम पाया गया CVCM प्रतिशत के तुलना में जिसका कारण यह हो सकता है की प्रतिशत CVCM दर्शाने वाली गैस सतह से ही निकली हो जो की द्रव्यमान की हानि में नहीं दिखता है।


**लेखक परिचयः**

अखिल कुमार पोद्दार
वैज्ञानिक/अभियंता - एस.सी
क्यूऐएमडी-ऍम/एस.आर.जी. - सैक

योगेश घोटेकर
वरिष्ठ वैज्ञानिक सहायक- ए,
क्यूऐएमडी-ऍम/एस.आर.जी. - सैक

वि. एम. शाह
वैज्ञानिक/**अभियंता**-एसई
क्यूऐएमडी-ऍम/एस.आर.जी. - सैक

<u>गुणवत्ता और विश्वसनीयता के लिए नवीन विचार</u>

# अर्जकभार के उच्च विश्वनीयता वाले इलेक्ट्रोनिक्स संविरचन कार्य में सोल्डरिंग की प्रक्रिया को आसान बनाने के लिए जिग का निर्माण

अपिल प्रजापति, महेशकुमार मकवाणा, शिवानंदा
तकनीशियन -डी ,पी.ई.एफ.डी./ई.एफ.एम.जी. /ई.एस.एस.ए. / सैक यूनिट
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
apil@sac.isro.gov.in

## 1. प्रस्तावना

भारतवर्ष में इसरो आज अपनी सफलताओं से अपनी ऊँची पहचान बना चुका है। यही नहीं दुनिया में अंतरिक्ष के कार्यों में सबसे सस्ता और विश्वनीयता में अपनी पहचान बनाई हुई है।

जिससे आज इसरो केवल एक या दो नहीं पर पूरे 104 सैटेलाइट को एक साथ अंतरिक्ष में पहोचने की क्षमता रखता है। वहीं इसरो का अपनी पृथ्वी की कक्षा को छोड़ कर मंगल ग्रह पर पहले ही प्रयास में पहोचना कोई आम बात नहीं है। आज इसरो अपने कार्य की सारी चरम सीमा को तोड़ कर पूर्ण जोश में दिन-रात भारत और भारतीयों के हित के लिए एक से एक शक्तिशाली सैटेलाइट का निर्माण कर रहा है।

अहमदाबाद के सैक-इसरो के ई .एस.एस.ए. ग्रुप, ई.एफ.एम.जी., क्षेत्र के पी.ई.एफ.डी. (अर्जकभार इलेक्ट्रोनिक्स संविरचन विभाग ) की लेब में सैटेलाइट के सारे सिस्टम, सब-सिस्टम, का HI-RELIABLE इलेक्ट्रोनिकस का पूरा काम होता है।

लेखक यह कार्य करके भारतीय सीमा पर खड़े जवान की तरह फक्र महसूस करता है।

पी.ई.एफ.डी. लेब में सैटेलाइट के अर्जकभार की बिलकुल शुरूआती कार्य से अंतिम कार्य जैसे की HI-RELIABLE इलेक्ट्रोनिक्स पी.सी.बी. में अवयवों का संविरचन से शुरु कर के आपसी सिस्टम - सबसिस्टम का जोड़, एंटेना संविरचन कार्य, अर्जकभार का बाहरी हारनेसिंग, सैटेलाइट की आंखो के सामान अति संवेदनशील CCD-डिटेक्टर का हेंड-सोल्डरिंग और उसकी वायरिंग, टेलीस्कोप पर हार्नेसिंग, सैटेलाइट के पैनल पर सारे अर्जकभार का आपसी वायरिंग का कार्य होता है।

हमारी पी.ई.एफ.डी. लेब में हॉट गेस रि-फ्लो सोल्डरिंग से QFN, BGA, CCGA, जैसे अति संवेदन सील एवं नाज़ुक अवयवों का सोल्डरिंग होता है। जिस में कहा जाता है की V5 CCGA-1752 I/O अवयव का पी.सी.बी. पर सोल्डरिंग पूरे दक्षिण एशिया में केवल इसरो के पी.ई.एफ.डी. लेब में ही किया जाता है।

माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा भी एक अति संवेदनशील CCD-डिटेक्टर है। यह कैमेरा कमर्सिअल है इस कैमेरा को प्रेस-फिट तकनीक से पी.सी.बी. में उपयोग करते है।

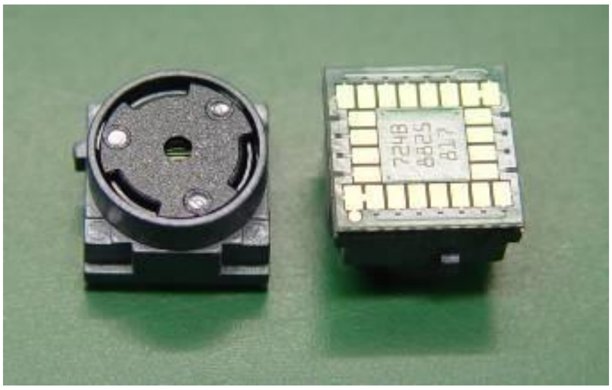
HI-REL इलेक्ट्रोनिक्स पी.सी.बी. के कार्य में हम कमर्सिअल की तकनीक का उपयोग नहीं करते। माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा का रि-फ्लो सोल्डरिंग भी नहीं हो सकता क्यों-की यह PVC बोडी का अवयव है। इस लिए हमने अवयव का पी.सी.बी. पर हेंड सोल्डरिंग करने के लिए हाफ-कट पी.टी.एच. पी.सी.बी. का निर्माण किया।

प्रस्तुत लेख में हाफ-कट पी.टी.एच. पी.सी.बी. में माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा अवयव का माउंटिंग एवं सोल्डरिंग के कार्य को आसान बनाने के लिए और H-74 एपोक्सी का कार्य वायर्ड पी.सी.बी. में कम से कम समय में पूर्ण करने के लिए जिग बनाई गई। जिग निर्माण का वर्णन किया गया है।

सैक-इसरो में बनने वाले सारे अर्जकभार का इलेक्ट्रोनिक्स संविरचन कार्य हमारी पी.ई.एफ.डी. की HI-REL QUALIFIED टीम हर दिन निर्माण कार्य में कार्यरत रहेती है। हर दिन उत्तपन होती नई चुनौतीओ का हल निकाल ने के लिए काफी नए विचार एवं प्रस्ताव लागू करने की जरूरत होती है। हाल के समय में चलरही परियोजना में निम्न चर्चित तकनीकी उपाय का विवरण ये सोच का सचोट उदारण प्रस्तुत करता है। विचार को अमल में लाने के लिए यह हमेसा ध्यान में रखना जरुरी है की हम गुणवत्ता की प्रस्थापित प्रक्रियाओं के दायरे में रहेने का प्रयत्न करे। अन्यथा पूरे process qualification की गतिविधिया हमें समय सूची के अनुसार प्रक्रिया को सम्पन करने में बाधित करेगी।

**नवीन विचार 1**

यह एक QFN प्रकार का SMOP24 माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा है। इसका उपयोग चंद्रयान, कार्टोसैट श्रृंखला प्रोजेक्ट, एवं प्रक्षेपणयानों के अर्जकभार में किया गया है।



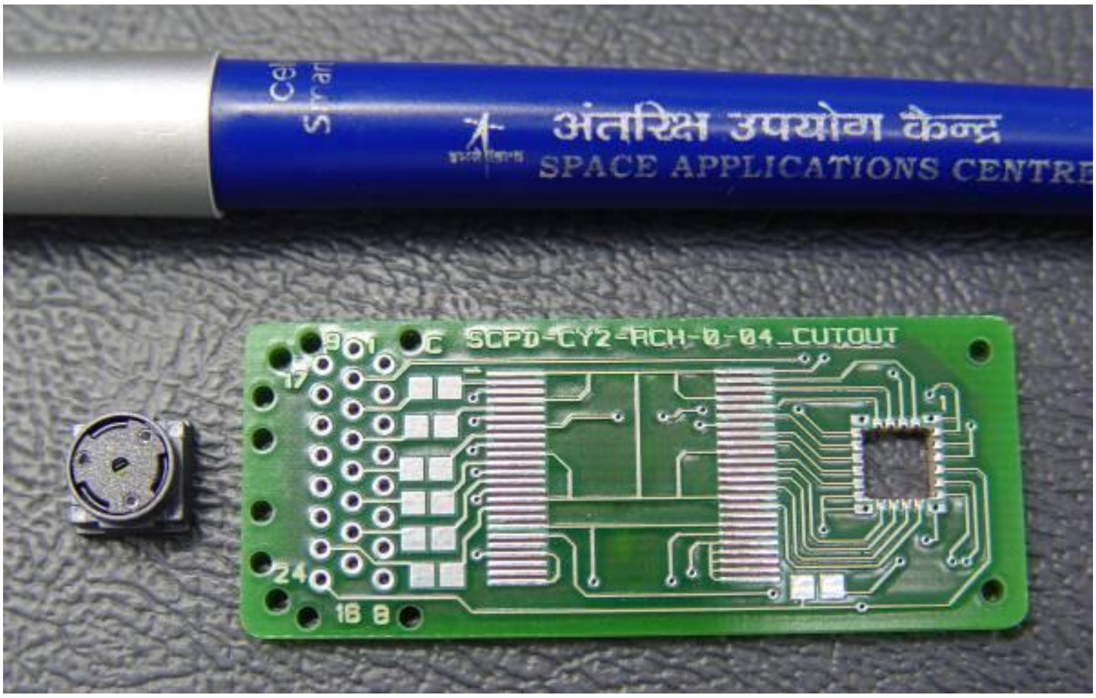
अनुक्रमणिका

इस संवेदनशील अवयव का हाफकट पी.टी.एच पी.सी.बी में माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग एक चुनौती पूर्ण कार्य है।

यह अवयव फाइनपिच होने के कारण इसका माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग बहुत ही जटिल है और बिना माइक्रोस्कोप इसको लगाना कठिन है।

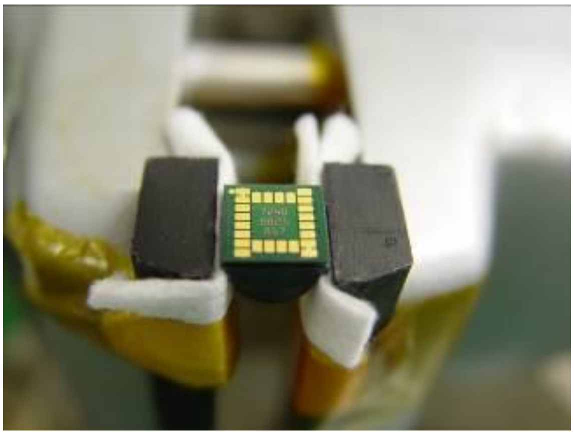
इस माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा के माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग कार्य को आसान बनाने के लिए हमने बहुत से उपाय (तकनीक) आजमाए हैं।

❖ **तकनीक -1**




**अवयव को हाथ में पकड़ कर पी.सी.बी पर माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग करना।**

इस तकनीक में सबसे पहले हाफकट पी.टी.एच पी.सी.बी को पी.सी.बी स्टेंड में लगाकर और माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा को हाथ में पकड़ कर पी.सी.बी. के पैड के साथ एलाईमेंट करना था। यह तकनीक हमारी विफल रही क्योंकि कैमेरा का माउन्टिंग पी.सी.बी. में दिए गए माउन्टिंग पी.टी.एच विया से सोल्डरिंग करके अवयव का माउन्टिंग करना था और यह कार्य माइक्रोस्कोप में देखकर ही संभव था। ये कार्य करते समय व्यक्ति के हाथ का हिलना स्वभाविक है। अब माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा का माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग कठिन कार्य हो गया था। फिर नई तकनीक ढूंढी गई।



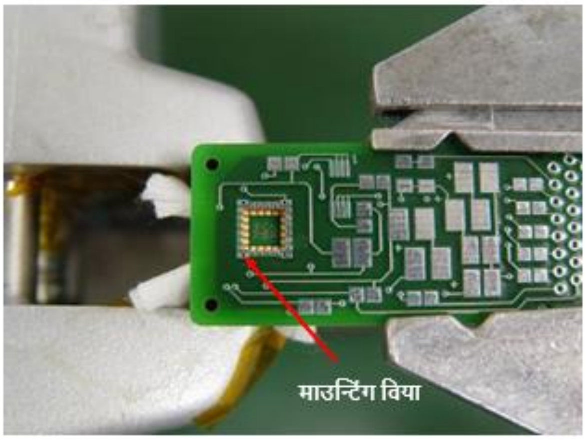
❖ **तकनीक-2**

**माइक्रो कैमेरा और पी.सी.बी. दोनों को पकड़ कर।**

इस नई तकनीक में माइक्रो कैमेरा को बहोत ही सुरक्षा के साथ अवयव होल्डिंग वाईश में पकड़ कर रखा गया।

उसके बाद पी.सी.बी को पी.सी.बी. स्टेंड में रख कर दोनों समांतर एक दूसरे के उपर रखकर कैमेरा के पैड और पी.सी.बी. के सोल्डरिंग पैड को एलाईमेंट कर के दिए गए माउन्टिंग विया से सोल्डरिंग कर के अवयव का माउन्टिंग किया गया।

हमारी यह तकनीक सफल रही पर आसान बिलकुल नहीं थी क्योंकि यह कार्य कुशल व्यक्ति ही कर पाते थे और इस कार्य में थोड़ी सी जल्दी या गलती होने पर कैमेरा के खराब होने की संभावना बहुत ही ज्यादा थी।



पूर्ण तरह सुनिश्चित होने पर ही अवयव को वाईश में से सावधानी से निकाला जाता था। इस बिच होने वाला छोटा सा कंपन भी अवयव का माउन्टिंग खराब कर देता था।

इस तकनीक में

- **अवयव का पी.सी.बी. से ऊँचा रहेना**
- **माउन्टिंग टेढा होना**
- **सोल्डरिंग मटीरियल का कैमेरा पैड तक न पहोचना**
- **माइक्रो कैमेरा की होल्डिंग वाइस में सुरक्षा का मुद्दा**
- **कार्य में समय ज्यादा लगना।**

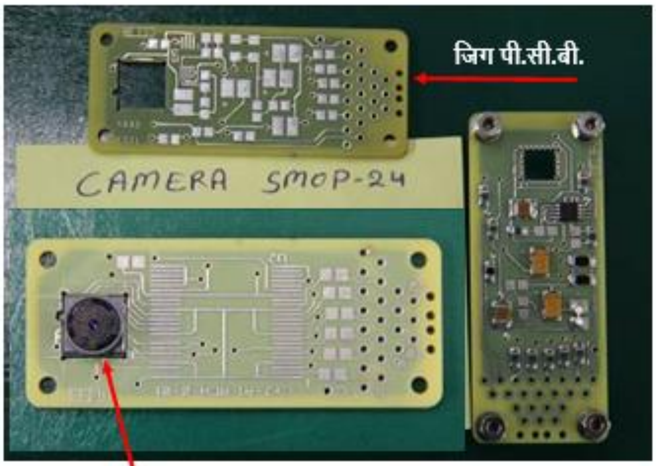
**जैसी तकलीफें हमारे सामने आई थी।**

इस माइक्रो कैमेरा का उपयोग बढ़ गया था और हमारे पास बहोत मात्रा में काम आ गया था।

अब हमें एसी तकनीक चाहिए थी जिस से हर व्यक्ति यह कैमरा माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग के कार्य को पूर्ण विश्वास के साथ आसानी से सफलता पूर्वक सम्पन कर पाए। इसलिए हमें तकनीक को और ज्यादा बहेतर बनाने की जरूरत थी।

❖ **तकनीक -3**

**पी.सी.बी. को कैमेरा माउन्टिंग जिग बनाकर।**



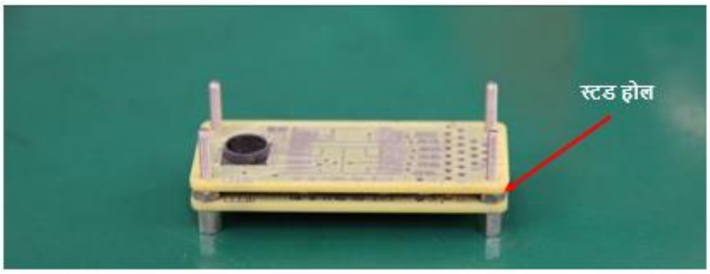

जिग पी.सी.बी. में माइक्रो कैमरा माउन्ट

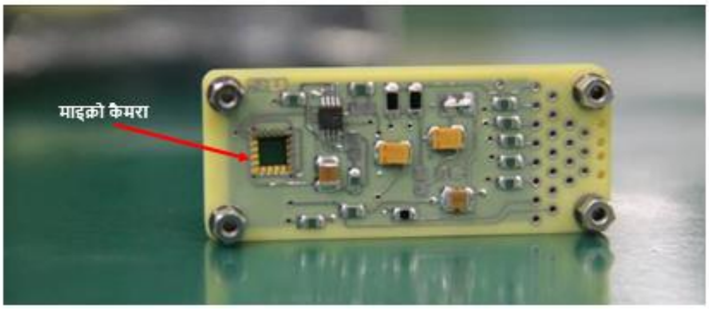
नई तकनीक में हमने बेयर हाफकट पी.टी.एच पी.सी.बी. को जिग बनाया।

हमने पी.सी.बी. को जहाँ माइक्रो कैमरा माउन्ट होता था उस जगह को कट कर इतना बड़ा किया के वहा से कैमेरा अवयव आसानी से निकल जाये।

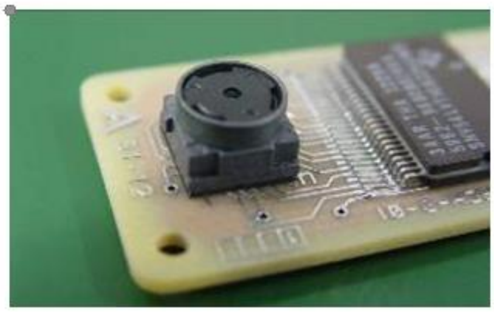
अब वायर्ड पी.सी.बी के स्टड होल का उपयोग करके पी.सी.बी जिग को उसके समान्तर लगा दी गई।

बड़ी की गई जगह में कैमेरा अवयव को रखा गया हमने पाया की वायर्ड पी.सी.बी पर कैमेरा के फाइनपिच पैड सही तरीकेसे एलाइन हो गये थे।





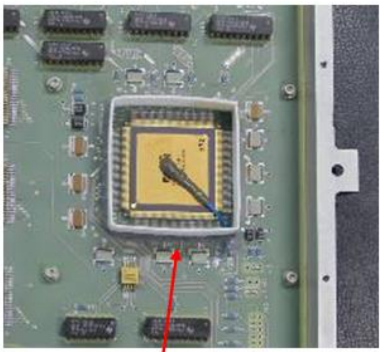
अब पी.सी.बी. के माउन्टिंग विया से सोल्डरिंग करके हमने अवयव का माउन्टिंग कर दिया। माउन्टिंग होने के बाद हमने पी.सी.बी. जिग को आसानी से निकाल दिया और फिर हाफकट पी.टी.एच में सोल्डरिंग कर के हमने माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा का माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग कार्य पूर्ण किया।



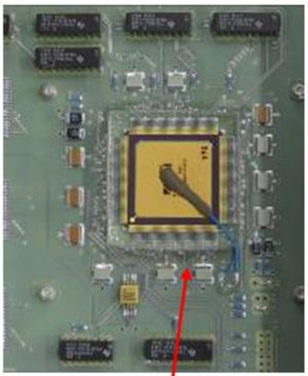
इस तकनीक का सबसे बड़ा फायदा यह था की

- माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा का माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग का कार्य कोई भी व्यक्ति आसानी से कर सकता था।
- जटिल कार्य काफी हद तक सरल बना
- गुणवत्ता और विश्वसनीयता में सुधार हुआ
- समय की बचत हुई जिससे कार्य ज्यादा से ज्यादा किया जा सकने लगा।

**नवीन विचार 2**



टेफ्लॉन पट्टी



मेप्सिल डेम मटीरियल

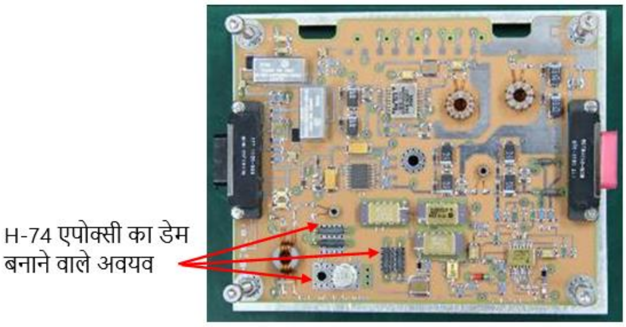
H-74 एपोक्सी एक थर्मलएपोक्सी है यह एपोक्सी का उपयोग जो अवयव वास्तविक तापमान से अधिक गरम होता हो उस अवयव के तापमान को पी.सी.बी या बॉक्स में फेला कर गर्मी को सामान्य करने के लिए होता है।

सामान्य तोर पर पावर रजिस्टर, ट्रांसिस्टर, थर्मिस्टर, आईसी ....आदि अवयव को हिटसिंक प्रदान करने के लिए H-74 एपोक्सी मटीरियल की जरूरत होती है। यह मटीरियल घट प्रवाहि के रूप में आता है किसी भी अवयव पर H-74 एपोक्सी का कार्य करने से पहले उस अवयव के आसपास एक दीवार बनानी जरुरी है जिस से एपोक्सी वहा से बह ना जाये।

यह दीवार हम टेफ्लॉन की बनाते है। टेफ्लॉन पट्टी का उपयोग CQFP आईसी के आसपास दीवार बना ने के लिए करते है जिस से आईसी पर मेप्सिल मटीरियल के घोल को भरकर आईसी पर डेम भरा जाये। यह टेफ्लॉन की सिट मोटी होती है जिसमें से जरूरत के मुताबिक पट्टी काट कर डेम की दीवार बनाई जाती है मेप्सिल मटीरियल क्योर हो जाने के बाद यह टेफ्लॉन की पट्टी को निकाल दिया जाता है। इस पूरे काम में हमें 2 से 3 दिन का वक्त लगता है।

कार्टोसैट श्रृंखला प्रोजेक्ट के कार्टोसैट-2C, कार्टोसैट-2D, कार्टोसैट-2E, कार्टोसैट-2F में लगे MX-PPS, PAN-PPS

DVM जैसे अर्जकभार में लगभग पी.सी.बी. बनाई गई थी हर एक पी.सी.बी. में H-74 एपोक्सी के 3 डेम बना ने थे।



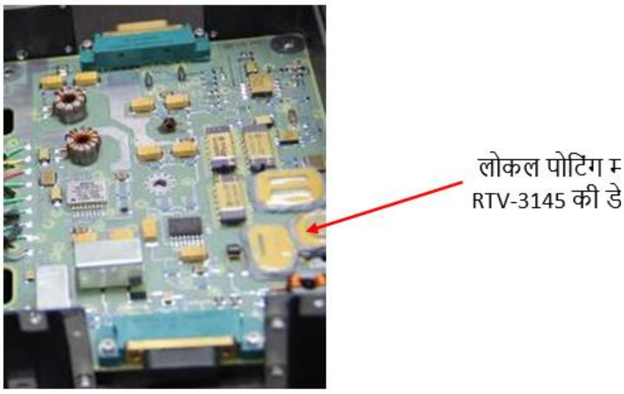

जिसमें पूरी कार्टोसैट श्रृंखला प्रोजेक्ट में 120 से ज्यादा H-74 एपोक्सी के लिए पी.सी.बी. और बॉक्स में डेम बनाए गए थे।

कार्टोसैट श्रृंखला के प्रोजेक्ट में सबसे ज्यादा कमी रही हो तो वह है समय की, इसलिए हमें सारे कार्य कम समय में पूर्ण करने थे। डेम बना ने के कार्य को कम समय में करने के लिए हमें टेफ्लोंन के अलावा कोई और मटीरियल का उपयोग करके डेम बनाने की आवश्कता थी।

**तकनीक- 1**

हम ने पहले लोकल पोटिंग मटीरियल RTV-3145 का उपयोग किया और टेफ्लोंन से बनने वाले डेम से कम समय में डेम का कार्य किया।

इस तकनीक में हम ने अवयव को चारो तरफ से लोकल पोटिंग मटीरियल की दीवार बना कर उसमे H-74 एपोक्सी मटीरियल के घोल को भरकर ओवन में क्योर कर दिया गया।




ये तकनीक में हम ने समय की बचत की पर कुछ रि-वर्क हमारे सामने आये

जैसे की लोकल पोटिंग के डेम की उचाई कम होने के कारण

- **मटीरियल का वेक्यूम करना संभव नहीं हो पा रहा था**
- **जिससे मटीरियल के क्योरिंग के बाद उसमे हवा के बुलबुले पाए गए।**
- **लोकल पोटिंग मटीरियल अपारदर्शक होने के कारन H-74 एपोक्सी मटीरियल कहा तक है वह देखना संभव नहीं था**
- **H-74 एपोक्सी मटीरियल की मात्रा हर डेम में अलग-अलग रहती थी**

लोकल पोटिंग से डेम बना ने की तकनीक से समय कम लगा पर हमें कार्य में लगने वाले समय को और भी कम करना था और वो भी बिना कोई रि-वर्क।

**तकनीक -2**

हम ने नई तकनीक में कार्टोसैट श्रृंखला प्रोजेक्ट में लगाने वाले H-74 एपोक्सी मटीरियल के डेम को बनाने के लिए जिग बनाई।

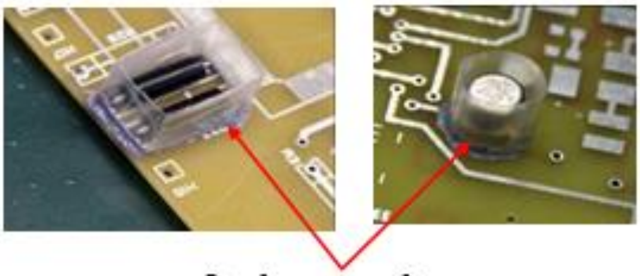
पी.सी.बी. में लगे रेसिस्टर और टी.ओ. ट्रांसिस्टर पर हमें H-74 एपोक्सी मटीरियल का डेम बना ना था।

हमने H-74 एपोक्सी लगाने वाली जगह का नाप लिया और उसके लिए जिग बनाने की सोची।

यह जिग एक एल्युमिनियम का क्यूब और रोड है जिसका माप पी.सी.बी. में लगे अवयव से थोडा बड़ा था।

अवयव

इस एल्युमिनियम की जिग पर उससे थोड़ी बड़ी श्रींकेबल स्लीव को जिग पर श्रींक करके स्लीव को जिग के आकार का बनाया फिर स्लीव को बिना खराब किये जिग में से निकाल कर पी.सी.बी. में जहाँ H-74 एपोक्सी लगानी है वह अवयव रेसिस्टर और टी.ओ. ट्रांसिस्टर पर जिग लगा दी गई और H-74 एपोक्सी मटीरियल डेम से बहार ना निकल जाए उसके लिए लोकल पोटिंग मटीरियल की पतली परत डेम के बाहर पी.सी.बी और स्लीव को जोड़ने के लिए लगा दी गयी।



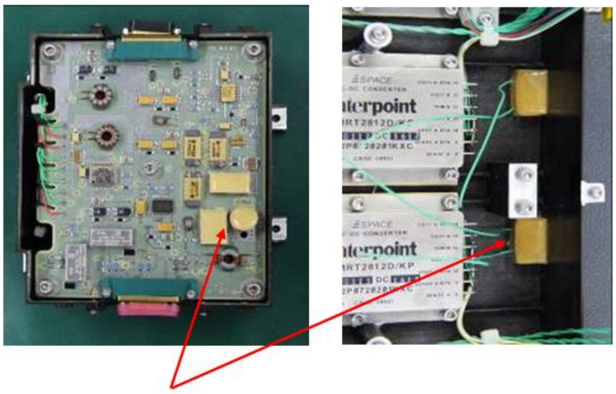
जिग से बनाया गया डेम

अब इस बनाए गए डेम में हमने H-74 एपोक्सी का घोल भर कर उसका वेक्यूम से डी एयरेसन कर के निर्धारित तापमान पर निर्धारित समय तक क्योरिंग होने के लिए रख दिया।

क्योरिंग हो जाने के बाद पी.सी.बी. और डेम के पास लगी लोकल पोटिंग मटीरियल RTV-3145 को निकाल दिया गया। और डेम से ज्यादा बड़ी स्लीव को हमने काट दिया।

और हमारी ये तकनीक सफल रही क्योंकि इस तकनीक से बहोत ही कम समय में हम ने कार्य पूर्ण कर दिया था।

अनुक्रमणिका



जिग से बनाया गया डेम

- **स्लीव एक स्पेश मटीरियल होने के कारण इसको निकाल ना जरुरी नहीं हे। जिस से डेम निकलने का समय बच गया।**
- **स्लीव एक अर्धपारदर्शक मटीरियल होने के कारन H-74 एपोक्सी मटीरियल कहा तक है ये आसानी से देखा जा सकता है।**
- **अवयव की उचाई से बड़ा डेम होने के कारण वेक्युम करना आसान हुआ। जिस से मटीरियल में हवा के बुलबुले ना के बरा बर पाए गए।**
- **सारे डेम का नाप एक सामान होने के कारण सब पी.सी.बी. में एक समान मटीरियल का उपयोग होने से कार्य की गुणवत्ता में सुधार हुआ।**

**जिग का उपयोग कर के हमने कार्य को कम समय में पूर्ण किया।**

यह जिग का नविन विचार सिर्फ कार्टोसैट श्रृंखला प्रोजेक्ट में ही नहीं पर भविष्य में कोई भी प्रोजेक्ट श्रृंखला में डेम बनाने के लिए अति उपयोगी है।

**निष्कर्ष :** जिग के उपयोग से माइक्रो एस.एम.डी. कैमेरा का माउन्टिंग एवं सोल्डरिंग का जटिल कार्य आसानी से होने लगा। जिग के उपयोग से कार्य की गुणवत्ता और विश्वसनीयता में सुधार हुआ, कार्य कम समय में पूर्ण होने के कारण कार्य ज्यादा से ज्यादा होने लगा।

**लेखक**

**परिचयः**

अपिल राजेन्द्रकुमार प्रजापति PR NO: AC08326 आईटीआई-इलेक्ट्रोनिक्स, कुबेर नगर अहमदाबाद 2013 में तकनीशियन-बी के पद पर नियुक्त पी.ई.एफ.डी. लेब में HI-REL EXAM सफलता से पास कर के अर्जकभार के इलेक्ट्रोनिक्स संविरचन का कार्य शुरू किया।

महेशकुमार कानजीभाई मकवाणा PR NO: AC08310 आईटीआई-इलेक्ट्रोनिक्स ,कुबेर नगर अहमदाबाद 2012 में तकनीशियन -बी के पद पर नियुक्त पी .ई .एफ.डी. लेब में HI-REL EXAM सफलता से पास कर के अर्जकभार के इलेक्ट्रोनिक्स संविरचन का कार्य शुरू किया।

शिवानंदा PR NO : AC08506 आईटीआई-फिटर ,एस.वि.ई.एस. आईटीआई, भालकी,कर्नाटक 2015 में तकनीशियन -बी के पद पर नियुक्त पी.ई.एफ.डी. लेब में अर्जकभार का यांत्रिक कार्य।

***

अनुक्रमणिका

# विद्युत प्रकाशीय सुदूर संवेदन नीतभारों के लिए बहुपयोगी नीतभार कमांड एवं नियंत्रण प्रणाली

रंजन परनामी, हेमल वी. भगत
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो, अहमदाबाद 380015, भारत
ईमेल : { ranjanparnami, hvbhagat } @ sac.isro.gov.in

सारांश:
*अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के महत्वपूर्ण केन्द्रों में से एक है जहाँ सुदूर संवेदन (Remote Sensing) और संचार उपग्रह के नीतभारों (Payloads) की अभिकल्पना एवं विकास किया जाता है। सैक में इन नीतभारों का विकास, परीक्षण एवं मूल्यांकन ठीक वैसे ही अनुकृत वातावरण में किया जाता है, जिनका सामना वे उपग्रह की उड़ान के दौरान करते हैं। इसरो के सुदूर संवेदन अंतरिक्ष कार्यक्रम के अंतर्गत, विभिन्न विद्युत प्रकाशीय (ईओ) नीतभारों की अभिकल्पना और विकास सैक में हुआ है। वर्तमान में रैखिक और क्षेत्र सीसीडी (CCDs) का उपयोग व्यापक रूप से ईओ सुदूर संवेदन नीतभार में सेंसर के रूप में किया जाता है। यहाँ विशेष प्रकाशीय तंत्र की अभिकल्पना की जाती है और फोकल तल में संवेदक (Sensor) को प्रतिबिम्ब ग्रहण करने के लिए रखा जाता है। प्रतिबिम्ब CCD के पिक्सल में आवेश (charge) के रूप में जमा हो जाता है, जो की निर्गत द्वार (output port) से एनालॉग संकेत के रूप में बाहर निकलता है। एनालॉग संकेत का अंकीकरण (Analog to digital conversion) किया जाता है।*

*नीतभार को अपने संचालन के लिए क्लोक संकेत, विद्युत लाइनों और आदेशों (commands) की आवश्यकता होती है और यह डिजिटल वीडियो आँकड़ें (data) उत्पन्न करता है। नीतभार का अंतरिक्षयान के दूसरे उपतंत्र जैसे कि दूरादेश (tele-command,टीसी), दूरमिति (telemetery, टीएम) और बेसबैंड डेटा हैण्डलिंग (बीडीएच) के साथ अन्तरापृष्ठ होता है। अंतरिक्ष यान की अनुपस्थिति में, एक ऐसे सिस्टम की आवश्यकता है जो कि इन सब उपतंत्रों के इनपुट को अनुकृत करें और साथ ही नीतभार डाटा को अधिगृहित करके इसके प्रदर्शन का मूल्यांकन करें। अंतरिक्ष यान अंतरापृष्ठ अनुकारी-सिस (Payload Command and Control System, PCCS) अंतरिक्ष यान की अनुपस्थिति में नीतभार के संचालन एवं परीक्षण के लिए डिजाइन और विकसित किया गया है। पिसिसिएस एक ग्राउंड चेकआउट उपकरण है जो कि नीतभार की ग्राउंड टेस्टिंग के लिए उपयोग में लाया जाता है। पिसिसिएस जीयूआई आधारित ऐसा एम्बेडेड सिस्टम है जो कि ईथरनेट के माध्यम से कंप्यूटर के साथ अन्तरापृष्ठ करता है। पिसिसिएस के लिए अनुप्रयोग सॉफ्टवेयर कंप्यूटर में रहता है। इस लेख में पिसिसिएस के विभिन्न अभिकल्पना विन्यास एवं परिचालन का विस्तृत विवरण दिया गया है।*

**संकेत शब्द:**
नीतभार, जांच, बीडीएच, TCTM, पिसिसिएस, दूरादेश, दूरमीति, सुदूर संवेदन

## 1. प्रस्तावना

विद्युत–प्रकाशीय नीतभार जटिल उपकरण हैं जिसमें उपग्रह की उपप्रणालियों के लिए विशेष अंतरापृष्ठ होता है और साथ में वे बहुत उच्च दर के साथ अपरिष्कृत डाटा भी उत्पन्न करते हैं। इन विद्युत–प्रकाशीय नीतभारों के स्वायत्त परिचालन एवं उनकी परीक्षण, मूल्यांकन और अर्हता जांच के लिए विशेष उपकरणों की अभिकल्पना एवं विकास किया गया है। इन्हें ग्राउंड चेकआउट इंस्ट्रूमेंट के नाम से भी जाना जाता है। इन उपकरणों का कार्य के आधार पर वर्गीकरण निम्न प्रकार से है:

- नीतभार के लिए कमान और नियंत्रक संकेत (डिजिटल क्लोक्स इत्यादि) की उत्पत्ति।
- नीतभार के गृहवीक्षक (Housekeeping) डाटा का अधिग्रहण एवं प्रसंस्करण।
- अपरिष्कृत पेलोड डाटा (Raw Payload Data) अधिग्रहण, डेटा विश्लेषण, नीतभार के संपादन मानकों जैसे संकेत-रव अनुपात (एसएनआर), बैंड का बैंड से पंजीकरण (बीबीआर), प्रकाश स्थानान्तरण अभिलक्षण (एलटीसी) की संगणना। इन के लिए, उच्च गति के आँकड़ा अभिग्राही उपकरण और संवेदक आधारित सॉफ्टवेयर विकसित किये गए हैं।

उपरोक्त कार्यात्मक जरूरतों को पूरा करने के लिए, नीतभार परीक्षण प्रणाली निम्नलिखित उप प्रणालियों में विन्यासित है:

- आदेश और निगरानी प्रणाली (सीएमएस) / Command and Monitoring System (CMS): इसमें नीतभार कमान और नियंत्रक प्रणाली (पिसिसिएस) / Payload Command and Control System (PCCS) और नीतभार स्थिति संकेतक (पीएसआई) / Payload Status Indicator (PSI) शामिल हैं।
- शक्ति वितरण इकाई (पीडीयू) / Power Distribution Unit (PDU)
- नीतभार आँकड़ा अधिग्रहण प्रणाली (पीडीएएस) / Payload Data Acquisition System (PDAS): इसमें डाटा प्रबंधन इकाई (डीएचयू) / Data Handling Unit (DHU) और आँकड़ा अधिग्रहण इकाई (डीएक्यू) / Data Acquisition Unit (DAQ) शामिल हैं।

पिसिसिएस ग्राउंड चेकआउट उपकरणों में से एक है जो नीतभार की ग्राउंड टेस्टिंग के लिए उपयोग में लिया जाता है। पिसिसिएस एक पूरी तरह विन्यासनीय (configurable), प्रोग्रामनीय और प्रसरनीय (expandable) एम्बेडेड सिस्टम है; जिसे Rabbit लघु नियंत्रक, प्रोग्रामनीय क्लोक जनित्र और FPGAs का उपयोग कर विकसित किया गया है। सिस के लिए अनुप्रयोग सॉफ्टवेयर, LINUX में TCL भाषा का उपयोग करके विकसित किया गया है। **चित्र 1** इलेक्ट्रॉनिक ग्राउंड चेकआउट परीक्षण सेटअप और पिसिसिएस का नीतभार के साथ अंतरापृष्ठ दिखाया गया है।

पिसिसिएस की बुनियादी क्रियाएँ इस प्रकार हैं:

1. नीतभार और विद्युत वितरण इकाई के लिए विभिन्न प्रकार के दूरादेशों (Telecommands) का उत्पादन।
2. नीतभार संचालन और स्वास्थ्य की निगरानी के लिए क्लोक संकेतों का उत्पादन।
3. नीतभार डेटा अधिग्रहण के लिए तुल्यांकन (synchronization) एवं नियंत्रण क्लोक संकेतों का उत्पादन।

ईओ नीतभार का स्वाश्रयी परीक्षण (stastandalone testing), मूल्यांकन (evaluation) एवं चिन्हन (chacharacterization) पिसिसिएस की मदद से सैक में किया जाता है।

## 2. हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर विन्यास

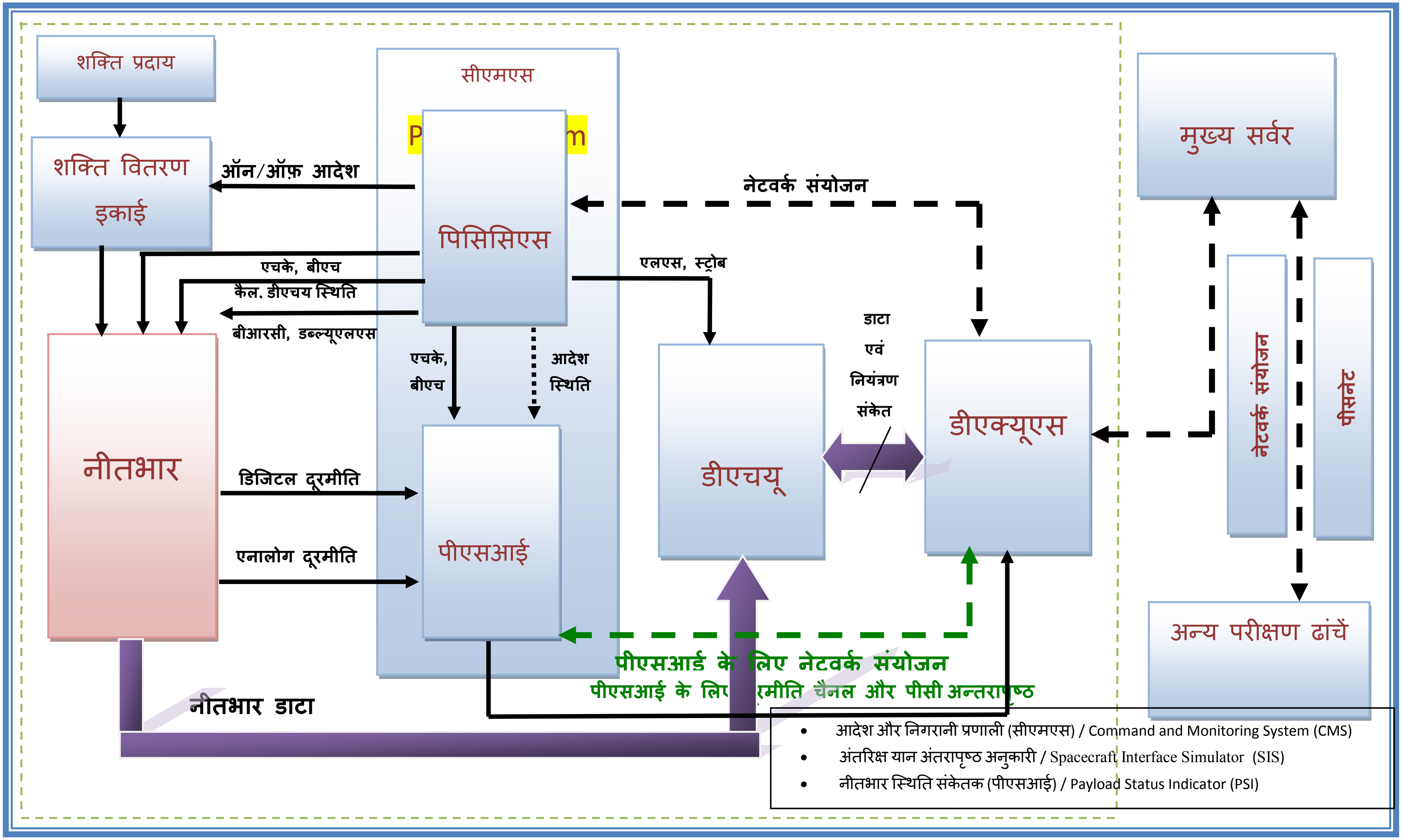
पिसिसिएस की अभिकल्पना FPGA एवं अन्तःस्थापित (embedded) लैन नेटवर्क पर आधारित है जिसे जीयूआई द्वारा संचालित कर सकते हैं।

पिसिसिएस उपकरण का कार्यात्मक आरेख एवं हार्डवेयर **चित्र 2** में दिखाए गए है।

पिसिसिएस की मुख्य विशेषताएं इस प्रकार हैं:

* **विन्यासनीयता (Configurability):** सिस का परिपथ डिजाइन FPGA पर आधारित है जो कि इस उपकरण को विन्यासनीय (configurable) बनाता है।
* **प्रसरनीयता (Expandability):** पिसिसिएस डिजाइन मदरबोर्ड - डॉटरबोर्ड अवधारणा पर आधारित है। एक दूरादेश (Telecommand) कार्ड 85 आदेशों की पूर्ति कर सकता है और अधिक दूरादेशों की आवश्यकता को पूरा करने के लिए और अधिक कार्डों का सोपानन (cascading) किया जा सकता है। एक BRC (बिट दर क्लोक) एवं WLS (विस्तृत लाइन आरंभ पल्स) क्लोक जनित्र कार्ड LVDS संकेतों के 24 युग्म का उत्पादन करने में सक्षम है। लाइनों के विस्तार के क्रम में दास कार्ड (Slave card) को जोड़ा जा सकता है।
* **प्रोग्रामनीयता (Programmability) :** पिसिसिएस पीसी में स्थित जीयूआई के माध्यम से संचालित किया जाता है। कमान और क्लोक संकेतों के प्रत्येक प्राचल (parameter) का चयन एवं निष्पादन जीयूआई के माध्यम से भेजा जाता है। उदहारणतः क्लोक संकेत की आवृत्ति, वोल्टेज स्तर (2.5V,3.3V,5V उदाहरण के लिए), अंतरापृष्ठ (जैसे: TTL,CMOS,LVDS) प्रोग्रामनीय हैं।
* **विश्वसनीयता:** पिसिसिएस की विश्वसनीयता सुनिश्चित करने के लिए इसे 168 घंटे लगातार संचालित किया जाता है और इसका परिभाषित नियमों के अंतर्गत परीक्षण और मूल्यांकन (टी एंड ई) भी किया जाता है।
* पिसिसिएस नीतभार संचालन के लिए निर्धारित सभी पॉवर, कमांड और क्लोक अंतरापृष्ठ प्रदान करता है।
* पिसिसिएस वर्कस्टेशन पीसी के साथ 10/100 ईथरनेट माध्यम से अंतरापृष्ठ करता है।

पिसिसिएस का हार्डवेयर कार्यात्मक रूप से तीन वर्गों में विभाजित किया जा सकता है।




चित्र 1 : प्रारूपी नीतभार परीक्षण एवं मूल्यांकन

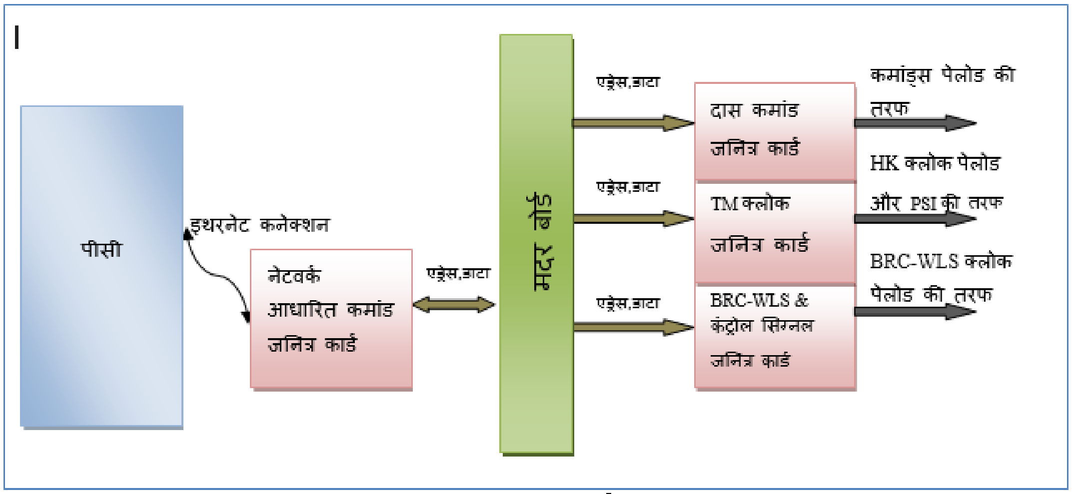
(1) प्लेटफोर्म, इसमें पीसी के लिए 10/100 ईथरनेट नेटवर्क अंतरापृष्ठ है और दास (slave) कार्ड्स के लिए 13 खांचे (slots) हैं।

(2) सॉफ्टवेयर / हार्डवेयर प्रोग्रामेबल कार्ड जो नीतभार के लिए संकेत उत्पन्न करते हैं।

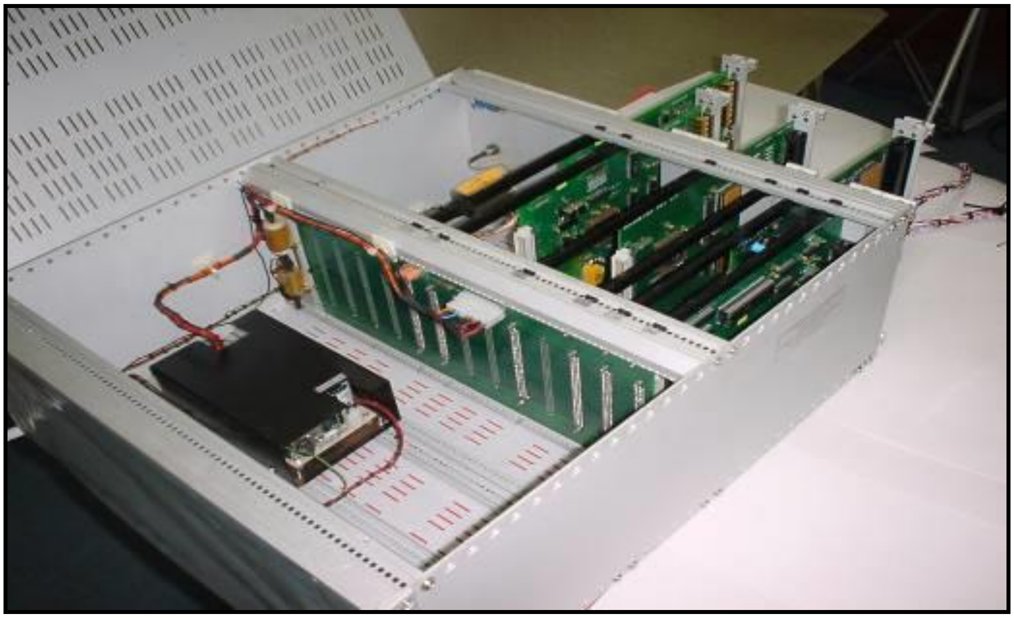
(3) नीतभार विशिष्ट हार्डवेयर जो नीतभार से अंतरापृष्ठ करते हैं।

पिसिसिएस पीसी के साथ ईथरनेट पोर्ट के माध्यम अंतरापृष्ठ करता है। पिसिसिएस में Rabbit लघु नियंत्रक RCM3200 लगा है जिसमें एक ईथरनेट पोर्ट है और इसी के माध्यम से पीसी के ईथरनेट पोर्ट को पिसिसिएस से जोड़ा गया है।
जीयूआई के लिए सॉफ्टवेयर का विकास लिनक्स OS में TCL भाषा का उपयोग करके किया गया है। उपयोगकर्ता जीयूआई के माध्यम से पिसिसिएस से निकलने वाले संकेतों को कंट्रोल कर सकता है तथा इनके प्राचलों (Parameters) को आवश्यकतानुसार बदल सकता है। Rabbit लघु नियंत्रक मॉड्यूल के लिए फर्मवेयर का विकास 'C' भाषा में एवं FPGAs का तर्क (logic) विकास VHDL भाषा में किया गया है।

विद्युत वितरण इकाई (PDU) भी पिसिसिएस का एक हिस्सा है। यह एक DPDT इलेक्ट्रो-मैकेनिकल रिले आधारित प्रणाली है जो किसी भी नीतभार की आवश्यकताओं के लिए पूरी तरह से विन्यासनीय है। पीडीयू नीतभार पावर संकुल (Payload Power Packages) के अभाव में नीतभार को पावर पूर्ति करता है। यह पिसिसिएस से कमान और CBPS (निर्देश निर्मित विद्युत आपूर्ति) से विद्युत लाइनों प्राप्त करता है और विद्युत को नीतभार की बिजली लाइनों पर पहुंचाता है।




चित्र 2.1 :पिसिसिएस का कार्यात्मक आरेख



चित्र 2.2 : नीतभार कमान और नियंत्रक प्रणाली (पिसिसिएस) हार्डवेयर

**3. अभिकल्पना पद्धति**

किसी एक विशेष अनुप्रयोग (application) के निष्पादन का अनुक्रम निम्नलिखित प्रकार से है:

1) पीसी पर जीयूआई के माध्यम से संचालित करने के लिए आवश्यक आदेश/फलन (Command/function) का चयन।
2) पीसी में सॉफ्टवेयर आवश्यक कमांड कोड उत्पन्न करता है और पीसी के ईथरनेट पोर्ट के माध्यम से यह कमांड कोड पिसिसिएस के लघु नियंत्रक मॉड्यूल को भेज देता है।
3) लघु नियंत्रक मॉड्यूल ईथरनेट पोर्ट के माध्यम से कमांड कोड को प्राप्त करता है और अर्थ निर्वचन (Interprete) करके आवश्यक कार्रवाई के लिए नियंत्रण संकेतों को उत्पन्न करता है।
4) लघु नियंत्रक से उत्पन्न ये नियंत्रण संकेत SPI प्रोटोकॉल के माध्यम से FPGA तक पहुंचते हैं और FPGA इन संकेतों के अनुसार आवश्यक पिन पर कमांड/क्लोक्स संकेत उत्पन्न करता है।
5) क्रिस्टल दोलित्र (oscillator) से उत्पन्न मास्टर क्लोक का उपयोग कर FPGA हार्डवेयर के माध्यम से सटीक समय के साथ आदेशों (commands) की उत्पत्ति होती है।
6) टाइमिंग संकेत जैसे कि बिट दर क्लोक (BRC), वाइड लाइन आरंभ पल्स (WLS), टेलीमेटरी क्लोक्स और अधिग्रहण क्लोक की उत्पत्ति भी FPGAs के माध्यम से होती है। इसके लिए भी FPGA को लघु नियंत्रक से SPI प्रोटोकॉल के माध्यम से नियंत्रण संकेत प्राप्त होते है।
7) पिसिसिएस के क्लोक जनित्र कार्ड में एक प्रोग्रामनीय क्लोक जनरेटर (SILAB'S Si5338) लगा है जिसे I2C प्रोटोकॉल द्वारा प्रोग्राम कर सकते हैं। उपयोगकर्ता क्लोक संकेतों के प्राचलों को ऑनलाइन जीयूआई के माध्यम से बदल सकता है।

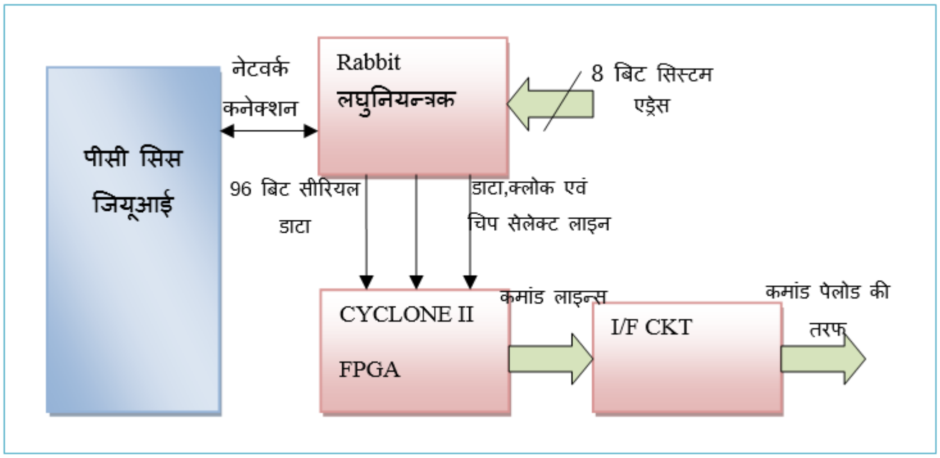
Rabbit 3200 लघु नियंत्रक मॉड्यूल के कार्यों को निम्न भागों में विभाजित कर सकते हैं :

1. उपयोगकर्ता टर्मिनल (GUI) और पिसिसिएस के बीच कनेक्शन की स्थापना।
2. उपयोगकर्ता टर्मिनल से प्राप्त कमांड आदेशों की डिकोडन करना।
3. नीतभार कमांडिंग के लिए तीन लाइन सीरियल अंतरापृष्ठ (SCLK, SDATA, SCS) के माध्यम से FPGA के लिए उपयुक्त 96 बिट सीरियल आदेश भेजना।
4. नीतभार clocking के लिए I2C प्रोटोकॉल प्रोग्राम के माध्यम से क्लोक जनरेटर (SILAB'S Si5338) के लिए उपयुक्त आदेश भेजना।

**दूरादेशों (Telecommands) की उत्पत्ति कार्यप्रवाह:**

पिसिसिएस में नियंत्रण संकेत में कमांड के प्रकार, कमांड के मूल्य (value) और कमांड लाइनों की संख्या के बारे में जानकारी होती है। मुख्यतः तीन तरह के दूरादेशों का उत्पादन पिसिसिएस द्वारा किया जाता है, ये इस प्रकार हैं : पल्स (Pulse), स्तर (Level) और डाटा कमांड।

पिसिसिएस के द्वारा telecommand कार्ड का उपयोग कर दूरादेशों के उत्पादन की प्रकिया का वर्णन नीचे **चित्र 3** में किया गया है। उपयोगकर्ता द्वारा दी गई कमांड लघुनियंत्रक में पहुंचती है और लघुनियंत्रक इस कमांड की जानकारी को 96 बिट्स के संकेत के रूप में FPGA को दे देता है। सारणी 1 में इस 96 बिट संकेत का विवरण दिया गया है, जिसमें चयनित कमांड का प्रकार, कमांड का मूल्य, कमांड लाइन एड्रेस इत्यादि का विवरण है।



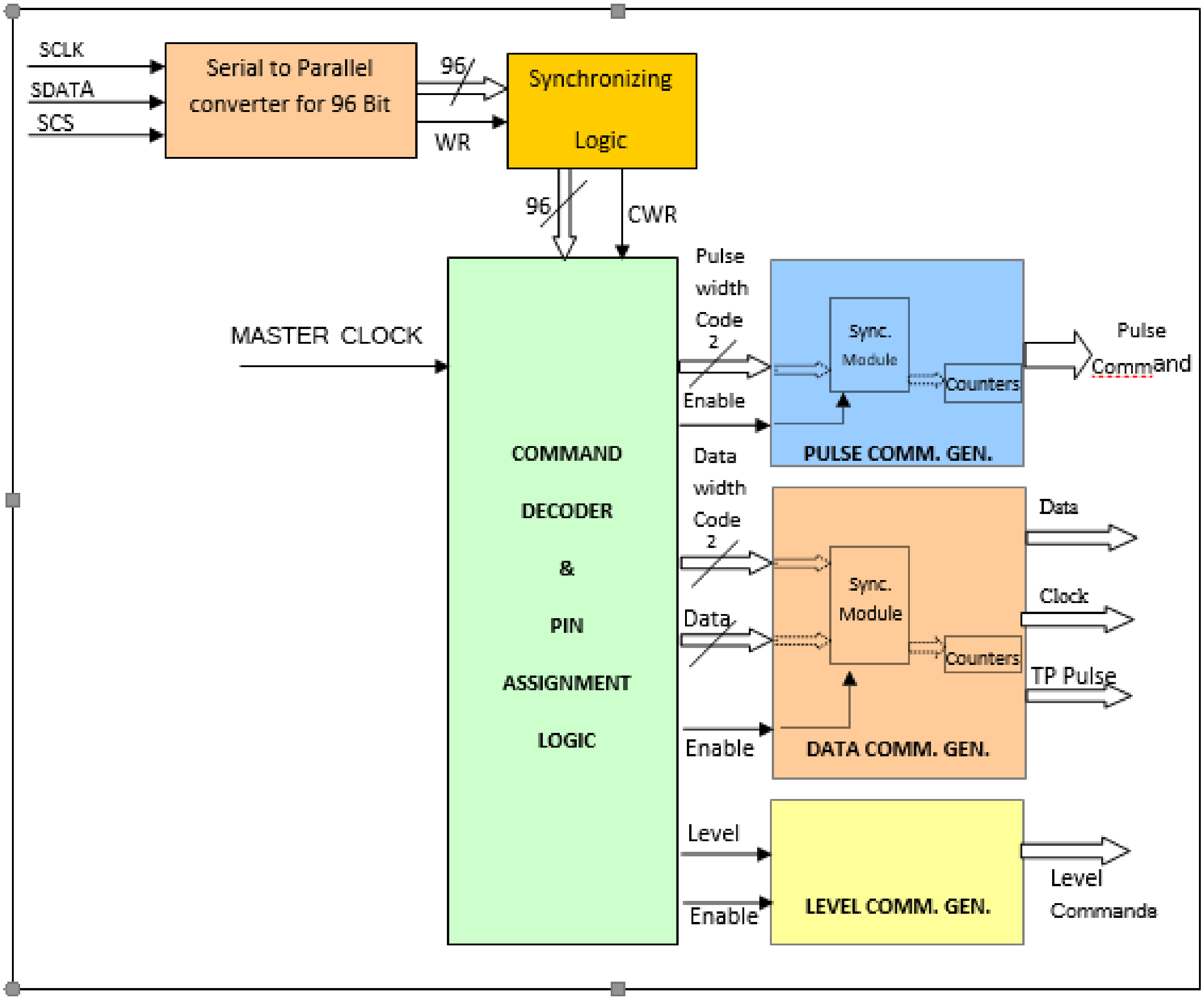

चित्र 3 :पिसिसिएस द्वारा टेलीकमांड निष्पादन

96 बिट नियंत्रण संकेत (लघु नियंत्रक से FPGA के बीच) का विवरण सारणी 1 में दिया गया है:

सारणी 1 : 96 बिट नियंत्रण संकेत का विवरण

| उपयोग में नहीं | डाटा कमांड में डाटा की डाटा बिट की संख्या | कमांड की परिभाषा | पल्स कमांड के लिए पुलसे चौड़ाई का मान | स्तर कमांड का मान | कमांड लाइन एड्रेस चयन |
|---|---|---|---|---|---|
| C95-C93<br>(3 bits) | C91-C92<br>(2 bits)<br>00-16 bits<br>01-32 bits<br>10-64 bits | C88-C90 (3bits)<br>000- स्तर कमांड<br>001- पल्स कमांड<br>010 - डाटा कमांड | C87-C86<br>(2 bits)<br>00-16 ms<br>00-50 ms<br>00-64 ms | C85<br>(1 bit)<br>1-बिट हाई<br>0-बिट लो | C84-C0 (85 bits)<br>(चयन के लिए ‘1’ और ‘0’ अचयन के लिए) |

इस 96 बिट संकेत को SPI प्रोटोकॉल के तहत ग्रहण करके इसका डिकोडन करता है। FPGA में प्रत्येक कमांड के लिए एक अलग तर्क डिजाइन ब्लाक (logic design block) है और चयनित कमांड के आधार पर निर्दिष्ट तर्क डिजाइन ब्लाक सक्रिय होता है और चयनित कमांड निर्देशित कमांड लाइनों पर उत्पन्न होती है। इस प्रकार कमांड का प्रकार, इसका मूल्य, कमांड लाइनों की संख्या और इनका एड्रेस सब कुछ जीयूआई के माध्यम से प्रोग्रामनीय है। FPGA तर्क डिजाइन आरेख चित्र 4 में दिया गया है। क्रिस्टल दोलित्र द्वारा मास्टर क्लोक के उपयोग से कमांड संकेतों की सटीक टाईमिंग उत्पन्न की जाती है।




चित्र 4 : FPGA तर्क डिजाईन आरेख

**4. उपसंहार**

पिसिसिएस की अभिकल्पना लघु नियंत्रक और FPGAs पर आधारित है। यह उपकरण ईथरनेट के माध्यम से पीसी के साथ अंतरापृष्ठ करता है। ईथरनेट अंतरापृष्ठ के द्वारा उपकरण को किसी भी ऑपरेटिंग सिस्टम वाले पीसी से जोड़ा जा सकता है एवं इससे रिमोट ऑपरेशन और प्रोग्रामेबिलिटी का लाभ भी मिलता है। अन्तःस्थापित प्रणाली (embedded system) के प्रयोग से संशोधनों में सुगमता, किसी भी आवश्यक कार्यों की पूर्ति, आसान विस्तार और कम अद्यतन समय का लाभ मिलता है। FPGAs के प्रयोग से विन्यासनीयता (configurability), सुनम्यता (flexibility) और तीव्र प्रत्यक्षीकरण चक्र (realization cycle) की सुविधाएँ मिलती हैं। इसके अलावा, FPGA विकास मंच कई डिजाइन प्रविष्टि के तरीके (mode) प्रदान करता है और डिजाइन सत्यापन और अनुकरण उपकरण (simulation tools) का समर्थन करता है। इस प्रकार, पिसिसिएस प्रोग्रामनीयता, विन्यासनीयता और प्रसरनीयता (expandability) आदि सभी सुविधाओं से युक्त है।

**5.संदर्भ**

[1] Rabbit लघु नियंत्रक मॉड्यूल के संदर्भ मैनुअल और डेटा पत्रक।

[2] ALTERA के FPGA के डेटा पत्रक।

[3] SILAB के प्रोग्रामनीय क्लोक जनित्र के डेटा पत्रक।

**6.आभार**

लेखकगण, **श्री तपन मिश्रा**, निदेशक, सैक और **श्री एस.एस.सरकार**, उपनिदेशक, सेडा के आभारी हैं, जिन्होंने इलेक्ट्रो ऑप्टिकल नीतभार चेकआउट इंस्ट्रूमेंटेशन के लिए काम करने का अवसर प्रदान किया है। हम विभिन्न ईओ नीतभार के लिए पिसिसिएस के विकास और कार्यान्वयन के चरण के दौरान मार्गदर्शन के लिए **श्री के.जे. शाह**, प्रभाग प्रधान, पीसीइडी और **श्री डी.आर.गोस्वामी**, समूह निदेशक, पीसीइजी के विशेष रूप से आभारी हैं। हम पेलोड एकीकरण (Integration) प्रभाग के भी आभारी हैं जिन्होंने पिसिसिएस के अद्यतन के लिए समय-समय पर मूल्यवान प्रतिपुष्टि (feedback) प्रदान की तथा विभिन्न ईओ नीतभार के लिए पिसिसिएस के कार्यान्वयन में प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष योगदान के लिए चेकआउट टीम के अन्य सदस्यों के भी आभारी हैं।

**7. लेखक परिचय**

[1] **रंजन परनामी** ने वर्ष 2007 में बीकानेर इंजीनियरिंग कॉलेज, राजस्थान से इलेक्ट्रोनिक्स एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 2007 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में विद्युत प्रकाशीय संवेदक समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में नीतभार निरीक्षण समूह में कार्यरत है।

[2] **हेमल वी. भगत** ने वर्ष 1981 में एवीपीटी कॉलेज, राजकोट से इलेक्ट्रोनिक्स में डिप्लोमा एवं वर्ष 1989 में एल.डी. इंजीनियरिंग कॉलेज, अहमदाबाद से इलेक्ट्रोनिक्स एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। वर्ष 1983 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में संवेदक विकास समूह में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में नीतभार निरीक्षण समूह में कार्यरत है।

# शेप्ड (सतह-आकार वाला) ग्रेगोरियन एंटिना के मिज़ुगुची शर्त के बारे में विवेचना

डॉ. रमेश चन्द्र गुप्ता, श्रवण कुमार सागी, डॉ मिलिंद बी महाजन
वैज्ञानिक।अभियंता-एसएफ, प्रधान, समूह निदेशक
**ऐन्टेना सिस्टम्स समूह, अन्तरिक्ष उपयोग केन्द्र**
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
rameshgupta@sac.isro.gov.in

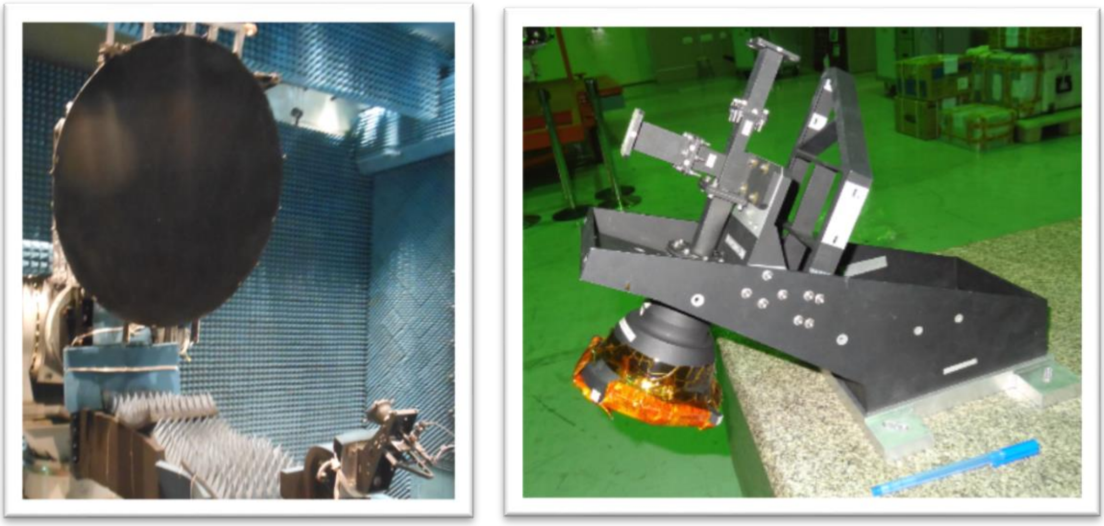
**सारांश -**
*इस शोधपत्र में, हमने शेप्ड (सतह-आकार वाला) ग्रेगोरियन एंटिना के मिज़ुगुची शर्त के बारे में विवेचना की है। ग्रेगोरियन एंटिना उच्च गेन वाली आंचलिक परिरेखाकृत किरण-पुंज (जोनल कंटूरड बीम) प्रदान करती है। यह 2.5 मीटर व्यास वाला ऑफसेट दो-परावर्तक (रिफ्लेक्टर) ऐन्टेना है, जो कि के-यू बैंड पर काम करता है। यह ऐन्टेना 11.2 गीगाहर्ट्ज से 12.2 गीगाहर्ट्ज पर अपनी ट्रांसमिट सर्विस प्रदान करता है और 17.3 गीगाहर्ट्ज से 17.8 गीगाहर्ट्ज पर अपनी रिसीव सर्विस प्रदान करता है। ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर ऐन्टेना की दोनों सतह को इस तरह आकार (शेपिंग) दिया गया है कि यह जोनल कंटूरड बीम प्रदान करता है। रिफ्लेक्टर शेपिंग के लिए टिकरा पॉस वर्सन 6.2 सॉफ्टवेयर का उपयोग किया गया है। यह सॉफ्टवेयर स्पलाइन नामक युक्ति का उपयोग, दिये गए गोल के अनुसार रिफ्लेक्टर ऐन्टेना की सतह को शेप करता है। सैद्धान्तिक परिणाम की प्रयोगात्मक परिणाम से तुलना की गई और बहुत ही अच्छा मिलान प्रदर्शित किया, जो हमारे प्रोपोज़ल को सही साबित करता है।*

## 1. प्रस्तावना

पिछले एक दो दशक से, दूरसंचार उपग्रह (सैटेलाइट) के लिए आंचलिक परिरेखाकृत किरण-पुंज (जोनल कंटूरड बीम) को प्रदान करने वाली ऐन्टेना बहुत प्रचलित है जो कि केयू बैन्ड़ पर टीवी ब्राडकास्टिंग, स्थिर संचार इत्यादि के लिए उपयोग किया जाता है। आजकल उच्च गेन वाली कंटूरड बीम की मांग बहुत तेजी से बढ़ रही है। उच्च गेन वाली कंटूरड बीम के लिए हमें ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर एंटिना की जरूरत पड़ती है। विभिन्न वैज्ञानिकों और इंजिनियरों ने ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर एंटिना का उपयोग कंटूरड बीम और पैंसिल बीम के लिए किया है [1]-[3]। ग्रेगोरियन एंटिना का डिजाईन यदि पैंसिल-बीम के लिए, मिज़ुगुची शर्त को पूरा करता है तो हम निम्न क्रोस-पोल प्राप्त करते हैं। जब हम ग्रेगोरियन एंटिना को कंटूरड बीम प्राप्त करने के लिए सतह को आकार देते हैं तो मिज़ुगुची शर्त भंग होना शुरू हो जाती है और खराब क्रोस-पोल मिलता है। हमने इस शोध-पत्र में शेप्ड (सतह-आकार वाला) ग्रेगोरियन एंटिना के मिज़ुगुची शर्त के बारे में विवेचना की है। हमने यह पाया है कि शेप्ड (सतह-आकार वाला) ग्रेगोरियन एंटिना के मिज़ुगुची शर्त को कैसे मेन्टेन किया जा सकता है और ई.ओ.सी. गेन को कम किये बिना कैसे अच्छा क्रोस-पोल प्राप्त कर सकते हैं।

## 2. ऐन्टेना की अभिकल्पना, डिजाईन और विकास

यह ऐन्टेना 2.5 मीटर व्यास वाला ऑफसेट दो-परावर्तक (रिफ्लेक्टर) ऐन्टेना है, जो कि के-यू बैंड, 11.2 गीगाहर्ट्ज से 11.7 गीगाहर्ट्ज पर अपनी ट्रांसमिट सर्विस प्रदान करता है और 17.3 गीगाहर्ट्ज से 17.8 गीगाहर्ट्ज पर अपनी रिसीव सर्विस प्रदान करता है। यहाँ फोकल लेंथ 3000 मिलीमीटर और आफसेट दूरी 600 मिलीमीटर रखी गयी है। इस रिफ्लेक्टर ऐन्टेना की सतह को इस तरह आकार (शेपिंग) दिया गया है कि यह जोनल कंटूरड बीम प्रदान करता है। पैराबोलिक रिफ्लेक्टर की शेपिंग के लिए टिकरा पॉस वर्सन 6.2 नामक सॉफ्टवेयर [4] का उपयोग किया गया है।



(अ) (ब)

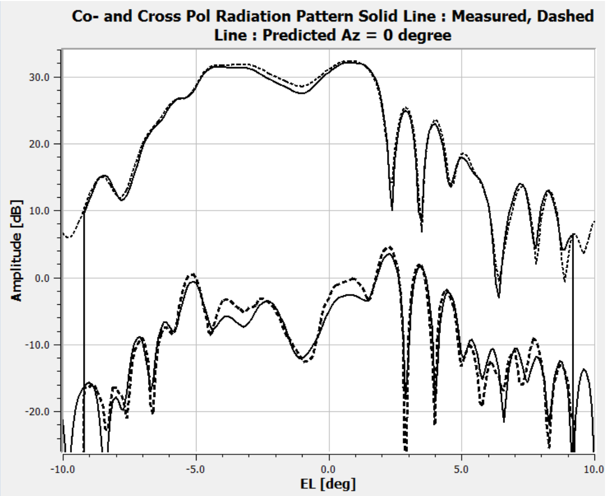
चित्र 1 : फैब्रिकेटेड (अ) रिफ्लेक्टर ऐन्टेना और (ब) फीड हॉर्न के फोटोग्राफ

इस रिफ्लेक्टर ऐन्टेना को एक हॉर्न से सिग्नल दिया जाता है। यह फीड हॉर्न, करुगेटेड टाइप के हॉर्न हैं। यह सॉफ्टवेयर स्पलाइन नामक युक्ति से दिये गए आर.एफ. (रेडियो फ्रीक्वंसी) लक्ष्य (गोल) के अनुसार रिफ्लेक्टर ऐन्टेना की सतह को शेप करता है। अंत में इस रिफ्लेक्टर ऐन्टेना का फीड हॉर्न के साथ गहन विश्लेषण टिकरा ग्रास्प वर्ज़न 10.6 सॉफ्टवेयर [5] से करते हैं। यह रिफ्लेक्टर सी.एफ.आर.पी. (कार्बन फाइबर रेन्फोर्सड प्लास्टिक) नामक कम्पोजिट मैटेरियल्स से बनाये जाते हैं। इसके लिए पहले मोल्ड बनाये जाते हैं, फिर रिफ्लेक्टर ऐन्टेना सी.एफ.आर.पी. मैटेरियल्स की मोल्डिंग से प्राप्त किये जाते हैं। फीड हॉर्न [6] एलुमिनियम से टर्निंग प्रोसेस से बनाते हैं। यह शेप्ड रिफ्लेक्टर ऐन्टेना फीड हॉर्न के साथ संचार उपग्रह के ईस्ट पैनल की तरफ के लिए डिजाईन किया गया है। यह ऐन्टेना 83 डिग्री ईस्ट की भूस्थिर कक्षा के लिए बनाया गया है। फीड की पोजीसन भी ओप्टिमाइज़ किया है। ऐन्टेना का बीम केन्द्र 83 डिग्री ईस्ट तथा 22 डिग्री नार्थ है।

## 3. शोध का परिणाम और विवेचना

हमने चित्र नंबर 1 में एक फैब्रिकेटेड शेप्ड रिफ्लेक्टर ऐन्टेना और फीड हॉर्न के फोटोग्राफ प्रदर्शित किये है।

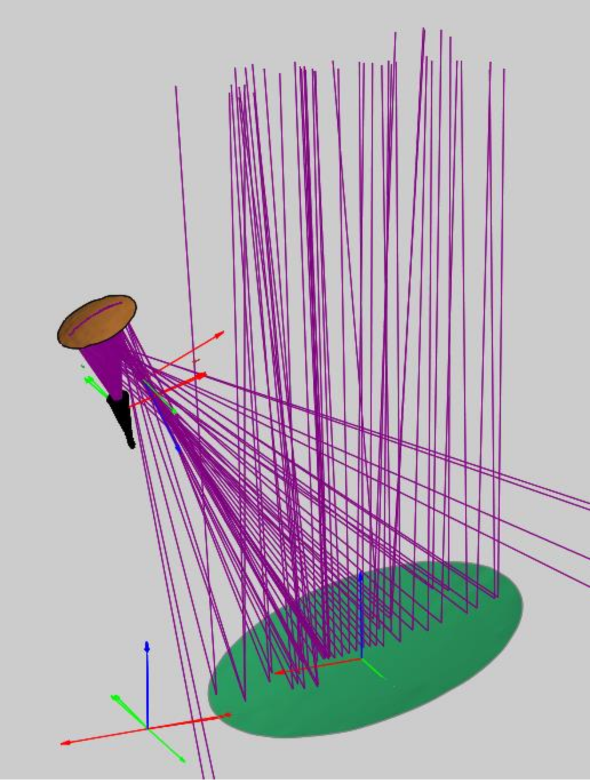
चित्र नंबर 2 में, इस शेप्ड रिफ्लेक्टर ऐन्टेना के सैद्धान्तिक परिणाम की प्रयोगात्मक परिणाम से तुलना की गई और बहुत ही अच्छा मिलान प्रदर्शित किया जो हमारे विश्लेषण (एनालीसिस) को सही साबित करता है।




चित्र 2 : सैद्धान्तिक परिणाम और प्रयोगात्मक परिणाम की तुलना

ग्रेगोरियन शेप्ड रिफ्लेक्टर ऐन्टेना और फीड हॉर्न को चित्र नंबर 3 में प्रदर्शित किया गया है।

जहाँ $\alpha$ मेन और सब-रिफ्लेक्टर अक्ष के बीच कोण है एवम $\varphi_0$ सब- रिफ्लेक्टर और फीड-होर्न अक्ष के बीच कोण है। e सब-रिफ्लेक्टर का एस्सेंत्रिसिटी है। जब अनशेप्ड ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर एंटेना के लिए सूत्र-1 का सम्बन्ध स्थापित होता है तो इसे मिज़ुगुची शर्त की पूर्ति या काम्पेन्सेटेड एंटेना कहा जाता है। ग्रेगोरियन एंटिना का डिजाईन यदि पेंसिल-बीम के लिए, मिज़ुगुची शर्त को पूरा करता है तो हम निम्न क्रोस-पोल प्राप्त करते हैं। जब हम ग्रेगोरियन एंटिना को कंटूरड बीम प्राप्त करने के लिए सतह को आकार देते हैं तो मिज़ुगुची शर्त भंग होना शुरू हो जाती है और खराब क्रोस-पोल मिलता हैं। यदि हम सूत्र-1 को ध्यान से देखें तो हमें ज्ञात होता है कि फीड कोण को ऑप्टिमाइज करने पर हम शेप्ड (सतह-आकार वाला) ग्रेगोरियन एंटिना के लिए मिज़ुगुची शर्त को मेन्टेन कर सकते हैं और ई.ओ.सी. गेन को कम किये बिना अच्छा क्रोस-पोल प्राप्त कर सकते हैं।



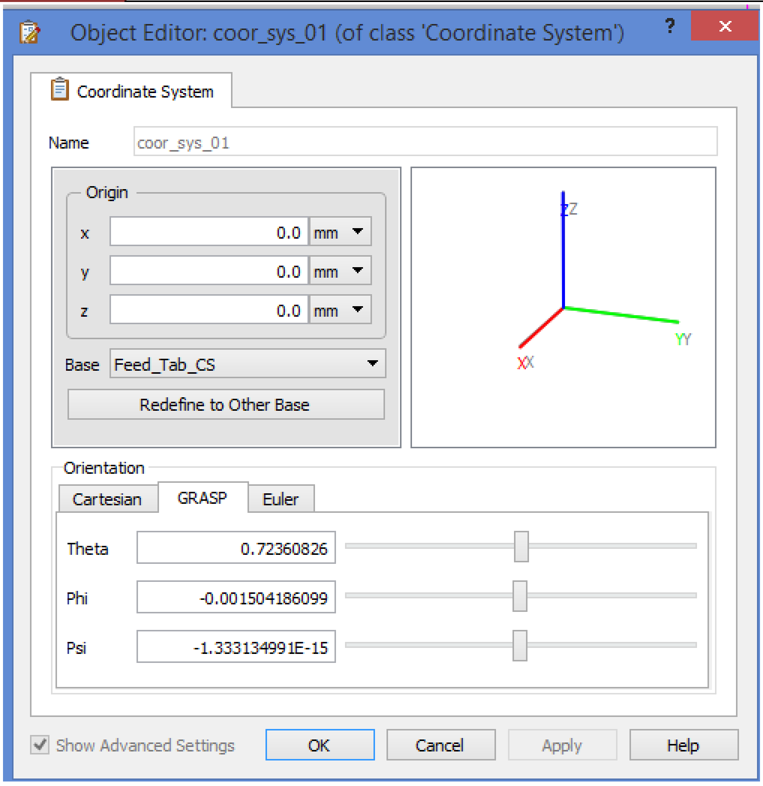
चित्र 3 : ग्रेगोरियन शेप्ड रिफ्लेक्टर ऐन्टेना और फीड हॉर्न

$$M\,tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = tan\left(\frac{\varphi_0}{2}\right) \qquad \text{..............(1)}$$

$$M = \frac{e+1}{e-1} \qquad \text{..............(2)}$$

तालिका-1 में शेप्ड ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर एंटेना के आर.एफ. ऑप्टिमाइजेशन के अध्ययन को दिया गया है। हम देखते है कि यदि ऑप्टिमाइजेशन में फीड कोण को लिया जाता है तो ई.ओ.सी. गेन को कम किये बिना अच्छा क्रोस-पोल प्राप्त कर सकते हैं। एस तरह हम कह सकते है कि शेप्ड ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर एंटेना के लिए मिज़ुगुची शर्त को मेन्टेन किया जा रहा है। चित्र 4 में ऑप्टिमाइज फीड कोण दिया गया है, ऑप्टिमाइजेशन में फीड कोण के $\theta$ एवं $\varphi$ दोनों को ऑप्टिमाइज किया गया है। $\theta$ की प्राप्त मान 0.72 डिग्री है।

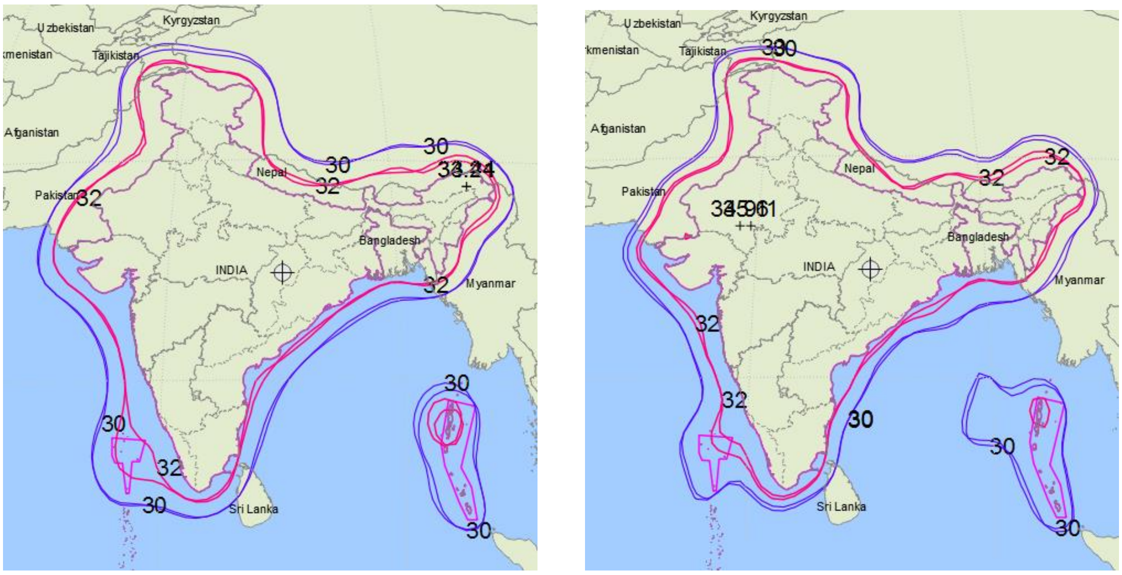
चित्र नंबर 5 में शेप्ड ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर एंटेना का आंचलिक परिरेखाकृत किरण-पुंज (जोनल कंटूरड बीम) का गेन-कन्टूर तथा कवरेज दर्शाया है। भारत देश का एज ऑफ कवरेज गेन 32 डेसिबल है, जबकि अंडमान एंड निकोबार, लक्षद्वीप के बीम का एज ऑफ बीम गेन 30 डेसिबल है।




चित्र 4 : ग्रेगोरियन शेप्ड रिफ्लेक्टर का फीड कोण का जानकारी

**तालिका -1 शेप्ड ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर एंटेना के आर.एफ. गुणों का अध्ययन**

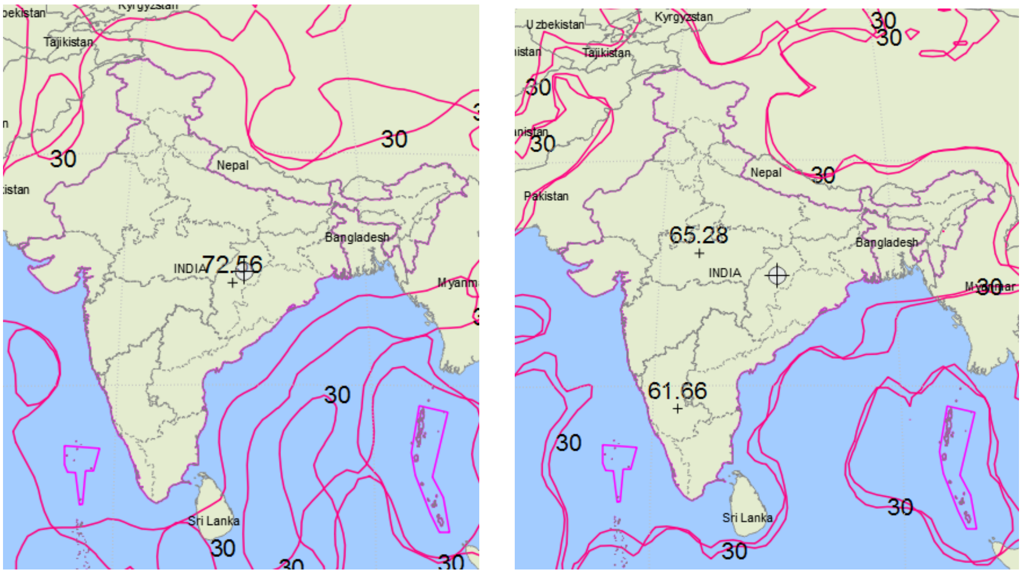
| | ई.ओ.सी. गेन (डेसिबल) | | | | क्रोस-पोल इसोलेसन (डेसिबल) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ट्रांसमिट बैंड | | रिसीव बैंड | | इंडिया मुख्य-भूमि एवं द्वीपसमूह | इंडिया मुख्य-भूमि एवं द्वीपसमूह |
| | इंडिया मुख्य-भूमि | द्वीपसमूह | इंडिया मुख्य-भूमि | द्वीपसमूह | | |
| केवल गेन ऑप्टिमाइजेशन | 32.1 | 30.1 | 32 | 30 | 27 | 23 |
| गेन और क्रोस-पोल का ऑप्टिमाइजेशन | 31.85 | 30 | 31.80 | 30 | 30 | 30 |
| गेन, क्रोस-पोल और फीड कोण का ऑप्टिमाइजेशन | 32 | 30 | 32 | 30 | 30 | 30 |




(अ) (ब)

चित्र 5 : ग्रेगोरियन शेप्ड रिफ्लेक्टर का गेन कन्टूर : आंचलिक परिरेखाकृत किरण-पुंज

चित्र नंबर 6 में शेप्ड रिफ्लेक्टर का आंचलिक परिरेखाकृत किरण-पुंज (जोनल कंटूरड बीम) का क्रास-पोल-कन्टूर प्रदर्शित है। भारत देश का क्रास-पोल इसोलोसन- 30 डेसिबल है, तथा अंडमान एंड निकोबार, लक्ष्द्वीप के बीम का क्रास-पोल इसोलोसन (XPI) भी -30 डेसिबल है।




(अ) (ब)

चित्र 6 : ग्रेगोरियन शेप्ड रिफ्लेक्टर का क्रास-पोल इसोलोसन (XPI) कन्टूर : आंचलिक परिरेखाकृत किरण-पुंज

## 4. निष्कर्ष

हमने शेप्ड (सतह-आकार वाला) ग्रेगोरियन एंटिना के मिज़ुगुची शर्त के बारे में विवेचना की है। हमने यह दर्शाया है कि शेप्ड (सतह-आकार वाला) ग्रेगोरियन एंटिना के मिज़ुगुची शर्त को फीड कोण को ऑप्टिमाइज कर के बरक़रार रखा जा सकता है और ई.ओ.सी. गेन को कम किये बिना कैसे अच्छा क्रोस-पोल प्राप्त कर सकते हैं। इस अभिकल्पना से कंटूरड बीम के लिए ग्रेगोरियन एंटिना परिष्कृत एवं डिजाईन किया जा सकता है।

### आभार

लेखकगण अन्तरिक्ष उपयोग केन्द्र (भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संगठन), अहमदाबाद के श्री तपन मिश्रा, निदेशक महोदय, सैक एवम् श्री डी.के.दास, सह-निदेशक महोदय, सैक का हिंदी में शोधपत्र लिखने के लिए बढ़ावा देने के लिए आभार व्यक्त करते हैं। हमारे साथी गण जिन्होंने प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से इस शोध में योगदान दिया है, हम उनका अभिनन्दन करते हैं।

### सन्दर्भ

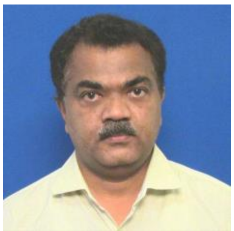
1. एस.के. शर्मा, एस. के. रॉव और एल. सैफई (एडीटर), हैंडबुक ऑफ़ रेफेक्टर ऐन्टेनाज़् एंड फीड सिस्टम्स, वॉल्युम-1, थेओरी एंड डिजाईन ऑफ रेफेक्टेरस्, अर्टेक हाउस, बोस्टन, पेज 171-172, जून 2013.
2. एस.के.रॉव, एल. सैफई और एस.के.शर्मा (एडीटर), हैंडबुक ऑफ़ रेफेक्टर ऐन्टेनाज़् एंड फीड सिस्टम्स, वॉल्युम-3, अप्लिकेसंस ऑफ रेफेक्टेरस्, अर्टेक हाउस, बोस्टन, पेज 123-124, जून 2013.
3. ड़ॉ रमेश चन्द्र गुप्ता, श्रवण कुमार सागी, के.पी. राजा, नितिन शर्मा और राजीव ज्योति, "शेप्ड प्राइम फोकस रिफ्लेक्टर ऐन्टेना फॉर सैटेलाइट कम्यूनिकेसन," आई.ई.ई.ई. ऐन्टेनास एंड वायरलेस प्रोपागेसन लेटर्स, *2017.*
4. टिकरा पॉस वर्सन 6.2 सॉफ्टवेयर, डेनमार्क, 2018.
5. टिकरा ग्रास्प वर्सन 10.6, सॉफ्टवेयर, डेनमार्क, 2018.
6. ड़ॉ रमेश चन्द्र गुप्ता, के. के. सूद और राजीव ज्योति, "डुअल प्रोफएइड करूगेटेड हायब्रिड हॉर्न ऐन्टेना," इन्टरनेशनल जॉर्नल ऑफ इलेक्ट्रोनिक्स लेटर्स, *2017 .*

### लेखक परिचयः

डॉ रमेश चन्द्र गुप्ता वर्तमान में ऐन्टेना सिस्टम्स समूह में वैज्ञानिक/इंजिनियर-एसएफ के पद पर आसीन है। डॉ गुप्ता इंडियन स्पेसक्राफ्ट ने कई नए ऐन्टेना जैसे कि हाइब्रिड होर्न, अभिनव एवं काम्प्लेक्स शेप्ड रिफ्लेक्टर एंटेना, नवीन एंटेना कंपोनेंट इत्यादी का सफलतापूर्वक डिजाईन, डेवेलपमेन्ट एवं सेटेलाइट पर कमीशनिंग की। डॉ गुप्ता ए.एस.आई. के जीवन पर्यंत सदस्य हैं। डॉ गुप्ता ने इलेक्ट्रोनिक्स इंजीनियरिंग में बैचेलर, मास्टर एवं ड़ाक्टरेट की डिग्री प्राप्त की है। डॉ गुप्ता के 30 से ज्यादा रिसर्च पेपर अंतरराष्ट्रीय जर्नलों में प्रकाशित हो चुके हैं।

अनुक्रमणिका

श्री श्रवण कुमार सागी वर्तमान में एस.सी.ए.डी. के प्रधान एवं वैज्ञानिक/इंजिनियर-एसजी हैं। श्री सागी ने इंडियन कम्युनिकेशन एवं नेविगेशन स्पेसक्राफ्ट के लिए कई नए ऐन्टेना जैसे कि हेलिक्स ऐरे, दो-बैंड एंटेना, रिफ्लेक्ट-ऐरे इत्यादि का सफलतापूर्वक डिजाईन, डेवेलपमेन्ट एवं सेटेलाइट पर कमीशनिंग का कार्य किया है। श्री सागी ने इलेक्ट्रोनिक्स इंजीनियरिंग में बैचेलर एवं मास्टर डिग्री प्राप्त की है। श्री सागी ने कई पुरुस्कार प्राप्त किए। श्री सागी ए.एस.आई के जीवनपर्यंत सदस्य हैं। श्री सागी माइक्रोस्ट्रिप ऐन्टेना में अच्छा पकड़ रखते हैं।



डॉ मिलिंद बी. महाजन वर्तमान में ऐन्टेना सिस्टम्स समूह के समूह निदेशक एवं वैज्ञानिक/इंजिनियर-जी हैं। डॉ महाजन ने इंडियन स्पेसक्राफ्ट के लिए कई नए ऐन्टेना जैसे कि डुअल ग्रिडेड रिफ्लेक्टर एंटेना, शेप्ड ग्रेगोरियन रिफ्लेक्टर एंटेना, शेप्ड रिफ्लेक्टर एंटेना, शेप्ड पैलेट रिफ्लेक्टर एंटेना, हेलिक्स एंटेना, मल्टी-बीम एंटेना इत्यादि का सफलतापूर्वक डिजाईन, डेवेलपमेन्ट एवं सेटेलाइट पर कमीशनिंग का कार्य किया है। डॉ महाजन प्रबन्धन एवं ओराग्निसिंग क्षमता के धनी हैं। डॉ महाजन ने इलेक्ट्रोनिक्स इंजीनियरिंग में बैचेलर, मास्टर एवं ड्राक्टरेट डिग्री प्राप्त की है। डॉ महाजन ने कई पुरुस्कार प्राप्त किए। डॉ महाजन ए.एस.आई के जीवनपर्यंत सदस्य हैं।

***

उप शीर्षक

## एक्स-बैण्ड सार (रीसैट-2ए) के लिए प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक की संरचना

संजय कुमार कसोदनिया, चिराग पटेल, अजय कुमार सिंह, रमेश कुमार, हिमांशु पटेल
वैज्ञानिक/अभियंता, एम.एस.सी.ई.डी.
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
ksanjay@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

*इस लेख में रीसैट-2ए (रेडार प्रतिबिम्बन उपग्रह) के प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक का स्वदेशी विनिर्माण एवं अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) द्वारा स्वनिर्मित संरचना का उल्लेख है। रीसैट-2ए में त्रिस्तरीय वितरित नियंत्रक अनुक्रम प्रणाली है। प्रदायभार नियंत्रक, केंद्रीय किरणपुंज नियंत्रक का कार्य करता है एवं अनुक्रम में शीर्ष स्तर पर है। प्रदायभार नियंत्रक, टाईल इलेक्ट्रॉनिक को नियंत्रित करता है, जिसमें टाईल नियंत्रक इकाई (TCU) एवं प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) सम्मिलित हैं। प्रदायभार नियंत्रक (PLC), 8 टाईल-नियंत्रक इकाईयों (TCU) को नियंत्रित करता है एवं प्रत्येक टाईल-नियंत्रक-इकाई, 8 प्रेषण-अभिग्राही-ब्लॉक नियंत्रकों (TRBC) को नियंत्रित करता है। प्रत्येक प्रेषण-अभिग्राही-ब्लॉक नियंत्रक, 8 प्रेषण-अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) को नियंत्रित करता है। इस प्रकार रीसैट-2ए के टाईल इलेक्ट्रॉनिकी में कुल 8 टाईल-नियंत्रक इकाईयां, 64-प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक एवं 512 प्रेषण-अभिग्राही मॉड्यूल विद्यमान है, जिसमें 256 क्षैतिज ध्रुवण एवं 256 उर्ध्व-ध्रुवण वाले माड्यूल हैं। वितरित नियंत्रक अनुक्रम प्रणाली के तीनों स्तर पर युगपत् नियंत्रक (OBC) उपयोग विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) का उपयोग मुख्य नियंत्रक के रुप में किया गया है। युगपत् नियंत्रक (OBC2.3) की RTL संरचना अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) में स्वनिर्मित की गई है जिसका संवर्धन सेमीकंडक्टर लेबोरेटरी चंडीगढ़ के सहयोग से किया जा रहा है। प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक की युगपत् नियंत्रक (OBC2.3) आधारित संरचना भी अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) में की गई। प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक हार्डवेयर के विकास माडल (DVM) की संरचना पूर्ण कर ली गई है और उड़ान योग्य हार्डवेयर के संविरचन के लिए स्वदेशी उद्योगों को सम्मिलित करने हेतु प्रस्ताव निवेदित किए जा चुके हैं।*

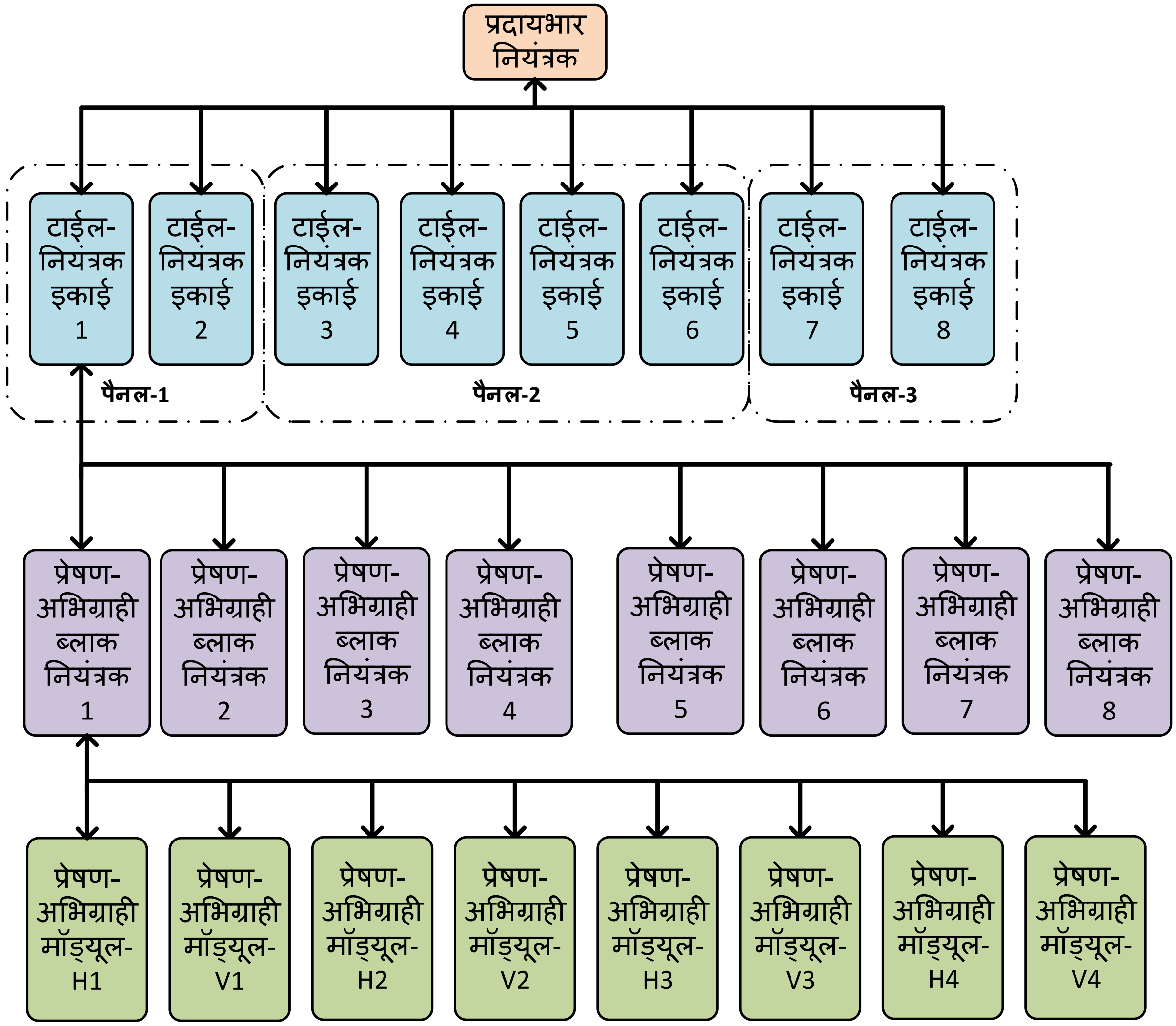
### 1. प्रस्तावना

रीसैट-2ए में एक सक्रिय फेज व्यूह (Active Phase Array) रडार है, जिसमें दिगंश (Azimuth) एवं उन्नयन (Elevation) दोनों दिशाओं में ±2° तक किरणपुंज संचालन की क्षमता है। इलेक्ट्रॉनिक किरणपुंज संचालन के लिए प्रेषण-अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) में 6 बिट के फेज एवं आयाम मानों का भरण करना होता है, जोकि वितरित नियंत्रक अनुक्रम द्वारा किया जाता है। रीसैट-2ए के वितरित नियंत्रक अनुक्रम को चित्र सं.1 में दर्शाया गया है एवं इसमें तीन स्तर हैं। प्रदायभार-नियंत्रक (PLC) (प्रथम स्तर) एक केंद्रीय किरणपुंज नियंत्रक है एवं यह अनुक्रम में शीर्ष पर है। प्रदायभार नियंत्रक, 8 टाईल नियंत्रक इकाईयों (TCU) को नियंत्रित करता है, जोकि अनुक्रम में द्वितीय स्तर पर है। प्रत्येक टाईल नियंत्रक इकाई आगे 8-प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) को नियंत्रित करते हैं, जोकि अनुक्रम में तृतीय स्तर पर हैं। इस प्रकार फेज-अरे सक्रिय एन्टेना में कुल 64 (8x8) प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) हैं। एक प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) कुल 8 प्रेषण-अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) को नियंत्रित करता है| प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) द्वारा फेज़ एवं आयाम मानों को प्रेषण-अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) में भरण किया जाता है। ये प्रत्येक प्रेषण अभिग्राही मॉड्यूल 8-पैच एन्टेना को फीड करते हैं। वितरित नियंत्रकों के मध्य संचार, आरएस-422/आरएस-485 सीरियल-लिंक द्वारा होता है। प्रदायभार नियंत्रक (PLC), किरणपुंज-चयन डाटा, टाईल नियंत्रक इकाई (TCU) को सिरियल लिंक द्वारा भेजता है। टाईल नियंत्रक इकाई (TCU) उस किरणपुंज-चयन डाटा को प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) को भेजता है। प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) इस किरणपुंज-चयन डाटा से अवलोकन तालिका द्वारा अपेक्षित अभिलक्षण डाटा को तापीय संशोधित करके इन्हें प्रेषण अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) में लोड करता है।

### 2. युगपत् नियंत्रक (OBC2.3) :

रीसैट-2ए का प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक, युगपत् नियंत्रक *(OBC2.3)* पर आधारित है जिसका संवर्धन सेमीकंडक्टर लेबोरेटरी चंडीगढ़ के सहयोग से किया जा रहा है। युगपत् नियंत्रक *(OBC2.3)* में कई सामान्य लक्षणों का भी समावेश किया गया है, जिससे इसे भविष्य के रडार अभियानों में उपयोग किया जा सके। युगपत् नियंत्रक *(OBC2.3)* 8051 सूक्ष्म नियंत्रक सॉफ्ट-कोर आधारित है, जिसका परिधीय मॉड्यूलों के साथ अंतरापृष्ठ विशिष्ट फलन रजिस्टर (SFR) एवं स्मृति-बस द्वारा किया गया है। इस प्रकार परिधीय मॉड्यूल का अभिगम स्मृति पठन/लेखन प्रचालन द्वारा होता है। युगपत् नियंत्रक *(OBC2.3)* उपयोग विशिष्ट एकीकृत परिपथ की संरचना केंद्रीय नियंत्रक एवं वितरित नियंत्रक की

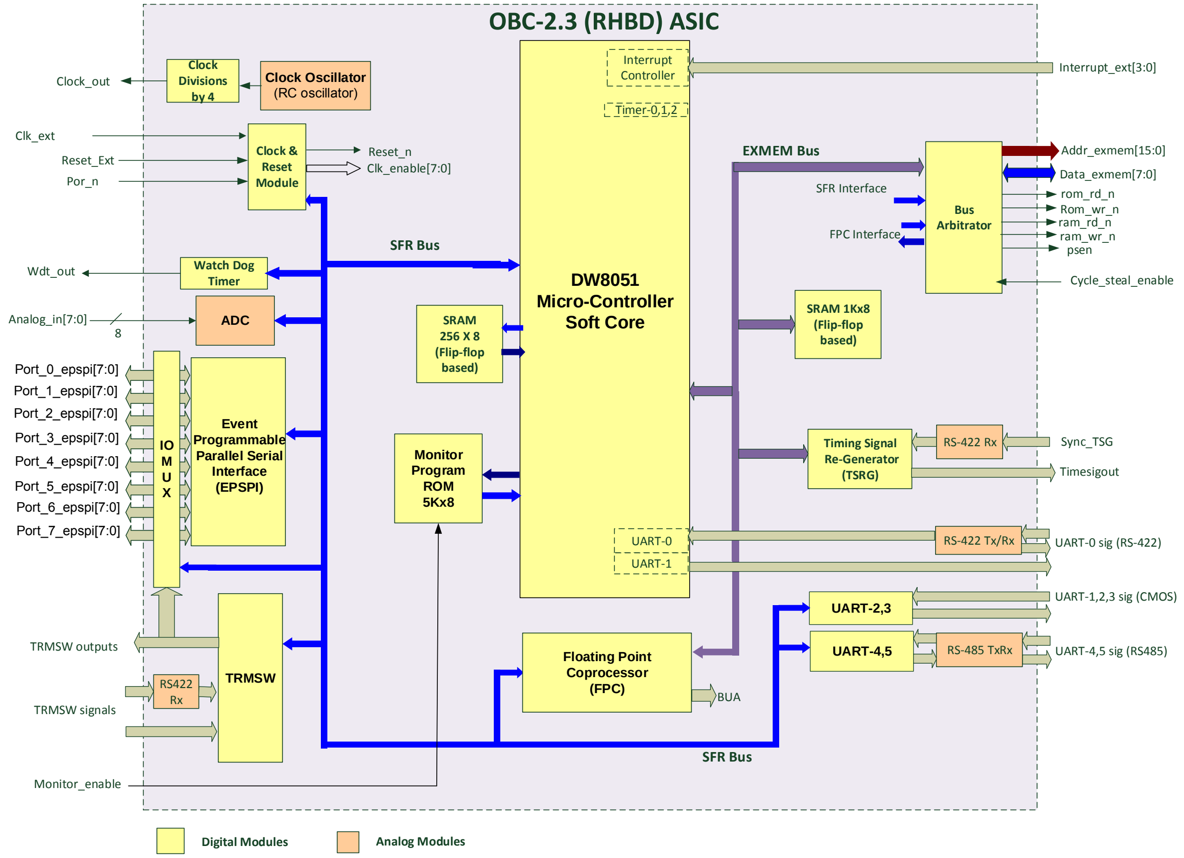
आवश्यकताओं को ध्यान में रख कर की गई है। युगपत् नियंत्रक *(OBC2.3)* का संविरचन 0.18µm वाली विकिरण-रोधी गेट-व्यूह तकनीकी से किया गया है। चित्र सं. 2 में युगपत् नियंत्रक *(OBC2.3)* का खंड आरेख चित्र दर्शाया गया है।




चित्र 1. रीसैट-2ए का वितरित नियंत्रक अनुक्रम

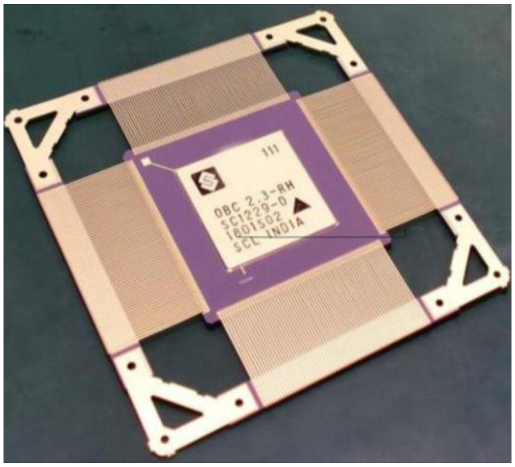
**युगपत् नियंत्रक के प्रकार्य एवं तकनीकी लक्षण -**

- DW8051 सूक्ष्म-नियंत्रक सॉफ्ट-कोर
- 6-यूएआरटी, 10-पोर्ट समानान्तर निवेश/निर्गम, 16-प्रोग्रामनीय कालन-संकेत जनित्र
- 8-बिट डेल्टा सिग्मा अनुरूप से अंकीय परिवर्तक
- वाच डाग टाईमर, चीप-स्थित मॉनीटर प्रोग्राम, दोषमार्जन हेतु, 1-किलो बाईट चिप स्थित SRAM
- JTAG परिसीमा क्रमवीक्षण श्रृंखला
- सीमॉस (CMOS) आधारित पूर्णतः डिजिटल कार्यान्वयन
- 0.18µm CMOS विकिरण रोधी गेट अरे तकनीकी, 3.3 वोल्ट निवेश/निर्गम
- 256 पिन सिरेमिक चपटा संकुल (CQFP)
- विकिरण विनिर्देश- कुल आयानित मात्रा (TID)- 100 किलो रेड से अधिक




चित्र 2. युगपत् नियंत्रक (OBC2.3) का खण्ड आरेख

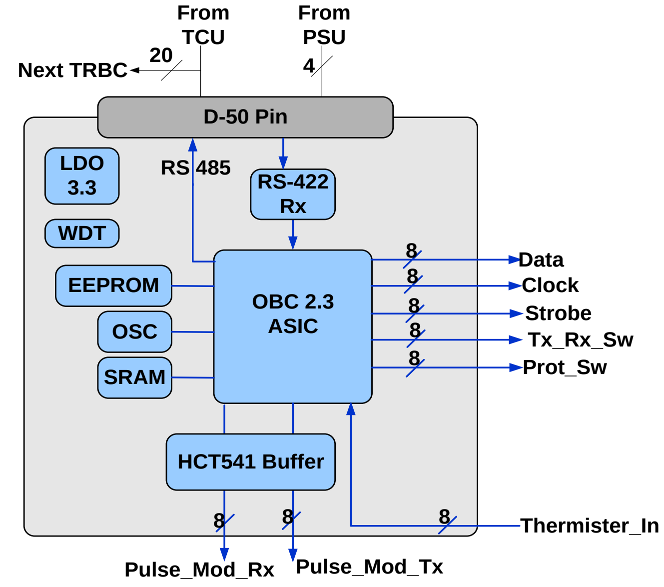
चित्र सं. 3 में विनिर्मित युगपत् नियंत्रक *(OBC2.3)* का चित्र दर्शाया गया है।



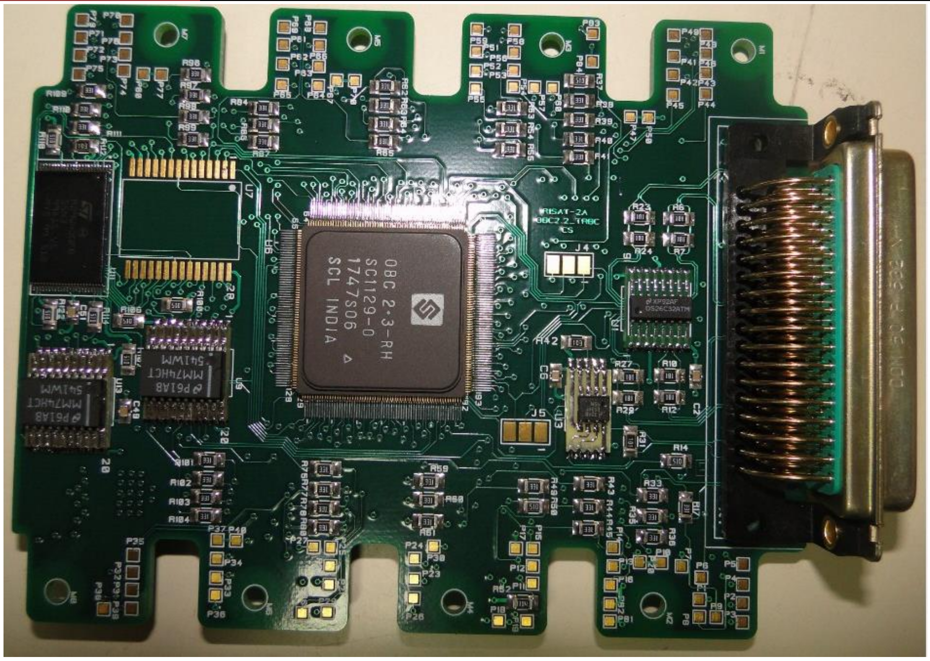
चित्र 3. युगपत् नियंत्रक (OBC2.3) का चित्र

### 3. प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC):

प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) का मुख्य कार्य फेज एवं आयाम मानों को प्रेषण अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) में लोड करना है। ये फेज एवं आयाम मान तापमान प्रतिपूरित किए जाते हैं, जोकि संश्लेषित द्वारक रडार (SAR) की सभी विधाओं के लिए उपयुक्त है। प्रतिबिम्बन शुरू होने से पहले ही टाईल नियंत्रक इकाई द्वारा किरणपुंज सूचना प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) को भेज दी जाती है। प्रेषण अभिग्राही मॉड्यूल स्थित सुरक्षा स्विच एवं प्रेषण अभिग्राही स्विच का नियंत्रण प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) द्वारा किया जाता है।




चित्र 4. प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) का खण्ड आरेख




चित्र 5. प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) का DVM मॉडल चित्र

**निष्कर्ष :** इस लेख में रीसैट-2ए के टाईल इलेक्ट्रॉनिक एवं युगपत् नियंत्रक (OBC2.3) के संविरचन में सैक द्वारा किए गए महत्वपूर्ण कार्यों का उल्लेख किया गया है। रीसैट-2ए के सार (SAR) प्रदायभार में कुल 64 प्रेषण अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) एवं 8 टाईल नियंत्रक इकाइयाँ एवं कुल 80 युगपत् नियंत्रक इकाइयाँ प्रयुक्त होंगी। इतनी अधिक संख्यात्मक मात्रा के संविरचन हेतु यह कार्य बाह्य उद्योगों (स्वदेशी) द्वारा संपन्न कराया जायेगा। प्रेषण-अभिग्राही ब्लॉक नियंत्रक (TRBC) के हार्डवेयर के विकास मॉडल का निर्माण सैक द्वारा संपन्न किया जा चुका है। सूक्ष्मतरंग प्रतिबिम्बन की भावी दिशा में रीसैट-2ए एक महत्वपूर्ण कदम साबित होगा।

**संदर्भः**

1. एक्स. बैण्ड सार बी. डी. आर. डॉक्यूमेंट, मार्च, 2015
2. एक्स. बैण्ड सार पी. डी. आर. डॉक्यूमेंट, मार्च, 2017
3. एक्स. बैण्ड सार विकास माडल का इलेक्ट्रिकल अन्तरापृष्ठ, अप्रैल, 2016

***

# भविष्य के सुदूर संवेदी उपग्रहों के लिए लघु ऊष्मा नलिका (Mini Heat Pipe) की अभिकल्पना

विवेक कुमार सिंह* एवं कमलेश कुमार बराया
तापीय अभियांत्रिकी प्रभाग, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
*singhvivek@sac.isro.gov.in

**सारांश**

***भविष्य के विभिन्न सुदूर संवेदी उपग्रहों में दिन प्रतिदिन ऊष्मा उत्पादन बढता जा रहा है व इन्हें लगाने के लिए कम स्थान उपलब्ध है। इस बड़ी हुई ऊष्मा को स्थानांतरित करने के लिए मिनी ऊष्मा नली एक बेहतर विकल्प है। इस पत्र में मिनी ऊष्मा नलीव् का एक डिजाईन प्रस्तावित किया गया है व उसके लिए ऊष्मा स्थानांतरण सीमाओं की विभिन्न तापमानों पर गडना प्रस्तुत की गयी है। प्रस्तावित मिनी ऊष्मा नली में अमोनिया को प्रचालन द्रव (working fluid) के रूप में चुना गया है।***

**नामावली**

$A_v$= ऊष्मानली में वाष्प प्रवाह का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल, $m^2$
$A_w$= केशिका बत्ती संरचना का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल, $m^2$
$C$ = वाष्प प्रवाह के दौरान दाब पतन की गणना के लिए एक स्थिरांक
$f$ = घर्षण गुणांक
$h_{f,g}$ = वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा, J। kg
$k_{eff}$= द्रव से संतृप्त केशिका बत्ती का प्रभावी तापीय चालकता गुणांक, W।m।K
$\Delta P_v$ = वाष्प प्रवाह के दौरान दाब में पतन, N।$m^2$
$\Delta P_{c,m}$ = केशिका बत्ती संरचना में उत्पन्न अधिकतम केशिका दाब, N।$m^2$
$\Delta P_l$ = द्रव प्रवाह के दौरान दाब में पतन, N।$m^2$
$\Delta P_{axial}$ = अक्षीय द्रव स्थैतिक दाब में पतन, N।$m^2$
$\Delta P_{ph}$ = प्रावस्था परिवर्तन के दौरान दाब में पतन, N।$m^2$
$P_v$ = ऊष्मानली के वाष्पक के अंतिम छोर पर वाष्प दाब, N।$m^2$
$Q$ = ऊष्मानली द्वारा ऊष्मा स्थानांतरण की दर, W
$r_c$ = केशिका बत्ती संरचना की प्रभावी केशिका त्रिज्या, m
$Re$= रेनॉल्ड नंबर
$r_v$ =वाष्प प्रवाह की चलद्रव (Hydraulic) त्रिज्या, m
$r_{h,w}$ = केशिका बत्ती की त्रिज्या, m
$r_i$ = ऊष्मानली की आंतरिक दीवार की त्रिज्या, m
$r_v$ = वाष्प कोर की त्रिज्या, m
$r_n$ = न्युक्लिएट क्वथन के लिए क्रांतिक त्रिज्या, m
$T_v$= वाष्प का तापमान, K
$V_v$= वाष्प का वेग, m /s
$We$ = वेबर नंबर
$\mu_v$= वाष्प की श्यानता, kg।m-s
$\mu_l$= द्रव की श्यानता, kg।m-s
$\sigma$ = द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर सतह तनाव, N।m
$\rho_v$= वाष्प का घनत्व, kg।$m^3$
$\rho_l$= द्रव का घनत्व, kg।$m^3$

## 1. प्रस्तावना

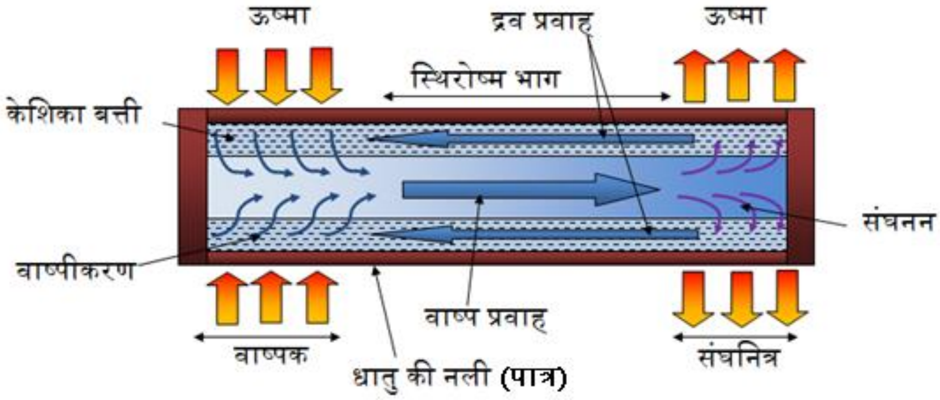
ऊष्मानली एक चमत्कारिक ऊष्मीय प्रयुक्ति है। यह ऊष्मा ऊर्जा को एक स्थान से दूसरे स्थान पर बहुत कम तापीय प्रवणता के साथ दक्षता से स्थानांतरित कर देती है। हमारे जीवन में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के बढ़ते प्रभाव के कारण ऊष्मानलियों का महत्व और अधिक हो जाता है। कम द्रव्यमान, लंबे प्रचालन काल एवं दक्षता के कारण ये अंतरिक्ष अभियानों में वरदान सिद्ध हुई है। उपग्रहों एवं अंतरिक्ष यानों में प्रयुक्त इलेक्ट्रॉनिकी के ताप नियंत्रण, नीतभारों में तापीय साम्यता बनाए रखने एवं ऊष्मा ऊर्जा के दक्ष स्थानांतरण जैसे अनेक कार्यो के लिए इनका उपयोग किया जाता है। ऊष्मानलियां उपग्रह के ताप नियंत्रण तत्रं का महत्वपूर्ण अंग होती हैं। अंतरिक्ष के अतिरिक्त पृथ्वी पर भी ऊष्मानली का उपयोग विविध उपकरणों में किया जाता है। हमारे घरों तथा कार्यालयों में उपयोग में हो रहे लैपटॉप कंप्यूटरों में सी.पी.यू. के शीतलन के लिए ऊष्मानली का प्रयोग अनिवार्य हो गया है। सौर ऊर्जा, ऊर्जा संरक्षण एवं बेकरी जैसे कार्यों में विभिन्न ऊष्मानलियों का व्यापक उपयोग होता है।

## 2. ऊष्मानली की कार्य प्रणाली

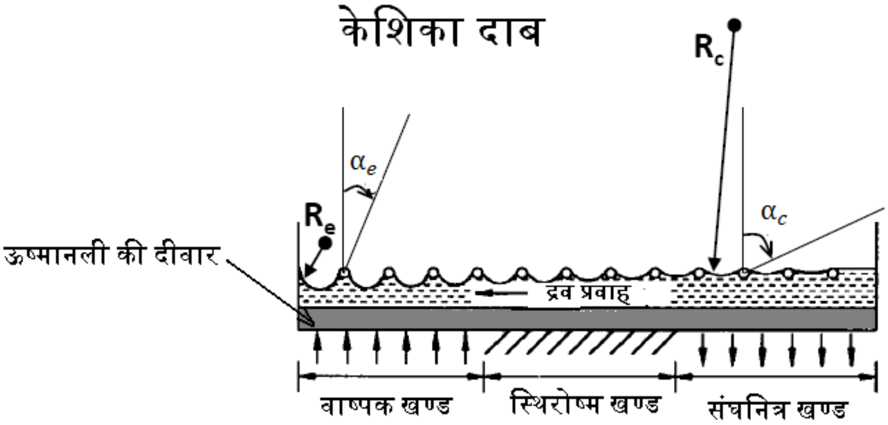
ऊष्मानली एक बंद संरचना होती है जिसमें कुछ मात्रा में कार्यकारी तरल उपस्थित होता है। अधिकतर ऊष्मानलियां नली या पाइप जैसी दिखाई देती है। ऊष्मानली की आंतरिक दीवारों पर केशिका बत्ती संरचना होती है जो कार्यकारी तरल के द्रव से संतृप्त होती है तथा ऊष्मानली के शेष भाग में तरल वाष्प के रूप में भरा होता है। एक ऊष्मानली की कार्य प्रणाली को चित्र 1 में दिखाया गया है। केशिका बत्ती संरचना में एक द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ का निर्माण हो जाता है एवं बत्ती संरचना में केशिका प्रभाव के कारण द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर नवचन्द्रक बन जाता है। ऊष्मा स्रोत से चालन द्वारा ऊष्मानली के जिस भाग से ऊष्मा प्रवेश करती है उसे वाष्पक खण्ड कहते है। प्रारंभ में वाष्पक खण्ड में द्रव संतृप्त अवस्था में होता है। ऊष्मा के प्रभाव से द्रव का वाष्पीकरण होने लगता है जिससे वाष्प कोर में दाबीय प्रवणता उत्पन्न हो जाती है। परिणामस्वरुप वाष्प प्रवाहित होकर अपेक्षाकृत निम्न ताप एवं दाब वाले स्थान की ओर जाती है जहां वाष्प संघनित होकर पुनः द्रव में परिवर्तित हो जाती है, ऊष्मानली के इस खण्ड को संघनित्र कहते हैं। संघनित्र में चालन द्वारा ऊष्मा हीट सिंक

अनुक्रमणिका

में क्षय हो जाती है। वाष्पक खण्ड में वाष्पीकरण के कारण नवचन्द्रक पीछे की ओर जाता है तथा केशिका प्रभाव के कारण अंतरापृष्ठ पर केशिका दाब उत्पन्न होने के परिणामस्वरूप उसकी वक्रता की त्रिज्या भी कम हो जाती है। इसके विपरीत संघनित्र क्षेत्र द्रव से प्लावित हो जाता है तथा नवचन्द्रक लगभग सपाट हो जाता है। ऊष्मानली में नवचन्द्रकों की वक्रता में परिवर्तन को चित्र 2 में दिखाया गया है।




चित्र 1 : ऊष्मानली की कार्य प्रणाली



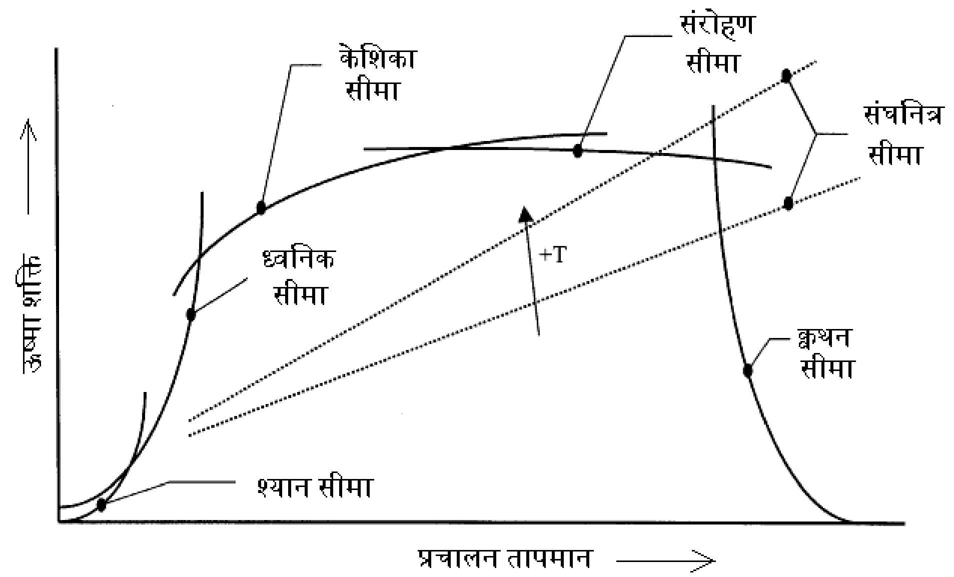

चित्र 2 : ऊष्मानली में द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर नवचन्द्रकों की वक्रता [1]

संघनित्र एवं वाष्पक खण्डों में नवचन्द्रकों की वक्रता की त्रिज्या में अंतर के कारण केशिका बत्ती संरचना में उपस्थित द्रव के केशिका दाब में प्रवणता उत्पन्न हो जाती है। केशिका बत्ती संरचना में इसी दाबीय प्रवणता के कारण संघनित द्रव का पुनः वाष्पक की ओर परिसंचरण होता है। यह प्रक्रिया जब तक चलती रहती है तब तक कि कार्यकारी तरल का प्रवाह रूद्ध नहीं होता है तथा केशिका बत्ती में द्रव के परिसंचरण के लिए पर्याप्त केशिका दाब बना रहे। इस तरह ऊष्मानली के प्रचालन के लिए कोई बाह्य ऊर्जा स्रोत की आवश्यकता नहीं होती है। वाष्पक तथा संघनित्र के मध्य ऊष्मानली के शेष भाग को रूद्धोष्म खण्ड कहा जाता है जिसका परिवेश के साथ ऊष्मा विनिमय नगण्य होता है।

## 3. ऊष्मानली की ऊष्मा स्थानांतरण सीमाएं

कार्यकारी तरल का परिसंचरण ऊष्मानली में एक महत्वपूर्ण कारक होता है। ऊष्मानली की अधिकतम ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता को प्राप्त करने के लिए ऊष्मानली में अधिकतम संभव परिसंचरण होना चाहिए। ऊष्मानली का प्रचालन एवं निष्पादन कई प्राचलों पर निर्भर करता है। केशिका बल, रूद्ध प्रवाह, अंतरापृष्ठीय अपरूपण (Interfacial shear) एवं क्वथन इत्यादि ऐसी भौतिक परिघटनाएं हैं जिनसे ऊष्मानलियों में तरल का परिसंचरण प्रभावित हो जाता है तथा उसके परिणामस्वरूप ऊष्मा स्थानांतरण सीमित हो सकता है। ऊष्मानलियों में ऊष्मा स्थानांतरण की सीमाएं उनके आकार, आकृति, कार्यकारी द्रव के गुणधर्म, केशिका बत्ती संरचना के प्राचलों एवं प्रचालन तापमान पर निर्भर करती है। एक प्रचालन तापमान पर किसी ऊष्मानली की विभिन्न ऊष्मा स्थानांतरण सीमाओं में से निम्नतम सीमा उस तापमान पर उस ऊष्मानली की अधिकतम ऊष्मा स्थानांतरण सीमा होती है। प्रत्येक ऊष्मा स्थानांतरण सीमा के लिए विश्लेषण तकनीकों का उपयोग करते हुए ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता का प्रचालन तापमान के फलन के रुप में अनुमान लगाया जा सकता है। सभी सीमाओं का चित्र 3 के अनुसार चित्रण करने पर हमें एक सीमाओं से घिरा हुआ ऐसा क्षेत्र प्राप्त होता है जिसमें ऊष्मानली का प्रचालन सफलतापूर्वक संभव होता है। ऊष्मानली के सफलतापूर्वक अभिकल्पना के लिए उसकी विभिन्न ऊष्मा स्थानांतरण सीमाओं का आकलन आवश्यक होता है। विभिन्न सीमाओं के स्वतंत्र अनुमान एवं विश्लेषण के द्वारा प्रचालन तापमान पर ऊष्मानली द्वारा ऊष्मा स्थानांतरण की क्षमता का अनुमान हो जाता है। इन सीमाओं के विश्लेषण द्वारा हम यह सुनिश्चित कर सकते हैं कि ऊष्मानली एक निर्दिष्ट ऊष्मा भार का स्थानांतरण कर सकती है। इन सीमाओं का विश्लेषण ऊष्मानली की अभिकल्पना में सुधार, उचित पदार्थों के चुनाव तथा उपयोक्ता को ऐसी ऊष्मानली प्रदान करने में सहायक होता है जो निर्दिष्ट

प्रचालन तापमान की सीमाओं में दक्षता एवं विश्वसनीयता के साथ कार्य करे। ऊष्मानली की अभिकल्पना में ऊष्मा स्थानांतरण की सीमाओं के महत्व को ध्यान में रखते हुए इस लेख में आगे इनका संक्षिप्त विवरण दिया गया है।




**चित्र 3 : एक प्रतिनिधिक ऊष्मानली के निष्पादन का मानचित्रण [2]**

### *3.1 केशिका सीमा (Capillary Limit)*

ऊष्मानली का प्रचालन एवं निष्पादन उसकी आकृति, कार्यकारी द्रव के गुणधर्म तथा बत्ती संरचना पर निर्भर करते हैं, लेकिन द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर उत्पन्न केशिका दाब में परिवर्तन वह मूलभूत परिघटना है जिससे ऊष्मा नली का प्रचालन नियंत्रित होता है। वाष्पीकरण और संघनन प्रक्रियाओं के संयुक्त प्रभाव के कारण द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर बने नवचन्द्रक की वक्रता की त्रिज्या में अक्षीय दिशा में परिवर्तन स्थापित हो जाता है । ऊष्मानली के अक्ष पर जिस स्थान पर नवचन्द्रक की वक्रता की त्रिज्या न्यूनतम होती है उसे शुष्क बिंदु कहा जाता है, यह बिंदु संघनित्र क्षेत्र से अधिकतम दूरी पर होता है। नवचन्द्रक की वक्रता की त्रिज्या जहां पर अधिकतम होती है उस स्थान को आर्द्र बिंदु कहा जाता है, यह बिंदु संघनित्र क्षेत्र की ओर स्थित होता है। शुष्क एवं आर्द्र बिंदुओं पर द्रव में दाबों का अंतर केशिकीय दाब होता है जो ऊष्मा नली में द्रव के परिसंचरण के लिए जिम्मेदार होता है, केशिकीय दाबों में इस अंतर को केशिका पंपिंग शक्ति भी कहते हैं। द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ के दोनों ओर दाबों में अंतर वाष्पक क्षेत्र में अधिकतम होता है जबकि संघनित्र क्षेत्र में वह न्यूनतम होता है, यह दोनों क्षेत्रों में नवचन्द्रकों की वक्रता की त्रिज्याओं में अंतर से भी स्पष्ट हो जाता है। ऊष्मानली के प्रचालन के लिए यह आवश्यक है कि वाष्पक खण्ड में जिस दर से द्रव का वाष्पीकरण होता है, वाष्पक खण्ड में द्रव का पुनर्भरण भी उसी दर से होता रहे। बत्ती संरचना में वाष्पक एवं संघनित्र खण्डों में द्रव में उत्पन्न केशिका दाबों में अंतर के कारण ही संघनित्र से वाष्पक की ओर द्रव का सतत प्रवाह बना रहता है परिणामस्वरूप वाष्पक खण्ड में द्रव का पुनर्भरण होता रहता है।

जब अनुप्रयुक्त ऊष्मा अभिवाह के कारण वाष्पक खण्ड में द्रव के वाष्पीकरण की दर केशिका पंपिंग शक्ति द्वारा द्रव के पुनर्भरण की दर से अधिक हो जाती है तो वाष्पक खण्ड में नवचन्द्रक पीछे की ओर चलता जाता है जब तक कि वाष्पक खण्ड में द्रव पूरी तरह से समाप्त नहीं हो जाता है। इस प्रक्रिया के कारण वाष्पक खण्ड में बत्ती संरचना शुष्क हो जाती है तथा ऊष्मानली के पात्र की दीवार का तापमान पूर्ण ज्वलन (burn out) की स्थिति तक बढ़ता चला जाता है। ऊष्मानली के प्रचालन के दौरान ऊष्मा अभिवाह की वह दर जिस पर यह परिघटना होने लगती है उसे केशिका सीमा कहते हैं। इस प्रकार की परिघटना से बचने के लिए यह आवश्यक है कि बत्ती संरचना में उत्पन्न प्रेरक केशिका दाब, ऊष्मानली में द्रव एवं वाष्प के मार्गों में होने वाले सभी दाब पतनों के योग से अधिक होना चाहिए। एक ऊष्मानली की केशिका सीमा उसकी बत्ती संरचना की पारगम्यता एवं कार्यकारी द्रव के गुणधर्मों पर निर्भर करती है। केशिका बत्ती संरचना में उत्पन्न अधिकतम केशिका दाब सीमा $\Delta P_{c,m}$ को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जा सकता है।

$$\Delta P_{c,m} = \Delta P_v + \Delta P_l + \Delta P_{ph} + \Delta P_{axial}$$

सरलीकरण के लिए विशेष परिस्थितियों जैसे अंतरिक्ष में $\Delta P_{ph}$, एवं $\Delta P_{axial}$ को नगण्य मानते हुए

$$\Delta P_{c,m} = \Delta P_v + \Delta P_l$$

उपरोक्त समीकरण से अधिकतम केशिका दाब $\Delta P_{c,m}$ के लिए $\Delta P_v$ एवं $\Delta P_l$ के मान रखने पर ऊष्मा स्थानांतरण की दर की गणना की जा सकती है।

बत्ती संरचना में उत्पन्न अधिकतम संभव केशिका दाब

$$\Delta P_{c,m} = \frac{2\sigma}{r_c}$$

जहां पर $\sigma$ द्रव वाष्प अंतरापृष्ठ पर सतह तनाव एवं-$r_c$ केशिका बत्ती संरचना में प्रभावी केशिकीय त्रिज्या है।

संवेग समीकरण में एक-विमीय, असंपीड्य सन्निकटन का उपयोग करते हुए ऊष्मानली में वाष्प दाब पतन को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त कर सकते हैं [3] -

$$\Delta P_v = \frac{C(f.Re)_v \mu_v Q L_{eff}}{2 r_v^2 A_v \rho_v h_{f,g}}$$

केशिका बत्ती में केशिका दाब के अंतर के कारण द्रव प्रवाह होता है। द्रव प्रवाह में श्यान बलों के कारण दाब में पतन को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जा सकता है: [3]

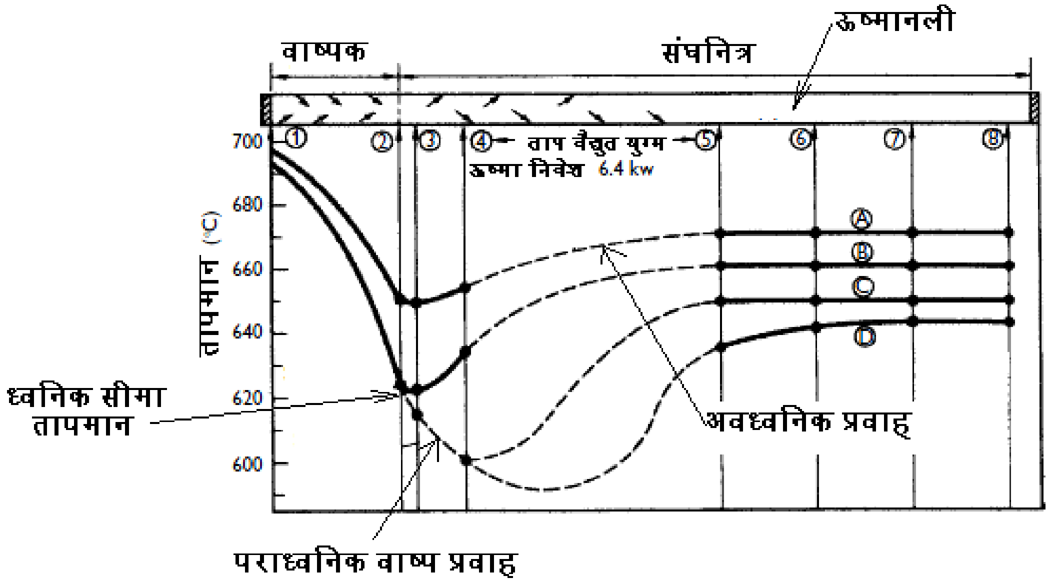
$$\Delta P_l = \frac{\mu_l Q L_{eff}}{K A_w \rho_l h_{fg}}$$

### *3.2 ध्वनिक सीमा (Sonic Limit)*

ध्वनिक सीमा साधारणतया तरल धातु ऊष्मानलियों के प्रचालन के शुरुआत में या निम्न तापमान पर प्रचालन के परिणामस्वरूप अति निम्न वाष्प घनत्व की परिस्थितियों में देखी जाती है। ऐसी दशाओं में ऊष्मानलियों में वाष्प का प्रवाह रूद्ध या ध्वनिक हो सकता है। ऊष्मानली में वाष्प का वेग बढ़ने से दाब पर जड़त्वीय या गतिज प्रभाव का महत्व बढ़ जाता है तथा ऐसी दशा में ऊष्मानली में तापमान समतापीय नहीं होता है परिणामस्वरूप ऊष्मानली में तापीय प्रवणता बढ़ जाती है। जब ऊष्मानली के वाष्प प्रवाह में जड़त्वीय प्रभावों की प्रमुखता होती है तब ऊष्मानली अभिसरित-अपसरित नॉजल की तरह व्यवहार करती है। अभिसरित एवं अपसरित नॉज़ल में प्रवाह के दौरान द्रव्यमान प्रवाह दर स्थिर होता है लेकिन परिवर्ती अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल के कारण वेग में परिवर्तन हो जाता है। जबकि ऊष्मानली में अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल प्रायः स्थिर होता है तथा परिवर्ती द्रव्यमान प्रवाह दर के कारण तरल के वेग में परिवर्तन होता है। वाष्प के अक्षीय प्रवाह के दौरान वाष्पक खण्ड में द्रव के वाष्पीकरण के कारण वाष्प के प्रवाह के साथ अतिरिक्त वाष्प जुड़ती जाती है, इसके विपरीत संघनित्र खण्ड में वाष्प के संघनन के कारण वाष्प प्रवाह में वाष्प की मात्रा कम होती जाती है। इस तरह ऊष्मानली में वाष्पीकरण एवं संघनन प्रक्रियाओं के परिणामस्वरूप परिवर्ती द्रव्यमान प्रवाह दर के कारण ऊष्मानली का व्यवहार अभिसरित एवं अपसरित नॉज़ल की तरह हो जाता है।

जिस तरह अभिसरित - अपसरित नॉज़ल में गैस प्रवाह के दौरान निर्गम द्वार पर पश्च दाब (Back Pressure) कम करने से गैस के प्रवाह का वेग ध्वनिक सीमा तक पहुंच जाता है उसी प्रकार ऊष्मानली में प्रचालन के दौरान संघनित्र छोर का तापमान कम करने से वाष्पक खण्ड का तापमान कम होता जाता है, ऐसा करते हुए तापमान की एक सीमा पर ऊष्मानली में वाष्प का वेग ध्वनिक सीमा पर पहुंच जाता है। वाष्प का वेग ध्वनिक सीमा पर पहुंचने के बाद संघनित्र खण्ड के तापमान को और अधिक कम करने से वाष्पक खण्ड पर उसका कोई प्रभाव नहीं होता है। संघनित्र पर तापमान के प्रभाव को चित्र 4 में दिखाया गया है। हम देखते हैं कि ध्वनिक सीमा पहुंचने के बाद संघनित्र का तापमान घटाने से भी वाष्पक के तापमान में कमीं नहीं होती है। हम यह भी कह सकते हैं कि ऊष्मानली में ध्वनिक सीमा पहुंचने के बाद रूद्ध प्रवाह के परिणामस्वरूप संघनित्र पर ऊष्मा निस्तारण की दर बढ़ाने से ऊष्मानली की ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता प्रभावित नहीं होती है। ध्वनिक सीमा ऊष्मानली द्वारा अक्षीय ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता की उच्चतम सीमा को दर्शाती है इससे ऊष्मानली का प्रचालन बंद नहीं होता है। वाष्प प्रवाह को एक-विमीय, आदर्श गैस के तुल्य मानते हुए तथा घर्षण के प्रभाव को नगण्य मानते हुए ध्वनिक दशा में ऊष्मा स्थानांतरण की दर, $Q_s$, को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जाता है [2] -

$$Q_s = 0.474\, h_{fg}\, A_v\, (\rho_v P_v)^{1/2}$$




**चित्र 4 : एक ऊष्मानली के संघनित्र पर तापमानों के परिवर्तन का वाष्प प्रवाह पर प्रभाव [2]**

### *3.3 संरोहण सीमा (Entrainment Limit)*

हम जानते हैं कि ऊष्मानली में प्रचालन के दौरान वाष्प प्रवाह और द्रव प्रवाह विपरीत दिशाओं में होता है। द्रव एवं वाष्प की एक दूसरे के विपरीत दिशाओं में प्रवाह करती हुई धाराओं के परिणामस्वरूप इन के द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर श्यान अपरूपण बल (Viscous shear forces) लगते हैं, ये बल केशिका बत्ती में हो रहे द्रव प्रवाह को अवरूद्ध करते हैं। जब वाष्पक की सतह पर ऊष्मा अभिवाह बढ़ाने पर वाष्प प्रवाह बहुत तीव्र हो जाता है तो द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर लहरों का निर्माण हो सकता है और अंतरापृष्ठीय श्यान बल, द्रव की सतह पर सतह तनाव बलों से अधिक हो सकते हैं, जिसके परिणामस्वरूप वाष्प प्रवाह में द्रव की सतह से द्रव की बूंदें खिंच आती है या संरोहित हो जाती है। वाष्प प्रवाह के साथ-साथ ये बूंदे संघनित्र तक चली जाती है जिससे केशिका बत्ती में से होकर वाष्पक की ओर आने वाले द्रव की मात्रा कम या अपर्याप्त हो जाती है। इस दशा में वाष्पक पर ऊष्मा भार की दर को और अधिक नहीं

बढ़ाया जा सकता है क्योंकि ऊष्मा भार के बढ़ाने से वाष्पक में अपर्याप्त द्रव के कारण वह शुष्क हो सकता है। ऊष्मा भार की जिस दर पर यह दशा उत्पन्न होती है उसे ऊष्मा नली की संरोहण सीमा कहते हैं।

ऊष्मानलियों में संरोहण सीमा का अनुमान वेबर नंबर के द्वारा लगाया जा सकता है। वेबर नंबर श्यान अपरूपण बल तथा सतह तनाव बलों का अनुपात होता है। वेबर नंबर का मान जब इकाई के समीप पहुंचने लगता है तो संरोहण सीमा प्रारंभ होने लगती है। वेबर नंबर ***We*** को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जाता हैः

$$We = \frac{2\, r_{h,w}\, \rho_v\, V_v^2}{\sigma}$$

संरोहण सीमा के आधार पर अधिकतम ऊष्मा स्थानांतरण दर $Q_e$ को निम्न समीकरण के रुप में व्यक्त किया जा सकता है [2] -

$$Q_e = A_v h_{fg} \left(\frac{\sigma\, \rho_v}{2 r_c}\right)^{0.5}$$

### 3.4 श्यान सीमा (Viscous Limit)

जब ऊष्मानलियों का प्रचालन निम्न तापमानों पर किया जाता है तो वाष्पक में वाष्प का दाब बहुत कम हो सकता है। वाष्प को वाष्पक खण्ड से संघनित्र खण्ड की ओर पहुंचने के लिए दाब प्रवणता (Pressure Gradient) की आवश्यकता होती है। यह दाब प्रवणता वाष्प प्रवाह के दौरान विपरीत दिशा में लगने वाले श्यान बलों के विरूद्ध प्रवाह के लिए आवश्यक होती है। जब वाष्पक में वाष्प दाब, प्रवाह के लिए आवश्यक दाब प्रवणता के लगभग समान होता है तो उस दशा में वाष्प दाब श्यान बलों के संतुलन में हो जाता है। ऐसी परिस्थिति में अगर वाष्प का प्रवाह बढ़ता है तो वाष्पक खण्ड में कुल वाष्प दाब ऊष्मानली में वाष्प का प्रवाह बनाए रखने के लिए अपर्याप्त हो सकता है। वाष्पक खण्ड में प्रवाह की इस दशा को श्यान सीमा से इंगित किया जात है। श्यान सीमा निम्न वाष्प दाबों पर घटित होती है इसलिए इसे अधिकतर क्रायोजेनिक या लंबी ऊष्मानलियों में घटित होता हुआ तब देखा जाता है जब उपयोग में लाए जाना वाला प्रचालन द्रव गलन तापमान के समीप हो क्योंकि इस दशा में द्रव का संतृप्त दाब कम होता है।

अगर ऊष्मानली में दाब प्रवणता वाष्पक खण्ड में वाष्प दाब के दसवें भाग से भी कम हो तो श्यान सीमा ऊष्मानली के प्रचालन में महत्वपूर्ण कारक नहीं होती है। यह कसौटी सामान्य प्रचालन के दौरान वैद्य होती है। श्यान सीमा ऊष्मानली के प्रचालन के विफलता को इंगित नहीं करती है। अगर ऊष्मामली पर आरोपित ऊष्मा भार श्यान सीमा द्वारा अनुमानित भारों से अधिक हो भी जाए तो ऊष्मानली के प्रचालन तापमान बढ़ने के साथ-साथ संतृप्त वाष्प दाब बढ़ जाएगा।

अगर ऊष्मानली में वाष्प का व्यवहार समतापीय गैस की तरह, संघनित्र के सिरे पर शून्य वाष्प दाब एवं ऊष्मानली में वाष्प प्रवाह को पटलीय (Laminar) माना जाए, तो इन कल्पनाओं को ध्यान में रखते हुए ऊष्मा स्थानांतरण की श्यान सीमा $Q_v$ को निम्न व्यंजक के रूप में लिखा जा सकता है [2]-

$$Q_v = \frac{A_v\, r_v^2 h_{fg}\, \rho_v\, P_v}{16\, \mu_v L_{eff}}$$

### 3.5 क्वथन सीमा (BoilingLimit)

उष्मा नली के वाष्पक और संघनित्र में ऊष्मा स्थानांतरण की प्राथमिक विधियां क्रमशःचालकीय वाष्पीकरण एवं चालकीय संघनन होती हैं। ऊष्मानली के वाष्पक खण्ड में केशिका बत्ती, द्रव से संतृप्त होती है। वाष्पक खण्ड में ऊष्मा स्रोत से केशिका बत्ती में से होकर द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ तक ऊष्मा स्थानांतरण ऊष्मानली की त्रिज्य दिशा में होता है। वाष्पक में ऊष्मा चालन के कारण द्रव से संतृप्त केशिका बत्ती में त्रिज्य दिशा में तापीय प्रवणता स्थापित हो जाती है। वाष्पक खण्ड में पाइप-बत्ती अंतरापृष्ठ पर द्रव का तापमान द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर द्रव के तापमान से अधिक होता है जो कि द्रव एवं बत्ती के गुणधर्मों के अतिरिक्त ऊष्मा अभिवाह घनत्व पर निर्भर करता है। एक द्वि-प्रावस्था तंत्र में वाष्पक में द्रव का दाब, द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर संतृप्त दाब तथा द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर केशिका दाब के अंतर के बराबर होता है। जिसके परिणामस्वरूप पाइप-बत्ती अंतरापृष्ठ पर संतृप्त वाष्प दाब उसी स्थान पर द्रव के दाब से अधिक होता है। दाब में यह अंतर वाष्पक खण्ड में त्रिज्य ऊष्मा अभिवाह के बढ़ने से और अधिक बढ़ जाता है, इसलिए वाष्पक बत्ती पर वाष्प के बुलबुलों का निर्माण हो सकता है। ऊष्मानली की बत्ती संरचना में वाष्प के बुलबुलों का निर्माण अवांछित होता है क्योंकि इनसे गर्म धब्बों (Hot spots) का निर्माण हो सकता है और ये द्रव के संचरण में बाधा पहुंचा सकते हैं। वाष्पक पर ऊष्मा स्थानांतरण की वह दर जिस पर ऐसी दशा होने लगती है उस दर को क्वथन सीमा कहते है।

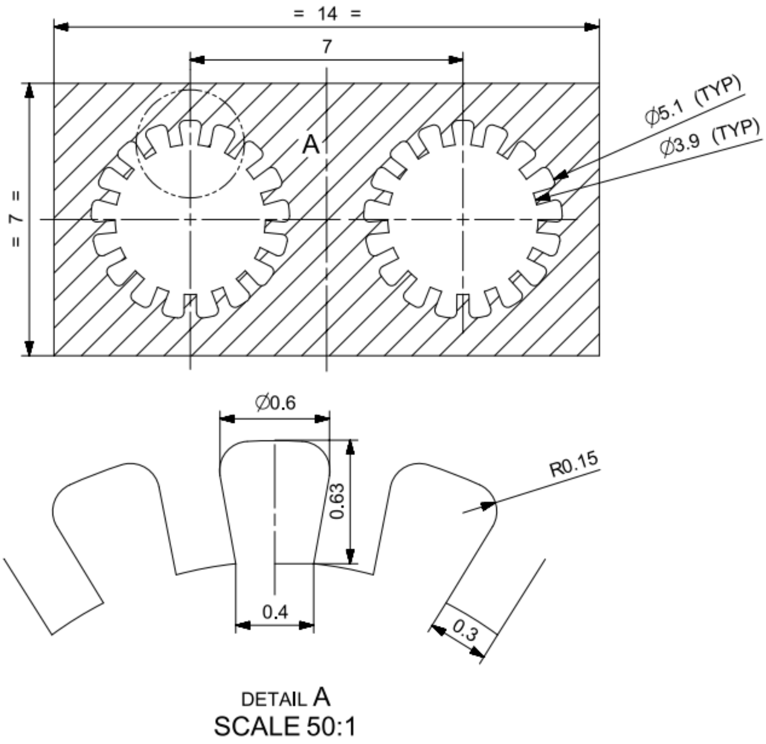
ऊष्मानली की क्वथन सीमा तथा अन्य सीमाओं में एक मुख्य अंतर यह होता हैं कि क्वथन सीमा त्रिज्य ऊष्मा अभिवाह की सीमा होती है जबकि अन्य सीमाएं अक्षीय ऊष्मा अभिवाह की सीमाएं होती है। ऊष्मानली में वाष्प के बुलबुलों का निर्माण केवल वाष्पक खण्ड तक ही सीमित रहता है क्योंकि संघनित्र में द्रव का तापमान, द्रव के दाब के संगत संतृप्त तापमान से कम होता है। इसलिए संघनित्र पर त्रिज्य ऊष्मा अभिवाह की कोई सीमा नहीं होती है।

किसी समतल सतह पर बुलबुलों की वृद्धि या निपात (Collapse), द्रव के तापमान तथा द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर दाब में अंतर पर निर्भर होता है। कोई बुलबुले पर दाब संतुलन क्लेपेरॉन समीकरण का उपयोग करते हुए क्वथन सीमा पर कुल ऊष्मा भार $Q_b$ को निम्न व्यंजक द्वारा व्यक्त किया जा सकता हैः[4]

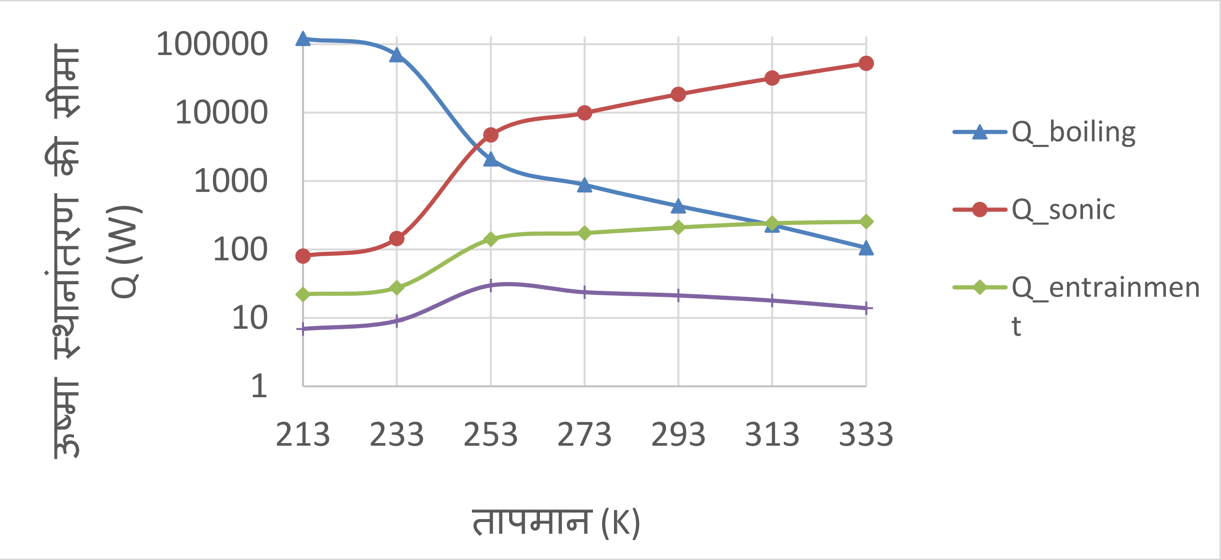
$$Q_b = \frac{2\pi L_{eff} k_{eff} T_v}{h_{fg} \rho_v \ln(r_i/r_v)} \left[\frac{2\sigma}{r_n} - (\Delta P_c)_{max}\right]$$

### 4. ऊष्मानली की ऊष्मा स्थानांतरण सीमाएं

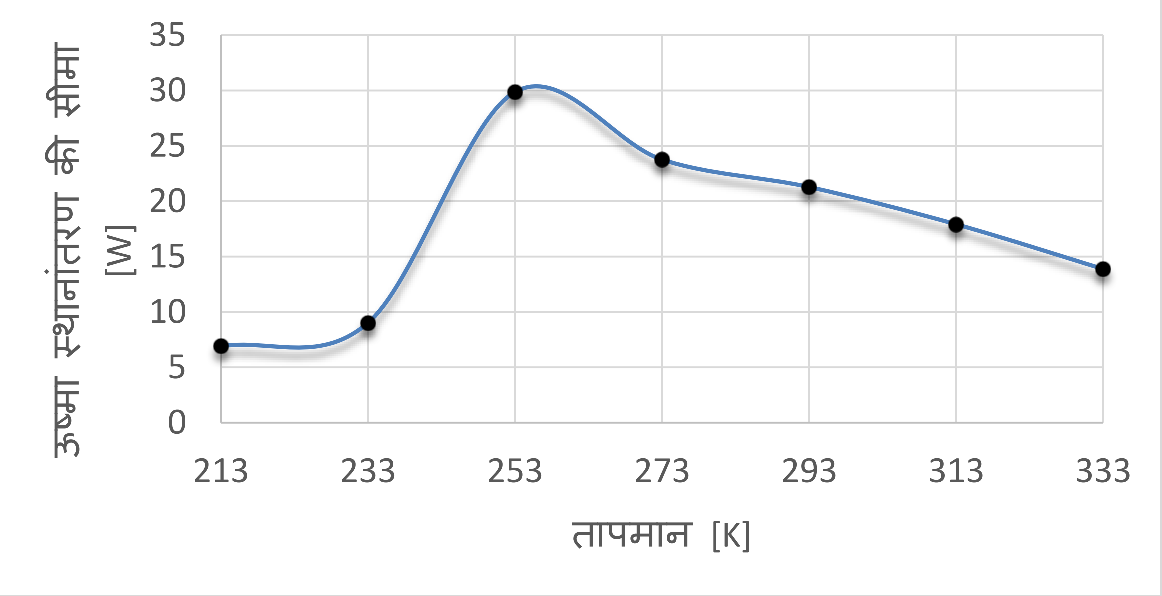
भविष्य के विभिन्न सुदूर संवेदी उपग्रहों के प्रदायभारों के लिए एक मिनी ऊष्मा नलिका का डिजाईन किया गया है व इसकी संरचना को चित्र 5 में दिखाया गया है। इस ऊष्मा नलिका के एक कोर की विभिन्न ऊष्मा स्थानांतरण की सीमाओं का तापमान के साथ परिवर्तन को चित्र 6 में दिखाया गया है । विभिन्न तापमानों पर मिनी ऊष्मा नलिका की ऊष्मा स्थानांतरण की सीमा को चित्र 7 में दिखाया गया है ।




चित्र 5 : डिजाईन की गयी सूक्ष्म ऊष्मा नलिका की संरचना




चित्र 6 : सूक्ष्म ऊष्मा नलिका के एक कोर का तापमान के साथ ऊष्मा स्थानांतरण की विभिन्न सीमाओं का परिवर्तन




चित्र 7 : विभिन्न तापमानों पर सूक्ष्म ऊष्मा नलिका की ऊष्मा स्थानांतरण की सीमा

**5. उपसंहार**

ऊष्मानलियों में ऊष्मा स्थानांतरण सीमाओं को मुख्यतः दो भागों में विभक्त किया जा सकता हैं, एक वे जो ऊष्मानली के सफल प्रचालन को रोक सकती हैं तथा दूसरी वे जिनसे ऊष्मानली का प्रचालन बंद नही होता है। केशिका, क्वथन एवं संरोहण सीमाएं ऊष्मानली के सफल प्रचालन को रोक देती हैं। अन्य सीमाओं द्वारा ऊष्मानली के प्रचालन में बाधा पहुंचने पर ऊष्मानली में अधिक ऊष्मा निवेश करते हुए उच्च तापामन पर प्रचालन करना शुरू कर देती हैं। अंतरिक्ष उपयोगों में सामान्य तापमान पर प्रयुक्त ऊष्मानलियों के लिए केशिका एवं क्वथन सीमाएं महत्वपूर्ण पाई गई है। केशिका सीमा ऊष्मानली द्वारा स्थानांतरित कुल अक्षीय ऊष्मा भार को दर्शाती है जबकि क्वथन सीमा ऊष्मानली की त्रिज्य दिशा में प्रयुक्त ऊष्मा अभिवाह पर निर्भर करती है। ऊष्मा स्थानांतरण सीमाएं ऊष्मानली की अभिकल्पना के लिए महत्वपूर्ण आधार होती हैं। भविष्य के विभिन्न सुदूर संवेदी उपग्रहों के प्रदायभारों के लिए एक मिनी ऊष्मा नलिका का डिजाईन प्रस्तावित किया गया है व विभिन्न तापमानों पर इसकी ऊष्मा स्थानांतरण की सीमाओं की गडना की गयी है। डिजाईन की गयी मिनी ऊष्मा नलिका की अधिकतम ऊष्मा स्थानांतरण की सीमा 30 W है।

**संदर्भ:**

1. मैनफ्रेड ग्रॉल, " हीट पाइप साइन्स एन्ड टेक्नोलॉजी- ए हिश्टोरिकल रिव्यू ", 17 वीं इंटरनेशनल हीट पाइप कॉन्फ्रेन्स, कानपुर 2013, भारत।
2. बेजान ए., क्रॉस ए. डी.,"हीट ट्रांसफर हैन्डबुक", जॉन वाइली एंड संस, 2003 ।
3. बाहमान जोहरी, "हीट पाइप डीजाइन एंड टेक्नोलॉजी", सी आर सी प्रेस 2011।
4. एस.डबल्यु. ची, "हीट पाइप थ्योरी एंड प्रेक्टिस", हैमीस्फेयर पब्लिशिंग कार्पोरेशन लंदन 1976।

***

# CAN बस आधारित डाटा हस्तांतरण

प्रियंका मंगला (AC08743), एन.पी. अजमेरी (AC07071), सौमेन गराई(AC08233), रंजन परनामी(AC07928),
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
}mangla.priyanka, sac7071, soumen, ranjanparnami} @sac.isro.gov.in

**सारांश**

CAN बस से तात्पर्य है- कंट्रोल एरिया नेटवर्क। यह एक सीरियल प्रोटोकॉल है। इसके लिए दो संकेत लाइनों की आवश्यकता होती है: CAN हाई (H+) और CAN लो (L-)। इसे रोबर्ट बोश कंपनी ने 1985 में वाहन नेटवर्क के लिए विकसित किया था। यह प्रोटोकॉल सन्देश उन्मुख (Message Oriented) संचरण प्रणाली परआधारित है।

CAN प्रोटोकॉल के निम्न्लिखित फायदे हैं :

- यह विभिन्न इलेक्ट्रोनिक्स इकाइयों के मध्य कनेक्टिविटी के लिए आवश्यक संकेत लाइनों/ तारों को कम करता है और इससे सिस्टम स्तर की दक्षता भी बढ़ जाती है।
- यह विभिन्न विद्युत वातावरण में काम करने की क्षमता प्रदान करता है।

यह पेपर सैक में रिमोट सेंसिंग पेलोड की टेस्टिंग के लिए ग्राउंड चेकआउट सिस्टम में CAN बस इंटरफेस हार्डवेयर और CAN प्रोटोकॉल के डिजाईन और परीक्षण का वर्णन करता है।

**प्रस्तावना**

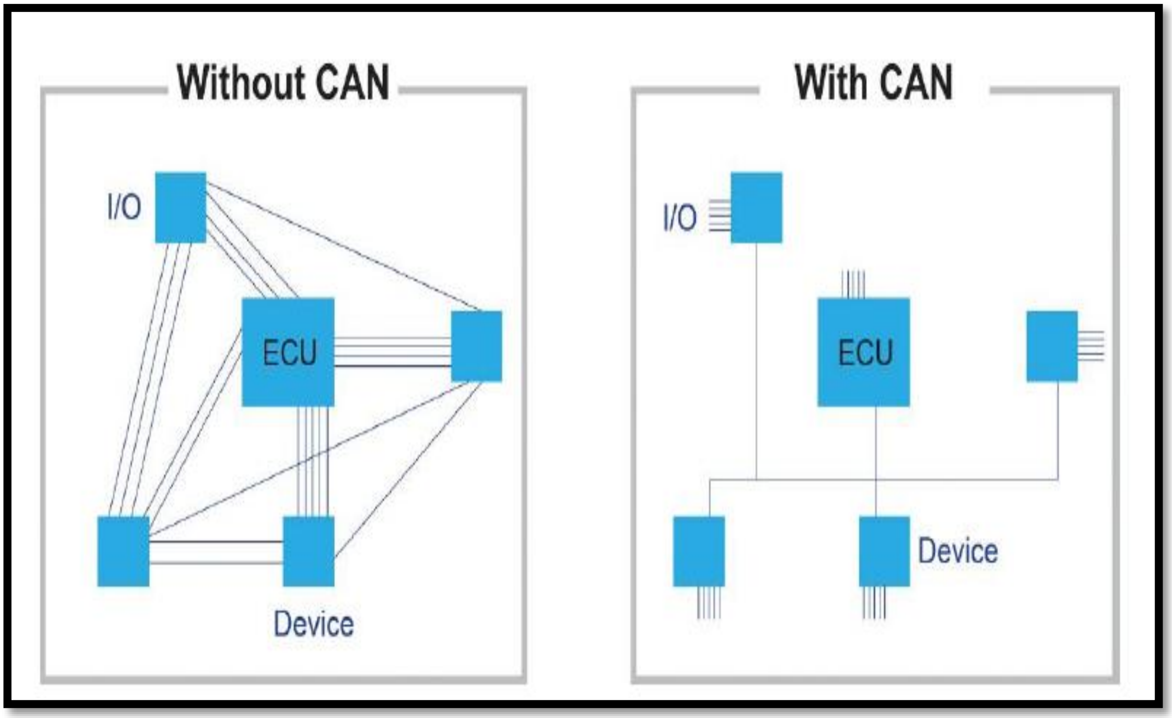
सैक में रिमोट सेंसिंग नीतभारों का निर्माण किया जाता है। इन नीतभारों की टेस्टिंग सैक में ही की जाती है। इन नीतभारों का परीक्षण अंतरिक्ष अनुकृत वातावरण में किया जाता है। इन नीतभारों की टेस्टिंग के लिए ग्राउंड चेक आउट प्रणाली तैयार की गयी है। इस प्रणाली में मुख्यतः 3 प्रकार के कार्य किये जाते हैं, वे इस प्रकार हैं:

1) नीतभारों के संचालन के लिए आवश्यक टेलीकमांड और क्लोक संकेतों का उत्पादन करना।
2) विडियो डाटा का अधिग्रहण करके उसका प्रसंस्करण करना।
3) टेलीमेटरी डाटा का अधिग्रहण करके उसका प्रसंस्करण करना।

पेलोड कमांड एंड कंट्रोल सिस्टम (पिसिसिएस) चेकआउट प्रणाली का एक महत्त्वपूर्ण उपकरण है। यह पेलोड के लिए आवश्यक सभी क्लोक संकेतों, टेलीकमांडो तथा तुल्यकाली संकेतों (Synchonization Signals) का उत्पादन करता है।यह अंतरिक्ष यान मेनफ्रेम की अनुपस्थिति में पेलोड को संचालित करने के लिए आवश्यक सभी विद्युत संकेत उत्पन्न करता है। पिसिसिएस हार्डवेयर पेलोड के साथ उसी निर्धारित इंटरफेस के साथ संपर्क करता है जो कि पेलोड और अंतरिक्ष यान के बीच निर्धारित किया गया है।

पिसिसिएस में CAN बस प्रोटोकॉल के साथ कमांड उत्पन्न करने का हार्डवेयर विकसित किया गया है जो कि CAN प्रोटोकॉल के अंतर्गत पेलोड को कमांड डाटा देता है तथा पेलोड से टेलीमीटरी डाटा लेता भी है।

**मुख्य शब्द: CAN बस, माइक्रोकंट्रोलर, FPGA, पेलोड।**




चित्र 1 : CAN बस इंटरफेस

**CAN बस के मूलभूत तथ्य**

विभिन्न इलेक्ट्रॉनिक मॉड्यूल को एक दूसरे के साथ कनेक्ट करने की कई विधियाँ है जैसे कि बिंदु-तर-बिंदु (POINT-TO-POINT) विन्यास, स्टार विन्यास, जाल (Mesh) विन्यास, बस विन्यास इत्यादि। बिंदु-तर-बिंदु, स्टार तथा जाल विन्यास में जैसे -जैसे नोड्स की संख्या बढ़ती जाती है, इससे जटिलता बढती है और नेटवर्क की दक्षता कम हो जाती है। इन समस्याओं और जटिलताओं को दूर करने के लिए तथा डाटा ट्रांसफर के लिए CAN बस प्रोटोकॉल एक बढ़िया योजना है। भविष्य में CAN बस की योजना इलेक्ट्रॉनिक्स मॉड्यूल के बीच इंटरकनेक्टिविटी के लिए तारों और जटिलताओं की संख्या कम करने की कारगर तकनीक है। इसके अतिरिक्त, यह प्रोटोकॉल संचरित डेटा के लिए त्रुटि पहचान की सुविधा प्रदान कर सकता है।

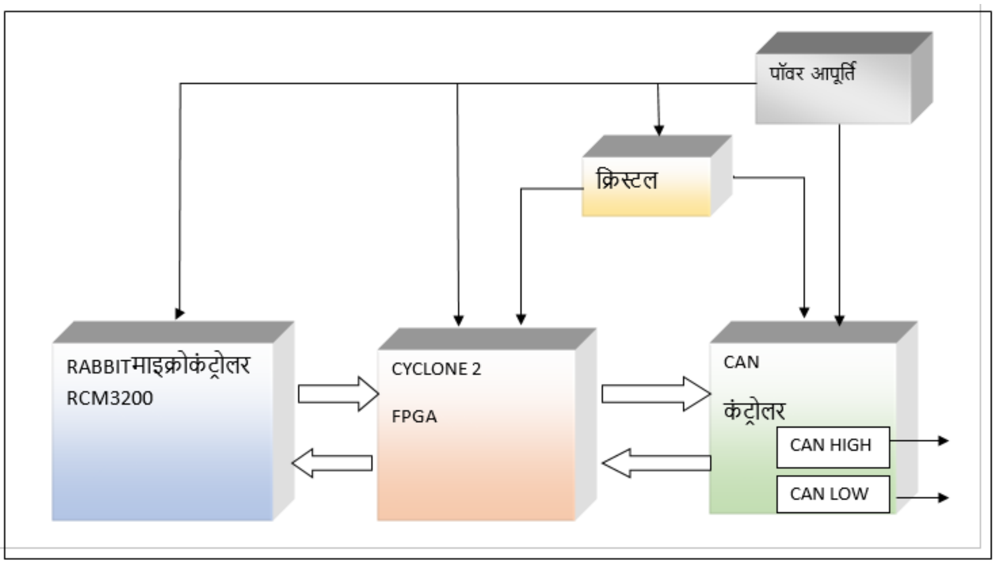
CAN नेटवर्क में सभी नोड्स एक दूसरे से दो तार/संकेत लाइनों के माध्यम से जुड़े हुए हैं। इस तार युग्म का प्रतिरोध 120 Ω होता है।

चित्र 1 CAN बस के इंटरफेस के द्वारा तारों की संख्या कम होने का वर्णन करता है।

CAN दो संकेत half duplex सीरियल नेटवर्क तकनीक है। यह एक बहु मास्टर प्रसारण सीरियल बस है-जो विभिन्न इलेक्ट्रोनिक्स युक्तियों को एक साथ जोड़ता है। प्रत्येक नोड संदेश भेजने और प्राप्त करने में सक्षम है, लेकिन एक साथ नहीं। एक संदेश में मुख्य रूप से एक आईडी (पहचानकर्ता) होती है, जो प्राथमिकता का प्रतिनिधित्व करती है। संदेश आठ डेटा बाइट्स तक हो सकता है। मीटर से कम नेटवर्क लंबाई 40 1 परMbit सेकंड की बिट दर से / डाटा भेजा जाना संभव है। CAN में दो तार्किक अवस्थाएँ होती हैंडोमिनेंट : और रिसेसिव। जब CAN बस idle मोड में होती है तो ,दोनों लाइनों में 2.5 V का विभवांतर होता है लेकिन ,जब डाटा बिट्स प्रसारित की जाती हैं तो CAN(H) का विभव 3.75 V तक हो सकता है और CAN(L) का विभव 1.25V तक हो सकता है। नोड का डाटा सही तरीके से पढ़ने के लिए, CAN बस को टरमिनेट कर दिया जाता है। विद्युत सिग्नल को प्रतिबिंब से बचाने के लिए दोनों सिरों पर 120 ohm का टरमिनेशन लगा दिया जाता है। CAN एक carrier sense multiple access प्रोटोकॉल है, जो प्रत्येक नोड्स के डेटा को संचारित करने से पहले बस को देखता है, अगर यह पता चलता है कि बस पर कुछ डेटा है तो यह अपना डेटा संचारित नहीं करता है और कुछ पूर्वनिर्धारित समय की प्रतीक्षा करता है और फिर कोशिश करता है। ऐसी स्थिति हो सकती है जब दो नोड एक ही समय में संचारित हो जाएं। इस स्थिति में प्राथमिकता की जाँच करके डाटा भेजा जाता है।

**हार्डवेयर डिजाइन:**

CAN बस इंटरफ़ेस को समझने के लिए टेस्ट कार्ड विकसित किया गया है। कार्ड में CAN नियंत्रक आईसी , RCM 3200 माइक्रोकंट्रोलर, और CYCLONE II-FPGA, आवश्यक पावर सर्किट, क्रिस्टल दोलित्र, फिल्टर इत्यादि इंटरफेस का प्रावधान है। कार्ड में लगे RCM3200 माइक्रोकंट्रोलर में ईथरनेट पोर्ट मौजूद है जिसके द्वारा इस कार्ड को कंप्यूटर से जोड़कर इसे कंट्रोल किया जा सकता है। विभिन्न इलेक्ट्रो ऑप्टिकल रिमोट सेंसिंग पेलोड के लिए कमांड संकेत उत्पन्न करने के लिए CYCLONE-II FPGA का उपयोग किया गया है। आवश्यक क्लोक हमें क्रिस्टल दोलित्र द्वारा प्राप्त होती है। CAN नियंत्रक आईसी हमें आवश्यक CAN संकेत उत्पन्न करने में मदद करती है। टेस्ट कार्ड का ब्लाक आरेख नीचे दिया गया है: चित्र 2 CAN टेस्ट कार्ड का वर्णन करता है।




**चित्र 2- टेस्ट कार्ड का ब्लॉक आरेख**

**विवरण:**

RCM3200 माइक्रोकंट्रोलर मॉड्यूल है, जो ईथरनेट के माध्यम से पीसी के साथ इंटरफेस करके GUI आधारित सूचना का अर्थ जानकर FPGA को एक बिट स्ट्रीम संकेत के रूप में भेजता है। FPGA इस बिट स्ट्रीम संकेत को डिकोड करके अंतिम संकेत CAN ट्रांससीवर आईसी को भेज देता है, यह CAN

ट्रांससीवर आईसी CAN बस से साथ के साथ इंटरफेस करती है। FPGA का CAN ट्रांससीवर आईसी के साथ इंटरफेस SPI प्रोटोकॉल के माध्यम से होता है। CAN नियंत्रक को अपने ऑपरेशन के लिए क्रिस्टल दोलित्र से आवश्यक CLOCK प्राप्त होती है। 3.3V नियामक का प्रयोग 5V से 3.3V में परिवर्तित करने के लिए किया जाता है। आवश्यक CAN बस termination का प्रावधान इस कार्ड में है।

**इस टेस्ट कार्ड में निम्न्लिखित हार्डवेयर का उपयोग किया गया:**

1. **फ़ील्ड प्रोग्राममेबल गेट एरेज़ )FPGA(**

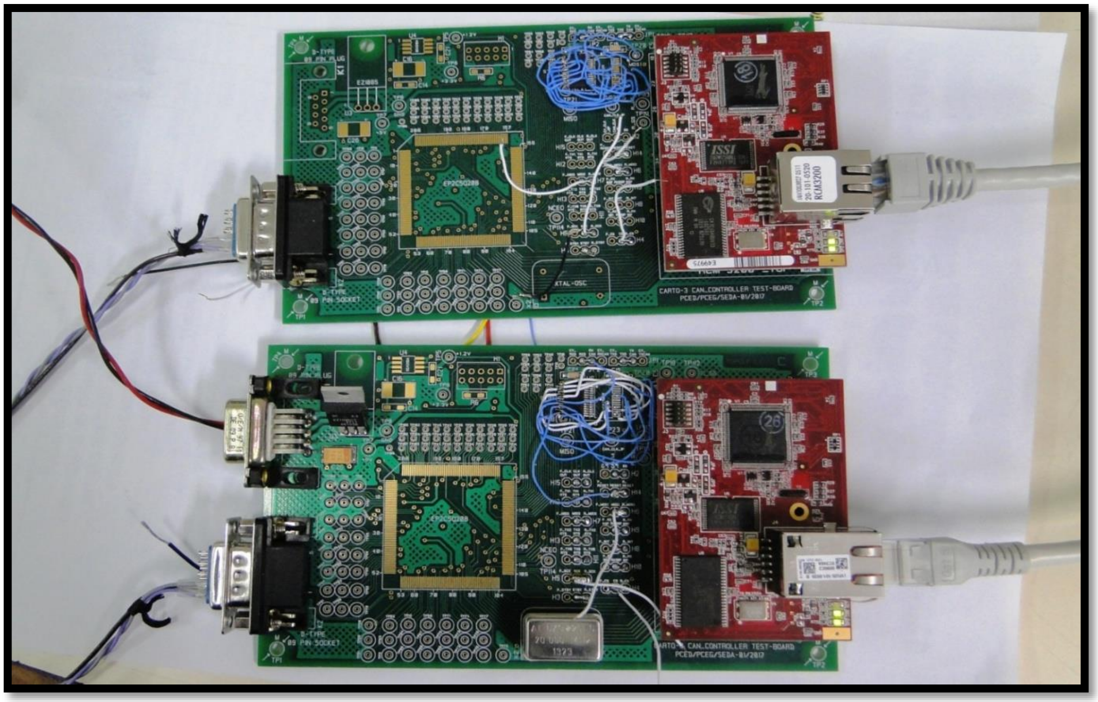
फ़ील्ड प्रोग्राममेबल गेट एरेज़ (FPGA) अर्धचालक उपकरण हैं जिसमे विन्यासनीय लॉजिक ब्लॉक (CLB) के मैट्रिक्स होते हैं। FPGA को प्रोग्राम करने के लिए प्रोग्रामेबल लोजिक और प्रोग्रामेबल इंटरकनेक्ट्स मौजूद होते हैं। प्रोग्रामिंग के बाद वांछित आवश्यकताओं या बदलावों के लिए FPGA को पुन: प्रोग्राम किया जा सकता है। इसके फर्मवेयर का डिजाईन VHDL भाषा में किया गया है।

2. **CAN नियंत्रक MCP25625:**

CAN नियंत्रक एक विशिष्ट आईसी है जो कैन प्रोटोकॉल को लागू करती है, और CAN ट्रांसीवर CAN बस के लिए इंटरफ़ेस के रूप में कार्य करता है। MCP25625 में CAN कंट्रोलर और CAN ट्रांसीवर दोनों को एकीकृत करता है। इसलिए, यह एक पूर्ण CAN समाधान है जिसे SPI इंटरफेस के साथ आसानी से माइक्रोकंट्रोलर या FPGA से जोड़कर नियंत्रित किया जा सकता है।

3. **Rabbitमाइक्रोकंट्रोलर, RCM3200:**

RCM3200 माइक्रोकंट्रोलर मॉड्यूल है, जो ईथरनेट के माध्यम से पीसी के साथ इंटरफेस करके GUI आधारित सूचना का अर्थ जानकर FPGA को संकेत भेजता है। इसके फर्मवेयर का डिजाईन C भाषा में किया गया है। चित्र 3 प्रयोग किये गए हार्डवेयर को दर्शाता है।



चित्र 3- डेटा स्थानांतरण प्रक्रिया के लिए हार्डवेयर लागू

CAN टेस्ट कार्ड के परीक्षण के लिए निम्न्लिखित सॉफ़्टवेयर का उपयोग किया गया है:

1. **लैबव्यु )LABVIEW(:**

लाइब्रेरी वर्चुअल इंस्ट्रूमेंट इंजीनियरिंग वर्कबेंच (LABVIEW) नेशनल इंस्ट्रूमेंट का प्रोग्रामिंग भाषा के लिए एक सिस्टम-डिजाइन और विकास मंच है। यह एक ऐसी ग्राफिकल प्रोग्रामिंग भाषा है जो नेशनल इंस्ट्रूमेंट द्वारा बनाई गई है जिसे प्रारंभ में जीपीआईबी के माध्यम से संवाद करने के लिए विकसित किया गया था, लेकिन तब से इसे काफी अद्यतन किया गया है। इस सोफ्टवेर का उपयोग जीयूआई का विकास करने में हुआ है , उपयोगकर्ता इसके माध्यम से कार्ड को कमांड भेज सकता है और कार्ड से डाटा लेकर स्क्रीन पर देख भी सकता है।

**LabVIEW के फायदे**

- ग्राफिकल इंटरफ़ेस उपयोग करना सरल है। अधिकांश इंजीनियर और वैज्ञानिक इसे उपयोग करना जल्दी ही सीख सकते हैं।
- LabVIEW विविध क्षेत्रों में कई अनुप्रयोगों के लिए एक सार्वभौम मंच प्रदान करता है।
- LabVIEW का उपयोग तीसरे पक्ष के हार्डवेयर के साथ किया जा सकता है।
- डेटा अधिग्रहण और परीक्षण उपकरण उत्पादों जैसे कई हार्डवेयर आइटम्स को इंटरफ़ेस करना आसान है।

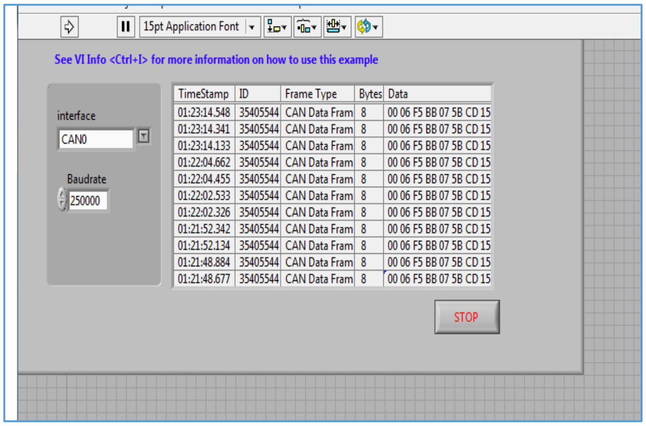
2. **वीएचडीएल,VHDL :**

वीएचडीएल आमतौर पर टेक्स्ट मॉडलों को लिखने के लिए प्रयोग किया जाता है जो तर्क सर्किट का वर्णन करते हैं। FPGA डिजाईन और सिमुलेशन मॉडल के कोड को लिखने के लिए इस भाषा का प्रयोग किया गया है।

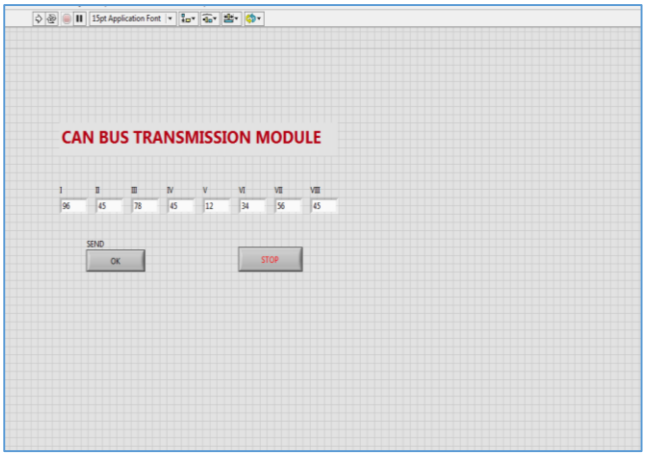
3. **C प्रोग्राम्मिंग:**

C एक उच्च प्रोग्रामिंग भाषा (High Level Programming Language) है। 'डायनेमिक सी' वातावरण में Rabbit 3200 माइक्रोकंट्रोलर के लिए कोड का विकास, कम्पायल और प्रोग्रामिंग की जाती है। 'डायनेमिक सी' मानक ANSI C और Rabbit 3200 विशेष फंक्शन का सम्मिश्रण है।

चित्र 3 और 4 LabVIEW में बनाये गए जीयूआई को दर्शाता है।




**चित्र 4- रिसीवर पक्ष की जीयूआई (सीएएन मॉड्यूल यूएसबी-8473)**

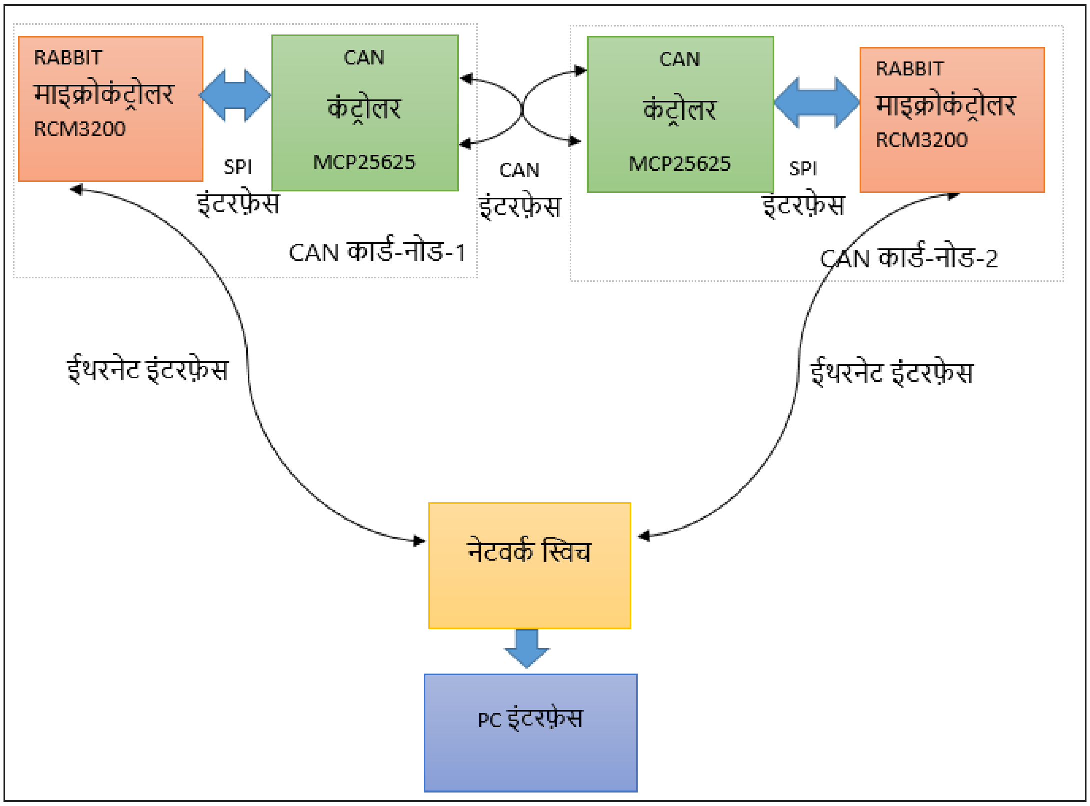



**चित्र5- ट्रांसमीटर का जीयूआई**

**कार्ड की टेस्टिंग :**

कार्ड की टेस्टिंग दो प्रकार से की गयी है :

1. पहले परीक्षण सेटअप में, CAN बस के दो नोड्स हैं। कोई भी नोड ट्रांसमीटर या रिसीवर के रूप में कार्य कर सकती है। दोनों नोड्स में, माइक्रोकंट्रोलर आरसीएम 3200 और कैन बस इंटरफेस मॉड्यूल एमसीपी25625 हैं। कैन मॉड्यूल में CAN नियंत्रक और ट्रांसीवर उपलब्ध हैं। RCM 3200 माइक्रोकंट्रोलर मॉड्यूल ईथरनेट के माध्यम से पीसी के साथ इंटरफेस करता है। LABVIEW पीसी के माध्यम से जीयूआई आधारित कमांड उत्पन्न करता है। कमांड डाटा ईथरनेट के माध्यम से परीक्षण बोर्ड के माइक्रोकंट्रोलर में स्थानांतरित हो जाता है।



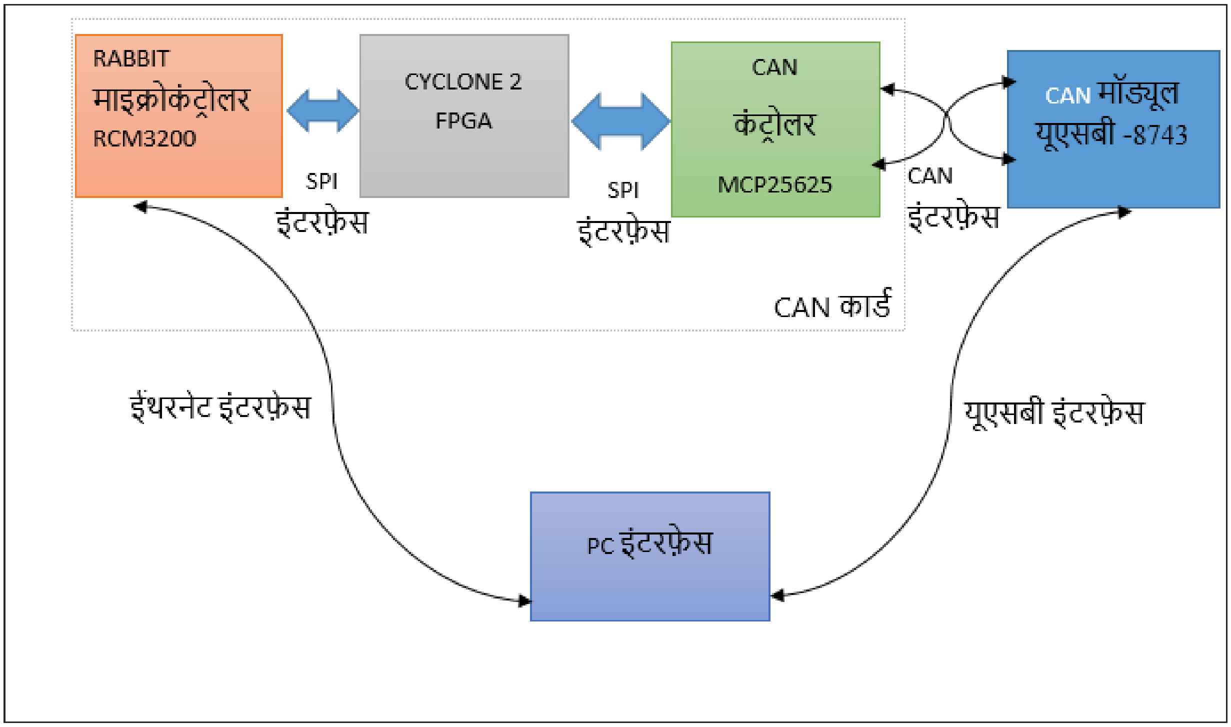

**चित्र 6- परीक्षण सेटअप 1 का ब्लॉक आरेख**

माइक्रोकंट्रोलर GUI से मिली कमांड्स की व्याख्या करता है और CAN नियंत्रक आईसी को SPI प्रोटोकोल द्वारा कमांड डाटा भेज देता है। दूसरी तरफ दूसरे कार्ड में CAN डेटा रिसीवर डाटा ग्रहण कर इसे CAN नियंत्रक में स्थानांतरित कर देता है। यह डेटा फिर माइक्रोकंट्रोलर को मिल जाता है और माइक्रोकंट्रोलर इस डाटा को ईथरनेट के माध्यम से GUI को भेज देता है।

दोनो नोड्स 9 पिन सॉकेट डी-प्रकार कनेक्टर के माध्यम से एक साथ जुड़े होते हैं। जीयूआई LABVIEW सॉफ़्टवेयर में बनाया गया है। चित्र 6 परीक्षण सेटअप 1 में डाटा को कैसे भेजा जाता है, यह दर्शाता हैमाइक्रोकंट्रोलर GUI से मिली कमांड्स की व्याख्या करता है और CAN नियंत्रक आईसी को SPI प्रोटोकोल द्वारा कमांड डाटा भेज देता है। दूसरी तरफ दूसरे कार्ड में CAN डेटा रिसीवर डाटा ग्रहण कर इसे CAN नियंत्रक में स्थानांतरित कर देता है। यह डेटा फिर माइक्रोकंट्रोलर को मिल जाता है और माइक्रोकंट्रोलर इस डाटा को ईथरनेट के माध्यम से GUI को भेज देता है। दोनो नोड्स 9 पिन सॉकेट डी-प्रकार कनेक्टर के माध्यम से एक साथ जुड़े होते हैं। जीयूआई LABVIEW सॉफ़्टवेयर में बनाया गया है। चित्र 6 परीक्षण सेटअप 1 में डाटा को कैसे भेजा जाता है, यह दर्शाता है

2. इस परीक्षण सेटअप में, CAN बस के दो नोड्स हैं। कोई भी नोड ट्रांसमीटर या रिसीवर के रूप में कार्य कर सकता है। एक नोड में, माइक्रोकंट्रोलर आरसीएम 3200, FPGA और कैन बस इंटरफेस मॉड्यूल एमसीपी25625 और दूसरी तरफ यूएसबी -8743 (मॉड्यूल) है। एनआई यूएसबी -8473 CAN इंटरफेस आपके पीसी को कंट्रोलर एरिया नेटवर्क CAN नेटवर्क से कनेक्ट करने के लिए हाय-स्पीड यूएसबी इंटरफेस प्रदान करता है। आप 1 मेगाहर्ट्ज, 10 मेगाहर्ट्ज, या 20 मेगाहर्ट्ज क्लोक का उपयोग कर सकते हैं। जीयूआई LABVIEW सॉफ़्टवेयर में बनाया गया है।

CAN टेस्ट कार्ड और USB मॉड्यूल दोनों नोड को आपस में जोड़ा गया है। RCM 3200 माइक्रोकंट्रोलर ईथरनेट के माध्यम से पीसी के साथ इंटरफेस करता है। जीयूआई से दी गई कमांड ईथरनेट द्वारा माइक्रोकंट्रोलर को मिलती है। माइक्रोकंट्रोलर कमांड की व्याख्या करता है और यह कमांड डाटा FPGA को स्थानांतरित कर देता है। FPGA, CAN नियंत्रक और ट्रांससीवर आईसी को SPI इंटरफेस से यह डाटा भेज देता है और यह डाटा CAN ट्रांससीवर से बाहर आ जाता है। दूसरी तरफ यह CAN डेटा यूएसबी -8473 (हाई स्पीड कैन मॉड्यूल) इस डाटा को ग्रहण करता है और USB इंटरफेस द्वारा कंप्यूटर को भेज देता है। यह डेटा फिर GUI में डीकोड किया जाता है। दो नोड्स 9 पिन सॉकेट डी-प्रकार कनेक्टर के माध्यम से एक साथ जुड़े होते हैं। चित्र 7 परीक्षण सेटअप 2 में डाटा को कैसे भेजा जाता है, यह दर्शाता है।




चित्र 7- परीक्षण सेटअप 2 का ब्लॉक आरेख

CAN बस इंटरफेस विभिन्न इलेक्ट्रोनिक्स इकाइयों के मध्य कनेक्टिविटी के लिए आवश्यक संकेत लाइनों/ तारों को कम करता है और इससे सिस्टम स्तर की दक्षता भी बढ़ जाती है। भविष्य के पेलोड को CAN बस द्वारा कमांड देने तथा इससे टेलिमिटरी डाटा लेने के लिए CAN बस हार्डवेयर का डिजाईन और टेस्टिंग सफलतापूर्वक किया गया है जो की भविष्य के पेलोड की टेस्टिंग में काम आएगा।

**लेखकपरिचय:**

1. प्रियंका मंगला ने वर्ष में 2015मानव रचना यूनिवर्सिटी से बी किया .टेक .और वर्ष में भारतीय 2017 अंतरिक्ष अनुसन्धान संगठन में वैज्ञानिक अभियंता SC के पद पर कार्यग्रहण किया। प्रियंका मंगला भारतीय अंतरिक्ष अनुसन्धान संगठन में PCED/ PCEG/SEDA में रेमोट सेंसिंग नीतभारों की टेस्टिंग के लिए डिजाईनिंग करती हैं।

2._एन.पी. अजमेरी ने वर्ष 1984 में नरोडा, अहमदाबाद से आई टी आई की और वर्ष 1991 में इसरो में भारतीय अंतरिक्ष अनुसन्धान संगठन में टेकनीशियन B के पद पर कार्यग्रहण किया।

<u>**संदर्भ :**</u>


1. RCM3200 का परिपत्र।
2. CYCLONE- 2FPGA का परिपत्र।
3. MCP25625 CANकंट्रोलर का परिपत्र।
4. गूगल और विकिपीडिया की वेबसाइट।
5. इन्टरनेट द्वारा दी गयी बस CANकी जानकारी।

# कार्टोसैट-C2S डाटा का क्षमता मूल्यांकन

**सुनंदा त्रिवेदी, बंकिम शाह, टी. पी. श्रीनिवासन, डी धर**
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक)
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत
ईमेल: sunanda@sac.isro.gov.in, bankim@sac.isro.gov.in

**सार**

मानचित्रकला के क्षेत्र में, सुदूर संवेदनीय यंत्रावली डाटा बहुत महत्व की भूमिका रखता है। वह नवीनतम, बार-बार एवं उच्च विभेदी जानकारी वाले डाटा प्रदान करता है, जिनका उपयोग डिजिटल मानचित्रण(digital mapping) के क्षेत्र में नई तकनीक संचालन करने में गुणवत्ता प्रदान करता हैं। मानचित्रकला के लिए श्रृंखलाबद्ध भारतीय उपग्रह प्रक्षेपित किये गए हैं, जेसे कार्टोसैट (Cartosat)-1,2,2A,2B,.. इत्यादि। इस श्रृंखला में कार्टोसैट-2S (Cartosat-2S/C2S) नवीनतम उपग्रह में न्यूनतम तत्त्व टी.डी.आई. (TDI) तकनीक से काफी कम ऊँचाई से इमेजिंग कर बेहतर स्थानिक चित्र प्रदान करता है। इस में सर्ववणिक (panchromatic) एवं बहुस्पेक्ट्रमी (multispectral) सेन्सर उपलब्ध हैं, जिनका प्रमार्ज 10 किमी. है। इस C2S डाटा का क्षमता मूल्यांकन करने के लिए एक अभ्यास किया गया है। क्यूँकि उच्च विभेदी चित्र कम भू-भाग आवरण करता है, प्रसंस्करण के लिए उपलब्ध भू-नियंत्रण बिंदु (Ground Control Processing-GCP) पर्याप्त नही हैं। इसलिए, ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम (Global Positioning System-GPS) के प्रयोग से नए भू-नियंत्रण बिंदु, अच्छी तरह से वितरित एवं सटीक सटीकता/शुद्धता वाले उत्पन्न किये गए। कोट्स सॉफ्टवेर (COTS software) ले कर, उच्च आवृत्ति की प्रक्रिया नए भू-नियंत्रण बिंदु एवं कार्टोडेम (CartoDEM) के उपयोग से की गई और ओर्थोचित्र बनाए गए। इस ओर्थोचित्र का मूल्यांकन भू-नियंत्रण बिंदु एवं उपलब्ध स्रोत से किया गया और परिणाम का विश्लेषण भी किया गया। इसके अतिरिक्त ओर्थोचित्र ले कर आवृत्तिमानचित्र (Image map) बनाया जो इस तकनीकी पत्र में प्रस्तुत किया गया है। पहली बार ऐसे भारतीय C2S डाटा से बहुस्पेक्ट्रमी आवृत्ति से उच्च ओर्थोचित्र एवं आवृत्ति मानचित्र बनाए गए हैं।

## 1. परिचय

भारतीय उपग्रह में कार्टोसैट श्रृंखला अधिकतम मूल्यवान डाटा नक्शानवीसी आवेदन के लिए प्रदान करता है, जैसे कार्टोसैट-1, कार्टोसैट -2, 2A और उच्च विभेदन कार्टोसैट-2S. यह कार्टोसैट श्रृंखला निरंतर डाटा उपयोगकर्ताओं को प्रदान करता है। नवीनतम कार्टोसैट-C2S, उन्नत रिमोट सेंसिंग उपग्रह जो उच्च विभेदी स्थान प्रतिबिंबन, सर्ववणिक (panchromatic) एवं बहुस्पेक्ट्रमी (multipectral) बैंड में करते हैं। न्यूनतम तत्त्व टी.डी.आई. (Time Delay Integration-TDI) तकनीक के परिणामस्वरूप संकेत रव अनुपात उच्चतर होता है और बेहतर स्थानिक विभेदन प्रदान करता हैं। स्थानिक विभेदन सर्ववणिक (panchromatic) चित्र का 1 मी. से बेहतर एवं बहुस्पेक्ट्रमी (multispectral) चित्र का 2 मी. से बेहतर है। बिम्बन/इमेजिंग का प्रमार्ज 10 कि.मी. का है। कम प्रमार्ज होने से मौजूदा भू-नियंत्रण बिंदु पर्याप्त नहीं है, इसलिए नए भू-नियंत्रण बिंदु सर्जन करने की आवश्यकता हुई। ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम (Global Positioning System-GPS) के प्रयोग से नए भू-नियंत्रण बिंदु, आवश्क क्षेत्र में, अच्छी तरह से वितरित एवं परिशुद्धता पूर्वक उत्पन्न किये गए। इस प्रक्रिया के लिए अहमदाबाद क्षेत्र का चुनाव किया गया। कार्टोसैट-2S बहुस्पेक्ट्रमी चित्र जो हाल ही में अहमदाबाद क्षेत्र का अर्जित किया गया है, वो प्रसंस्करण के लिए पसंद किया गया है। इस प्रयोग में यह इनपुटडाटा है। हमारा उद्देश्य है सही एवं उपयुक्त इनपुट डाटा के साथ मानचित्र के क्षेत्र में उच्च विभेदी डाटा की क्षमता का मूल्यांकन करना।

पहले तो भू-नियंत्रण बिंदु उत्पन्न करने की क्रिया अहमदाबाद क्षेत्र में होती है। बाद में नए भू-नियंत्रण बिंदु से और कार्टोडेम के उपयोग से ओर्थोचित्र बनाते हैं। इस प्रक्रिया में एरडास सॉफ्टवेर (ERDAS software) से डाटा संसाधन किया गया हैं। C2S ओर्थोचित्र का मूल्यांकन भू-नियंत्रण बिंदु एवं कार्टोसेट-1 ओर्थोचित्र से किया गया और परिणाम का विश्लेषण कर बताया गया हैं। आगे इस C2S ओर्थोचित्र कों ले कर इमेज मानचित्र बनाया, जो अपने आप में नवीन एवं उच्च विभेदी डाटा बहुत मूल्यवान साबित होता है।

## 2. इमेज मानचित्र (Image Map) की कार्यप्रणाली

इमेज मानचित्र यानि कि विशेष मानचित्र जो भौगोलिक अंतरिक्ष को विशेष नक्शानवीसी प्रक्षेपण और मानचित्र स्केल में चित्रित करता है। इसके दो बुनियादी अवयव हैं, चित्र एवं प्रतीक। चित्र अवयव सुदूर संवेदन के मध्य से और प्रतीक अवयव नक्शानवीसी प्रतीकों द्वारा प्रतिनिधित्व होते हैं। सदिश परतें विशेषताओ की जैसे सड़क, नदी, रेलवे लाइन इत्यादि अंकीकरण कर संग्रह किये जाते हैं। इमेज मानचित्र बनाने के लिए नीचे दिए गए क्रम के अनुसार प्रक्रिया की गई है।

1. भू नियंत्रण-बिंदु उत्पन्न करके सत्यापन करना
2. ओर्थोचित्र बनाने की प्रक्रिया
3. उत्पादन उत्पाद मूल्यांकन
4. इमेज मानचित्र उत्पन्न करने की प्रक्रिया

## 3. निवेश डाटा

C2S और्थोकिट उत्पाद (orthokit) बहुस्पेक्ट्रमी निवेश डाटा के रूप में काम में लिया जाता है। इस उत्पाद में मेटा डाटा (meta-) और आर पी सी (Rational Polynomial Coefficient-RPC) मिसिलें, चित्र के साथ होती हैं। डाटा का विवरण नीचे विस्तार से दिया गया है,

उत्पाद पहचान = 1690291

उत्तीर्ण की दिनांक = 24-Feb-2017

परिक्रमा अंक = 138

<u>ओर्थोकिट डाटा उत्पाद</u>

ओर्थोकिट उत्पाद में विकिरणमितीय सुधार एवं भू-संदर्भ में प्रक्षेपण की हुई होती हैं जिसके कारण उपयोगकर्ता को आगे प्रक्रिया करने में और भू-सही चित्र उत्पाद बनाने में सहायता प्रदान करता है।

<u>सन्दर्भ डाटा</u>

1. कार्टोडेम श्रेष्ठ उपलब्ध स्रोत है 10 मी. ग्रिड अंतराल के साथ और इसकी शुद्धता 15 मी. से कम सम्तालमिति में (planimetry) और 8 मी. से कम ऊंचाई में हैं।

2. कोट्स सॉफ्टवेर (COTS software) प्रसंस्करण के लिए। एरडास सॉफ्टवेर (ERDAS software) प्रतिबिंब संसाधन के लिए।

**4. भू-नियंत्रण बिंदु उत्पन्न करके सत्यापन प्रक्रिया**

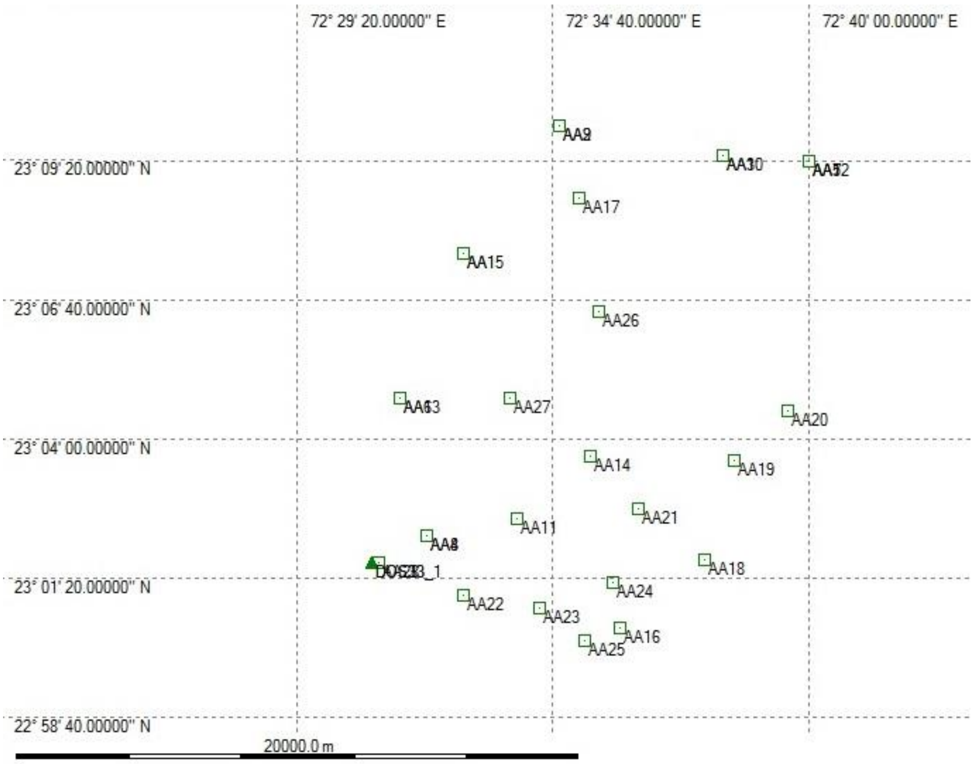
भू-नियंत्रण बिंदु ज्यामितिक/रेखागणित सुधार प्रसंस्करण में बहुत महत्त्व की भूमिका रखता हैं। ये बिंदु सही से वितरित किए हुए और सचोट भू-निर्देशांक वाले होने चाहिए। इस बात को ध्यान में रखते हुए, दोहरी आवृत्ति वाले जी.पी.एस.(GPS) अभिग्राही (receiver) एवं लैका जियो ऑफिस सॉफ्टवेर (Leica Geo-Office software) का उपयोग कर भू-नियंत्रण बिंदु की रचना की गई। ये रचना पध्दति काफी सचोट और जांची परखी हुई हैं, जो लार्ज स्केल मेप परियोजना (Large Scale Map Generation project) [2] और [3] में इसी प्रकार की थी। अतः 20X20 कि.मी. अहमदाबाद क्षेत्र में सघन भू-नियंत्रण बिंदु (20) इकट्ठे किये गए। आकृति-1 भू-नियंत्रण बिंदु का वितरण भूमि पर दिखाती हैं।

काम का क्षेत्र भू-नियंत्रण बिंदु इकट्ठे करने के लिए,

अक्षांश: 23.0 to 23.16666 (or 20 deg. to 20deg. 10 sec.)

देशांतर: 72.50 to 72.6666 (or 72 deg. 30 sec. to 73 deg. 40 sec.)

जी.पी.एस डाटा का प्रसंस्करण डिफरेन्शियल मोड(differential mode) में किया हैं, जिसमें सन्दर्भ भू-नियंत्रण बिंदु (reference GCP) <10 से.मी. शुद्धता के साथ वाला उपयोग में लिया गया हैं [1]। इस प्रयोग में <1 मी. भू-नियंत्रण बिंदु की शुद्धता प्रदान होती हैं। नए भू-नियंत्रण बिंदु की शुद्धता सत्यापित करने के लिए कार्टोसैट-1 ओर्थोचित्र का मूल्यांक इन बिंदु के सन्दर्भ से किया जो मान्य पाया गया, अर्थात <10 मी. स्थानिक यथार्थता/परिशुद्धता और <5 मी. आतंरिक विरूपण।

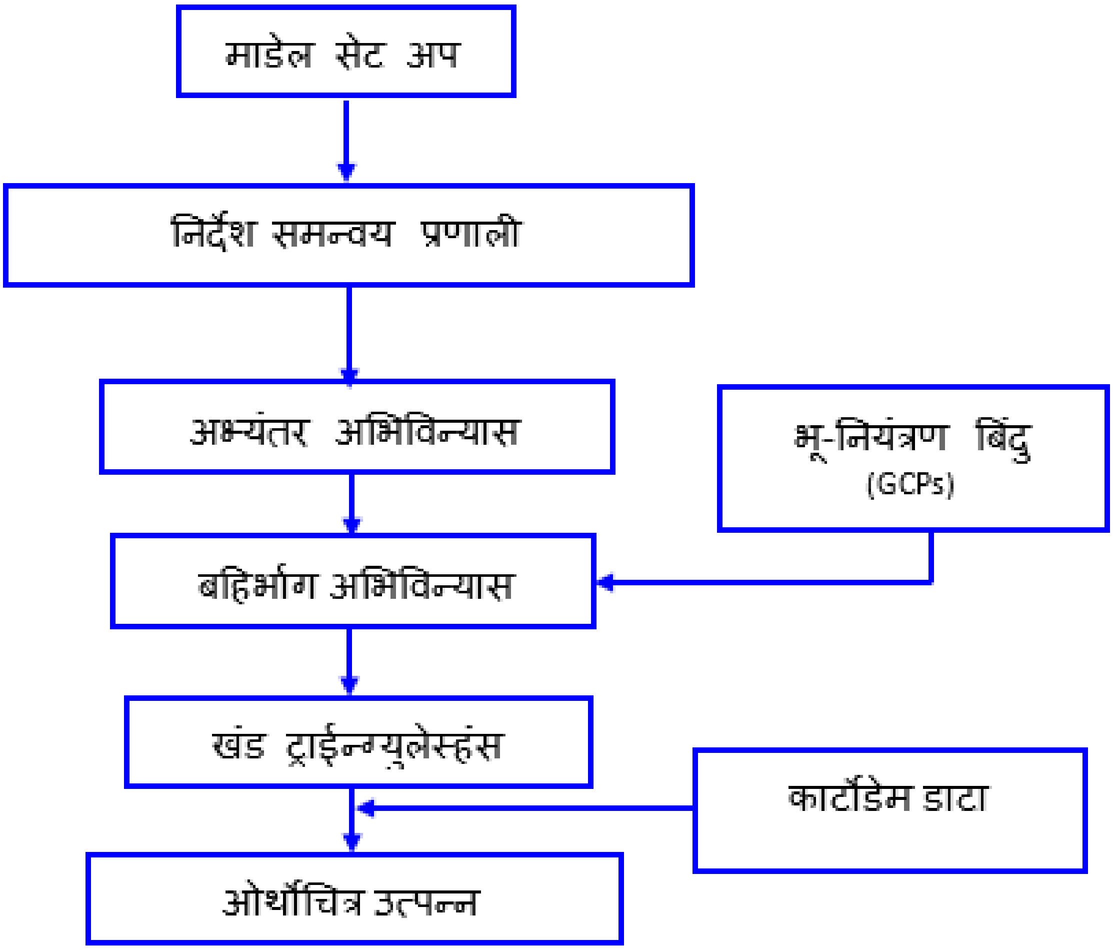



**आकृति-1 : भू-नियंत्रण बिंदु का वितरण**

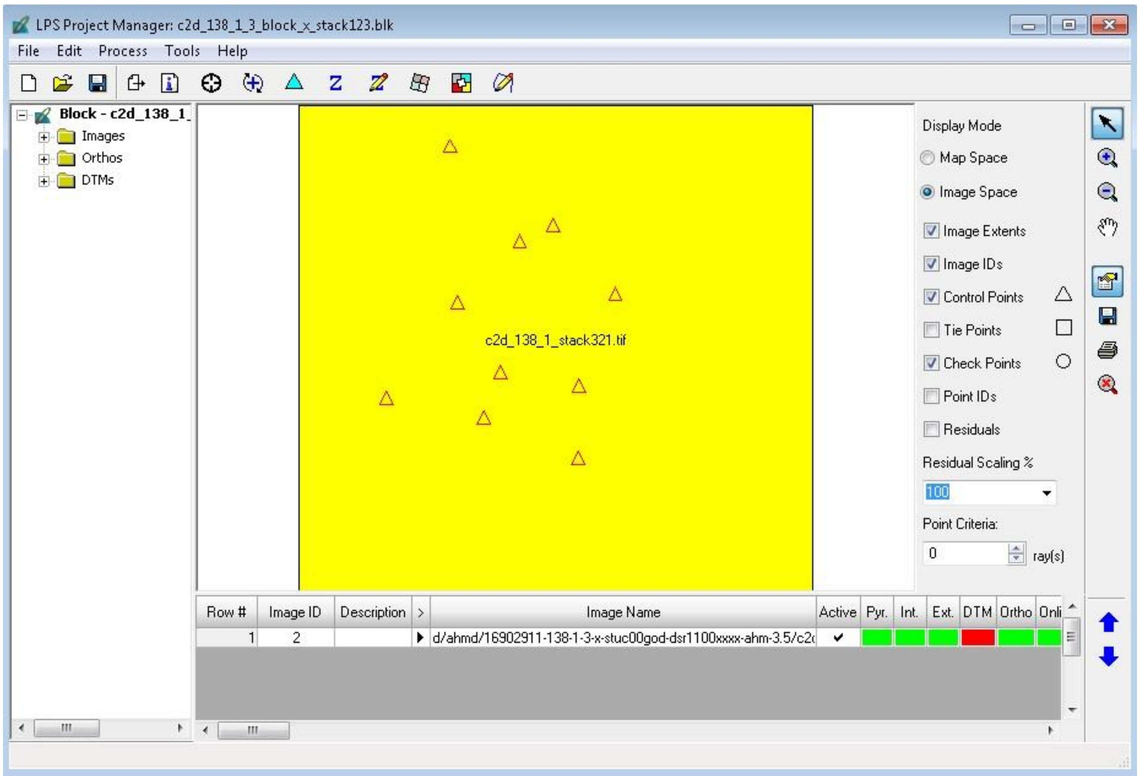
**5. ओर्थोचित्र बनाने की प्रक्रिया**

C2S बहुस्पेक्ट्रमी चित्र जो अहमदाबाद क्षेत्र पर अर्जित हुआ है, वह इस प्रयोग में लिया है, जैसे निवेश डाटा में बताया है। इस चित्र का विभेदन 1.57 मी. हैं और इस में चार बैंड उपलब्ध हैं। पहले तीन बैंडों को पहचान कर स्टैक चित्र बनाते है, जैसे आकृति-2 में दिखाया गया है। ओर्थोचित्र बनाने की पद्धति आकृति-3 में बताई गई है। इस क्रम के अनुसार पहले एल.पी.एस. सॉफ्टवेर में एक नई परियोजना बनाकर भौगोलिक प्रसंस्करण रेशनल पोलिनोमियल फलन पसंद कर किया गया। प्रसंस्करण डब्ल्यू.जी.एस.-84 (WGS-84) आधार तल और भौगोलिक प्रक्षेप (geographic projection) में किया गया हैं जैसे आकृति-4 में दिखाया गया है। आगे निवेश चित्र डाल के अभ्यंतर उन्मुखीकरण रेशनल पोलिनोमियल फलन (RPC) मिसिल लेक किया गया। बहिर्भाग उन्मुखीकरण वितरित भू-नियंत्रण बिंदु सही से पहचान कर किया। कुल 10 बिंदु पसंद किए (जेसे आकृति-5 में दिखाया गया है) और ज्यामितिक त्रिभुजन किया, जिस में त्रुटि <0.5 चित्रांश मिली।

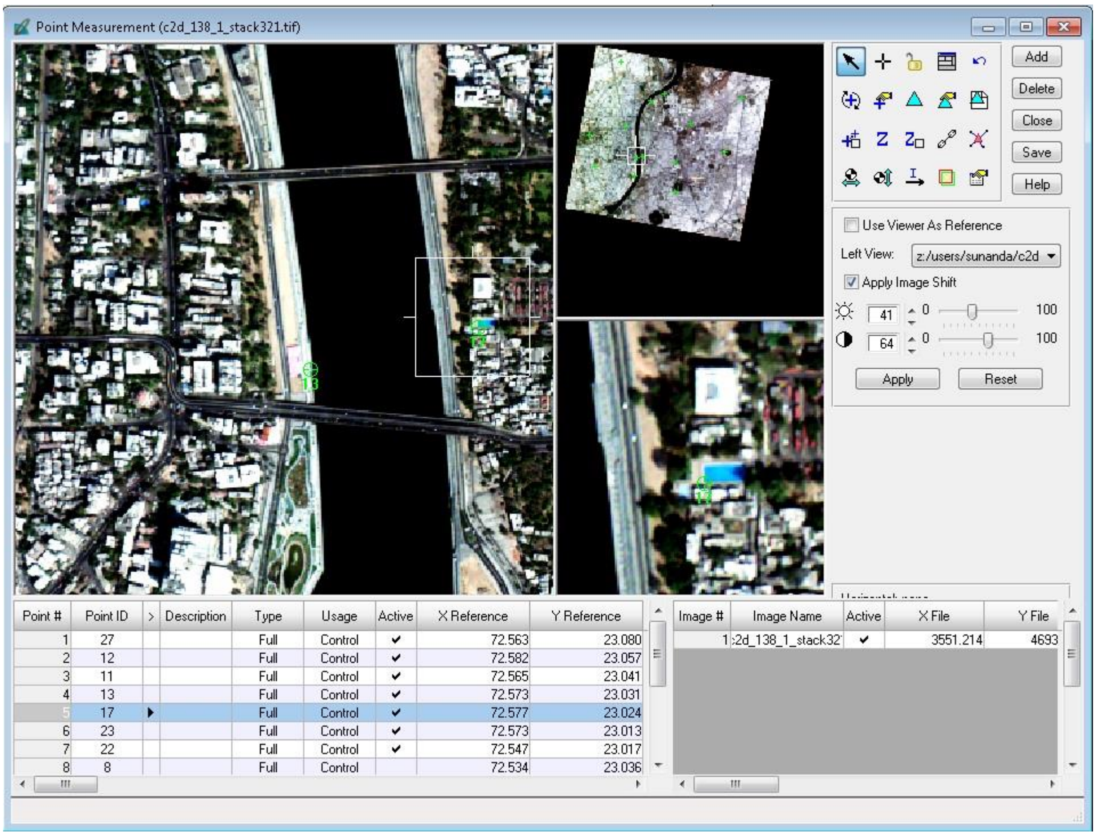
आकृति-2: निवेश C2S डाटा, बहुस्पेक्ट्रमी तीन बैंड संगठित




आकृति-3: ओर्थोचित्र का प्रक्रिया प्रवाह




आकृति- 4: खंड सृष्टि में वितरित भू-नियंत्रण बिंदु




आकृति- 5: भू-नियंत्रण बिंदु की सही स्थिति का दिखाव

भू-भाग सुधार (terrain correction) करने के लिए डेम (DEM) महत्त्व का डाटा है। आगे की प्रक्रिया में अहमदाबाद क्षेत्र का कार्टोडेम फाइल का प्रयोग कर ओर्थोचित्र बनाया, जो आकृति-6 में दर्शाया गया हैं। अहमदाबाद जिला काफी हद तक समतल है, नहीं तो और भी बेहतरीन डेम की आवश्कयता होती हैं। इस तरह के अधिक शुद्धता वाले ओर्थोचित्र मानचित्रकला के क्षेत्र में काफी उपयुक्त होते हैं। यह उत्पादन विभिन्न स्थानों में काम आते है, जैसे निर्देश (reference) डाटा, उपग्रह संवेदक का उडानमध्य

अंशांकन (inflight calibration) करने में, इमेज मानचित्र उत्पन्न (image map) करने की प्रक्रिया इत्यादि।

आकृति-6 : उत्पादन उत्पाद C2S ओर्थोचित्र

**6. उत्पादन मूल्यांकन एवं विश्लेषण**

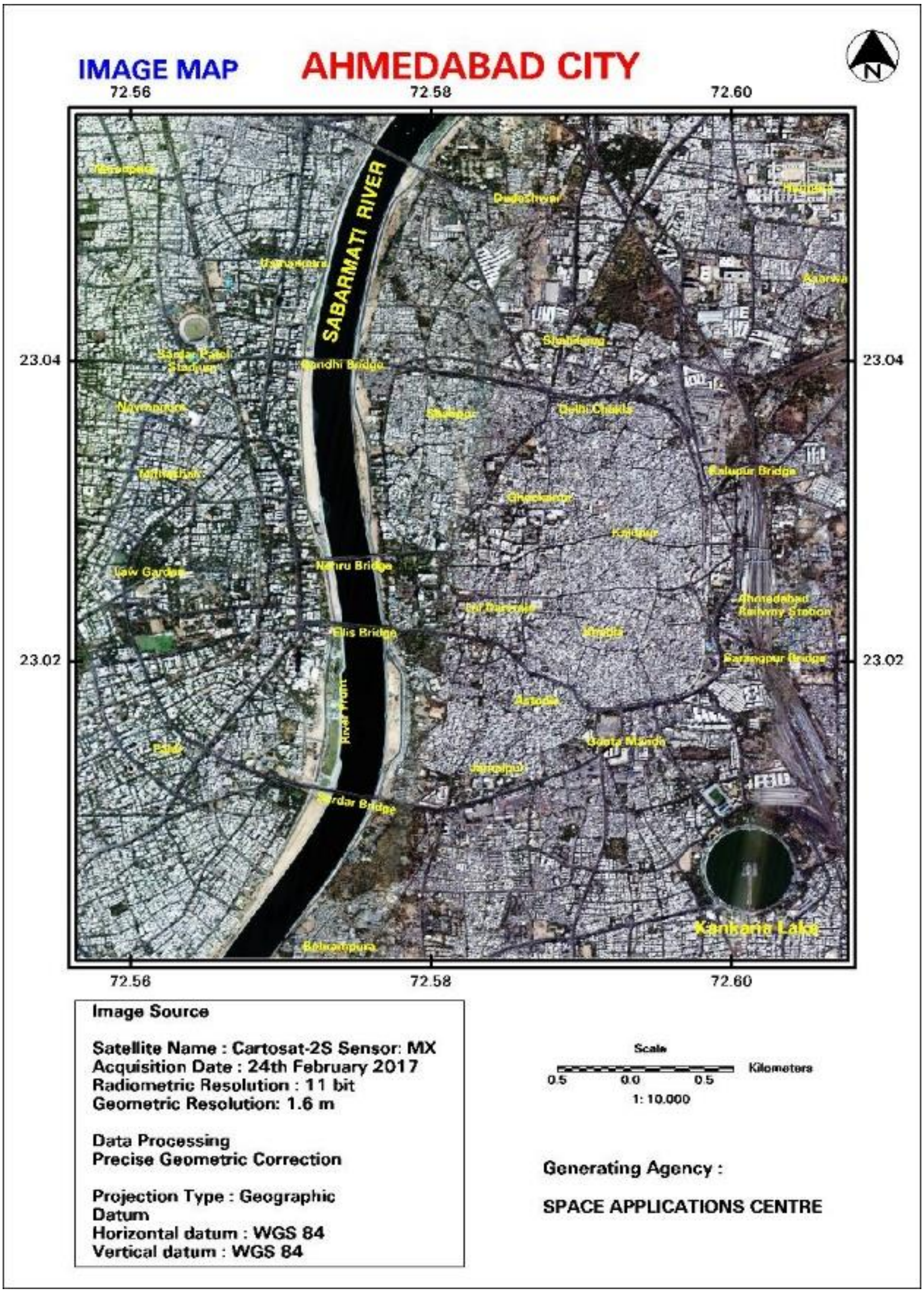
कोई भी उत्पादन का सही से मूल्यांकन होना चाहिए और जानना चाहिए, इसलिए C2S ओर्थोचित्र का मूल्यांकन भू-नियंत्रण बिंदु लेकर और कार्टोसेट-1 ओर्थोचित्र लेकर किया गया। मूल्यांकन करने के लिए बिखरे हुए भू-नियंत्रण बिंदु पसंद किए और C2S ओर्थोचित्र में वही बिंदु की जगह पाई और उस के निर्देशांक लिखे। भू-नियंत्रण बिंदु और नए C2S ओर्थोचित्र के निर्देशांक के बीच का अंतर गिना और परिणाम की गणना की। परिणाम काफी अच्छा है, <1 मि. स्थानिक यथार्थता/परिशुद्धता (location accuracy) एवं आतंरिक विरूपण पाए, जो नीचे दिए गए सूची-1 में गुलाबी रंग में दिखाए गए हैं। भू-नियंत्रण बिंदु के साथ परिणाम करीब 0.6 मी. पाया गया जो बहुत सही हैं। कार्टोसेट-1 ओर्थोचित्र के साथ C2S ओर्थोचित्र का जो मूल्यांकन मिला उसे नीचे दी गई सूची-1 में नीले रंग में दिखाया गया है। इससे यह पत्ता चलता है की उच्च शुद्धता वाले भू-नियंत्रण बिंदु की भौगोलिक सूधार में महत्त्व की भूमिका होती हैं। यह उच्च शुद्धता वाले C2S ओर्थोचित्र, इमेज मानचित्र उत्पन्न करने के लिए उपयुक्त एवं सक्षम हैं।

सूची-1: C2S ओर्थोचित्र का मूल्यांकन

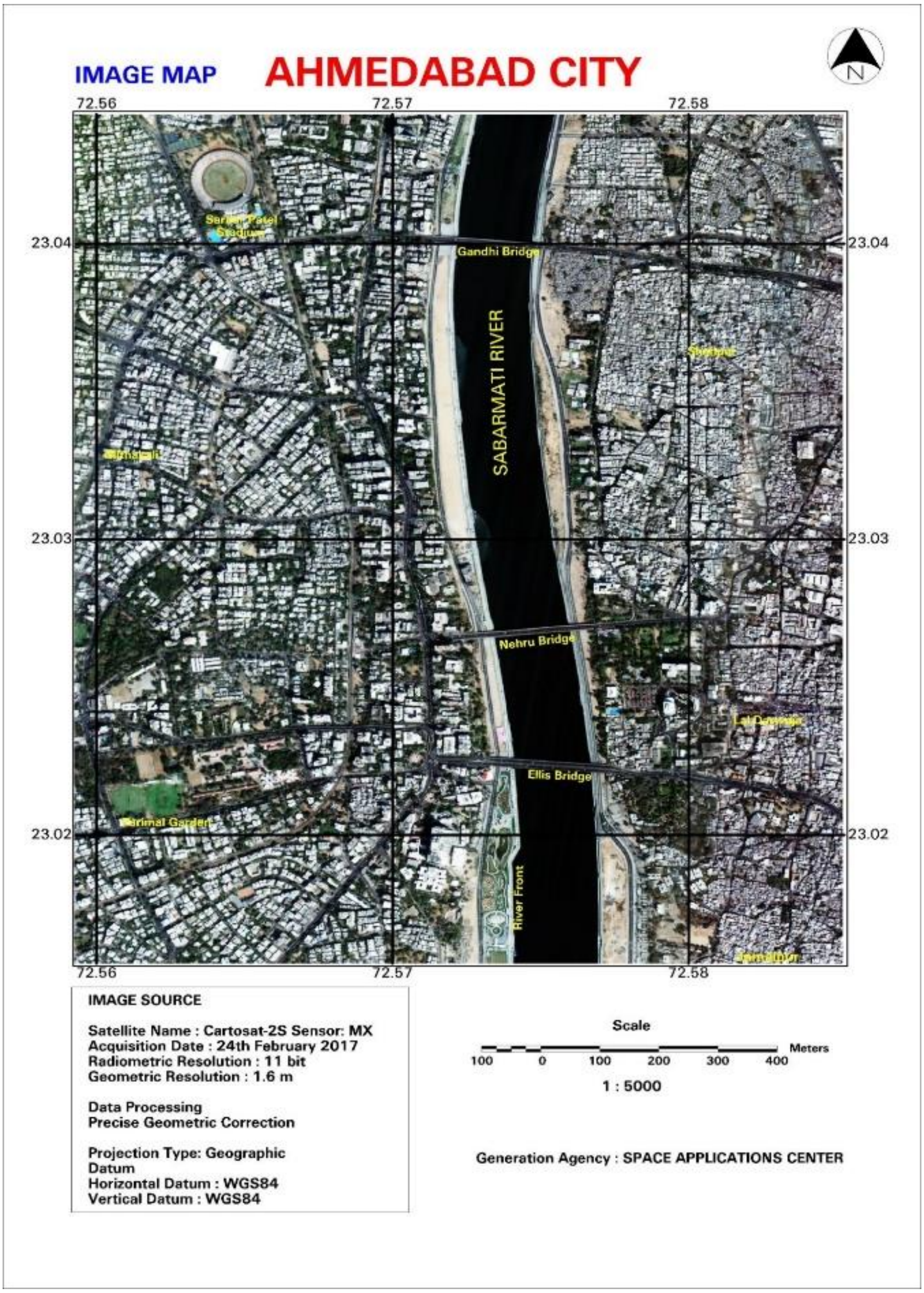
| चित्र डाटा | C1 ओर्थो के संबंध में | | | | GCPs के संबंध में | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | त्रुटि (RMSE) | | मानक विचलन (STDEV) | | त्रुटि (RMSE) | | मानक विचलन (STDEV) | |
| | तफावत अक्षांश में मी. | तफावत देशांतर में मी. | तफावत अक्षांश में मी. | तफावत देशांतर में मी. | तफावत अक्षांश में मी. | तफावत देशांतर में मी. | तफावत अक्षांश में मी. | तफावत देशांतर में मी. |
| **ओर्थोचित्र** | **7.69** | **9.9** | **5.11** | **5.44** | **0.66** | **0.51** | **0.52** | **0.52** |

अनुक्रमणिका

**7. इमेज मानचित्र (Image map) उत्पन्न करने की प्रक्रिया** इमेज मानचित्र बनाने के लिए कोट्स सॉफ्टवेर (COTS software)-एर्दास(ERDAS) उपयोग में लिया है, इस में मानचित्र रचना साधन का प्रावधान हैं। C2S ओर्थोचित्र का विपर्यास संवर्धन(contrast enhancement) करते है जिससे भौमिक आकृति स्पष्ट होती है जो डाटा प्रदर्शन एवं अर्थ निर्वचन करने में काफी प्रभावी होती है। मानचित्र रचना साधन से आधार तल और भौगोलिक प्रक्षेप (geographic projection) में डब्ल्यू.जी.एस.-84 (WGS-84) इमेज मानचित्र स्थापित करते हैं। इस में फिर इमारत, नदी-नाले, रेलवे लाईन इत्यादि आकृतियों का अंकीकरण कर विविध सदिश/वेक्टर परतों में संग्रह करते हैं। आवश्यकतानुसार उपलब्ध भिन्न वेक्टर परतों कों चित्र पर डाल कर जांचा और परखा जाता है या अध्ययन करने के काम आता हैं। इमेज मानचित्र में किंवदंती डाली जाती है जो उपग्रह, संवेदक, उपग्रह चित्र डाटा, प्रसंस्करण का स्तर और भू-आधार/डेटम प्रक्षेपण एवं वेक्टर प्रतीक की सूचना प्रदान करता हैं। इस के आलावा स्केल बार/पैमाने पर पट्टी और उत्तर दिशा प्रतीक भी दर्शाया जाता हैं। आख़िरकार, इस तरह से दो इमेजमानचित्र तैयार किये 1) 10,000 और 2) 5,000 स्केल पर जो आकृति-7 एवं 8 में प्रदर्शित किए गए हैं। क्योंकि ये इमेज मानचित्र उच्च भू चित्र विभेदन एवं नवीनतम भू स्तर की सूचना प्रदान करता है इस वजह से इस का आधुनिक निर्देश डाटा की तरह उपयोग में ले सकते हैं दूसरे उपलब्ध स्थलाकृतिक मानचित्र की तुलना में।




आकृति-7 : C2S इमेजमानचित्र, स्केल 1:10,000




**आकृति-8 : C2S इमेज मानचित्र, स्केल 1:5000**

**8. निष्कर्ष**

इस लेख में अहमदाबाद के क्षेत्र का इमेज मानचित्र उत्पन्न करने की विधि का विवरण दिया हैं। निवेश डाटा हाल ही में अधिग्रहण किया गया, अहमदाबाद का बहुस्पेक्ट्रमी चित्र लेकर ये प्रयोग किया हैं। इस में खास तो रूमित भू-नियंत्रण बिंदु उत्पादन करना उच्च भू चित्र विभेदन के लिए बहुत महत्त्व का हैं। एर्दास (ERDAS) सॉफ्टवेर का उपयोग करके ओर्थोचित्र बनाया और उसका मूल्यांकन किया जो मान्य पाया। मानचित्र के क्षेत्र में उच्च विभेदी डाटा की क्षमता का मूल्यांकन काफी अच्छा और उपयुक्त पाया है। यही ओर्थोचित्र लेकर आगे दो इमेज मानचित्र भिन्न स्केल में मानचित्र रचना साधन से उत्पन्न किए जिनका विवरण बताया गया हैं। यह इमेज मानचित्र स्थलाकृतिक मानचित्र को आधुनिक करने में सहायक रूप हो सकता हैं। भूस्थल की नवीन जानकारी के साथ ये उत्पाद मानचित्रकला में विविध अनुप्रयोगों में उपयोगी है। भविष्य कार्य- क्षेत्र में उच्च शुद्धता वाले C2S ओर्थोचित्र बहुस्पेक्ट्रमी एवं सार्ववणी चित्र लेकर, पहाड़ी स्थल वाले क्षेत्र, और अधिक शुद्ध डेम के साथ करना हैं।

## 9. सन्दर्भ

[1] भू-नियंत्रण बिंदु उत्पादन उच्च विभेदन डाटा प्रसंस्करण कार्टोसेट-2S/डीपी/सेक/एस.आई.पी.जी./टीएन-14/दिसम्बर 2016

[2] भू-नियंत्रण बिंदु (GCPL) परियोजना रिपोर्ट एन.आर.एस.ए./ए.एस.&डी.एम/जी.सी.पी.एल/ टीएन-01/अगस्त 2006

[3] लार्ज स्केल मेप परियोजना (Large Scale Map generation) उच्च विभेदन उपग्रह चित्र लेकर भारतीय नक्शानवीस (Cartographer), खंड. 28, 2008, पेज 505-510

## 10. स्वीकृतियां

इस लेख के लेखक ईमानदारी से सैक, इसरो के निदेशक का सराहनीय मार्गदशन के लिए अभिवादन करते हैं। भू-नियंत्रण बिंदु उत्पादन के लिए एक समूह बनाया था, उन सभी सदस्य का आभार मानते हैं जिनके बिना ये काम नहीं हो सकता था। तकनीकी रूप से सहायता देने के लिए कार्टोसेट-2S डाटा प्रोडक्ट में काम करने वाले सभी का धन्यवाद करते हैं।

### लेखक परिचय

**सुनंदा त्रिवेदी**

M.Sc. ( भौतिक विज्ञान) 1983 में. उपग्रह फोटोग्रमेट्री एवं डिजीटल मानचित्रकला के क्षेत्र में करीबन 30 साल से अधिक समय से काम कर रही हूँ। सुदूर संवेदन उपग्रह डाटा उत्पादन के विस्तार में, डेम, ऑर्थोचित्र के उत्पदान और मूल्यांकन में योगदान दिया है। चंद्रयान- 1 टी.एम.सी. (TMC) डाटा उत्पादन और मूल्यांकन में भी काम किया है। "कार्टोडेम योजना" के तहत इसरो समूह पुरस्कार प्राप्त किया है।

**बंकिम शाह**

B. Sc (सांख्यिकी) गुजरात विश्वविद्यालय से 1982 में उतीर्ण किया और फरवरी 1983 में SAC से जुड़ा। शुरुआत के 15 साल कंप्यूटर (mainframe system) VAX-11 780 पर कार्य किया। IRS-1A उपग्रह के वक्त से डाटा गुणवत्ता मूल्यांकन में योगदान दिया है। सन्दर्भ चित्र जिनका उपयोग (IRS ground data processing) भू- डाटा प्रसंस्करण में होता है उसे साधित एवं अवधारण किया।

***

# डीएसी द्वारा एलएफएम सिग्नल में होने वाली क्षतिपूर्ति हेतु मॉड्यूल का एफपीजीए आधारित डिज़ाइन और कार्यान्वयन


**शितीशा बाजपेई, रिंकु अग्रवाल और एस.एम. त्रिवेदी**

**भवन संख्या - 52, लैब संख्या - 34/63 /माइक्रोवेव सेंसर डिजिटल समूह, माइक्रोवेव रिमोट सेंसर क्षेत्र**

**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो),**

**अहमदाबाद -380015, गुजरात, भारत**

{shitisha.bajpai03@sac.isro.gov.in; rinku@sac.isro.gov.in; sanjay@sac.isro.gov.in }



**सारांश :**

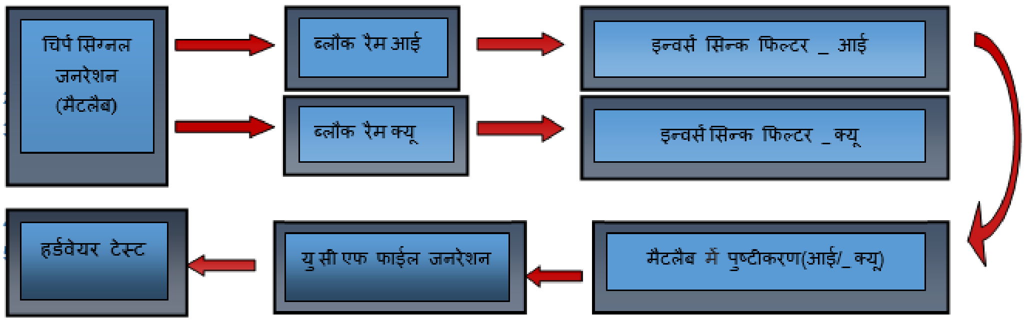
*यह पत्र मॉड्यूल के वेवफॉर्म, ब्लॉक आरेख, सॉफ़्टवेयर लॉजिक फ्लो, डिज़ाइन भाषा और हार्डवेयर कार्यान्वयन के रूप में डिजिटल उपप्रणाली के लिए डीएसी द्वारा एलएफएम सिग्नल में होने वाली क्षतिपूर्ति हेतु निर्मित मॉड्यूल का एक पूर्ण और व्यापक प्रस्तुति का प्रतिनिधित्व करता है। "डीएसी द्वारा एलएफएम सिग्नल में होने वाली क्षतिपूर्ति हेतु मॉड्यूल का एफपीजीए डिज़ाइन और कार्यान्वयन" डिजिटल में एनालॉग कन्वर्टर्स में सिन्क रोल ऑफ के प्रभाव को समाप्त करने पर केंद्रित है। यहां हम रैखिक आवृत्ति मॉड्यूलेटेड ' चर्प सिग्नल' का उपयोग कर रहे हैं। ये कोण मॉड्यूटेड व्यापक सिग्नल होता हैं। वे एक निश्चित समय टी [एस] के भीतर निरंतर आयाम के एक साइनसॉइडल तरंग द्वारा एक अंतराल से दूसरी तरफ एक आवृत्ति बैंडविड्थ बी [हर्ट्ज] एक रैखिक या अरेखीय रास्ते में गुजरती हैं। यदि आवृत्तियों का यह अनुक्रम निम्नतम से उच्चतम आवृत्ति सीमा तक पहुंचता है, तो हम इसे एक अप चिर्प कहते हैं। विपरीत दिशा में यह एक डाउन चिर्प कहलाती है। ये एलएफएम सिग्नल पहली बार डायरेक्ट डिजिटल चिर्प सिंथेसिस दृष्टिकोण द्वारा उत्पन्न होती हैं और क्वांटिज़ेशन के बाद, डीएसी के माध्यम से पारित होते हैं। डीएसी आवृत्ति प्रतिक्रिया फ्लैट नहीं है और उच्च आवृत्तियों पर एनालॉग आउटपुट को क्षीणित करती है। यह नुकसान कुछ ब्रॉडबैंड अनुप्रयोगों के लिए अस्वीकार्य है जो एक फ्लैट आवृत्ति प्रतिक्रिया की आवश्यकता रखते है। हमने इस सिन्क रोल को कम करने के लिए बीच में एक क्षतिपूर्ति हेतु मॉड्यूल शामिल किया हैं। डीएसी को भेजने से पहले डेटा को संसाधित करने के लिए डिजिटल फ़िल्टर को नियोजित किया हैं जो सिंक रोल को सिस्टम की जटिलता को प्रभावित किए बिना कम कर देता है।*


## 1. परिचय :

डीएसी की आवृत्ति प्रतिक्रिया फ्लैट नहीं है, डिजिटल नमूने पर डीएसी शून्य-ऑर्डर होल्ड के रूप में कार्य करता है; प्रत्येक नमूना अगले नमूने तक निरंतर मूल्य पर एनालॉग में आयोजित किया जाता है। चौड़ाई टी के आयताकार कार्य का फूरियर ट्रांसफॉर्म 1 / टी पर पहली नल के साथ एक सिंक फ़ंक्शन है, जहां 1 / टी नमूना दर है।समय डोमेन में कनवॉलिंग आवृत्ति डोमेन में गुणा करने के बराबर होती है, इसलिए शून्य समायोजन के कारण डीएसी में एनालॉग पुनर्निर्माण की प्रक्रिया में आपके असतत सिग्नल का स्पेक्ट्रम सिंक फ़ंक्शन द्वारा गुणा किया जाता है। यह उच्च आवृत्तियों पर एनालॉग आउटपुट को क्षीणित करती है। कई तकनीकें एक डीएसी की गैर फ्लैट आवृत्ति प्रतिक्रिया से निपट सकती हैं। इन तकनीकों में पूर्व-बराबर फ़िल्टरिंग, और पोस्ट-बराबर फ़िल्टरिंग शामिल है, जिनमें से सभी सिन्क रोल-ऑफ के प्रभाव को कम या खत्म कर सकते हैं। एक सामान्य डी / ए कनवर्टर अगले नमूना पल तक आउटपुट स्थिर रखेगा। इसका परिणाम एक चरणबद्ध आउटपुट होगा और एक गैर फ्लैट आवृत्ति प्रतिक्रिया का कारण बनता है। सिन्क आवृत्ति प्रतिक्रिया की भरपाई के लिए दो विधियां हैं: डिजिटल और एनालॉग फ़िल्टरिंग। डिजिटल फ़िल्टरिंग या पूर्व-बराबर तकनीक डीएसी के लिए डिजिटल डेटा को संसाधित करती है। अद्यतन दर में वृद्धि कम हो जाती है लेकिन सिन्क-आवृत्ति रोल-ऑफ के प्रभाव को खत्म नहीं करती है। यदि हम पहले से ही सबसे तेज़ डीएसी का उपयोग कर रहे हैं, तो हमें अतिरिक्त सुधार करने के लिए अन्य तकनीकों का चयन करना होगा। उदाहरण के लिए, एक डिजिटल फ़िल्टर को डिज़ाइन करना संभव है जिसका आवृत्ति प्रतिक्रिया सिन्क फ़ंक्शन के विपरीत है, यानी, 1 / सिन्क (x) है। इस तरह के एक पूर्व-बराबर फिल्टर वास्तव में सिन्क आवृत्ति प्रतिक्रिया के प्रभाव को रद्द कर देता है, एक पूरी तरह से फ्लैट समग्र आवृत्ति प्रतिक्रिया का उत्पादन करता है। एक पूर्व-बराबर फ़िल्टर डिजिटल इनपुट डेटा को डीएसी को डेटा भेजने से पहले बेसबैंड सिग्नल को बराबर करने के लिए फ़िल्टर करता है। कोई भी डिजिटल फ़िल्टर जिसका आवृत्ति प्रतिक्रिया सिन्क फ़ंक्शन के विपरीत है, वह डीएसी की अंतर्निहित सिन्क -आवृत्ति प्रतिक्रिया को बराबर करेगा।

## 2. प्रयुक्त विधि:

चित्र 1: प्रयुक्त विधि का खंड आरेख

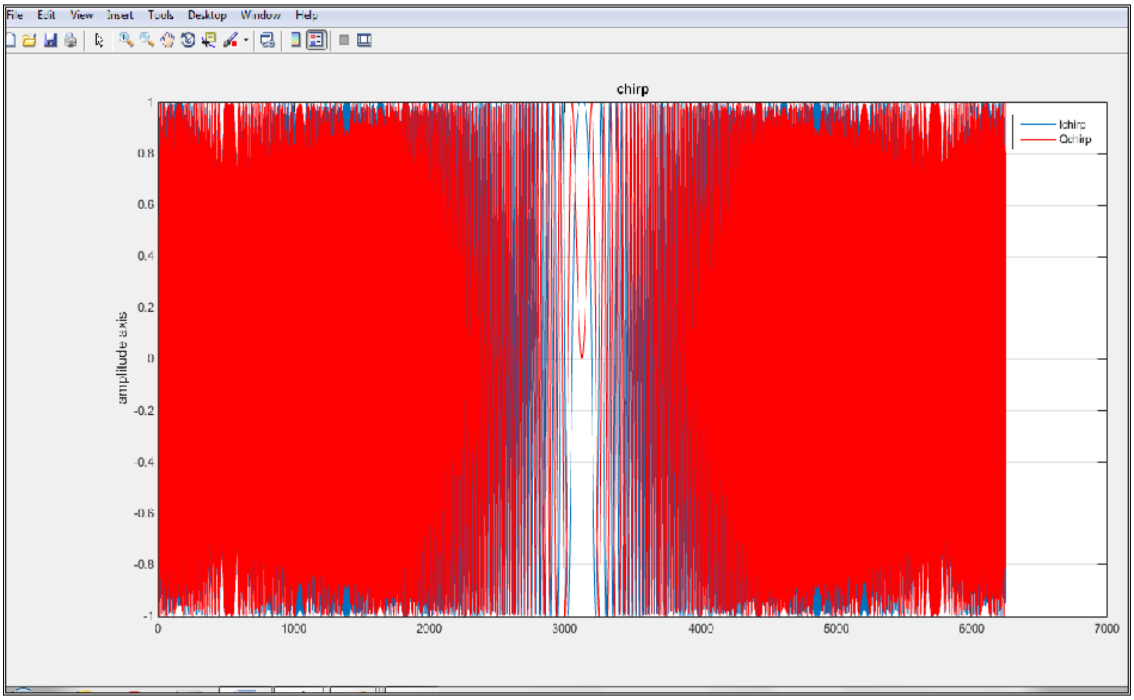


### 3. सॉफ़्टवेयर कार्यान्वयन:

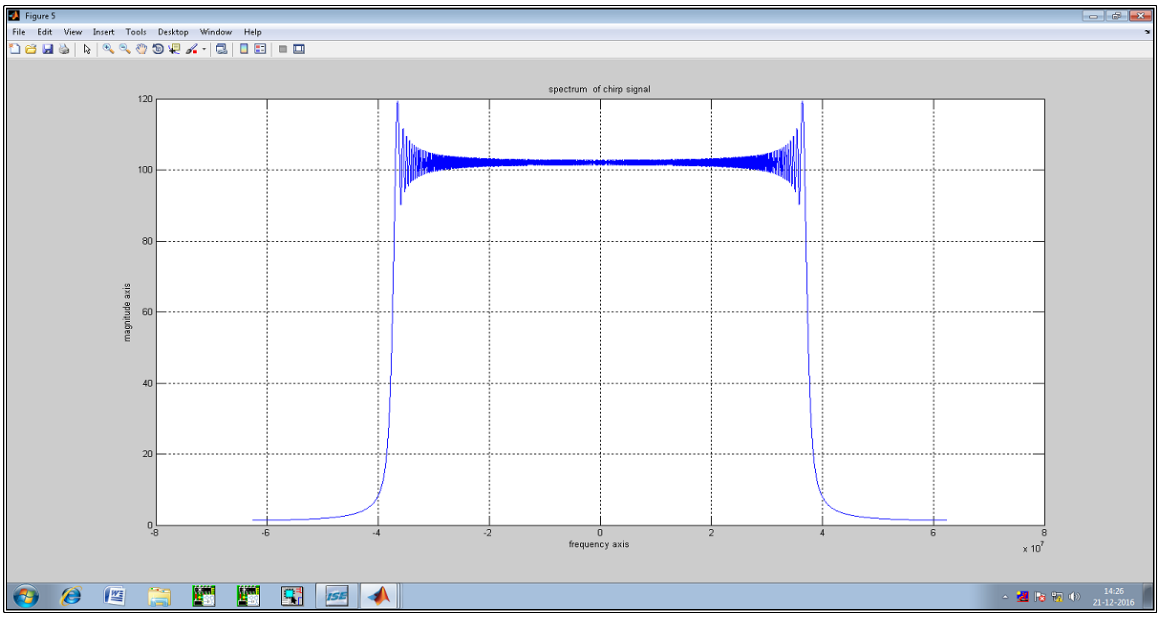
125 मेगा हर्ट्ज, पल्स चौड़ाई 50 माइक्रो सेकेन्ड, बैंड चौड़ाई = 75 मेगा हर्ट्ज चर्प सिग्नल निम्नलिखित समीकरणों का उपयोग करके उत्पन्न किया गया है जिसमें दो चैनल हैं (आई और क्यू) इसके संबंधित स्पेक्ट्रम की योजना बनाई गई है।

चिर्प निर्दिष्टीकरण: बैंड चौड़ाई = 75 मेगा हर्ट्ज
पल्स चौड़ाई = 50 माइक्रो सेकेन्ड
नमूनाचयन आवृत्ति =125 मेगा हर्ट्ज

प्रयुक्त समीकरण: एक्स_कोस = कोस (k.*pi.*t*t) रिअल भाग (चर्प सिग्नल)
एक्स_साइन = साइन (k.*pi.*t*t) इमैजिनरी भाग (चर्प सिग्नल)
नमूनों की संख्या = बैंड चौड़ाई * पल्स चौड़ाई
चिर्प दर (k) = बैंड चौड़ाई / पल्स चौड़ाई



चित्र 2: चर्प सिग्नल (आई और क्यू चैनल)



चित्र 3: चर्प सिग्नल का स्पेक्ट्रम

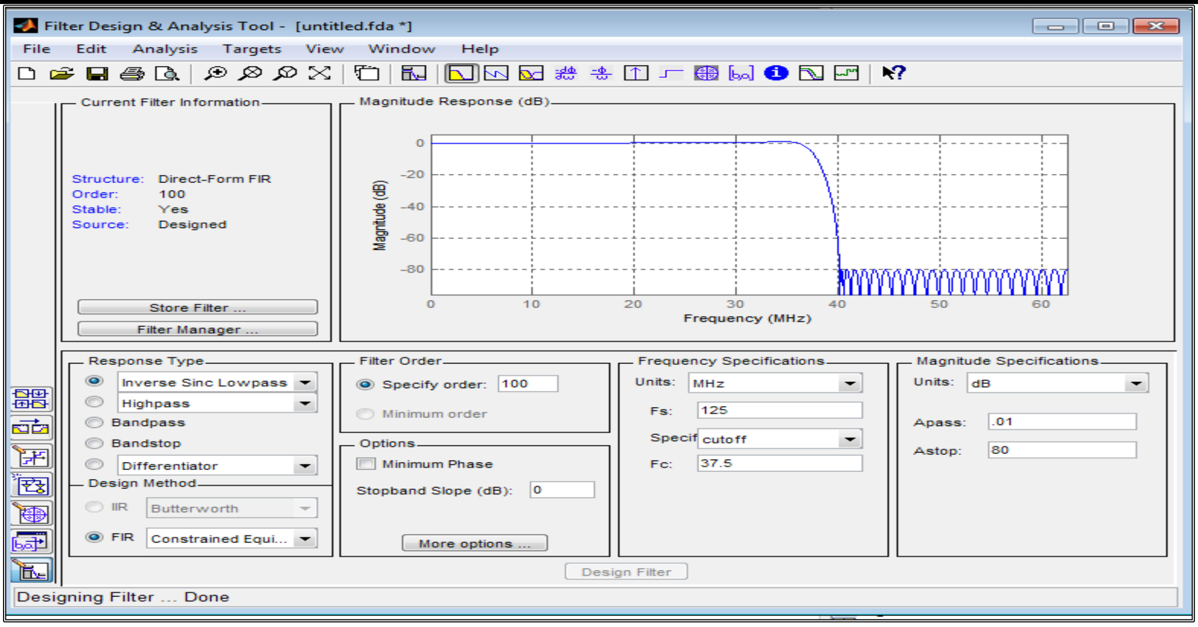
हमारा लक्ष्य डीएसी के सिन्क रोल को कम करना है पूर्व-बराबरता दृष्टिकोण के आधार पर हमने एक फ़िल्टर बनाया है जिसकी आवृत्ति प्रतिक्रिया में उलटा सिन्क कैरेक्टरिक्स है।

अनुक्रमणिका

फ़िल्टर : उलटा सिन्क फ़िल्टर
डिजाइन विधि : प्रतिबंधित एकुईरिपल

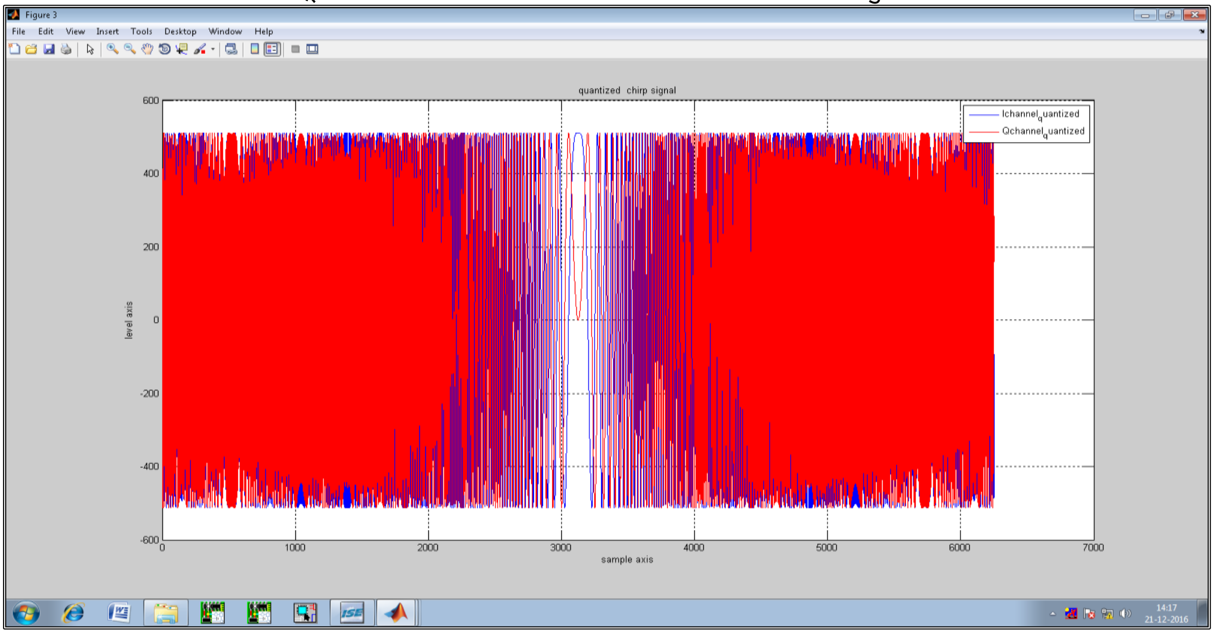
तालिका 1: फिल्टर विवरण

| | |
|---|---|
| आवृत्ति का विशेष विवरण | एफ एस = 125 मेगा हर्ट्ज<br>एफ सी = 37.5 मेगा हर्ट्ज |
| आयाम का विशेष विवरण | ए पास = .01 डीबी<br>ए स्टोप = 80 डीबी |
| ऑर्डर | 100 |




चित्र 4: मैटलैब पर फिल्टर कार्यान्वयन

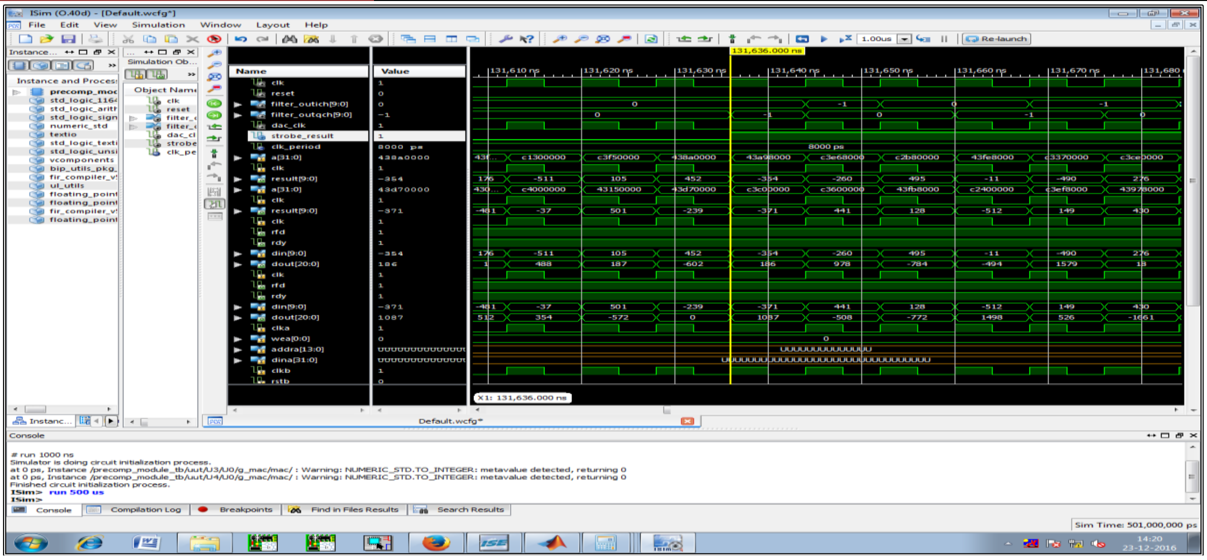
10 बिट प्रारूप में आई और क्यू चर्प सिग्नल के क्वांटिज़ेशन के बाद निम्नलिखित आउटपुट प्राप्त किया गया है।




चित्र 5: आई चैनल क्वांटिज्ड चर्प और क्यू चैनल क्वांटिज्ड चर्प

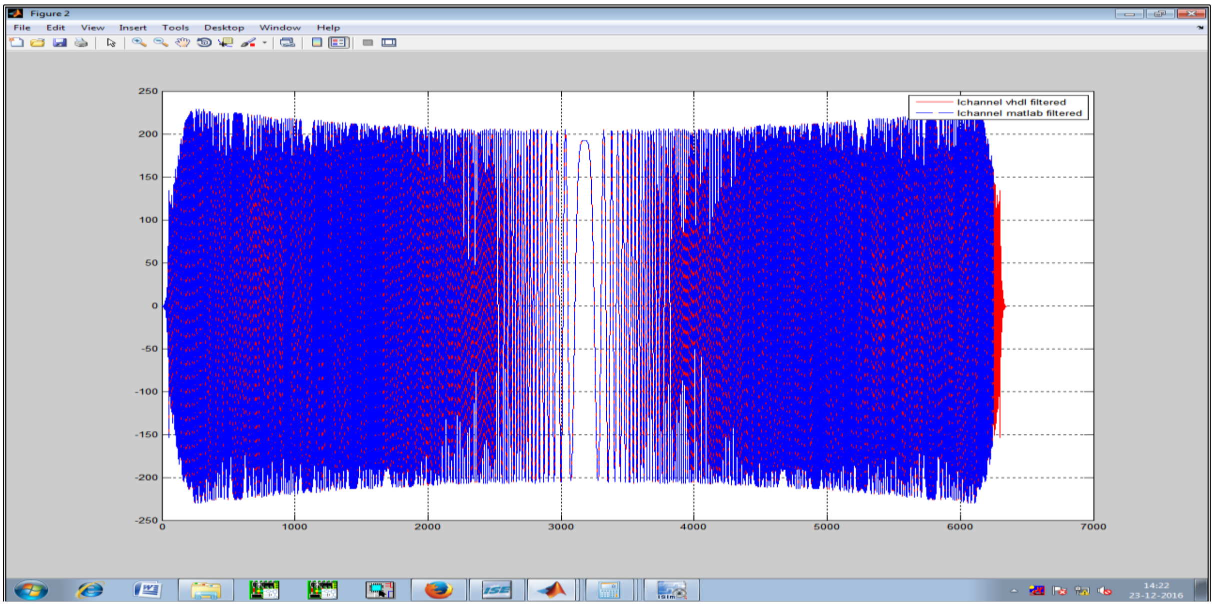
## 4 सिंक फ़िल्टर का वीएचडीएल कार्यान्वयन :

आई चैनल और क्यू चैनल के मान ब्लॉक रोम में 10 बिट क्वांटिज्ड प्रारूप में संग्रहीत किए गए हैं और आईपी कोर की सहायता से इन मानों को फ़िल्टर के माध्यम से पारित किया गया है और निम्नलिखित आउटपुट प्राप्त किए गए।

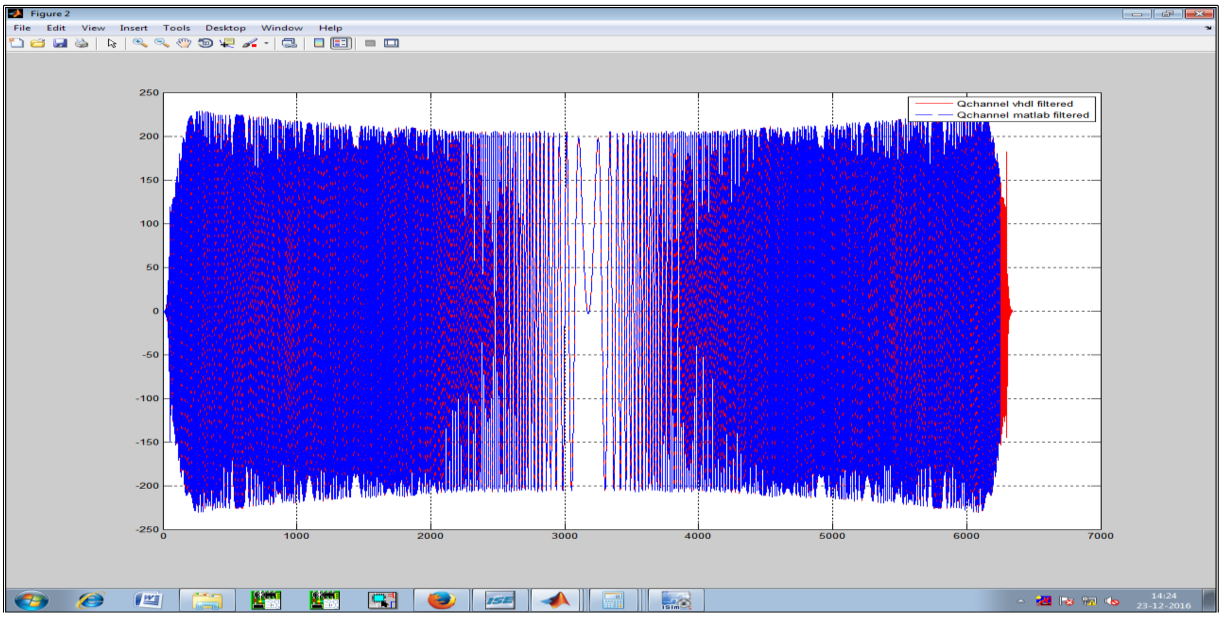


चित्र 6: आईएसआईएम पर सिमुलेशन और डिजिटल फ़िल्टर के माध्यम से गुजरने के बाद आई और क्यू चैनल के मान प्राप्त किए गए (इनवर्क्स सिंक कैरेक्टरिक्स)

वीएचडीएल में कार्यान्वयन के बाद, परिणाम मैटलैब पर प्राप्त किए गए हैं और उन्हें एक साथ प्लॉट करके ओवरलैप्ड प्लॉट बनाया गया है|



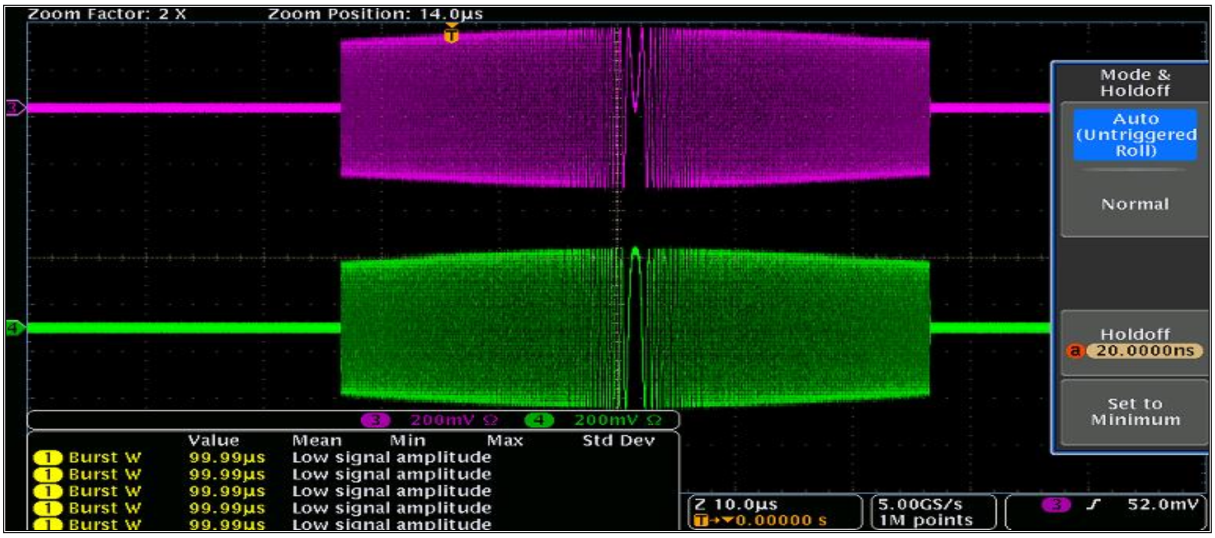

चित्र 7:मैटलैब और वी एच डी एल परिणाम (आई चैनल)



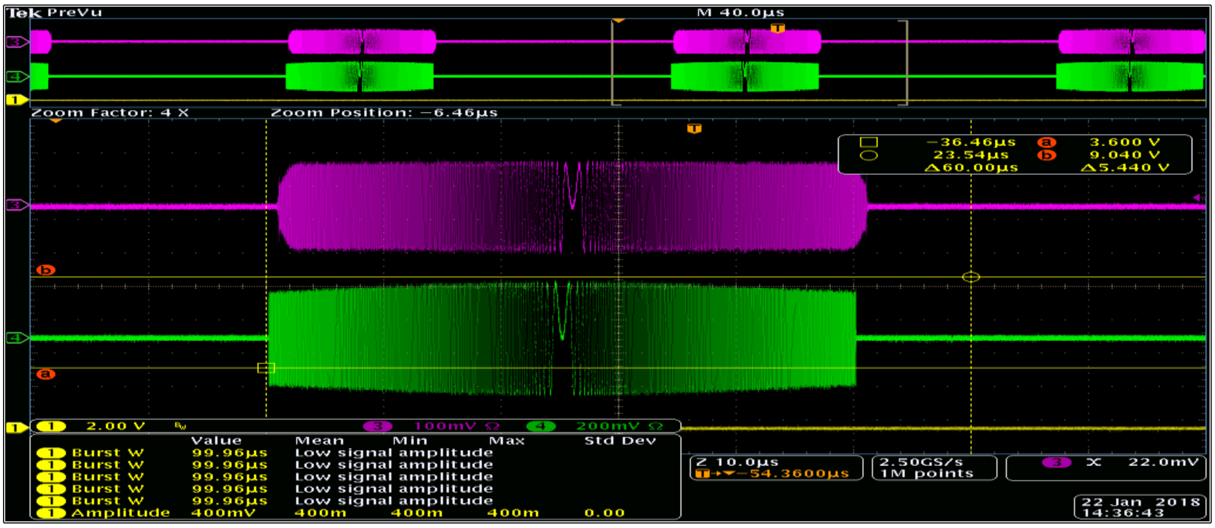

चित्र 8: मैटलैब और वी एच डी एल परिणाम (क्यू चैनल)

## 5. हार्डवेयर परीक्षण :

चंद्रयान 2 सार डिजिटल उपप्रणाली पर कोड का हार्डवेयर परीक्षण किया गया है। चंद्रयान 2 सार डिजिटल चर्प जनरेटर के डिजिटल उपप्रणाली के बोर्ड मॉड्यूल पर विभिन्न घटक, वी और एच ध्रुवीकरण (डीएसीएस), रेंज सिग्नल प्रोसेसर, डेटा संपीड़न के लिए दोहरी चैनल डेटा अधिग्रहण और पेलोड नियंत्रक सभी को इस डिज़ाइन कॉन्फ़िगरेशन में एक बोर्ड समाधान में समायोजित किया गया है

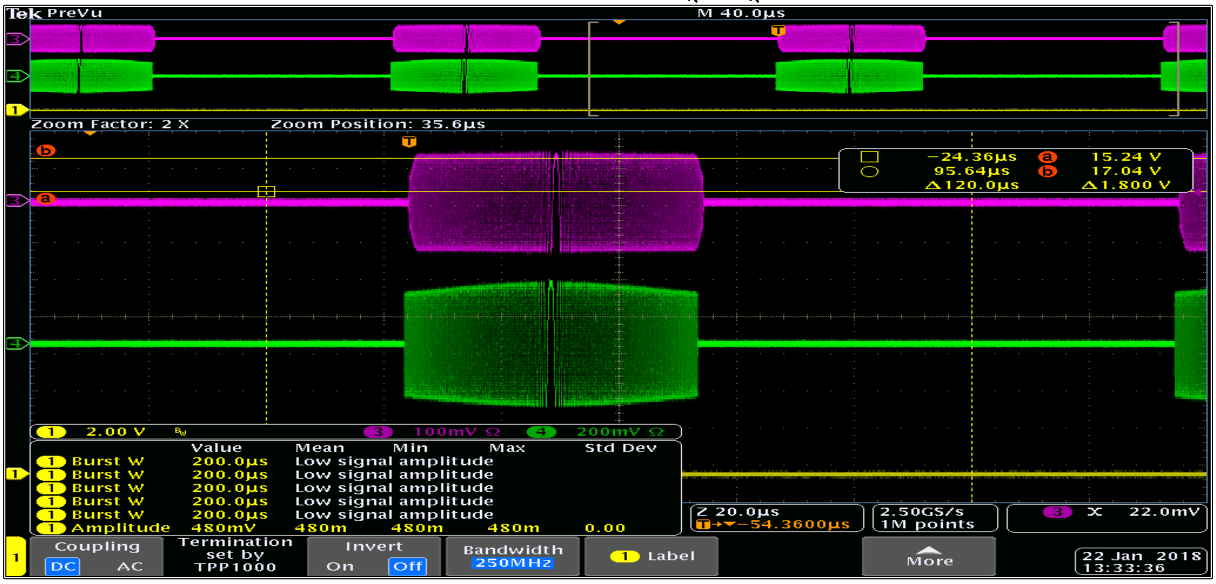



चित्र 9 :मॉड्यूल के बिना प्राप्त (आई / क्यू) चर्प




चित्र 10: 1) आई चैनल ( मॉड्यूल के पश्चात)

2) आई चैनल (मॉड्यूल से पूर्व)




चित्र 11 : 1) क्यू चैनल( मॉड्यूल के पश्चात)

2) क्यू चैनल (मॉड्यूल से पूर्व)

### 6. निष्कर्ष :

इस अवधारणा के माध्यम से हम गैर-फ्लैट आवृत्ति प्रतिक्रिया प्राप्त कर सकते हैं ताकि अधिकतम बैंडविड्थ का उपयोग किया जा सके। इसका उपयोग किसी भी भविष्य की परियोजनाओं में प्रकृति में सामान्य होने के रूप में किया जा सकता है। डीएसी प्री-कम्पेसेटर मॉड्यूल का एफपीजीए डिज़ाइन और कार्यान्वयन किया गया है और डिज़ाइन उद्देश्यों को पूरा करने के लिए और विकास की आवश्यकता है। फ़िल्टर चयन प्रक्रियाएं आवेदन पर निर्भर करती हैं और भविष्य में विचार करने की आवश्यकता है।

### लेखक परिचय:

शितीशा बाजपेई का जन्म 16 अक्टूबर, 1993 को मुजफ्फरनगर में हुआ था। उन्होंने वर्ष 2015 में इलेक्ट्रॉनिकी और संचार अभियांत्रिकी में अपनी बी.टेक डिग्री स्वर्ण पदक के साथ मदन मोहन मालविया विश्वविद्यालय प्रौद्योगिकी, गोरखपुर से प्राप्त की। वह 26 अप्रैल, 2017 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र , भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद में शामिल हो गईं। वह वर्तमान में आर.आई.सैट - 1ए, आर.आई.सैट -2ए और आर.आई.सैट- 2बी से संबंधित डिजाइन, विकास में शामिल हैं।

रिंकु अग्रवाल का जन्म अहमदाबाद, गुजरात में हुआ था। उन्होंने वर्ष 1996 में इलेक्ट्रॉनिकी और संचार अभियांत्रिकी में अपनी बीई डिग्री गुजरात विश्वविद्यालय से प्राप्त की। वह मार्च 1998 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद में शामिल हो गईं। उन्हें उच्च गति हार्डवेयर डिजिटल डिजाइन के क्षेत्र में व्यापक अनुभव है और उन्होंने आरआईएसएटी -1 एसएआर, एल एंड एस बैंड एसएआर, रिसाट -2 ए और 2 बी, निसार और मिनीसर जैसे कई कार्यक्रमों में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। उनकी रुचि का मुख्य क्षेत्र डेटा अधिग्रहण और नियंत्रण अनुप्रयोग है

संजय एम. त्रिवेदी ने 1982 में टीईबी, गुजरात से इलेक्ट्रॉनिकी में डिप्लोमा प्राप्त किया। 1986 में आईईटीई से इलेक्ट्रॉनिकी और संचार में स्नातक की उपाधि प्राप्त की। 1993 में गुजरात विश्वविद्यालय से बीई (ईसी), 2013 में एस.वी.एन.आई.टी., सूरत, से एम.टेक (आर) की डिग्री प्राप्त की| वर्तमान में वह सैक, इसरो ,अहमदाबाद में वैज्ञानिक/ इंजीनियर के रूप में नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिकी के डिजाइन एवं इसरो के विभिन्न उपग्रहों के माइक्रोवेव नीतभार के लिए ए.एस.आई.सी., एफ.पी.जी.ए. और माइक्रोकंट्रोलर का उपयोग कर संकेत संसाधन के क्षेत्र में काम कर रहे हैं।

### संदर्भ:


- दस्तावेज़ “सी एच2 सार_डी एस एस_पी डी आर”
- केन यांग द्वारा पेपर “मैक्सिम एकीकृत उत्पाद”
- टीडीके-लैम्ब्डा उपयोगकर्ता का “मैनुअल”
- https://www.edn.com/design
- डगलस पेरी द्वारा “वीएचडीएल का परिचय”
- भास्कर द्वारा “वीएचडीएल का परिचय”

# मौजूदा सुदूर संवेदी उपग्रह और संवेदकों का संभावित गैरपरंपरागत उपयोग : कुछ उदाहरण

आशीष कुमार जैन, पी. आर. सुजिथा, ऐ. के. बेरा एवं एस. एस. राव
प्रा.सू.स.के.(प.), रा.सू.स.के./इसरो, जोधपुर - 342003

**परिचय**

सुदूर संवेदी प्रौद्योगिकी उपयोगकर्ता को एक दूरस्थ संवेदी उपकरण, जो कि अध्ययनरत वस्तु, क्षेत्र या घटना से काफी दूर स्थित होता है, के द्वारा एक पदार्थ, वस्तु, वातावरण की घटनाओं या भौगोलिक परिस्तिथियों के बारे में सूचनाएं प्राप्त करने के लिये सक्षम करती है। उपग्रह, हवाई एवं जमीनी अवलोकन तीनों मिलकर पृथ्वी के बारे में सूचनाएं प्राप्त करवाते हैं। प्राकृतिक संसाधनों की निगरानी एवं मानचित्रण के लिये इसे एक अत्यंत उपयोगी साधन के रूप में पहचाना जा रहा है। उपग्रह प्रणाली की अभिन्न क्षमताएँ जैसे विस्तृत अवलोकन, विभिन्न स्थानिक, बहु-तरंगदैर्ध्य और बहु-कालिक विभेदन क्षमता सुदूर संवेदी उपग्रहों और संवेदकों पर आधारित अवलोकनों का उपयोग करने का अधिकतम अवसर प्रदान करती हैं ताकि पृथ्वी की गतिशील प्रक्रियाओं को नियंत्रण करने वाले प्रमुख कारकों का अध्ययन किया जा सके। भू अवलोकन प्रौद्योगिकी एक तीव्र परिवर्तन की प्रक्रिया है। विभिन्न प्रकार के एक्टिव और पैसिव संवेदी उपकरण कई अंतरिक्ष मिशन पर उड़ाए गए हैं, जिनमें विभिन्न मापन तकनीकों और प्रौद्योगिकीयों का प्रयोग किया गया है । लगभग 200 उपग्रहों द्वारा 350 ऐसे उपकरणों को अगले 15 वर्षों के लिए तैयार किया गया है।

**वर्तमान भारतीय सुदूर संवेदी उपग्रह डाटा और संवेदक**

आईआरएस-1ए प्रथम परिचालित भारतीय सुदूर संवेदी उपग्रह था जिसे इसरो द्वारा 1988 में प्रक्षेपित किया गया था। तब से कई परिचालित भारतीय सुदूर संवेदी उपग्रह प्रक्षेपित किये गए हैं। आज भारत के पास सुदूर संवेदी उपग्रहों का एक विशाल समूह उपलब्ध है जिसमें 13 उपग्रह सूर्य समकालिक कक्षा में काम कर रहे हैं जिनके नाम रिसोर्ससेट-1, 2 & 2ए, कार्टोसेट-1, 2, 2ए एवं 2बी, रिसेट-1 & 2, ओसियनसेट-2, मेगा-ट्रोपिक्स, सरल और स्काटसेट-1 हैं। इसके अतिरिक्त चार उपग्रह इनसेट-3डी, कल्पना, इनसेट 3ए और इनसेट-3डीआर भूस्थिर कक्षा में स्थित हैं और भू अवलोकन डाटा प्रदान करते हैं।

आईआरएस उपग्रहों के वर्तमान संवेदकों में लिस-III (बहु-तरंगधैर्य, 23 मीटर विभेदन क्षमता, 140 किमी पट्टी (स्वाथ), 24 दिन पुनरावलोकन और 10 बिट रेडियोमेट्री), लिस-IV (बहु-तरंगधैर्य, 5.8 मीटर विभेदन क्षमता, 23 किमी पट्टी (स्वाथ),10 बिट रेडियोमेट्री और पैनक्रोमेटिक भी 5.8 मीटर विभेदन क्षमता, 70 किमी पट्टी (स्वाथ) एवं 5 दिन पुनरावलोकन), अविफ्स (बहु-तरंगधैर्य, 56 मीटर विभेदन क्षमता, 740 किमी पट्टी (स्वाथ), 5 दिन पुनरावलोकन और 12 बिट रेडियोमेट्री) प्रमुख हैं।

**भारतीय सुदूर संवेदी उपग्रह चित्रों का वर्तमान उपयोग**

इन संवेदकों के द्वारा प्राप्त भू अवलोकन चित्रों का प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंधन और संरक्षण के लिए व्यापक रूप से प्रयोग किया जाता है। यह जल संसाधनों को संरक्षित करता है, सतत कृषि को बढ़ावा देता है, जैव विविधता को संरक्षित करता है, उर्जा के संसाधनों का प्रबंधन करता है, प्राकृतिक और मानवजनित आपदाओं को कम करता है, जलवायु परिवर्तन और इसके प्रभावों पर प्रतिक्रिया देता है, मौसम की भविष्यवाणी और पारिस्थितिकी प्रणालियों का प्रबंधन करता है। विभिन्न विविध क्षेत्रों में कई अनुप्रयोग परियोजनाओं को किया जा रहा है। कुछ अनुप्रयोग परियोजनाओं का यहाँ उल्लेख किया जा रहा है:

*कृषि और मृदा में:* इसमें फसल उत्पादन भविष्यवाणी, नमक प्रभावित मृदा का मापन (खारी/ सोडिक), मृदा मापन, मौसम आधारित कृषि परामर्श सेवाएँ और आपदा निगरानी (कीट, बाढ़, सुखा आदि), बागवानी विकास आदि आते हैं।

*प्राकृतिक संसाधनों की गणना में:* इसमें एनआर सेन्सस प्रोग्राम के तहत प्राकृतिक संसाधन जैसे भू-उपयोग/ भू आवरण, मृदा, भू-आकृति विज्ञान, नम भूमि, भूमि अपरदन, हिम और हिमनद, वनस्पतियों आदि की सामयिक सूची तैयार की जाती है।

*जल संसाधनों में:* यह सिंचाई में प्रयुक्त संसाधनों का मूल्यांकन, जल संसाधनों की सूचना प्रणाली, सिंचाई क्षेत्रों/ सिंचाई प्रदर्शन का मूल्यांकन, हिम-गलन से बहाव का अनुमान, जलाशय क्षमता का मूल्यांकन, पन-बिजलीघर के लिए उपयुक्त स्थान का चयन आदि को सम्मिलित करता है।

*मानचित्रण में:* यह आईआरएस डाटा संशोधन के लिए जीसीपी लाइब्रेरी का प्रयोग, बड़े पैमाने पर मानचित्रण, उपग्रह आधारित टोपो-मानचित्र का नवीनीकरण, डिजिटल एलिवेशन मॉडल (कार्टो-डीईएम), खसरा स्तर पर मानचित्रण आदि को सम्बोधित करता है।

*भूगर्भशास्त्र और खनिज़ संसाधनों में:* यह भूस्खलन जोखिम क्षेत्रीकरण, खनिज़/ तेल अन्वेषण, खनन क्षेत्र, भूकंप सम्बन्धित सरंचनाओं का अध्ययन, अभियांत्रिकी एवं भू-पर्यावरण अध्ययन आदि में प्रयुक्त होता है।

*शहरी विकास में:* यह बड़े शहरों के शहरी फैलाव का मापन, मास्टर प्लान, संरचना प्लान, चिन्हित शहरों/ कस्बों की व्यापक विकास योजनाएं (सीडीपी), कस्बों के लिए बेस मानचित्र को तैयार करना, राष्ट्रीय शहरी सूचना प्रणाली आदि को सम्मिलित करता है।

*ग्रामीण विकास में:* यह राष्ट्रीय पेयजल योजना, बंजर भूमि का मापन/ संशोधन, वाटरशेड विकास और निगरानी, भूमि अभिलेख का आधुनिकीकरण आदि को सम्मिलित करता है।

*आपदा प्रबंधन समर्थन में:* यह परिचालित रूप से विभिन्न प्राकृतिक आपदाओं जैसे बाढ़, चक्रवात, सूखा, भूस्खलन, भूकंप और जंगल की आग का आकलन करना, पूर्व चेतावनी प्रणालियों के बारे में

अनुसन्धान और विकास, निर्णय समर्थन टूल्स विकास आदि को सम्मिलित करता है।

*जैव संसाधन और वातावरण में:* यह वन आवरण और वन किस्मों का मानचित्रण, नम भूमि का सूचीकरण और संरक्षण योजनाएं, जैव विविधता का निरूपण, मरुस्थलीकरण की स्थिति का मानचित्रण, तटीय, मैन्ग्रोव, कोरल सम्बन्धित, हिम और हिमनदों का अध्ययन आदि को सम्मिलित करता है।

*समुद्र और मौसम-विज्ञान में:* यह समुद्र की मुख्य उत्पादकता, समुद्री अवस्था की भविष्यवाणी (ओएसएफ), तूफ़ान की गति की मॉडलिंग, क्षेत्रीय मौसम अनुमान, ऊष्णकटिबंधी चक्रवात और मेसोस्केल का अध्ययन, विस्तृत सीमा में मानसून अनुमान आदि को सम्मिलित करता है।

*जलवायु परिवर्तन के अध्ययन में:* यह सूचकों के मानचित्रण, एजेंट्स की निगरानी और उनके प्रभाव की मॉडलिंग, जलवायु कारकों (भूमि, वातावरण और समुद्र) का निरूपण, मीथेन उत्सर्जन, टिम्बरलाइन का अध्ययन, भू-उपयोग/ भू आवरण परिवर्तन गतिकी आदि को सम्मिलित करता है।

**भारतीय परिप्रेक्ष्य में सुदूर संवेदी संवेदकों की भविष्यकालीन आवश्यकता:**

भारतीय भू अवलोकन की क्षमता समय के साथ कई गुना हो गयी है। केवल स्थानिक, बहु-तरंगदैर्ध्य और बहुकालिक विभेदन क्षमता में ही नहीं, बल्कि कवरेज और मूल्य संवर्धित उत्पादों को तैयार करने में भी विकास हुआ है। तथापि, कुछ भविष्य की बड़ी जरूरतें हैं, जैसे- बहुत उच्च स्थानिक विभेदन क्षमता के चित्र, विशाल पट्टी (स्वाथ), उन्नत पुनरावृत्ति /पुनरवलोकन क्षमता, ऑप्टिकल और माइक्रोवेव संवेदकों के साथ उपग्रहों के समूह के द्वारा प्रदत्त मल्टीस्पेक्ट्रल और हाइपरस्पेक्ट्रल बैंड्स आदि। यह उपयोगकर्ताओं के द्वारा प्रदत्त भविष्य की अवलोकन आवश्यकताओं को बहुत विशुद्धता के साथ पूरा करेगा ताकि इनका उपयोग प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंधन में उभरती परियोजनाओं जैसे- सामयिक फसल पैटर्न, फसलों के प्रकार, स्कैटर्ड फसल, कैनोपी घनत्व/ पतन, फसल स्ट्रेस का पता लगाना, पेड़ों की गणना करना, वृक्षारोपण विस्तार, मृदा नमी का वास्तविक दशा में मापन आदि में किया जा सके।

**सुदूर संवेदी उपग्रह और संवेदकों का संभावित गैरपरंपरागत उपयोग**

*फर्ज़ी फसल बीमा दावे की पहचान करना*

उच्च विभेदन क्षमता की बहु-तरंगधैर्य उपग्रह चित्र, जो कि फसल चक्र के दौरान कई बार प्राप्त किये गये हैं, के द्वारा फसलों की स्थिति का मूल्यांकन किया जा सकता है। बीमा कम्पनियां आजकल इन तकनीकों का उपयोग कर फसल बीमा दावों में अनियमितता का पता लगा रही हैं।

*उपग्रह चित्रों के द्वारा बाढ़ संभावित क्षेत्रों में बीमा प्रीमियम की ज्यादा दर*

ऐसे क्षेत्र, जो बाढ़ संभावित हैं, उनका उपग्रह चित्रों के द्वारा मानचित्रण किया जा सकता है। उपग्रह चित्रों में माइक्रोवेव डाटा और जीआईएस में हाइड्रोलॉजिकल मॉडलिंग का उपयोग किया जा सकता है। बीमा कम्पनियां नुकसान के जोखिम के स्तर के आधार पर प्रीमियम की गणना कर सकती हैं।

*जल आपूर्ति के लिए लिफ्ट सिंचाई प्रणाली की रूपरेखा बनाना*

उपग्रह की स्टीरियो चित्रों का उपयोग कर डीईएम (डिजिटल एलिवेशन मॉडल) को तैयार किया जा सकता है। यह किसी भूदृश्य की सापेक्ष ऊँचाई प्रदान करता है जो कि किसी लिफ्ट सिंचाई प्रणाली के लिये निर्माण कार्य शुरू करने में अत्यन्त उपयोगी है।

*पर्यावरण की स्थिति बताने वाले घटक के रूप में शैवाल की निगरानी*

शैवाल को इसकी तीव्र वृद्धि के लिए पोषक तत्वों की आवश्यकता होती है जो कि परोक्ष रूप से जल की गुणवत्ता के बारे में बता सकती है जैसे - झील में उपस्थित नाइट्रोजन और फास्फोरस की मात्रा। हाइपरस्पेक्ट्रल संवेदकों के द्वारा उगे हुए शैवाल की जैव रासायनिक गुणों का मानचित्रण किया जा सकता है।

*जंगल में फैलने वाली बीमारियों की रोकथाम*

बीमारियों के संक्रमण के कारण जंगल में उगने वाले संक्रमित पेड़ों के पत्तों का रंग परिवर्तित हो जाता है। उपग्रह चित्रों का उपयोग कर क्षतिग्रस्त जंगली पेड़ों का मानचित्रण और मूल्यांकन किया जा सकता है।

*हाइपरस्पेक्ट्रल सुदूर संवेदन के द्वारा खनिज़ उत्पादों का पता लगाना*

प्रत्येक खनिज़ में इसकी रासायनिक संरचना होती है जो अद्वितीय स्पेक्ट्रमी परावर्तिता धारण करती है। हाइपरस्पेक्ट्रल संवेदकों में कम फ्रीक्वेंसी रेंज वाले बैंड्स अधिक होते हैं जो खनिजों का पता लगा सकते हैं।

*गांवों से शहरों की ओर पलायन में वृद्धि का अध्ययन*

दिन प्रतिदिन अत्याधिक संख्या में लोग गांवों से शहरों की ओर पलायन कर रहे हैं। शहरीकरण औद्योगिकीकरण और विकास से जुड़ा हुआ है। उपग्रहों के द्वारा शहरीकरण का प्रभावी रूप से अध्ययन किया जा सकता है।

*विस्थापित शरणार्थियों को सहायता और सेवाएँ देने के लिए उनकी स्थिति का पता लगाना*

उपग्रह चित्रों का उपयोग विस्थापित शरणार्थियों के कैंप और उनकी स्थिति का पता लगाने के लिए किया जा सकता है। शरणार्थियों के लिए संयुक्त राष्ट्र के उच्चायुक्त (यूएनएचसीआर) टोंगो में सूडानी शरणार्थियों को सहायता और सेवाएँ देना चाहते थे। वे टोंगो शरणार्थियों के कैंप में उनकी स्थिति के बारे में पता लगाना चाहते थे। यूएनएचसीआर ने उपग्रह चित्रों का उपयोग कर शरणार्थियों के आगमन, कृषि, जलमार्ग और इन्फ्रास्ट्रक्चर का मानचित्रण किया। परिणामस्वरूप, यूएनएचसीआर ने आसानी से वहाँ सहायता उपलब्ध करवाई जहाँ इसकी सबसे ज्यादा जरूरत थी।

*यूएवी के द्वारा ग्रामीण सड़कों का सूचीकरण एवं मूल्यांकन*

सुदूर संवेदी चित्रों, जीआईएस और मानव रहित विमानों (यूएवी) के एकीकरण के द्वारा सड़क के गड्ढों

की पहचान, ख़राब सडकों की पहचान आदि के लिए समाधान निकाला जा सकता है। सड़कों की स्थिति का आकलन और सूचीकरण सेंटीमीटर स्तर की सूक्ष्मता के साथ किया जा सकता है ताकि समय और धन दोनों की बचत की जा सके।

*अचल संपत्ति खरीदते समय इसका उपग्रह से प्राप्त दृश्य देखना*

उपग्रह चित्रों का उपयोग ऊँचाई से प्राप्त दृश्य को देखने में किया जा सकता है ताकि जनोपयोगी सुविधाएँ जैसे - विद्यालय, पार्क, जुड़ी हुयी सड़कें, शॉपिंग काम्प्लेक्स आदि के बारे में पता लगाया जा सके जोकि एक संभावित खरीदकर्ता घर खरीदने से पहले जानना चाहता है।

*पार्किंग स्थानों पर कारों की गणना कर खुदरा कमाई और बाज़ार में हिस्से का अनुमान लगाना*

बहुत उच्च विभेदन क्षमता की उपग्रह चित्रों के द्वारा किसी बड़े शौपिंग काम्प्लेक्स के सामने खड़े किये गए वाहनों की संख्या की गणना की जा सकती है। आरएस मैट्रिक्स, जो कि एक यूएसए कंपनी है, पार्किंग स्थानों में वाहनों के संख्या गिनती है। यह कमाई और बाज़ार में हिस्से का संकेत देती है।

*नये भवन निर्माण और वर्तमान भवन की संरचना में परिवर्तन की पहचान कर टैक्स चोरों को रंगे हाथों पकड़ना*

गैर-कानूनी निर्माण ऐसे स्थान है जहाँ लोग अपनी अतिरिक्त आय कई बार छुपाते है। इन जगहों को बहुत उच्च विभेदन क्षमता की उपग्रह चित्रों के द्वारा मानचित्रण किया जा सकता है। उदाहरण के तौर पर, एथेंस, ग्रीस की कर राजस्व संस्था उपग्रह डाटा का उपयोग कर गैर-कानूनी संपत्ति की पहचान कर रही है।

*गरीबी को पैदा करने वाले कारकों का पता लगाना*

उपग्रह चित्रों का उपयोग कर गरीबी को पैदा करने वाले कारकों का पता लगाया जा सकता है। भू अवलोकन डाटा के द्वारा मरुस्थलीकरण और गरीबी में संबंध स्थापित करने के लिये प्रा.सू.सं.के.(पश्चिम), जोधपुर में अध्ययन किया गया है। गरीबी से जुड़े हुए सामाजिक-आर्थिक कारक क्षेत्र विशेष से सम्बन्धित होते है। गरीबी उन्मूलन योजनाओं को उन कारकों पर ध्यान केन्द्रित करना चाहिये जो भूमि अपरदन/ मरुस्थलीकरण के साथ महत्वपूर्ण संबंध स्थापित करते हैं।

*महामारी होने पर बीमारी के फैलाव की रोकथाम*

महामारी और भूगोल आपस में जुड़े हुए हैं। कुछ बीमारियाँ जलवायु, भूमि उपयोग और वायु के कारण होती है और प्रसारित भी होती है। उपग्रह चित्रों को अनुमान लगाने वाले मॉडल्स के साथ प्रयुक्त कर महामारी बीमारियों की प्रक्रियाओं को समझा जा सकता है और विश्लेषण किया जा सकता है।

*निचले वायुमंडल में वायु की गुणवत्ता का मूल्यांकन*

कार्बन मोनो ऑक्साइड मानव नेत्रों के लिए रंगहीन होती है लेकिन इसको एक उपकरण मोप्पित (क्षोभ मंडल में प्रदूषण का मापन) जो कि नासा के टेरा अंतरिक्ष यान में उपलब्ध है, के द्वारा मापा जा सकता है।

*वाहन उत्सर्जन के द्वारा ईंधन की अर्थव्यवस्था का आकलन*

बहु-तरंगदैर्ध्य सुदूर संवेदन द्वारा वाहन उत्सर्जन जैसे- CO, HC और NO आदि का मापन किया जा सकता है। सरकारें वाहन निर्माताओं और उपयोगकर्ताओं पर उत्सर्जन मानकों का पालन करने का दबाव बना रही है। उपग्रह द्वारा आकाश से न्यूनतम बाधा के साथ ईंधन की अर्थव्यवस्था और उत्सर्जन मानकों का आकलन आसानी से किया जा सकता है। उपग्रह वाहनों से निकलने वाले कार्बन उत्सर्जन से उत्पन्न प्रदूषण को रोकने के लिए स्वर्णिम अवसर प्रदान करते हैं।

**निष्कर्ष**

हाल ही के कुछ वर्षों में उपग्रह सुदूर संवेदन के क्षेत्र में कई रोमांचक नए विकास हुए हैं जैसे- ऑप्टिकल और राडार प्रणालियों में नयी उच्च स्थानिक विभेदन क्षमता, महत्वपूर्ण सह-उत्पाद जैसे- डीईएम (डिजिटल एलिवेशन मॉडल), मशीन लर्निंग का उपयोग कर नयी प्रोसेसिंग तकनीकों का और भी विकास आदि। वर्तमान में उपग्रह श्रेणी जैसे सेंटिनल और प्लानेट लेब्स उच्च स्थानिक, बहु-तरंगदैर्ध्य और बहुकालिक विभेदन क्षमता का डाटा निःशुल्क या बहुत कम मूल्य पर प्रदान कर इस क्षेत्र में क्रांति ला रहे हैं।

अंतरिक्ष परियोजनाओं को सफलतापूर्वक पूर्ण करने वाले कई देश और अंतरिक्ष संस्थाएँ कई परियोजनाओं पर काम कर रहे हैं जैसे- छोटे उपग्रहों के समूहों पर काम करना, अंतरिक्ष उड़ानों की योजना, स्वचालित मिशन, इंटेलीजेंट नेटवर्किंग, घटना आधारित अवलोकन, संवेदक वेब, डाटा माइनिंग/फ्यूज़न, ओनबोर्ड प्रकियाएँ, मात्रात्मक सुदूर संवेदन आदि। आगामी सुदूर संवेदी मिशन पृथ्वी और वातावरण के अवलोकन की अभूतपूर्व क्षमता प्रदान करेंगे। वैज्ञानिक और संस्थाओं के उपयोगकर्ताओं के द्वारा समन्वित अनुसन्धान के प्रयासों से इस क्षमता का पूर्ण उपयोग किया जाना चाहिये ताकि मजबूत भौगोलिक और क्षेत्रीय स्तर पर संचालित उत्पादों को विकसित किया जा सके और सिमुलेशन मॉडलिंग में डाटा समावेश को विकसित किया जा सके।

अनुक्रमणिका

# भारतीय जलाशयों के सतही जल गतिकी का अंतरिक्षाधारित मंचों से अध्ययन

**विभूति भूषण झा, अश्विन गुजराती, रा.प्र.सिंह**
**भूजल-शास्त्र प्रभाग**
**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),**
**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)**
**अहमदाबाद, गुजरात, भारत**

## सार :

अन्तर्देशीय जलाशय पारिस्थितिक, आर्थिक एवं वैज्ञानिक उपयोगों के कारण किसी भी देश की बहुमूल्य संपदाएं हैं। विशेषकर, भारत जैसे देश में जहां जल संसाधनों के निरंतर लोप से सामजिक एवं आर्थिक कठिनाइयों का सामना करना पड़ रहा है। अतः जल संसाधनों के उचित उपयोग एवं नीति निर्माण के लिए वैज्ञानिक आधारों पर निर्मित तकनीकों का उपयोग महत्वपूर्ण है। इस लेख में हमने सार (रिसैट-1) आधारित एक स्वचालित तकनीक (गामा अधिकतम संभाव्यता) का निर्माण एवं उपयोग भारत के अंतर्देशीय जलाशयों के सतही क्षेत्रफल को ज्ञात करने तथा विगत कुछ वर्षों में उनके बदलाव को अध्ययन करने हेतु किया है। वर्ष 2007, 2013, एवं 2015 के रिसैट-1 के चित्रों से हमने कुल 548 बड़े जलाशयों के स्थानिक एवं सामयिक परिवर्तन का अध्ययन करते हुए यह ज्ञात किया कि विशाल जलाशयों की तुलना में अधिक लघु जलाशय अपने क्षेत्रफल में संकुचन दर्शाते हैं। वर्णित तकनीक से स्वचालित रूप से आर्द्रभूमियों के सीमा को ज्ञात करने में भी सफलता मिली है जिसके परिणाम दूरदर्शी हैं।

## प्रस्तावना :

सतही जल के अगणित महत्वों के होते हुए भी, हमारे पास उनके स्थानिक एवं सामयिक प्रवृत्ति के बारे में आश्चर्यजनक रूप से बहुत कम जानकारी है। यह जानकारी अनेकानेक नीति निर्णयों एवं भूजल शास्त्र के प्रश्नों के उतर देने के लिए अति आवश्यक है। सतही जल व्याप्ति एवं विस्तार के पर्यवेक्षण तथा ज्ञप्ति को पूर्व के अध्ययनों ने भी बहुत महत्व दिया है। भारत जैसे देश में जहाँ जल संसाधनों की कमी होती जा रही है, वहाँ यह और भी महत्ता ग्रहण करता है [1]। अंतरिक्ष आधारित मंच परंपरागत विधियों की तुलना में विशाल भूक्षेत्र का अध्ययन त्वरित रूप से करने में सक्षम हैं। यह लेख अंतरिक्ष उपयोग केंद्र एवं राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र द्वारा किए गए अध्ययनों को वर्तमान के यन्त्र अधिगम विधियों के साथ प्रस्तुत करता है [2]।

यह महत्वपूर्ण है कि हम माइक्रो तरंगों का उपयोग कर सतही जल क्षेत्रफल, नद्यायाम, जलाशय गाम्भिर्यमाप आदि के बारे में सूचना प्राप्त करें। माइक्रो तरंग का उपयोग कर विप्लाव एवं स्थानिक एवं कालिक बदलावों के बारे में जाना जा सकता है। राष्ट्रीय आर्द्रभूमि वस्तुसूची मूल्यांकन [3] (रा. अ. व. म.) 2006-07 द्वारा कुल 19 आर्द्रभूमि कक्षाओं, जिनमे अंतर्देशीय एवं तटीय दोनों का वर्णन है। रा.अ.व.म. में वर्णित 200000 आर्द्रभूमियों में से हमने अध्ययन के लिए कुल 60000 अंतर्देशीय जलाशयों का चुनाव किया है।

वर्तमान में उपलब्ध प्रकाशिक मंचों से मानसून के समय चित्र अबोध में परेशानियों एवं वन क्षेत्रों में विप्लाव होने पर त्वरित जानकारी प्रदान करने में कठिनाइयों का सामना करना पड़ता है [4]। अतः सर्व ऋतु सक्षम माइक्रो तरंग मंचों का उपयोग अत्यावश्यक हो जाता है। यह ध्यान में रखते हुए हमने 18 मीटर रिसैट-1 के डाटा का उपयोग कर भारत के 548 जलाशयों का मूल्यांकन किया है। इस लेख में हमने गामा अधिकतम संभाव्यता [5] का उपयोग कर स्वचालित तरीके से सभी जलाशयों के क्षेत्रफल को प्रस्तुत किया है। जहाँ पुराने तरीके [6] से 500 हेक्टेअर से ऊपर के जलाशयों का अध्ययन संभव था वहीं इस लेख में प्रस्तुत विधि से और भी छोटे जलाशयों का पर्यवेक्षण संभव है।

## डाटा एवं अध्ययन क्षेत्र :

इस पद्धति को विकसित करने में हमने रिसैट-1 के 18 मीटर डाटा जो की C प्रभाग, द्विध्रुविकरण (HH, HV ध्रुवीकरण) मुद्रा में 128 किलोमीटर क्षेत्र का अध्ययन करता है, उसे उपयोग किया है। रिसैट-1 की इस मुद्रा से हमें बारम्बार 25 दिनों में चित्रों की प्राप्ति होती है जो कि विपाल्व एवं जलाशयों के पर्यवेक्षण के लिए उचित है [7]।

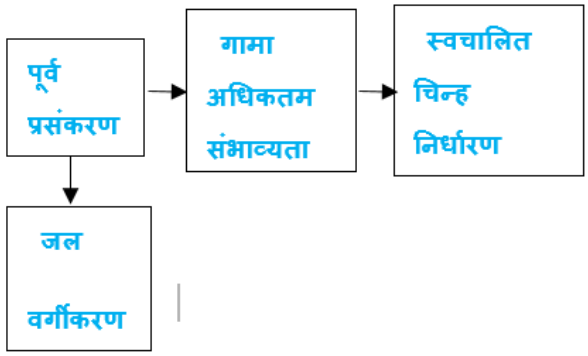
| उपग्रह | कालखंड | मुद्रा/ प्रणाली | पुनरावृति काल |
|---|---|---|---|
| रिसैट-1 | अक्टूबर-नवम्बर 2013<br>फरवरी-मार्च 2015 | HH, 18 मीटर<br>अवरोही आसंधि<br>$\sigma_0$ डाटा | 25 दिवस |

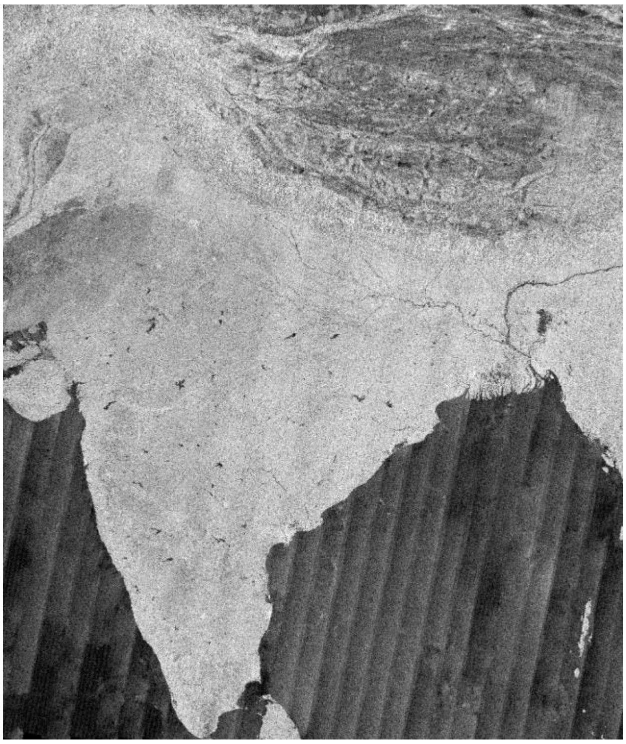
हमने समस्त भारतीय मुख्य भूभाग का अध्ययन उपरोक्त उपग्रह डाटा से किया है जो कि निम्नदर्शित चित्र (चित्र 1) से स्पष्ट होता है। विकसित प्रणाली स्वचालित रूप से पूर्ण कुत्तिभचित्र से जल क्षेत्रफल देने में समर्थ है जिससे समय की बचत होगी।

## पद्धति :

जल माइक्रो तरंग अनुक्षेत्र में अनन्य चिह्न दर्शाता है, जो की सामान्यतः -14 से -20 डेसिबल प्रकीर्णन के बीच में होती है। परन्तु भिन्न-भिन्न जलाशयों में यह चिह्न बदलने के कारण एक निश्चित प्रकीर्णन से सीमा निर्धारण में समस्या प्रस्तुत होती है। हमने इस लेख में एक स्वचालित पद्धति से जल का माइक्रोतरंग क्षेत्र में चिह्न निर्धारण में सफलता प्राप्त की है। भारतीय परिवेश में छोटे क्षेत्रों में भी भिन्नताएं आने पर इस प्रणाली का उपयोग कर अनुकूली चिह्न निर्धारण किया जा सकता है। यह प्रणाली प्रतिरूप अभिज्ञान

के अधिकतम संभाव्यता का उपयोग कर वर्गीकरण त्रुटि को बारम्बार कम करती है जब तक एक ज्ञात त्रुटि स्तर की प्राप्ति न हो जाये।



चित्र 1. मध्यम 18मीटर रिसैट-1 कुत्तिभचित्र अक्टूबर-नवम्बर 2013 के लिए

**पूर्व प्रसंकरण :** इस प्रक्रिया में सर्वप्रथम चित्र से अनावश्यक चिह्नों को ली निस्पंदन द्वारा हटाया जाता है जिससे चित्र में सीमा की जानकारी बची रहे जोकि जल सीमा निर्धारण में आवश्यक है।

**गामा अधिकतम संभाव्यता :** जल की माइक्रो तरंग क्षेत्र में अनन्य चिह्न होते हैं जोकि -14 से -20 डेसिबल तक जाते हैं। गामा अधिकतम संभाव्यता एक वर्गीकरण सम्भावना निम्न वर्णित समीकरण से निकलती है।

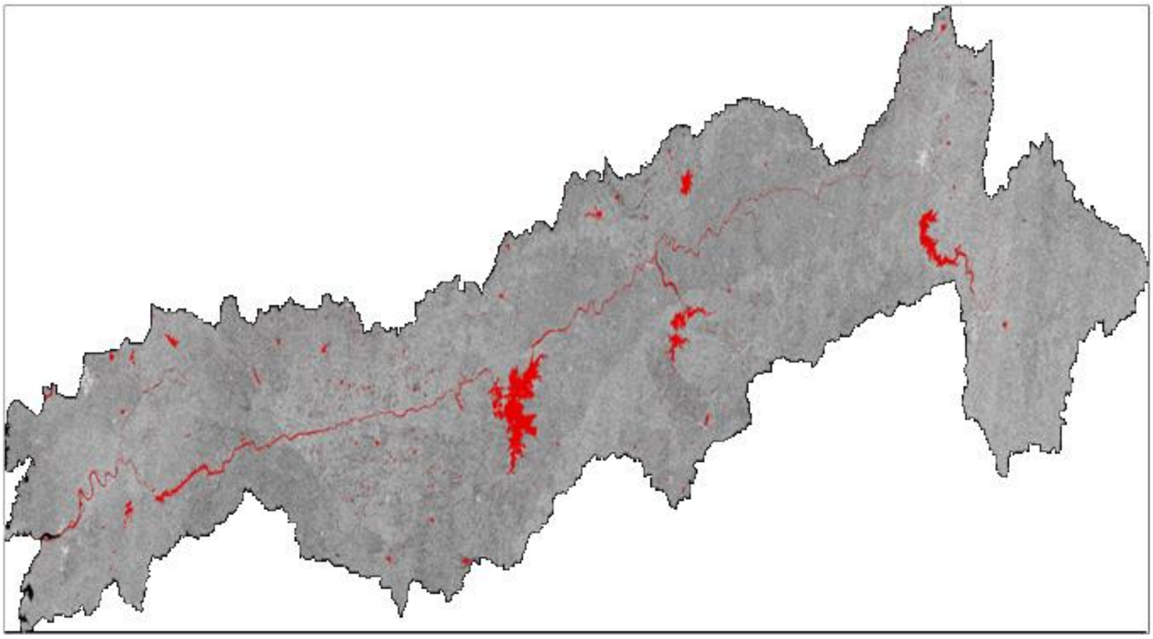
$$f(x, \mu, L) = \frac{2qL^L(qx)^{2L-1}e^{L\frac{(qx)^2}{\mu^2}}}{L\Gamma(L)\mu^{2L-1}}$$

यह समीकरण डाटा को गामा मिश्रण में तोड़ कर फिर अनन्य चिह्न निकलने में सक्षम है, जोकि नीचे वर्णित है।

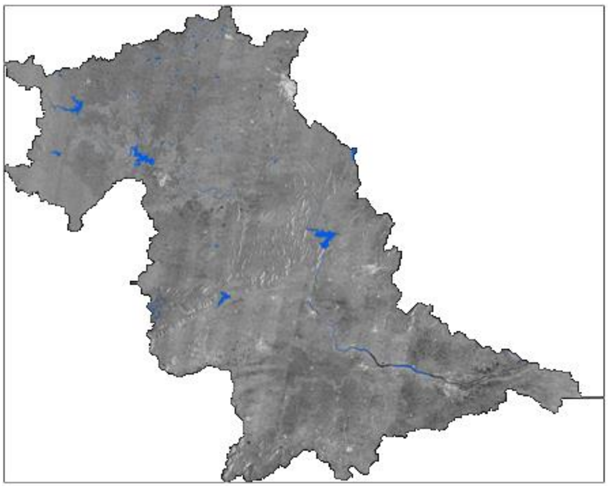
$$T_i = \sqrt{\frac{\log(K_i)}{Lq^2(\mu^{-2}(i) - \mu^{-2}(i+1))}}$$

**परिणाम :**

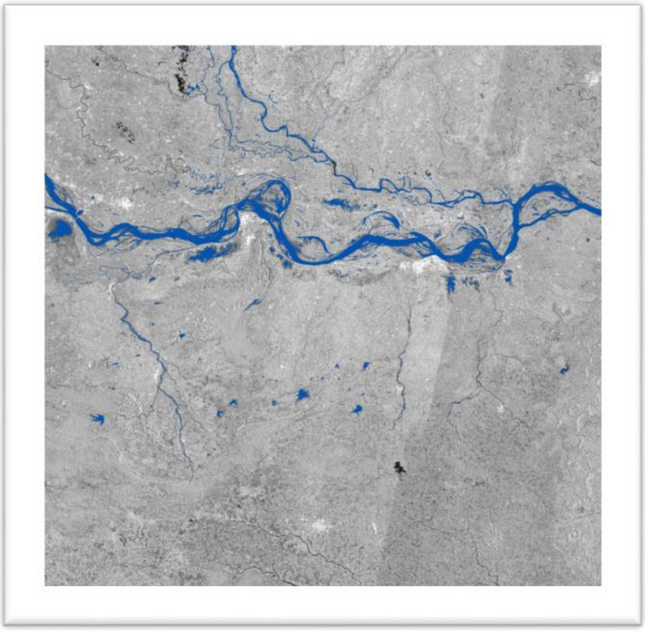
पिछले अनुभाग/खंड में वर्णित पद्धति का उपयोग कर इस खंड में हमने भारत के भिन्न नदी द्रोनियों में जल क्षेत्रफल की गणना की है तथा वर्ष 2013 एवं 2015 के क्षेत्रफल का पर्यवेक्षण किया है। निम्नवर्णित चित्रों में नर्मदा एवं कावेरी द्रोनियों के चित्रों से यह विदित होता है की हमारी पद्धति जल क्षेत्रफल का पर्यवेक्षण करने के लिए उचित है। संपूर्ण पद्धति को संगणक यन्त्र में कुल 3-4 घंटों में पूरा किया जा सकता है जिससे समय की काफी बचत होगी जोकि विप्लाव अथवा जल आप्लावन में काफी मददकारी होगा। चित्र 3 में इस पद्धति का उपयोग कर नदियों की चौड़ाई का भी पता लगाया जा सकता है।



**चित्र 2. नर्मदा द्रोणी**



चित्र 3. कावेरी द्रोणी



चित्र 4. गंगा नदी

इस पद्धति का उपयोग कर कम समय में ही द्रोणी जल क्षेत्र की गणना की जा सकती है। निम्नदर्शित तालिका में भारत की मुख्य द्रोनियों के आंकड़े प्रस्तुत किए गए हैं।

| द्रोणी | रिसैट -1 से क्षेत्रफल (हेक्टेअर में ) |
|---|---|
| बैतरणी | 4398 |
| दामोदर | 44091 |
| गंगा | 368702 |
| गोदावरी | 190054 |
| सिंधु | 78534 |
| कावेरी | 34070 |
| कृष्णा | 270343 |
| माही | 49582 |
| नर्मदा | 163106 |
| साबरमती | 19756 |
| स्वर्णरेखा | 10708 |
| तापी | 63609 |

## सन्दर्भ सूची :


1. Adam, S.; Wiebe, J.; Collins, M.; Pietroniro, A. RADARSAT flood mapping in the Peace-Athabasca Delta, *Canada. Can. J. Remote Sens*. 1998, 24, 69–79.
2. Brisco, B., Touzi, R., Van der sanden, J.J., Charbonneau, F., Pultz, T.J. and D'lorio, M. (2008). *Water resource applications with RADARSAT-2 preview. International journal of digital earth, 1(1):130-147*
3. *NWIA 2006-2007 report, www.sac.gov.in/vedas*
4. Lee, K.S. and Lee, S.I. (2003). Assessment of post-flooding conditions of rice fields with multi-temporal satellite SAR data. *International Journal of remote sensing*, 24(17):3457-3465.
5. A Zaart et al, SAR image segmentation, *Pattern Recognition*, 35 (2002), 713-724.
6. Surface Water spread delineation using RISAT-1 MRS Data over India. *SAC/EPSA/GHCAG/LHD/SR/01*
7. Misra, T., Rana, S.S., Desai, N. M., Dave, D. B., Rajeevjyoti, Arora, R.K. Rao, C.V.N., Bakori, B.V. Neelakantan, R. and Vachchani, J.G. (2013). Synthetic aperture radar payload on-board RISAT-1: configuration, Technology and performance, *Current science*, 104(4):446-461.


***

अनुक्रमणिका

# रीसैट - 1A के लिए एस.सी.एल.(SCL) की 180 nm CMOS तकनीक से बना ऑन बोर्ड कंट्रोलर (OBC-2.3) आवेदन विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) डिजाइन

जैमिन तन्ना, हिमांशु पटेल, राहुल धिंगानी, संजय कुमार क्सोदनिया, अजय कुमार सिंह, बी.एस.रामन
एमएसडीजी / एमआरएसए भवन संख्या - 52
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत
दूरभाष + :91-79-26915230/31/29
jaimintanna@sac.isro.gov.in

## सारांश

*यह लेख स्वदेशी रूप से बनाई और विकसित की गई ऑन बोर्ड कंट्रोलर (OBC-2.3) आवेदन विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) का वर्णन करता है, जो इसरो के विभिन्न सिंथेटिक अपर्चर रडार मिशन के लिए विकसित की गई है। OBC-2.3 ASIC का उपयोग ट्रांसमिट/रिसीव नियंत्रक के T/R इकाई के इलेक्ट्रोनिक बीम स्टीरिंग को नियंत्रित करने के लिए होगा। OBC-2.3 ASIC की डिजाइन 8-बिट सूक्ष्म नियंत्रक की सोफ्टकौर और 32-बिट के IEEE-754 अनुपालक फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक (Floating Point Co-processor) पर आधारित है। इसके आलावा OBC-2.3 ASIC की डिजाइन में EPSPI, TSRG, UART जैसे अन्य डिजिटल यूनिट भी है। फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक T/R इकाई के डिजिटल फेज/क्षीणन की रियल टाइम में गणना करेगा जो के T/R इकाई के उचाई और दिगंश (elevation and azimuth) पर आधारित होगा। Event Programmable Serial/Parallel Interface (EPSPI) यूनिट का उपयोग इवेंट आधारित बीम विन्यास के डाटा को T/R इकाई में लोड करने में होगा, 8- T/R इकाई का एक-साथ नियंत्रण एक ही OBC-2.3 ASIC से हो जायेगा। Timing Signal Re-generator (TSRG) यूनिट में प्रोग्रामेबल पल्स जनक की सरणी हे। OBC-2.3 ASIC में क्रमिक संचार (serial communication) के लिए 6-UART है। OBC-2.3 ASIC एक मिक्स्ड-सिग्नल आवेदन विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) है, जिसमें RS-422/485 ट्रान्सीवर ADC, क्लोक जनरेटर और रेखीय वोल्टेज नियामक (LVR) भी है। यह ASIC 24 MHz क्लोक पर संचालित है और इसका पावर अपव्यय (dissipation) 1 Watt से भी कम है। OBC-2.3 ASIC का निर्माण सेमी-कंडक्टर प्रयोगशाला (SCL), चंडीगढ़, इंडिया की 180nm CMOS प्रकिया पर किया गया है और इसका पॅकेज 256-पिन CQFP है। ट्रांसमिट/रिसीव नियंत्रक इकाई के डिजाइन स्वदेशी रूप से बनाई OBC-2.3 ASIC पर आधारित है जो इसरो के रडार इमजिंग सेटेलाइट में लगाया जाता है।*

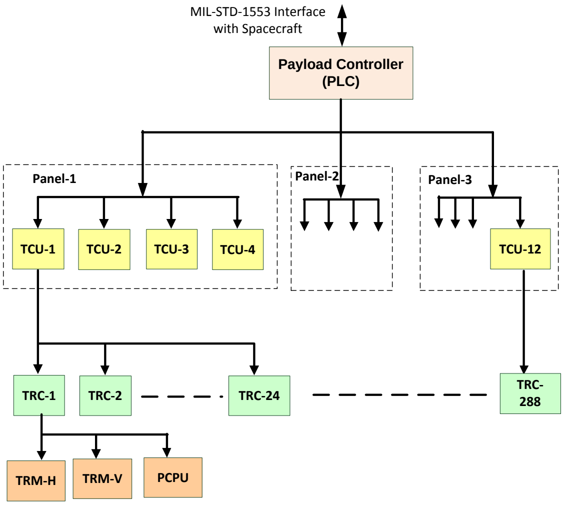
**मुख्य शब्द** *आवेदन विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC), ट्रांसमिट/रिसीव नियंत्रक, नियंत्रक, फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक, सिंथेटिक अपर्चर रडार (SAR), इलेक्ट्रोनिक बीम स्टीरिंग*

## 1. प्रस्तावना

रीसेट उपग्रह के सिंथेटिक अपर्चर रडार नीतभार की डिजाइन सक्रिय चरणबद्ध सरणी एंटेना पर आधारित है जिसमें इलेक्ट्रोनिक बीम स्टीरिंग, मल्टी बीम ऑपरेशन और ज्यादा बैंडविड्थ जैसी सुविधा है। ट्रांसमिट/रिसीव मोड्यूल में इलेक्ट्रोनिक बीम स्टीरिंग को कार्यान्वित करने के लिए आयाम और फेस के मूल्य रियल टाइम में भेजना जरुरी होता है। सक्रिय चरणबद्ध सरणी एंटेना में बीम डाटा भेजने, टाइमिंग नियन्त्रण के लिए और सीरियल संचार के लिए ट्रांसमिट/रिसीव मॉड्यूल नियंत्रक का प्रयोग होता है। यह पेपर स्वदेशी रूप से बनाई और विकसित की गई ऑन बोर्ड कंट्रोलर (OBC-2.3) आवेदन विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) का वर्णन करता है, जो इसरो के विभिन्न सिंथेटिक अपर्चर रडार मिशन की ट्रांसमिटर/रिसीव नियंत्रक की जरुरत के लिए विकसित की गई है। रीसेट-1 (RISAT-1) मिशन में उपयोग कि गयी OBC-1 ASIC एक डिजिटल ASIC थी जिसका निर्माण विदेशी फाउंड्री में किया गया था। जब की OBC-2.3 एक मिक्स्ड सिग्नल ASIC है जिसमें 8051 नियंत्रक और फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक हैं। OBC-2.3 ASIC स्वदेशी रूप से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (SAC), अहमदाबाद और सेमी-कंडक्टर प्रयोगशाला (SCL), चंडीगढ़ के द्वारा डिजाइन, विकसित और निर्माण की गई है। इसका निर्माण सेमी-कंडक्टर प्रयोगशाला (SCL) की 180nm CMOS प्रक्रिया से किया गया है। OBC-2.3 ASIC की मिक्स्ड सिग्नल डिजाइन को खास रूप से ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक के लिए अनुकूलित किया गया है। इस लेख का विभाग-2 सिंथेटिक अपर्चर रडार नीतभार की वितरित नियंत्रित अनुक्रम का वर्णन करता है। विभाग-3 ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक का, विभाग-4 OBC-2.3 ASIC की डिजाइन और विभाग-5 OBC-2.3 ASIC की डिजाइन का सत्यापन और कार्यान्वयन की जानकारी देता है।

### वितरित नियंत्रित अनुक्रम -DISTRIBUTED CONTROLLER HIERARCHY

RISAT-1A की त्रि-स्तरीय वितरित नियंत्रित अनुक्रम आकृति-1 में दिखाई गयी है [1]। नीतभार नियंत्रक (PLC-PAYLOAD CONTROLLER) एक केंद्रीय बीम नियंत्रक का कार्य करता है जो पहले स्तर पर है। एक नीतभार नियंत्रक 12- टाइल नियंत्रक इकाई (TCU-TILE CONTROL UNIT) को नियंत्रित करता है जोकि दूसरे स्तर पर है। प्रत्येक टाइल नियंत्रक इकाई 24- ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक को नियंत्रित करती है जोकि तीसरे स्तर पर है। इस तरह से सक्रिय चरणबद्ध सरणी एंटेना में कुल 288 (12 X 24)- ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक हैं। वितरित नियंत्रित इकाइयों में संचारव्यवस्था का स्थापन RS-422/485 सीरियल लिंक से किया गया है। नीतभार नियंत्रक बीम चयन डाटा टाइल नियंत्रक इकाई को भेजता है जो प्राप्त हुआ डाटा ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक को सीरियल लिंक पर भेजता है। प्राप्त हुए डाटा पर ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक, तापमान के अनुसार सुधार भी करता है।




<u>**आकृति 1: रीसैट-1A की वितरित नियंत्रित अनुक्रम**</u>

### 2. ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक (TRC)

ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक की खंड आकृति को नीचे आकृति-2 में दिखाया गया है। ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक का मुख्य कार्य T/R मोड्यूल और उसके प्रसंस्करण व आपूर्ति इकाई का नियन्त्रण, नियमन और उसकी टेलीमेट्री का निरिक्षण करना है। ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक का टाइल नियंत्रक इकाई के साथ आदेश, डाटा और टेलीमेट्री का आवागमन RS-422 & RS485 सीरियल इंटरफेस से है। ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक को टाइमिंग सिग्नल भी टाइल नियंत्रक इकाई से RS-422 इंटरफेस पर मिलते हैं।

ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक को तापमान के अनुसार सुधार के लिए अनुरूप डाटा ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल में लगे थेर्मिस्टर से प्राप्त होता है। सार मोड के विन्यास के दौरान, प्रत्येक ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक को बीम डाटा की जानकारी टाइल नियंत्रक इकाई से प्राप्त होती है। प्रत्येक सार मोड के ऑपरेशन के लिए, ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक तापमान के अनुसार सुधार किये गए आयाम और फेज के डाटा को ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल के RF इकाई में लोड करता है। ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक स्विच नियंत्रक सिंगल भी ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल के RF इकाई और आपूर्ति इकाई (PCPU) के लिए उत्पन करता है।

**रियल टाइम में फेज की गणना:**

ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल के लिए 6-बिट डिजिटल फेज नियंत्रक की गणना नीचे दिए गए सूत्र-1 के अनुसार होती है।

$$\Psi = (2\pi/\lambda)*\{d_{az}*Cos(\theta)*Sin(\varphi) + d_{el}*Sin(\theta)\} \quad \ldots \text{ सूत्र} - 1$$

जहां पर,

$d_{az}$ = ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल दिगंश स्थिति

$d_{el}$ = ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल ऊँचाई स्थिति

$\theta$ = ऊचाई कोण

$\varphi$ = दिगंश कोण

$\lambda$ = तरंग दैर्ध्य

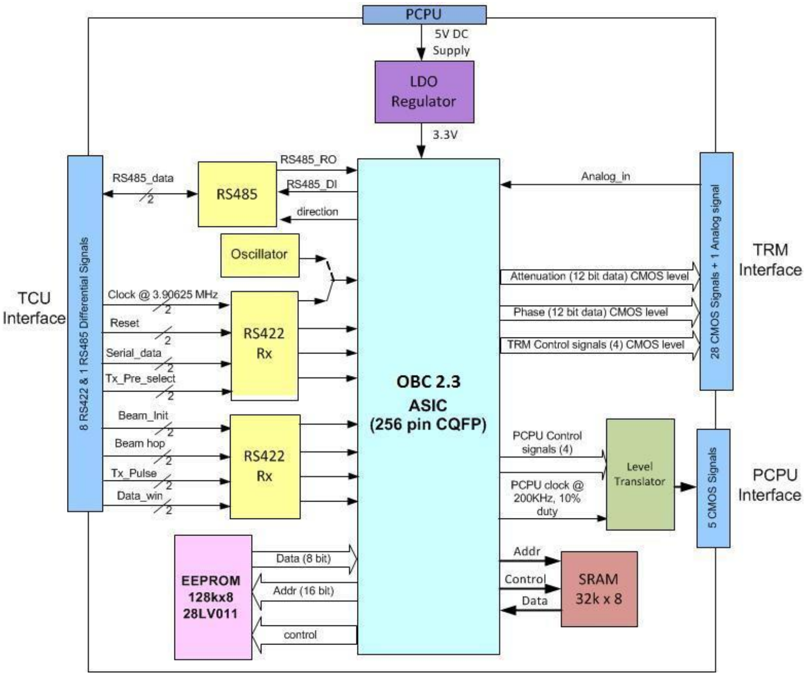
$d_{az}$ और $d_{el}$ का मूल्य, ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल के सक्रिय चरणबद्ध सरणी एंटेना में लगने के स्थान के मुताबिक अचल है। यह मूल्य नीतभार नियंत्रक में सारणी के रूप में संग्रह होता है और यह नित्ब्यार नियंत्रक से प्रत्येक ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल को अपने पहचान संख्या के अनुसार ऑपरेशन शुरू होने से पहले भेजा जाता है। प्रत्येक ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल के लिए फेज के मूल्य गणन, OBC-2.3 ASIC के 32-बिट के IEEE-754 अनुपालक फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक से रियल टाइम में किया जाता है।

**Sine/Cosine सारणी कार्यान्वयन:**

सूत्र-1 को गणना के लिए दो sine मूल्य और एक cosine मूल्य चाहिए। Sine/cosine का मूल्य सारणी से उत्पन होगा। निचे दी गई पूर्वधारणा अनुसार सारणी की लम्बाई को अनुकूलित किया गया है:

- ज्यादा से ज्यादा इनपुट कोण (ऊचांई/दिगंश) की रेंज -30° to +30°, इसलिए -180° to + 180° के बिच की सारे मूल्य को संग्रह करने की जरुरत नहीं है।
- Sin(-θ) = - Sin(θ) , Cos(-θ) = Cos(θ), इसलिए मात्र सकारात्मक कोण का मूल्य संग्रह करना है।

सारणी की लम्बाई 600 शब्द है जिसका प्रकार 32-बिट फ्लोटिंग पॉइंट के अनुसार है, इसलिए सारणी की कुल लम्बाई 2400 बाईट है। OBC2.3 ASIC अपने EPSPI मोड्यूल, ADC मोड्यूल और FPC मोड्यूल का उपयोग करके, तापमान के अनुसार सुधार किये गए फेज मूल्य को सूत्र-1 अनुसार गणना करके प्रत्येक PRF की ट्रांसमिट और रिसीव इवेंट के लिए लोड करता है। यह दिए गए मोड के अनुसार ट्रांसमिट और रिसीव इवेंट का नियन्त्रण अपने TRMSW मोड्यूल के द्वारा करता है, इसमें यह ट्रांसमिट-रिसीव मोड्यूल के स्विच का विन्यास आपूर्ति इकाई के लिए नियंत्रित पल्स उत्पन करके करता है। रेखिय वोल्टेज नियामक का उपयोग OBC2.3 ASIC की कोर को आपूर्ति देने में होता है।




आकृति 2: TRC की खंड आकृति

### 3. OBC-2.3 ASIC डिजाइन

OBC-2.3 ASIC का आर्किटेक्चर आकृति-3 में दिखाया गया है। OBC-2.3 ASIC की डिजाइन 8-बिट DW8051 सूक्ष्म नियंत्रक की सोफ्टकौर और 32-बिट के IEEE-754 अनुपालक फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक (Floating Point Co-processor) पर आधारित है। DW8051 का विभिन्न परिधीय मोड्यूल के साथ इंटरफेस SFR (Special Function Register) बस और मेमोरी (memory) बस के द्वारा है [2]। OBC-2.3 ASIC के विनिर्देश सारणी-1 में दिए गए है।

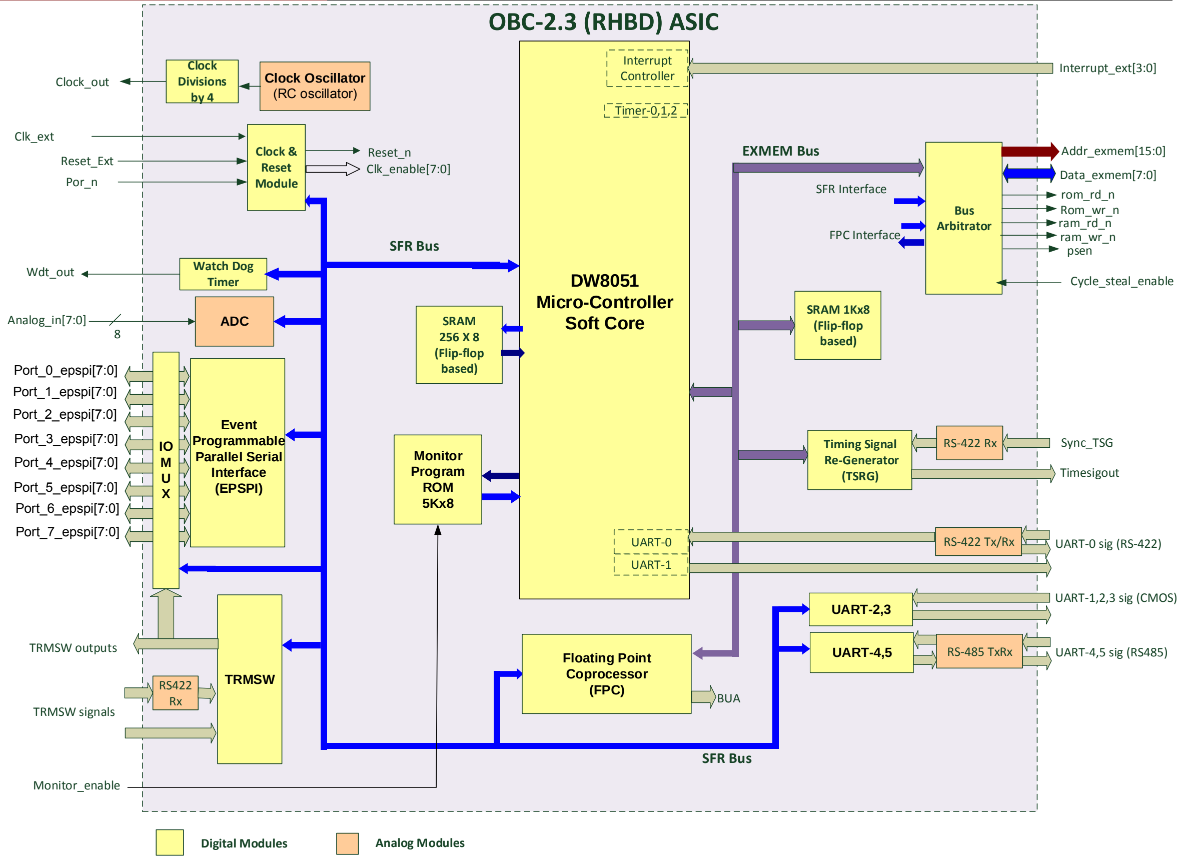
| पैरामीटर | विनिर्देश |
|---|---|
| ASIC प्रकार | मिक्स्ड सिग्नल |
| प्रकिया | 180 nM CMOS |
| फाउंड्री | Semi-Conductor Laboratory (SCL), India |
| क्लोक आवृर्ती | 24 MHz |
| आपूर्ति वोल्टेज | 3.3V |
| सूक्ष्म नियंत्रक | DW8051 |
| सह-नियंत्रक | 32-बिट के IEEE-754 अनुपालक फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक |
| TRM ports की संख्या | 8 TRM ports |
| UARTs | 6 UARTs (1-RS422, 3-CMOS, 2-RS485) |
| I/Os | 179 कार्यान्वित I/Os, कुल 256 पिन |
| विकिरण कठोरता | Rad Hard by Design |
| पैकेज | CQFP-256 |
| पावर व्यय | 500 mW @ 24 MHz |

सारणी-1 OBC-2.3 ASIC के विनिर्देश

OBC-2.3 ASIC की RTL डिजाइन VHDL भाषा में तैयार की गयी है और इसके सारे मोड्यूल्स की मोड्यूल स्तर पर और एकीकृत उपरी स्तर पर जाँच की गई है। निम्नलिखित सूची OBC-2.3 ASIC के अलग-अलग डिजिटल और अनुरूप मोड्यूल्स की जानकारी देती है।

**डिजिटल मोड्यूल्स (Digital Modules)**

1. **DW8051 नियंत्रक**: DW8051 एक 8-बिट का सूक्ष्म नियंत्रक कोर है जो इंटेल MCS-51 के अनुदेश गुट के 4-क्लोक अनुदेश पर आधारित है।
2. **क्लोक और रिसेट मोड्यूल**: ये मोड्यूल आंतरिक रिसेट पल्स उत्पन करता है अतुल्यकालिक रूप से ASIC को दिया जाता है और कालिक रूप से हटाया जाता है। यह परिधीय मोड्यूल्स के लिए क्लोक सक्षम सिग्नल भी उत्पन करता है जिससे उपयोग में न होने वाले मोड्यूल्स की क्लोक बंद कर पावर की बचत की जा सके।
3. **क्लोक विभाजीत मोड्यूल**: यह मोड्यूल ओन-चिप आवृति-जनक की क्लोक को बाह्य पिन चयन के अनुरूप विभाजित करता है।
4. **प्रहरी टाइमर (Watchdog timer)**: अगर सॉफ्टवेर अपने कार्य में असफल होता है तो यह मोड्यूल एक विशिष्ट मध्यांतर का पल्स उत्पन करता है जिसको टाला नहीं जा सकता।
5. **इवेंट प्रोग्रामेबल सीरियल/समान्तर इंटरफेस**: यह मोड्यूल सीरियल/समान्तर इंटरफेस I/Os को लागू करता है जो बाहरी टाईमिंग नियंत्रक सिग्नल से ट्रिगर होता है। OBC-2.3 ASIC में कुल 8 ऐसे मोड्यूल हैं जो समान्तर मोड में 8-बिट समान्तर I/Os की तरह कार्य करते हैं और सीरियल मोड में प्रत्येक 3-तार (क्लोक, डाटा, स्तोर्ब) SPI इंटरफेस के रूप में कार्य करते हैं। सूक्ष्म नियंत्रक इस मोड्यूल की रजिस्टर बैंक में डाटा लिखता है और यह डाटा Look-Up सारणी में लिखे गए इवेंट के मुताबिक बहार पोर्ट पर स्थानांतरित होता है




आकृति 3: OBC-2.3 ASIC की खंड आकृति

6. **TRM स्विच नियंत्रक मोड्यूल**: यह मोड्यूल TRM (T/R मोड्यूल) और आपूर्ति मोड्यूल के लिए स्विच और पल्स सिंगल उत्पन करता है।
7. **फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक**: यह मोड्यूल 32-बिट के IEEE-754 अनुपालक फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक (Floating Point Co-processor) पर आधारित है और यह जोड़ने का, कम करने का, गुणन का और विभाजन जैसे कार्य करता है।
8. **टाईमिंग सिग्नल उत्थानिक मोड्यूल**: यह एक जेनेरिक टाईमिंग सिग्नल उत्थानिक मोड्यूल है जो 8-प्रोग्रामेबल पल्स उत्पन्न करता है और इसका on और off समय प्रोग्रामेबल है। प्रत्येक सिग्नल को सिंक मोड, फ्री रनिंग मोड और टॉगल मोड में उत्पन किया जा सकता है।
9. **UART मोड्यूल**: OBC-2.3 ASIC में कुल 6 UART है, जिसमें से 2-UART DW8051 की आंतरिक UART है और बाकी की 4-UART को DW8051 के बाहर रखा गया है जिसमें इनपुट सीरियल डाटा में से नोइस हटाने की विशिष्ट सुविधा है।
10. **बस आर्बिट्रेटर**: यह मोड्यूल बाहरी प्रोग्राम और डाटा मेमोरी के उपयोग के लिए बस-आर्बिट्रेशन का कार्य करता है।
11. **मोनिटर ROM:** जब ASIC की पिन "मोनिटर_एनेबल" को रिसेट के समय उच्च आपूर्ति दी जाती है तब ASIC मोनिटर मोड में कार्य करता है। यह मोड डिबग और EEPORM की "इन-सर्किट प्रोग्रामिंग" के काम में आता है और इसका UART के द्वारा सीरियल इंटरफेस है।

**अनुरूप मोड्यूल्स (Analog Modules)**

12. **RS422 अंतर रिसीवर/ट्रांसमीटर मोड्यूल**: यह मोड्यूल अंतर सिग्नल को एक सिग्नल में और एक सिग्नल को अंतर सिग्नल में परिवर्तित करता है।
13. **RS485 ट्रांस्सिवर मोड्यूल**: यह मोड्यूल RS485 अंतर सिग्नल को एक सिग्नल में परिवर्तित करता है।
14. **पावर ऑन रिसेट जनक मोड्यूल**: यह मोड्यूल पावर ऑन के समय एक 40 usec की एक पल्स उत्पन्न करेगा जोकि डिजिटल मोड्यूल्स को अपने रिसेट स्टेट से बाहर लाएगी।
15. **क्लोक जनक मोड्यूल**: यह एक रिंग टाइप का क्लोक ओस्सिलेटर है जो 24 MHz की क्लोक उत्पन्न करेगा।
16. **अनुरूप से डिजिटल परिवर्तनकार (ADC) मोड्यूल**: यह एक सिग्मा-डेल्टा रूप का 24-बिट वाला अनुरूप से डिजिटल परिवर्तनकार मोड्यूल है जिसका सेम्पलिंग मूल्यांकन 160 KHz है और उसके साथ 8-चेनल का मल्टीप्लेक्सर है।
17. **3.3V to 1.8V रखिये वोल्टेज नियामक मोड्यूल**: यह एक हार्ड IP है जिसका उपयोग 3.3V से 1.8V आपूर्ति उत्पन्न करने में होता है और इस आपूर्ति से डिजिटल कोर और अन्य IOs अपना कार्य करते हैं। यह 150 mamp तक की आपूर्ति कर सकता है।

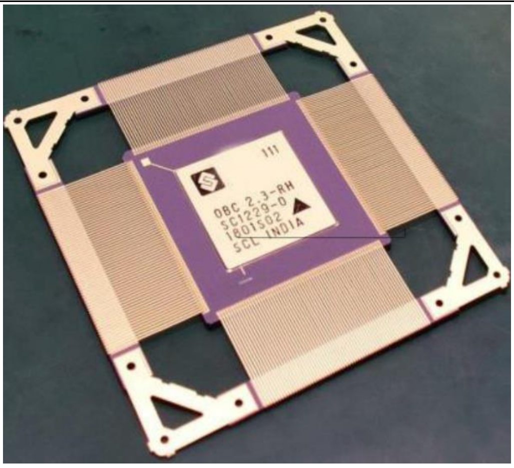
## 4. परिणाम

### कार्यात्मक सत्यापन

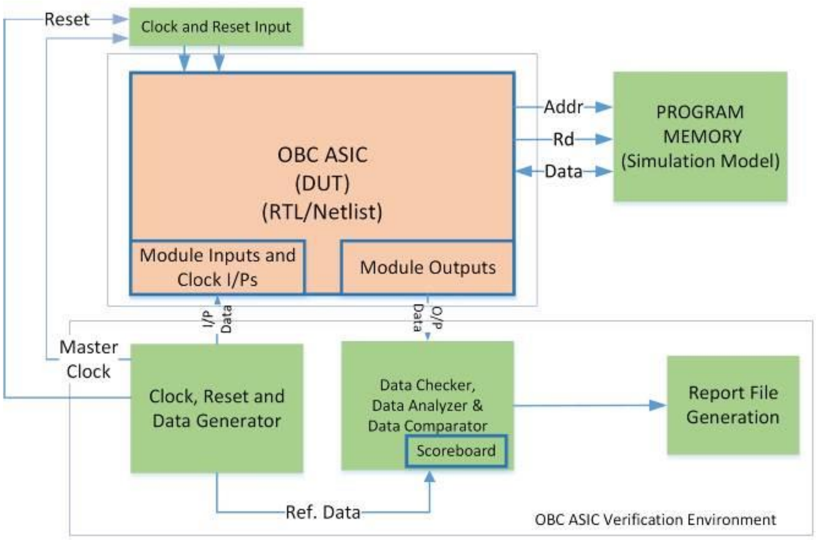
OBC-2.3 ASIC का कार्यात्मक सत्यापन DW8051 को केंद्रीय नियंत्रक के रूप में रख कर किया गया है। OBC-2.3 ASIC के विभिन्न मोड्यूल्स के लिए अलग-अलग टेस्ट-

अनुक्रमणिका

बेंच बनाई गई हैं। आकृति -5 OBC-2.3 ASIC के कार्यात्मक सत्यापन का मुख्य चित्र दिखता है। OBC-2.3 ASIC के डिजिटल कोर का सत्यापन स्वचालित टेस्ट-बेंच से किया गया है। टेस्ट रणनीति ऐसी बनाई गयी है कि वो OBC-2.3 ASIC के सारे मोड्यूल्स के कार्य को स्वतंत्र रूप से सत्यापित करती है। अलग से डाटा चेकर इकाई बनाई गई है जो OBC-2.3 ASIC और टेस्ट-बेंच से इनपुट स्वीकार करता है। डाटा चेकर इकाई, इनपुट और आउटपुट परिणाम के बीच की समानता देखता है और टेस्ट को उत्तीर्ण या असफल बताता है।




आकृति 4: OBC-2.3 ASIC (CQFP-256 पिन पैकेज)




आकृति 5: एकीकृत उपरी स्तर सत्यापन वातावरण

एकीकृत ऊपरी स्तर के टेस्ट केस को “assembly/C” भाषा में विकसित किया गया है और उसके लिए टेस्ट प्रकिया VHDL भाषा में लिखी गयी है। DW8051 की कोर प्रोग्रामिंग के लिए “assembly/C” भाषा का उपयोग किया गया है और विभिन्न मोड्यूल्स के इंटरफेस और डाटा चेकर बनाने के लिए VHDL भाषा का उपयोग किया गया है। प्रोग्राम मेमोरी को टेस्ट केस की मेमोरी से प्रारंभ किया जाता है। जैसे ही रिसेट सिग्नल को OBC-2.3 ASIC से हटाया जाता है, वह प्रोग्राम मेमोरी से अपने अनुदेश प्राप्त करने लगता है। कार्यात्मक सत्यापन डिजाइन के कई चरणों में किया गया है, जैसे कि, RTL चरण, संश्लेषित नेटलिस्ट चरण, लेआउट के पहले और लेआउट के बाद के चरण। टाइमिंग सिमुलेशन भी लेआउट के बाद की नेटलिस्ट पर सफलतापूर्वक किया गया है।

| | |
|---|---|
| मोड्यूल स्तर के टेस्ट की संख्या | 950 |
| एकीकृत उपरी स्तर के टेस्ट की संख्या | 300 |
| कोड कवरेज | >97% |
| कुल सिमुलेशन समय | 7-8 seconds |

सारणी-2 कार्यात्मक सत्यापन परिणाम

## कार्यान्वयन परिणाम

OBC-2.3 ASIC के डिजिटल कोर का संश्लेषण SCL द्वारा विकसित की गई लोजिक लाइब्रेरी से किया गया है। डिजिटल डिजाइन में स्केन चैन भी शामिल है जिसका उपयोग वेफर निर्माण के बाद विनिर्माण टेस्ट के लिए होता है। सारणी-3 इसके मुख्य कार्यान्वयन परिणाम दिखा रही है।

| | |
|---|---|
| डिजिटल गेट संख्या | 132K (nand2 के अनुरूप) |
| अधिकतम क्लोक आवृत्ति | 24 MHz |
| स्केन चैन की लम्बाई | चैन-1 : 8366, चैन-2:718 |
| ATPG टेस्ट कवरेज | 99.55% |
| डाई आकार | 14.472 mm x 14.472 mm |

सारणी -3 ASIC निर्माण का परिणाम

OBC-2.3 डाई को CQFP 256-पिन पैकेज में स्थापित किया गया है। OBC-2.3 ASIC का कार्यान्वित टेस्ट सफलतापूर्वक अनुकूलित टेस्ट बोर्ड पर किया गया है, आकृति -6 इसका टेस्ट सेट-उप दिखाता है। OBC-2.3 ASIC का उपयोग रीसेट-1A के ट्रांसमिट/रिसीव नियंत्रक के डिजाइन सत्यापन

मॉडल (DVM) में आकृति-7 दिखाए गए अनुसार किया गया है और इसको सफलतापूर्वक ट्रांसमिट/रिसीव नियंत्रक कार्य के लिए टेस्ट भी किया गया है।

**आकृति 6: OBC-2.3 ASIC टेस्ट सेट-उप**

**आकृति 7: RISAT-1A ट्रांसमिट/रिसीव नियंत्रक-DVM**

## उपसंहार

इस पेपर में स्वदेशी रूप से विकसित की गयी OBC-2.3 ASIC की डिजाइन का वर्णन किया गया है। OBC-2.3 ASIC का विकास RISAT-1A उपग्रह के सिंथेटिक अपर्चर रडार नीतभार के ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक में उपयोग करने के लिए किया गया है। OBC-2.3 मिक्स्ड-सिग्नल आवेदन विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) है, जिसमें 8-बिट सूक्ष्म नियंत्रक की सोफ्टकौर और फ्लोटिंग पॉइंट सह-नियंत्रक के अलावा अन्य डिजिटल और अनुरूप मोड्यूल्स भी है। OBC-2.3 ASIC का निर्माण सेमी-कंडक्टर प्रयोगशाला (SCL), चंडीगढ़, इंडिया की 180nm CMOS प्रकिया पर किया गया है और इसका पैकेज 256-पिन CQFP है। स्वदेशी रूप से विकसित की गई OBC-2.3 ASIC पर आधारित ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक इकाई सफलतापूर्वक बनायीं गयी और परीक्षित की गयी है। OBC-2.3 ASIC पर आधारित ट्रांसमिट-रिसीव नियंत्रक के कार्यान्वित लाभ देखें तो, PCB पर चिप की संख्या का कम होना, पावर की कम जरुरत और रियल टाइम गणना की वजह से बीम स्टीरिंग का तेज होना है। स्वदेशी रूप से डिजाइन और निर्माण किये गए ऐसे महत्वपूर्ण ASIC इसरो को अपने विभिन्न अंतरिक्ष मिशन में आत्म-निर्भर बनाती है।

## आभार

लेखक और सह-लेखक ऑन बोर्ड कंट्रोलर (OBC-2.3) आवेदन विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) की डिजाइन के लिए दिए गए सुअवसर, प्रोत्साहन एवं दिशा निर्देश के लिए श्री तपन मिश्रा (निदेशक, सैक), श्री सुरिंदर सिंह (निदेशक, एस.सी. एल.), श्री राजीव ज्योति (उप-निदेशक, एमआरएसए), श्री बी.एस.रामन (समूह निदेशक, एमएसडीजी.) और श्री एच.एस. जट्टाना (समूह निदेशक, एससीएल.) का तहेदिल से आभार प्रकट करते हैं। लेखक एवं सह लेखक इस कार्य में दिए गए सहयोग के लिए सैक और SCL के साथी वैज्ञानिकों के प्रति आभार प्रकट करते हैं। हम वरिष्ठ हिंदी अधिकारी तथा हिंदी कक्ष के सभी सहकर्मियों का आभार प्रकट करते हैं।

## संदर्भ

[1] RISAT-1A पी. डी. आर., मार्च, 2017

[2] OBC-2.3 ASIC डिजाइन डाक्युमेंट, दिसम्बर, 2016

<u>मौजूदा उपग्रह ओर संवेदकों का गैरपरंपरागत उपयोग</u>

# अंतरिक्ष से अदृश्य वनस्पति प्रतिदीप्ति का अध्ययन : सुदूर संवेदन का एक नवीन, गैर परंपरागत उपयोग

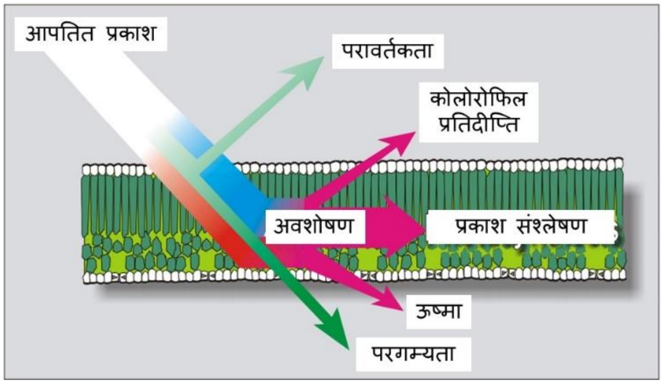
**आभा छाबडा**
वैज्ञानिक/अभियंता- एस.ई
भू, समुद्र, वायुमंडल, ग्रहीय विज्ञान और उपयोग क्षेत्र
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद
abha@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

*क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति एक ऐसा अदृश्य संकेत है जो वनस्पतियों के प्रकाश संश्लेषण तंत्र के कोर से सीधा उत्सर्जित होता है। इसलिए वैश्विक स्तर पर उपग्रह आधारित परक्रिय सुदूर संवेदन से सौर प्रेरित क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति (एस.आई.एफ.) के प्रेक्षण वनस्पतियों में प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया के शोध में एक नया महत्वपूर्ण आयाम प्रस्तुत करते हैं। वर्तमान में अंतरिक्ष आधारित ओर्बिटिंग कार्बन ओब्सर्वेट्री-2 (ओ -ओ.सी.2) उपग्रह का प्राथमिक उद्देश्य वायुमंडल में कार्बन डाई-ऑक्साइड के कॉलम औसत मिश्रण अनुपात का मापन कर वैश्विक रूप से कार्बन के स्त्रोतों और अभिगमों के वितरण की विस्तृत जानकारी देना है। परन्तु इसके अति स्पेक्ट्रमी संवेदक द्वारा अप्रत्याशित रूप से स्थलीय वनस्पतियों में घटित एस.आई.एफ. की जानकारी प्राप्त करना सुदूर संवेदन का एक नवीन, गैरपरम्परागत अनुप्रयोग है। प्रस्तुत प्रपत्र में ओ-ओ.सी.2 के प्रथम वर्ष के आंकड़ों से भारत की स्थलीय वनस्पति के एस.आई.एफ. प्रेक्षण का विस्तृत विश्लेषण प्रस्तुत किया गया है। अध्ययन के परिणामों से यह स्पष्ट होता है कि एस.आई.एफ., स्थलीय वनस्पति की सकल प्राथमिक उत्पादकता(जी.पी.पी.)का प्रकार्य प्रतिनिधि है तथा ओ-ओ.सी.2 संवेदक इसको उच्च विभेदन क्षमता से मापने में सक्षम है। यह अध्ययन देश में जी.पी.पी. मॉडलिंग तथा स्थलीय कार्बन चक्र शोध को बेहतर रूप से समझने तथा भविष्य में एस.आई.एफ. उद्धरण हेतु इसरो द्वारा नए संवेदकों के विकास में बहुत महत्वपूर्ण निवेश सिद्ध हो सकते हैं।*

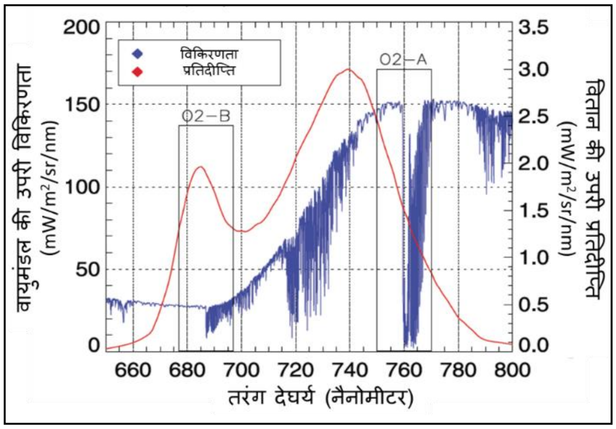
## 1. प्रस्तावना

हरित वनस्पति पर जब आपतित प्रकाश पड़ता है तो वह तीन प्रकार की प्रक्रियाओं - परावर्तकता, अवशोषण और परगम्यता में विभाजित हो जाता है। अवशोषित प्रकाश को उपयोग कर हरी पत्तियों में स्थित क्लोरोफिल वर्णक प्रकाश ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित कर 'प्रकाश संश्लेषण' प्रक्रिया करते हैं। साथ ही अवशोषित प्रकाश का कुछ हिस्सा ऊष्मा के रूप में निकल जाता है। प्रकाश संश्लेषण के दौरान क्लोरोफिल-ए वर्णक के अणु अवशोषित ऊर्जा द्वारा उत्साहित स्थिति में जाते हैं। जब यह अणु उत्साहित स्थिति से पुनः सामान्य स्थिति में लौटते हैं तो दीर्घ तरंगदैर्घ्य पर एक प्रकार का अदृश्य प्रकाश या 'ग्लो' उत्सर्जित करते हैं, जिसे 'क्लोरोफिल फ्लोरोसेंस' या 'क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति' के नाम से जाना जाता है (चित्र-1)। जब इस प्रक्रिया का उद्दीपन सौर प्रकाश द्वारा होता है तो इसे 'सौर प्रेरित क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति' या संक्षिप्त में 'एस.आई.एफ.' कहा जाता है। एस.आई.एफ. का यह संकेत पृष्ठभूमिक परावर्तित सौरप्रकाश की तुलना में बहुत क्षीण होता है (<2%) और इसे केवल अति स्पेक्ट्रमी विभेदन क्षमता वाले संवेदक द्वारा रक्त और अवरक्त क्षेत्रों में ही समझा जा सकता है। क्योंकि यह संकेत पौधे के प्रकाश संश्लेषण तंत्र के कोर से सीधा उत्सर्जित होता है, इसलिए इसे वनस्पति की प्राथमिक उत्पादकता, प्रकाश संश्लेषण गतिकी और पोषण प्रतिबल का एक बहुत महत्वपूर्ण सूचक माना जाता है (ट्रूबेक्सिन एवं अन्य, 2015)।




**<u>चित्र 1.</u> वनस्पतियों में घटित होने वाली क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति प्रक्रिया का सरल चित्रण (स्मोरेंबुर्ग एवं अन्य, 2002)**

पारंपरिक रूप से सुदूर संवेदन द्वारा वनस्पतियों का अध्ययन विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के रक्त और अवरक्त क्षेत्रों में परावर्तकता आधारित वनस्पति सूचकांकों (जैसे प्रसामान्यकृत विभेदी वनस्पति सूचकांक, एन.डी.वी.आई) द्वारा किया जाता है। परन्तु इस संवेदन में मुख्यतः वनस्पति की बाहय संरचना का ही आकलन हो पाता है। 'क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति' संकेत आण्विक स्तर पर प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया की जानकारी प्रदान कर इसके शोध में एक नया महत्वपूर्ण आयाम प्रस्तुत करता है। सुदूर संवेदन द्वारा 'क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति' का अध्ययन वैश्विक स्तर पर वनस्पति की स्थिति और फलनता की जानकारी प्राप्त करने में बहुत सहायक सिद्ध हुआ है। हवाई एवं उपग्रह आधारित संवेदकों की मदद से ऑक्सीजन के $O_2$ ए ($O_2$ A) और $O_2$ बी ($O_2$ B) बैंडो के इर्दगिर्द तरंगदैर्घ्य पर प्रतिदीप्ति उत्सर्जन स्पेक्ट्रम का अध्ययन किया जाता है (चित्र-2)। सतही यंत्रों से लिए गए मापन की अपेक्षा सुदूर संवेदन के मापन स्थानिक चित्राम प्रस्तुत कर अतिरिक्त और विस्तृत जानकारी देते हैं।




चित्र 2. परवर्तकता एवं प्रतिदीप्ति उत्सर्जन स्पेक्ट्रम (गुंआतर एवं अन्य, 2012)

### 1.1 उपग्रह आधारित सुदूर संवेदन द्वारा एस. आई. एफ. का अध्ययन

परक्रिय सुदूर संवेदन तकनीक आधारित अति स्पेक्ट्रमी विभेदन क्षमता वाले संवेदक सौर स्पेक्ट्रम की बहुत संकीर्ण फ्रौन्होफ्फेर लाइनों के अध्ययन में एस.आई.एफ. की जानकारी प्रदान करते हैं। पूर्व में एनवीसैट का स्कैनिंग इमेजिंग एब्सोर्पिशन स्पेक्ट्रोमीटर फॉर एटमोसफेरिक चारटोग्राफी (सीयामैकी), मीटॉप-ए और मीटॉप-बी का ग्लोबल ओजोन मोनिटरिंग एक्सपेरिमेंट-2 (गोम--2), ग्रीनहाउस गैस ओब्सेर्विंग सैटेलाइट (गोसैट) इत्यादि संवेदकों की अभिकल्पना प्राथमिक रूप से वायुमंडलीय गैसों की सान्द्रता के अध्ययन के लिए की गयी थी। इन संवेदकों के आंकड़ों के गहन अध्ययन से एक बहुत स्थूल रूप में एस.आई.एफ. के उद्धरण की भी संभावना देखी गयी। परन्तु हाल ही में ओर्बिटिंग कार्बन ओब्सर्वेट्री-2 (ओ.सी.ओ-2) द्वारा एक गैरपरम्परागत रूप से वैश्विक स्तर पर उच्च स्थानिक विभेदन क्षमता से एस.आई.एफ. का अध्ययन संभव हुआ है।

### 1.2 ओर्बिटिंग कार्बन ओब्सर्वेट्री -2

नासा द्वारा वर्ष 2014 में 'ए ट्रेन' उपग्रह समूह के अंतर्गत ओर्बिटिंग कार्बन ओब्सर्वेट्री-2 का सफल प्रमोचन किया गया। इस उपग्रह का प्राथमिक उददेश्य अभूतपूर्व स्थानिक विभेदन क्षमता से कॉलम औसत वायुमंडलीय कार्बन डाई-ऑक्साइड गैस की सांद्रता का उद्धरण करना था (नासा, 2014)। इस यन्त्र में 3 चैनल का ग्रेटिंग स्पेक्ट्रोमीटर स्थित है जो 765 नैनोमीटर के मध्य ऑक्सीजन ($O_2$) ए बैंड और दो 1610 और 2060 नैनोमीटर के मध्य स्थित कार्बन डाई-ऑक्साइड $CO_2$ बैंड में परावर्तित सौर प्रकाश के उच्च विभेदन स्पेक्ट्रा एकत्रित करता है। $O_2$-ए बैंड स्पेक्ट्रोमीटर का उपयोग एस.आई.एफ. उद्धरण के लिए किया जाता है क्योंकि इसका अतिव्यापन एस.आई.एफ. उत्सर्जन स्पेक्ट्रम (660-850 नैनोमीटर) के साथ है और इसमें संकीर्ण फ्रौन्होफ्फेर लाइनों की उपस्थिति होती है (फ्रंकेंबेर्ग एवं अन्य, 2014)। ओ.सी.ओ- 2 का साधारण फुटप्रिंट 1.3 किलोमीटर × 2.25 किलोमीटर है तथा यह 10 किलोमीटर प्रमार्ज विस्तार में 8 स्वतंत्र तिरछे अनुवर्तन माप द्वारा प्रतिदिन स्वच्छ आकाश के एक लाख से अधिक (>$10^5$) एस.आई.एफ.भू-प्रेक्षण प्रदान करता है। ओ.सी.ओ- 2 स्पेक्ट्रोमीटर प्रति सेकंड 24 स्पेक्ट्रा एकत्रित करता है जो पूर्व के संवेदकों जैसे गोसेट, गोम-2, सीयामैकी आदि से सौ गुना अधिक है (सन एवं अन्य, 2017)। तीव्र डाटा-अधिग्रहण घनत्व क्षमता के कारण अनियमित माप अनिश्चिताओं को कम कर यह अप्रत्याशित उच्च स्थानिक विभेदन के एस.आई.एफ. के उच्च परिशुद्ध उत्पाद प्रदान कर रहा है। ओ.सी.ओ- 2 नादिर और गिलिंट, दो विधाओं में काम करता है। नादिर विधा में प्राप्त आंकड़ों का संकेत-रव अनुपात बेहतर होने के कारण अधिक उपयोगी है। स्थलीय क्षेत्रों के लिए गिलिंट विधा में प्राप्त आंकड़ों से अल्प आकलन भी हो सकता है (फ्रंकेंबेर्ग एवं अन्य, 2014)।

चित्र 3. ओ.सी.ओ- 2 की कक्षा अनुवर्तन द्वारा वानस्पतिक क्षेत्रों में एस.आई.एफ. के मापन का कलात्मक चित्रण

## 2. अध्ययन-उद्देश्य

प्रयोगशालों में प्रकाश संश्लेषण और क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति को समझने के लिए कई प्रयास किये गए हैं, परन्तु वैश्विक स्तर पर परक्रिय सुदूर संवेदन तकनीक द्वारा ऐसे प्रयोग बहुत कम किये गए हैं। प्रस्तुत अध्ययन ओ.सी.ओ-2 जैसे नवीन उपग्रह के संवेदक के आंकड़ों से भारत की स्थलीय वनस्पति के एस.आई.एफ. विश्लेषण का प्रथम प्रयास है। इस अध्ययन के प्रमुख उद्देश्य इस प्रकार हैं -

- भारत की स्थलीय वनस्पति के एस.आई.एफ. उद्धरणों का विस्तृत स्थानिक, कालिक और ऋत्वीय विश्लेषण
- नादिर और गिलिंट विधाओं में प्राप्त एस.आई.एफ. उद्धरण का तुलनात्मक अध्ययन
- एस.आई.एफ. का सुदूर संवेदन से प्राप्त अन्य जैव-भौतिक प्राचल के साथ ऋत्वीय विश्लेषण

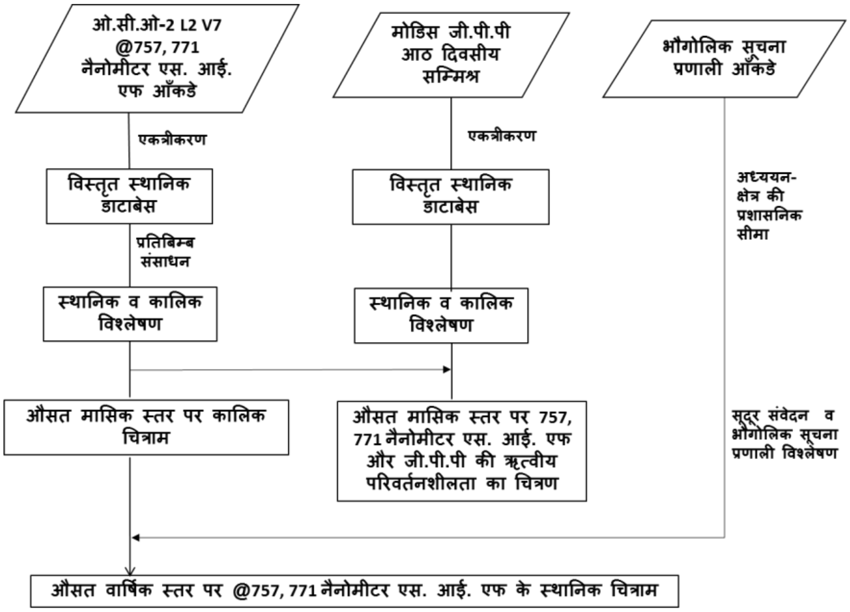
### अध्ययन क्षेत्र और प्रयुक्त आंकडे

यह अध्ययन भारत देश (8°उत्तर से 37°उत्तर अक्षांश से 68°पूर्व से 98°पूर्व देशांतर) के लिए किया गया था। देश का कुल क्षेत्रफल 329 मिलियन हेक्टर है तथा यहाँ जटिल वानस्पतिक पारिस्थितिक तंत्रों की बहुलता है। इस अध्ययन के लिए ओ.सी.ओ-2 के प्रथम वार्षिक चक्र (सितंबर 2014 - अगस्त 2015) के दूसरे चरण (L2) V7 के भू-स्थित नादिर और गिलिंट विधाओं से 757

नैनोमीटर तथा 771 नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य के एस.आई.एफ. आंकड़ों को मिराडोर वेबसाइट (*http://mirador.gsfc.gov.in*) से एकत्रित किया गया। यह आँकडे आईमैप-डोएअस एल्गोरिथ्म पर आधारित हैं (गुन्सन ओर एलडरिंग, 2015)। साथ ही अध्ययन क्षेत्र के लिए नासा के मोडिस संवेदक से प्राप्त सकल प्राथमिक उत्पादकता (जी.पी.पी.) के 1 किलोमीटर स्थानिक विभेदन उत्पाद (MOD17A2L4) के आठ दिवसीय सम्मिश्र को भी एकत्रित किया गया (*http://wist.echo.nasa.gov*)।

## 3. प्रयुक्त विधि

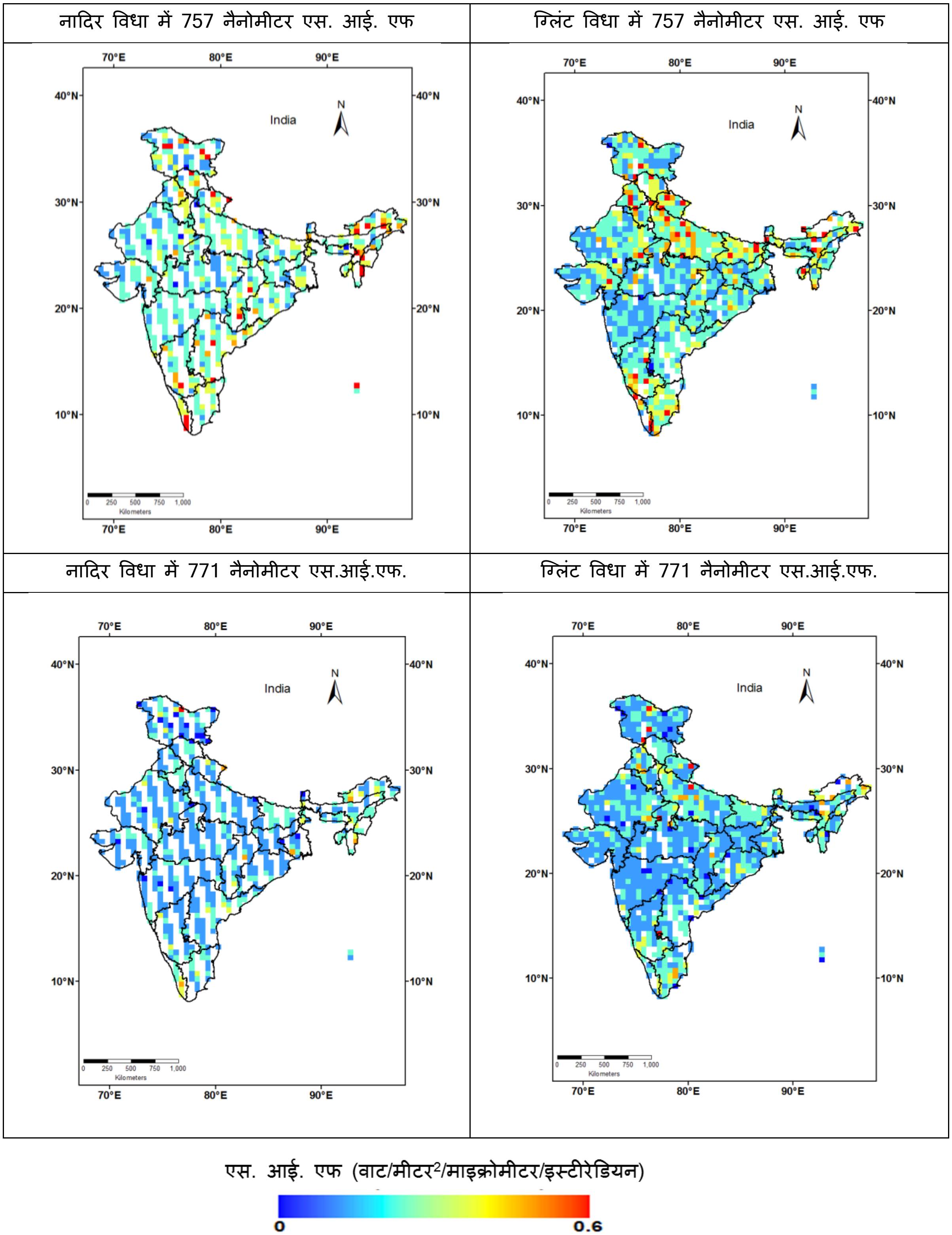
ओ-ओ.सी.2 के प्रथम वार्षिक चक्र (सितंबर 2014 - अगस्त 2015) के दूसरे चरण (L2) V7 के नादिर और गिलिंट विधाओं से 757 नैनोमीटर तथा 771 नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य के क्रमशः 235 और 259 भू-स्थित स्वच्छ आकाश एस.आई.एफ. उद्धरण आंकड़ों को प्रयोग कर भारत के लिए विस्तृत स्थानिक डाटाबेस तैयार किये गए। ENVI प्रतिबिम्ब संसाधन सॉफ्टवेर एवं ArcGIS भौगोलिक सूचना प्रणाली सॉफ्टवेर में भारतीय सर्वेक्षण विभाग की प्रशासनिक सीमा को प्रयुक्त कर अध्ययन क्षेत्र के लिए 0.5°×0.5° विभेदन पर आंकड़ों का निष्कर्षण किया गया। तत्पश्चात, इन आंकडों का विस्तृत स्थानिक व कालिक विश्लेषण करने के लिए संपूर्ण डाटाबेस को चार ऋतुओं में विभाजित किया गया- पतझड़ ऋतु (सितंबर-अक्टूबर-नवम्बर, एस.ओ.एन), शीत ऋतु (दिसम्बर-जनवरी-फेब्रुअरी, डीजेएफ), ग्रीष्म ऋतु (मार्च-अप्रैल-मई, एमएएम) और मानसून ऋतु (जून-जुलाई-अगस्त, जेजेए)। 757 नैनोमीटर तथा 771 नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य के नादिर और गिलिंट विधाओं के प्रेक्षण का विस्तार से ऋत्वीय विश्लेषण किया गया। तत्पश्चात स्थानिक, कालिक और ऋत्वीय विश्लेषण को ArcGIS की मदद से मासिक मानचित्रों के रूप में दर्शाया गया। अध्ययन अवधि के जी.पी.पी. आंकड़ों से 0.05 डिग्री विभेदन का देश स्तर पर मासिक स्थानिक डाटाबेस तैयार किया गया। भारत की स्थलीय वनस्पति के 757 नैनोमीटर तथा 771 नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य के एस.आई.एफ. आंकड़ों और जी.पी.पी. आंकड़ों के सहसंबंधों में ऋत्वीय परिवर्तनशीलता का भी अध्ययन किया गया (चित्र 4)।




**चित्र 4. प्रयुक्त अध्ययन विधि का क्रमदर्शी आरेख**

## 4. परिणाम एवं चर्चा

ओ-ओ.सी.2 के आंकड़ों के विस्तृत स्थानिक और कालिक विश्लेषण से यह ज्ञात हुआ कि देश के विभिन्न वानस्पतिक पारिस्थितिक तंत्रों के एस.आई.एफ. में बहुत विविधिता है। नादिर एवं ग्लिंट विधाओं में एस.आई.एफ. का परास क्रमशः 0.001 से 0.6 (±0.16) तथा 0.001 से 0.7 (±0.16) वाट/मीटर$^{2}$/ माइक्रोमीटर/इस्टीरेडियन ($Wm^{-2}\mu m^{-1}sr^{-1}$) है। 771 नैनोमीटर की तुलना में 757 नैनोमीटर के तरंगदैर्घ्य में प्राप्त एस.आई.एफ. का मान अधिक पाया गया। देश के कुल वन क्षेत्र का करीब एक चौथाई हिस्सा उत्तर पूर्वी भारत में पाया जाता है। दक्षिण भारत में भी विविध वनों की बहुतायता पाई जाती है। प्राकृतिक वनस्पति से संपन्न उत्तर पूर्वी एवं दक्षिण भारत के क्षेत्रों में एस.आई.एफ. का अधिकतम मान 0.6 और 0.65 वाट/ मीटर$^{2}$/ /इस्टीरेडियन क्रमशः पाया गया। रेगिस्तानी क्षेत्रों में कम वनस्पति वृधि के कारण एस.आई.एफ. का अधिकतम मान 0.25 वाट/मीटर$^{2}$ /माइक्रोमीटर/इस्टीरेडियन है। प्रथम वार्षिक चक्र के आंकड़ों से यह भी ज्ञात हुआ कि नादिर एवं ग्लिंट विधाओं में एस.आई.एफ. उद्धरण में 0.6 (±0.16) वाट/मीटर$^{2}$/ माइक्रोमीटर/इस्टीरेडियन की परिवर्तनशीलता है। चित्र 5 में भारत की स्थलीय वनस्पति के 757 और 771 नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य में प्राप्त एस.आई.एफ. का 0.5 डिग्री विभेदन पर स्थानिक चित्राम प्रस्तुत किये गए हैं। प्रथम वार्षिक चक्र के आंकड़ों की ऋत्वीय परिवर्तनशीलता अध्ययन में यह भी ज्ञात हुआ कि औसत मासिक एस.आई.एफ. का अधिकतम मान 757 नैनोमीटर में मानसून ऋतु के अगस्त माह और न्यूनतम मान नवम्बर माह में क्रमशः 0.43 और 0.21 वाट/ मीटर$^{2}$/माइक्रोमीटर/इस्टीरेडियन है।

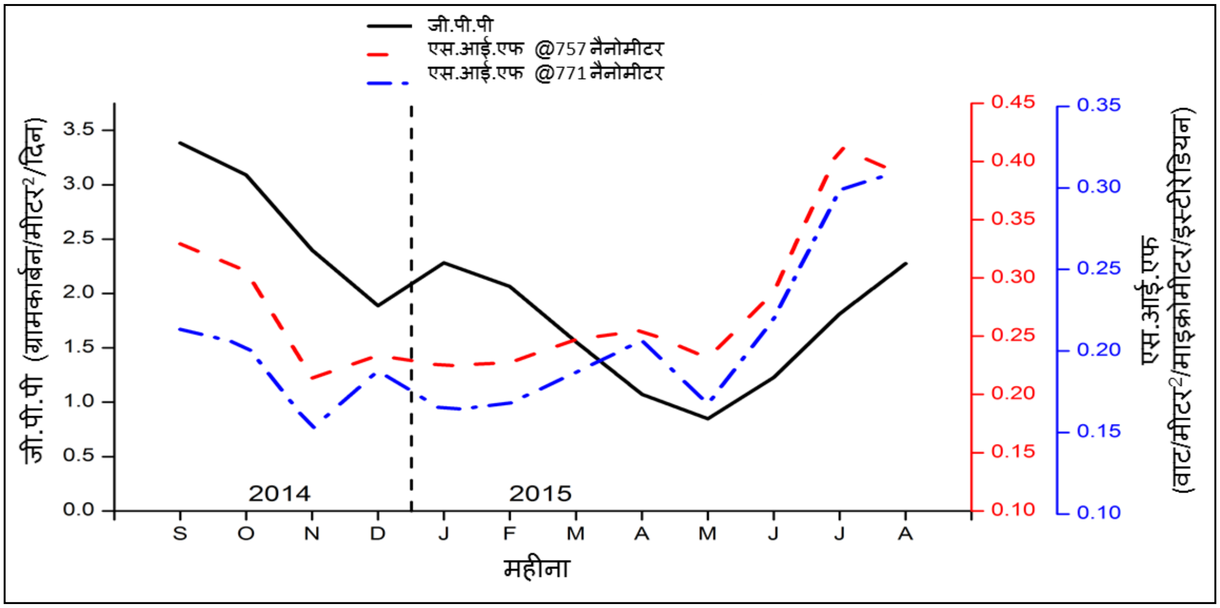



**चित्र 5: भारत की स्थलीय वनस्पति के 757 और 771 नैनोमीटर में एस.आई.एफ. के 0.5° विभेदन पर स्थानिक चित्राम**

प्रकाश संश्लेषण द्वारा वनस्पति की सकल प्राथमिक उत्पादकता (जी.पी.पी.), सबसे बड़ा और महत्वपूर्ण वैश्विक भू कार्बन अभिवाह है (झाओ एवं रनिंग, 2010)। प्रतिदीप्ति का कालिक विकास विशेष रूप से रुचिकर है क्योंकि वायुमंडलीय कार्बन डाई ऑक्साइड की ऋत्वीय परिवर्तनशीलता में वनस्पति की जी.पी.पी. का बहुत अधिक योगदान होता है। इस अध्ययन में प्रयुक्त आंकड़ों के विस्तृत विश्लेषण से यह ज्ञात हुआ कि 757 और 771 नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य में प्राप्त एस.आई.एफ. का मोडिस से प्राप्त जी.पी.पी.

से एक अच्छी संसक्ति है जो विशेषतः पतझड़ ऋतु (सितंबर-अक्टूबर-नवम्बर, एस.ओ.इन) और मानसून ऋतु (जून-जुलाई-अगस्त, जेजेए) में देखी जा सकती है (चित्र 6)। मानसून समय में अधिकतम एस.आई.एफ. का वनस्पति के शिखर वर्धन काल से एक सुदृण सहसंबंध हैं। हालाँकि शीत (दिसम्बर-जनवरी-फरवरी, डीजेएफ) और ग्रीष्म ऋतुओं (मार्च-अप्रैल-मई, एमएएम) में कुछ परस्परिक विभिन्नताएँ भी देखी गईं।

वर्तमान में भारत की स्थलीय वनस्पति के स्थानिक और कालिक एस.आई.एफ. उद्धरण के वास्तविक वैधीकरण के लिए ओ.सी.ओ.-2 से कोई सन्दर्भ डाटाबेस उपलब्ध नहीं है हालाँकि गोसैट से प्राप्त एस.आई. एफ. उद्धरण आंकड़ों के प्राथमिक विश्लेषण से स्थानिक और कालिक चित्रामों में समरूपता मिलती है। सन एवं अन्य (2018) ने हाल ही में प्रकाशित प्रपत्र में ओ.सी.ओ.-2, गोसैट, गोम-2 से प्राप्त एस.आई.एफ. उद्धरण का तुलनात्मक अध्ययन प्रस्तुत किया है। साथ ही उन्होंने मोडिस और सतही नेटवर्क द्वारा मापित जी.पी.पी. का एस.आई.एफ. से संबंध को वैश्विक स्तर पर कुछ प्रमुख भोगौलिक और वानस्पतिक क्षेत्रों के लिए अध्ययन कर यह पाया कि ओ.सी.ओ.-2 से प्राप्त नवीनतम एस.आई.एफ. जानकारी बहुमूल्य है और भविष्य में यह आँकड़े वैश्विक कार्बन चक्र की अनिश्चिताओं को दूर करने में बहुत कारगर होंगे। निकट भविष्य में यूरोपियन अंतरिक्ष एजेंसी (इसा) भी 'फ्लोरोसेंस एक्सप्लोरर' (फलेक्स) के नाम से एक समर्पित मिशन की ओर कार्यबद्ध है।




**चित्र 6: भारत की स्थलीय वनस्पति में एस. आई. एफ और सकल प्राथमिक उत्पादकता की ऋत्वीय परिवर्तनशीलता का 0.5° विभेदन पर आलेखी निरूपण**

## 5. निष्कर्ष

वनस्पतियों में क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति एक ऐसा अदृश्य महत्वपूर्ण संकेत है जो आण्विक स्तर पर प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया की जानकारी प्रदान कर इसके शोध में एक नया महत्त्वपूर्ण आयाम प्रस्तुत करता है। प्रस्तुत अध्ययन अति स्पेक्ट्रमी विभेदन क्षमता वाले ओ.सी.ओ.-2 जैसे नवीन सुदूर संवेदक के गैर परम्परागत उपयोग से भारत की स्थलीय वनस्पति में सौर प्रेरित क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति के विस्तृत विश्लेषण का प्रथम प्रयास है। अध्ययन के परिणामों से यह स्पष्ट होता है कि मानसून समय में अधिकतम एस.आई.एफ. का वनस्पति के शिखर वर्धन काल से एक सुदृण सहसंबंध हैं। साथ ही ऋत्वीय आंकड़ों के विश्लेषण से एस.आई.एफ. और सकल प्राथमिक उत्पादकता में भी एक समरूप प्रवृत्ति स्पष्ट होती है। उच्च स्थानिक विभेदन पर क्लोरोफिल प्रतिदीप्ति की जानकारी वनस्पतियों में कार्बन संबंधित मूलभूत प्रक्रियाओं को समझने, वन प्रबंधन, परिशुद्ध खेती तथा स्थलीय कार्बन चक्र के आंकलन में विशेष रूप से उपयोगी हैं। यह अध्ययन भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी दिशा में एस.आई.एफ. उद्धरण हेतु इसरो द्वारा नए संवेदकों के विकास में भी बहुत महत्वपूर्ण जानकारी प्रदान करता है।

### लेखक परिचयः (फोटो सहित)

डॉ. आभा छाबरा ने पर्यावरण विज्ञान में स्नातकोत्तर एवं पी.एच.डी. उपाधि प्राप्त की है। वह वर्ष 2005 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो अहमदबाद में पर्यावरण संबंधित अध्ययनों में सुदूर संवेदन तकनीक के विभिन्न अनुप्रयोगों के शोध में कार्यरत हैं। उनके राष्ट्रीय व अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर वैज्ञानिक योगदान के लिए उन्हें आई.एस.आर.एस पिशारोती मेमोरिअल अवार्ड- 2016, उत्कर्ष फाउन्डेशन द्वारा उत्कृष्ट महिला वैज्ञानिक अवार्ड- 2018 से भी सम्मानित किया गया है।

**आभार**

मैं श्री तपन मिश्रा (निदेशक, सैक), डॉ. राजकुमार (उप निदेशक, एपसा), डॉ. बिमल भट्टाचार्य (प्रधान, ए.इ.डी) तथा डॉ. आर.पी.सिंह (प्रधान, एल.एच.डी) से प्राप्त मार्गदर्शन तथा विशेष प्रोत्साहन के लिए उनका धन्यवाद करती हूँ। इस अध्ययन के आंकडों के विश्लेषण में प्राप्त सहयोग के लिए मैं श्री अंकित गोहेल, पूर्व वरिष्ठ शोधकर्ता तथा सह-वैज्ञानिक श्री रोहित प्रधान का विशेष धन्यवाद करती हूँ। अध्ययन में प्रयुक्त आंकडो की उपलब्धता के लिए ओ.सी.ओ-2 तथा मोडिस टीम को भी धन्यवाद देती हूँ।

**संदर्भः**

1. *http://mirador.gsfc.gov.in*
2. *http://wist.echo.nasa.gov*
3. *गुंआतर, एल., दूधिया, ए, लेविस, पि, इ., गोमेज़-डांस, जे., कुजे, ए, सुतो, एच एवं अन्य, 2012. रेत्रिवल एंड ग्लोबल अस्सेस्स्मेंट ऑफ टेरिस्त्रिअल क्लोरोफिल फ्रॉम गोसेट स्पेस मेसरेमेंट्स। रिमोट सेंसिंग ऑफ एनविरोंमेंट, 121,236-251।*
4. *गुन्सन, एम और एलडरिंग, ए.,ओ.सी.ओ-2, 2015। ओ.सी.ओ-2 लेवल-2 इस्पेसिअली ओर्डेरेड जिओलोकेटीड रेत्रिवल ऑफ फ्लुरोस्संस यूसिंग आई मैप-डोअस एल्गोरिथम, वेर्ज़ -7, ग्रीनबेल्ट, एमडी, यूएसए: नासा गोद्दर्द एअर्थ साइंस डाटा एंड इन्फोर्मेशन सर्विस सेंटर (http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/datacollection/OCO2_L2_IMAPDOAS_V7.html)।*
5. *झाओ, एम और रनिंग, एस (2010)। डराउत् इंडियुसेड रिडकशंन् इन ग्लोबल तेर्रेस्त्रिअल नेट प्राइमरी प्रोदुक्शन् फ्रॉम 2000 थ्रू 2009। साइंस, 329 (5994): 940-943।*
6. *टूबेक्सिन, बी., रहिम्ज़देह-बज्गिरण. पी. एवं अन्य, 2015। एस्टीमेटिंग क्लोरोफिल कोंतेंट एंड फोटोकेमिकल एइल्ड ऑफ फोटोसिस्टम।। यूसिंग सोलर-इनडीयूसड क्लोरोफिल फ्लुरोस्संस मेसरेमेंट्स एट डीफ्रेंट ग्रोइंग स्टेजिस ऑफ अटेचड लीवेस। एक्सपेरिमेंटल बोटनी, 66 (18), 5595-5603।*
7. *नासा, ओ.सी.ओ-2 डाटा प्रोडक्ट यूसर गाइड 2014, 64 पेज।*
8. *फ्रंकेंबेर्ग, सी., क्रिस ओ, डेल, बेर्री जे, गुंतर, एल., जोइनर, जे, कोहलर, पी., पोलोक, आर., टेलर, टी, इ, 2014। प्रोस्पेक्ट फॉर क्लोरोफिल फ्लुरोस्संस रिमोट सैंसिंग फ्रॉम ओ.सी.ओ-2, रिमोट सैंसिंग ऑफ एनविरोंमेंट, 147, 1-12।*
9. *सन एवं अन्य, 2017। ओ.सी.ओ-2 एड्वान्सस फोटोसिंथेसिस ओब्सेरवेशन फ्रॉम स्पेस वाया सोलर इंडियुसेड क्लोरोफिल फ्लुरोस्संस, साइंस, 358 (159)।*
10. *सुन एवं अन्य 2018। ओवेर्व्यू ऑफ सोलर इंडियुसेड क्लोरोफिल फ्लुरोस्संस फ्रॉम ओ.सी.ओ-2: रेत्रिवल, क्रोस-मिशन कम्पेरिसन् एंड ग्लोबल मोनिटरिंग फॉर जी.पी.पी., रिमोट सैंसिंग ऑफ एनविरोंमेंट, 209, 808-823।*
11. *स्मोरेंबुर्ग एवं अन्य, 2002। रिमोट सेंसिंग ऑफ सोलर इंडियुसेड फ्लुरोस्संस ऑफ वेजीटेशन, एसपीई 4542:178-190।*

------------------------------

# ऐंटीना फीड संरेखण हेतु छः स्वातंत्रय कोटि युक्त फीड स्थापन इकाई की अभिकल्पना एवं विकास

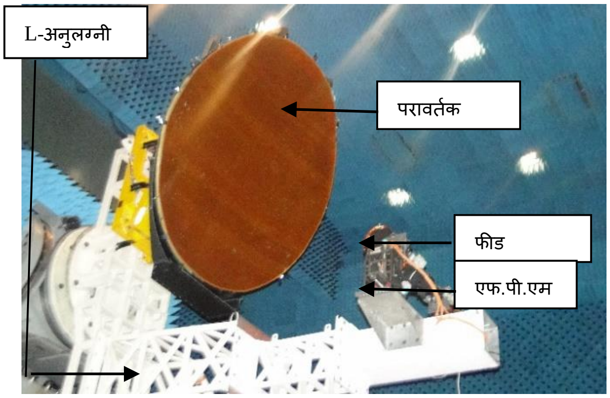
*हेमन्त प्रकाश, एन. एच. किनारीवाला, अरुप कुमार हैत
वैज्ञानिक/अभियंता
ऐंटीना यांत्रिकी समाकलन प्रभाग
सूक्ष्म-तरंग ऐंटीना यांत्रिकी समूह, यंत्रिकी अभियांत्रिकी प्रणाली क्षेत्र
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो, अहमदाबाद-380015
ई-मेल: *hprakash@sac.isro.gov.in
दूरभाष: 079-26912144/2131(O)

**सारांश**

*इस लेख में छः स्वातंत्रय कोटि (6DOF) युक्त फीड स्थापन इकाई (Feed Positioning Module) की अभिकल्पना एवं विकास पर प्रकाश डाला गया है जिसका उपयोग उपग्रह विस्तरीय परावर्तक (Spacecraft deployable reflector) के मापन (measurement) एवं संरेखण (alignment) हेतु किया जाता है। विस्तरीय परावर्तक के संदर्भ में फीड की अनुकूलित (optimized) स्थिति/अनुस्थिति को प्राप्त करने के लिए फीड संरेखण किया जाता है जिससे ऐंटीना की वैद्युतकीय अभिलक्षण यथालब्धि (gain), व्याप्ति (coverage), क्रास ध्रुवण (cross polarization), विकिरण चित्राम (radiation pattern), इत्यादि की सर्वोत्तम उपलब्धि सुनिश्चित की जा सके। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद, भू-तल, वायु और अंतरिक्ष आधारित ऐंटीना प्रणाली को विकसित कर उड़ान के लिए प्रदान करने वाली इसरो की अग्रणी संस्था है। अंतरिक्ष आधारित किसी भी उपग्रह संचार व्यवस्था (satellite communication) और सूक्ष्म-तरंग सुदूर संवेदन (micro wave remote sensing) के लिए ऐंटीना एक महत्वपूर्ण आधार है और इसके लिए ऐंटीना संरेखन, जो ऐंटीना के कार्य-प्रदर्शन पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालती है, पर विशेष ध्यान दिया जाता है। ऐंटीना मापन एवं संरेखण एक अत्यंत महत्वपूर्ण एवं विशिष्ट क्रिया है जो ऐंटीना के महत्वपूर्ण अभिलक्षणों मुख्यतः विकिरण अभिलक्ष्यन (beam pointing), जो उपग्रह संचार के प्रणाली के सुचारू क्रियान्वयन के लिए आवश्यक है, का अनुकूलन सुनिश्चित करता है। संरेखण की क्रिया के लिए उपयुक्त मापन उपकरण के साथ-साथ विशिष्ट प्रकार के सटीक अनुलग्नी अनुबंध (fixture) की आवश्यकता होती है जिसकी सहायता से ऐंटीना के उत्तम प्रदर्शन हेतु अभिकल्पित प्रकाशीय आरेख (designed optics) की प्राप्ति की जा सके। 6 डी.ओ.एफ. फीड स्थापन इकाई एक ऐसा अनुलग्नी अनुबंध है जो फीड ऐंटीना को छः; 3 रेखीय व 3 कोणीय, गति प्रदान कर उसे ऐंटीना ज्यामिति में संरेखित कर संहत एंटीना जाँच सुविधा (सी.ए.टी.एफ,CATF) में ऐंटीना को वैद्युतकीय जाँच के लिए तैयार करने में सहायता करता है।*

## 1. प्रस्तावना

उपग्रह ऐंटीना मापन एवं संरेखन एक अत्यंत महत्वपूर्ण और विशिष्ट प्रक्रिया है जो ऐंटीना के विभिन्न अभिलक्षणों को खासकर विकिरण अभिलक्ष्यन त्रुटि, जिसका संचार उपग्रह के प्रदर्शन पर अत्याधिक प्रभाव रहता है, को काफी प्रभावित करता है। अतः अनुकूलित स्थिति में संरेखन त्रुटि का सीधा प्रभाव ऐंटीना के प्रदर्शन पर पड़ता है। विस्तरीय परावर्तक के उपयोग होने पर, फीड प्रणाली को उपग्रह स्तर पर उसी संरेखित स्थिति पर रखा जाता है जो सी.ए.टी.एफ., सैक में ऐंटीना संरेखन प्रक्रिया के दौरान अनुकूलित स्थिति प्राप्त होती है। विस्तरीय परावर्तक ऐंटीना के उपयोग में, संरेखन प्रक्रिया के पूर्व परावर्तक ऐंटीना को एक L आकार के अनुलग्नी (Fixture) पर रखा जाता है और फीड को एफ.पी.एम. पर रख कर इसे L अनुलग्नी से, फीड निर्देशांक अक्ष प्रणाली (Feed Co-ordinate System) एवं ऐंटीना निर्देशांक अक्ष प्रणाली (Antenna Co-ordinate System) के ज्यामिति को लगभग समीप रखते हुए, जोड़ा जाता है (**संदर्भ**-चित्र 1)

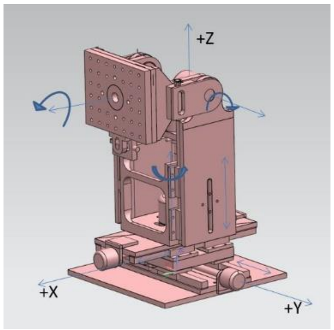



**चित्र-1**

संरेखण में उपयोग होने वाली निर्देशांक अक्ष प्रणाली, ऐंटीना निर्देशांक अक्ष प्रणाली (ACS) एवं फीड निर्देशांक अक्ष प्रणाली (FCS) का निर्धारण क्रमशः ऐंटीना व फीड पर लगे उद्धरण बिन्दुओं (Reference points) के मापन से किया जाता है और इन दोनों निर्देशांक अक्ष प्रणालियों के परस्पर संबंध का निर्धारण नीचे उल्लेखित किसी एक उपकरण का प्रयोग कर किया जाता है। इनमें से एक इलेक्ट्रॉनिक निर्देशांक निर्धारण प्रणाली (Electronic Co-ordinate Determination System, ECDS) है जिसमें प्रकाशीय थ्योडोलाइट (optical theodolite) एवं सम्मिलित सॉफ्टवेयर का उपयोग किया जाता है। इसके अलावा, लेजर ट्रैकर (Laser Tracker) एवं सम्मिलित सॉफ्टवेयर तथा फोटोग्रामिति (Photogrammetry) कैमरा एवं सम्मिलित वी-स्टार (V-Star) सॉफ्टवेयर का उपयोग वैद्युत-प्रकाशीय मापन उपकरण प्रणाली (Electro-optical measurement) में होता है। फीड निर्देशांक अक्ष प्रणाली के वास्तविक/अभिकल्पित मान की तुलना में मापित मान की रेखीय

व कोणीय त्रुटि को क्रमशः एफ.फी.एम. द्वारा रेखीय व कोणीय गति (ऑयलर अनुक्रम में) प्रदान कर सही किया जाता है। अतः संरेखण से प्राप्त मापन परिशुद्धता (accuracy), एफ.पी.एम. की संविरचन (Fabrication) परिशुद्धता पर अत्याधिक निर्भर करती है। इसलिए, एफ.पी.एम. की अभिकल्पना इतनी सुदृढ़ और सार्थक होनी चाहिए जिससे इच्छित स्तर की परिशुद्धता अनवरत प्राप्त हो सके।

## 2. यांत्रिकी अभिकल्पना एवं विनिर्देश (SPECIFICATIONS)

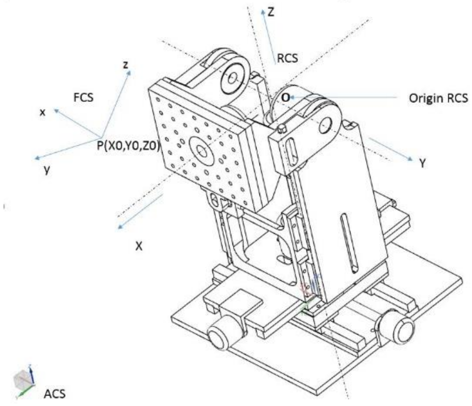



**चित्र 2:** एफ.पी.एम. की अक्ष प्रणाली परिभाषा

एफ.पी.एम. की अभिकल्पना का मुख्य उद्देश्य, रेडियो आवृति जाँच (Radio Frequency Test, RF Test) के दौरान, न्यूनतम पुनरावृति में, एक परिभाषित परिशुद्धता एवं स्थायित्व के निहित, रेखीय व ऑयलर कोणीय त्रुटि को एफ.पी.एम. के रेखीय व कोणीय गति के द्वारा सही करते हुए ऐंटीना ज्यामिति के अभिकल्पित स्थिति को प्राप्त करना है। इसके लिए ऐंटीना अनुलग्नी के रेखीय व कोणीय यंत्रावली (Mechanism) की अत्यंत उच्च परिशुद्धता आवश्यक है। ACS के संदर्भ में फीड की रेखीय संरेखीयता की सह्यता (Tolerance) 50 माइक्रॉन तथा कोणीय सह्यता 0.05 डिग्री से अच्छी होनी चाहिए। एफ.पी.एम के सभी छः गतिय अक्षों में रेखीय व कोणीय गति को पढ़ने हेतु परिभाषित शुद्धता वाली अंकीय दर्शन प्रणाली (digital readout system,DRO) तथा रेखीय व कोणीय सुधार का प्रावधान समाहित होना चाहिए। इसके अतिरिक्त, एफ.पी.एम. की अभिकल्पना में यह ध्यान रखा गया कि तीनों अक्षों का घूर्णन बिन्दु एक ही हो जिससे कोणीय त्रुटि का सुधार करते वक्त इसका कोई कोणीय घटक प्राप्त न हो, बल्कि यह रेखीय घटक उत्पन्न करे जिसे रेखीय त्रुटि को सही करते समय ठीक किया जा सकता है और इस बिन्दु का उपयोग एक प्रायोगिक निर्देशांक अक्ष प्रणाली (Reference Co-ordinate System, RCS) बनाने के समय गणितीय बिन्दु के रूप किया जा सके। यह RCS दूसरे उपयुक्त निर्देशांक अक्ष प्रणाली को बनाने और मापने में सहायता करता है।

**तालिका - 1**

| | | |
|---|---|---|
| **सामान्य विनिर्देश** (संदर्भ **चित्र-2** अक्ष परिभाषा के लिए) | | |
| **फीड ब्रैकेट समुच्चय**(assembly)**का द्रव्यमान (अधिकतम)** = 15**कि.ग्रा.** | | |
| **फीड इकाई की द्रव्यमान**: <= 25 **कि.ग्रा.** | | |
| **गति** | **विस्तार** | **विभेदन** (Resolution) |
| X,Y,Z | ±75मि.मी. | 0.05मि.मी. |
| (रेखीय) | ±75मि.मी. | 0.05मि.मी. |
| X, Y, Z (कोणीय) | ±10° | 0.05° |
| X,Y,Z के बीच परस्पर लंबरूपता (Perpendicularity) | ±0.05 डिग्री पूर्ण विस्तार में | |
| मिलते हुए सतहों के बीच समानांतरता(Parallelism) | <0.050 मि.मी. | |
| मिलते हुए सतहों के बीच सतह परिष्कार (Surface finish) | <0.050 मि.मी. | |




**चित्र 3 :** एफ.पी.एम के विभिन्न निर्देशांक अक्ष प्रणाली

## 3. यांत्रिक अभिकल्पना पद्धति

i. एप.पी.एम. की अभिकल्पना थ्रेडेड स्क्रू (Threaded screw) एवं रेखीय गाइड-वेज (Linear guide-ways) का उपयोग करते हुए 3 अक्षों में क्रमशः 3 रेखीय गति प्रदान करने के लिए हुआ है। रेखीय गाइड-वेज एवं बेयरिंग (bearing) का चयन स्थैतिक भार (Static load) एवं स्थैतिक अनुमत आघूर्ण (static rated moment) के आधार पर उपलब्ध मानक उत्पादों में से किया जाता है।

ii. अलग-अलग अक्षों के बीच की लंबरूपता को क्रमशः उन समान अक्षों में रेखीय गति को लेजर ट्रैकर से माप कर सुनिश्चित किया जाता है।

iii. तीन कोणीय गति के संचालन के लिए डीप ग्रुव बॉल बेयरिंग का उपयोग किया जाता है।

iv. थ्रेडेड स्क्रू-बोल्ट संधि (joint) का उपयोग कर कोणीय गति का नियंत्रण किया जाता है।

v. DRO और युग्मक(coupler) के साथ निरपेक्ष कोडक (Absolute encoder) का इस्तेमाल सभी 6 गतीय अक्षों में रेखीय व कोणीय गति के मापने और दर्शाने में होता है।

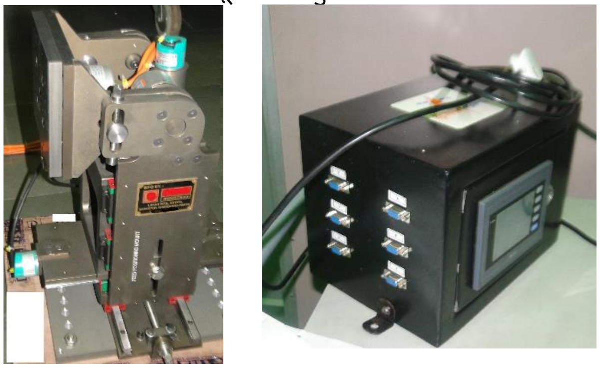
vi. सभी छः, तीन रेखीय व तीन कोणीय, गति हस्त-आरोपित (manually) हैं।

vii. मापन के दौरान प्राप्त स्थिति पर रहने हेतु यांत्रिक पाशन पद्धति (Mechanical locking arrangement) का उपयोग किया जाता है।

viii. समूचे यांत्रिक संरचना को द्रव्यमान की दृष्टि से अनुकूलित किया जाता है।

ix. इस प्रणाली की अभिकल्पना में यह ध्यान रखा गया है कि पहले कोणीय त्रुटि का सुधार हो तत्पश्चात रेखीय त्रुटि को सही किया जाए।

x. एक अक्ष में आरोपित घूर्णन के कारण दूसरे अक्ष पर उत्पन्न त्रुटि को न्यूनतम करने के लिए सभी 3 घूर्णन अक्षों के लिए एक ही माप-योग्य घूर्णन बिन्दु रखा गया है।



**चित्र 4 :** एफ.पी.एम DRO के साथ

इस प्रणाली की अभिकल्पना ऐसी की गई है जिससे X, Y और Z अक्ष की ओर एफ.पी.एम. द्वारा निर्देशित रेखीय गति एक-दूसरे से स्वतंत्र हो तथा एक अक्ष के गति का घटक एफ.पी.एम. के किसी अन्य अक्ष के रेखीय या कोणीय दिशा में शून्य हो और एफ.पी.एम. के X, Y और Z अक्ष में प्रयुक्त कोई भी कोणीय त्रुटि सुधार (error correction) एफ.पी.एम. के क्रमशः YZ, XZ एवं XY दिशा में रेखीय घटक उत्पन्न करता है। अतः निर्णायक स्थिति को प्राप्त करने के लिए कोणीय त्रुटि सुधार के पश्चात रेखीय त्रुटि सुधार की जाती है।

माना कि,

एफ.पी.एम. की वर्तमान स्थिति के लिए [Tx, Ty, Tz, ξx, ξy, ξz] RCS के संदर्भ FCS की अभिकल्पित स्थिति है।

सामान्यतः ACS के संदर्भ में FCS की अभिकल्पित स्थिति के विरूद्ध FCS के वर्तमान तुलनात्मक स्थिति को सुधारा जाता है परन्तु प्रायोगिक दृष्टि से RCS लेना सुविधाजनक है। RCS के संदर्भ में FCS और ACS के संदर्भ में FCS के परिभाषित/अभिकल्पित स्थिति के बीच के परस्पर संबंध को प्राप्त कर सकते हैं।

तो,

$\{\xi x, \xi y, \xi z\} = \{\theta+\Delta\theta, \delta+\Delta\delta, \varphi+\Delta\varphi\}$ …………..… (i)

$\{Tx, Ty, Tz\} = \{X1+\Delta Tx, Y1+\Delta Ty, Z1+\Delta Tz\}$… (ii)

जहाँ,

$\{\xi x, \xi y, \xi z\}$ = क्रमशः x, y एवं z अक्ष के लिए RCS के संदर्भ में FCS की अभिकल्पित ऑयलर कोणीय स्थिति है,

$\{Tx, Ty, Tz\}$ = क्रमशः x, y एवं z अक्ष के लिए RCS के संदर्भ में FCS की रेखीय अभिकल्पित स्थिति है,

$\{\theta, \delta, \varphi\}$ = क्रमशः x, y एवं z अक्ष के लिए RCS के संदर्भ में FCS की वर्तमान ऑयलर कोणीय स्थिति है,

$\{X1, Y1, Z1\}$ = क्रमशः x, y एवं z अक्ष के लिए RCS के संदर्भ में FCS की वर्तमान रेखीय स्थिति है,

$\{\Delta\theta, \Delta\delta, \Delta\varphi\}$ = क्रमशः x, y एवं z अक्ष के लिए RCS के संदर्भ में FCS की ऑयलर कोणीय त्रुटि है,

$\{\Delta Tx, \Delta Ty, \Delta Tz\}$ = क्रमशः x, y एवं z अक्ष के लिए RCS के संदर्भ में FCS की रेखीय त्रुटि है,

एफ.पी.एम. का उपयोग करते हुए, समीकरण ......(i) के अनुसार पहले कोणीय त्रुटि तत्पश्चात् समीकरण ......(ii) के अनुसार रेखीय त्रुटि में सुधार किया जाता है।

जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है कि एफ.पी.एम. में कोणीय सुधार के फलस्वरूप रेखीय त्रुटि उत्पन्न होती है जिसका गणितीय आकलन किया जा सकता है और मापन के समय सत्यापन किया जा सकता है। इसके लिए एक गणितीय सूत्र का विकास किया गया जिसका उपयोग त्रुटि-सुधार के लिए कर सकते हैं।

### 3a. कोणीय सुधार के कारण उत्पन्न त्रुटि का गणितीय आकलन

जैसा चित्र-3 में दिखाया गया है, माना कि बिन्दु ‘O’ RCS का मूल बिन्दु है और RCS के संदर्भ में FCS की स्थिति बिन्दु ‘P’ (X0,Y0,Z0) है। जब FCS को ACS के संदर्भ में X,Y और Z अक्ष में क्रमानुसार ऑयलर कोण (θ,δ,φ) द्वारा, डिग्री में, घूर्णन दी जाती है तो P के लिए प्राप्त निर्देशांक बिन्दु को निम्नलिखित समीकरण के अनुसार दर्शाया जाता है,

$\{X,Y,Z\} = R.\{X0,Y0,Z0\}$ …………………………(iii)

जहाँ R,

$$R = \begin{bmatrix} CyCz & CzSxSy - CxSz & CxCzSy + SxSz \\ CySz & CxCz + SxSySz & CxSySz - CzSx \\ -Sy & CySx & CyCx \end{bmatrix} \ldots(iv)$$

जहाँ,

$Cx = \cos\theta$ ; $Sx = \sin\theta$

$Cy = \cos\delta$ ; $Sy = \sin\delta$

$Cz = \cos\varphi$; $Sz = \sin\varphi$

यह मानते हुए, कि FCS को RCS के Z अक्ष में, घड़ी की सुई की विपरीत दिशा में φ अर्थात (0,0,φ) कोण से घुमाया जाता है तो समीकरण (iv) निम्नलिखित रूप में परिवर्तित हो जाता है,

$$R(0,0,\varphi) = \begin{bmatrix} Cz & -Sz & 0 \\ Sz & Cz & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(v)$$

इसके अतिरिक्त, माना FCS को RCS के Z अक्ष में एक सूक्ष्म त्रुटि सुधार कोण Δφ के द्वारा घुमाया जाता है। तदनुसार, यह RCS के X और Y अक्ष में रेखीय घटक {Δx, Δy, Δz} उत्पन्न करता है, जिसे निम्नलिखित समीकरण से दर्शाया जा सकता है-

$$\begin{Bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{Bmatrix} = rad(\Delta\varphi)^* \begin{bmatrix} \cos(\varphi+90) & -\sin(\varphi+90) & 0 \\ \sin(\varphi+90) & \cos(\varphi+90) & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X0 \\ Y0 \\ Z0 \end{Bmatrix} \ldots\ldots (vi)$$

और भी,

$\{X\varphi, Y\varphi, Z\varphi\} = \{X0+\Delta x, Y0+\Delta y, Z0+\Delta z\}$ ……(vii)

इस तरह उत्पन्न हुई रेखीय त्रुटि को RCS के X और Y अक्ष में एफ.पी.एम द्वारा एक नियंत्रित रेखीय गति देकर सुधारा जा सकता है। इसी तरह, Y और Z अक्ष के कोणीय त्रुटि सुधार के फलस्वरूप क्रमशः X&Z और X&Y अक्ष की ओर उत्पन्न रेखीय त्रुटि को तदनुसार अक्ष में रेखीय गति द्वारा ठीक किया जा सकता है।

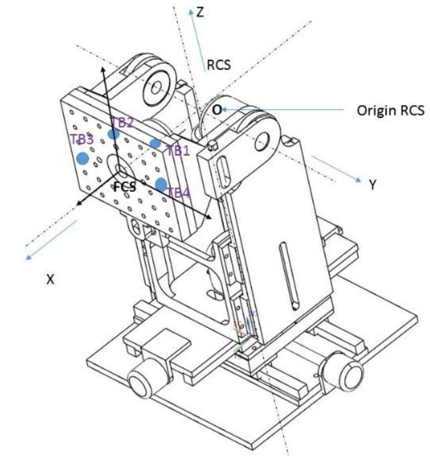
अतः तीनों अक्षों की समाकलित त्रुटि,

$$\begin{Bmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X\theta \\ Y\theta \\ Z\theta \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} X\delta \\ Y\delta \\ Z\delta \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} X\varphi \\ Y\varphi \\ Z\varphi \end{Bmatrix} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(viii)$$

अब, समीकरण.........(ii) का उपयोग कर अभिकल्पित स्थिति Tx, Ty, & Tz को प्राप्त किया जा सकता है। शेष रेखीय त्रुटि ΔTx, ΔTy एवं ΔTz का सुधार क्रमशः X, Y, Z अक्ष में FPM के रेखीय गति द्वारा किया जा सकता है।

## 4. पर्यवेक्षण एवं निष्कर्ष

FPM का उपयोग CATF सैक एवं ISITE बैंगलोर में विभिन्न अंतरिक्ष-योग्य संचार परावर्तक (communication reflector) में प्रयुक्त संरेखण हेतु किया जाता है। FPM को ऐंटीना संरेखण के लिए उपयोग करने के पूर्व इसके रेखीय व कोणीय गति की मापन संबंधी गुणात्मक जाँच लेजर ट्रैकर एवं पॉलिवर्क्स सॉफ्टवेयर का उपयोग कर की जाती है।




**चित्र-5 :** FPM पर टूलिंग बॉल की स्थिति

FPM की गुणात्मक जाँच हेतु इस पर निम्नतिखित कार्य किए गए,

i. FPM में RCS के अक्षीय-दिशा को आकृति आधारित संरेखण (feature based alignment) तथा इसकी स्थिति को FPM पर चार उद्धरण टूलिंग बॉल (reference tooling balls) द्वारा परिभाषित की जाती है जैसा कि चित्र-5 में दिखाया गया है।

ii. FPM के रेखीय व कोणीय गुणात्मक जाँच के लिए FCS को आकृति आधारित संरेखण विधि द्वारा फीड को रखने वाली सतह पर चित्र-5 के अनुसार परिभाषित करते हैं।

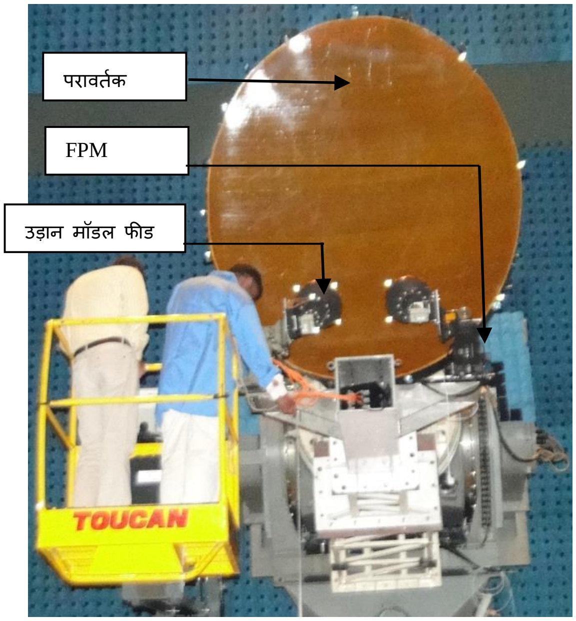
iii. तीनों अक्षों के बीच परस्पर लंबरूपता की जाँच करने के लिए तद्नुसार अलग-अलग अक्ष में निश्चित अंतराल पर रेखीय गति दी जाती है और फिर इस तरह से प्राप्त सदिशों के बीच का कोण मापा जाता है।

iv. कोणीय मापन और कोणीय त्रुटि की सत्यता की जाँच के लिए अलग-अलग तीनों अक्षों में कोणीय गति देकर RCS के संदर्भ में उसे मापा जाता है।

v. मापन द्वारा कोणीय त्रुटि की जाँच की जाती है तथा समीकरण..........(vi) का उपयोग कर इसे सत्यापित करते हैं।

vi. और भी, फीड के उड़ान मॉडल को FPM पर रखकर और फीड पर स्थित उद्धरण टूलिंग बॉल की सहायता से FCS बनाकर FPM की गुणात्मक जाँच की गई जैसा कि चित्र-6 में दिखाया गया है।

इस गुणात्मक जाँच के पश्चात FPM को क्रियात्मक रूप से लगभग सभी परियोजनाओं में फीड संरेखण के लिए उपयोग किया जा रहा है। FPM के उपयोग से फीड संरेखण के मापन की पुनरावृति की संख्या में उल्लेखनीय कमी आई है जिससे ऐंटीना संरेखण के समय में महत्वपूर्ण बचत हुई है।




**चित्र - 6**: अविरत परियोजना में FPM का उपयोग

## आभार

इस अवसर पर लेखक-गण श्री एच.आर कंसारा, उप-निदेशक, यांत्रिकी अभियांत्रिकी प्रणाली क्षेत्र, और श्री तपन मिश्रा, निदेशक, सैक को उपर्युक्त तकनीकी कार्य के दौरान उनके सतत् मार्गदर्शन और प्रोत्साहन तथा इस तकनीकी लेख को हिन्दी संगोष्ठी में मुद्रित करने की आज्ञा प्रदान के लिए धन्यवाद ज्ञापन करना चाहेंगे। हम लोग अपने सहकर्मियों का इस लेखन कार्य के दौरान सुझाव, लेखन संशोधन व त्रुटि-सुधार में सहयोग हेतु धन्यवाद अर्पण करते हैं।

## संदर्भ

*[ 1.] श्री ए.वी. आप्टे, श्री आर.आर पटेल एवं श्री वाई.एच त्रिवेदी द्वारा, Mechanical engineering aspects in Spacecraft antenna alignment, measurements and antenna pointing requirements- Communication payload, Detail Design Review Document, फरवरी 2008.*

*[ 2.] ऑयलर कोण संबंधी जानकारी के लिए ऑनलाइन साहित्य*

*[ 3.] अंतरिक्ष विज्ञान शब्दावली(2008), अंतरिक्ष विभाग-वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दावली आयोग, भारत सरकार*

# यजमानित नीतभार द्वारा निम्न शक्ति संवेदक से डेटा संग्रह

आसिया टोपीवाला[1] अक्षय खरे[2]
वैज्ञानिक/अभियंता - एस.एफ., वैज्ञानिक/अभियंता - एस.सी.,
डीसीडी-ओडीसीजी-एसएनपीए/ अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
aasiya@sac.isro.gov.in[1], akshaysac@sac.isro.gov.in[2]

**सारांश -**

*कम लागत के, निम्न शक्ति वाले, छोटे संवेदकों के विकास ने वैज्ञानिक अध्ययन और निगरानी के क्षेत्र में क्रांतिकारी बदलाव ला दिया है। इस लेख में निम्न शक्ति संवेदक डेटा के वैश्विक संग्रह का विवरण दिया गया है। टर्मिनल की शक्ति का बजट दिया गया है। अपने अलग-अलग गमन (पास) के दौरान निम्न भू-कक्षीय यजमानित नीतभार थल के निम्न शक्ति संवेदकों का डेटा प्राप्त कर, स्टोर कर लेता है और भू-केंद्र की दृश्यता में आते ही इन डेटा को फॉरवर्ड कर देता है। अंत में, भू-केंद्र इंटरनेट के माध्यम से इन्हें एकत्रित करने वाले केन्द्रों में वितरित कर देता है।*

*संकेत शब्द*

*निम्न शक्ति संवेदक डेटा संग्रह, यजमानित नीतभार, रिले, निम्न भू-कक्षीय उपग्रह, शक्ति बजट, टर्मिनल*

## 1. प्रस्तावना

पर्यावरण का अवलोकन, डेटा प्रसंस्करण और कम दूरी तक एक-दूसरे से बातचीत कर सकने वाले कम लागत के, कम शक्ति वाले, बहु-प्रकार्य, छोटे संवेदकों के विकास ने मौसम विज्ञान, पर्यावरण विज्ञान और सामरिक निगरानी के क्षेत्र में क्रांतिकारी बदलाव ला दिया है। इन निम्न शक्ति वाले संवेदकों का संग्रहित डेटा सैटकॉम टर्मिनल की सहायता से उपग्रह तक भेजा जा सकता है, जिसे बाद में प्रयोगशालाओं/कार्यालयों में प्रसंस्कृत किया जा सकता है।

संवेदक नेटवर्क अनुसंधान के क्षेत्र में तेजी से विकास होने की वजह से इस तकनीक की व्यापक स्वीकृति संभव हुई है। अधिकांश अनुप्रयोगों में संवेदन प्रणाली की कठोर वातावरण और दूरदराज के स्थानों पर तैनात की जाती है। उपग्रह संचार और मजबूत संवेदक नेटवर्क का समन्वय कई अनुप्रयोगों के लिए एक वरदान है।

एक निम्न शक्ति संवेदक डेटा अधिग्रहण नीतभार अनिवार्य रूप से एक संचय एवं अग्रेषण (स्टोर और फॉरवर्ड) नीतभार है। इसमें एक जी.पी.एस. अभिग्राही भी सम्मलित है। यह थल संवेदकों से मिला डेटा स्मृति में संचय करता है और बाद में दिखाई देने पर भू-केन्द्र को भेज देता है। इसके अतिरिक्त, यह सिग्नल को जी.पी.एस. समय टैग कर सकता है, संवेदक की स्थिति और वेग ज्ञात करने के लिए सिग्नल की आवृत्ति भी रिकॉर्ड कर सकता है। जमीन में प्राप्त इस सिग्नल को बाद में डीकोड करके उपयोगी जानकारी निकाली जा सकती है। कम ई.आई.आर.पी. और बारिशी या रवयुक्त वातावरण की क्षतिपूर्ति के लिए निम्न शक्ति संवेदकों को शक्तिशाली कोडन तकनीक का उपयोग करने की आवश्यकता रहती है।

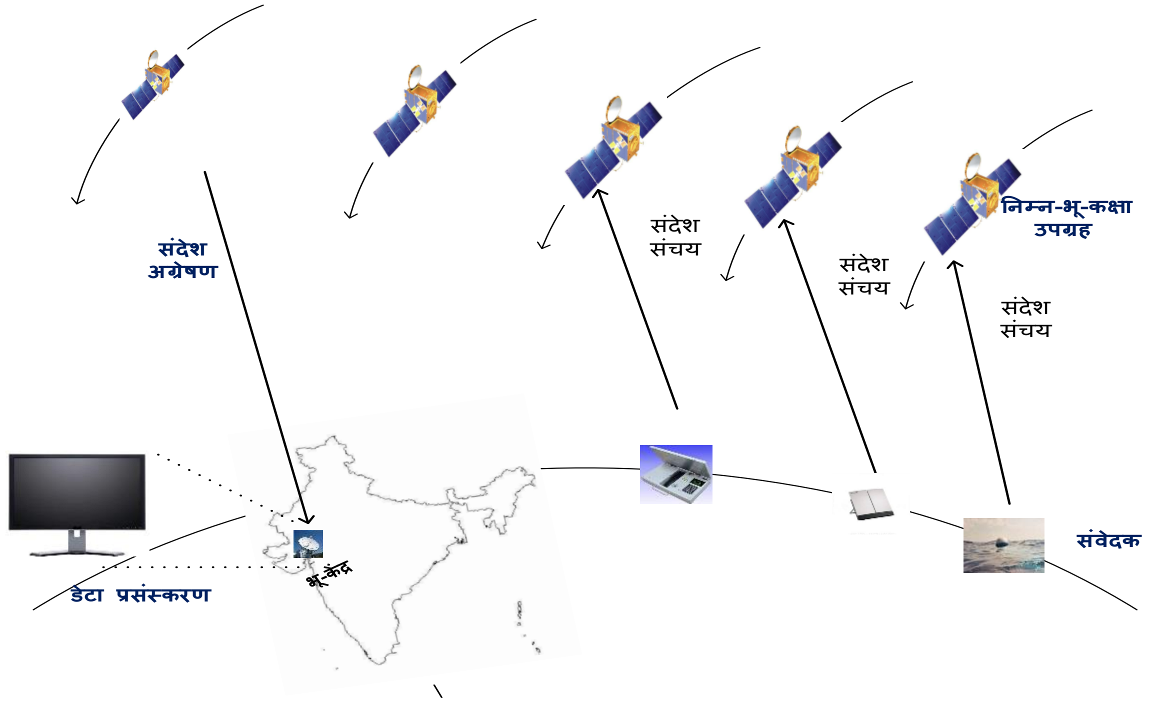
निम्न शक्ति संवेदक उपग्रह नेटवर्क की अवधारणा आकृति-1 में दी गई है। निम्न शक्ति संवेदक उचित यजमानित नीतभार वाले निम्न भू-कक्षीय उपग्रह को डेटा प्रेषित करते हैं और निम्न भू-कक्षीय उपग्रह इन संचयित डेटा को दृश्यता में आने पर भू-केन्द्र को रिले करता है। प्रयोगशालाएँ इंटरनेट पोर्टल के माध्यम से इन डेटा को प्राप्त करती हैं।

## 2. यजमानित नीतभार द्वारा निम्न शक्ति संवेदक से डेटा संग्रहण :

निम्न-भू-कक्षा उपग्रह पर वाहित यजमानित नीतभार के उपयोग से संवेदकों के संदेश उठाए जा सकते हैं। ये संदेश बहुत ही निम्न शक्ति पर चलने वाले संवेदक से आते हैं जिन्हें कम ई.आई.आर.पी. से प्रेषित किया जाता है। इस पूरी प्रणाली के विच्छेद कुछ इस प्रकार हैं: वायर्ड अथवा वायरलेस संवेदकों का समूह, निम्न शक्ति के सैटकॉम टर्मिनल जो संवेदक डेटा का प्रक्रमण और प्रेषण करेगा, निम्न-भू-कक्षा उपग्रह पर वाहित यजमानित नीतभार जहाँ डेटा प्राप्त और संग्रहित होगा, दृश्यता होने पर भू-केंद्र पर भेजना और इंटरनेट पोर्टल।

टर्मिनल एक या उससे अधिक संवेदकों से डेटा एकत्रित करेगा। ऐसे टर्मिनलों की शक्ति दक्षता अत्यधिक होगी। टर्मिनल की निंद्र अवस्था में अतिसूक्ष्म शक्ति (तकरीबन 25 मिलिवॉट) की खपत होगी। कभी-कभी (जैसे हर 15 मिनट में 30 सेकंड के लिए) यह अपने सामान्य प्रचालन में होगा जिसके दौरान यह डेटा उठाना, फ्रेम बनाना एवं संचय करना, जीपीएस से डेटा लेना, आर.टी.सी. को बनाए रखना इत्यादि कार्य करेगा। इसमें तक़रीबन 100 मिलिवॉट की शक्ति की खपत होगी। आई.आर.एस. उपग्रह को डेटा भेजने के लिए लगभग 250 मिलिवॉट की अतिरिक्त शक्ति की आवश्यकता है, लेकिन यह प्रेषण तो 30 मिनटों में कुछ ही सेकंडों के बर्स्ट में होगा। यदि

आई.आर.एस. उपग्रह के गमन (पास) का पता लगाने की क्षमता टर्मिनल के पास मौजूद होगी तो वह संचरण आरम्भ करने का निर्णय ले सकता है और शक्ति की बचत में और योगदान दे सकता है। तालिका-1 में टर्मिनल शक्ति बजट दर्शाया गया है। इससे पता चलता है कि 120 वॉट-घंटे की बैटरी का उपयोग करके टर्मिनल 4000 घंटे (~167 दिन) तक सक्रिय रह सकता है। इसके अतिरिक्त सौर-सेल भी टर्मिनल की जीवन अवधि बढ़ाने के लिए जोड़ा जा सकता है। सौर सेल संलग्न करने से टर्मिनल आत्म-निर्भर बन सकते हैं।




**आकृति-1: निम्न शक्ति संवेदक उपग्रह नेटवर्क की संकल्पना**

**तालिका-1: टर्मिनल का शक्ति बजट**

| | |
|---|---|
| शक्ति खपत (निंद्र अवस्था) | 0.025 वॉट |
| शक्ति खपत (डेटा संग्रह) | 0.1 वॉट |
| डेटासंग्रह के लिए समय (प्रतिघंटा) | 2 मिनट |
| शक्ति खपत (संचरण के दौरान) | 0.28 वॉट |
| संचरण समय (प्रति घंटा) | 6 सेकंड |
| औसत शक्ति की खपत | 0.03 वॉट |
| बैटरी क्षमता | 120 वॉट-घंटे (10 Ah, 12 V), रिचार्जेबल |
| प्रचालन के घंटे (दिन) | 4000 घंटे (167 दिन) |
| वांछनीय सुविधा | बैटरी चार्ज सर्किट के साथ सौर सेल |

### 3. यजमानित नीतभार प्रोसेसर प्रणाली :

यजमानित नितभार की प्रणाली आकृति-2 में दी गई है। संवेदक से भेजा गया सिग्नल अभिग्राही में प्राप्त होता है और अंकीय प्रोसेस कर डेटा निकला जाता है, इस डेटा को फ्रेम के फॉर्मेट में रख दिया जाता है। इसी फ्रेम में समय की सूचना, अद्‌वितीय शब्द लगाया जाता है और डेटा को सीआरसी-32 कर दिया जाता है। इस फ्रेम को विमादुलन कर ट्रांसमीटर द्‌वारा भू-केन्द्र को रिले करता है।

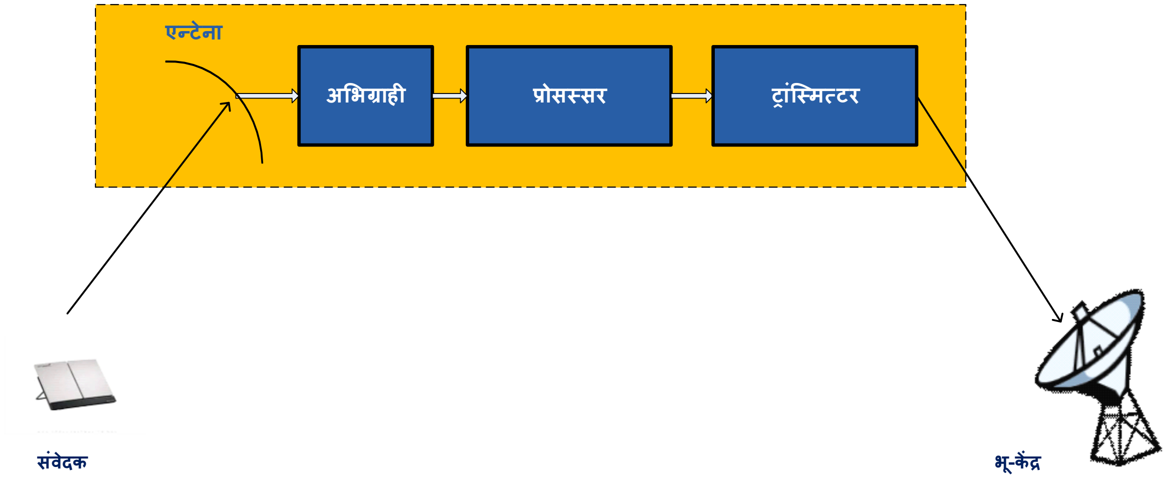
### 4. अनुप्रयोग

ये नीतभार उन स्वचालित डेटा संग्रह केंद्रों से जानकारी इकट्ठा करने के लिए इस्तेमाल किए जा सकते हैं जहाँ पर मानव हस्तक्षेप संभव नहीं है और स्थलीय नेटवर्क मौजूद नहीं है। ऐसे केंद्र कई अनुप्रयोगों के लिए उपयोगी होते हैं।

- दूरस्थ स्थान जहाँ पर इंटरनेट या स्थलीय मोबाइल नेटवर्क से केन्द्रों को जोड़ा नहीं जा सकता, वहाँ पर स्वचालित मौसम निगरानी केंद्र रखे जा सकते हैं। घने जंगल, समुद्र, ज़्यादा ऊंचाईवाले स्थान, दूरदराज के रेगिस्तान आदि कुछ ऐसे उदाहरण हैं जहाँ पर ऐसे स्वचालित मौसम निगरानी केंद्र नियोजित किए जा सकते हैं।

नावों और जहाजों में इस तरह के टर्मिनलों की तैनाती से समुद्र अध्ययन किया जा सकता है। समुद्र के तापमान का मोनिटरन, वायुमंडलीय दबाव, हवा की गति, एयरोसोल इत्यादि के लिए संवेदकों से लैस ये टर्मिनल समुद्र विज्ञान से संबंधित डेटा एकत्र करने में मदद कर सकते हैं और फिर इन डेटा को यजमानित नीतभार के जरिए भू-केंद्र को रिले कर सकते हैं।

**यजमानित नितभर**




**आकृति-2: यजमानित नितभार प्रणाली**

- सीमा पर इस तरह के संवेदकों की तैनाती से रक्षा निगरानी को संभव बनाया जा सकता है।

- पक्षियों, मछलियों और समुद्री एवं भूमिगत जानवरों पर छोटे ट्रांसमीटर लगाए जा सकते हैं और इनसे उनका अनुवर्तन किया जा सकता है। संवेदकों से एकत्र डेटा के साथ उनकी स्थिति की जानकारी जीवविज्ञानीओं को जानवरों के व्यवहार जैसे कि पोषण की रणनीतियों, प्रजनन, अपने पर्यावरण के लिए अनुकूलन इत्यादि को बेहतर समझने के लिए मदद करता है। इस तरह की आवास निगरानी कई लुप्तप्राय प्रजातियों के संरक्षण के उपायों के लिए आधार प्रदान करती है।

ताजा पानी के मोनिटरन डेटा जैसे कि नदी का जल स्तर, बर्फ आच्छादन और स्थापित उपकरणों या बांधों की अवस्था को रिले करने के लिए इन टर्मिनलों का उपयोग किया जा सकता है। ये जानकारी नेटवर्क मौजूदा जल संसाधनों के प्रबंधन में और बाढ़ की पूर्व चेतावनी देने में वैश्विक समुदाय की बहुत मदद करेंगे। इस प्रकार यह आपदा प्रबंधन में मदद कर सकते हैं।

## 5. उपसंहार

मौसम निगरानी, समुद्र विज्ञान, पर्यावरण विज्ञान, सामरिक निगरानी, आवास निगरानी आदि जैसे कई अनुप्रयोगों में यथास्थित निम्न शक्ति संवेदक आवश्यकता होती है; शायद स्वायत्त, दूरस्थ और अरक्षित। निम्न भू-कक्षीय यजमानित नीतभार का उपयोग इन निम्न शक्ति संवेदकों के डेटा संग्रह के लिए किया जा सकता है क्योंकि यह संयोग 125 मिलीवॉट जितने कम शक्ति वाले थल टर्मीनलों के साथ भी लिंक बनाए रखता है। उन्नत कोडन तकनीकों का उपयोग शक्ति की खपत को और कम कर सकता है। सौर शक्ति का प्रयोग निम्न शक्ति संवेदकों और टर्मिनलों की आयु बढ़ाने में मदद कर सकता है।

**लेखक परिचयः**

श्रीमती आसिया टोपीवाला ने वर्ष 1998 में डी.डी.आई.टी. इंजीनियरिंग कॉलेज, नडियाद से इलेक्ट्रॉनिकी एवं संचार इंजीनियरिंग में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की। सल्फोर्स में एक वर्ष अभियंता के रूप में कार्य किया। वर्ष 1999 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में ऑनबोर्ड संसाधान प्रभाग में पुनरुत्पादक नीतभार प्रणाली में कार्य आरंभ किया। कई अंकीय प्रणालियों का निर्माण किया है।

**संदर्भः**

1. एआईएस यजमानित नीतभार दस्तावेज़ (अप्रैल 2016)
2. वायरलेस संवेदक नेटवर्क की उपग्रह से निगरानी, फर्रुख शहजाद, तदर्थ और संवेदक नेटवर्क के अनुप्रयोग पर 5वीं अंतर्राष्ट्रीय संगोष्ठी (AASNET'13)

**धन्यवाद**

इस लेख के लेखक श्री टी.वी.एस. राम, समूह निदेशक, ओ.डी.सी.जी, सैक, श्री कौशिक परीख, उप निदेशक, एस.एन.पी.ए., सैक द्वारा प्रदान किए सतत समर्थन और प्रोत्साहन का धन्यवाद करना चाहते हैं।

***

# कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभारों की जाँच और मूल्यांकन के लिए समाकलित दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर का निर्माण एवं संरचना

**सुमित कुमार, अनिल सुखेजा, जीतेन्द्र शर्मा, अमित दवे, कमलेश राना**
**नीतभार जांच एवं इलेक्ट्रोनिक्स समूह, संवेदक विकास क्षेत्र**
**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),**
**भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)**
**अहमदाबाद, गुजरात, भारत**

**सारांश:**

*अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के संवेदक विकास क्षेत्र (SEDA) में सुदूर संवेदन (Remote Sensing) के लिए विद्युत प्रकाशीय नीतभारों (Electro-OpticalPayloads) की अभिकल्पना एवं विकास किया जाता है। संवेदक विकास क्षेत्र में विद्युत प्रकाशीय नीतभारों को उनकी आवश्यकता के अनुसार विकसित किया जाता है। संवेदक विकास क्षेत्र में अभी तक बहुत से नीतभारों को निर्मित किया है, जिनमें कार्टोसैट-2 श्रेणी (कार्टोसैट-2सी/2डी/2ई/2एफ) का अंतरिक्षयान भी एक है, जिसे कार्टोग्राफिक उपयोग के लिए निर्मित किया गया है। कार्टोसैट-2 श्रेणी के अंतरिक्षयान में उसकी जरूरत के अनुसार चार नीतभारों को लगाया गया है।*

*नीतभारों को अंतरिक्षयान में लगाने से पहले उनका परीक्षण एवं मूल्यांकन ठीक वैसे ही अनुकूल वातावरण में किया जाता है, जिसका सामना वे उपग्रह की उड़ान के दौरान करते हैं। नीतभारों को उनके विकास चक्र के विभिन्न चरणों में बहुत सारी जाँच प्रक्रिया से गुजरना पड़ता है, जिसमें नीतभारों के आंकड़ों को अधिग्रहित करके उनके मापदण्डों की गणना की जाती है और भविष्य के लिए आंकड़ों का संग्रहण किया जाता है। नीतभारों की जाँच प्रक्रिया के दौरान उसकी स्वास्थ्य की स्थिति को जानने के लिए उसके दूरमिति मापदण्डों पर भी लगातार ध्यान दिया जाता है, जिसके लिए दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर को निर्मित किया गया है।*

*अन्तरिक्षयान निर्माण के प्रारम्भिक चरण में सभी नीतभारों का विकास और जाँच प्रक्रिया अलग-अलग की जाती है और उसके स्वास्थ्य की जानकारी के लिए दूरमिति आंकड़ों को दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर में प्रदर्शित किया जाता है। अन्तरिक्षयान निर्माण के अंतिम चरण में सभी नीतभारों को अन्तरिक्षयान के साथ जोड़ दिया जाता है और सभी नीतभारों की जाँच एक साथ की जाती है। इस दौरान सभी नीतभारों के स्वास्थ्य के लिए उसके दूरमिति आंकड़ों को एक साथ प्रदर्शित करने की आवश्यकता होती है, विशेषकर अंतरिक्षयान की ताप निर्वात जाँच के दौरान, जिसके लिए समाकलित दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर का निर्माण किया गया है।*

*इस प्रपत्र में हमनें कार्टोसैट-2 श्रेणी के अंतरिक्षयान के नीतभारों का विवरण और उनकी जाँच और मूल्यांकन के लिए निर्मित समाकलित दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर एवं उसके अंतरापृष्ठों का उल्लेख किया है।*

## 1. प्रस्तावना:

संवेदक विकास क्षेत्र (SEDA) में पृथ्वी के अवलोकन (Earth Observation), अंतराग्रहीय खोजों (Interplanetary Exploration) एवं वैज्ञानिक अनुप्रयोगों (Scientific Application) जैसे उद्देश्यों के लिए विद्युत प्रकाशीय सुदूर संवेदन नीतभारों का निर्माण किया जाता है। इसी क्रम में कार्टोग्राफिक उपयोग के लिए कार्टोसैट-2 श्रेणी (कार्टोसैट-2सी/2डी/2ई/2एफ) के नीतभारों को निर्मित किया गया है। कार्टोसैट-2 श्रेणी के अंतरिक्षयान में उपयोग के अनुसार पैन्क्रोमाटिक (PAN) और मल्टीस्पेक्ट्रल (MX) नीतभारों का विकास किया गया है, जो कि 10 किमी. के प्रमार्ज (swath) के लिए पैन्क्रोमाटिकबैंड में 0.65 मीटर और मल्टीस्पेक्ट्रलबैंड में 2 मीटर से भी कम का आकाशीय विभेदन (spatial resolution) प्रदान करते हैं। इसके अलावा कार्टोसैट-2 श्रेणी के अंतरिक्षयान में दो और प्रयोगिक नीतभारों ई.वी.एम.-1 (EVM-1) और ई.वी.एम.-2 (EVM-2) को भी लगाया गया है, जो कि सभी घटनाक्रम पर नज़र बनाये रखेंगे। कार्टोसैट-2 श्रेणी के उपग्रह को कार्टोग्राफिक उपयोग जैसे शहरी और ग्रामीण संपदाओं के प्रबंधन, भूमि का उचित प्रयोग तथा भौगोलिक सूचना प्रणाली (Geographical Information System) के लिए किया जाएगा।[1]

विद्युत प्रकाशीय नीतभारों की जटिलता के अनुसार उनका एक विकास चक्र होता है। विद्युत प्रकाशीय नीतभारों के विकास चक्र के विभिन्न चरणों में उसके निष्पादन प्राचल (performance Parameters) की जांच और मूल्यांकन किया जाता है। नीतभारों की जांच और मूल्यांकन प्रक्रिया के दौरान उनकी स्थिति पर नज़र रखने के लिए उसके दूरमिति प्राचलों पर भी लगातार ध्यान दिया जाता है। कार्टोसैट-2 श्रेणी के अन्तरिक्षयान के नीतभारों के निर्माण के शुरूवाती चरण में उसके सभी नीतभारों की जांच और मूल्यांकन प्रक्रिया अलग अलग की गई है, जबकि अन्तरिक्षयान के निर्माण के आखिरी चरण में उसके चारों नीतभारों को एक साथ अन्तरिक्षयान में स्थापित कर दिया गया और सभी की जांच और मूल्यांकन प्रक्रिया एक साथ की गई है। कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभारों की ताप निर्वात प्रक्रिया के दौरान उसके सभी नीतभारों की स्थिति की जानकारी के लिए उनके दूरमिति मापदण्डों को एक साथ प्रदर्शित करने की जरूरत पड़ी, जिसके लिए समाकलित दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर का निर्माण किया गया है।

### 2. कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभार :

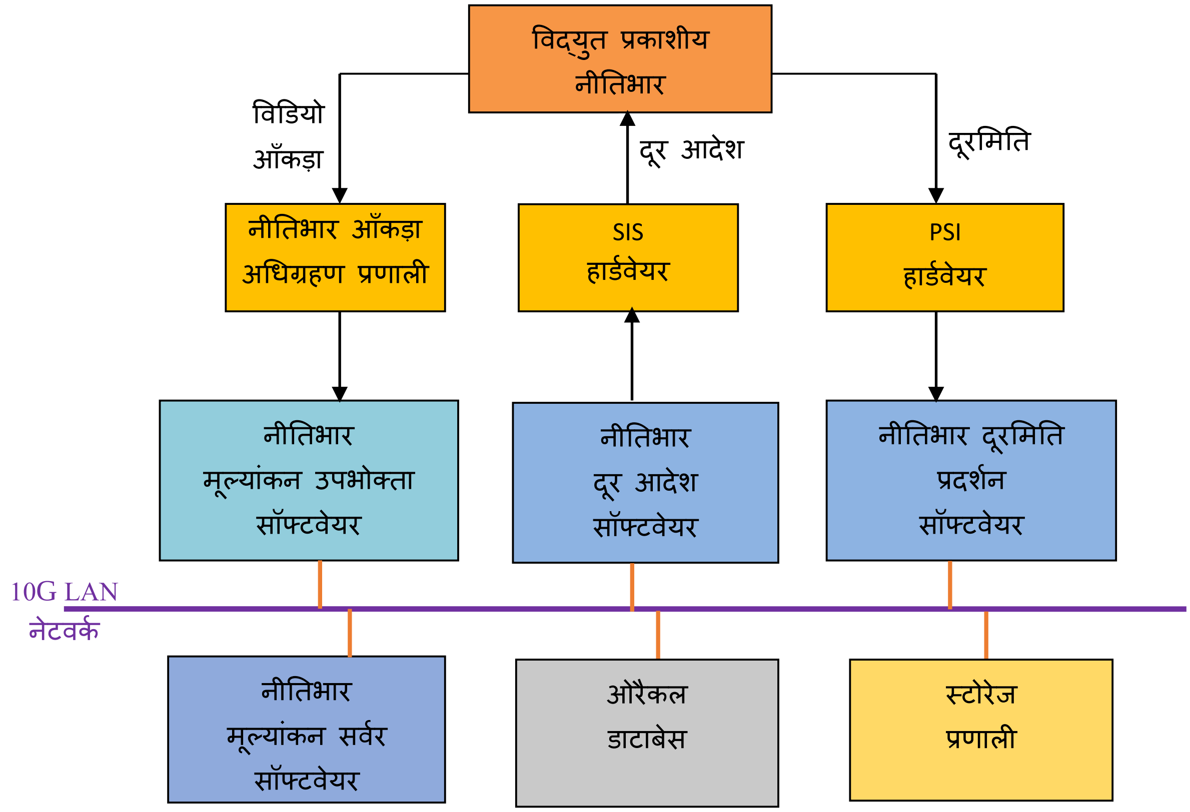
कार्टोसैट-2 श्रेणी के उपग्रह में विभिन्न आवश्यकताओं के अनुसार चार नीतभार हैं- पैन्क्रोमाटिक (PAN), मल्टीस्पेक्ट्रल (MX), ई.वी.एम. -1 (EVM-1) और ई.वी.एम -2 (EVM-2)। सभी चारों नीतभारों के आंकड़ें नीचे की सारणी-1 में दिए गए हैं-

| क्रम सं. | मापदण्ड | पैन्क्रोमाटिक (PAN) | मल्टीस्पेक्ट्रल (MX) | ई.वी.एम.-1 (EVM-1) | ई.वी.एम.-2 (EVM-2) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | स्पेक्ट्रमी बैंडविड्थ (माइक्रोमीटर) | 0.45-0.9 | B1: 0.45-0.52<br>B2: 0.52-0.59<br>B3: 0.62-0.68<br>B4: 0.77-0.86 | 0.45 – 0.9 पैन्क्रोमाटिकबैंड | 0.7(RGB) |
| 2 | प्रमार्ज(Swath) (कि.मी.) | ~10 | ~10 | ~1x1 | ~0.3x0.23 |
| 3 | आकाशीय विभेदन (मी.) | ~0.65 | < 2 | 0.5 | 0.2 |
| 4 | समाकलन समय (मिली.सेकंड) | 0.086 | 0.223 | 35 | 35 |
| 5 | संसूचक | TDI CCD | Quad TDI CCD | CMV4000-E12M1PP | VS6724 |
| 6 | संसूचक प्रारूप (पिक्सल) | 8192x2 (रेखीय) | 1340x5 (रेखीय) | 2048 x 2048 (क्षेत्रीय) | 1600 x 1200 (क्षेत्रीय) |
| 7 | टीडीआई चरणों की संख्या | 80 | 45 | --- | --- |
| 8 | पिक्सल का आकार (माइक्रोमीटर) | 7 | 17.6 | 5.5 | 2.2 |
| 9 | राशिकरण (बिट्स प्रति पिक्सल) | 11 | 11 | 10 | 8 |
| 10 | आँकड़ा दर (गीगा बिट्स प्रति सेकंड) | 2.4 | 1.5 | | |

( सारणी-1-कार्टोसैट-2 श्रेणीके नीतभारों के आंकड़ें)

### 3. विद्युत प्रकाशीय नीतभार जाँच और मूल्यांकन प्रणाली:

विद्युत प्रकाशीय नीतभारों के विकास चक्र के विभिन्न चरणों में उसके निष्पादन प्राचल (performance Parameters) की गणना के लिए हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर समाहित एक जाँच और मूल्यांकन प्रणाली को विकसित किया गया है। विद्युत प्रकाशीय नीतभारों की जाँच और मूल्यांकन प्रणाली को चित्र-1 में दर्शाया गया है।




( चित्र-1-विद्युत प्रकाशीय नीतभारों के लिए जाँच एवं मूल्यांकन प्रणाली)

नीतभार जाँच और मूल्यांकन प्रणाली में तीन हार्डवेयर इकाइयाँ होती हैं, जिन्हें नीतभार आंकड़ा अधिग्रहण प्रणाली (Payload Data Acquisition System-PDAS), अंतरिक्षयान अंतरापृष्ठ सिमुलेटर (Spacecraft Interface Simulator-SIS) और नीतभार स्थिति सूचक (Payload Status Indicator-PSI) के नाम से जाना जाता है। PDAS नीतभारों के वीडियो आंकड़े को अधिग्रहित करके उसको एक तय प्रारूप में करने के बाद मौजूद कंप्यूटर प्रणाली में स्टोर करता है। SIS अंतरिक्षयान की अनुपस्थिति में नीतभारों की प्रक्रिया को संचालित करने के लिए जरूरी विद्युतीय आवेशों को उत्पन्न करता है। PSI नीतभारों की स्थिति को जानने के लिए उसके दूरमिति आंकड़ों को प्राप्त करके उनका प्रसंस्करण करता है।

विद्युत प्रकाशीय नीतभारों की जाँच और मूल्यांकन प्रक्रिया के दौरान उसके मापदंडो की गणना के लिए Linux ऑपरेटिंग सिस्टम आधारित एक नीतभार मूल्यांकन सॉफ्टवेयर (XSCoPE$^{xpress}$) को निर्मित किया गया है, जो कि नीतभारों के आंकड़ों का अधिग्रहण, प्रसंस्करण, मूल्यांकन, प्रदर्शन और संग्रहण करता है।[2]

विद्युत प्रकाशीय नीतभारों की जाँच और मूल्यांकन प्रक्रिया के दौरान नीतभारों को कई अलग-अलग दशा में रखना पड़ता है, जिसके लिए नीतभार दूर आदेश सॉफ्टवेयर के माध्यम से SIS हार्डवेयर द्वारा नीतभारों को कमांड भेज कर उनकी दशा को निर्धारित किया जाता है।

विद्युत प्रकाशीय नीतभारों की जाँच और मूल्यांकन प्रक्रिया के दौरान उसकी स्थिति की भी लगातार जानकारी रखनी पड़ती है, जिसके लिए उसके दूरमिति आंकड़ों को PSI हार्डवेयर के माध्यम से अधिग्रहण करके उनको प्रदर्शित किया जाता है। नीतभार के दूरमिति आंकड़ों को अधिग्रहित करने और प्रदर्शन करने के लिए नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर को Tcl/Tk प्रोग्रामिंग भाषा में निर्मित किया गया है।

नीतभारों के सभी आंकड़ों को सुचारू रूप से संग्रहीत करने के लिए ओरेकल डाटाबेस प्रणाली (Oracle Database System) और स्टोरेज प्रणाली (Storage System) का उपयोग किया जाता है, जिन्हें विद्युत प्रकाशीय नीतभारों की जाँच और मूल्यांकन प्रणाली से 10G LAN नेटवर्क के माध्यम से जोड़ा जाता है।

### 4. दूरमिति मापदण्ड:

किसी भी विद्युतप्रकाशीय नीतभार की जाँच और मूल्यांकन प्रक्रिया के दौरान उसकी स्थिति को जानने के लिए उसके दूरमिति मापदंडों पर ध्यान दिया जाता है। दूरमिति मापदण्डों को नीतभारों की जटिलता के अनुसार निम्न श्रेणी में बाँटा गया है-

A. **डिजिटल मापदण्ड**- नीतभारों में मौजूद विभिन्न उपकरणों की स्थिति जैसे ON/OFF, SEL/DSEL आदि को जानने के लिए डिजिटल मापदंडों की जरूरत होती है।

B. **एनालॉग मापदण्ड**- नीतभारों में मौजूद विभिन्न उपकरणों के विभव और धारा की स्थिति के लिए एनालॉग मापदंडों की जरूरत होती है।

C. **तापमान मापदण्ड**- नीतभार में मौजूद विभिन्न उपकरणों जैसे इलेक्ट्रोऑप्टिकल माड्यूल, डिटेक्टर और इलेक्ट्रोनिक्स पैकेज की तापमान की स्थिति को जानने के लिए संवेदक लगाये जाते हैं। इन संवेदको की मदद से नीतभारों के तापमान मापदंडों के बारे में पता लगता है।

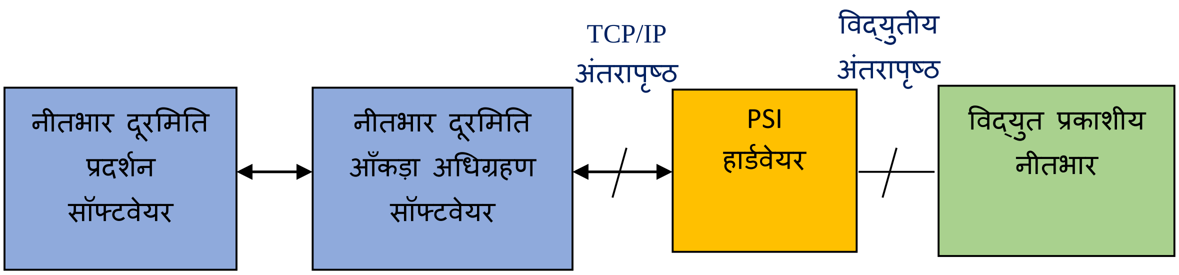
कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभारों के लिए दूरमिति मापदण्डों की कुल संख्या नीचे की सारणी में दी गयी है[3]-

| क्र. सं. | | कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभार | डिजिटल मापदण्ड | एनालॉग मापदंड |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | मल्टीस्पेक्ट्रल(MX) | 20 | 10 |
| 2 | | पैन्क्रोमाटिक (PAN) | 4 | 2 |
| 3 | | ई.वी.एम.-1(EVM-1) और ई.वी.एम.-2 (EVM-2) | 4 | 2 |
| 4 | | **कुल** | 28 | 14 |

( सारणी-2- कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभारों के दूरमिति मापदण्ड)

### 5. नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर की संरचना:

विद्युत प्रकाशीय नीतभारों की जाँच और मूल्यांकन प्रक्रिया के दौरान दूरमिति आंकड़ों को प्रदर्शित करने के लिए नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर का निर्माण किया गया है, जिसके विन्यास को चित्र-2 में दर्शाया गया है। नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर के विभिन्न खण्डों का वर्णन निम्नलिखित है -




( चित्र-2-नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर का विन्यास)

#### (A) PSI हार्डवेयर:

PSI हार्डवेयर विद्युत प्रकाशीय नीतभारों के दूरमिति आंकड़ों को लगातार मापता रहता है, जिसके लिए उसे नीतभार से विद्युतीय अंतरापृष्ठों के माध्यम से जोड़ा जाता है। PSI हार्डवेयर सभी नीतभार के डिजिटल, एनालॉग और तापमान मापदंडों के लिए

निर्धारित चैनल प्रदान करता है। एक PSI हार्डवेयर कुल 16 डिजिटल, 24 एनालॉग और 16 तापमान चैनल प्रदान कर सकता है। [3] PSI हार्डवेयर में TCP/IP अंतरापृष्ठ आधारित एक रैबिट माइक्रोकंट्रोलर (Rabbit Microcontroller) इकाई होती है, जिसके माध्यम से दूरमिति मापदंडों को नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर में प्रदर्शित किया जाता है।

कार्टोसैट-2 श्रेणी के सभी नीतभारों की स्थिति को दर्शाने के लिए कुल 28 डिजिटल, 14 एनालॉग और 55 तापमान दूरमिति चैनलों की जरूरत है, जिसके लिए कुल 4 PSI हार्डवेयर का उपयोग किया गया है।

**(B) नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर:**

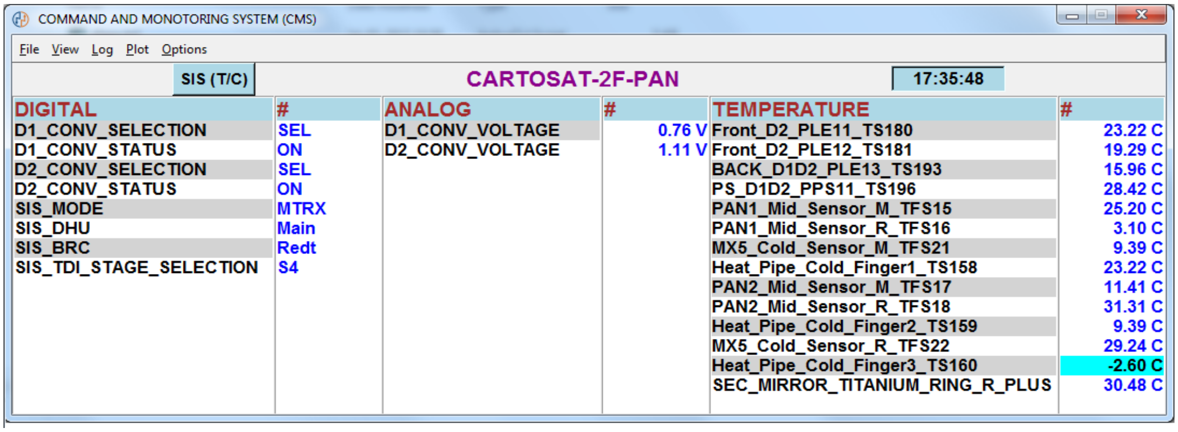
नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर नीतभारों के दूरमिति मापदण्डों को अधिग्रहण करके उनका प्रसंस्करण और प्रदर्शन करता है। नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर को दो भागों में विभाजित किया गया है -

**(अ)** दूरमिति आंकड़ा अधिग्रहण सॉफ्टवेयर

**(आ)** दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर

नीतभार दूरमिति आँकड़ा अधिग्रहण सॉफ्टवेयर PSI हार्डवेयर से रैबिट माइक्रोकंट्रोलर (Rabbit Microcontroller) आधारित TCP/IP अंतरापृष्ठ के माध्यम से संपर्क स्थापित करके दूरमिति आंकड़ों को अधिग्रहण करता है। दूरमिति आँकड़ा अधिग्रहण सॉफ्टवेयर की संरचना इस प्रकार की गयी है, जिससे की उसमें नीतभारों के दूरमिति मापदण्डों के अनुसार बदलाव किया जा सकता है।

दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर नीतभारों के दूरमिति आंकड़ों को आँकड़ा अधिग्रहण सॉफ्टवेयर से लेकर उनका प्रसंस्करण करता है और फिर उन्हें GUI में प्रदर्शित करता है। कार्टोसैट-2 श्रेणी के पैन्क्रोमाटिक (PAN) नीतभार के दूरमिति आंकड़ों के प्रदर्शन को चित्र-3 में दर्शाया गया है। दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर दूरमिति मापदण्डों को उनकी निम्न और उच्च सीमा के अनुसार भिन्न-भिन्न रंगों में प्रदर्शित करता है, जिससे कि यदि किसी मापदंड का मान अपनी सीमा से बाहर जाता है तो उसे ढूँढने में आसानी होती है।



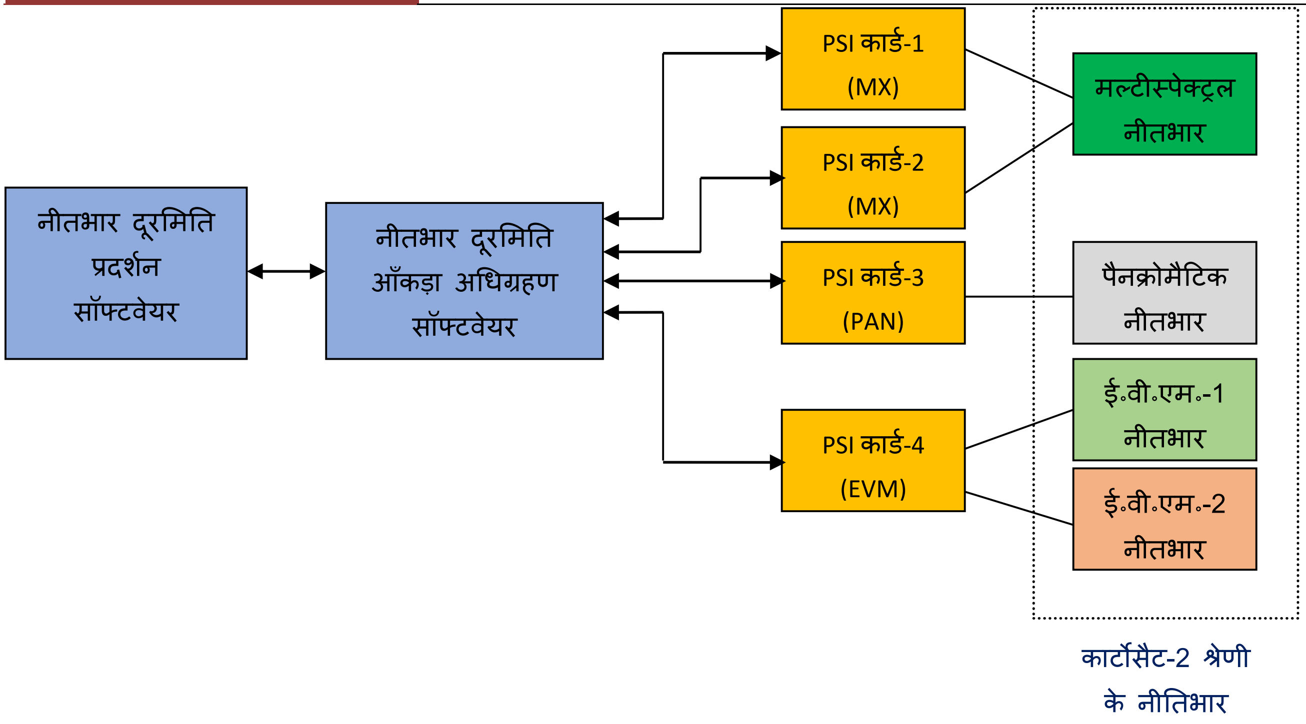

( चित्र-3-नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर का GUI प्रदर्शन)

## 6. समाकलित नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर:

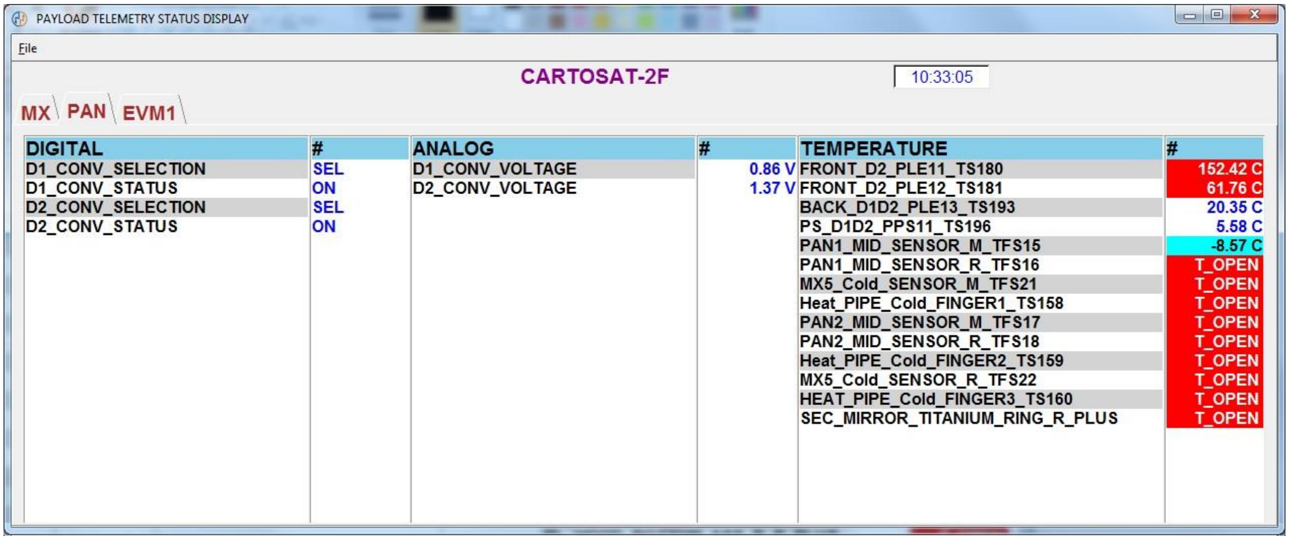
जब सभी नीतभारों को एक साथ जोड़ दिया जाता है और उनकी जाँच और मूल्यांकन संयुक्त रूप से किया जाता है, तब सभी नीतभारों की स्थिति को जानने के लिए उनके दूरमिति आंकड़ों को एक साथ अधिग्रहण करके प्रदर्शित करने की आवश्यकता होती है। सभी नीतभारों के दूरमिति आंकड़ों को एक साथ प्रदर्शित करने की जरूरत विशेषकर नीतभारों की ताप-निर्वात जाँच के दौरान होती है। यदि हम सभी नीतभारों के दूरमिति आंकड़ों को एक के बाद एक PSI कार्ड से अधिग्रहण करते हैं, तो इसमें सभी स्रोतों से दूरमिति आंकड़ों को अधिग्रहण करने में बहुत ज्यादा समय लगता है, क्योंकि सभी नीतभारों के दूरमिति आंकड़ें अलग-अलग PSI हार्डवेयर से आते हैं। नीतभारों की ताप-निर्वात जाँच के दौरान सभी नीतभारों की स्थिति को जल्दी से जल्दी प्रदर्शित करना बहुत जरूरी होता है, ज्यादा से ज्यादा जितना समय एक PSI हार्डवेयर को दूरमिति आंकड़ों को अधिग्रहण करने में लगता है। इसीलिये हमें सभी PSI हार्डवेयर से दूरमिति आंकड़ों को एक साथ अधिग्रहण करना और प्रदर्शित करना होता है। दूरमिति आंकड़ा अधिग्रहण और प्रदर्शन सॉफ्टवेयर में मल्टीथ्रेडिंग का उपयोग किया गया है, जिसके जरिये हम सभी PSI हार्डवेयर से एक साथ सभी नीतभारों के आंकड़ों को अधिग्रहण करके अलग-अलग पृष्ठों में प्रदर्शित कर सकते हैं।

कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभारों के दूरमिति मापदण्डों को अधिग्रहित और प्रदर्शित करने के लिए निर्मित समाकलित दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर के विन्यास को चित्र-4 में दर्शाया गया है।

कार्टोसैट-2 श्रेणी के नीतभारों के दूरमिति मापदण्डों के लिए चार एक समान PSI हार्डवेयर कार्ड का प्रयोग किया गया है। इनमें से दो PSI हार्डवेयर कार्ड मल्टीस्पेक्ट्रल (MX) नीतभार के लिए, एक PSI हार्डवेयर कार्ड पैन्क्रोमाटिक (PAN) नीतभार के लिए और एक PSI हार्डवेयर कार्ड ई.वी.एम.-1(EVM-1) और ई.वी.एम.-2 (EVM-2) नीतभार के लिए प्रयोग किया गया है। सभी नीतभारों के दूरमिति आंकड़ों को एक साथ प्रदर्शित करने के लिए नीतभार दूरमिति आँकड़ा अधिग्रहण सॉफ्टवेयर मल्टीथ्रेडिंग तकनीकी के माध्यम से एक साथ सभी PSI हार्डवेयर कार्ड से संपर्क स्थापित करके उनके दूरमिति आँकड़ों को अधिग्रहित करता है और नीतभार दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर उनको प्रदर्शित करता है, जिसको चित्र-5 में दर्शाया गया है।




( चित्र-4- समाकलित नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर का विन्यास)




( चित्र-5-समाकलित नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर का प्रदर्शन)

### 7. सॉफ्टवेयर की विशेषताएं:

- Tcl/Tk क्रास प्लेटफार्म प्रोग्रम्मिंग भाषा आधारित सॉफ्टवेयर
- नीतभारों की जरूरत के अनुसार आसानी से सॉफ्टवेयर में बदलाव
- एक साथ सभी नीतभारों के आंकड़ों का अधिग्रहण, प्रसंस्करण और प्रदर्शन
- एक साथ सभी नीतभारों के आंकड़ों का संग्रहण

### 8. भविष्य में अनुप्रयोग:

समाकलित नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर का उपयोग कार्टोसैट-2 श्रेणी के अंतरिक्षयान की ताप निर्वात प्रक्रिया के दौरान किया गया, जब सभी नीतभारों को एक साथ जोड़ दिया गया। इस प्रकार के समाकलित नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर का उपयोग भविष्य में आने वाले सभी मिशन में किया जा सकता है, जिसमें अंतरिक्षयान की जाँच और मूल्यांकन प्रक्रिया के आख़िरी चरण में उसके सभी नीतभारों को उसके साथ जोड़ दिया जाता है और उसकी स्थिति को जानने के लिए उसके दूरमिति आंकड़ों को एक साथ प्रदर्शित करने की आवश्यकता होती है। भविष्य में आने वाले अंतरिक्षयान मिशन जैसे GISAT-1, जिसमें उसके उद्देश्य के लिए चार नीतभारों (MX-VNIR, MX-LWIR, HyS-VNIR, HyS-SWIR) का उपयोग किया गया है और उसके मूल्यांकन के आख़िरी चरण में सभी नीतभारों की जाँच एक साथ करने की आवश्यकता पड़ सकती है।

### 9. निष्कर्ष:

विद्युत प्रकाशीय नीतभारों के लिए दूरमिति प्रदर्शन सॉफ्टवेयर को निर्मित किया गया है, जिसका मुख्य उद्देश्य नीतभारों की स्थिति को जानने के लिए दूरमिति आंकड़ों को अधिग्रहण करके

उनको प्रदर्शित करना होता है। नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर नीतभारों के दूरमिति आंकड़ों का संग्रहण भी करता है, जिनको भविष्य में किसी भी जरूरत के लिए उपयोग किया जा सके। कार्टोसैट-2 श्रेणी के अंतरिक्षयान के लिए निर्मित समाकलित दूरमिति सॉफ्टवेयर को कार्टोसैट-2सी, 2डी, 2ई तथा 2एफ के नीतभारों की ताप-निर्वात जांच के दौरान सफलतापूर्वक उपयोग किया गया है। इस प्रपत्र में हमने नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर की संरचना और उसके अंतरापृष्ठों का पूर्णतया वर्णन किया है तथा भविष्य में समाकलित नीतभार दूरमिति सॉफ्टवेयर की उपयोगिताओं का उल्लेख किया है।

## आभार

इस लेख को लिखने में प्रोत्साहन के लिए लेखक श्री तपन मिश्रा (निदेशक, सैक), श्री डी॰ के॰ दास (सह निदेशक, सैक), श्री एस॰एस॰सरकार (उप निदेशक, सेडा) के बहुत आभारी हैं। इस लेख को सही रूप से दिशा-निर्देश एवं अमूल्य मार्गदर्शन के लिए लेखक श्री डी॰आर॰गोस्वामी (समूह निदेशक, पी॰सी॰ई॰जी॰) तथा श्री आशीष मिश्रा (समूह प्रमुख, पी॰सी॰एस॰वी॰डी॰) के भी बहुत आभारी हैं। लेखक श्रीमती नीलू सेठ (वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी), श्री सोनू जैन (हिन्दी अधिकारी) तथा हिन्दी विभाग के सभी सहकर्मियों का आभार प्रकट करते हैं, जिन्होंने इस पत्र को त्रुटिरहित बनाने में अपना सहयोग दिया।

## संदर्भ:

[1] PDR and CDR Documents of Cartosat-2C Payloads, Doc ID: SAC/SEDA/14/05/2012/02

[2] Amit Dave, Jitendra Sharma and Anil Sukheja; "*A System for Concurrent Evaluation of Multiple IRS Cameras*"; ISRO Conference on Computer Technology for Space (CTS-2011); Bangalore; August 2011

[3] T&E Document of Payload Status Indicator (PSI) for Cartosat-2C Payloads, Doc. ID: PCED/PCEG/T&E/C2C/ PSI/12/2015

## लेखक परिचय

सुमित कुमार ने वर्ष 2007 में उत्तर प्रदेश टेक्निकल यूनिवर्सिटी, लखनऊ से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं कम्युनिकेशन इंजीनियरिंग में बी.टेक. की डिग्री प्राप्त की। इन्होंने वर्ष 2008 में सतीश धवन अंतरिक्ष केन्द्र, शार, श्रीहरिकोटा में रेंज ऑपरेशन्स विभाग में कार्य आरंभ किया और मिशन नियंत्रण केन्द्र में रहते हुये इन्होंने बहुत से पी.एस.एल.वी.और जी.एस.एल.वी. उपग्रह प्रक्षेपण अभियानों में अपना महत्पूर्ण योगदान दिया है। वर्ष 2014 से ये अन्तरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में संवेदक विकास क्षेत्र के नीतभार मूल्यांकन सॉफ्टवेयर प्रणाली विभाग में कार्यरत हैं।

अनिल सुखेजा ने देवी अहिल्या विश्वविद्यालय, इंदौर से वर्ष 1992 में एम.एस.सी. इलेक्ट्रॉनिक्स और वर्ष 1997 में कम्प्यूटर साइन्स एंड टेक्नालजी में एम॰टेक॰की डिग्री प्राप्त की। इन्होंने वर्ष 2001 में इसरो उपग्रह केन्द्र, बैंगलौर में भूमिगत जांच और मूल्यांकन समूह में कार्य आरंभ किया और बहुत से उपग्रहों के निर्माण में अपना महत्पूर्ण योगदान दिया है। वर्ष 2006 से ये अन्तरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में संवेदक विकास क्षेत्र के नीतभार मूल्यांकन सॉफ्टवेयर प्रणाली विभाग में कार्यरत हैं और इन्होंने बहुत से उपग्रहों के नीतभारों के निर्माण में अपना महत्पूर्ण योगदान दिया है।

जींतेन्द्र शर्मा ने वर्ष 1998 में मदन मोहन मालवीय इंजीनियरिंग कॉलेज, गोरखपुर से इलेक्ट्रॉनिक्स इंजीनियरिंग में बी.ई की डिग्री प्राप्त की। इसके पश्चात इन्होंने वर्ष 2002 में आई॰ आई॰ टी॰, रुड़की से कम्प्यूटर साइन्स एंड टेक्नालजी में एम॰टेक॰ की डिग्री प्राप्त की। इन्होंने वर्ष 2002 में अन्तरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद के संवेदक विकास क्षेत्र में कार्य आरंभ किया और नीतभार मूल्यांकन सॉफ्टवेयर प्रणाली विभाग में रहते हुये इन्होंने बहुत से विद्युत प्रकाशीय नीतभारों के निर्माण में अपना महत्पूर्ण योगदान दिया है।

अमित दवे ने वर्ष 1992 में एम.एस. विश्वविद्यालय, वडोदरा से कम्प्यूटर साइन्स एंड इंजीनियरिंग में बी.ई की डिग्री प्राप्त की। इन्होंने वर्ष 1994 में अन्तरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद के संवेदक विकास क्षेत्र में कार्य आरंभ किया और नीतभार मूल्यांकन सॉफ्टवेयर प्रणाली विभाग में रहते हुये इन्होंने बहुत से विद्युत प्रकाशीय नीतभारों के निर्माण में अपना महत्पूर्ण योगदान दिया है।

कमलेश राना ने अन्तरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद के संवेदक विकास क्षेत्र में कार्य आरंभ किया और नीतभार मूल्यांकन इलेक्ट्रोनिक्स विभाग में रहते हुये इन्होंने बहुत से विद्युत प्रकाशीय नीतभारों के निर्माण में अपना महत्पूर्ण योगदान दिया है।

**गुणवत्ता और विश्वसनीयता के लिए नवीन विचार**

# नाविक अंतरी-नौसंचालन अभिग्राही और उसके नए अनुप्रयोग

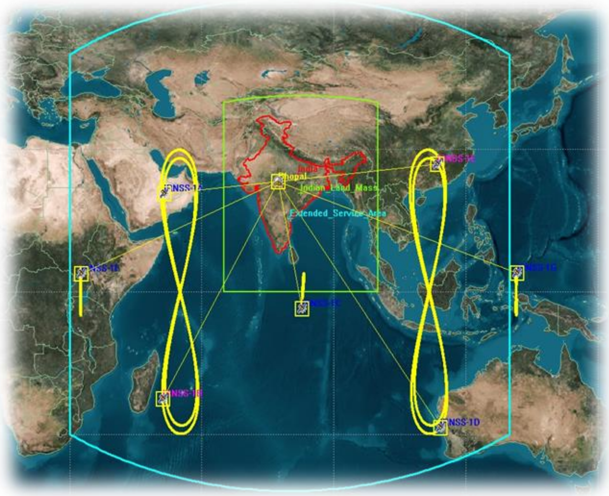
निष्काम जैन, वैज्ञानिक/अभियंता-एसई. (nishkamjain@sac.isro.gov.in)
एन.ए.डी./एन.ए.जी./एस.एस.ए.ए./अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत

**सारांश -**

*भारत में इसरो ने **"नाविक"** नामक नौसंचालन उपग्रह प्रणाली का सफलतापूर्वक विकास किया है। **भारत में निर्मित** उद्देश्य को चरितार्थ करते हुए इसरो ने सातों नौसंचालन उपग्रहों की श्रंखला को एक-एक कर पूर्ण कर लिया है। नौसंचालन जैसी जटिल व्यवस्था को भी दिन-रात चौबीसों घंटे सुचारू रूप से चलाकर इसरो ने नया कीर्तिमान स्थापित किया है। नाविक अभिग्राही के बहुत सारे अनुप्रयोगों का विकास अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो के वैज्ञानिकों द्वारा किया गया है। नाविक अभिग्राही अब एक चिप के स्वरुप में उपलब्ध है और इसको और उन्नत और विश्वसनीय बनाने पर जोर दिया जा रहा है। इसी प्रयास में नाविक के अंतरी-अभिग्राही को विकसित किया गया है जो की कुछ सेंटीमीटरों की सटीकता के साथ अपने स्थिति निर्धारण में सक्षम है। यह एक बहुत ही नए किस्म का अनुप्रयोग है जिसमे मौजूदा उपग्रह सिग्नलों का गैर-परम्परागत उपयोग करके बहुत ही परिशुद्ध स्थिति निर्धारण संभव हो सका है। प्रस्तुत लेख में अंतरी अभिग्राही के सिद्धांत और उसकी उपयोगिता को दर्शाया गया है। अंतरी-अभिग्राही के क्षेत्र परीक्षणों से प्राप्त आकड़े यह सिद्ध करते हैं की इसका प्रयोग उन खास अनुप्रयोगों जैसे भू एवं जल सर्वेक्षण के कार्य, भू-अधिकार अभिलेखों का डिजिटलीकरण, मानवरहित यानों का संचालन आदि में किया जा सकता है जहाँ हमें सेंटीमीटरों में परिशुद्ध स्थिति निर्धारण की आवश्यकता है।*

## 1. प्रस्तावना

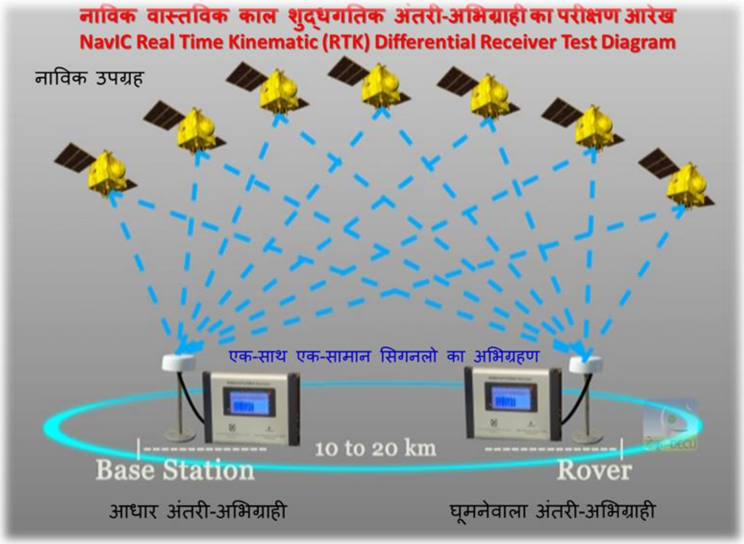
उपग्रह आधारित नौसंचालन सेवाओं से विश्व में क्रांति सी आ गयी है। आज उपग्रह आधारित नौसंचालन अनुप्रयोगों का बहुतायत में प्रयोग हो रहा है। विश्व की अर्थव्यवस्था इन अनुप्रयोगों पर दिन-ब-दिन निर्भर होती जा रही है। एक तरफ दिन-प्रतिदिन इन अनुप्रयोगों के प्रयोग में वृद्धि दर्ज हो रही है वही दूसरी तरफ सारे विश्व के वैज्ञानिक नित नए अनुप्रयोग खोजने में लगे हुए है जिनसे नौसंचालन सेवाओं की गुणवत्ता और विश्वसनीयता में सुधार लाया जा सके। अंतरी - नौसंचालन अभिग्राही इसी कड़ी में एक ऐसी ही महान खोज है जिसने सर्वेक्षण के क्षेत्र में सुगमता एवं क्रांति ला दी है। अभी तक सर्वेक्षण को सबसे कठिन, महंगे और समय लेने वाले कार्यों में गिना जाता था। अंतरी- नौसंचालन एक ऐसी ही कमाल की तकनीक है जिसने उपग्रह आधारित नौसंचालन सेवाओं के बारे में हमारे दृष्टिकोण को ही बदलने पर विवश कर दिया है। अभी तक प्राय: यह ही समझा जाता था की उपग्रह नौसंचालन से कुछ 4-5 मीटर की सटीक स्थिति निर्धारण ही प्राप्त हो सकता है। परंतु इस नयी तकनीक ने यह साबित कर दिया है की उपग्रह आधारित नौसंचालन एवं अंतरी-अभीग्राही के सम्मिलित प्रयोग से कुछ सेंटीमीटरों की स्थिति निर्धारण परिशुद्धता भी संभव है। विश्व के कुछ गिने चुने उपग्रह आधारित नौसंचालन सिस्टम जैसे अमेरिका द्वारा बनाये गए जीपीएस सिस्टम के अंतरी-अभिग्राही बाजार में उपलब्ध है जिन्हें आज प्राय सभी सर्वेक्षण के कार्यों में प्रयोग में लाया जा रहा है। हमारे भारत में किये जा रहे सरकारी या गैर सरकारी, सभी प्रकार के सर्वेक्षण कार्यों में भी इन्हीं जीपीएस सिस्टम के अंतरी-अभिग्राहियों पर ही निर्भरता है। न केवल यह अभिग्राही विदेशी देश के उपग्रहों के सिग्नलों पर निर्भर रहते हैं बल्कि यह लागत में भी काफी मँहगे होते हैं। इन विदेशी अभिग्राहियों पर हमारी निर्भरता के कारण भारत में आज भी सर्वेक्षण का कार्य बहुत मँहगा होने के कारण सीमित है। देश की इसी जरुरत को पूरा करने के लिए अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो द्वारा नाविक के अंतरी-अभिग्राही का विकास किया गया है। यह अंतरी-अभिग्राही क्या है और कैसे काम करता है यह विधि समझने से पहले आइए आपको नाविक के बारे में बताते हैं।



चित्र 1. इसरो द्वारा विकसित नाविक प्रणाली का भू-अनुरेख (ground-trace)

इसरो ने स्वदेश में ही निर्मित अंतरिक्ष आधारित नौसंचालन सिस्टम **"नाविक"** बनाया है। **"नाविक"** का पूर्ण अर्थ है **नैवीगेशन विथ इंडियन कॉनस्टिलेशन** अर्थात् **भारतीय उपग्रहों के द्वारा नौसंचालन**। इस भारतीय नौसंचालन सिस्टम का **"नाविक"** नामकरण हमारे माननीय प्रधानमंत्री श्री नरेन्द्र मोदीजी की देन है। **"नाविक"** नामकरण के पीछे आशय उन लाखों भारतीय नाविकों को यह सिस्टम समर्पित करना है जो सदियों से अथाह महासागर में बिना कोई अतिरिक्त मदद के, सिर्फ अपने हुनर ही की बदौलत अकेले ही सूर्य, तारों आदि से नौसंचालन करते आये है। कितने ही बहुमूल्य जीवन इस प्रयास में चले गए अतः नाविक शब्द हमारे नाविकों को समर्पित है एवं पूर्ण रूप से सार्थक एवं उपयुक्त है। नाविक सिस्टम का वैज्ञानिक नाम या परिभाषा है **आईआरएनएसएस** अर्थात् **इंडियन रीजनल नेवीगेशन सैटेलाईट सिस्टम**। इसका सादे शब्दों में अर्थ है **भारतीय क्षेत्रीय नौसंचालन उपग्रह प्रणाली**। इसरो द्वारा इस सिस्टम की परिकल्पना की गए थी एवं इसमें सात उपग्रहों का समूह अंतरिक्ष में स्थापित किया गया है। यह सातों उपग्रह दिन-रात स्वदेशी नौसंचालन सिग्नल अंतरिक्ष से भेजते रहते हैं जिनका प्रयोग भारतीय प्रायदीप में स्तिथ करोडो नाविक अभिग्राही कर

सकते हैं। नाविक सिस्टम का नियंत्रण पूर्ण रूप से भारत करता है एवं इसके सभी घटक जैसे सातों नाविक उपग्रह, सभी नियंत्रण केंद्र एवं नाविक अभिग्राही इसरो द्वारा विकसित किये गए हैं। "नाविक" के प्रयोग से हम आत्मनिर्भर हुए हैं और नौसंचालन की समस्त आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए अब हमें विदेशी नौसंचालन सिस्टम पर निर्भर रहने की जरुरत नहीं है।




चित्र 2. **नाविक अंतरी-अभिग्राही का सिद्धांत एवं परीक्षण आलेख**

## 2. नाविक अभिग्राही के विविध अनुप्रयोग:

नौसंचालन उपग्रहों के सिग्नलों को प्राप्त करने के लिए एक नौसंचालन अभिग्राही की आवश्यकता होती है। यह अभिग्राही हमें पृथ्वी की सतह पर हमारी सटीक त्रिआयामी स्थिति निर्धारण, गति निर्धारण एवं सटीक समय से अवगत कराता है। अहमदाबाद स्थित अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो ने नाविक अभिग्राही और उसके बहुत सारे अनुप्रयोग विकसित किये है जैसे मोटर गाड़ियों का सड़क पर नौसंचालन और निगरानी, रेल मार्ग पर ट्रेनों की स्वचालित निगरानी एवं प्रबंधन, मानवरहित रेलवे क्रासिंग पर चेतावनी सायरन, समुद्री नावों के आवागमन का प्रबंधन और समुद्री सीमा की चौकसी, भू एवं जल सर्वेक्षण, भू-अधिकार अभिलेखों का डिजिटलीकरण, मानवरहित यानों का संचालन, आपदा प्रबंधन, आपदापूर्व चेतावनी संकेतों का प्रदान, मछुआरों को उनकी स्थिति एवं अंतर्राष्ट्रीय सीमा सूचक संकेतों का प्रदान, आपदा वाहनों की व्यवस्था, समय और आवृत्ति (frequency) समकालन (synchronisation), अंतरिक्ष अनुसंधान इत्यादि। इन सभी अनुप्रयोगों में से कुछ ऐसे अनुप्रयोग भी है जिनमे कुछ सेंटीमीटरों जितनी स्थिति निर्धारण परिशुद्धता की महती आवश्यकता होती है। इन खास अनुप्रयोगों को नाविक के अंतरी-अभिग्राही के द्वारा पूरा किया जाता है। इसे खासतौर पर सर्वेक्षण के कार्यों में प्रयोग में लाया जा सकता है। अंतरी नाविक सिग्नलों पर काम करने वाले इस अंतरी-अभिग्राही से कुछ सेंटीमीटरों की स्थिति, सटीक रूप से प्राप्त होती है।

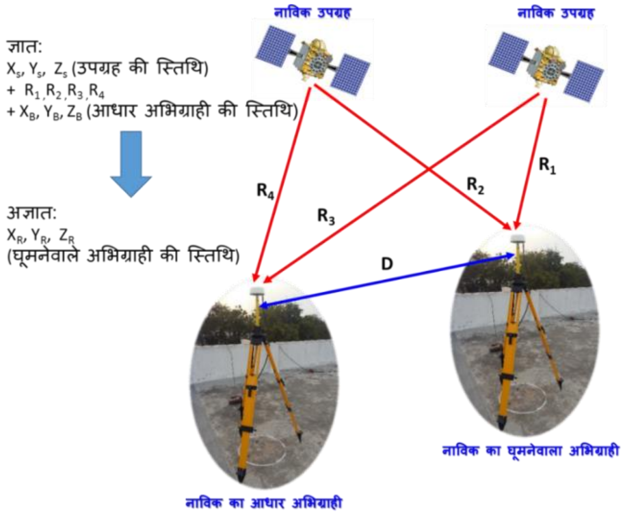
## 3. नाविक अंतरी-अभिग्राही का सिद्धांत:

यह अंतरी अभिग्राही क्या नयी चीज़ है? आइये यह समझते हैं। सामान्य नौसंचालन प्रणाली में हमें एक ही अभिग्राही की आवश्यकता होती है जोकि नौसंचालन उपग्रहों के सिग्नलों का अभिग्रहण करता है और उनके उपयोग से अपनी सटीक स्थिति का निर्धारण करता है।

अंतरी-अभिग्राही में दो अभिग्राहियों का एक-साथ समावेश किया जाता है। दोनों अभिग्राही कुछ ही मीटरों की दूरी से लेकर लगभग 10-20 किलोमीटर की दूरी पर हो सकते हैं। दोनों अभिग्राही एक समय पर एक-समान उपग्रहों के सिग्नलों का एक साथ अभिग्रहण कर रहे होते हैं। एक अभिग्राही **आधार-अभिग्राही** कहलाता है और दूसरा अभिग्राही **घूमनेवाला-अभिग्राही** कहलाता है। आधार-अभिग्राही को उस एक निश्चित स्थान पर स्थापित किया जाता है जिसकी त्रिआयामी स्थिति हमें पहले से ही बड़ी परिशुद्धता से ज्ञात होती है। एक आधार-अभिग्राही की स्थापना के पश्चात् दूसरे घूमने वाले अभिग्राही को लेकर हम आधार-अभिग्राही के चारों और लगभग कुछ ही मीटरों से लेकर 10-20 किलोमीटर की त्रिज्या में घूम सकते हैं। घूमने वाला अभिग्राही, आधार अभिग्राही के परिपेक्ष्य में अपनी स्थिति का निर्धारण बहुत ही सटीक विधि से करता है।

## 4. सटीक स्थिति निर्धारण की चुनौतियाँ:

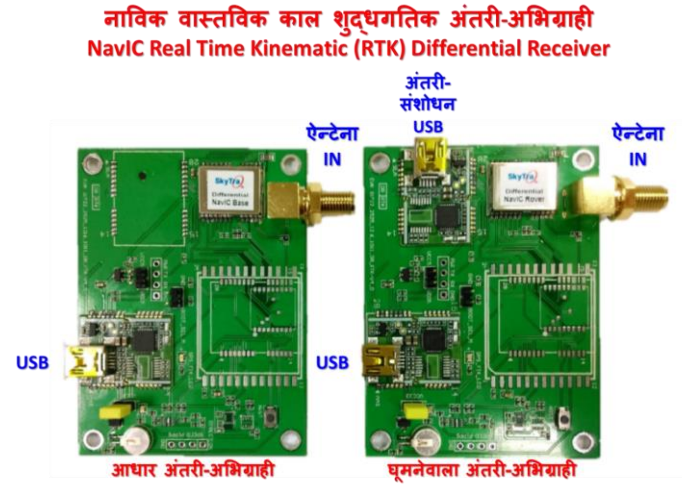
नौसंचालन उपग्रह के सिग्नल अंतरिक्ष से अभिग्राही तक सफर करते हैं। इन सिग्नलों को अपने रास्ते में बहुत सारी त्रुटियों और अभिनति/बायस का सामना करना पड़ता है। कुछ त्रुटियाँ उपग्रह की आणविक-घडी और पंचांग के पूर्वानुमान करने में नियंत्रण केंद्र द्वारा हो सकती है। साथ ही नौसंचालन सिग्नलों के इस सफर में उनकी गति में भी बहुत सारे कारणों से परिवर्तन आता है। आदर्श रूप में यह गति प्रकाश की गति (299792458 मीटर/सेकंड) जितनी होनी चाहिए परंतु जब यह सिग्नल पृथ्वी के वातावरण में से गुजरते हैं तब उस वातावरण में खासकर आयन-मंडल विलंब के कारण उनकी गति में परिवर्तन आता है और यह थोड़ी घट जाती




चित्र 3. **नाविक अंतरी-अभिग्राही का कार्यकारी सिद्धांत**

है। यह आयन-मंडल विलंब और उसके कारण गति परिवर्तन का सटीक अनुमान लगाना काफी कठिन काम है क्योंकि यह विलंब समय और स्थान के साथ परिवर्तित होता रहता है। भारतीय उपमहाद्वीप चूंकि भूमध्य-रेखा के समीप है इसलिए यहाँ सूर्य की किरणों की अधिकता के कारण आयन-मंडल विलंब बहुत की परिवर्तनशील बना रहता है। किसी भी अभिग्राही के लिए सिग्नल गति को नापना बहुत ही महत्वपूर्ण होता है क्योंकि अभिग्राही की

स्थिति परिशुद्धता उसकी छद्म-परास परिशुद्धता पर आश्रित रहती है, और छद्म-परास को नापने की प्रक्रिया में सिग्नलों की गति का सटीक अनुमान परम आवश्यक होता है। ज्यादातर अभिग्राही आयन मंडल विलंब को मापने के लिए कोई न कोई आयन-मॉडल का प्रयोग करते हैं जिसके कारण छद्म-परास परिशुद्धता की एक सीमा आ जाती है और उस से बेहतर स्थिति निर्धारण परिशुद्धता प्राप्त करना कठिन हो जाता है। आयन-मंडल से गुजरने के बाद यह सिग्नल क्षोभ-मंडल से गुजरते हैं जिसके कारण भी सिग्नल गति में परिवर्तन आता है। इस परिवर्तन को भी किसी क्षोभ-मॉडल के द्वारा नापा जाता है जोकि छद्म-परास परिशुद्धता की सीमा को और प्रभावित करता है। ऊपर बताई गयी आणविक-घडी और पंचांग के पूर्वानुमान, आयन-मंडल और क्षोभ-मंडल विलंब के अनुमान में आयी हुई यह तीनों त्रुटियाँ और बायस एक सामान्य नौसंचालन



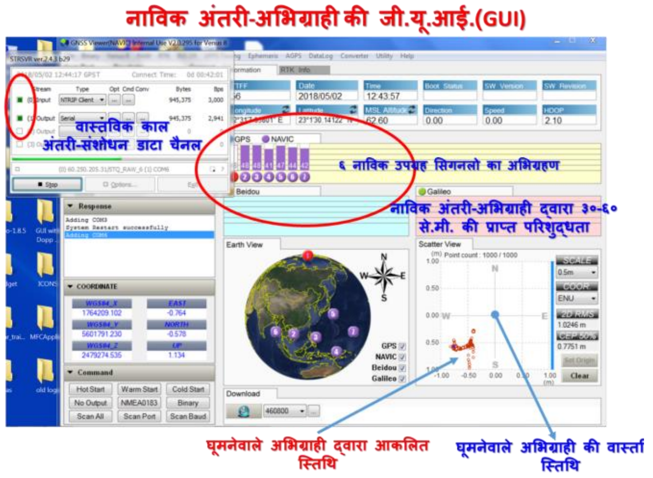

चित्र 4. **नाविक के आधार-अभिग्राही और घूमनेवाला-अभिग्राही का चित्र**

अभिग्राही की स्थिति परिशुद्धता को सीमित कर देते हैं और उस से अधिक एक अभिग्राही की स्थिति निर्धारण गुणवत्ता में सुधार लाना असंभव सा प्रतीत होता है।

## 5. नाविक अंतरी-अभिग्राही की संरचना :

यहाँ पर हमारा अंतरी-नौसंचालन अभिग्राही काम आता है जो इस कमी को बखूबी दूर करता है। यह कमाल होता है इसके अनूठे दो-अभिग्राहियों के सम्मिलित प्रयोग से। जैसा कि हमने पहले बताया की दोनों आधार-अभिग्राही और घूमनेवाला-अभिग्राही एक समय पर एक-समान उपग्रहों के सिग्नलों का एक साथ अभिग्रहण कर रहे होते हैं। इससे फायदा यह होता है की दोनों अभिग्राहियों की एक-सामान त्रुटियाँ और बायस जैसे उपग्रह के आणविक-घड़ी और पंचांग के पूर्वानुमान, आयन-मंडल और क्षोभ-मंडल विलंब के अनुमान की त्रुटियाँ, अंतरी-अभिग्रहण के समीकरण में ही निरस्त हो जाती है। चूंकि दोनों अभिग्राहियों की आपसी दूरी बहुत ज्यादा नहीं होती और दोनों एक ही समय पर कार्य करते हैं इसलिए इन त्रुटियों को दोनों जगहों पर एक-सामान मान लिया जाता है। कुछ त्रुटियाँ जैसे बहु-पथ रव और स्वयं अभिग्राहीजनित रव भी होती है जो दोनों अभिग्राहियों की एक सामान नहीं होती है उनके कारण अंतरी-अभिग्राही बनाने और उसके प्रयोग में चुनौतियाँ पेश आती है। इन चुनौतियों को भी अच्छे ऐन्टेना अभिकल्प (जैसे चोक-रिंग ऐन्टेना) और अच्छे अभिग्राही कलन-विधि द्वारा हल किया जा सकता है।

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा नाविक अंतरी-अभिग्राही का विकास कार्य स्काईट्रैक ताइवान एवं यूनिसन इलेक्ट्रॉनिक्स, गांधीनगर के सम्मिलित प्रयास से किया गया है। ऊपर दिए चित्र संख्या 4 में नाविक के आधार अभिग्राही एवं घूमनेवाले अभिग्राही की चिप और पी.सी.बी. को दर्शाया गया है। यह बहुत ही छोटे स्वरुप में विकसित किये गए है (17mm X 22mm) एवं इनकी उर्जा की खपत भी 200 मिलीवॉट से कम है। आधार अभिग्राही में एक यू.एस.बी पोर्ट है जो की अंतरी संशोधनों का प्रदान करता है। घूमनेवाले-अभिग्राही में दो यू.एस.बी पोर्ट है जिसमे पोर्ट एक से एन.एम.ई.ए डाटा का प्रदान होता है वहीं दूसरे पोर्ट से अंतरी संशोधनों का ग्रहण किया जाता है।




चित्र 5. **नाविक के अंतरी-अभिग्राही के क्षेत्र परीक्षण आकड़े**

अंतरी-अभिग्राही के जो दो भाग हमने बताये है, आधार अभिग्राही और घूमनेवाला अभिग्राही, उन दोनों के बीच एक वास्तविक काल डेटा चैनल भी होता है। यह चैनल दोनों अभिग्राहियों के बीच वास्तविक काल संपर्क स्थापित करते हुए, अंतरी संशोधनों को भेजने का काम करता है। प्राय यह संशोधन आधार अभिग्राही से घूमनेवाले अभिग्राही को भेजे जाते हैं। घूमनेवाले अभिग्राही आवश्यकतानुसार अनेक भी प्रयोग में लाये जाते हैं। अंतरी-संशोधनों में आधार अभिग्राही की वास्तविक त्रिआयामी स्थिति निर्देशांक, उसके द्वारा नापे गए हर उपग्रह के छद्म-परास और वाहक प्रावस्था शामिल होते हैं जोकि वास्तविक काल में सभी घूमनेवाले अभिग्राहियों को भेजे जाते हैं। इन संशोधनों को प्राप्त करके घूमनेवाला अभिग्राही, आधार अभिग्राही के सन्दर्भ में अपनी खुद की सटीक त्रिआयामी स्थिति और गति का निर्धारण करता है। इस निर्धारण में जैसा की पूर्व में बताया गया सभी समान त्रुटियाँ निरस्त हो जाती है इसलिए स्थिति और गति का निर्धारण बहुत ही परिशुद्ध रूप में प्राप्त होता है। सामान्य अभिग्राही जहाँ 4-5 मीटर जितनी परिशुद्धता दे पाता है वही अंतरी अभिग्राही से कुछ सेंटीमीटरों में सटीक स्थिति निर्धारण प्राप्त होता है। क्षेत्र में प्रयोग के समय आधार अभिग्राही और घूमनेवाले अभिग्राही के बीच जब वास्तविक काल डाटा चैनल प्रयुक्त होता है तो उस अंतरी अभिग्राही को आर.टी.के. (रियल टाइम काईनिमाटिक) या वास्तविक काल शुद्धगतिक अंतरी-अभिग्राही कहते हैं। यह एक बहुत ही नए किस्म

अनुक्रमणिका

का नौसंचालन अनुप्रयोग है जिसमे मौजूदा उपग्रह सिग्नलों का गैर-परम्परागत उपयोग करके बहुत ही परिशुद्ध स्थिति निर्धारण संभव हो सका है। यदि क्षेत्र में प्रयोग करते समय, आधार अभिग्राही और घूमनेवाले अभिग्राही के बीच वास्तविक काल डाटा चैनल ना भी हो तब भी दोनों का डाटा संगृहीत करके, पश्च-संसाधन के द्वारा सटीक स्थिति और गति का निर्धारण किया जा सकता है।

वास्तविक काल शुद्धगतिक अंतरी-अभिग्राही में जो डाटा चैनल होता है उसको दो प्रकार से उपयोग में लाया जाता है। एक तरह के अभिग्राही में वी.एच.एफ./यू.एच.एफ. रेडियो-मॉडेम का प्रयोग वास्तविक काल डाटा चैनल के लिए होता है। रेडियो मॉडेम का प्रयोग प्राय संरेखण रेखा (Line of Sight) जितनी दूरी पर या सुदूर क्षेत्रों में अधिक किया जाता है जब दोनों अभिग्राही एक दूसरे को देख सकते हो और उनके मध्य में बड़े व्यावधान जैसे इमारतें या पहाड़ इत्यादि नहीं होते हैं। बीच में व्यावधान होने पर डाटा लिंक समाप्त हो सकती है या उसकी वास्तविक परास में कमी आ सकती है। दूसरे तरह के अभिग्राहियों में आजकल इंटरनेट डाटा चैनल का भी प्रयोग होने लगा है। इसमें दोनों अभिग्राही इंटरनेट से जुड़े रहते हैं और वास्तविक काल में डाटा संपर्क इंटरनेट के द्वारा होता है। डाटा चैनल के द्वारा जो अंतरी-संशोधन भेजे जाते हैं उसमे कई मानक भी प्रयोग में लाये जाते हैं जैसे आर.टी.सी.एम.-एस.सी.-104 मानक के 18-21 संदेश बहुतायत में सभी अंतरी-अभिग्राहियों द्वारा प्रयोग में लाये जाते हैं। कुछ अंतरी-अभिग्राही निर्माता अपने स्वयं के मानक का भी प्रयोग करते है। हमारे नाविक के अंतरी अभिग्राही में इंटरनेट के द्वारा वास्तविक काल में संपर्क स्थापित किया गया है। आधार अभिग्राही को एक लैपटॉप से जोड़ा जाता है जोकि इंटरनेट से जुड़ा होता है। घूमनेवाले अभिग्राही को भी एक अलग लैपटॉप से जोड़ा जाता है जो भी इंटरनेट से जुड़ा रहता है। दोनों ही लैपटॉप में आर.टी.के.लिब ओपनसोर्स सॉफ्टवेर की मदद से, एनट्रिप प्रोटोकॉल के द्वारा अंतरी संशोधनों का वास्तविक काल में इंटरनेट के द्वारा आदान-प्रदान किया जाता है। यहाँ इंटरनेट की गति भी महत्त्वपूर्ण है क्योंकि अंतरी संशोधनों की समय की मर्यादा रहती है। यदि संशोधन बीच में न पँहुचे या थोड़ी देरी से पहुचे तो अंतरी अभिग्रहण की परिशुद्धता को प्रभावित कर सकते हैं। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा क्षेत्र परीक्षणों में, छह नाविक उपग्रहों के प्रयोग से इन अभिग्राहियों की परिशुद्धता 30-60 सेंटीमीटर तक मापी गयी है जोकि सामान्य नाविक अभिग्राही की तुलना में काफी अच्छी है। इन अभिग्राहियों से नाविक की गुणवत्ता और विश्वसनीयता में उल्लेखनीय सुधार आया है।

## 6. निष्कर्ष :

नाविक के अंतरी-अभिग्राही का प्रयोग उन खास अनुप्रयोगों में किया जा सकता है जहाँ हमें सेंटीमीटरों में परिशुद्ध स्थिति निर्धारण की आवश्यकता होती है, इनमे प्रमुख है भू एवं जल सर्वेक्षण के कार्य, भू-अधिकार अभिलेखों का डिजिटलीकरण, मानवरहित यानों का संचालन आदि। भारत में इन खास अनुप्रयोगों के विकास की अपार संभावनाएँ मौजूद है। अभी तक सभी नौसंचालन उपयोगकर्ता बहुत ही मँहगे विदेशी अंतरी अभिग्राहियों का उपयोग करते आये हैं। इसकी जगह नाविक का अंतरी-अभिग्राही प्रयोग में लाया जा सकता है जिसको उपयोगकर्ताओं के बीच लोकप्रिय बनाने के प्रयास भी अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा किये जा रहे हैं। शीघ्र ही भारत में समस्त उच्च परिशुद्धता के नौसंचालन अनुप्रयोगों में नाविक का प्रयोग होने लगेगा और विदेशी अंतरी अभिग्रहण पर हमारी निर्भरता पूर्णतः समाप्त हो जायेगी।

**लेखक परिचयः श्री निष्काम जैन वर्ष 2005 से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र अहमदाबाद में कार्यरत है। इन्होंने उपग्रह आधारित नौसंचालन के क्षेत्र में काफी समय से काम किया है, एवं देश का प्रथम नाविक अभिग्राही बनाने वाली टीम इसरो के एक महत्वपूर्ण सदस्य है। नाविक अभिग्राही की गुणवत्ता के समस्त परीक्षणों में भी इनका सराहनीय योगदान रहा है और वर्तमान में यह अपनी टीम के साथ नाविक को जन-जन तक पहुचाने और उसके नए अनुप्रयोगों बनाने में प्रयासरत है।**

## पारिभाषिक शब्दावलीः

**NMEA: National Marine Electronics Association data format for Navigation Receivers**
**RTKLIB: Real Time Kinematic Open source Library**
**NTRIP: Network transmission of RTCM via Internet protocol**
**USB : Universal serial Bus, VHF: Very High Frequency, UHF: Ultra High Frequency**
**RTCM: Radio Technical Commission for Maritime Services**

## आभार:

**श्री अफजल, सुश्री राधिका, श्री आशीष, श्री कल्पेश, श्री वी. के. टाँक प्रधान-एन.ए.डी./एन.ए.जी./एस.एस.ए.ए**
**श्री सौरभ, श्री आशीष एस.एन.टी.डी/एस.एन.जी.जी, श्री कौशिक ई.पी.एस.ए/ए.ओ.एस.जी/जी.आर.डी**
**श्री अतुल पी. शुक्ला, जी.डी.-एन.ए.जी./एस.एस.ए.ए, श्री निलेश एम. देसाई डीडी-एस.एस.ए.ए**

***

# एकल-पिक्सल-कैमरा : एक अभिकल्पना एवं इमेज पुनरुत्पादन के लिये एल्गोरिथ्म का विकास

जितेन्द्र कुमार एवं बी,एन. शर्मा, वैज्ञानिक/अभियंता-एस.ई.
ई.ओ.पी.आई.डी.,ई.ओ.एस.डी.आई.जी.,सेडा/ सैक
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
jitendra@sac.isro.gov.in

**सारांश :**

*एक मानक डिजिटल कैमरा, इमेज के प्रत्येक क्षेत्र में प्रकाश की मात्रा निर्धारित करने के लिए ज्यादा से ज्यादा संख्या में फोटो सेंसर का उपयोग करता है, जिसे पिक्सल के रूप में जाना जाता है। उदाहरण के लिए, एक 10 मेगापिक्सल कैमरा एक सीसीडी या सीएमओएस प्रकाश संवेदक का उपयोग कर 10,000,000 पिक्सल मापता है। जैसे-जैसे आजकल तकनीकी में बदलाव हो रहे हैं, उसी के अनुरूप उनके अनुप्रगोग में दिनोंदिन कुछ न कुछ कमी भी सामने आ रही है। उदाहरणस्वरूप ऊर्जा तथा भार के अतिरिक्त कैमरे के अनुप्रगोग में प्रयुक्त होने वाले सीसीडी और सीमोस तकनीकी की वृहद इन्फ्रारेड/पराबैंगनी ऑप्टिकल रेंज पर अनुपलब्धता, सीसीडी और सीमोस में बढ़ती पिक्सल संख्या के साथ बढती अंतर-पिक्सल त्रुटि, उच्च डाटा दर आदि, ये सीमायें कैमरा विकास क्षेत्र में विभिन्न नवाचारों के अध्याय खोलती हैं। एकल-पिक्सल-कैमरा (स.प.क.) इस क्षेत्र में एक अत्याधुनिक तकनीकी है, जिसमें पूरी इमेज को मापने के लिए मेगापिक्सल के स्थान पर मात्र एक प्रकाश सेंसर का ही उपयोग किया जाता है।*

## 1. प्रस्तवाना

एक पारंपरिक डिजिटल कैमरा सैंसिंग तत्वों की एक आयताकार श्रृंखला-समूह पर एक साथ प्रकाश केंद्रित कर प्रकाश तीव्रता को मापता है। वहीं स.प.क. में प्रकाश को सेंस करने के लिये मात्र एक ही पिक्सल (फोटो-डिटेक्टर) होता है, जोकि एक के बाद एक प्रकाश तीव्रता के आकड़े जुटा कर, मेगा-पिक्सेल्स के समतुल्य इमेज बनाता है। स.प.क. संपीडित संवेदन तकनीकी पर आधारित है। जिसमें पहले ही चरण (प्रकाशीय डोमेन) में इमेज को संपीडित कर दिया जाता है, और फिर उसे एनालोग टू डिजिटल कनवर्टर द्वारा डिजिटल डाटा के रूप में रिकॉर्ड किया जाता है। जबकि पारंपरिक कैमरों में पहले चरण में प्रत्येक पिक्सल के आंकड़ों को रिकॉर्ड किया जाता है, तदुपरांत उचित संपीडित एल्गोरिथ्म के द्वारा अतिरेक पिक्सलों को खत्म कर दिया जाता है। अतिरेक पिक्सल वे पिक्सल होतें हैं जिनमें बहुत कम इनफोर्मेशन होती है, जैसे कि स्पष्ट नीले आकाश की पृष्ठभूमि वाली इमेज में पृष्ठभूमि की इनफोर्मेशन वाले पिक्सल। इस प्रकार से वह कैमरा जो संपीडित संवेदन का उपयोग करता है, और उसमें इमेज को रिकॉर्ड करने के लिये एक ही पिक्सल सेंसर हो, स.प.क. है।

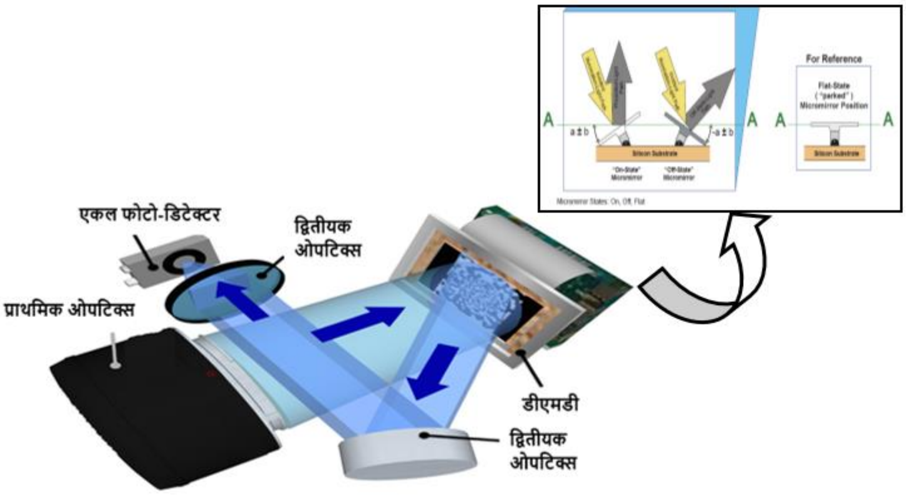
स.प.क., टेक्सास, अमेरिका के ह्यूस्टन में राइस विश्वविद्यालय में रिचर्ड बरानियुक और केविन केली के वर्ष 2006 के शोध का परिणाम है। इस कैमरे की इमेजिंग प्रक्रिया में माइक्रोमिरर डिवाइस (सूक्ष्म दर्पण का व्यूह) की सहायता से एक एकल फोटो डिटेक्टर पर प्रकाश को फोकस किया जाता है। फिर यह सूक्ष्म दर्पण की व्यवस्था को बदलता है और प्रक्रिया को दोहराता है और प्रत्येक व्यवस्था के लिये आंकड़ों को रिकॉर्ड करता रहता है। इस प्रक्रिया का प्रत्येक दोहराव एक-दूसरे से पूर्णतः अलग होता है। शोध के अनुसार इन रिकॉर्ड किये गये आंकड़ों का विश्लेषण करके पारंपरिक डिजिटल कैमरा के समतुल्य इमेज बनायी जा सकती है।

## 2. एकल पिक्सल कैमरे का सामान्य कार्यविधि सिद्धांत

एक एकल-पिक्सल-कैमरे में, ऑब्जेक्ट इमेज को एक प्राथमिक ऑप्टिकल लेंस के माध्यम से एक डिजिटल माइक्रोमिरर डिवाइस (डीएमडी) पर फोकस किया जाता है। यह डीएमडी एक माइक्रोस्कोपिक मिरर्स का द्विविमीय श्रृंखला समूह (array) होता है, जिसे अलग-अलग तीन स्थितियों +15 डिग्री,-15 डिग्री या 0 डिग्री (फ्लैट-स्टेट) पर झुकाया जा सकता है। डीएमडी के इन माइक्रो मिरर्स को आवश्यक इलेक्ट्रोनिक्स सिस्टम के द्वारा मोड्युलन कर, ऑब्जेक्ट इमेज के प्रकाश को द्वितीयक ऑप्टिकल लेंस के द्वारा फोटो-डिटेक्टर (एकल पिक्सल) पर केंद्रित कर दिया जाता है।ये माइक्रो मिरर्स इस तरह से झुकाए जाते हैं, किसी एक समय पर, डीएमडी के कुछ पिक्सल (माइक्रो मिरर्स) ही फोटो-डिटेक्टर पर केंद्रित हों, जबकि शेष प्रकाश अवशोषक पर केंद्रित हो। एकल पिक्सल पर आपतित प्रकाश की इस तीव्रता को माप लिया जाता है। इस पूरी प्रक्रिया को कई बार करके, और हर बार अलग दर्पण व्यवस्था के लिए प्रकाश की तीव्रता को मापकर कई मापन आंकड़े एकत्रित कर लिए जाते हैं। इन मापनों में निहित प्रकाश की तीव्रता के आधार पर, एक जटिल एल्गोरिथ्म से इन मापनों को प्रोसेस किया जाता है, और ऑब्जेक्ट इमेज का समरूप व्युत्पादित कर लिया जाता है। चूँकि इन मापनों की संख्या (प्रकाश तीव्रता तत्व), डीएमडी में उपस्थित पिक्सल संख्या (माइक्रो मिरर्स) से काफी कम होती है, अतः भौतिक रूप से यह प्रक्रिया प्रकाशीय क्षेत्र में संपीडन को सिद्ध करती है। चित्र-1 में एकल पिक्सल कैमरे के कार्य-विधि को समझाया गया है।

## 3. संपीडन के मुख्य चरण

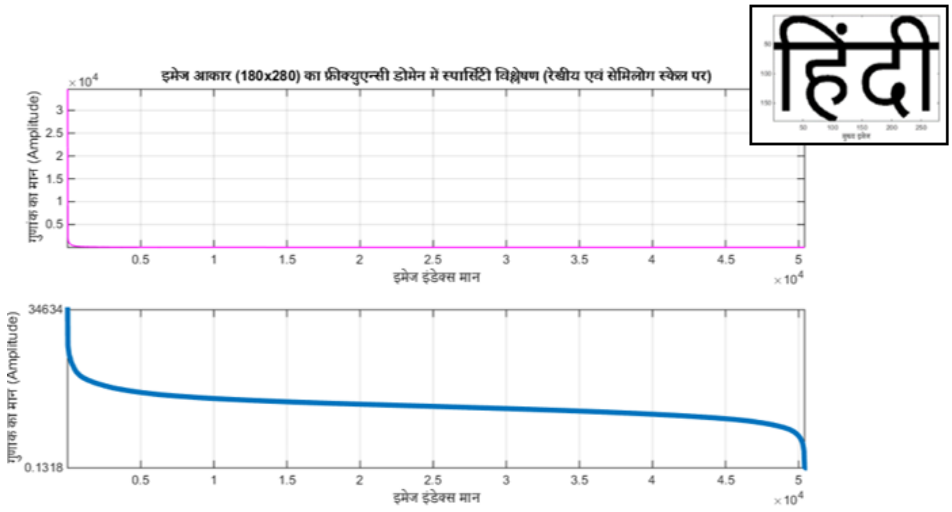
कोई भी डिजिटल संपीडन प्रकिया, मूलतः इस बात पर आधारित होती है कि उसमें से अतिरेक इन्फोर्मेशन को हटा कर, केवल और केवल आवश्यक इन्फोर्मेशन तत्वों को कोडित कर दिया जाये, और ये कोडित इन्फोर्मेशन, कोडन प्रक्रिया के आधार पर रिकॉर्ड कर ली जाती है। अब चूँकि कोडन प्रक्रिया पूर्व निर्धारित मानक मानदंडों का अनुसरण करती है, अतः इसी के आधार पर इन्फोर्मेशन को डिकोड कर लिया जाता है।




चित्र-1 एकल पिक्सल कैमेरे के मुख्य तत्व

एक डिजिटल इमेज संपीडन सिस्टम द्वारा इमेज बनाने के लिये मुख्य चरण हैं;

- एक ऐनालोग सिग्नल को सेंसर के द्वारा इस प्रकार सेम्पल किया जाये कि, इन डिजिटल सेम्पल की संख्या पर्याप्त अधिक (sufficiently large) हो।
- फिर इन डिजिटल सेम्पलों को एक उपयुक्त डोमेन में परिवर्तित किया जाता है, जिससे कि वे अपेक्षाकृत कम संख्या में ऊर्जा गुणांक को निहित कर सकें। ऐसा कर देने से, मुख्य सिग्नल को उसके प्रतिनिधित्व में परिणाम गुणांक के रेखीय योग में व्यक्त किया जा सकता है। चूँकि अधिकतम परिमाण वाले (मुख्य सिग्नल की प्रतिनिधित्व मात्रा) गुणांकों की मात्रा कम होती है, और इस तरह केवल कुछ ही गुणांकों में महत्वपूर्ण ऊर्जा मात्रा होती है। यह प्रक्रिया चित्र-2 में समझायी गयी है।




चित्र-2 डोमेन परिवर्तन का महत्व

- अब इन बड़े गुणांक के स्थानों को कुशलता से कोड करने के लिये, गुणांकों के परिवर्तन की दुर्लभता (sparsity of transform coefficient) का उपयोग किया जाता है। इन्हीं बड़े गुणांकों को मात्राबद्ध (quantized) और एंट्रोपी कोडित किया जाता है और अंत में यही कोडित प्रतिनिधित्व रिकॉर्ड या उचित डिकोडर को प्रेषित किया जाता है। यह डिकोडर इन प्रक्रिया के चरणों को विपरीत क्रम में दोहराकर मूल इमेज के समतुल्य गुणवत्ता के आकड़े प्रस्तुत करता है।

## 4. एकल पिक्सल कैमरे में प्रयुक्त संपीडन-संवेदन (CS-सीएस)

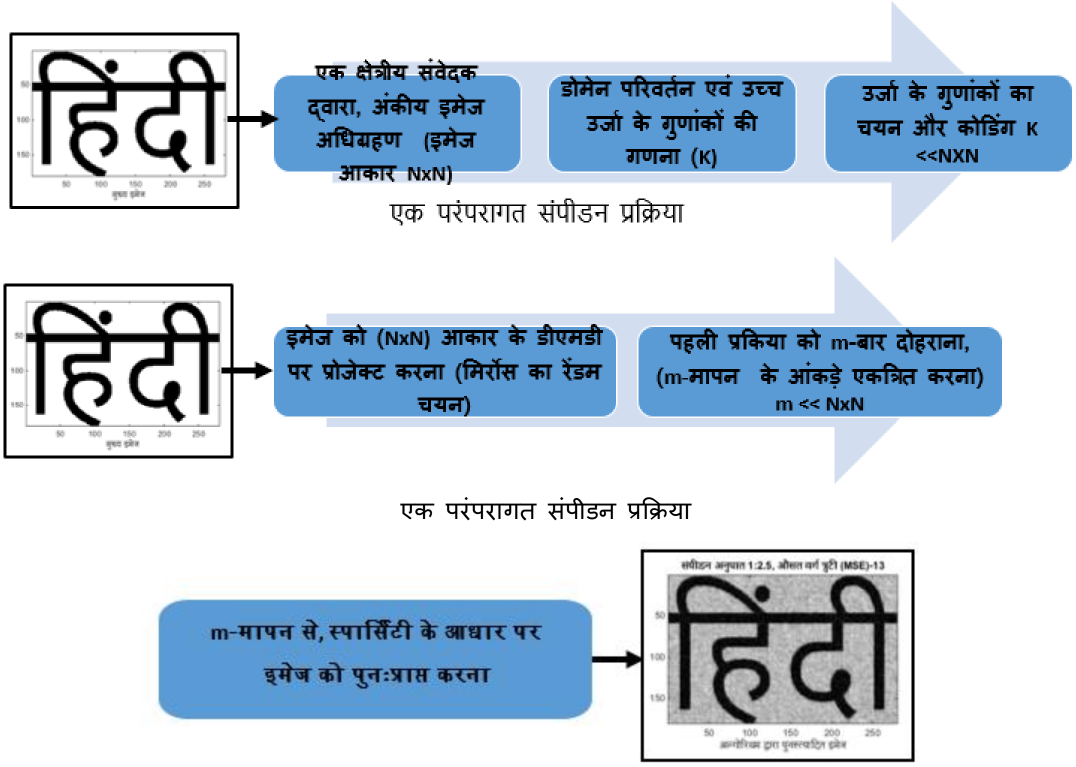
संपीडन-संवेदन (CS-सीएस) सिद्धांत पर आधारित स.प.क. स्वयं में काफी जटिल है। इस कैमरे में दो ऑप्टिक्स, एक डीएमडी, एक फोटो-डिटेक्टर और एक अनालोग टू डिजिटल कन्वर्टर होता है। इस तरह की कैमरा डिजाइन फोटो-डिटेक्टर के आकार और उसकी जटिलताओं को काफी कम कर देता है। इस तरह से इस कैमरा डिजाइन में एक आकर्षक डिटेक्टर का उपयोग कर, इमेजिंग की जा सकती है, जोकि पारंपरिक कैमरे द्वारा संभव नहीं है। इस सिस्टम द्वारा मापित आंकड़ों से इमेज बनाने के लिये इन आंकड़ों को एक डिजिटल कंप्यूटर द्वारा प्रसंस्कृत किया जाता है, जिसमें उचित एल्गोरिथ्म द्वारा मापित आंकड़ों से इमेज को पुनर्प्राप्त कर लिया जाता है। इन कैमरे द्वारा किया गया प्रत्येक मापन एक दूसरे से पूरी तरह रेन्डम होता है। ये रेन्डम सीएस मापन इमेज अधिग्रहण में लिया समय और इमेज गुणवत्ता के बीच एक ट्रेड-ऑफ है।

चूँकि यहाँ पर मापन आंकड़े, डीएमडी के पिक्सल्स की तुलना में काफी कम होते हैं, अर्थात कम ज्ञात आकडों से ज्यादा चर (variables) मान पता लगाना, अतः यह पूरी प्रकिया एक अंडर-डिटरमिंड सिस्टम है। आम-तौर पर अंडर-डिटरमिंड सिस्टम के एक से ज्यादा (असीमित) समाधान होते हैं, जिनको पारंपरिक कम्प्यूटेशनल प्रक्रिया द्वारा हल नहीं किया जा सकता। यद्यपि, इस तरह के अंडर डिटरमिंड सिस्टम, ऑप्टिमाइजेशन प्रोब्लेम्स

के अंतर्गत रेखीय समानता बाधाओं के तहत (under linear equality constraints) एक प्रासंगिक समाधान देते हैं जोकि उद्देश्य कार्य का (objective function), उच्चतम या निम्नतम मान होता है।

## 5. परंपरागत संपीडन एवं संपीडन-संवेदन (CS-सीएस) में भिन्नता

इस तरह से परंपरागत संपीडन प्रक्रिया में अधिकतम भार इमेज अधिग्रहण चैन पर होता है, वहीं संपीडन-संवेदन में यह भार कम्प्यूटेशनल मशीन की क्षमता पर स्थानांतरित हो जाता है, और इन प्रकार से संवेदक या इमेज अधिग्रहण चैन पर जटिलतायें न्यूनतम हो जातीं हैं। चित्र-3 में इन दोनों प्रक्रियाओं को दर्शाया गया है।




संपीडन-संवेदन प्रक्रिया

संपीडन-संवेदन प्रक्रिया को डिकोड कर इमेज का पुनरुत्पादन

<u>चित्र-3 परंपरागत संपीडन एवं संपीडन-संवेदन (CS-सीएस)</u>

## 6. एकल पिक्सल कैमरे के लिये विकसित एल्गोरिथ्म और लैब परिणाम

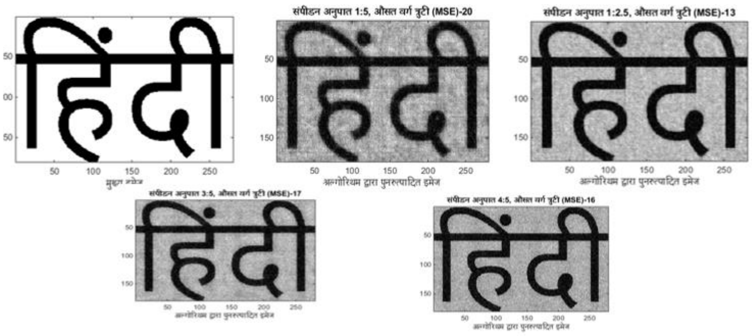
इस तरह की युक्ति द्वारा अधिगृहित संपीडित m-मापन इमेज आंकडों से समरूप इमेज की पुनर्प्राप्ति एक बहुत ही जटिल गणितीय प्रॉब्लम है, जैसा की पहले भी बताया गया हैं, कि यह एक अंडर डिटरमिंड सिस्टम है, और इसके असीमित हल हो सकते हैं, परन्तु कुछ रेखीय बाधाओं को लागू कर देने से, ऑप्टिमाइजेशन प्रोब्लेम्स के अंतर्गत इसको हल किया जा सकता है। जिसके लिये एक उच्च स्तरीय कम्प्यूटेशनल मशीन की आवश्कता होती है। यद्यपि सामान्य मशीन पर इस प्रक्रिया को प्रमाणित (demonstrate) करने के लिये, इमेज आकार को छोटा किया जा सकता है। इस गणना के समय को तीव्रता और दक्षता से हल करने के लिये विविन्न शोध किये जा रहे हैं।

लैब में इस सिद्धांत को प्रमाणित करेने के लिये, मेटलेब में एक।1-नोर्म पर आधारित एल्गोरिथ्म को विकसित किया गया। सामान्यतः गणितीय रूप में नोर्म एक मानक वेक्टर स्पेस या मेट्रिक्स में सभी वेक्टोरों का कुल आकार या लम्बाई होता है। नोर्म्स को विभिन्न नामों से भी जाना जाता है, जिनमें यूक्लिडियन मान, मीन-स्कुआयर त्रुटि आदि। किसी वेक्टर x के p-नोर्म को।|x||p में व्यक्त किया जाता है। जहाँ।|x||p का मतलब

$||x||_p=(|X1|_p+|X1|_p+|X1|_p+....|Xn|_p)^{1/p}$, जहाँ p एक वास्तविक संख्या है

इस तरह से यदि कोई वेक्टर-X =[3 -2 1] है तो उसके लिये l1-नोर्म, l2-नोर्म के मान क्रमशः 6,3.7 होगें। दो वेक्टोरों के लिये l1-नोर्म एक मीन एव्सलूट त्रुटि, तथा l2-नोर्म मीन-स्कुआयर त्रुटि के समतुल्य है।

इस एल्गोरिथ्म के आधार पर हमने इमेज आकार 180x280 अर्थात 50K लिया, और विभिन्न मापन संख्या अर्थात 10K,20K,30K,40K के लिये गणना कर परिणाम प्राप्त किये। विभिन्न मापन संख्या 10K,20K,30K,40K या अन्य रूप में 80%,60%,40% व 20% संपीडन अनुपात के लिये इमेज को पुनरुत्पादित किया। जब इन पुनरुत्पादित इमेजों की मूल इमेज के साथ माध्य वर्ग त्रुटि कम्पुट की गयी तो सारिणी-1 अनुसार परिणाम प्राप्त किये गये। पुनरुत्पादित तथा मूल इमेज के साथ तुलनात्मक दृश्य प्रदर्शन चित्र-4 में प्रस्तुत है।




चित्र-4 मूल इमेज तथा विभिन्न सीएस मापन मानों के लिये पुनरुत्पादित इमेज का तुलनात्मक दृश्य प्रदर्शन

**सारिणी-1 विभिन्न सीएस मापन मानों के लिये पुनरुत्पादित इमेज के प्राचलों (माध्य वर्ग त्रुटि आदि) का तुलनात्मक प्रदर्शन**

| क्रमांक | इमेज आकार | मापन संख्या | संपीडन अनुपात | औसत वर्ग त्रुटी (MSE) % | इमेज पुनरुत्पादन समय (मिनट)* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 180*280 (50K) | 10K | 1:5 | 20 | 112 |
| 2 | 180*280 | 20K | 2:5 | 13 | 241 |
| 3 | 180*280 | 30K | 3:5 | 17 | 390 |
| 4 | 180*280 | 40K | 4:5 | 16 | 540 |

*कम्पूटेशनल मशीन के प्रचाल :: रैम-128GB, प्रोसेसर-2.2GHz

इन चित्र-4 तथा सारिणी-1 के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है, कि जैसे-जैसे मापन संख्या बढती है (अल्प संपीडन) कम्प्यूटेशनल समय भी बढता जाता है, जबकि माध्य वर्ग त्रुटि आवश्यक रूप से कम हो जाये यह पूर्णतः संभव नहीं। ऐसा माइक्रो-मिरर्स में रेंडम चयन के कारण हो सकता है। यद्यपि यहाँ 40% संपीडन श्रेष्ठ संभव परिणाम प्रदान कर रहा है।

## 7. एकल पिक्सल कैमरा के गुण-दोष

शोधकर्ताओं का कहना है कि माइक्रो-मिरर व्यूह (डीएमडी) के साथ कई स्नैप लेकर पूर्ण इमेजों को कैप्चर करने वाला एक सिंगल-पिक्सल कैमरा न केवल कम पॉवर का उपभोग करेगा बल्कि परंपरागत इमेजिंग उपकरणों की तुलना में अधिक कॉम्पैक्ट इमेज फ़ाइलों का उत्पादन भी कर सकता है। क्योंकि डेटा को प्रोसेस जटिलताओं को बाहरी कंप्यूटर पर स्थानातरित किया जा सकता है। एकल पिक्सल होने के कारण, विभिन्न प्रकाश रेंजों पर सीसीडी/सीमोस पिक्सल व्यूह की अनुपलब्धता भी इस कमी को पूरा कर सकती है।

चूँकि, इस कैमरा प्रणाली में एक ही समय में मापों को श्रृंखला में लिया जाना परम आवश्यक है। उदहारण के लिये मान लें कि, 1024 x 1024 (1 मेगा पिक्सल) समतुल्य इमेज के लिए, 25% सीएस संपीडन द्वारा इमेज की पुनर्प्राप्ति के लिये कुल 260,000 पिक्सल की आवश्यकता है। यदि मान लिया जाये कि डीएमडी 5.0 सेकंड में पूरी इमेज को कैप्चर करने की क्षमता दे सकता है तो सबसे खराब स्थिति में डीएमडी के माइक्रो-मिरर्स का स्विचिंग समय 20 μs होना चाहिये। वहीं इसके साथ-साथ ऑप्टिकल सेंसर के स्थिर होने का समय नेनो-सेकंड के कोटि का होता है, इसलिए इन माइक्रो-मिरर्स की स्विचिंग गति और बढ़ाये जाने के आवश्यकता है, ताकि सीएस प्रक्रिया द्वारा 5.0 सेकंड से कम में पूरी इमेज को कैप्चर किया जा सके। इसके अतिरिक्त यदि स्पेस-बोर्न सिस्टम के लिये, प्लेटफोर्म को इतनी देर तक के लिये स्थिर करना एक चुनौतीपूर्ण कार्य होगा।

## 8. निष्कर्ष

स.प.क. की अवधारणा एक बहुत ही नया क्षेत्र है, और इस क्षेत्र में हो रहे नवीन शोधों के द्वारा न केवल डीएमडी स्विचिंग गति बढ़ायी जा सकती है अपितु उचित एल्गोरिथ्म द्वारा तीव्र गति से सीएस मापनों को प्रोसेस कर, मूल इमेज के समतुल्य इमेज बनाना संभव हो सकेगा। विडियोग्राफी के लिये भी इस तरह के कैमरा तंत्र का प्रयोग आने वाले समय में अतिशयोक्ति नहीं होगा।

**आभार:**

हम श्रीमती आरती सरकार, प्रधान इ.ओ.पी.आई.डी., श्री एच.के.दवे, समूह निदेशक इ.ओ.एस.डी.आई.जी. एवं श्री एस.एस.सरकार, उप निदेशक, सेडा के आभारी हैं, जिनकी निरंतर प्रेरणा, मार्गदर्शन और प्रोत्साहन हमको समय समय पर मिलता रहा। इसके अतिरिक्त श्री बी.एन.शर्मा द्वारा प्राप्त अमूल्य जानकारी एवं निरंतर सहयोग ने इस लेख को लिखने में अहम भूमिका निभायी। केंद्र के हिंदी विभाग द्वारा समय-समय पर प्राप्त सुझावों से यह लेख प्रस्तुत हो पाया है।

**लेखक परिचय**

जितेन्द्र कुमार ने वर्ष 2002 में आई.ई.टी. (डॉ. बी. आर. अम्बेडकर विश्व विद्यालय केम्पस) आगरा से इलेक्ट्रोनिक्स एवं संचार इंजीनियरिंग क्षेत्र में बी.ई. डिग्री प्राप्त की। तत्पश्चात एच.ए.एल. नासिक में अभियंता के रूप में कार्य किया है। वर्ष 2005 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद सेंसर डेवेलोपमेंट एरिया (सेडा) में कार्य प्रारंभ किया। पिछले कुछ वर्षों तक इन्होंने सॉफ्टवेयर विकास प्रभाग में अपनी सेवायें दीं। वर्तमान ये सेडा के इलेक्ट्रो-ऑप्टिकल पेलोड इंटीग्रेशन प्रभाग, में कार्यरत है।

**संदर्भ:**


1. ए न्यू कोम्प्रेस्सिव इमेजिंग कैमरा आकिटेक्चर यूजिंग ऑप्टिकल डोमेन कॉम्प्रेशन, द्वारा मेक्रो एफ.दुराते, राईस विश्वविध्यालय
2. डाटा शीट डीएलपी 9000फेमिली
3. सिंगल-पिक्सल इमेजिंग वाया कोम्प्रेस्सिव सेम्पलिंग द्वारा मेक्रो एफ. दुराते, मार्क ए. डेवनपोर्ट, धरमपाल ताखर,
4. जेसन एन. लस्का, टिंग सुन, केविन एफ. केली एंड रिचार्ड जी. बरनिउक आई.ई.ई.ई. सिग्नल प्रोसेसिंग मैग्जीन [83] मार्च 2008
5. सिंगल-पिक्सल कैमरा विद कोम्प्रेस्सिव सैंसिंग द्वारा नॉन-यूनिफॉर्म सेम्पलिंग
6. मिहाई-एलेक्सजेंद्रू पेट्रोविकी, क्रिस्टियन दामियन,क्रिस्टियन उद्रेया, फ्लोरीन गेरोई, डेनिएला कॉल्तुक©2016 आई.ई.ई.ई.
7. एल-1-मेजिक : रेकोवरी आफ स्पार्श सिग्नल्स वाया कॉन्वेक्स प्रोग्रामिंग एमानुएल कैंदेस एंड जस्टिन रोमबेर्ग, केलटेक ऑक्टोबर 2005
8. कोम्प्रेस्सिव सिंगल-पिक्सल इमेजिंग एंड्रू थोम्पसन स्कूल आफ़ मेथामेटिक्स एंड द मेक्सवेल इंस्टिट्यूट, यूनिवर्सिटी आफ़ एडेनबर्ग, ई.एच.3जे.जेड ए. थोम्पसन-8@sms.ed.ac.uk मेथामेटिक्स इन डिफेंस 2011


**पारिभाषिक शब्दावली:**

1. स.प.क.-सिंगल (एकल) पिक्सल कैमरा
2. सीसीडी-चार्ज कपल डिवाइस
3. डीएमडी- माइक्रोमिरर डिवाइस
4. सीएस -संपीडन-संवेदन (CS)

***

मौजूदा उपग्रह और संवेदको का गैरपरंपरागत उपयोग

# आयकर मामलों में अंतरिक्ष तकनीकी का सहायक उपयोग

करशन चौधरी[1], नीता भागिया[1] और बिमल कुमार भट्टाचार्य[2]
[1]वैज्ञानिक/अभियंता - एस.एफ., [2]वैज्ञानिक/अभियंता - एस.जी.
ए.इ.डी. /बी.पी.एस.जी./इ.पी.एस.ए., अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
[1]kishan@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

*भू-अवलोकन और प्राकृतिक सम्पदा के आकलन एवं प्रबंधन में कृत्रिम उपग्रहों के डाटा का भरपूर उपयोग हुआ हैं। लेकिन इस लेख में अंतरिक्ष तकनीकी का गैर परंपरागत उपयोग दिखाने का प्रयास किया गया है। सन् 2017-18 में, भारतीय आयकर विभाग के कई कार्यालय द्वारा करीब 20 (बीस) अलग-अलग किस्म के आयकर मामले अंतरिक्ष तकनीकी के विशेष मार्गदर्शन हेतु निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद को भेजे गये। आयकर के ज्यादातर मामलों में कुछ खास समय अवधि के दौरान पूछा गया भू-भाग व खसरा संख्या सक्रीय कृषि के तहत था या नहीं वह पता करना था। कुछ मामलों में एक खास तारीख पर विशेष भू-भाग पर मौजूदा परिस्थिति बतानी थी। उन सभी मामलों के सचोट मार्गदर्शन हेतु करीब 100 से ज्यादा भारतीय सुदूर संवेदन संवेदक LISS IV और 150 से अधिक गूगल अर्थ छवियों का विश्लेषण किया गया। अन्त में, यह पाया गया कि ज्यादातर मामलों में परिणाम नकारात्मक यानि कि कर-छूट के पात्र नहीं थे। यह भी पाया गया कि इस तरह के मामलों की जाँच हेतु बहुत ही उच्चतम रेसोल्यूशन (≤ 1 m) क्षमता वाले और हर सप्ताह पुनरावृत होने वाले उपग्रहों की जरूरत है।*

**सूचक शब्द:** सुदूर संवेदन तकनीकी, आयकर विभाग, भू-कर-सम्बंधित खसरा चित्र, अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी, पूंजी-लाभ

## 1. प्रस्तावना

पिछले कुछ दशकों में अंतरिक्ष यानि के सुदूर संवेदन तकनीक के उपयोग में काफी प्रगति हुई है। भू-अवलोकन और प्राकृतिक सम्पदा के आकलन एवं प्रबंधन में कृत्रिम उपग्रहों के डाटा का भरपूर उपयोग हुआ है। INSAT / KALPANA-SAT जैसे भू-स्थिर उपग्रहों द्वारा चक्रवात जैसी आपदा के सचोट पूर्वानुमान से आपदा प्रबंधन में चमत्कार दिखा है और हजारों लोगों, लाखों पशुओं एवं करोडों रुपये की सम्पति का बचाव हुआ है। देश के वर्तमान तकनीकी समर्थक प्रधानमंत्री जी श्री नरेन्द्र मोदी जी की सूचनानुसार “अभिशासन व विकास में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी आधारित साधनों एवं अनुप्रयोगों का संवर्धन” विषय पर सितम्बर 7, 2015 को विज्ञान भवन, नई दिल्ली में राष्ट्रीय अधिवेशन बुलाया गया। उसी सिलसिले को जारी रखते हुए जून 2017 में राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केन्द्र, हैदराबाद द्वारा “सुप्रशासन और विकास के लिए अंतरिक्ष तकनीकी का योगदान” विषय पर प्रायोजित ISRO-STP प्रोग्राम के अंतर्गत “कराधान हेतु अंतरिक्ष तकनीकी” के बारे में समूह चर्चा के पश्चात् विस्तृत रिपोर्ट प्रस्तुत की गई (**टीम डेल्टा, 2017**)। प्रस्तुत रिपोर्ट में आय का स्रोत कृषि जैसे करमुक्त स्रोत से बताया हो तो मल्टी-डेट सुदूर संवेदन डाटा से सत्यापित करने का उल्लेख किया गया है। उस के बाद अंतरिक्ष तकनीक के उपयोग में कई नये आयाम जुड़े। अंतरिक्ष तकनीक का गैर-परंपरागत व अप्रचलित उपयोग भी होने लगा जैसे कि: कृषि विपणन व कृषि उपज हाट व्यवस्था, स्वास्थ्य चिकित्सा, फसल बीमा, आयकर, सम्पति कर, वगैरह।

सन् 2017-18 में, भारतीय आयकर विभाग के कई कार्यालयों द्वारा करीब 20 (बीस) अलग-अलग किस्म के आयकर मामले अंतरिक्ष तकनीकी के विशेष मार्गदर्शन हेतु अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद को भेजे गये। आयकर के मामलों के पीछे नवम्बर 2016 में हुई नोटबंदी की भी विशेष भूमिका थी। आयकर के ज्यादातर मामलों में कुछ खास समय अवधि के दौरान पूछा गया भू-भाग व खसरा संख्या सक्रीय कृषि के तहत था या नहीं वह पता करना था। कुछ मामलों में एक खास तारीख पर विशेष भू-भाग पर मौजूदा परिस्थिति बतानी थी। इस लेख में उनमें से अलग-अलग किस्म के कुछ मामलों का संक्षिप्त में विवरण दिया गया है।

## 2. भारतीय कर प्रणाली और करचोरी

भारतीय कराधान प्रणाली के अनुसार कर दो प्रकार के होते है: 1) प्रत्यक्ष कर और 2) परोक्ष कर। एक और वर्गीकरण के अनुसार कर वसूल करने वाली/लेने वाली सरकार के आधारित हैं जैसे कि 1) केन्द्र सरकारी कर और 2) राज्य सरकारी कर। तदनुसार, आयकर केन्द्र सरकार द्वारा लिये जाने वाला प्रत्यक्ष कर है। भारत ही नहीं दुनिया के महत्तम देशों में, पिछले कई दशकों से कर चोरी जीवन का तरीका बन गया है। महद-अंश हम लोग कर गैर-अनुपालन समाज का हिस्सा हैं।

कर चोरी करने वाले तरह-तरह के हथकंडे अपनाते हैं। उसमें से एक है- अपनी आय कृषि जैसे करमुक्त स्रोत से बताना। दूसरा: कृषिगत जमीन या/और अन्य सम्पत्ति बेचकर प्राप्त पूंजी लाभ का निवेश अन्य कृषिगत जमीन खरीद के लिए बताकर आयकर माफ़ी का दावा करना।

सन 2016-17 के बजट सत्र दरम्यान, वित्त मंत्री श्री अरुण जेटली जी ने कहा: “दशकों से करचोरी हमारे जीवनशैली का हिस्सा बन चुकी है। ज्यादातर लोग़ कर न देने वाले समाज का हिस्सा हैं। जब ज्यादातर लोग़ करचोरी करते हैं तब प्रामाणिक लोगों पर बोझ बढ़ जाता है।”

(क) सन 2015-16 में सिर्फ 3.7 करोड़ लोगों ने व्यक्तिगत टैक्स रिटर्न दर्ज किए उसमें से 99 लाख लोगों की आय कर-छूट मर्यादा यानि कि ₹ 2.5 लाख से कम थी।

(ख) 76 लाख व्यक्तिगत करदाताओं ने अपनी आय 5 लाख से ज्यादा घोषित की थी उनमें से 56 लाख लोग नौकरीपेशा वाले थे।

(ग) पंजीकृत 13.94 कंपनियों में से सिर्फ 5.97 कंपनियों ने टैक्स रिटर्न दर्ज किया उनमें से 2.76 लाख कंपनियों ने नुकसान या शून्य आय दिखाई। (हिंदु, 2017).

## 3. आयकर विभाग के मामलों की जाँच के लिए अंतरिक्ष तकनीकी की महत्वपूर्ण भूमिका

प्रधानमंत्री श्री नरेन्द्र मोदी जी के "अभिशासन व विकास में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी आधारित साधनों एवं अनुप्रयोगों का सम्वर्धन" विषय पर सितम्बर 2015 के राष्ट्रीय अधिवेशन के बाद अंतरिक्ष तकनीकी के उपयोग में कई नये आयाम खुल गए थे। अंतरिक्ष तकनीकी का गैर-परंपरागत व अप्रचलित उपयोग भी होने लगे जैसे कि: कृषि विपणन व कृषि ऊपज हाट व्यवस्था, स्वास्थ्य चिकित्सा, फसल बीमा, सम्पति कर, वगैरह। इस सूची में, सन 2017 के बाद आयकर क्षेत्र भी जुड़ गया। मुख्य वजह थी- नवम्बर- 2016 में हुई नोटबंदी।

नवम्बर - 2016 में हुई नोटबंदी के बाद काफी रुपये आय स्रोत के साथ बैंकों में जमा हुए। छानबीन के बाद पता लगा कि ज्यादातर मामलों में आय का स्रोत कृषि जैसे करमुक्त स्रोत से या कृषिगत जमीन या/और अन्य सम्पत्ति बेचकर प्राप्त पूंजी लाभ का निवेश अन्य कृषिगत जमीन खरीद के लिए बताकर आयकर माफ़ी का दावा किया गया था।

अब उस खास वर्ष जो बीत चुका है उस वर्ष में बताया गया खसरा संख्या में फसल लगी थी या नहीं? अगर फसल थी तो कौन सी थी? पूरे खेत में थी या उसके कुछ भाग में? फसल का अन्दाजित उपज मूल्य क्या था? आयकर विभाग के लिए इन सभी सवालों का पता करना जरुरी था। पता करने के तरीके कुछ इस प्रकार हैं -

(क) प्रथम और सबसे आसान तरीका है कि कर दाता पर भरोसा करे और मान ले कि खेती की गयी होगी। लेकिन जब जाँच के बाद मामला चुना जाता है तब भरोसा नहीं किया जाता।

(ख) दूसरा तरीका है कि करदाता के अड़ोस-पड़ोस से पता करें कि मामला क्या था- यहाँ पर भी निष्पक्षता पर सवाल उठ सकते हैं।

(ग) सरकारी दफ्तर यानि रेवेन्यू -लैंड रिकार्ड से पता करें कि उस वर्ष क्या स्थिति थी? यहाँ पर भी सरकारी दफ्तर की विश्वसनीयता प्रश्नार्थ है।

(घ) सबसे आखिरी में, असाधारण, निष्पक्ष, विश्वसनीय और भरोसेमंद तरीका है सुदूर संवेदन उपग्रहों द्वारा ली गई उस वर्ष और ऋतु की मल्टी-डेट छवियों का अभ्यास करके वास्तविकता का पता किया जाये।

आयकर विभाग ने सबसे आखिरी और भरोसेमंद तरीके को चुनते हुए आयकर मामलों की वैज्ञानिक तरीके से जाँच करने का निर्णय किया। इसके फलस्वरूप, सन 2017-18 में, भारतीय आयकर विभाग के कई कार्यालय द्वारा करीब 20 (बीस) अलग-अलग किस्म के आयकर मामले अंतरिक्ष तकनीकी का विशेष मार्गदर्शन प्राप्त करने हेतु निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद को भेजे। सभी मामलों की सूची तालिका-1 में दी गई है। आयकर विभाग द्वारा पूछे गए कुछ सवाल इस प्रकार थे:

**(क)** कुछ खास समय अवधि के दौरान पूछा गया भू-भाग व खसरा संख्या सक्रीय कृषि के तहत थी या नहीं?

**(ख)** अगर सक्रीय कृषि के तहत था तो फसल का नाम/प्रकार व सम्भावित उत्पादन कितना होगा?

**(ग)** संबंधित वर्ष की बाजार कीमत के हिसाब से कुल आय क्या होगी ?

**(घ)** एक खास तारीख पर विशेष भू-भाग पर मौजूदा निर्माण की परिस्थिति क्या थीं?

**(ङ)** सहायक उपलब्ध उपग्रह छवियाँ (सप्ताह / माहवार) टीका-टिप्पणी के साथ

## 4. प्रयुक्त डाटा और कार्य पद्धति

सबसे पहले, आयकर विभाग के विभिन्न मामलों के अभ्यास हेतु, गूगल अर्थ (Google earth) छवि पर तालिका-1 में सूचित गाँव को खोजकर उसका केन्द्रीय अक्षांस - रेखांश का पता किया गया ( चित्र 1 क)। उस केन्द्र के आसपास लगभग पांच किलोमीटर त्रिज्या में गाँव का फैलाव ध्यान में रखते हुए, इसरो की भुवन वेबसाइट से भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह रिसोर्ससैट - 2 के संवेदक लिनीयर इमेजिंग सेल्फ स्कैनिंग (एल.आई.एस.एस.; LISS /लिस) III और IV के जरुरी पथ और पंक्ति का पता किया ( चित्र 1 ख)। आवश्यक अवधि के लिए उपग्रह का उपलब्ध बादल-मुक्त भू-स्थापित डाटा, राष्ट्रीय डाटा केन्द्र, हैदराबाद से फास्ट-मोड पर प्राप्त किया। तालिका-1 में सूचित गाँव ज्यादातर गुजरात राज्य के थे। उस गाँव के आवश्यक खास खसरा-संख्या में तत्कालीन मौजूदा स्थिति के अभ्यास हेतु भौगोलिक सूचना प्रणाली के अनुसार तैयार किए गए गाँव का भू-कर-सम्बधित खसरा चित्र (cadastral map) अनिवार्य था, जिसे गांधीनगर स्थित भास्कराचार्य इंस्टीट्यूट फॉर स्पेस एप्लीकेशन एन्ड जियो-इनफोर्मेटिक्स (BISAG-बाईसैग) से प्राप्त किया। ERDAS और ARC-INFO जैसे छवि विश्लेषण सॉफ्टवेयर की मदद से आवश्यक अवधि के डाटा की परतें बनायीं और उसके ऊपर गाँव का भू-कर-सम्बधित खसरा चित्र रखा ( चित्र 1 ग & घ)।

डाटा-भार कम करने के लिए आवश्यक हिस्सा काटकर उसका आगामी दृश्य एवं डिजिटल विश्लेषण किया गया जैसे कि आवश्यक अवधि दरम्यान पूछा गया भू-भाग व खसरा संख्या सक्रीय कृषि के तहत था या नहीं? अगर हाँ तो फसल का नाम/ प्रकार व सम्भावित उत्पादन वगैरह का पता किया। बागायती फसल की उपज का अंदाज़ लगाने के लिए पौधों की उम्र का पता लगाना भी जरूरी था जो हमनें पिछले गूगल अर्थ डाटा का अध्ययन करके फसल-रोपण के वर्ष का अनुमान लगाया। मामला विशिष्ट विवरण आगामी परिच्छेद में दिया गया है।

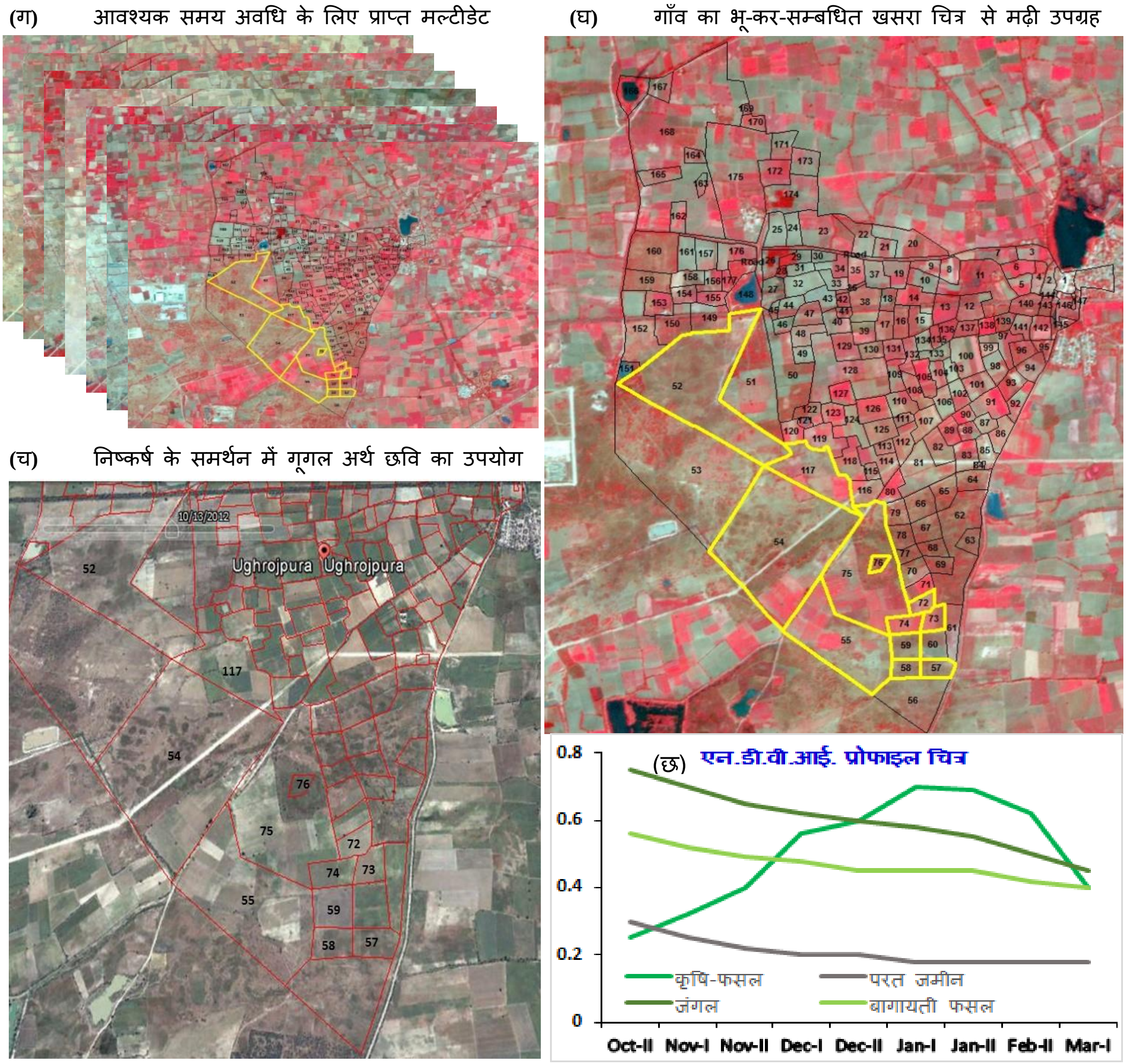
**तालिका -1: आयकर विभाग के विभिन्न कार्यालयों से माँगी गई सुदूर संवेदन जानकारी**

| क्रम. सं | आयकर कार्यालय | गाँव | खसरा क्रमांक / स्थान | उपयोग किया गया सुदूर संवेदन के डाटा की समयावधि |
|---|---|---|---|---|
| 1 | अहमदाबाद ACIT/CIR-3 (3)/133(6)/SO/2017-18 | सीतापुर ता.मण्डल | 40, 79 & 80 | 2012-2016 |
| 2 | | उघरोजपुरा ता. मण्डल | 52, 54, 55, 57,58, 59, 72,73, 74, 75, 76 &117 | 2012-2016 |
| 3 | | उकरडी ता. मण्डल | 111p, 112p,113p,114p, 115p & 116 | 2012-2016 |
| 4 | Wd.3(3)(14) NPD/17-18 | गोलासन ता.हलवद जिला. मोरबी | 202/9 | 2010-2016 |
| | ./HSP/17-18 | सनाथल ता.सानंद | 891 | 2011-2015 |
| 5 | ACIT/CIR-3 (3)/133(6)/HMP/2017-18 | शीलज ता.दस्क्रोई | 747, 748 | 2011-2015 |
| 6 | | थलतेज ता.दस्क्रोई | 310 | 2014-2017 |
| 7 | ACIT/CIR-3(3)/133(6)/HMP/17-18 | घर @संस्कार सोलिटेयर, अहमदाबाद | 23° 03’ 44.7” N, 72° 30’ 30.2” E | 07/11/2015 के रोज स्थिति |
| 8 | वडोदरा VDR/ITO/Wd-3(1)(2) /HRP/ 2017-18 | वोरा गामडी ता.वड़ोदरा | 189, 237 | 2013-2014 |
| 9 | | शुभेलाव ता.सावली | 135 | 2013-2014 |
| 10 | BRD/Wd3(1) (3)/133(6)/ATM/2017-18 | खाटाम्बा ता.वडोदरा | 298 | 2002-2016 |
| 12 | VDR/…/JLP/ 2017-18 | सोला ता.अहमदाबाद शहर | 446/1, 449/2 | 2010-2015 |
| 13 | मुम्बई ACIT/32(2)/ U.S.133(6)/2017-18 | दांता ता.खंभालिया | 258 | 2014-2015 |
| 14 | | हर्शदपुर ता.खंभालिया जिला.देव भूमि द्वारका | 25, 27, 31, 32 & 34 | 2014-2015 |
| 15 | मुम्बई DCIT/CIR-1(1)/133(6)/ NJ/2017-18 | विहीघर | 19° 00’ 25.5” N, 73° 09’ 42.8” E | 2013-2015 |
| 16 | | हरिग्राम | 19° 01’ 03.6” N, 73° 09’ 19.4” E | 2013-2015 |
| 17 | | आकरुली | 19° 00’ 18.4” N, 73° 08’ 48.5” E | 2013-2015 |
| 18 | | चिपल & कोप्रोली | 19° 00’ 36.3” N, 73° 9’ 17.1” E | 2013-2015 |
| 19 | मुम्बई DCIT/1(2)(2) | ओ.पी.पी.एल. भूमि-टुकड़ा | 16° 57’ 36.1” N, 73° 47’ 10.5”E | 2010-2015 |
| 20 | पुणे PN/JCIT(OSD)/XR/17-18 | चाकन, पुणे | एफिल सिटी | 31st मार्च 2013 |

(क) गूगल अर्थ/भुवन छवि से गाँव का केन्द्रीय अक्षांस एवं रेखांश पता करना

(ख) आवश्यक उपग्रह छवि का पथ और पंक्ति पता करना

अनुक्रमणिका




चित्र 1. आयकर मामलों हेतु उपग्रह छवि विश्लेषण के लिए अपनाई गई कार्य पद्धति के क्रमिक सोपान

कृषि तहत फसल हमेशा परावर्तनशील होती है: शुरू में वृद्धि, पूर्ण वानस्पतिकी विकास, प्रजनन-काल और बुढ़ापा जैसी अवस्थाएं होती हैं जबकि जंगल और बागायती फसल सामान्यतः एक जैसी रहती है। परत जमीन भी ज्यादातर एक जैसी ही दिखती है। यह सब चित्र 1 (छ) में दर्शाया गया सामान्यकृत अंतर वनस्पति सूचकांक (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI /एन.डी.वी.आई.) से अच्छी तरह से समझाया जा सकता है। विभिन्न वस्तु या पदार्थ पर गिरने वाला सूर्य प्रकाश का परावर्तन अलग-अलग वर्णक्रम में अलग-अलग मात्र में होता है जिसकी गणना एन.डी.वी.आई. के माध्यम से कुछ इस प्रकार की जाती है -

$$\text{एन.डी.वी.आई.} = \frac{(\text{नियर इन्फ्रारेड में परावर्तन} - \text{लाल रंग में परावर्तन})}{(\text{नियर इन्फ्रारेड में परावर्तन} + \text{लाल रंग में परावर्तन})}$$

## 5. सन 2017-18 में अंतरिक्ष तकनीकी द्वारा विशेष मार्गदर्शन हेतु पाए गए आयकर मामले

सन 2017-18 में, भारतीय आयकर विभाग के कई कार्यालयों द्वारा करीब 20 अलग - अलग किस्म के आयकर मामले अंतरिक्ष तकनीकी के विशेष मार्गदर्शन हेतु निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद को भेजे गये। सभी मामलों की सूची तालिका-1 में दी गई है। उपरोक्त बीस मामलों में से, लेख सीमा को ध्यान में रखते हुए कुछ मामलों का संक्षिप्त विवरण दिया गया हैं।

**5.1 उघरोजपुरा-सक्रीय कृषि तहत क्षेत्र का पता करना :** आयकर विभाग से प्रेषित पत्रों से प्राप्त माहिती के मुताबिक काफी लोगों ने उनकी आय का स्रोत कृषि बताया था। उघरोजपुरा गाँव का मामला भी कुछ उसी प्रकार का था जिसमें एक व्यक्ति ने सन् 2014-15 वित्तीय वर्ष की अपनी आय का स्रोत अहमदाबाद जिला में उघरोजपुरा गाँव के करीब बारह खसरों में से हुई कृषि उपज को बताया था।

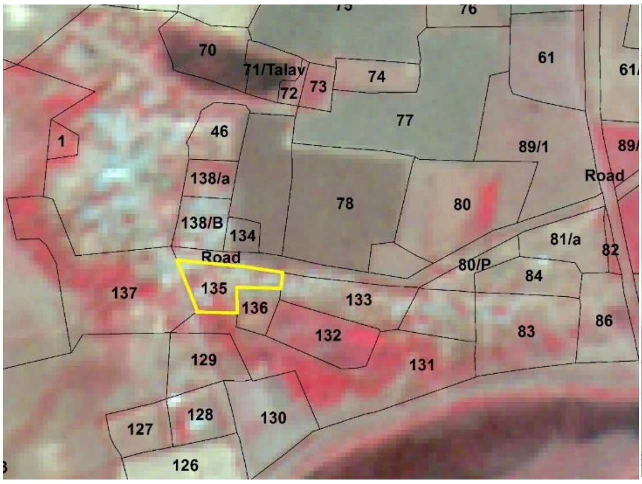
सुदूर संवेदन उपग्रहों का आवश्यक अवधि के लिए मल्टी-डेट डाटा का चित्र - 1 में दर्शायी गयी उपरोक्त कार्यपद्धति से विश्लेषण से पता चला कि वर्ष 2014-15 में, तपासाधीन 12 खसरा संख्या में से 54, 55, 73,74, 75 और 117 के कुछ

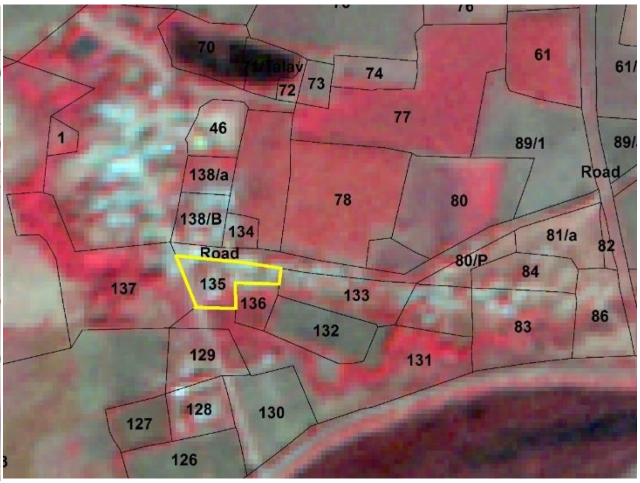
अनुक्रमणिका

हिस्से में फसल लगी थी जो कुल क्षेत्रफ़ल का सिर्फ 30 प्रतिशत थी। सबसे बड़े यानि ज्यादा क्षेत्रफल वाले खसरे नंबर 52 और 54 का करीब 80 से 90 प्रतिशत हिस्सा परती जमीन के तहत था (चित्र - 1 घ और च)|

**5.2 शुभेलाव ता. सावली :** वड़ोदरा जिले के शुभेलाव गाँव में, खसरा संख्या 135 अंतर्गत जमीन पर अप्रैल 2013 से दिसम्बर **2014** दरम्यान सक्रीय कृषि गतिविधि का पता करना था। जनवरी 2013 से दिसम्बर 2014 के समय अन्तराल में अपने देश का उपग्रह रिसोर्ससैट - 2 का उच्च रिसोल्यूशन-वाला मल्टी-स्पेक्ट्रल संवेदक लिस - IV का जो भी बादलमुक्त डाटा उपलब्ध था सब यानि कि अलग-अलग सात दिन (वर्ष 2013 में 8 मई और 16 नवम्बर; वर्ष 2014 में **3** जनवरी, 9 अप्रैल, 27 मई, 18 अकतूबर और 5 दिसम्बर 2014) का डाटा प्राप्त किया गया। बाईसैग से प्राप्त भू-कर स्थापित चित्र को ERDAS और ARC GIS जैसे सॉफ्टवेयर की मदद से सभी डाटा परत के साथ मिलाकर, खसरा संख्या 135 अंतर्गत जमीन का बारीकी से विश्लेषण किया गया। उपरोक्त समय अवधि में उस जमीन का अधिकांश हिस्सा भवन निर्माणाधीन पाया गया। लिस - IV के एफ.सी.सी. चित्र (चित्र - **2** क & ख) में सभी वनस्पति लाल रंग में दिखाई दे रही है। उस तरह से खसरा संख्या 135 का कुछ हिस्सा भी लाल रंग में दिखाई दे रहा था, वह फसल नहीं मगर बहुऋतुजीवी पेड़-पौधे थे, जिसकी पुष्टि करने हेतु गूगल अर्थ चित्र का उपयोग किया। आयकर जैसे संवेदनशील मामलों में जहाँ बारीकी अवलोकन आवश्यक है वहाँ एक मीटर से भी कम स्थानिक रेसोल्यूशन में मल्टी-स्पेक्ट्रल उपग्रह डाटा की खास जरूरत है।

**(क)** रिसोर्स-सैट -2 लिस- **(ख)** रिसोर्स-सैट-2 लिस-IV तारीख :05 दिसम्बर 2014




IV तारीख :09 अप्रैल 2014

**(ग)** बहुत उच्च रिसोल्यूशन वाला गूगल अर्थ का सही रंग चित्र **छवि अधिग्रहण तारीख**: 23 अप्रैल 2013

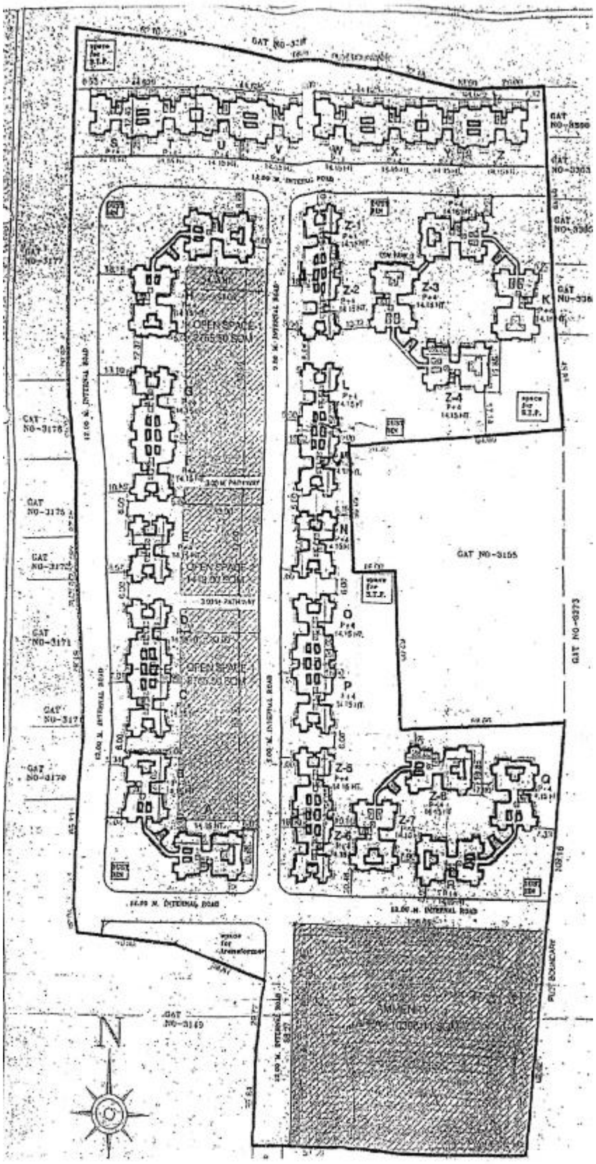
चित्र - 2: वडोदरा जिले का शुभेलाव गाँव का खसरा संख्या 135 अंतर्गत सक्रीय कृषि गतिविधि का अभ्यास

अनुक्रमणिका

**5.3 एफिल सिटी-निर्माण स्थिति:** यह पुणे सर्कल का आयकर संबंधित मामला था जिसमें महाराष्ट्र के पुणे जिले में चाकन गाँव की आवासीय परियोजना एफिल सिटी की तारीख मार्च 31, 2013 तक निर्माण स्थिति पता करनी थी। उस तारीख के सबसे नजदीकी गूगल अर्थ का चित्र मार्च 27, 2013 (चित्र -3 (क)) का मिला जो उस दिन तक एफिल सिटी की निर्माण स्थिति दर्शाता है। हमें ये भी पता करना था की चित्र -3 (ख) में दर्शाया गया मूल निर्माण योजना की तुलना में कितने भवन पूर्ण हुए और कितने बाकी रहे? चित्र 3 (क) और (ख) के तुलनात्मक अभ्यास से पता चला की उपग्रह चित्र में पाया गया वास्तविक निर्माण कार्य मूल निर्माण योजना चित्र से काफी भिन्न था यानि कि पूरा नक्शा बदल दिया था।

**(क)** तिथि मार्च 31, 2013 के रोज निर्माण स्थिति

**(ख)** एफिल सिटी मूल निर्माण योजना चित्र



चित्र-3: तारीख मार्च 31, 2013 को चाकन गाँव की आवासीय परियोजना एफिल सिटी की निर्माण स्थिति

**5.4 जमीन की बिक्री पर हुए पूंजीगत लाभ पर छूट के मामले:** आयकर अधिनियम अनुभाग धारा 54-बी के अनुसार शहरी कृषिगत जमीन की बिक्री के पूर्व दो वर्ष में सक्रिय कृषि के तहत हो तो उसकी बिक्री से होने वाला पूंजीगत लाभ छूट का पात्र होता है। आयकर निर्धारण वर्ष के करीब तीन साल पूर्व वह जमीन सक्रिय कृषि के तहत थी या नहीं, यह केवल उपग्रह चित्र से पता कर सकते हैं। सन् 2017-18 में दर्ज उपरोक्त 20 मामलो में से चार मामले पूंजी-लाभ के थे। यहाँ केवल अहमदाबाद जिले का थलतेज गाँव के खसरा संख्या 310 के बारे में संक्षिप्त विवरण किया गया है।

वर्ष 2014-2017 के दरम्यान, गूगल अर्थ के अलग-अलग ऋतु में करीब बारह छवियों का उपयोग किया गया। उसमें से केवल तीन छवियां चित्र -4 में उदाहरण के तौर पर दर्शायी गयी हैं। सभी उपग्रह छवियों के अभ्यास से पता चला कि खसरा संख्या 310 उपरोक्त समय अवधि में बिन-खेती यानि के परती जमीन के रूप में देखा गया। सक्रिय कृषि के तहत न होने की वजह से उसकी बिक्री से होने वाले पूंजीगत लाभ की छूट का पात्र नहीं था।

अनुक्रमणिका

(क) जनवरी 10, 2015 की स्थिति (ख) फरवरी 7,2016 (ग) फरवरी 26, 2017 की स्थिति

चित्र 4. अहमदाबाद जिले के थलतेज गाँव के खसरा संख्या 310 की वर्ष 2015 से 2017 के दरम्यान स्थिति

**निष्कर्ष:** सन 2017-18 में, भारतीय आयकर विभाग के कई कार्यालय द्वारा करीब 20 (बीस) अलग - अलग किस्म के आयकर मामलों में अंतरिक्ष तकनीकी के विशेष मार्गदर्शन हेतु अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद को भेजे गए। उसमें से ज्यादातर मामलों में आय का स्रोत कृषिगत बताया गया था। कुछ मामले पूंजीगत लाभ में छूट पाने के लिए थे तो कुछ मामले आवासीय निवेश के बारे में थे। भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह रिसोर्ससैट -2 के संवेदक लिस -IV के करीब 100 से भी अधिक दृश्य मंगवाकर विश्लेषण किया और अंतिम निष्कर्ष के सत्यापन के लिए करीब 150 से भी ज्यादा गूगल-अर्थ छवियों की सहायता ली। इस अभ्यास की यह खूबी थी कि पूछा गया खसरा संख्या या लैंड पार्सल या स्थल की रूबरू मुलाकात के बिना मात्र और मात्र उपग्रह डाटा विश्लेषण करके पता किया कि उस जमीन अपेक्षित समय अवधि में सक्रिय कृषिगत तहत थी या नहीं। एक आवासीय निर्माण स्थिति के अभ्यास से यह भी पता चला कि उपग्रह चित्र में पाया गया वास्तविक निर्माण कार्य मूल पारित निर्माण योजना चित्र से काफी भिन्न था। आगामी समय में आयकर संबंधित कार्य की बढ़ती माँग पूरी करने के लिए बहुत ही उच्चतम रेसोल्यूशन ($\leq$ 1 m) क्षमता वाला मल्टी-स्पेक्ट्रल डाटा हर सप्ताह पुनरावृत्ति के साथ जरूरी होगा।

***

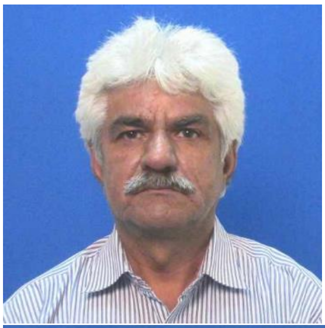
अनुक्रमणिका

**आभार:** आयकर संबंधित यह कार्य में अत्यंत रुचि लेने एवं कार्य करने हेतु प्रोत्साहित करने के लिए हम श्री तपन मिश्रा, निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के अत्यंत आभारी हैं। हम डॉ. राजकुमार, उप निदेशक, एप्सा. और डॉ. प्रकाश चौहान, तत्कालीन ग्रुप निदेशक, बी.पी.एस.जी. के आभारी हैं जिनकी प्रेरणा और मार्गदर्शन समय-समय पर मिलता रहा जिस वजह से हम यह कार्य बेहतर रूप से कर पाए। हम श्री तेजपाल सिंह, निदेशक, भास्कराचार्य इंस्टीट्यूट फॉर स्पेस एप्लीकेशन एन्ड जियो-इनफोर्मेटिक्स, गांधीनगर के अत्यंत आभारी हैं जिन्होंने हमें गाँव का भू-कर-सम्बधित खसरा चित्र (cadastral map) प्रदान किया उसके बिना यह कार्य संभव नहीं था।

**संदर्भः**

1. द हिन्दू (2015) "अभिशासन व विकास में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी आधारित साधनों एवं अनुप्रयोगों का सम्वर्धन" विषय पर सितम्बर 7, 2015 को विज्ञान भवन, नई दिल्ली में बुलाए गए राष्ट्रीय अधिवेशन में प्रधानमंत्री श्री नरेन्द्र मोदी जी का संबोधन। सितम्बर 8, 2015
2. टीम डेल्टा (2017) "कराधान हेतु अंतरिक्ष तकनीकी" विषय पर विस्तृत रिपोर्ट राष्ट्रीय
3. सुदूर संवेदन केन्द्र, हैदराबाद द्वारा, "सुप्रशासन और विकास के लिए अंतरिक्ष तकनीकी का योगदान", प्रायोजित ISRO-STP प्रोग्राम अंतर्गत प्रस्तुत किया गया, जून 2017.
4. वेबसाइट संदर्भ : www.wikipedia.com "भारतीय कर व्यवस्था"- विकिपीडिया.html
5. वेबसाइट संदर्भ : https://www.incometaxindia.gov.in Tutorial on "Exemption under 54B.pdf"

**लेखक परिचयः**



करशनभाई एन.चौधरी ने सन 1989 में कृषि मौसमविज्ञान विषय में एम.एस.सी.(कृषि) की डिग्री गुजरात कृषि विश्वविद्यालय से प्राप्त की। सितम्बर 1991 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में वैज्ञानिक / अभियंता एस.बी. पद पर कार्य ग्रहण किया। उन्होंने सुदूर संवेदन उपग्रह और अंतरिक्ष तकनीकी के उपयोग आधारित कृषि एवं बागायती फसलों के क्षेत्र मूल्यांकन, फसल ऊपज मॉडलिंग, फसल बीमा, आयकर वगैरह में कार्य किया है।

नीता एल. भागिया ने सन 1986 में आंकड़ाशास्त्र विषय में गुजरात विश्वविद्यालय से एम.एस.सी. की पदवी प्राप्त की। उन्होंने मई 1988 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद में सुदूर संवेदन उपयोग क्षेत्र में कार्यभार संभाला। उन्होंने आज तक सुदूर संवेदन उपग्रह और अंतरिक्ष तकनीकी के उपयोग आधारित कृषि एवं बागायती फसलों के क्षेत्र मूल्यांकन, फसल ऊपज मॉडलिंग, डिजिटल नमूनाकरण वगैरह में कार्य किया है।

डॉ. बिमल कुमार भट्टाचार्य ने भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान से कृषि भौतिकी विषय में एम.एस.सी.(कृषि) की पदवी वर्ष 1991 में और पी.एच.डी. की पदवी 1994 में प्राप्त की। तत्पश्चात, सन 1995 में भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद के उत्तरी-पूर्व क्षेत्र के त्रिपुरा केन्द्र में कार्यभार संभाला। सन् 2000 में अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद के कृषि संसाधन ग्रुप में वैज्ञानिक / अभियंता एस.डी. पद पर कार्य ग्रहण किया। अभी वर्तमान में वे कृषि एवं भूमि पारिस्थितिकी तंत्र प्रभाग के प्रधान के रूप में कार्य कर रहे हैं।

***

अनुक्रमणिका

# ध्रुवीय सागर-हिम का अंतरिक्षीय अवलोकन

डी. राम रजक, कृति उपाध्याय, पूर्वी जोशी, नवीन त्रिपाठी, संदीप ओझा एवं ईश मोहन बहुगुणा
हिममंडल विज्ञान प्रभाग (जी.एच.सी.ए.जी. / ई.पी.एस.ए), अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत


- **सार**

**इस प्रपत्र में हिममंडल (cryosphere) के सबसे ज्यादा गतिशील (dynamic) एवं बृहद अवयव सागर-हिम (sea ice) की अंतरिक्षीय सुदूर संवेदन के द्वारा अवलोकन का वर्णन किया गया है। हिम-मण्डल की मानव अस्तित्व (human existence), विश्व-पर्यावण (global environment) एवं जलवायु परिवर्तन (climate change) में महत्ता का उल्लेख किया गया है। सूक्ष्म-तरंग (microwave) एवं प्रकाशीय (optical) संवेदकों (sensors) से प्राप्त आंकड़ों के द्वारा सागर-हिम के विभिन्न आयामों के अवलोकन एवं आकलन की संक्षिप्त जानकारी प्रस्तुत की गयी है। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद द्वारा विकसित की जा रही तकनीकों (techniques) का सारांश दिया गया है तथा उसके वेब-साईट मोस्डैक (MOSDAC: https://www.mosdac.gov.in) एवं वेदास (VEDAS: https://vedas.sac.gov.in/vedas) पर उपलब्ध कराये गये कुछ हिम-उत्पादों के उदाहरण प्रस्तुत किये गये हैं। प्रपत्र के अंत में विश्व-स्तर पर इस दिशा में हो रहे विकास की तुलना में भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की भावी चुनौतियों का भी उल्लेख किया गया है।**

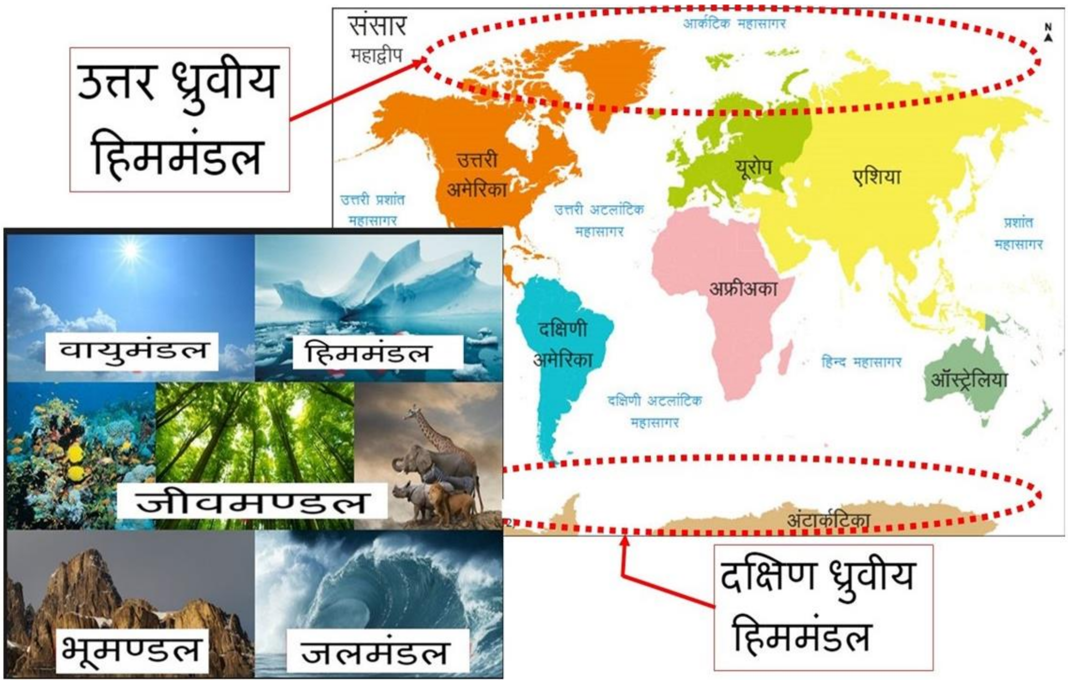

- **प्रस्तावना**

अयं निजः परो वेति गणना लघुचेतसाम् ।
उदार चरितानां तु वसुधैव कुटुम्बकम् ।
(हितोपदेश १.३.७१)

हम 'वसुधैव कुटुंबकम' की तत्व-विचार-धारा में विश्वास रखने वाले भारतीय समाज की नैतिक जिम्मेदारी है कि हम देश की एवं विश्व की खुशहाली के प्रति हमेशा सजग रहें। मानव समाज की भावी खुशहाली के लिए आवश्यकता है विश्व के पर्यावरण को समझने की और फिर इस पर्यावरण को संरक्षित रखने की। हमारा वैश्विक-पर्यावरण (Global Environment) पांच प्रमुख मंडलों से निर्मित है:

१. वायुमंडल (Atmosphere )
२. जीवमंडल (Biosphere)
३. भूमण्डल (Geosphere)
४. जलमंडल (Hydrosphere) एवं
५. हिममंडल (Cryosphere).

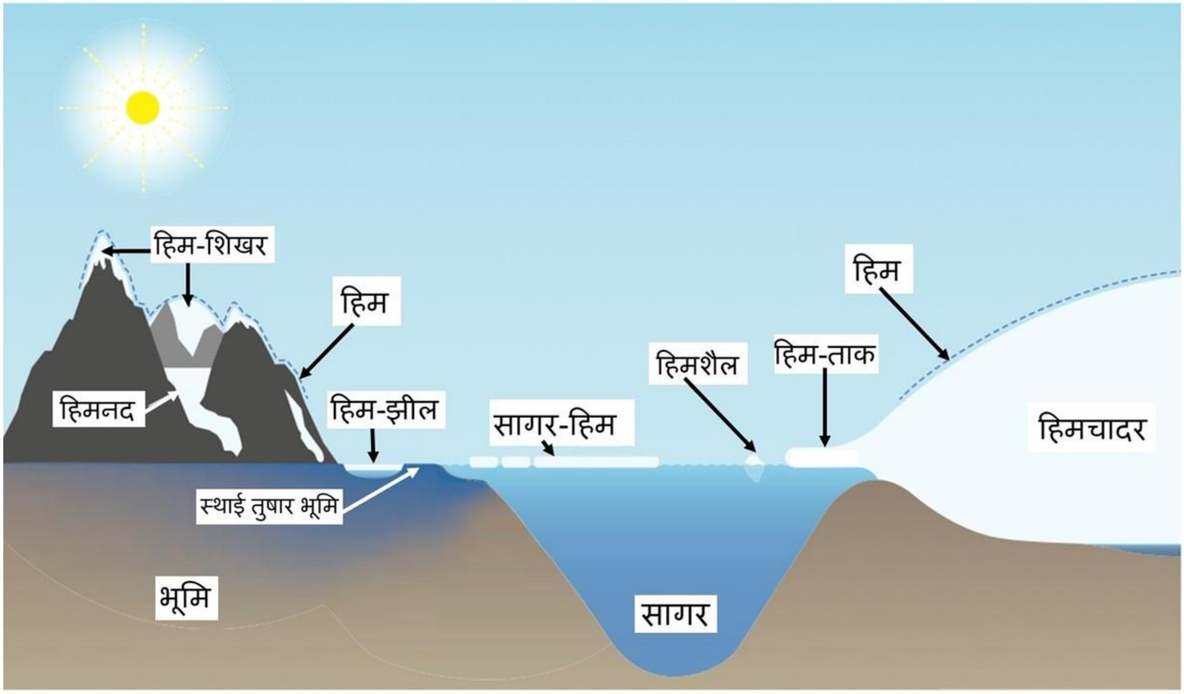
पृथ्वी की सतह का वह हिस्सा जिसमें जल ठोस अवस्था में पाया जाता है, हिममंडल कहलाता है। यह विश्व जलवायु का, जलमंडल के बाद दूसरा सबसे बड़ा भाग है। हिममंडल प्रमुखतः उच्च अक्षांश (high latitude) और उच्च तुंगता (high altitude) वाले विस्तारों या क्षेत्रों में फैला हुआ है। सतत बर्फ या हिम से ढके या आच्छादित क्षेत्रों के अलावा वे क्षेत्र जो प्रति वर्ष नियमित रूप से कुछ समय के लिए बर्फ या हिम से आच्छादित होते हैं, वे क्षेत्र भी हिममंडल के अंतर्गत माने जाते हैं। हिम-चादर (ice-sheet ), हिमाच्छदन या हिम-शिखर (ice-cap), हिमनद या हिमनदी (glacier), हिमताक या हिम-सेल्फ (ice-shelf), हिम-शैल (iceberg), सतत तुषार भूमि (permafrost) आदि इस हिममंडल के प्रमुख अवयव हैं। हिममंडल के वे हिस्से जो उत्तरी और दक्षिणी ध्रुवों के समीप होते हैं क्रमशः उत्तर ध्रुवीय हिममंडल (North Polar or Arctic cryosphere) एवं दक्षिण ध्रुवीय हिममंडल (South Polar or Antarctic cryosphere) कहलाते हैं। चित्र-1 में उपर्युक्त पांच मंडलों को संक्षिप्त चित्रीय रूपों में दर्शाया गया है। इसी चित्र में विश्व-मानचित्र पर उत्तर ध्रुवीय हिममंडल (Arctic cryosphere) एवं दक्षिण ध्रुवीय हिममंडल (Antarctic cryosphere) भी दर्शाये गए हैं।




चित्र-1: वैश्विक - पर्यावरण के पांच मंडल और उत्तर ध्रुवीय हिममंडल एवं दक्षिण ध्रुवीय हिममंडल

चित्र-2 के द्वारा हिममंडल के कुछ प्रमुख अवयवों जैसे हिम-चादर, हिमाच्छदन या हिम-शिखर, हिमनद या हिमनदी, हिमताक या हिमशेल्फ, हिम-शैल, सतत तुषार भूमि आदि से अवगत कराने की कोशिश की गयी है। बर्फ (snow) और हिम (ice), हिममंडल के दो प्रमुख अवयव हैं। वायुमंडलीय जल का वह हिस्सा जो छोटे-छोटे कणों में जमने के बाद ठोस वर्षण (solid precipitation) के रूप में धरती पर गिरता है, बर्फ कहलाता है। यह बर्फ पिघले बिना लम्बे समय तक अस्तित्व में रहने पर उच्च-घनत्व के कारण हिम में परिवर्तित हो जाती है। हिम-चादर, हिम-ताक, हिमनद, हिमशैल आदि में यही हिम सबसे प्रमुख अवयव होती है। सागर-हिम या हिम-सागर की उत्पत्ति और गुण इसके विपरीत होते हैं। शीत ऋतू (winter) में जब सागर के पानी की ऊपरी सतह का तापमान हिमांक (freezing point) के नीचे पहुंचता है तो वह जम कर हिम में परिवर्तित हो जाती है जिसे हिम-सागर या सागर-हिम कहते है। सागरीय पानी से बनने के कारण इसमें लवण (salt) मिश्रित रहता है और इसका स्वाद खारा होता है। हिम-चादर, हिम-ताक या हिमनद के वे हिस्से जो उनसे टूटकर अलग हो जाते हैं और सागर में तैरने लगते हैं, हिम-शैल कहलाते हैं।

इस प्रपत्र में उपर्युक्त ध्रुवीय हिममण्डलीय अवयवों में से एक, ध्रुवीय सागर-हिम की संक्षिप्त जानकारी प्रदान की गयी है। मानव जीवन और विश्व-पर्यावरण पर उनके प्रभावों का उल्लेख किया गया है। सुदूर संवेदन तकनीक का उपयोग करके इसके अवलोकन का संक्षिप्त विवरण प्रस्तुत किया गया है। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा इस दिशा में किये गए प्रयासों का उल्लेख किया गया है और अंतरिक्षीय आंकड़ों से तैयार किये गए सागर-हिम-उत्पादों (sea ice products) का भी उल्लेख किया गया है। प्रपत्र के अंत में सन्दर्भ सूची के पहले भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में सागर-हिम-अवलोकन सम्बंधित भावी चुनौतियों का उल्लेख किया गया है।




चित्र-2: हिममंडल के कुछ प्रमुख अवयव जैसे हिम-चादर, हिमच्छद या हिम-शिखर, हिमनद या हिमनदी, हिमताक या हिमशेल्फ, हिम-शैल, सतत तुषार भूमि आदि

- **क्या ध्रुवीय हिममंडल के अस्तित्व के बिना पृथ्वी पर जीवन संभव है ?**

इस प्रश्न का उत्तर जानने के लिए सबसे पहले आवश्यकता है ध्रुवीय हिममंडल का महत्त्व जानने की। अतः सबसे पहले उन प्रमुख प्रभावों का उल्लेख करते हैं जो पृथ्वी के पर्यावरण और जीवन अस्तित्व पर असर डालते हैं जैसे:

(क) सागर-हिम या हिम-सागर पृथ्वी के कुल आवरण का एक बड़ा हिस्सा है। यह सौर-ऊर्जा का परावर्तन अधिक करता है (लगभग 80०%) और अवशोषण कम करता है परन्तु जल सौर-किरणों का अवशोषण अधिक (लगभग 90%) करता है (सन्दर्भ: NSIDC)। इस सागर-हिम के आवरण में कमी आने के कारण परावर्तित ऊर्जा में कमी आती है और अवशोषित ऊर्जा बढ़ जाती है। इसके फलस्वरूप ऊर्जा-सामंजस्य में गड़बड़ी आ जाती है। यह गड़बड़ी विश्व-पर्यावरण को विपरीत तरीके से प्रभावित करती है।

(ख) सागर-हिम वायुमंडल और महासागरों (जो कि जलमंडल का अति प्रमुख अवयव है) के बीच होने वाले ऊर्जा / ऊष्मा के आदान प्रदान को नियंत्रित या प्रभावित करता है। वायुमंडल का तापमान और महासागरों में पानी का तापमान प्रभावित होता है जिस के कारण अनेक जीव-जंतुओं का जीवन प्रभावित होता है।

(ग) महा-सागरों में होने वाले ऊष्मलवणीय-परिसंचरण (thermohaline -circulation) में सागर-हिम एक अति महत्वपूर्ण भूमिका अदा करता है। जब सागर-हिम का निर्माण होता है (शीत ऋतु में तापमान कम होने पर) तब निकटतम सागरीय जल में लवण की मात्रा बढ़ जाती है और वह जल भारी हो जाता है। यह शीतल और घनत्व में भारी जल समुद्र की गहराई में विस्थापित हो जाता है एवं ऊपर की सतह पर आसपास से नया जल आकर उसकी जगह ले लेता है। सागर-हिम के निर्माण के दौरान यह क्रम सतत चलता रहता है। इस

प्रक्रिया के द्वारा ही ऊष्मा का संचरण विषुवत या भूमध्य रेखा की तरफ से दोनों ध्रुवों की तरफ होता है जो कि सार्व-भौमिक उष्मीय-वितरण (global heat distribution) का एक प्रमुख अंग है (सन्दर्भ: NASA)।

(घ) पृथ्वी के दोनों ध्रुवीय क्षेत्रों में अनेक प्रकार के ऐसे जीव-जंतु प्रवास करते हैं जिनका जीवन वहां बनने वाले सागर-हिम पर ही निर्भर करता है। सागर-हिम की अप्राकृतिक घट-बढ़ इन प्राणियों के जीवन-अस्तित्व को प्रभावित करती है।

(च) वर्तमान में पृथ्वी पर लगभग 150 करोड़ हेक्टेयर क्षेत्र में हिम-चादरों, हिमनदों और हिम-ताकों का विस्तार है। इनकी अति-परावर्तनीय सतहें उन पर आपतित सौर-ऊर्जा / ऊष्मा के ज्यादातर हिस्से को वापिस वायुमंडल और फिर अंतरिक्ष में परावर्तित कर देती हैं। इस तरह पृथ्वी पर उष्मीय ऊर्जा का संतुलन बनाये रखने में सहायक होती हैं। यदि वैश्विक-ऊष्णता (global - warming) या किसी भी अन्य कारण से ये हिम-क्षेत्र पिघल जाते हैं तो समूचे महासागरों में जल का औसत स्तर लगभग 70 मीटर बढ़ जाएगा। विश्व के अनेक भूखंड इस कारण से जलाधीन हो जाएंगे और मानव समाज के लिए एक बड़ी विपदा उत्पन्न हो जायेगी (सन्दर्भ: Worldwatch)।

उपर्युक्त उल्लिखित पांच प्रभावों के अलावा भी ध्रुवीय हिममंडल हमारे पर्यावरण और विश्व-जीवन को अनेक तरीकों से प्रभावित करता है। हाल ही में टेलर एवं सहयोगियों (Taylor et al., 2018) ने आर्कटिक में होने वाले वायु-सागर के बीच ऊर्जा आदान-प्रदान पर एक संशोधन प्रस्तुत किया है। अब हम समझ चुके है कि ध्रु. हि. मं. और पृथ्वी के जलवायु परिवर्तन (climate change) में एक गहरा सम्बन्ध है। हम यह भी जानते हैं कि अप्राकृतिक रूप से होने वाले जलवायु परिवर्तन का हमारे ऊपर दुष्प्रभाव होता है। उन्नीसवीं सदी के बाद से पृथ्वी की सतह का सकल तापमान 3 से 6 डिग्री तक बढ़ गया है। ये तापमान में वृद्धि के आंकड़े हमें मामूली लग सकते हैं लेकिन ये आगे चलकर महाविनाश को आकार दे सकते हैं। जलवायु परिवर्तन का सीधा प्रभाव खेती पर पड़ता है क्योंकि तापमान, वर्षा आदि में बदलाव आने से मिट्टी की उर्वरकता / क्षमता कम हो सकती है और कीटाणु एवं कृषि बीमारियां अपने सामान्य तरीके से अलग प्रसारित होने की आशंका रहती है। भारत में दलहनों का उत्पादन घटने की आशंका है। अति-वर्षा एवं अति-तापमान-वृद्धि के परिणाम-स्वरूप आने वाली बाढ़ आदि से खेती का नुकसान बढ़ेगा। ध्रुवीय हिमनदों के पिघलने से समुद्र के स्तर में वृद्धि की भी आशंका है। समुद्र के स्तर में वृद्धि होने के अनेकानेक दुष्परिणाम सामने आएंगे जैसे तटीय क्षेत्रों की बर्बादी, ज़मीन का पानी में डूब जाना, बाढ़, मिट्टी का अपरदन, खारे पानी के दुष्परिणाम आदि। इससे तटीय जीवन अस्त-व्यस्त हो जाएगा एवं खेती, पेय जल, मत्स्य पालन व मानव बसाव आदि तहस नहस हो सकते हैं।

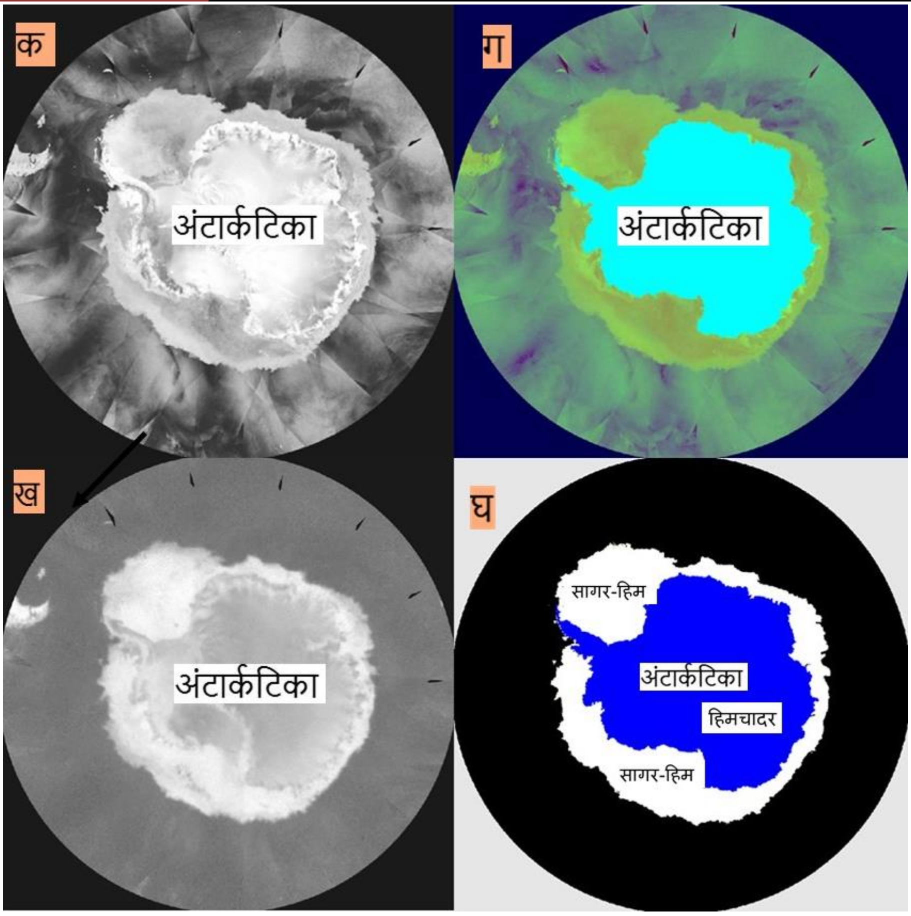
हमारी मौजूदा जानकारी के आधार पर यह अनुमान लगाया जा सकता है कि ध्रुवीय हिममंडल के बिना जीवन पूर्णतः सुचारु और सुरक्षित नहीं रह सकता। कुछ जीव-जंतु पूरी तरह से विलुप्त हो सकते है तो कुछ जीव-जंतुओं का जीवन-यापन लगभग दुर्लभ हो जाएगा। अतः, ध्रुवीय हिममंडल के विभिन्न अवयवों का अध्ययन करना अति आवश्यक है।

- **ध्रुवीय सागर-हिम का अंतरिक्षीय अवलोकन**

जैसा कि पहले ही हम जान चुके हैं कि हिममंडल पृथ्वी के इतने बड़े भूभाग में फैला हुआ है कि परम्परागत तरीकों से इसका सतत अवलोकन नहीं किया जा सकता। इसके अलावा हिममंडल के अधिकांश अवयव हमारी सामान्य पहुँच के लिए दुर्गम है। ऐसी स्थिति में उपग्रही सुदूर संवेदन (satellite remote sensing) तकनीक का उपयोग करके ही हिममंडल का सतत अवलोकन संभव है। विश्व के अनेक देश इन ध्रु. हि. का उपग्रही सुदूर संवेदन द्वारा अवलोकन कर रहे हैं। भारत भी अपने अंतरिक्षीय कार्यक्रम से प्राप्त स्वदेशी उपग्रही सुदूर संवेदी आंकड़ों का उपयोग करके हिममंडल के अनेक अवयवों का अवलोकन करता है। हिममंडल के एक प्रमुख अवयव, ध्रुवीय सागर-हिम के अंतरिक्षीय अवलोकन का संक्षिप्त विवरण नीचे दिया जा रहा है।

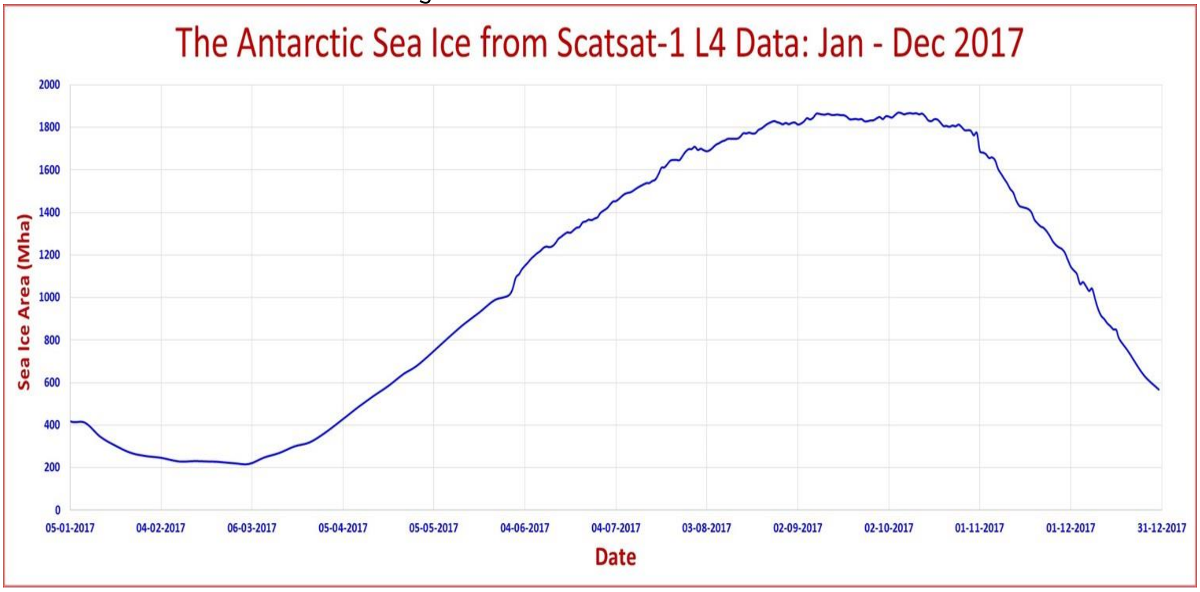
सागर-हिम आच्छादित क्षेत्र-सीमा या विस्तार (sea ice extent), सागर-हिम भागांश (sea ice fraction), सागर-हिम मोटाई (sea ice thickness), सागर-हिम स्थानांतरण या विचलन (sea ice drift), सागर-हिम पिघलन प्रारम्भ (sea ice melting onset), सागर-हिम जमन प्रारम्भ (sea ice refreeze onset), सागर-हिम आच्छादित बर्फ की गहराई (snow depth over sea ice) आदि की जानकारी अंतरिक्षीय अवलोकन द्वारा प्राप्त की जा सकती है। इन जानकारियों को एकत्रित करने के लिए उपग्रहों से प्राप्त सूक्ष्म-तरंगीय या प्रकाशीय सुदूर संवेदी आंकड़ों का उपयोग किया जाता है। सागर-हिम के सतत उपग्रही अवलोकन का सबसे पुराना अभिलेख है अमेरिका के "राष्ट्रीय बर्फ एवं हिम आंकड़ा केंद्र" (National Snow and Ice Data Centre) का सागर-हिम भागांश आंकड़े (sea ice fraction data)। यह आंकड़े नवंबर 1978 से अभी तक लगभग प्रतिदिन के लिए उपलब्ध है (1978 से 1987 तक प्रति दो दिन में एक)। निष्क्रिय रेडियोमीटर SMMR , SSM/I, AMSRE एवं AMSR-2 से प्राप्त बहु-आवृति (multi -frequency) आंकड़ों के विश्लेषण से ये सागर-हिम भागांश आंकड़ा-उत्पाद (sea ice fraction products) तैयार किये जाते हैं।

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद ने स्कैटसैट-1 (Scatsat-1) से प्राप्त 2.25 कि.मी. आंकड़ों का उपयोग करके दक्षिण ध्रुवीय सागर-हिम विस्तार के आंकलन की एक तकनीक विकसित की है और दिसंबर 2016 से मई 2018 तक प्रतिदिन मानचित्र तैयार किये हैं। इस तकनीक में स्कैटसैट-1 के दोनों पोलराईज़ेशन्स (H and V) के गामा-नॉट (Gamma0 ) और ब्राइटनेस टेम्परेचर (BT) आंकड़े और उनसे ही निष्कर्षित किये गए पोलराईज़ेशन्स रेश्यो (polarization ration) के साथ मिश्र वर्गीकरण (hybrid classification) का उपयोग किया गया है। चित्र-3 में अंटार्कटिक में स्कैटसैट-1 के H एवं V गमा-नॉट, पोलराईज़ेशन्स रेश्यो एवं सागर-हिम विस्तार प्रस्तुत किये गए हैं.




चित्र-3: अंटार्कटिका में स्कैटसैट-1 के (क) गमा-नॉट H, (ख) ब्राइटनेस टेम्परेचर H, (ग) False Colour Composite [Red:NDGI, Green:NDBI and Blue: Gamma0(H)] तथा (घ) सागर-हिम विस्तार (25 मई 2018) दिखाये गए हैं.

विकसित की गयी इसी तकनीक का उपयोग करके 1 जनवरी 2017 से लेकर 31 दिसम्बर 2017 प्रतिदिन जो सागर-हिम मानचित्र तैयार किये गए वे अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद की वेबसाइट वेदास (https://vedas.sac.gov.in/vedas_new/view/south_pole.jsp) पर विश्व-विज्ञान समुदाय को उपलब्ध कराये गए हैं। इन सागर-हिम-उत्पादों का विश्लेषण करके सागर-हिम-विस्तार का आकलन किया जाता है। जनवरी 1, 2017 से लेकर दिसम्बर 31, 2017 तक के अंटार्कटिक सागर-हिम-विस्तार को चित्र-4 में दर्शाया गया है।



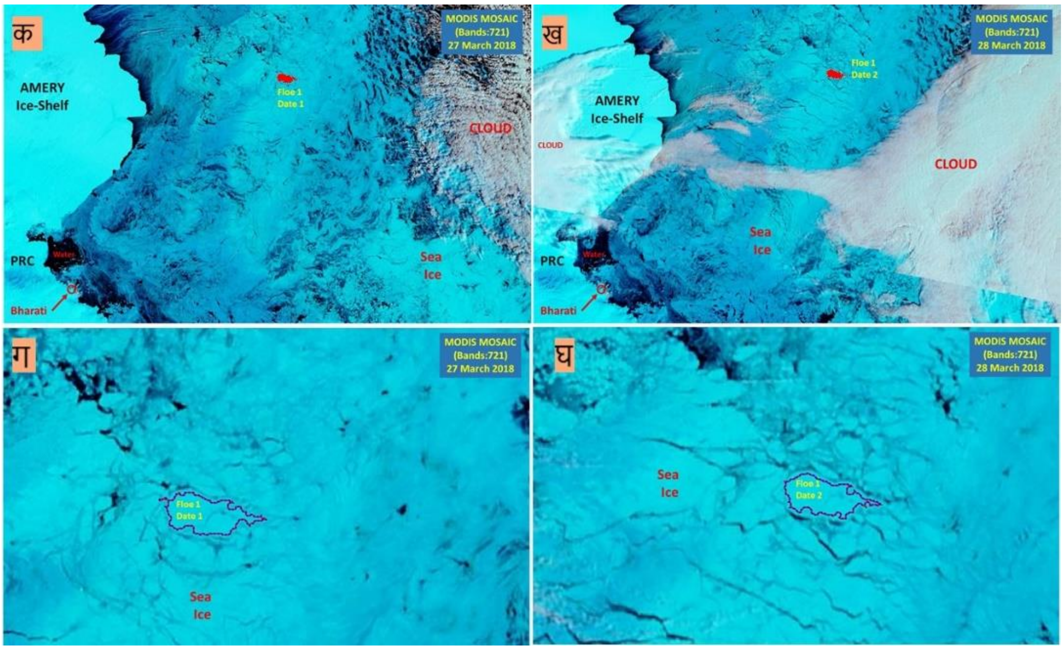

चित्र-4: अंटार्कटिक में स्कैटसैट-1 के 2.25 कि.मी. आंकड़ों से आंकलित सागर-हिम-विस्तार का जनवरी से दिसम्बर 2017 के बीच परिवर्तन (https://vedas.sac.gov.in/vedas_new/view/south_pole.jsp).

सागर-हिम स्थांतरण या विचलन (sea ice drift) के आकलन के लिए उपग्रहों से प्राप्त समय-अंतरालों पर एकत्रित आंकड़ों (temporal data) का विश्लेषण किया जाता है। फीचर ट्रैकिंग (feature tracking), पैटर्न रिकग्निशन (pattern recognition) जैसी तकनीकों का उपयोग करके सागर-हिम स्थांतरण या विचलन का आकलन किया जाता है। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद ने MODIS

अनुक्रमणिका

MOSAIC का उपयोग करके भारतीय अंटार्कटिक स्टेशन भारती एवं मैत्री के पास सागर-हिम स्थानांतरण के आकलन की एक तकनीक विकसित की है जिसका एक उदाहरण चित्र-5 में दिया गया है। चित्र में भारती (Bharati), पोलार रिकॉर्ड हिमनद (PRC - Polar Record Glacier), एमरी हिमताक (Emery Ice-shelf) के पास प्रिज खाड़ी (Prydz Bay) में 27 मार्च 2018 (क) एवं 28 मार्च 2018 (ख) के दिन MODIS MOSAIC पर सागर-हिम की स्थिति दर्शाई गयी है। सागर-हिम के एक फ्लोए (floe) का स्थान्तरण चित्र (ग) और (घ) में दिखाया गया है। एक दिन में सागर-हिम का स्थानान्तरण 17.5 किलोमीटर आकलित किया गया (सागर-हिम विचलन = 729 मीटर प्रति घंटा या 12 मीटर प्रति मिनट)।

उपग्रही आंकड़ों से सागर-हिम के विभिन्न आयामों की जानकारी प्राप्त करने तथा प्राप्त जानकारी का उपयोग विभिन्न क्षेत्रों में करने के लिए अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में अनेक संशोधन हुए हैं। विस्तृत जानकारी के इच्छुक पाठकों से निवेदन है कि वे ओझा एवं सहयोगी तथा रजक एवं सहयोगी (oza et al., 2010, oza et al., 2011a, oza et al., 2011b, oza et al., 2012, Rajak et al., 2015a, Rajak et al., 2015b, Rajak et al., 2015c, and Rajak et al., 2017,) द्वारा लिखे गये शोध पत्रों का अध्ययन करें।




चित्र-5: अंटार्कटिक में सागर-हिम स्थानांतरण का आकलन (क) MODIS MOSAIC 27 मार्च 2018, (ख) MODIS MOSAIC 28 मार्च 2018, (ग) चयनित फ्लोए की स्थिति 27 मार्च 2018 को तथा (घ) चयनित फ्लोए की स्थिति 28 मार्च 2018 को।

- **भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए भावी चुनौती**

**वैश्विक - तापन (global warming) और उससे संबद्धित वैश्विक हिम-ह्रास (ice loss) के कारण विश्व पर्यावरण परिवर्तित हो रहा है। वैश्विक-जलवायु निकाय (global climate system) में हिममंडल के विभिन्न अवयव किस तरह से कार्य करते हैं और अलग-अलग स्थान एवं समय पर किस प्रकार से आपसी-व्यवहार में परिवर्तन आते हैं; इस विषय में हमारी जानकारी अपरिपक्व है। वैश्विक-जलवायु पर हिममंडल के जटिल- व्यवहार (complex interaction) को समझने के लिए जरूरत है हिममंडल के सभी अवयवों के दीर्घ-कालिक अवलोकन की। ध्रुवीय-सागर-हिम पृथ्वी के हिममंडल का सबसे गतिशील अवयव है। यह पाया गया है कि ध्रुवीय-सागर-हिम विस्तार जलवायु परिवर्तन का एक अति-संवेदनशील सूचक भी है। सागर-हिम मापन के अन्य अंग जैसे मोटाई (thickness), सांद्रता (concentration), विचलन (drift) आदि भी जलवायु परिवर्तन से प्रभावित होते हैं। अतः ध्रुवीय-सागर-हिम का दीर्घ-कालिक अवलोकन भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का एक अति-आवश्यक अंग है। वैश्विक-स्तर पर ध्रुवीय-सागर-हिम के अवलोकन में निष्क्रिय सूक्ष्म-तरंग सुदूर संवेदन ने एक अहम भूमिका निभाई है। इस समय भारत के किसी भी उपग्रह पर कोई निष्क्रिय सूक्ष्म-तरंग सुदूर संवेदक नहीं है जो कि वैश्विक-सागर-हिम के अवलोकन और आंकलन में उपयोगी सिद्ध हो सके। सरल अल्टिका (SARAL AltiKa) से प्राप्त आंकड़ों से सागर-हिम की मोटाई के आंकलन की तकनीक विकसित हो रही है। उपग्रही आंकड़ों से जनित सभी प्रकार के हिम-मंडलीय उत्पाद अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद की वेब-साईट MOSDAC (https://www.mosdac.gov.in) एवं VEDAS (https://vedas.sac.gov.in/vedas) पर उपलब्ध हैं। वर्तमान में रिसोर्ससैट-2/2A (Resourcesat-2/2A) के द्वारा प्रकाशीय आंकड़ों (optical data) की पर्याप्त उपलब्धता सुनिश्चित नहीं है। मेघाच्छादन के अवरोध से अप्रभावित रहकर हिममंडल के अवलोकन के लिए सक्रिय सूक्ष्म-तरंग आंकड़ों की भी आवश्यकता है। रिसैट-1 (RISAT-1) के बाद हमारे पास कोई भारतीय सक्रिय सूक्ष्म-तरंग संवेदक नहीं है जो कि वांछनीय जानकारी प्रदान कर सके। इन उपग्रहीय आंकड़ों की वांछनीय आवृत्ति के साथ ध्रुवीय क्षेत्रों में उपलब्धता सुनिश्चित कराना भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए एक भावी चुनौती है।**

अनुक्रमणिका

## सन्दर्भ सूची


1. Mosdac. Meteorological and Oceanographic Satellite Data Archival Centre website. https://www.mosdac.gov.in
2. NASA. National Aeronautics and Space Administration website. https://pmm.nasa.gov/education/videos/thermohaline-circulation-great-ocean-conveyor-belt.
3. NSIDC. National Snow and Ice Data Centre website - https://nsidc.org/cryosphere
4. Oza S R, Singh R K K, V yas N K and Sarkar Abhijit (2010) Recent trends of arctic and antarctic summer sea-ice cover observed from space-borne scatterometer in Journal of Indian Society of Remote Sensing 38 611-616
5. Oza S R, Das I M L, Singh R K K, Srivastava A, Dash M and V yas N K (2011a) Inter-annual variations observed in winter and summer Antarctic sea ice extent in recent decade in Mausam 62 633-640
6. Oza S R, Singh R K K, V yas N K, Gohil B S and Sarkar Abhijit (2011b) Spatio-temporal coherence based technique for near-real time sea-ice identification from scatterometer data in Journal of Indian Society of Remote Sensing 39 147-152
7. Oza S R, Singh R K K, V yas N K and Sarkar Abhijit (2012) An atlas of the Arctic and the Antarctic sea ice trends (1999-2009) - derived from QUIKSCA Tscatterometer data, Scientific Report : Space Applications Centre Ahmedabad, No. SAC/EPSA/AOSG/OSD/SR/04/2012
8. Rajak D. Ram, R. K. Kamaljit Singh, Jayaprasad P., Sandip R. Oza, and M. Javed Beg (2015a). Sea Ice Advisories for Indian Research & Supply Vessels Operating in East Antarctica. Presented at COMNAP 2015: Sea Ice Challenges (Hobart, Tasmania, Australia on 12-13 May 2015). https://www.comnap.aq/SiteAssets/SitePages/SeaIceWorkshop/Session5_Beg.pdf
9. Rajak D. Ram, R. K. Kamaljit Singh, P. Jayaprasad, Sandip R. Oza, Rashmi Sharma and Raj Kumar (2015b). Sea ice occurrence probability data and its applications over the Antarctic. Journal of Geomatics, 9 (2), 193-197.
10. Rajak D. Ram, Neeraj Agarwal, P. Jayaprasad, R.K. Kamaljit Singh, Sandip R. Oza, and Rashmi Sharma (2015c). Comparing modelled Arctic sea ice trend with remotely sensed estimates. Journal of Geomatics, 9 (1), 93-98.
11. Rajak, D. Ram, B. P. Rathore, Purvee P. Joshi, and I. M. Bahuguna (2017). Estimation of the Antarctic Sea Ice using Scatsat-1 Super Resolution Data. National Conference on Polar Sciences, NCAOR, Goa, May 2017.
12. Taylor, Patrick C., Bradley M. Hegyi, Robyn C. Boeke and Linette N. Boisvert (2018). On the Increasing Importance of Air-Sea Exchanges in a Thawing Arctic: A Review. Atmosphere 2018, 9, 41; doi:10.3390/atmos9020041.
13. Vedas. Visualisation of Earth observation Data and Archival System website. https://vedas.sac.gov.in/vedas
14. Worldwatch. Melting of Earth's Ice Cover Reaches New High by Lisa Mastny. http://www.worldwatch.org/melting-earths-ice-cover-reaches-new-high.

# हाई-डेफिनेशन वीडियो कार्यप्रवाह और इसका डेकू के वीडियो कार्यक्रमों में क्रियान्वयन

**धर्मेन्द्र सिंह तोमर, वैज्ञानिक-अभियंता-एसडी,**
**इसरो कार्यक्रम निर्माण प्रभाग, मल्टीमीडिया कार्यक्रम निर्माण समूह, विकास एवं शैक्षिक संचार इकाई**
**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)**
**अहमदाबाद, गुजरात, भारत**

आज के परिपेक्ष्य में दृश्य-श्रव्य माध्यम में काफी बदलाव आये हैं। दृश्य-श्रव्य माध्यम जिनमें सिनेमा, टेलीविजन आदि का समावेश होता है और इसके साथ-साथ सोशल मीडिया एक नया माध्यम इसमें जुड़ गया हैं, जिसने इस माध्यम में एक नयी क्रांति ला दी हैं। सोशल मीडिया द्वारा दृश्य-श्रव्य विषय-वस्तु काफी बढ़ गयी हैं, जिसके फलस्वरूप आम जनता और दर्शक की दृश्य-साक्षरता भी बड़ी हैं। मीडिया के बढ़ते स्वरूप ने दृश्य-श्रव्य की गुणवत्ता को भी काफी हद तक प्रभावित किया हैं और इसी का परिणाम हैं, कि अब हाई-डेफिनेशन वीडियो का चारे ओर बोलबाला हैं। टीवी, कंप्यूटर, टेबलेट, लेपटोप या मोबाईल की स्क्रीन पर दिखने वाला वीडियो या स्थिर चित्र की क्वालिटी और उनका आकार उपयोगकर्ता की प्रमुख मांग बन गया हैं।

प्राइवेट टीवी चेनलों के साथ-साथ भारत का लोक प्रसारण सेवा दूरदर्शन में भी अब कार्यक्रमों का प्रसारण हाई डेफिनेशन में होने लगा हैं।

विकास ओर शैक्षिक संचार यूनिट, इसरो के विभिन्न मिशनो ओर अनुप्रयोगों पर विगत कई वर्षो से वीडियो कार्यक्रमों का निर्माण कर रहा हैं, जिसका प्रसारण दूरदर्शन, लोकसभा टेलीविजन ओर राज्यसभा टेलीविजन पर भी किया जाता है। इन कार्यक्रमों का अंग्रेजी भाषा के साथ-साथ हिंदी भाषा में भी निर्माण किया जाता है, जिससे अधिक से अधिक संख्या में लोग इससे लाभ लेते हैं। इसके साथ-साथ इसरो की अन्य गतिविधियों जैसे पेलोड परिक्षण, पेलोड के फ्लेग-ऑफ, व्याख्यान, सम्मेलन का भी वीडियो कवरेज ओर विभिन्न केन्द्रों में आयोजित की जाने वाली संरचात्मक प्रशिक्षण कार्यक्रम (Structural Training Programme) की सम्पूर्ण वीडियो शूटिंग भी की जाती हैं। इसरो के महत्वपूर्ण केन्द्रों पर भी डेकू द्वारा वीडियो कार्यक्रम का निर्माण किया जा रहा हैं।

डेकू की अत्यधिक कुशल और प्रतिभाशाली मल्टीमीडिया कार्यक्रम निर्माण टीम मिलकर इसरो के विभिन्न अभियानों, घटनाओं और गतिविधियों के लिए मल्टीमीडिया संचार पैकेज का निर्माण करते हैं।

पिछले कुछ वर्षों से टेलीविजन प्रौद्योगिकी में बदलाव के साथ वीडियो प्रौद्योगिकी में भी परिवर्तन आये हैं।

विशेष तौर पर रिजोल्यूशन से तुलना करे तो ये बहुत बड़े बदलाव प्रतीत होते हैं।

टेलीविजन इंडस्ट्रीज में इस बदलाव के साथ-साथ डेकू में भी वीडियो प्रौद्योगिकी ओर वीडियो शूटिंग में परिवर्तन आये हैं, ओर स्टेंडर्ड-डेफिनेशन वीडियो से हाई-डेफिनेशन वीडियो रेकोर्डिंग की दिशा पर अग्रसर हो रहा हैं।

प्रस्तुत लेख में हाई-डेफिनेशन कार्यप्रवाह के बारे में विस्तृत चर्चा की गई हैं ओर साथ ही डेकू में हाई डेफिनेशन कार्यक्रम निर्माण के क्रियान्वयन पर भी चर्चा की गई हैं।

### एच-डी- परिभाषा

हाई-डेफिनेशन टेलीविजन या उच्च विभेदन टेलीविजन एक डिजीटल टेलीविजन प्रसारण प्रणाली होती हैं। इसका रिजोल्यूशन अन्य परम्परागत टेलीविजन प्रणालियों (जैसे स्टेंडर्ड डेफिनेशन टीवी या मानक विभेदक टेलिविज़न) से कही अधिक होता है। हाई डेफिनेशन में कम से कम 720 लाइनें होती हैं, और 777600 पिक्सेल्स या इससे भी अधिक 20 लाख पिक्सेल्स यानी चित्रबिंदु होते हैं। अधिक बिन्दुओं का मतलब हैं, और अधिक साफ़ और बारीक तस्वीर।
मानव अनुभूति में हाई-डेफिनेशन (एच-डी) एक विशेष माध्यम हैं। टेलीविजन दर्शक सिनेमा जैसा वृहद दृश्य अपने ही घरों में देखना चाहते हैं, जो कि हाई-डेफिनेशन द्वारा अब आसान बन गया हैं। दर्शक घर पर ही बड़े-बड़े टेलीविज़न स्क्रीन में सिनेमा जैसी अनुभूति प्राप्त कर सकते हैं, और इसे आसान बनाया हैं हाई-डेफिनेशन वीडियो प्रौद्योगिकी ने।

एच-डी द्वारा हमें स्क्रीन में ज्यादा से ज्यादा जानकारी स्पष्ट रूप में दिखाई देती हैं, और इसके द्वारा वास्तविकता का श्रेष्ठतम अनुभव प्राप्त होता है।

टेलीविजन के दर्शकों को एच-डी के फल स्वरूप स्पष्ट दृश्य दिखाई दे रहे हैं और आजकल के बड़े स्क्रीन वाले टेलीविजन पर शानदार अनुभव प्राप्त हो रहा हैं। जापान में उत्पन्न प्रारंभिक अवधारणा के श्रेय से ओर फिर जापान ही के राष्ट्रीय प्रसारणकर्ता (एन.एच.के.) और पच्चीस से अधिक वर्षों के सी.सी.आई.आर. (अब आई.टी.यू) के प्रयासों के कारण विस्तृत और स्पष्ट दृश्य से मानव दृश्य प्रणाली की सुखदायक अनुभूति ने वास्तविकता का रूप लिया हैं। आई.टी.यू. की अनुशंसा आई.टी.यू-आर.बी.टी. 709 को अब विश्वभर में एच.डी. वीडियो के निर्माण एवं वितरण हेतु एकमात्र मानक के रूप में जाना जाता है।

हाई डेफिनेशन को समझना हैं, तो हमें सबसे पहले इन तीन वस्तुओं को समझना होगा

1. रिजोल्यूशन
2. एसपेक्ट रेशो
3. प्रोग्रेसिव ओर इंटरलेस स्कैनिंग

1. रिजोल्यूशन

अगर हमें एसडी ओर एचडी को बेहतर ढंग से समझना हैं, तो हमें सबसे पहले रिजोल्यूशन को समझना होगा। रिजोल्यूशन का मतलब हैं, किसी भी चित्र में दिखाई देने वाले पिक्सेल यानी चित्रबिंदु की अधिकतम संख्या हैं, चूँकि किसी भी चित्र के रिजोल्यूशन को चित्रबिंदु (पिक्सेल्स) की संख्या से नापा जाता है, इसीलिए यह जानना जरुरी हैं, कि चित्रबिंदु क्या होते हैं? चित्रबिंदु वह सबसे छोटा बिन्दु या पॉइंट होता है, जो आपस में मिलकर किसी चित्र को बनाता है। वास्तव में पिक्सेल शब्द दो शब्दों से मिलकर बना हैं पिक्चर ओर एलीमेंट। मतलब वह एलिमेंट जो मिलकर किसी चित्र को बनाता है, पिक्सेल कहलाता है।

1920x1080 स्पेसीफिकेशन का मतलब किसी कैमरे अथवा टेलीविजन में किसी चित्र में उपस्थित अधिकतम पिक्सेल की संख्या से हैं। दूसरे शब्दों में... इन डिवाइस के द्वारा बनायीं जाने वाले चित्र 1920 पिक्सेल लंबी ओर 1080 पिक्सेल चौड़ी होगी। मतलब एक चित्र में कुल पिक्सलों की संख्या होगी 1920x1080=2073600 पिक्सेल्स, लगभग दो मिलियन पिक्सेल्स। पिक्सेल्स जितने ज्यादा होंगे इमेज का रिजोल्यूशन उतना बेहतर होगा, अगर चित्र का रिजोल्यूशन बेहतर होगा तो चित्र में ज्यादा स्पष्टता दिखाई देगी ओर अगर चित्र में स्पष्टता ज्यादा होगी तो हमारी आँखे जो चित्र देखेगी उसकी क्वालिटी बेहतर होगी।

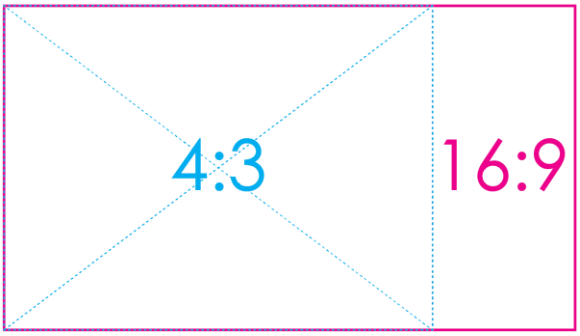
भारत के लिए स्टेंडर्ड डेफिनेशन मतलब 720x576। एचडी का रिजोल्यूशन या तो 1280x720 होता है जिसे हम एचडीवी कहते हैं या फिर 1920x1080 होता है जिसे हम सम्पूर्ण एचडी कहते हैं।

चित्र क्रमांक - 1

2. एसपेक्ट रेशों

अगर हमें स्टेंडर्ड-डेफिनेशन(एसडी) ओर हाई-डेफिनेशन(एचडी) के बीच आधारभूत अंतर को समझना हैं तो हमें एचडी ओर एसडी के एसपेक्ट रेशों में अंतर को भी समझना होगा। एसपेक्ट रेशों जिसे हम प्राय: दो अंकों से प्रदर्शित करते हैं ओर यह किसी भी चित्र की चौड़ाइ ओर ऊँचाई के बीच के अनुपात को बतलाता है। कालन के पहले का नम्बर चौड़ाई ओर बाद का नंबर ऊँचाई को प्रदर्शित करता है। जैसे की एसडी का एसपेक्ट रेशों 4:3 होता है इसका मतलब हैं, कि 4 इंच वाइड इमेज के लिए इमेज की ऊँचाई 3 इंच होगी ओर हाई डेफिनेशन का 16:9।

चित्र क्रमांक 2



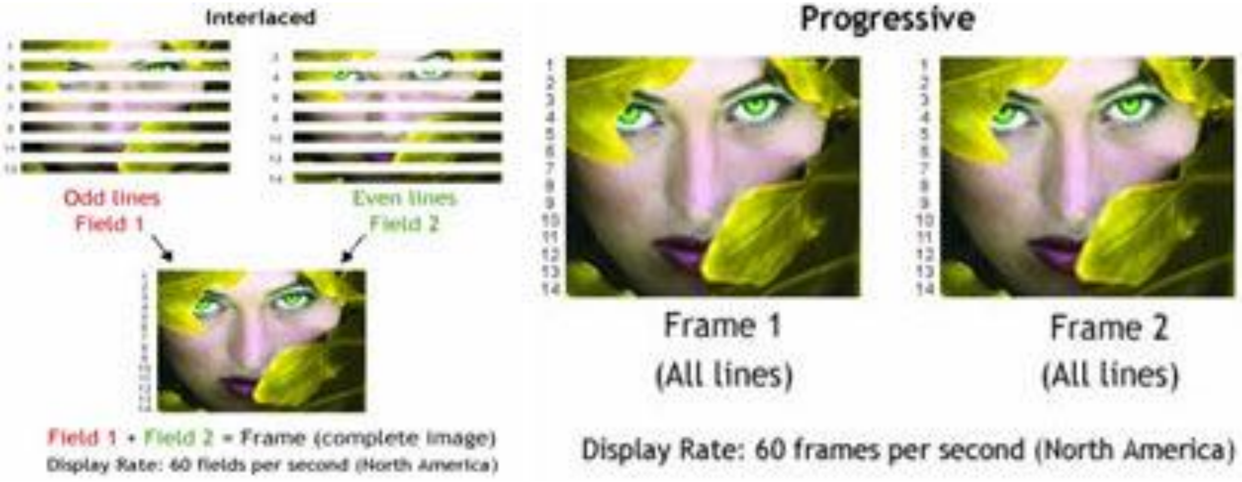

1. प्रोग्रेसिव ओर इंटरलेस

इंटरलेस वीडियो एक सेकंड में निश्चित फ्रेमो को दुगुना करने की तकनीक हैं वो भी बिना कोई एक्स्ट्रा बेंडविथ के... इंटरलेस स्केनिंग में एक फ्रेम को दो फील्ड में बांटा जाता है। प्रत्येक फ्रेम को सम (इवेंन) ओर विषम (ओड) फील्ड में बांटा जाता है।

प्रोग्रेसिव स्केनिंग में फ्रेम में प्रत्येक लाइन एक सीक्वेंस में दिखाई देती हैं, इसे सिक्वेंशिअल स्केनिंग भी कहते हैं। प्रोग्रेसिव स्केनिंग ज्यादा बेहतर हैं क्योकि इसमें मूवमेंट ज्यादा स्मूथ दिखाई देता है।

### एच-डी फोर्मेट

एचडीटीवी में लगभग 30 अलग-अलग वीडियो फोर्मेट का उपयोग किया जाता है, जिसमे इंटरलेस और प्रोग्रेसिव दोनों का प्रयोग होता है। एच-डी में एसपेक्ट रेसों 16:9 प्रयुक्त किया जाता है।



सारणी क्रमांक-1 एच डी के मानक वीडियो फोर्मेट :

| वीडियो मोड Video Mode | फ्रेम माप Frame size in pixels(W * H) | चित्र में पिक्सेल्स Pixels per image | स्कैनिंग के प्रकार Scanning Type | फ्रेम रेट Frame rate (Hz) |
|---|---|---|---|---|
| 720p | 1280x720 | 921,600 | प्रोग्रेसिव | 23.976, 24, 25, 29.97, 30, 50, 59.94, 60.72 |
| 1080i | 1920x1080 | 2,073,600 | इंटरलेस | 25(50 fields/s), 29.97 (59.94 fields/s), 30 (60 fields/s) |
| 1080p | 1920x1080 | 2,073,600 | प्रोग्रेसिव | 24 (23.976), 25, 30 (29.97), 50, 60 (59.94) |
| 1440p | 2560x1440 | 3,686,400 | प्रोग्रेसिव | 24 (23.976), 25, 30 (29.97), 50, 60 (59.94) |

### हाई-डेफिनेशन(एच-डी) वीडियो कार्यप्रवाह

कोई भी नई वीडियो प्रौद्योगिकी ओर वीडियो कार्यक्रम के निर्माण के लिए यह अति आवश्यक हैं, कि वीडियो शूटिंग से लेकर वीडियो एडिटिंग तक का फोर्मेट ओर रेकोर्डिंग तंत्र में समानता रहे अर्ताथ सम्पूर्ण कार्यप्रवाह में एकरूपता हो। उदाहरण के तौर पर यदि हम हाई-डेफिनेशन में शूटिंग कर रहे हैं, तो हाई-डेफिनेशन में ही उसे एडिटिंग की जानी चाहिए, जिसके फलस्वरूप हमें एचडी वीडियो प्राप्त हो। एचडी वीडियो शूट करने के लिए हाई- डेफिनेशन कैमेरे का प्रयोग किया जाता है, हाई-डेफिनेशन केमेरो में सामान्यतः 2/3” के इमेज सेंसर का उपयोग होता है कुछ कम दाम वाले कैमेरे में 1/2” से 1/3” इंच इमेग सेंसर भी प्रयुक्त किए जाते हैं। हाई डेफिनेशन की शुरूआत में कैमेरे में सी.सी.डी. सेंसर का प्रयोग होता था, ओर सेंसर के विकास के साथ-साथ अब सीमोस सेंसर लगाये जाते हैं।

हाई-डेफिनेशन कैमरे में रिकोर्डिंग के लिए मैमोरी कार्ड्स का उपयोग किया जाता है। मेमोरी कार्ड्स में रिकार्ड किए जाने वाले वीडियो की समय सीमा, कार्ड की झमता पर निर्भर करती हैं, यदि मेमोरी कार्ड की शमता अधिक होगी तो रेकोर्डिंग अधिक समय तक की जा सकती हैं। कैमरे में अलग अलग सैटिंग्स ओर कंट्रोल द्वारा अलग अलग रिजोल्यूशन सेट किया जा सकता है, जिसके फलस्वरूप अलग क्वालिटी के वीडियो रिकार्ड किए जा सकते हैं। रिकार्ड किए हुए एचडी वीडियो को उसके कोडेक के अनुसार एडिटिंग में केप्चेर किया जाता है ओर एडीटिंग के पश्चात् एच-डी वीडियो तैयार होता है।

एच-डी कार्यक्रम के निर्माण और वितरण हेतु नये प्रकार के कैमरा, रिकॉर्डर, संपादन उपकरण एवं वितरण प्रणाली अस्तित्व में आई है।

चित्र क्रमांक-4 मेमोरी कार्ड्स

### एच.डी. कार्यप्रवाह : प्रमुखताएं

एच-डी कोडेक के विकल्प का चुनाव ही उपकरण ओर सॉफ्टवेर की आवश्यकता अर्थात् पूरे एच-डी कार्यप्रवाह को प्रभावित करेगा, किन्तु कुछ निम्नलिखित विशेषताएँ सभी प्रमुख एच-डी कार्यप्रवाह में पाई जाती हैं।

**टेप्स रहित** : चुम्बकीय टेप्स एच-डी के दौर में अब एक भूतकाल की बात हो गई हैं। रेकोर्डिंग माध्यम के तौर पर एच डी वीडियो या तो आप्टिकल डिस्क अथवा सॉलिड-स्टेट मैमोरी कार्ड माध्यम (SDHC/SxS/P2) में रिकार्ड किए जाते हैं।

**वास्तविक समय से शीघ्र अंतरण** : एच-डी वीडियो, जो कि मेमोरी कार्ड्स में वीडियो फाइल के रूप में संग्रहीत रहते हैं और इन फाइलों की अंतरण प्रक्रिया की गतिविधि, जो कि यूएसबी अथवा एफटीपी के जरिये होती हैं, अति शीघ व्यवस्था हैं, जिसे वीडियो के कुल समय से कई गुना तेजी से किया जा सकता है, अर्ताथ जो वीडियो फाइल मेमोरी कार्ड्स में रिकार्ड की गई हैं, वे सभी फाइल शीघ्रता से एडिटिंग के लिए स्थानांतरण की जाती हैं, जिसके फलस्वरूप कार्यक्रम निर्माण में समय की काफी बचत होती हैं।

**असममितिक मुलभुत ढाचा** : विभिन्न संकोचन तकनीक के कोडेक में इस्तेमाल के कारण, एच डी वीडियो के प्रसंस्करण विभाग को विशेष सुविधाओं की आवश्यकता होती है। जहाँ पर कुछ कोडेक बेहतर प्रसंस्करण की मांग करते हैं वहीं पर कुछ बेहतर संचयन उपकरण की आवश्यकता अधिरोपित करते हैं।

कुल मिला कर अलग-अलग तरह के कोडेक के लिए असममितिक मूलभूत ढांचा ही उपयुक्त है।

**वितरण** : सभी प्रमुख एच.डी. कार्यप्रवाह व्यापक पहुच हेतु ब्लू-रे फोर्मेट के माध्यम से वितरण के पक्ष में हैं। कई एक समान फाइल फोर्मेट (एफएलवी, एमपी-4 इत्यादि ) के जरिये इंटरनेट वितरण पर भी सहमत हैं।

**संचयन** : हाई डेफिनेशन वीडियो की क्वालिटी काफी अच्छी होती है फलस्वरूप इसे लंबे समय तक संचयन किया जा सकता है ओर भविष्य में जब भी किसी विशेष वीडियो की आवश्यकता होने पर उसे प्रयोग किया जा सकता है।

**डेकू में हाई डेफिनेशन उपकरण** - डेकू में भी अब सम्पूर्ण रूप से हाई डेफिनेशन वीडियो कार्यक्रम निर्माण का क्रियान्वयन किया जाने लगा हैं। वीडियो शूटिंग के लिए प्रयुक्त किए जाने वाले नये प्रकार के कैमेरे, रिकॉर्डिंग-तंत्र, संपादन उपकरण एवं वितरण प्रणाली आदि सम्पूर्ण कार्यप्रवाह अब हाई डेफिनेशन में किया जाता है। वीडियो कार्यक्रमों में संपादन में प्रयुक्त किए जाने वाले एनिमेशन ओर ग्राफिक्स भी हाई डेफिनेशन कोडेक्स का उपयोग कर निर्मित किए जाते हैं, इसके फलस्वरूप वीडियो कार्यक्रमों को ओर अधिक स्पष्ट ओर प्रभावी बनाया जाता है।

आउटडोर वीडियो शूटिंग के साथ-साथ स्टूडियो कार्यक्रम निर्माण भी हाई-डेफिनेशन की तरफ अग्रसर हैं, ओर सम्पूर्ण स्टूडियो श्रृंखला हाई डेफिनेशन होने जा रही है।

## सारांश

एच.डी.टी.वी. के मानकीकरण के फलस्वरूप एच.डी. गुणवत्ता वाले वीडियो को व्यापक स्वीकृति प्राप्त हुई है। स्पष्ट दृश्यों ने बड़े स्क्रीन के टी.वी. ओर प्रोजेक्शन उपकरण पर मानव दृश्य प्रणाली को वास्तविक अनुभूति प्रदान की। एच.डी. में कार्यक्रम के निर्माण हेतु विभिन्न प्रौद्योगिकी उभरी हैं। विभिन्न एकायात कोडेक (XDCAM and AVC-Intra इत्यादि) को मूलरूप में संबल करने हेतु अधुनातन नॉन-लीनियर उपकरण, उच्च निष्पादन वाले संचयन एवं वितरण उपतंत्र स्वाभाविक रूप से आवश्यक होंगे।

डेकू, जो कि विज्ञान और संचार के बीच का एक ऐसा सेतु है, और विभिन्न विषयों के कार्यक्रम निर्माण में और इन कार्यक्रमों को आम जनता तक पहुँचाने में प्रयासरत है, हाई डेफिनेशन वीडियो द्वारा इन कार्यक्रमों को ओर प्रभावी बनाया जा सकेगा और अब दूरदर्शन द्वारा भी कार्यक्रमों का प्रसारण हाई डेफिनेशन में किया जाने लगा हैं, फलस्वरूप डेकू के द्वारा निर्मित हाई डेफिनेशन वीडियो कार्यक्रमों द्वारा आम जनता तक पहुंचा जा सकता है और भविष्य में भारत में शिक्षा, जन-जागरण, वैज्ञानिक सोच एवं विकास की राह को बढ़ाने में सहायक सिद्ध हो सकेगा।

## विशेष आभार

हिंदी तकनीकी संगोष्ठी में हमारा लेख प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने हेतु संगोष्ठी समिति का आभार व्यक्त करते हैं। हम निदेशक, डेकू, श्री वीरेंदर कुमार, का धन्यवाद करना चाहते हैं, जिन्होनें हमें इस मंच पर अपने विचार प्रस्तुत करने का मौका दिया। हम पी.पी.ई.जी के समूह निदेशक श्री राजेश खन्डेलवाल के आभारी हैं, जिनके तकनीकी मार्गदर्शन एवं उत्साहवर्धन से लेख लिखने में सहयोग प्राप्त हुआ, मल्टीमीडिया कार्यक्रम निर्माण समूह के समूह प्रधान श्री धर्मेश भट्ट का भी धन्यवाद करते हैं, जिन्होनें हमें इस अध्ययन के लिये उचित प्रतिवेदन दिये। साथ ही, इसरो कार्यक्रम निर्माण प्रभाग की उप-प्रधान सुवर्णा देशपांडे के भी आभारी हैं। लेखक हिंदी विभाग का भी आभार व्यक्त करते हैं, जिसके सहायता से यह लेख संगोष्ठी में भेजा जा सका।

## संदर्भ :

डेकू न्यूज़लैटर, डेकू वेबसाइट,

# स्केटसैट सैटेलाइट से हवा की गति एवं दिशा

राजेन्द्र नि. गायकवाड, वैज्ञानिक/अभियंता-एसडी (g_rajendra@sac.isro.gov.in)
सीजीडीडी/वीआरजी/ ईपीएसए/ सैक, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत

**सारांश -**

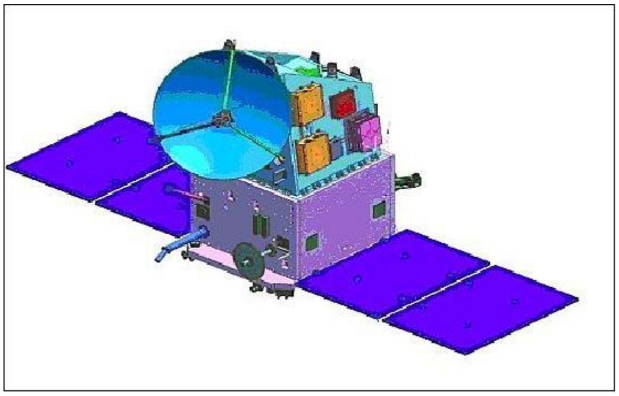
*स्केटसैट उपग्रह विंड वेक्टर डेटा प्रोडक्ट वातावरणीय पूर्वानुमान के लिए उपयुक्त है। चक्रवात का अनुमान इससे आसानी से प्राप्त होता है। इस उपग्रह में केयू-बेंड स्केटरोमीटर लगाया गया है। यह पृथ्वी की SSP कक्षा में प्रस्थापित है। इसे सितम्बर 26, 2016 को प्रक्षेपित किया गया। इस उपग्रह द्वारा हर दिन डेटा उपलब्ध होता है। इस डेटा को सॉफ्टवेयर के आधार से उचित स्वरूप में उपभोक्ताओं को देना सबसे महत्वपूर्ण कार्य है। इस आलेख में हमने मोस्डेक के सैकनेट पर उपलब्ध एफटीपी लिंक से उदाहरण के तौर पर एक डेटा को लेकर उसे कलनविधि के आधार पर हवा की गति (स्पीड) एवं हवा की दिशा हर दिन के लिए निकालने (रिट्रीव करने) का प्रयास किया। इससे हमें हर पारामीटर को विविध उपयोग एवं मोडेलिंग के लिए लाने में मदद मिली। R प्रोग्रामिंग के आधार पर इस प्रकार से हम सेमी-ऑटोमेटेड से आईजीआईएस सॉफ्टवेयर में उचित डेटा संग्रह कर सकते हैं। जिससे इसका उपयोग एक नक्शे के रूप में भी किया जा सकता है। इसके अलावा इस आलेख में R प्रोग्रामिंग के अलग-अलग मॉड्यूल को संक्षिप्त रूप में प्रस्तुत करने का प्रयास किया गया है।*

## 1. प्रस्तावना

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में आज वातावरणीय बदलाव का अध्ययन बहुत ही जरूरी है। विविध उपग्रहों द्वारा हम पृथ्वी के विविध पहलुओं को जानने का प्रयास करते आ रहे हैं। वातावरण के अलग-अलग रूपों को विविध मॉडल के आधार पर प्रस्तुत किया जाता है। स्केटसैट उपग्रह भारत देश के लिए वरदान है, जिसके उपयोग से चक्रवात का पूर्वानुमान संभव है। इससे हवा की गति, हवा की दिशा जैसे महत्वपूर्ण पैरामीटर नापे जाते हैं। हमें ज्ञात है कि मौसम का अनुमान विविध क्षेत्र में हमेशा मौसम की प्रणाली (सिस्टम) पर आधारित होता है। स्केटरोमीटर उपकरण जो समुद्र तट के महासागर सतह हवा के क्षेत्र
के बारे
में

जानकारी देता है, उपग्रह आधारित स्केटरोमेट्री अंतरिक्ष विज्ञान एवं जलवायु जानकारी के लिए अच्छा साबित हुआ है।

चित्र-1 में स्केटसैट उपग्रह का कलात्मक दृश्य दर्शाया गया है। इस उपग्रह से प्राप्त डेटा का संग्रह मोस्डेक के एफटीपी लिंक पर उपलब्ध है। स्केटरोमीटर सिग्नल हर एक अंतराल के पश्चात संचारित और वापस बिखरी हुई ऊर्जा प्राप्त करता है। लेवल 4 प्रोडक्ट तालिका-1 में दर्शाया गया है।



चित्र 1. इसरो दवारा निर्मित स्केटसैट उपग्रह का कलात्मक दृश्य

यह उच्च विभेदन उत्पाद है और स्केटरोमीटर इमेज पुनर्निर्माण तकनीक Scatterometer Image Reconstruction (or SIR) पर आधारित है। इस कार्य में हमने लेवल 4 विश्लेषित विंड डेटा का उपयोग किया।

R प्रोग्रामिंग के आधार पर इस डेटा के उचित आंकड़ों को संग्रह करके हवा की गति एवं हवा की दिशा प्राप्त की। इस कार्य से ऑपरेशनल सेटअप में हवा की गति एवं उसकी दिशा आसानी से प्राप्त करके विविध मॉडल के लिए डेटा उपलब्ध कराया जा सकता है। इसमें हमने डेटा को आईजीआईएस सॉफ्टवेयर में दिखाने का नियोजन किया था, जिसके बारे में एक आलेख पहले से ही प्रकाशित किया है, इसलिए उसे नहीं दोहराया है।

तालिका-1- लेवल 4 प्रोडक्ट

**Details of SCATSAT1 Level Products**

| Level | Description | Parameter | Spatial Resolution | Format | NumProdsPerDay |
|---|---|---|---|---|---|
| Level 1B | Scan mode | Sigma0 | ~6kmx30km | HDF5 | 2*14.4 |
| Level 2A | Swath grid | Sigma0 | 25kmx25km and | | (P*R) 2*2=4*14.4 |
| Level 2B | | Wind velocity | 50kmx50km | | (P*R) 2*2=4*14.4 |
| Level 3S | Global grid | Sigma0 | 0.5°x0.5° and | | 4 |
| Level 3W | | Wind velocity | 0.25°x0.25° | | 2 |
| Level 4 (INDIA, NPOLAR,SPOLAR) | Image form | Sigma0 | 2kmx2km | GEOTIFF | 6 + 4 + 4 |
| | | Gamma0 | | | 6 + 4 + 4 |
| | | BT | 6.25km x 6.25km | | 6 + 4 + 4 |
| Level 4 (FULL GLOBE) | Image form | Sigma0 | 2kmx2km | GEOTIFF | 6 |
| | | Gamma0 | | | 6 |
| | | BT | 6.25km x 6.25km | | 6 |
| Level 4 (Analyzed Winds) | Gridded wind | Wind Vectors | 25kmx25km | NETCDF | 1 |
| Level 4 (High Resolution Winds) | Swath grid | Wind Vectors | 6.25kmx6.25km | NETCDF | 2*14.4 |

| | | Spatial Extent | |
|---|---|---|---|
| Category | Sub-category | Lat. Range | Lon. Range |
| *India* | VVDES, VVASC, VVBOTH, HHDES, HHASC, HHBOTH | [6:40] | [64:100] |
| *Global* | VVDES, VVASC, VVBOTH, HHDES, HHASC, HHBOTH | [-90:90] | [-180:180] |
| *NorthPolar24* | VVBOTH, HHBOTH | [60:90] | [-180:180] |
| *NorthPolar72* | VVDES, HHDES | [60:90] | [-180:180] |
| *SouthPolar24* | VVBOTH, HHBOTH | [-90:-50] | [-180:180] |
| *SouthPolar72* | VVASC, HHASC | [-90:-50] | [-180:180] |

## 2. कार्यप्रणाली :

इस कार्य में मुख्य उद्देश्य हवा की गति एवं दिशा को लेवल 4 विश्लेषित विंड डेटा से हासिल करना था। हमने "S1L4AW_2018122.nc" फ़ाइल को प्रथम जानने का प्रयास किया, इसमें प्राप्त डेटा को विस्तृत रूप में नीचे चित्र-2 में दर्शाया गया है। इसमें हमें R पैकज के यूटिल, कलर रेम्प, रास्टर विस जैसे कई मॉडल का सहारा मिला।

```
variables:
  float UOBS(lon, lat, lev, time) ;
  UOBS:long_name = "Observed zonal wind speed" ;
  UOBS:units = "m/s" ;
  UOBS:valid_range = -5050 ;
  UOBS:_FillValue = -999999 ;
  float U(lon, lat, lev, time) ;
U:long_name = "Analyzed zonal wind speed" ;
  U:units = "m/s" ;
  U:valid_range = -5050 ;
  U:_FillValue = -999999 ;

  float VOBS(lon, lat, lev, time) ;
  VOBS:long_name = "Observed meridional wind speed" ;
  VOBS:units = "m/s" ;
  VOBS:valid_range = -5050 ;
  VOBS:_FillValue = -999999 ;
  float V(lon, lat, lev, time) ;
  V:long_name = "Analyzed meridional wind speed" ;
  V:units = "m/s" ;
  V:valid_range = -5050 ;
  V:_FillValue = -999999 ;
```

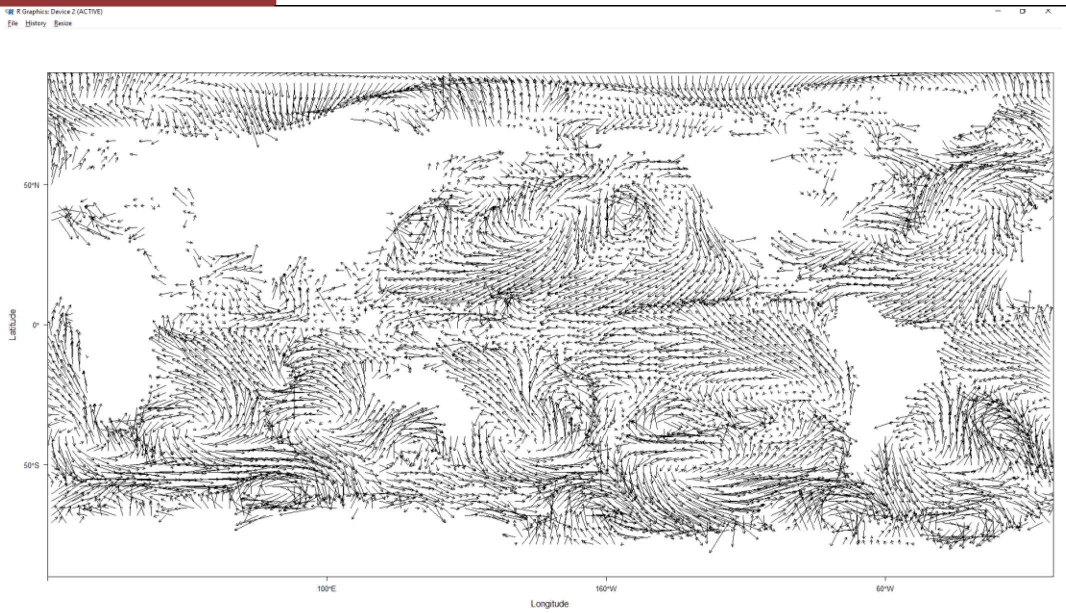
*नोट - अन्य पैरामीटर जगह के कारण दर्शाये नहीं है।*

```
// global attributes:
 :history = "Created at OSD/AOSG/EPSA/SAC/ISRO. Analyzed winds are computed using optimal interpolation. Only BEST quality (wvc_quality_flag=0) observations from SCATSAT-1 have been used. The wind derived products and fluxes are computed based on COREv3.0 bulk algorithms. Auxiliary datasets (e.g.,SST, T2, D2, MSLP) are taken from NCMRWF; Range Beginning Date: 2018-122T00:32:59. Range Ending Date: 2018-123T00:25:59. Product query: Dr. Raj Kumar (rksharma@sac.isro.gov.in)" ;
 :title = "Analyzed Wind Vector (AWV) Fields from SCATSAT-1" ;
```

चित्र 2 - लेवल 4 डेटा का स्वरूप

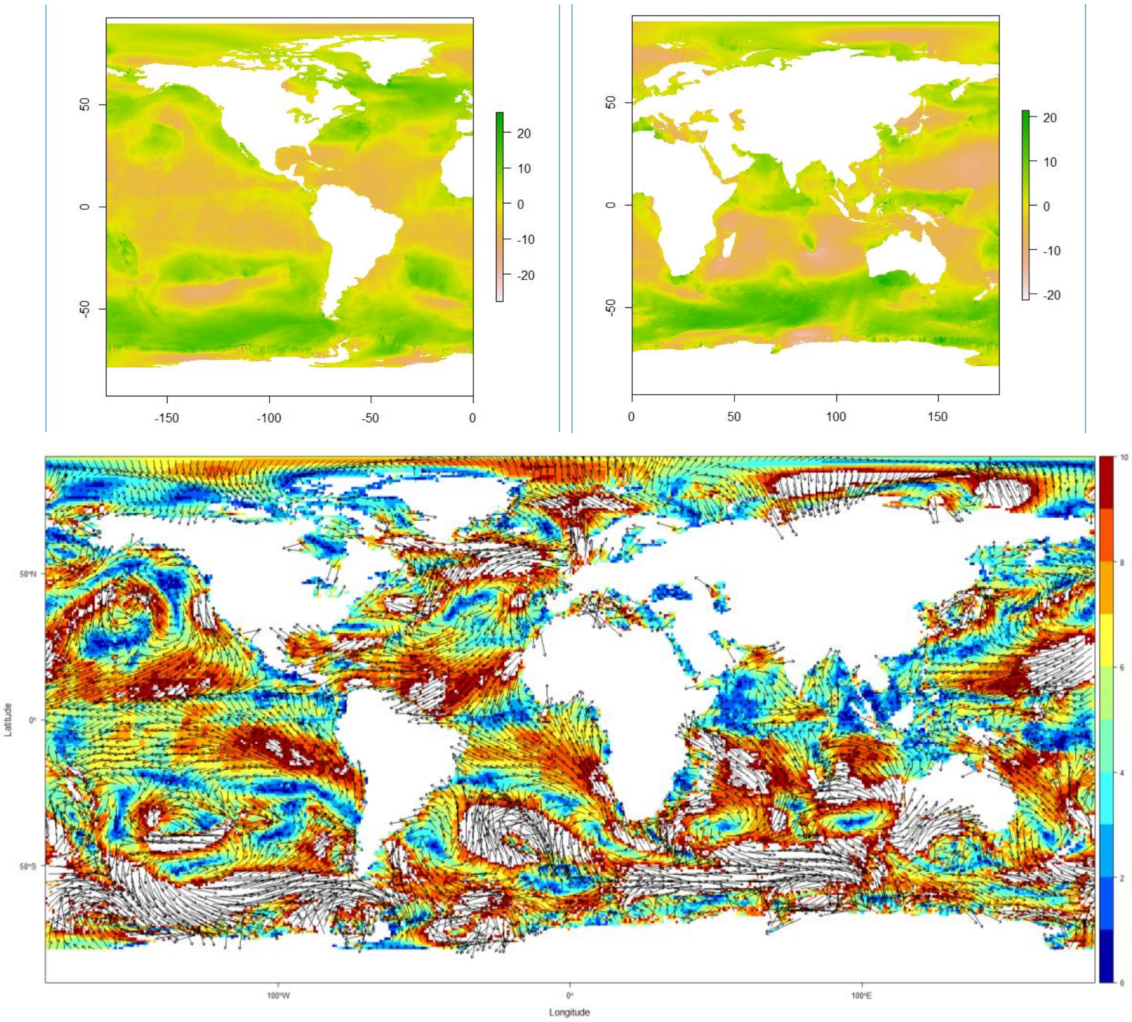
इससे विश्लेषित आंचलिक हवा की गति (Analyzed zonal wind speed) एवं विश्लेषित दक्षिणी हवा की गति (Analyzed meridional wind speed) को उपयोग में लाया।

हवा के वेक्टर परिमाण (MAGNITUDE) प्राप्त के लिए पायथागोरस के अनुसार SQRT(U^2+v^2) हमने प्राप्त किया। हवा की दिशा के लिए हमने काम्प्लेक्स त्रिग्नोमेट्री के आधार पर उचित आंकड़े हासिल किये। दोनों हवा की गति U, V के मानकीकरण से रास्टर को बनाकर एक संग्रहीत ब्रिक बनाया जिससे हमें एकसाथ दोनों पर कार्य करने के लिए आसानी हो सके। इस ब्रिक को चित्र-3 में दर्शाया गया है।




चित्र 3 - U, V के मानकीकरण से रास्टर का स्वरूप

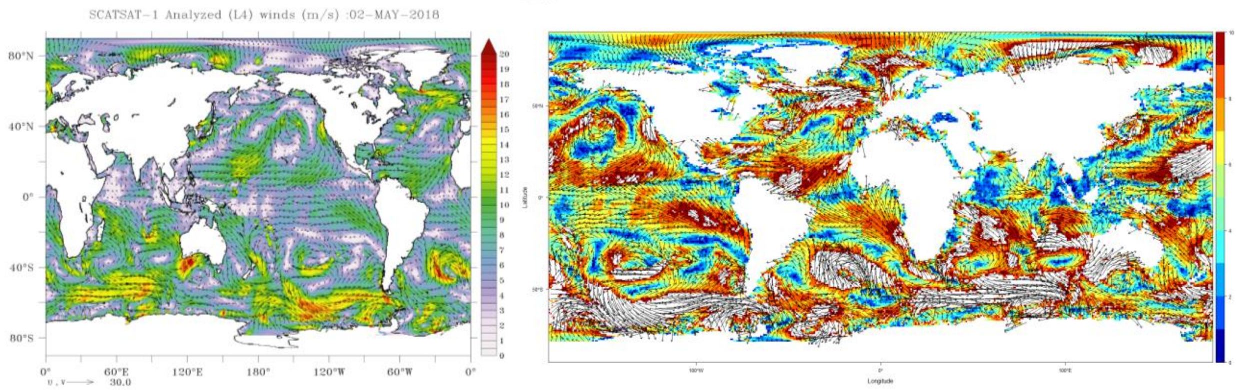
इस चित्र में भारत को बाएं दर्शाया गया है, जिसे इस प्रोग्रामिंग के सहायता और बनाये गए ब्रिक से नवनिर्मित कर सकते हैं। हमने इसे दो भागों में कट कर पुनः इच्छित रूप में संग्रहित किया। इस संदर्भ में नीचे चित्र-4 में दर्शाया है।




चित्र 4 - भारत को दाईं ओर दर्शाया गया है -हवा की दिशा रास्टर का स्वरूप

### 3. निष्कर्ष :

इस आलेख में स्केटरोमीटर से प्राप्त आंकड़ों से हवा की दिशा एवं गति को प्राप्त करके उसे संग्रह कर नक्शे के स्वरूप में दर्शाया जा सकता है। इस कार्य में प्राप्त चित्र-4 को मोस्डेक पर उपलब्ध चित्र (जेपेग फाईल) के साथ नीचे चित्र-5 में दर्शाया गया, इस तरह हम डेटा को आवश्यकतानुसार दाएँ/बाएँ उपलब्ध कर सकते हैं। इस कार्य द्वारा प्राप्त हवा की दिशा को संग्रह करके आईजीआईएस सॉफ्टवेयर में उपयोग में लाकर एक टाइम सीरीज बना सकते हैं। समय की कमी के कारण यह कार्य पूरा नहीं हो सका। इसे भविष्य में पूर्ण स्वरूप में लाया जाएगा।




चित्र 5 - मोस्डेक पर उपलब्ध चित्र(जेपेग फाईल) के साथ हवा की दिशा

### लेखक परिचयः

राजेंद्र नि. गायकवाड, ने वर्ष 1999 में इसरो के आरआरएसएससी, जोधपुर केंद्र से कार्य आरंभ किया।

वर्तमान में वह सीजीडीडी/वीआरजी/ईपीएसए, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में कार्यरत हैं। इसरो और एन.एस.डी.आई. द्वारा एनएसडीआई मेटाडेटा 2.0 स्टैंडर्ड बनाने एवं एनएनआरएमएस पोर्टल में महत्वपूर्ण योगदान रहा है।

### संदर्भ :


- मोस्डेक अंतरजाल।
- https://directory.eoportal.org/web/eoportal/home
- R प्रोग्रामिंग मैनुअल।


### आभार :

हिंदी तकनीकी संगोष्ठी में यह लेख स्केटरोमीटर से प्राप्त आंकड़ों से हवा की दिशा एवं गति को प्राप्त करके उसे विविध प्रणालियों में उपयोग करने के सन्दर्भ में है। इस लेख को सुन्दर रूप देने में, सहायता प्रदान करने एवं समर्थन के लिए लेखक प्रधान सीजीडीडी, समूह-प्रधान, वीआरजी/ईपीएसए का आभारी है। इसके अलावा, इस काम के लिए सुविधाए उपलब्ध कराने और समय पर सहायता प्रदान के लिए, निदेशक, सैक और उप-निदेशक, ईपीएसए का भी आभार व्यक्त करते हैं।

***

# उपग्रह आधारित डिजिटल वीडियो प्रसारण (DVB-S) अभिग्राही का विकास

नरेंद्र कुमार*, चन्द्र प्रकाश, नेहा पंचाल
*वैज्ञानिक/अभियंता - एस.डी., एस.सी.टी.डी./ अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
narender@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

*DVB-S एक प्रसिद्ध अंतर्राष्ट्रीय मानक है जिसकी अभिकल्पना, उपग्रह के माध्यम से डिजिटल टेलीविजन सेवाओं के प्रसारण हेतु की गयी थी। इस लेख में स्वदेशी तकनीक द्वारा विकसित किये गए DVB अभिग्राही के डिजाइन एवं विशिष्टताओं के बारे में विस्तार से वर्णन किया गया है। यह अभिग्राही L-बैंड रेडियो सिग्नल के विमाडुलन के पश्चात् प्राप्त डेटा को स्थानीय नेटवर्क पर स्ट्रीम करता है। SPL दिवस एवं SITE प्रोग्राम के रूबी दिवस समारोह के दौरान, इस अभिग्राही का उपग्रह संचार कड़ी में सफलतापूर्वक परीक्षण किया जा चुका है।*

## 1. प्रस्तावना

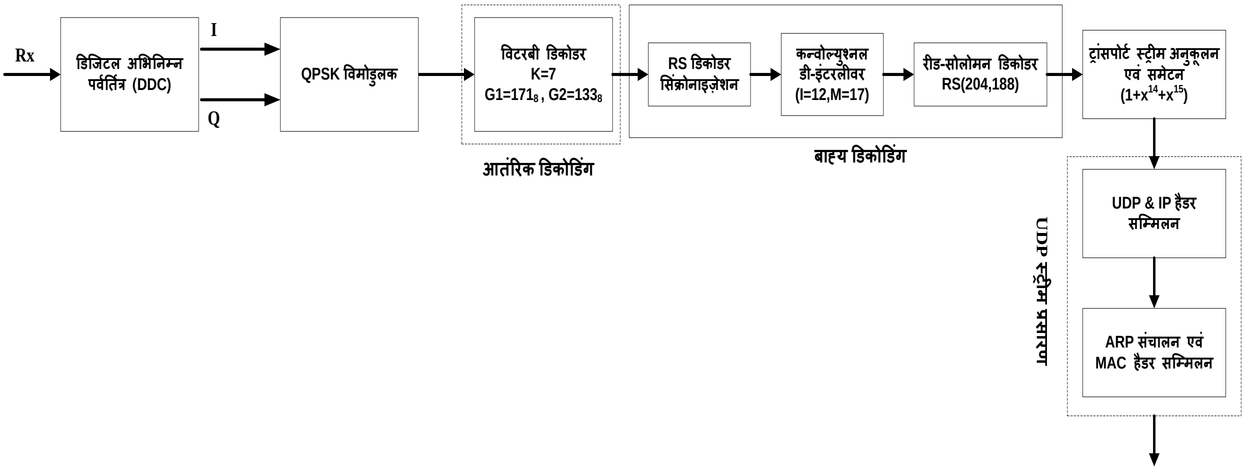
भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम आज एक ऐसे उच्च स्तर तक पहुंच गया है, जब भारत इसरो द्वारा अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में किए गए कम लागत वाले नवाचारों के माध्यम से पूरी दुनिया में छाप छोड़ रहा है। उसी संदर्भ में इसरो उपग्रह संचार तकनीक के स्वदेशीकरण पर काम कर रहा है। इस पेपर में हमने कम लागत वाली प्रसारण रिसेप्शन प्रणाली विकसित करने के लिए एक ऐसे छोटे प्रयास का वर्णन किया है जो बहुत अनुकूलनीय है और जिसे विभिन्न आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए संशोधित किया जा सकता है।

डिजिटल वीडियो प्रसारण (DVB), MPEG-2 पर आधारित एक बहुत लोकप्रिय मानक है, जिसे डिजिटल टेलीविजन सेवाओं के लिए ढांचा प्रदान करने के लिए यूरोपीय दूरसंचार मानक संस्थान (ETSI) द्वारा तैयार किया गया है। डीवीबी-एस उपग्रह नेटवर्क के लिए वीडियो प्रसारण के लिए एक मानक परिभाषित है। ईटीएसआई ने डीवीबी-एस नेटवर्क में इस्तेमाल होने वाले उपकरणों के बीच अंतःक्रियाशीलता सुनिश्चित करने के लिए विनिर्देशों और प्रोटोकॉल को एक दस्तावेज़ के रूप में प्रकाशित किया है।

डीवीबी-एस प्रणाली की भौतिक परत के मुख्य घटक हैं

1. ट्रांसपोर्ट स्ट्रीम अनुकूलन
2. अग्रिम त्रुटि संशोधन (FEC) कोडिंग
3. इंटरलीविंग
4. पल्स संरूपण
5. मोडुलन

MPEG -2 ट्रांसपोर्ट स्ट्रीम (TS) अनुकूलन डीकोडर के समकालीकरण एवं बैंड में ऊर्जा के समान फैलाव के लिए किया जाता है। श्रेणीबद्ध त्रुटि संशोधन कोडिंग योजना को डीवीबी-एस मानक में अपनाया गया है; जिसमें रीड सोलोमन कोड्स (RS (204,188)) को बाह्य कोड और संकल्पक कोड (Convolutional Code) को आंतरिक कोड के रूप में गठित किया गया है। संचार चैनल में सामूहिक त्रुटियों का निवारण करने के लिए डीवीबी-एस मानक में कनवॉल्यूशनल इंटरलीविंग योजना अपनाई गई है। अंतर-प्रतीक व्यवधान (ISI) को हटाने के लिए रुट रेज्ड कोसाइन (RRC) 0.35 के रोल-ऑफ फैक्टर के साथ पल्स संरूपण की योजना को अपनाया गया है। उपग्रह संचार की सीमित बैंडविड्थ और सीमित शक्ति वाली प्रकृति के कारण, मानक में QPSK मॉडुलन योजना अपनाई गई है।




चित्र 1. DVB-S अभिग्राही का कार्यात्मक ब्लॉक आरेख

## 2. DVB-S अभिग्राही का डिजाइन:

DVB-S अभिग्राही का कार्यात्मक ब्लॉक आरेख चित्र -1 में दिखाया गया है। DVB-S अभिग्राही को FPGA आधारित हार्डवेयर पर विकसित किया गया है। इसके अधिकांश घटक HDL भाषा में डिजाइन किए गए हैं।

**i. डिजिटल डाउन कनवर्टर (DDC):** इस मॉड्यूल का मुख्य कार्य ADC से प्राप्त डिजिटल IF सिग्नल को बेसबैंड I-Q सिग्नल में डाउन-कन्वर्ट करना है। यह कार्य संख्यानुसार नियंत्रित ऑसीलेटर (NCO) द्वारा उत्पन्न किए गए साइनसॉइडल सिग्नल को IF सिग्नल के साथ गुणा करके किया

जाता है। तत्पश्चात इस सिग्नल को CIC फ़िल्टर के माध्यम से यथोचित सैम्पलिंग दर पर परिवर्तित किया जाता है।

**ii. QPSK विमॉडुलन:** इस मॉड्यूल का मुख्य कार्य सिग्नल से सूचना डेटा निकालना है। सिग्नल अधिग्रहण FFT एल्गोरिथ्म पर आधारित है, जो सिग्नल उपस्थिति का पता लगाता है एवं इसकी आवृत्ति के लिए अनुमान लगाता है। इस मॉड्यूल में कोस्टास लूप के द्वारा सिग्नल के फैज एवं आवृति को तथा गार्डनर लूप की मदद से इष्टतम बिट टाइमिंग को ट्रैक किया जाता है। अंततः इष्टतम सैंपल पर डाटा सम्बंधित निर्णय लिए जाते हैं। इस मॉड्यूल को 9.6 Kbps से 15 Mbps तक विभिन्न डेटा दरों के लिए कॉन्फ़िगर किया जा सकता है जोकि FPGA की क्लॉक पर निर्भर करती है।

**iii. आंतरिक डिकोडिंग:** इस मॉड्यूल में विमोडुलन के पश्चात प्राप्त डाटा बिट्स को विटरबी एल्गोरिदम का उपयोग करके डीकोड किया जाता है। विटरबी डिकोडर रिसीव किये गए डाटा एवं एनकोडर ट्रैलिस का इस्तेमाल करके अति-संभावित डाटा का अनुमान लगाता है। इसे DVB-S मानक द्वारा निर्दिष्ट सभी कोड दरों (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) के लिए कॉन्फ़िगर किया जा सकता है।

(व्यवरोध लंबाई) Constraint Length $(K) = 7$

जनित्र बहुपद (Generator Polynomial) $(G1, G2) = 133_8 \text{ and } 171_8$

कोड दर $(Code\ Rates) = \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{5}{6}, \frac{7}{8}$

**iv. बाह्य डिकोडिंग:** यह मॉड्यूल विटरबी डीकोडर से प्राप्त डेटा स्ट्रीम में अद्वितीय बिट पैटर्न $(0x47)$ के साथ सिंक्रनाइज़ करके कोड शब्दों के समूहों को प्राप्त करता है। तत्पश्चात इंटरलीव किये गए कोड शब्दों में से कन्वोलुशनल डी-इंटरलीवर के द्वारा वास्तविक कोड शब्दों को पुन: प्राप्त किया जाता है। कन्वोलुशनल डी-इंटरलीवर में 12 विलंब शाखाएं होती हैं जिनका मान इंटरलीवर के बिलकुल विपरीत होता है (i^th शाखा का विलम्ब 17*(12-i) सिंबल)। फिर कोड शब्दों को रीड-सोलोमन डिकोडर को दिया जाता है, जिसकी विशिष्टताएं निम्नलिखित हैं

गैलोइस फील्ड (GF) : GF($2^8$)

मौलिक बहुपद (Primitive Polynomial) $P(x) = 1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^8$

जनित्र बहुपद (Generator Polynomial) $G(x) = (x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \ldots (x + \alpha^{15})$ where $\alpha = 0x02$

कोड की लम्बाई $n = 204$

सन्देश की लम्बाई $k = 188$

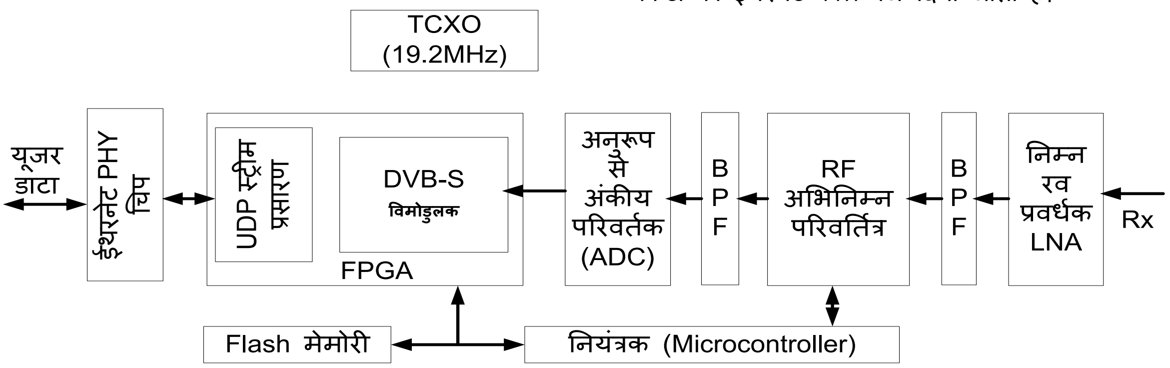
त्रुटि सुधार क्षमता $t = 8$

रीड-सोलोमन डिकोडर में प्राप्त हुए कोड शब्द से सर्वप्रथम सिंड्रोम गुणांकों का परिकलन किया जाता है। तत्पश्चात BMAP एवं चाइन सर्च (Chien search) अल्गोरिथ्म्स के द्वारा कोड में त्रुटि स्थानों को ढूँढा जाता है। अंत में युक्लीडियन अथवा फोर्नी (Euclidean/Forney) अल्गोरिथम द्वारा त्रुटि संशोधन गुणांकों का परिकलन करके त्रुटियों को ठीक किया जाता है।

**v. ट्रांसपोर्ट स्ट्रीम अनुकूलन एवं समेटन :** इस मॉड्यूल में ट्रांसमिट पक्ष में किये गए सिंक शब्दों के व्युत्क्रमण को उलट दिया जाता है। फिर रीड सोलोमन डिकोडर से प्राप्त डाटा बाइटों को समेटक से गुजारा जाता है। समेटन प्रक्रिया को हर 8 TS पैकेटों के बाद पुन: प्रारंभ कर दिया जाता है एवं सिंक शब्दों के समय पर रोक दिया जाता है। DVB मानक में $1 + x^{14} + x^{15}$.समेटक बहुपद (Descrambler Polynomial) को इस्तेमाल किया गया है।

**vi. UDP एवं IP हैडर सम्मिलन:** RS डिकोडर से प्राप्त TS पैकेटों को ईथरनेट अंतरापृष्ठ से बाहर भेजने के लिए UDP पैकेटों में सम्पुटित किया जाता है। UDP हैडर में स्त्रोत एवं गंतव्य पोर्ट नंबर तथा चेकसम शामिल होते हैं। फिर UDP पैकेट के ऊपर IP हैडर लगाया जाता है। IP हैडर में स्त्रोत एवं गंतव्य यंत्रों का IP एड्रेस तथा हैडर की लम्बाई तथा चेकसम शामिल रहता है। UDP हैडर में 8 अतिरिक्त बाइट तथा IP हैडर में 20 अतिरिक्त बाइट ट्रांसपोर्ट स्ट्रीम डाटा के साथ शामिल किये जाते है। इस मॉड्यूल में स्त्रोत एवं गंतव्य मशीनों के IP एड्रेस तथा एप्लिकेशन पोर्ट नम्बरों को कॉन्फ़िगर किया जा सकता है।

**vii. ARP संचालन एवं MAC हैडर सम्मिलन:** इस मॉड्यूल में पिछले मॉड्यूल से प्राप्त पैकेटों में MAC हैडर को सम्मिलित किया जाता है। शुरुआत में यूजर द्वारा कॉन्फ़िगर किये गए गंतव्य IP एड्रेस का MAC एड्रेस प्राप्त करने किये लिए ARP का संचालन करता है। MAC हैडर में स्त्रोत एवं गंतव्य मशीनों का भौतिक एड्रेस शामिल होता है। अंत में इन डाटा पैकेटों को इथरनेट PHY भेज दिया जाता है।




चित्र 2. DVB-S अभिग्राही के हार्डवेयर प्लेटफार्म का ब्लॉक आरेख

## 3. DVB-S अभिग्राही का हार्डवेयर प्लेटफार्म:

DVB-S अभिग्राही को FPGA आधारित हार्डवेयर प्लेटफार्म पर विकसित किया गया है। L-बैंड RF सिग्नल को निम्न रव प्रवर्धक द्वारा प्रवर्धित करने के पश्चात, अतिरिक्त रव को बैंड पास फिल्टर के माध्यम से हटा दिया जाता है। इसके पश्चात सिग्नल को अभिनिम्न परिवर्तित्र (Down-Converter) द्वारा

निम्न IF सिग्नल में रूपांतरित किया जाता है। इस IF सिग्नल को अनुरूप से अंकीय परिवर्तक (ADC) द्वारा अंकीय सिग्नल में परिवर्तित किया जाता है। इस अंकीय सिग्नल को FPGA में प्रोग्राम किये गए DVB-S विमोडुलक द्वारा संसाधित किया जाता है। FPGA से UDP पैकेटों को ईथरनेट PHY को भेजा जाता है जोकि इन्हें क्रम से RJ-45 कनेक्टर के माध्यम से LAN केबल पर भेज देता है। हार्डवेयर प्लेटफार्म का ब्लॉक आरेख चित्र -2 में दिखाया गया है।

हार्डवेयर प्लेटफार्म की कुछ विशिष्टताएं निम्नलिखित हैं

**रिसीव आवृति (Rx frequency) :** 950MHz-2000MHz (L-बैंड)

**इनपुट लेवल :** -40 dBm to -80 dBm

**RF इनपुट कनेक्टर :** SMA-F

**ADC :** 12-बिट, 160 Msps

**FPGA :** Xilinx Artix-7 (xc7a100t)

**नियंत्रक :** ARM Cortex-M3

**मेमोरी :** 128 MB NAND Flash

**डाटा अन्तरापृष्ठ :** ईथरनेट (RJ-45), MPEG-2 TS over UDP

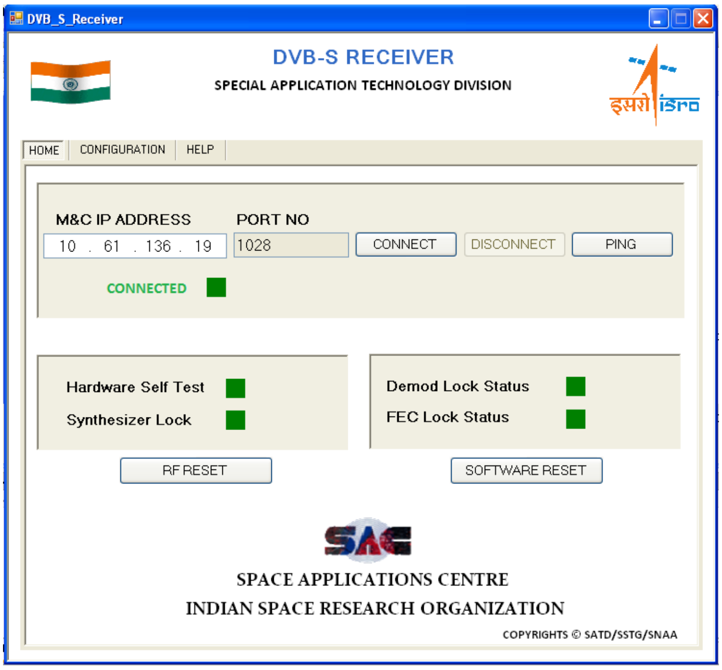
**मोनिटरिंग एवं नियंत्रण अन्तरापृष्ठ:** USB एवं ईथरनेट (RJ-45)

**विद्युत प्रदाय :** 15V-30V

**IDU सम्बंधित विशिष्टताएं :** LNBC के लिए RF इनपुट लाइन पर 10MHz आवृति निर्देश तथा 13V/18V DC पॉवर

## 4. मोनिटरिंग एवं नियंत्रण सॉफ्टवेयर एप्लीकेशन:

DVB अभिग्राही के विन्यास हेतु एक सॉफ्टवेयर एप्लीकेशन का विकास किया गया है, जिसके माध्यम से अभिग्राही के विभिन्न पैरामीटरों को बदला जा सकता है। इस एप्लीकेशन को विजुअल स्टूडियो में विकसित किया गया है। यह USB एवं ईथरनेट अन्तरापृष्ठ द्वारा हार्डवेयर से संचरण करता है। इसके द्वारा रिसीव आवृति, डाटा दर, FEC कोड दर, स्त्रोत एवं गंतव्य मशीनों के IP एड्रेस तथा पोर्ट नम्बर आदि को बदला जा सकता है। इसके अतिरिक्त यह एप्लीकेशन अभिग्राही की वर्तमान परिस्थिति सूचकों (सिग्नल उपस्थिति सूचक, विमोडुलन एवं FEC लॉक सूचक, SNR इत्यादि) को भी मोनिटर करता रहता है।




चित्र 4. DVB-S मोनिटरिंग एवं नियंत्रण सॉफ्टवेयर एप्लीकेशन ग्राफीय अन्तरापृष्ठ

## 5. DVB-S अभिग्राही का निष्पादन परीक्षण:

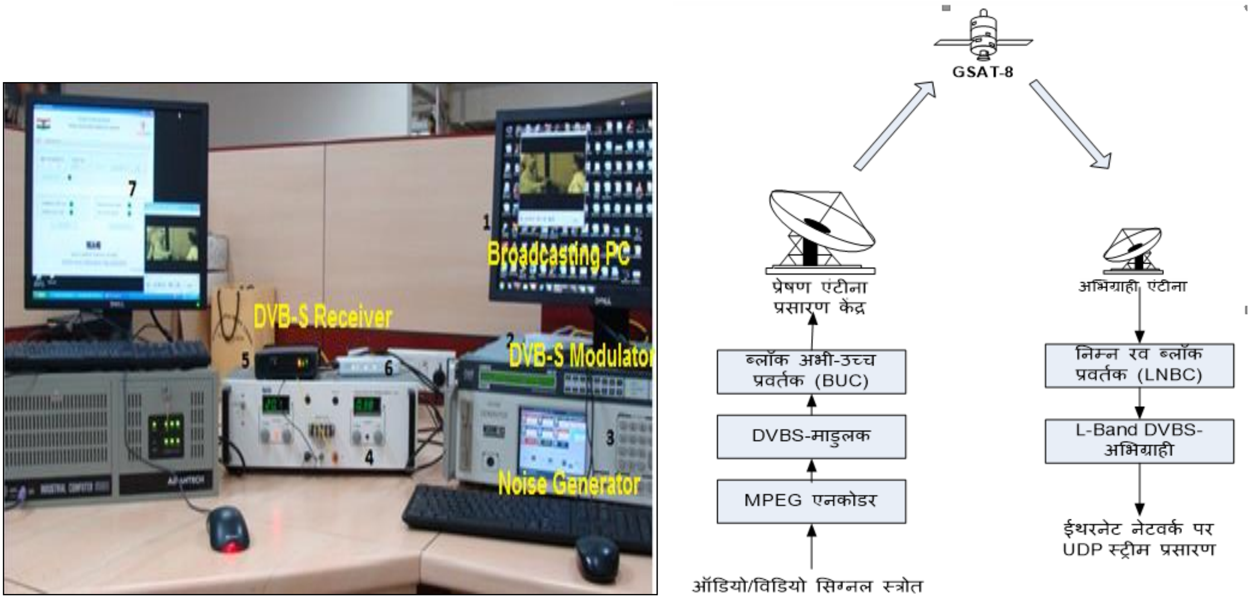
DVB-S अभिग्राही का COTS मोडुलक के साथ सफलतापूर्वक अंतर-संचालन परीक्षण किया जा चुका है। इसके अतिरिक्त लैब में रव जनित्र (noise generator) के साथ विमोडुलन निष्पादन परीक्षण किया गया जिसे चित्र-5A में दर्शाया गया है। इस परीक्षण के परिणाम निम्न तालिका में दिए गए हैं।

विडियो गुणता के आधार पर QEF निष्पादन का मतलब विटरबी डिकोडर के पश्चात $2\times10^{-4}$ की बिट त्रुटि दर (BER), तथा RS डिकोडर के पश्चात $1\times10^{-10}$ की बिट त्रुटि दर (BER) है। तालिका-1 में दर्शाये गए परिणामों से यह स्पष्ट होता है कि इस अभिग्राही का निष्पादन DVB-S मानक द्वारा तय किये गए मापदंडों के अनुरूप है।

इसके अतिरिक्त अभिग्राही का उपग्रह संचार कड़ी में सफलतापूर्वक परीक्षण किया जा चुका है जिसको चित्र-5B में दर्शाया गया है। SPL दिवस एवं SITE प्रोग्राम के रूबी दिवस समारोह के दौरान GSAT-8 उपग्रह के माध्यम से प्रसारित कार्यक्रम को अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में DVB-S अभिग्राही द्वारा रिसीव किया गया तथा उससे प्राप्त ऑडियो/विडियो को स्थानीय नेटवर्क पर स्ट्रीम किया गया।

**तालिका -1**

| क्रम संख्या | कन्वोल्युश्नल FEC कोड दर | लगभग त्रुटिमुक्त (QEF) निष्पादन हेतु Eb/No आवश्यकता | DVB-S मानक में प्रस्तावित Eb/No |
|---|---|---|---|
| 1. | 1/2 | 4.7 dB | 4.5 dB |
| 2. | 2/3 | 5.2 dB | 5.0 dB |
| 3. | 3/4 | 5.6 dB | 5.5 dB |
| 4. | 5/6 | 6.2 dB | 6.0 dB |
| 5. | 7/8 | 6.6 dB | 6.4 dB |




चित्र 5. (A) DVB-S अभिग्राही का रव निष्पादन परीक्षण (B) उपग्रह संचार कड़ी में परीक्षण

**6. निष्कर्ष** : अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में स्वदेशी तकनीक से DVB-S अभिग्राही का विकास किया गया है जिसे भविष्य में आवश्यकतानुसार अनुकूलित किया जा सकता है। इस अभिग्राही का परीक्षण उपग्रह संचार कड़ी में भी किया जा चुका है तथा इसका निष्पादन DVB-S मानक द्वारा तय किये गए मापदंडों के अनुरूप है। इसकी विशिष्टताओं से यह स्पष्ट है कि, यह अभिग्राही DVB-S प्रसारण अभिग्रहण के लिए एक उपयुक्त यन्त्र है।

**लेखक परिचयः**

श्री नरेन्द्र कुमार ने वर्ष 2010 में राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान (NIT), कुरुक्षेत्र, हरियाणा से बी.टेक. की डिग्री प्राप्त की। उन्होंने वर्ष 2012 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में कार्य प्रारंभ किया तथा वर्तमान में वह एस सी टी डी ((SCTD) अनुभाग में कार्यरत हैं।

**संदर्भः**

[1] Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services; EN 300 421 V1.1.2 (1997-08).

[2] http://www.xilinx.com

[3] http://www.wikipedia.com/MPEG-2 Transport Stream.htm

**पारिभाषिक शब्दावलीः**

डिजिटल विडियो प्रसारण (DVB) अभिग्राही, रीड-सोलोमन डिकोडर, UDP, MPEG-2 TS, FPGA, ईथरनेट

***

# अंतर्राष्ट्रीय परिपेक्ष्य में इसरो की भावी चुनौतियाँ

सुशांत पुराणिक
(पी.आई.क्यू.ए.डी./एस.आर.जी.)
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत

**प्रस्तावना**

विश्व में अंतरिक्ष कार्यकमो का प्रभाव उन्नीस सौ साठ (1960) के दशक से दिखाई देता है। आज अंतरिक्ष अनुसंधान की दिशा में इतनी प्रगति नहीं हुई होती अगर कुछ विशेष घटनाएं नहीं होती। वर्तमान में इसरो की भावी चुनौतियों को समझने से पूर्व उन घटनाओं से अवगत होना आवश्यक है जिनके कारण आज अंतरिक्ष अनुसंधान विश्व में इतने कम समय में काफी प्रगति कर चुका है।

**1957 के पहले :-**

1) रूसी वैज्ञानिक कोंस्तांतिन टसिओल्कोवस्की पहले व्यक्ति थे जिन्होंने 1879 में अंतरिक्ष को विज्ञान की एक भिन्न शाखा के स्वरूप में देखा एवं उसका अध्ययन किया। इन्होंने वह रॉकेट समीकरण बनाया जिसे आज भी उपयोग में लाया जाता है। इन्होंने सबसे पहले जियो सिंक्रोनस कक्षा होने की पुष्टि की परन्तु उसके उपयोग वे नहीं बता सके।
2) तत्पश्चात यदि मील के पत्थरों को गिना जाये तो जर्मन वैज्ञानिक हरमन ओबर्थ का योगदान नाकारा नहीं जा सकता जिन्होंने सर्वप्रथम 1923 में बताया कि पृथ्वी के आस-पास घूमते हुए यंत्रो से दूरदराज़ क्षेत्रो में वार्तालाप किया जा सकता है। हालांकि उन्होंने इसमें दर्पणों के उपयोग की बात कही।
3) 1937 में रूसी वैज्ञानिक ने चित्रों के प्रतिबिम्बों के प्रक्षेपण की बात कही।
4) अक्तूबर 1957 में प्रथम कृत्रिम उपग्रह स्पुतनिक- 1 सोवियत रूस ने प्रक्षेपित किया।

इस घटना ने विश्व में अंतरिक्ष अनुसंधान को प्रचंड वेग दिया। अब तक अंतरिक्ष अनुसंधान विज्ञान की एक शाखा थी जो महँगी थी तथा जिसमें फायदे की गुंजाइश काफी कम थी परन्तु स्पुतनिक प्रक्षेपण के पश्चात् तीन शक्तिशाली बातों के कारण परिस्थिति में परिवर्तन आया।

**1) प्रतिष्ठा**

अमेरिका और यूरोपियन देश जो खुद को रूस के बराबर मानते थे वे विज्ञान की दिशा में एक दूसरे से पीछे नहीं रहना चाहते थे।

**2) भय**

हालांकि तत्कालीन परिपेक्ष्य में कोई बड़ी उपलब्धि नहीं होने के कारण भी इस बात की संभावना थी कि दूसरा देश अंतरिक्ष के क्षेत्र में कुछ बड़ी प्रगति न कर ले जिस से वह दूसरे देशो पर हावी हो जाये।

**3) विकास की लालसा**

वे देश जो राजनैतिक रूप से अमेरिका व रूस से उदासीन रूख रखते थे वे विकास की लालसा में इस दिशा में कार्य करने लगे।

**1957 के बाद**

स्पुतनिक के उत्तर के रूप में नासा अमेरिका ने 1963 में प्रथम जियो सिंक्रोनस उपग्रह प्रक्षेपित किया इसी के साथ विश्व के लगभग हर देश ने अंतरिक्ष अनुसंधान की दिशा में काफी काम किया। शांति के वातावरण में ये प्रगति कभी नहीं होती जोकि युद्ध तथा भय के साथ अंतरिक्ष कार्यक्रमों ने की।

विज्ञान तथा प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में कुछ उपलब्धियां ऐसी थीं जिन्होंने उपग्रहों की तकनीक को अपनी चरमसीमा पर पहुँचा दिया। इनमें प्रमुख उपलब्धियां थीं-

1) प्रक्षेपकों के क्षेत्र में - नए प्रक्षेपक भारी उपग्रहों को जियो सिंक्रोनस कक्षा में ले जाने में सक्षम थे।

2) नए ट्रांसिस्टर्स का विकास तथा इलेक्ट्रॉनिक सर्किट का छोटा होते चले जाना।
3) नए सोलर सेल जो उपग्रह को लम्बी उम्र देते हैं।
4) हाई स्पीड कंप्यूटर का विकास।
5) इंटरनेट और कंप्यूटर का पूरे विश्व में फैल जाना तथा सभी लोगो को आपस में जोड़ के रखना।

आज के समय में भी उस समय रूस व अमेरिका द्वारा अंतरिक्ष अनुसंधान में किये गए बड़े इन्वेस्टमेंट का फायदा पूरी दुनिया को होता दिखाई देता है।
अंतरिक्ष अनुसंधान और उसके सम्पूर्ण दोहन से होने वाला परिवर्तन भारत के लिए बहुत बड़ा होगा इसका कारण भारत की विशाल जनसंख्या है।

तत्कालीन परिस्थितियों में भारत के सामने उपस्थित चुनौतियों से निपटने के लिए हमें निम्नलिखित कार्य करने चाहिए -

1. उपग्रह से प्राप्त मौसम से सम्बंधित जानकारी को शुध्दता के साथ ज्ञात करना उदाहरण के लिए तीन दिन बाद 24 जून को अमुक जगह पर 4:20 से 8:10 तक वर्षा होगी।
21 अप्रैल से 24 अप्रैल तक अमुक जगह तेज धूप रहेगी।
इस प्रकार की जानकारी उपग्रहों से प्राप्त डेटा के गहन अध्ययन से मिल सकती है। हमें इसके लिए उन्नत उपग्रहों का उपयोग करना होगा तथा और अच्छे सॉफ्टवेयर विकसित करने होंगे।
2. मात्र सूचना उत्पन्न करने से उद्देश की प्राप्ति नहीं होगी बल्कि हमें उसको सही समय पर सही जगह पहुँचाना भी होगा। दाहरण के लिय किसी गाँव में मौजूद किसानों को उनके मोबाइल पर पाँच दिन पहले भारी वर्षा का सन्देश मोबाइल पर आता है तो वो अपनी फसल काट कर नुकसान होने से बचा सकता है।

इसी प्रकार किस मौसम में कितनी बारिश होगी अगर पहले पता हो तो वो वैसी फसल की बुवाई करेगा।

ये सब करने के लिए सही एप्लिकेशन सॉफ्टवेयर विकसित करने होंगे जिससे किसी इलाके की जानकारी उससे लिंक्ड मोबाइल पर भेजी जा सकेगी।

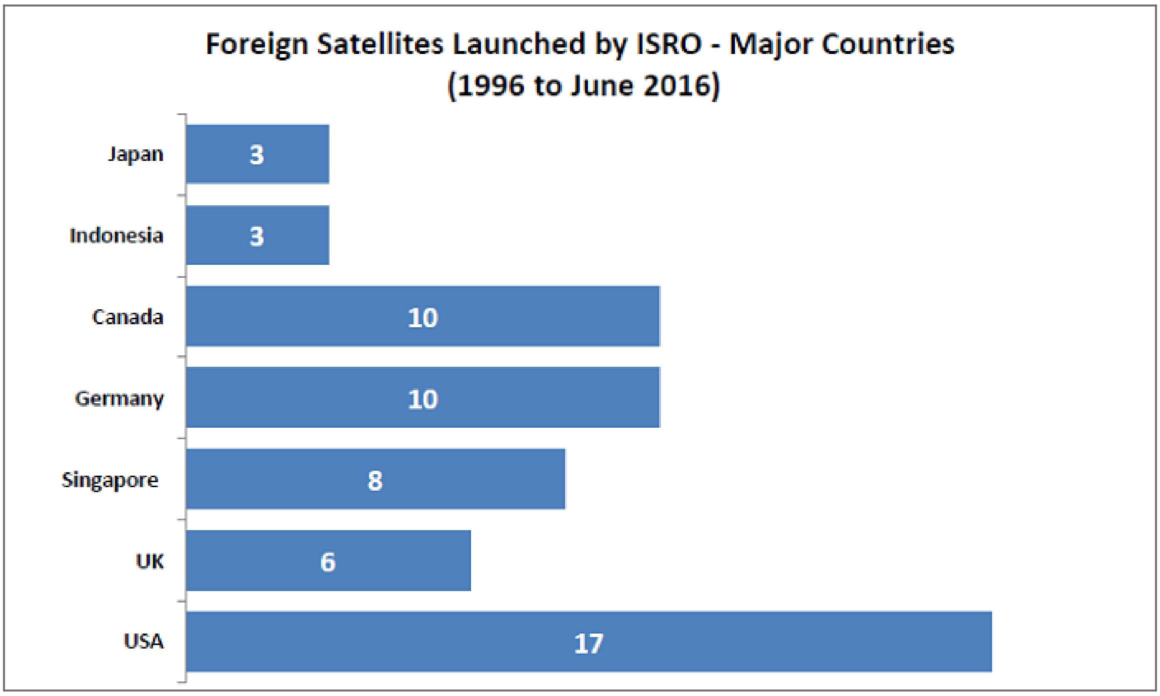
इसके लिये गाँव के लोगो को शिक्षित भी करना होगा ताकि वे इसका फायदा उठा सकें।

उपरोक्त फायदा सिर्फ गाँवो में ही नहीं बल्कि शहरों को भी होगा क्योंकि यहाँ के लोग अपनी यात्रा एवं दूसरे काम प्राप्त जानकारी के आधार पर ही करेंगे।

3 . सौर उर्जा के क्षेत्र में ऐसे पैनल और बैटरियों का संयोजन तैयार हो जो कि उपग्रह की आयु को बढ़ा सके, हो सकता है कि ये भविष्य में अनंत हो जाये। इससे खर्च में भरी कमी आएगी और खर्च सिर्फ एक बार होगा।

4. पुनः उपयोग में लाया जा सकने वाला प्रक्षेपक यान जिसकी तैयारी चल रही है परन्तु अभी तक ये चलन में नहीं आया है।

5. यदि ऊपर के बिन्दुओं को कर लिया गया तो हमारी प्रक्षेपण की कीमत इतनी कम हो जायेगी कि हम ऐसे वैश्विक संगठन के रूप में सामने आयेंगे जिसके पास उपग्रह प्रक्षेपित करवाने वालों की होड़ लगी होगी। इससे न केवल हमारी अर्थव्यवस्था सुधरेगी बल्कि विश्व में हमारी कूटनीतिक पैठ भी बढ़ेगी।

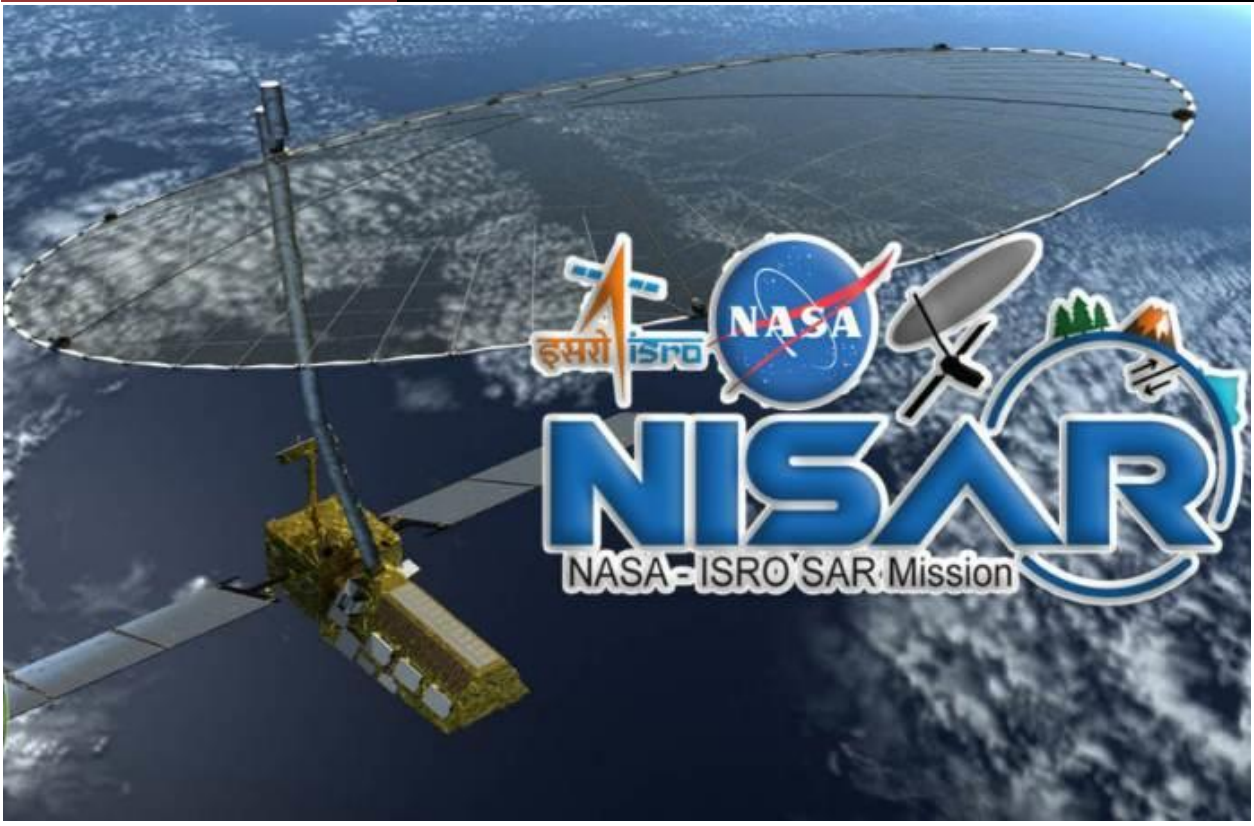



उपरोक्त चित्र हमें भारत द्वारा प्रक्षेपित किये गए विदेशी देशों के उपग्रहों की जानकारी देता है।

6. चीन ने कुछ समय पूर्व उपग्रह को नष्ट कर सकने वाला मिसाइल बनाया है ऐसा ही अमेरिका ने भी किया है। भविष्य में जल्द से जल्द हमें भी इसे बनाना होगा ताकि कोई हमें आँखे न दिखा सके।

7. दूसरे विकसित देशो की प्रौद्योगिकी पता चलती रहे इसलिए समय समय पर कुछ प्रयोग उनके साथ मिल कर भी करने चाहिए इससे न केवल हमारे वैज्ञानिकों को नई तकनीकों को सीखने का मौका मिलेगा बल्कि दोनों देशो के बीच के संबंधो में भी सुधार होगा।

अनुक्रमणिका




8. इसरो को भारत के जन-जीवन से जोड़ने की आवश्यकता है। इसके लिए कक्षा 8 के बाद हर वर्ष विज्ञान विषय में एक अध्याय अंतरिक्ष के विकास का पढ़ाया जाना चाहिए। तभी इस देश के लोग इसे समझ पाएंगे और समझेंगे तो इसका उपयोग कर पाएंगे।

इन सभी उपरोक्त बिन्दुओं को ध्यान में रखते हुए एक दृढ़ निश्चय के साथ कार्य करने पर निश्चित रूप से देश अंतरिक्ष के क्षेत्र में सबसे आगे होगा।

***

# उपग्रहों में ताप नियंत्रण की चुनौतियों हेतु एक भावी तकनीक-लूप ऊष्मानली

कमलेश कुमार बराया
वैज्ञानिक/अभियंता - एस.एफ,टी.ई.डी./एस.टी.जी./ अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात- 380015, भारत
kkbaraya@sac.isro.gov.in

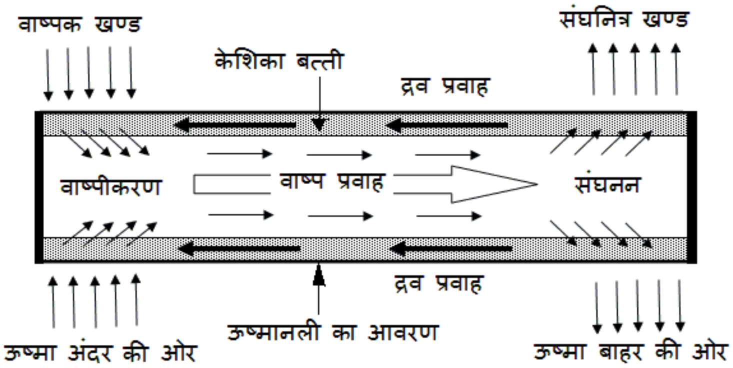
**सारांश**

*देश के विकास की आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए उपग्रहों में उच्च शक्ति के नीतभार एवं उपकरणों का उपयोग अनिवार्य हो गया है। इन उपग्रहों में उच्च ऊष्मा क्षय के साथ-साथ जटिलताएं भी बढ़ती जा रही है। उच्च ऊष्मा क्षय, नीतभारों की जटिलताएं तथा कड़ी तापीय शर्तों के कारण उपग्रहों में ऊष्मीय प्रबंधन की चुनौतियां बढ़ती ही जा रही है। उपग्रहों में ऊष्मीय प्रबंधन के लिए पारम्परिक खांचेदार ऊष्मानलियों का उपयोग व्यापक रूप से किया जा रहा है लेकिन अंतरिक्ष के क्षेत्र में ऊष्मीय प्रबंधन की नई चुनौतियों के समाधान के लिए लूप ऊष्मानलियों की स्वीकार्यता भी बढ़ती जा रही है। हमारे देश में उपग्रहों में ऊष्मीय प्रबंधन की नई चुनौतियों के समाधान हेतु लूप ऊष्मानली को भावी तकनीक के रूप में देखा जा रहा है। इस दिशा में हम कुछ महत्वपूर्ण कदम भी उठा चुके हैं। इस लेख में लूप ऊष्मानलियों की विशिष्टताएं, उनकी संरचना एवं कार्य प्रणाली पर प्रकाश डाला गया है।*

## 1. प्रस्तावना

देश में विकास की आवश्यकताओं के कारण उपग्रहों में उच्च क्षमता एवं निष्पादन वाले नीतभारों की मागं निरन्तर बढ़ रही है। उपग्रहों की क्षमताओं को बढाने के लिए उनमें उच्च क्षमता एवं निष्पादन के इलेक्ट्रॉनिक घटकों एवं उपकरणों का प्रयोग करना आवश्यक हो जाता है। प्रौद्योगिकी में दिनों-दिन विकास के कारण इलेक्ट्रॉनिक घटकों के लघुकरण और निष्पादन बढ़ने के साथ-साथ उनका ऊष्मा अभिवाह घनत्व भी बढ़ रहा है। इलेक्ट्रॉनिक घटकों की विश्वसनीयता उनके प्रचालन के तापमान पर निर्भर करती है। अंतरिक्ष में वायुमण्डल की अनुपस्थिति के कारण उपग्रहों में इलेक्ट्रॉनिक घटकों का ताप नियंत्रण चुनौतीपूर्ण हो जाता है।

उपग्रहों में ताप नियंत्रण के लिए ऊष्मानलियों का उपयोग व्यापक रूप से किया जाता है। ऊष्मानली एक ऐसी प्रयुक्ति है जो ऊष्मा ऊर्जा को एक स्थान से दूसरे स्थान तक दक्षता से ले जाती है। धातुओं में हम तांबा,सोना, सिल्वर इत्यादि को श्रेष्ठ ऊष्मा चालकों में गिनते हैं, लेकिन ऊष्मानली के प्रयोग से हमें इन श्रेष्ठ चालक धातुओं से भी कहीं बेहतर तापीय चालकता प्राप्त होती है। सामान्य ऊष्मानलियों की तुलना में लूप ऊष्मानलियों की ऊष्मा वहन क्षमता कई गुना अधिक होती है। ये कई किलोवाट ऊष्मा भार को अधिक दूरी पर स्थित हीट सिंक तक दक्षता के साथ स्थानांतरित कर देती है। उपग्रहों में ऊष्मीय प्रबंधन की नई चुनौतियों के समाधान हेतु लूप ऊष्मानली को भावी तकनीक के रूप में देखा जा रहा है।




चित्र 1 सामान्य ऊष्मानली की कार्य प्रणाली

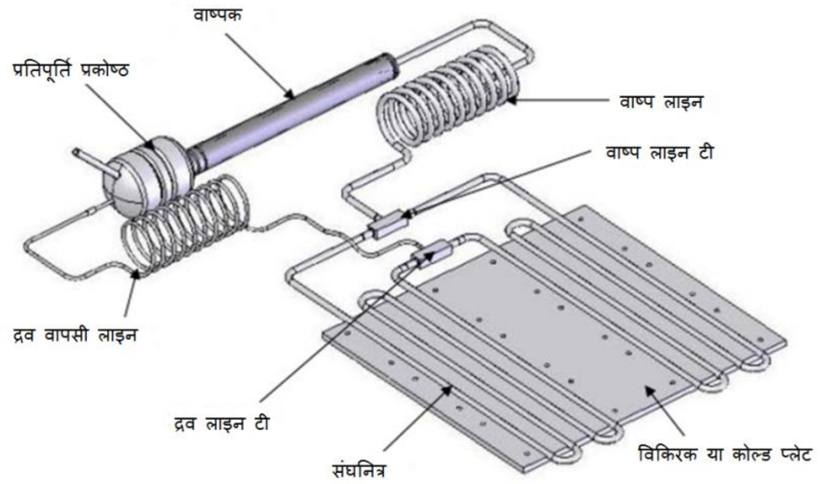
सामान्य ऊष्मानली एक बंद लंबी वलयाकार संरचना होती है। संरचना की आंतरिक सतह पर झरझरे या छिद्रयुक्त पदार्थ की पतली परत होती है जो केशिका बत्ती का कार्य करती है। चित्र 1 में सामान्य ऊष्मानली की कार्यप्रणाली एवं उसके विभिन्न अंगों को दिखाया गया है। उपग्रहों में प्रयुक्त ऊष्मानलियों में उनकी आंतरिक सतहों पर लंबाई की दिशा में खांचें बने होते हैं जो केशिका बत्ती के रूप में कार्य करते हैं। केशिका बत्ती धातु के सिन्टर्ड पाउडर या जालीनुमा रूप में भी हो सकती है। केशिका बत्ती में सूक्ष्म छिद्र या खांचें उपयुक्त प्रचालन द्रव से भरे होते हैं। ऊष्मानली में शेष खाली स्थान में द्रव की वाष्प उपस्थित होती है। ऊष्मानली की पात्र की संरचना में वाष्प दाब ऊष्मानली के तापमान पर संतृप्त दाब के बराबर होता है। ऊष्मानली में ऊष्मा का स्थानांतरण वाष्पीकरण, संघनन, द्रव एवं वाष्प प्रवाह के कारण होता है। जब ऊष्मानली के एक सिरे, वाष्पक को ऊष्मा के स्रोत

के संपर्क में लाया जाता है तब केशिका बत्ती में उपस्थित प्रचालन द्रव, ऊष्मा ग्रहण कर वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। वाष्प का दाब बढ़ने के कारण यह वाष्प ऊष्मानली के दूसरे सिरे, संघनित्र पर पहुंचती है जहा पर ताप और दाब अपेक्षाकृत कम होता है। संघनित्र पर कम तापमान के कारण वाष्प गुप्त ऊष्मा को मुक्त कर द्रव में परिवर्तित हो जाती है। संघनित द्रव, ऊष्मानली संरचना की आंतरिक सतहों पर उपस्थित केशिका बत्ती में से होकर केशिका दाब के कारण वाष्पक की ओर लौट आता है। इस तरह वाष्प और द्रव के विपरीत दिशाओं में सतत प्रवाह से ऊष्मानली का प्रचालन होता रहता है।

सामान्य ऊष्मानलियों में केशिका संरचना ऊष्मानली की संपूर्ण लंबाई पर लगी होने के कारण उसमें द्रव प्रवाह के दौरान दाब का पतन अधिक होता है। लंबी ऊष्मानलियों में दाब पतन भी लंबाई के अनुसार बढ़ जाएगा। इन ऊष्मानलियों में द्रव एवं वाष्प प्रवाह एक ही नली में विपरीत दिशा में होने के कारण संरोहण की समस्या होती है, अर्थात वाष्प संघनित्र से लौटते हुए द्रव की बूंदों को अपने साथ खेंच ले जाती है। इससे वाष्पक में द्रव की आपूर्ति में कमी आ जाती है। सामान्य ऊष्मानलियों की ऊष्मा वहन क्षमता उसकी लंबाई तथा गुरूत्व के सापेक्ष अभिविन्यास से प्रभावित हो जाती है। ऊष्मानली की ऊष्मा वहन क्षमता ऊष्मानली में उत्पन्न केशिका दाब पर निर्भर करती है। केशिका बत्ती के रंध्रों की प्रभावी त्रिज्या जितनी कम होगी केशिका दाब भी उतना ही अधिक होगा। लेकिन महीन रंध्रों के कारण द्रव प्रवाह के दौरान दाब पतन भी बढ़ जाता है। सामान्य ऊष्मानली के इस अंतर्विरोध के कारण ऐसी ऊष्मानलियों के निर्माण में सफलता नहीं मिल सकी जो गुरूत्व के विरूद्ध अधिक लंबाई तक दक्षता से ऊष्मा वहन कर सके। सामान्य ऊष्मानलियों के इस अन्तर्विरोध को दूर करने के लिए लूप ऊष्मानलियों का विकास किया गया। लूप ऊष्मानलियों में केशिका बत्ती केवल वाष्पक में ही लगी होती है तथा वाष्पक एवं संघनित्र पृथक अवयव होते हैं जो पतली नलियों के द्वारा जुड़े होते हैं। चित्र 2 में एक लूप ऊष्मानली को विकिरक या कोल्ड प्लेट के साथ दिखाया गया है। पारम्परिक ऊष्मानलियों के विपरीत लूप ऊष्मा नलियों में द्रव एवं वाष्प प्रवाह के लिए पृथक सपाट नलियां होती है जिससे प्रवाह के दौरान दाब पतन तो कम हो ही जाता है साथ ही द्रव की बूंदों का वाष्प के साथ खींचकर आ जाना अर्थात संरोहण की समस्या भी नहीं रहती है।

लूप ऊष्मानली के विकास की शुरूआत 1972 में रूस के वैज्ञानिकों गैरासिमोव एवं मैदानिक ने उरल पोलिटेक्निक संस्थान से की थी। उन्होंने पहली लूप ऊष्मानली नामक प्रयुक्ति बनाई जिसकी लम्बाई 1.2 मीटर तथा ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता 1 किलोवाट थी। इसमें प्रचालन द्रव के रूप में पानी का उपयोग किया गया था। अंतरिक्ष में जांच के लिए लूप ऊष्मानली को पहली बार 1989 में रूस के अंतरिक्षयान ग्रानाट के साथ भेजा गया था। इस उड़ान में लूप ऊष्मानली का अंतरिक्ष में लंबी अवधि के लिए विश्वसनीय प्रचालन का प्रदर्शन किया गया।

इसरो द्वारा जून 2017 में प्रक्षेपित  जीसैट 19 उपग्रह में लूप ऊष्मानली को परीक्षण के लिए भेजा था। इस परीक्षण में यह भी देखा गया है कि लूप ऊष्मानली का उपयोग नम्य ऊष्मानली के रूप में कितना प्रभावी होता है।




चित्र 2 लूप ऊष्मानली (स्रोत- http://samvad.isac.dos.gov.in/samvad/index.jsp)

## 2. लूप ऊष्मानलियों की विशिष्टताएं:

लूप ऊष्मानली एक द्वि-प्रावस्था वाली प्रयुक्ति है जो बड़ी मात्रा में ऊष्मा भारों को लंबी दूरियों तक आसानी से स्थानांतरित कर देती है। लूप ऊष्मानलियां पारम्परिक ऊष्मानलियों से इस मामले में भिन्न होती है कि इनमें वाष्पक और संघनित्र पृथक होते है तथा

ये साधारण सपाट नलियों के द्वारा जुड़े होते हैं। लूप ऊष्मानलियों की कुछ मुख्य विशिष्टताओं पर आगे चर्चा की जा रही है।

**2.1 उच्च ऊष्मा वहन क्षमता:** सामान्य ऊष्मानलियों में केशिका बत्ती ऊष्मानली की पूरी लम्बाई पर लगी होती है जबकि लूप ऊष्मानली में केशिका बत्ती केवल वाष्पक क्षेत्र में ही लगी होती है तथा शेष लूप में बत्ती रहित सामान्य सपाट नलियों का उपयोग होता है। इसलिए लूप ऊष्मानली में द्रव एवं वाष्प का प्रवाह निर्विघ्न होता है तथा प्रचालन के दौरान दाब में हानि कम होती है। इससे उसकी ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता बढ़ने के साथ-साथ ऊष्मा को काफी दूरी तक स्थानांतरित किया जा सकता है।

ऊष्मानली में ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता केशिका बत्ती में उत्पन्न केशिका दाब पर निर्भर करती है। केशिका बत्ती में उत्पन्न केशिका दाब बत्ती के रन्ध्रों की प्रभावी त्रिज्या पर निर्भर करता है। रन्ध्रों की त्रिज्या जितनी कम होगी केशिका दाब उतना ही अधिक होगा। लेकिन केशिका रन्ध्रों के आकार कम होने के कारण उनमें द्रव प्रवाह के दौरान होने वाले दाब में हानि भी बढ़ जाती है। सामान्य ऊष्मानलियों में केशिका बत्ती ऊष्मानली की संपूर्ण लंबाई में लगी होती है तथा संपूर्ण द्रव प्रवाह भी केशिका बत्ती के माध्यम से ही होता है। इसलिए सामान्य ऊष्मानलियों में द्रव प्रवाह के दौरान दाब की हानि में बढ़ोतरी के कारण अत्यंत सूक्ष्म रन्ध्रों वाली केशिका बत्ती का प्रयोग व्यावहारिक नहीं होता है। लूप ऊष्मानली में केशिका बत्ती का प्रयोग केवल वाष्पक में ही किया जाता है तथा द्रव प्रवाह शेष लूप की सपाट नलियों के माध्यम से होता है। इसलिए लूप ऊष्मानली में द्रव प्रवाह के दौरान दाब में हानि न्यूनतम हो जाती है परिणामस्वरूप इनमें अत्यंत सूक्ष्म रन्ध्रों वाली केशिका बत्ती का उपयोग किया जा सकता है जिससे इनकी ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता बहुत अधिक बढ़ जाती है।

**2.2 निष्क्रिय प्रयुक्ति:** लूप ऊष्मानली एक निष्क्रिय ऊष्मा स्थानांतरण प्रयुक्ति होती है। इसमें किसी भी तरह का यांत्रिक चल-पुर्जा नहीं होता है। लूप ऊष्मानली का बाहरी परिवेश के साथ यांत्रिक या विद्युत शक्ति का आदान प्रदान शून्य होता है। ऊष्मा स्रोत में उत्पन्न ऊष्मा जिसे लूप ऊष्मानली द्वारा स्थानांतरित करना होता है उसी ऊष्मा से इसका प्रचालन होता है। इसलिए इसकी प्रचालन विश्वस्नीयता उत्कृष्ट होती है, परिणाम स्वरूप इसके रख-रखाव या नियमित सर्विस की आवश्यकता भी नगण्य होती है।

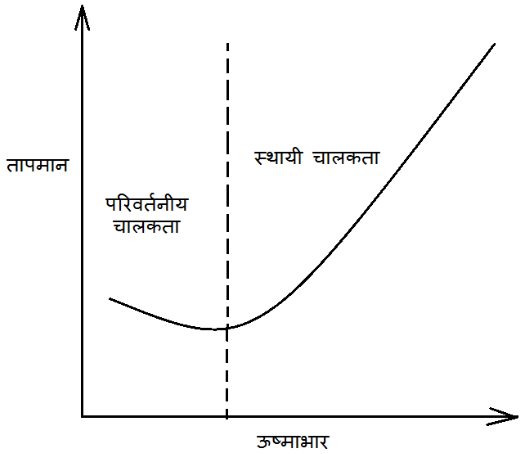
**2.3 एक से अधिक वाष्पक एवं संघनित्र के साथ संयोजन:** लूप ऊष्मानली को विभिन्न परिस्थितियों के अनुरूप व्यवस्थित किया जा सकता है। लूप ऊष्मानलियों को इस तरह भी बनाया जा सकता है कि वे विभिन्न स्थानों पर स्थित ऊष्मा स्रोतों में उत्पन्न ऊष्मा को दूरी पर स्थित एक या अधिक संघनित्रों तक स्थानांतरित कर सकती है। अर्थात लूप ऊष्मानली बहु-वाष्पक एवं बहु-संघनित्र दोनों रूपों में निर्मित की जा सकती है।

**2.4 गुरूत्व के विरूद्ध भी प्रचालन:** पारंपरिक ऊष्मानलियों में गुरूत्व के क्षेत्र में वाष्पक की स्थिति संघनित्र से ऊपर होती है तब उनकी ऊष्मा वहन क्षमता बुरी तरह प्रभावित हो जाती है, क्योंकि प्रचालन द्रव को गुरूत्व के विपरीत ले जाने में दाबीय पतन हो जाता है। लूप ऊष्मानलियों में यह समस्या नहीं होती है। क्योंकि इनमें बहुत महिन रंध्रों की केशिका बत्ती के उपयोग के कारण बहुत अधिक केशिका दाब उत्पन्न होता है। इसके अतिरिक्त वाष्प एवं द्रव प्रवाह के लिए पृथक चिकनी नलियां होती है जिनमें प्रवाह के दौरान दाब पतन कुल उत्पन्न केशिका दाब की तुलना में नगण्य होता है। इसलिएलूप ऊष्मानलियों का निष्पादन स्थिति या विन्यास में परिवर्तन के प्रति बहुत कम संवेदनशील होता है। परिणाम स्वरूप ऊष्मा स्रोत या सिंक की स्थिति में परिवर्तन के बावजूद भी इनका प्रचालन प्रभावित नहीं होता है।

**2.5 नम्य ऊष्मानली के रूप में उपयोग**: लूप ऊष्मानलियों में केशिका बत्ती केवल वाष्पक क्षेत्र में ही होने का कारण लूप के शेष भाग में नम्य पतली नलियों का उपयोग किया जा सकता है। इसलिए लूप ऊष्मानली को उपग्रह की जटिल संरचनाओं में उपयोग करना आसान हो जाता है। इसे आसानी से विभिन्न मोड़ों से गुजारा जा सकता है। लूप की नलियां पतली होने के कारण उन्हें सकंरे मोड़ वाले क्षेत्रों से आसानी से गुजारा जा सकता है। उच्च शक्ति के उपग्रहों में अधिक ऊष्मा क्षय होने के कारण उपग्रह की बस संरचना पर स्थित विकिरक क्षेत्र पर्याप्त नहीं होने की दशा में विस्तरीय विकिरकों का उपयोग किया जाता है। इन विकिरकों को प्रमोचन के दौरान बंधी हुई अवस्था में रखा जाता है तथा उपग्रह को कक्षा में स्थापित होने पर इन्हें सौलर पैनल की तरह खोल कर फैला दिया जाता है। विस्तरीय विकिरकों में ऊष्मा वहन हेतु नम्य ऊष्मानलियों की आवश्यकता होती है जिससे इन्हें उपग्रह की मुख्य संरचना के सापेक्ष किसी भी तरह की गति या घूर्णन दिया जा सकता है। इसलिए विस्तरीय विकिरकों में लूप ऊष्मानलियों को नम्य ऊष्मानलियों के रूप में भी उपयोग में लाया जा सकता है।

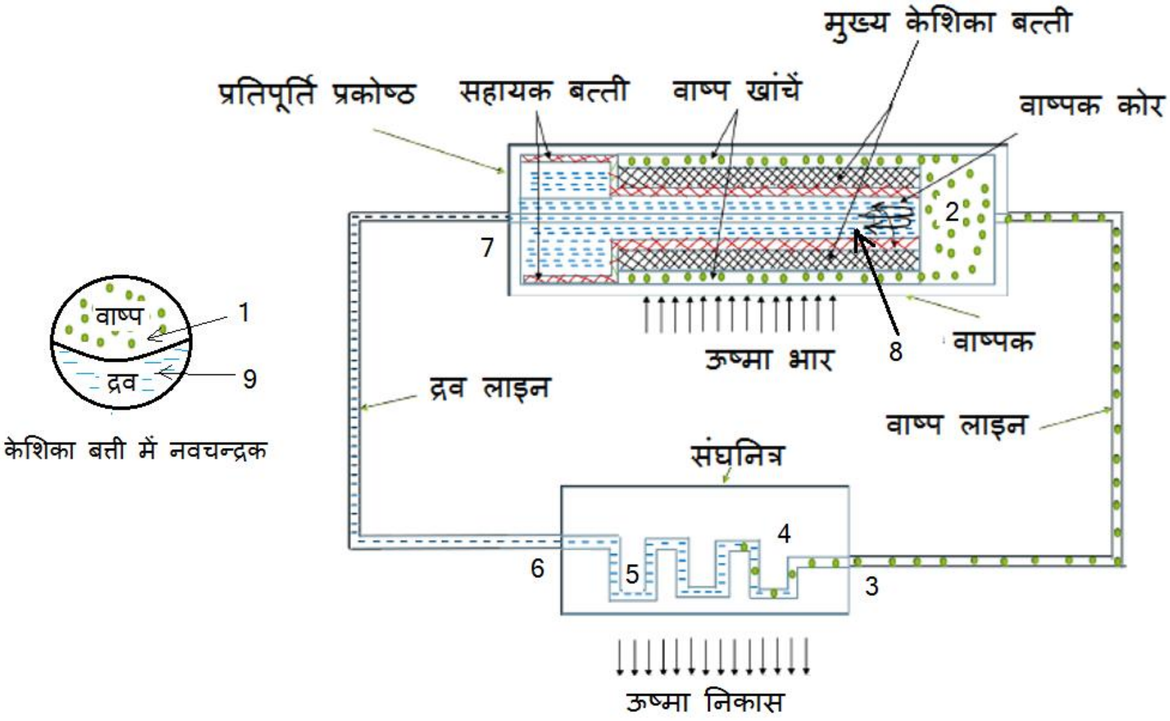
**2.6 निर्माण सामग्री के खर्च में कमी**: लूप ऊष्मानलियों की ऊष्मा वहन क्षमता सामान्य ऊष्मानलियों की क्षमता से लगभग एक कोटि अधिक होती है। इसके अवयव वाष्पक और संघनित्र पृथक होते हैं तथा पतली सपाट नलियों से जुड़े होते हैं। इन कारणों से लूप ऊष्मानलियों के द्वारा अधिक दूरी तक ऊष्मा वहन करने के लिए भी कम सामग्री की आवश्यकता होती है क्योंकि ऊष्मा स्रोत एवं सिंक को जोड़ने के लिए केवल पतली नलियों की ही आवश्यकता होती है। लूप ऊष्मानलियों के द्वारा एक से अधिक ऊष्मा स्रोतों एवं सिंकों को पतली नलियों द्वारा जोड़कर नेटवर्क का रूप भी दिया जा सकता है। इन्हीं कारणों से लूप ऊष्मानलियों में प्रति इकाई ऊष्मा भार हेतु खर्च होने वाली निर्माण सामग्री की मात्रा सामान्य ऊष्मानलियों की तुलना में कम होती है।

**2.7 परिवर्तनीय चालकता प्रणाली:** लूप ऊष्मानलियां परिवर्तनीय चालकता प्रणाली के रूप में भी कार्य करती है। कम ऊष्मा भारों पर ये परिवर्तनीय चालकत्व प्रयुक्ति के रूप में कार्य करती है लेकिन ऊष्मा भारों के बढ़ने पर ये स्थायी चालकत्व की प्रयुक्ति के रूप में कार्य करती है। चित्र 3 में लूप ऊष्मानली के इस अभिलक्षण का एक प्रारूपी लेखा-चित्र दिखाया गया है। निम्न ऊष्मा भारों पर ऊष्मा भार के बढ़ने पर प्रचालन तापमान में कम हो जाता है तथा एक निश्चित ऊष्मा भार के बाद ऊष्मा भार के बढ़ने से प्रचालन तापमान में भी बढ़ोतरी होती है। लूप ऊष्मानलियों के इस व्यवहार का उपयोग नीतभारों में संसूचकों के तापमानों को नियंत्रित करने के लिए किया जा सकता है। लूप ऊष्मानलियों का यह विशिष्ट व्यवहार उसके अवयवों का परिवेश के साथ ऊष्मा विनिमय के कारण होता है।




**चित्र 3 लूप ऊष्मानली के निष्पादन अभिलक्षण का एक प्रारूपी लेखा-चित्र**

## 3. लूप ऊष्मानली के मुख्य अवयव:




चित्र 4 लूप ऊष्मानली के विभिन्न अवयव एवं उसकी कार्य योजना

चित्र 4 में लूप ऊष्मानली की कार्य योजना का रेखाचित्र दिखाया गया है। लूप ऊष्मानली वाष्पक, वाष्प लाइन, संघनित्र, द्रव लाइन से मिलकर बनी होती है। वाष्प और द्रव लाइनें पतली सपाट नलियां होती है। लूप ऊष्मानली के अवयवों में उपयुक्त प्रचालन द्रव होता है तथा यह द्रव एवं वाष्प दोनों अवस्थाओं में उपस्थित रहता है। आगे लूप ऊष्मानली के मुख्य अवयवों को विस्तार से बताया गया है।

**3.1 वाष्पक:** वाष्पक लूप ऊष्मानली का एक महत्वपूर्ण अंग है। वाष्पक की बाहरी सतह को ऊष्मा स्रोत के संपर्क में रखा जाता है जिसकी ऊष्मा से द्रव का वाष्प में रूपांतरण हो जाता है। वाष्पक की आंतरिक सतह पर वाष्प प्रवाह के लिए खांचें बने होते हैं। वाष्पक के अंदर एकं वलायाकार मुख्य केशिका बत्ती होती है। केशिका बत्ती का पदार्थ झरझरा या छिद्रयुक्त होता है। इन छिद्रों के केशिका प्रभाव के कारण ही लूप ऊष्मानली में द्रव का प्रवाह बना रहता है। केशिका बत्ती निकल, तांबे या टाइटेनियम धातु के पाउडर के पाइडर से बनाई जाती है। ये पदार्थ यांत्रिक रूप से मज़बूत होते हैं। इसमें रन्ध्रों की प्रभावी त्रिज्या 0.7 से 15 माइक्रॉन के बीच होती है। केशिका बत्ती के पदार्थ की संरध्रता 55 से 75 प्रतिशत होती है। रन्ध्रों की कम त्रिज्या के कारण ऐसे पदार्थ उच्च केशिकीय दाब उत्पन्न करने की क्षमता रखते हैं। अधिकतम

केशिकीय दाब उत्पन्न करने के लिए केशिका बत्ती के रन्ध्रों का आकार छोटा होना चाहिए। लूप ऊष्मा नली में केशिका बत्ती की तापीय चालकता कम होनी चाहिए जिससे वाष्पक कोर की ओर ऊष्मा का रिसाव न्यूनतम हो। द्रव प्रवाह के दौरान दाब की हानि को न्यूनतम करने के लिए केशिका बत्ती की पारगम्यता अधिकतम होनी चाहिए। वाष्पक के कोर में प्रचालन द्रव भरा होता है। केशिका बत्ती द्रव एवं वाष्प को पृथक रखती है। केशिका बत्ती वाष्पक के खांचों से घिरी होती है। केशिका बत्ती की बाहरी सतह एवं वाष्पक की आंतरिक सतह एक-दूसरे के संपर्क में होती है, जिससे वाष्पक की दीवारों पर प्रयुक्त ऊष्मा, चालन के माध्यम से केशिका बत्ती तक पहुंच जाती है। इस ऊष्मा से केशिका बत्ती में उपस्थित द्रव का वाष्पीकरण होने लगता है। केशिकीय बलों के कारण द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर नवचन्द्रक का निर्माण हो जाता है। नवचन्द्रक पर सतह तनाव बलों के कारण केशिका दाब में अंतर हो जाता है। इस दाब के अंतर के कारण ही ऊष्मानली के लूप में द्रव का प्रवाह बना रहता है। केशिका बत्ती में बनी वाष्प वाष्प खांचों में से होकर वाष्पक के निकास तक पहुंचती है। वाष्पक के केन्द्रीय भाग को वाष्पक कोर कहा जाता है। वाष्पक कोर में द्रव लाइन द्वारा द्रव की सतत आपूर्ति होती रहती है। केशिका बत्ती में नवचन्द्रक की सतह केशिकीय बलों के कारण अत्याधिक दाब में अंतर वहन करने की क्षमता रखती है। इसलिए वाष्प का दाब बढ़ने पर भी नवचन्द्रक की सतह वाष्प के प्रवाह को पीछे की ओर अर्थात नवचन्द्रक की ओर होने से रोकती है, इस तरह केशिका बत्ती हाइड्रॉलिक लॉक का कार्य करती है। केशिका बत्ती का तापीय प्रतिरोध अधिक होने के कारण वह वाष्पक में उपस्थित गर्म वाष्प की ऊष्मा को भी वाष्पक के कोर तक आने से रोकती है, इस तरह केशिका बत्ती थर्मल लॉक का कार्य करती है।

**3.2 प्रवाह लाइनें:** सामान्य ऊष्मानली में द्रव एवं वाष्प का एक ही नली में विपरीत दिशाओं में होता है जिससे वाष्प एवं द्रव प्रवाह के दौरान दाब में हानि होती है। द्रव एवं वाष्प का प्रवाह विपरीत दिशाओं में होने से संघनित्र से वापस आते हुए द्रव की कुछ मात्रा वाष्प प्रवाह के द्वारा संरोहण प्रक्रिया द्वारा खींच ली जाती है जिससे वाष्पक में द्रव की कमी होने का वाष्पक सूख सकता है। लूप ऊष्मानली में सामान्य ऊष्मानली की इन समस्याओं के हल के लिए द्रव एवं वाष्प के प्रवाह के लिए पृथक लाइनें होती हैं। लूप ऊष्मानली में द्रव एवं वाष्प प्रवाह के लिए चिकनी दीवार की ट्यूबों का प्रयोग किया जाता है। वाष्प लाइन वाष्पक को संघनित्र से वाष्प प्रवाह के लिए जोड़ती है जबकि द्रव लाइन संघनित्र को वाष्पक से द्रव प्रवाह के लिए जोड़ती है।

**3.3 संघनित्रः** वाष्पक में द्रव द्वारा गुप्त ऊष्मा के रूप में ग्रहण की गई ऊष्मा को वाष्प द्वारा संघनित्र में मुक्त किया जाता है। संघनित्र की ट्यूबों का हीट सिंक से अच्छा ऊष्मीय संयोजन होता है। संघनित्र से ऊष्मा मुक्त कराने के लिए विभिन्न तरह के ऊष्मा विनियामकों का प्रयोग किया जा सकता है। लूप ऊष्मानलियों के उपयोग के अनुसार भू-स्तर पर वायु या द्रव आधारित या अंतरिक्ष में विकिरण आधारित हो सकते हैं। अंतरिक्ष उपयोग हेतु लूप ऊष्मानलियों में संघनित्र के रूप में कोल्ड प्लेट या विकिरक का उपयोग किया जाता है।

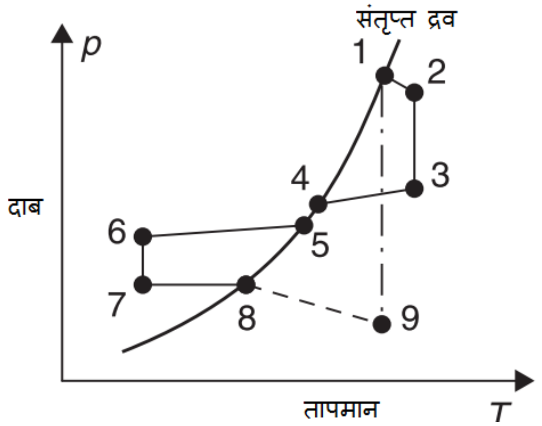
**3.4 प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ (Compensation Chamber):** यह वाष्पक के साथ जुड़ा हुआ एक पात्र होता है जिसमें प्रचालन द्रव, द्रव एवं वाष्प दोनों अवस्थाओं में उपस्थित रहता है। पारम्परिक ऊष्मानलियों की तरह लूप ऊष्मानलियों में जल, अमोनिया जैसे द्रवों का प्रचालन द्रव के रूप में उपयोग किया जाता है। इस पात्र का वाष्पक के कोर से तापीय एवं हाइड्रोडाइनामिक रूप से संयोजन रहता है। इस संयोजन के कारण लूप ऊष्मानली की स्थिर प्रचालन की दशा में वाष्पक कोर एवं प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ में ताप एवं दाब लगभग समान बना रहता है। प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ को वाष्पक के कोर के विस्तार के रूप में भी देखा जा सकता है। लूप ऊष्मानली में प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ के दो मुख्य उद्देश्य होते है- 1. वाष्पक में ऊष्मा भार के परिवर्तन के अनुसार यह प्रकोष्ठ संघनित्र से द्रव का आदान-प्रदान करता है जिससे संघनित्र पर उस क्षेत्र में परिवर्तन हो जाता है जहां से प्रावस्था परिवर्तन द्वारा ऊष्मा का विनिमय होता है। संघनित्र के क्षेत्र में यह परिवर्तन संघनित्र और उसके हीट सिंक के मध्य ऊष्मा अभिवाह प्रवाह को प्रभावित करता है। 2. लूप ऊष्मानली के प्रचालन तापमान में परिवर्तन के कारण द्रव के आयतन में परिवर्तन का समायोजन भी प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ कर लेता है।

**3.5 सहायक बत्ती (Secondary Wick):** मुख्य बत्ती केवल वाष्पक में ही उपस्थित होती है इसके अतिरिक्त लूप ऊष्मानली में एक और केशिका बत्ती होती है जिसे सहायक बत्ती कहा जाता है। सहायक बत्ती वाष्पक और प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ दोनों को जोड़ती है। यह मुख्य बत्ती एवं प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ की आंतरिक सतहों पर लगी होती है। सहायक बत्ती हमेशा यह सुनिश्चित करती है कि मुख्य बत्ती को हमेशा द्रव की आपूर्ति होती रहे। सहायक बत्ती वाष्पक के कोर और प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ दोनों को ऊष्मीय लिंक प्रदान करती है परिणाम स्वरूप दोनों का तापमान समान ही बना रहता है। ऊष्मीय लिंक प्रदान करने के लिए सहायक बत्ती ऊष्मानली की तरह कार्य करती है। सहायक बत्ती वाष्पक कोर में वाष्प के बुलबुलों को भी प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ को स्थानांतरित कर देती है।

## 4. लूप ऊष्मानली की कार्य प्रणाली

लूप ऊष्मानली की कार्य प्रणाली भी मुख्य रूप ये सामान्य ऊष्मानली की तरह ही होती है। लूप ऊष्मानली के प्रचालन को उसमें होने वाली तापगतिकी प्रक्रियाओं के द्वारा आसानी से समझा जा सकता है। लूप ऊष्मानली में प्रचालन के दौरान होने वाली विभिन्न तापगतिकी प्रक्रियाओं को चित्र 5 में दिखाया गया है। इस

चित्र के अनुरूप बिंदुओं को चित्र 4 में भी दिखाया गया है। लूप ऊष्मानली को उपयोग में लाने के लिए ऊष्मा स्रोत को वाष्पक की बाहरी सतह के संपर्क में रखा जाता है। कई बार सीधे ही ऊष्मा स्रोत को वाष्पक के संपर्क में रखने के बजाय वाष्पक पर एक काठी (saddle) बना दी जाती है। काठी को इस तरह बनाया जाता है जिससे ऊष्मा स्रोत को उस पर आसानी से स्थिर किया जा सके। ऊष्मा, वाष्पक की दीवारों में से होकर मुख्य केशिका बत्ती की बाहरी सतह तक पहुंचती है। मुख्य केशिका बत्ती के रंध्रों में उपस्थित प्रचालन द्रव, वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा अवशोषित कर संतृप्त वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। कुछ ऊष्मा केशिका बत्ती में तथा वाष्पक की दीवारों में से होकर प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ में उपस्थित द्रव का तापमान बढ़ाती है। ऊष्मा के इस रिसाव या चालन के कारण वाष्पक के साथ-साथ प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ के द्रव का भी तापमान बढ़ता है। वाष्पक और प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ के तापमानों में अंतर के कारण दोनों स्थानों पर संतृप्त दाबों में भी अंतर होता है। तापमान बढ़ते-बढ़ते जब वाष्पक और प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ के दाबों में अंतर इतना हो जाता है कि यह वाष्प और द्रव के प्रवाह को प्रारम्भ कर देता है, तब लूप ऊष्मानली का प्रचालन प्रारम्भ हो जाता है। केशिका बत्ती में द्रव-वाष्प अंतरापृष्ठ पर नवचन्द्रक स्वतः ही इस तरह समायोजित हो जाता है ताकि केशिकीय दाब लूप ऊष्मानली में कुल दाब पतन के बराबर हो जाता है। इस केशिका दाब के कारण ही वाष्प केशिका बत्ती को भेदकर विपरीत दिशा में नहीं जा पाती है। दाब बढ़ने के कारण यह वाष्प, वाष्पक अथवा केशिका बत्ती में बने खांचों में से होकर वाष्प लाइन के प्रवेश तक पहुंचती है, इस दौरान वाष्प, वाष्पक की दीवारों से ऊष्मा लेकर तथा दाब पतन के कारण वाष्प अतितप्त अवस्था में पहुंच जाती है। इसे चित्र 5 में प्रक्रम 1 से 2 के रूप में देखा जा सकता है। इसके बाद वाष्प, वाष्प लाइन में से होकर गुजरती है। वाष्प लाइन में प्रवाह के दौरान वाष्प के तापमान में परिवर्तन नगण्य होता है लेकिन वाष्प के दाब में और गिरावट हो जाने के कारण वाष्प और अधिक अतितप्त अवस्था 3 पर पहुंच जाती है। यह अवस्था वाष्प लाइन का निकास तथा संघनित्र का प्रवेश बिंदु है। संघनित्र में वाष्प, द्रव द्वारा वाष्पक में अवशोषित ऊष्मा को मुक्त कर द्रव में परिवर्तित हो जाती है। संघनित्र में प्रवेश के बाद वाष्प अपनी अतितप्त ऊष्मा को मुक्त कर संतृप्त अवस्था बिंदु 4 पर पहुंच जाती है। संघनित्र में वाष्प का द्रव के रूप में संघनन होने लगता है, इस दौरान वाष्प के तापमान और दाब दोनों में गिरावट होती है। इसे चित्र 5 में प्रक्रम 4 से 5 के रूप में देखा जा सकता है। द्रव के संघनन के बाद संघनित्र में द्रव का शीतलन होने लगता है इसे द्रव की सबकूलिंग कहा जाता है। द्रव की सबकूलिंग की मात्रा इस बात पर निर्भर करती है कि द्रव लाइन और प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ में परिवेश तथा वाष्पक से ऊष्मा का रिसाव कितना हो रहा है। यह सबकूलिंग ऊष्मा के रिसाव को संतुलित कर देती है। सबकूलिंग के बाद द्रव, अवस्था 6 पर पहुंच जाता है। इसके बाद द्रव का द्रव लाइन में प्रवेश होता है। द्रव लाइन में भी द्रव के दाब में प्रवाह के दौरान गिरावट होती है तथा परिवेश से ऊष्मा विनिमय के कारण तापमान में भी परिवर्तन हो सकता है। इसे चित्र 5 में प्रक्रम 6-7 के रूप में देखा जाता सकता है। द्रव लाइन के बाद द्रव प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ में पहुंचता है। प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ में द्रव वाष्पक की रिसाव होने वाली ऊष्मा ग्रहण कर थोड़ा गर्म हो जाता है तथा अवस्था 8 पर पहुंच जाता है यह द्रव की संतृप्त अवस्था है। प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ से द्रव वाष्पक के कोर में से गुजरते हुए केशिका बत्ती में पहुंच जाता है। केशिका बत्ती में द्रव अल्प समय के लिए अतितप्त अवस्था 9 में रहता है लेकिन वाष्प में परिवर्तित नहीं होता है। द्रव की यह अवस्था केशिका बत्ती में बने नवचन्द्र से ठीक पहले होती है। नवचन्द्क पर द्रव के वाष्पीकरण के साथ उच्च दाब पर संतृप्त वाष्प का निर्माण होता है जिसे चित्र 5 में बिंदु 1 के रूप में देखा जा सकता है। केशिका बत्ती में बने नवचन्द्रक के दोनों ओर दाब में अंतर बिंदु 1 और 9 पर दाबों में अंतर के बराबर होता है। यह दाब में अतंर ही लूप ऊष्मा नली में वाष्प और द्रव प्रवाह के दौरान होने वाले संपूर्ण दाब पतन के बराबर होता है। इस दाब में अंतर के कारण ही लूप ऊष्मानली को प्रचालन के लिए आवश्यक बल प्रदान होता है।




**चित्र 5 लूप ऊष्मानली मं होने वाली तापगतिकी प्रक्रियाएं**

लूप ऊष्मानलियां 2 किलोवाट तक के ऊष्मा भार को आसानी से पतली और नम्य नलियों द्वारा कई मीटर की दूरी तक आसानी से स्थानांतरित कर देती हैं। लूप ऊष्मा नलियां 70 W/cm$^2$ तक का ऊष्मा अभिवाह ग्रहण कर सकती है। लूप ऊष्मानलियां क्रायोजेनिक तापमानों से उच्च तापमानों तक प्रचालन करने में सक्षम होती है। गुरूत्व के विपरीत अभिविन्यास होने पर भी इनकी ऊष्मा स्थानांतरण क्षमता प्रभावित नहीं होती है। लूप ऊष्मानली के इस गुणधर्म के कारण अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में भू-स्तर पर जांच करना आसान हो जाता है। जबकि पारम्परिक ऊष्मानलियों का प्रचालन गुरूत्व के प्रति संवेदनशील होने के कारण भू-स्तर पर जांच कई बार संभव नहीं हो पाती है।

## 5. निष्कर्ष:

उपग्रहों में ऊष्मा वहन के लिए लूप ऊष्मानलिया दक्ष प्रयुक्तियां है। इनके द्वारा पारंपरिक ऊष्मानलियों में आने वाली समस्याओं को दूर किया गया है। उपग्रहों तथा इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों में ऊष्मीय प्रबंधन के लिए इनका प्रयोग दिनों-दिन बढ़ रहा है। पारंपरिक ऊष्मानलियों की तुलना में इनके कई लाभ हैं। इनकी ऊष्मा वहन क्षमता अधिक होती है तथा द्रव प्रवाह के दौरान कम प्रतिरोध होता है। इन्हें नम्य ऊष्मानलियों के रूप में भी उपयोग मे लाया जा सकता है। हमारे देश में उपग्रहों में इनके उपयोग हेतु अनुसंधान एवं विकास कार्य शुरू हो गए हैं। लूप ऊष्मानलियों की विशिष्टताओं का पूरी तरह से लाभ उठाने के लिए देश में ही इन पर अनुसंधान और विकास कार्यों में गति लाने की आवश्यकता है।

### लेखक परिचयः

कमलेश कुमार बराया ने राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर से यांत्रिकी अभियांत्रिकी में बी.ई. एवं आई. आई. टी. मुंबई से एम. टेक के पाठ्यक्रम किए हैं। वह लगभग दो दशकों से अधिक समय से उपग्रह नीतभारों एवं उनके उपतंत्रों के ऊष्मीय विश्लेषण एवं अभिकल्पना के कार्य में संलग्न है। वर्तमान में वह तापीय अभियांत्रिकी प्रभाग में वैज्ञानिक/अभियंता एस एफ के पद पर कार्यरत है।

### संदर्भ सूचीः


1. Maydanik, Y.F. (2005) Loop Heat Pipes, Applied Thermal Engineering,25, 635-637.
2. J.Ku, Operating Characteristics of Loop Heat Pipes, International Conference on Environmental Systems, Denver, July 1999 ( SAE paper1999-01-2007).
3. AmritAmbirajan, Abhijit A. Adoni, Jasvanth S. Vaidya, AnandLoop Heat Pipes: A Review of Fundamentals, Operation and Design, Heat Transfer Engineering 2012, 387-405
4. http://samvad.isac.dos.gov.in/samvad/index.jsp
5. Messeguer J., Spacecraft Thermal Control, Woodhead Publishing in Mechanical Engineering 1st Edition.


### पारिभाषिक शब्दावलीः

अतितप्त - Super Heat
ऊष्मा अभिवाह घनत्व - Heat Flux Density
काठी - Saddle
केशिका बत्ती - Capillary wick
खांचेदार - Grooved
द्वि-प्रावस्था - Two phase
नवचन्द्रक - Meniscus
पारगम्यता - Permeability
प्रतिपूर्ति प्रकोष्ठ - Compensation Chamber
लूप ऊष्मानली - Loop Heat Pipe
वाष्पक - Evaporator
विस्तरीय - Deployable
संघनन - Condensation
संघनित्र - Condenser
संरध्रता - Porosity
संरोहण - Entrainment
सहायक बत्ती - Secondary wick

***

# उष्ण कटिबंधीय चक्रवात से सजगता हेतु शीघ्र चेतावनी प्रणाली: उपग्रहीय परिपेक्ष्य

**नीरू जायसवाल**, पी के थपलियाल एवं सी एम **किष्टवाल**
वैज्ञानिक/अभियंता-एसई, ए.ओ.एस.जी./ई.पी.एस.ए./अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
neeru@sac.isro.gov.in

**सारांश -**
*उष्णकटिबंधीय चक्रवात (ट्रॉपिकल साइक्लोन), अत्यंत विनाशकारी प्राकृतिक आपदाओं में से एक है, जिनके कारण जीवन तथा संपदा दोनों की अत्यधिक क्षति होती है। शीघ्र/प्रारम्भिक चेतावनी प्रणाली (Early Warning System) के माध्यम से चक्रवात तथा इससे जनित विषम परिस्तिथियों का सटीक पूर्वानुमान करके इनसे होने वाली क्षति/आपदा के प्रभाव को कम किया जा सकता है। उष्णकटिबंधीय चक्रवात की प्रारम्भिक चेतावनी प्रणाली में उपग्रह से प्राप्त आकड़ों का विशेष योगदान है। ये आकड़े चक्रवात की वास्तविक समय में निगरानी, तथा पूर्वानुमान में प्रयुक्त होते हैं। वर्तमान में कार्यरत विभिन्न उपग्रहों में स्थापित विभिन्न संवेदकों का चक्रवात के अध्ययन एवं पूर्वनुमान में महत्व तथा भविष्य में आवश्यक आंकड़ो हेतु उपयुक्त संवेदकों का विवरण प्रस्तुत लेख में किया गया है।*

## 1. प्रस्तावना

उष्णकटिबंधीय चक्रवात जैसी मौसमीय प्राकृतिक आपदाओं से विश्व के अधिकांश समुद्र तटीय क्षेत्र प्रभावित होते हैं। समुद्र में उत्पन्न होने वाले, तीव्र वर्षा, प्रचंड वायु तथा ऊंची समुद्री लहरों से युक्त यह तूफ़ान जब स्थल क्षेत्रों से टकराते हैं तब आपदा जैसे स्थिति उत्पन्न होती है। इन समुद्रीय तूफानों की प्रबलता के आधार पर आपदा का स्तर भी कम या अधिक होता है। इन चक्रवातों की उत्पत्ति, पथ, तथा प्रबलता का यथासमय पूर्वानुमान प्राप्त कर लिया जाये तो इनसे होने वाले दुष्प्रभाव से बचा जा सकता है तथा आपदा के समय सुरक्षा की दृष्टि से उचित प्रबंध किये जा सकते हैं। चूंकि यह चक्रवात समुद्र में उत्पन्न होते हैं, जहाँ उपकरण के माध्यम से इनकी जानकारी प्राप्त करना विरल होता है, अतः अंतरिक्ष में स्थापित उपग्रहों द्वारा प्राप्त आकड़े, चक्रवात सम्बंधित जानकारियाँ अर्जित करने में अत्यंत महत्वपूर्ण सिद्ध होते हैं।

आधुनिक संगणक सुविधाओं, विकसित मौसम पूर्वानुमान मॉडलों तथा उपग्रहीय आकड़ों की उपलब्धता के परिणामस्वरूप, पिछले दो दशको में इन मौसमीय प्राकृतिक आपदाओं के पूर्वानुमान में वैज्ञानिको को बहुत सफलता प्राप्त हुई है (लिउ इट आल., 1995; वांग इट आल., 2008)। चक्रवातों का पूर्वानुमान भौतिकीय समीकरणों पर आधारित मॉडल के द्वारा किया जाता है जिसमें विभिन्न स्रोतों जैसे एडब्लूएस, राडार, बुई, उपग्रह इत्यादि से प्राप्त आकड़ों का समावेश (एसिमिलेशन) किया जाता है। भारतीय तथा विदेशी उपग्रहों द्वारा प्राप्त आकड़ों के मौसम पूर्वानुमान मॉडलों में प्रयोग करने के परिणामस्वरूप अत्यन्त परिष्कृत फल प्राप्त हो रहे हैं। भारतीय उपग्रहीय आकड़ों का प्रयोग करके हमारे केंद्र (सैक/इसरो) में ऐसी कलनविधियों का विकास किया गया है जिनका प्रयोग चक्रवात का पूर्वानुमान करने में किया जाता है (जैसवाल एट आल्, 2011, 2012; पाल एट आल्, 1989, 1991; सिंह, 2012)। जब चक्रवात स्थल के समीप आ जाता है तब स्थल पर स्थापित यंत्रों जैसे रडार इत्यादि के आकड़ों को भी मॉडल में समावेशित किया जाता है, जिससे चक्रवात के स्थल-पतन की सटीक जानकारी प्राप्त होती है।

भारतीय समुद्र में उत्पन्न होने वाले इन तूफानों के पूर्वानुमान की ओपरेशनल जिम्मेदारी भारतीय मौसम विभाग की है। इसके अतिरिक्त अन्य सरकारी तथा गैर सरकारी संगठनों द्वारा भी चक्रवात के पूर्वानुमान हेतु आकड़े एकत्र किये जाते हैं, जिनका उपयोग भारतीय मौसम विभाग द्वारा किया जाता है। भारतीय अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में ऐसे संवेदको का निर्माण किया जाता है जो चक्रवात जैसी मौसमीय गतिविधियों की जानकारियों हेतु आकड़े प्रदान करते हैं। इसके अतिरिक्त इन आकड़ों का उपयोग करते हुए ऐसी पद्धतियों को भी विकसित किया गया है, जो चक्रवात की जानकारी प्राप्त करने तथा पूर्वानुमान हेतु उपयोग में लाई जाती हैं। भविष्य में उपयोगी अन्य विशिष्ट आकड़ों तथा उनके अनुरूप संवेदकों के चयन हेतु भी यहां अनुसंधान किये जाते हैं। प्रस्तुत लेख में उष्ण कटिबंधीय चक्रवात हेतु उपयुक्त वर्तमान में उपलब्ध तथा भविष्य में उपयोगी उपग्रहीय आकड़ो का विश्लेषण किया गया है तथा इन उपग्रहीय आंकड़ो पर आधारित प्रारम्भिक चेतावनी प्रणाली का विवरण इस लेख में प्रस्तुत किया गया है।

## 2. चक्रवात की निगरानी (Tropical Cyclone Monitoring) :

चक्रवात की निगरानी हेतु स्थल, समुद्रीय एवं अंतरिक्ष में स्थापित उपकरणों द्वारा प्राप्त आंकड़ों को प्रयुक्त किया जाता है। इसके अंतर्गत जहाजों से प्राप्त पारंपरिक मौसमीय रिपोर्ट, समुद्र में स्थापित बुई के आंकड़े, समुद्र स्थलीय तटों पर स्थापित रडार के आंकड़े तथा राष्ट्रीय तथा अंतर्राष्ट्रीय उपग्रहों

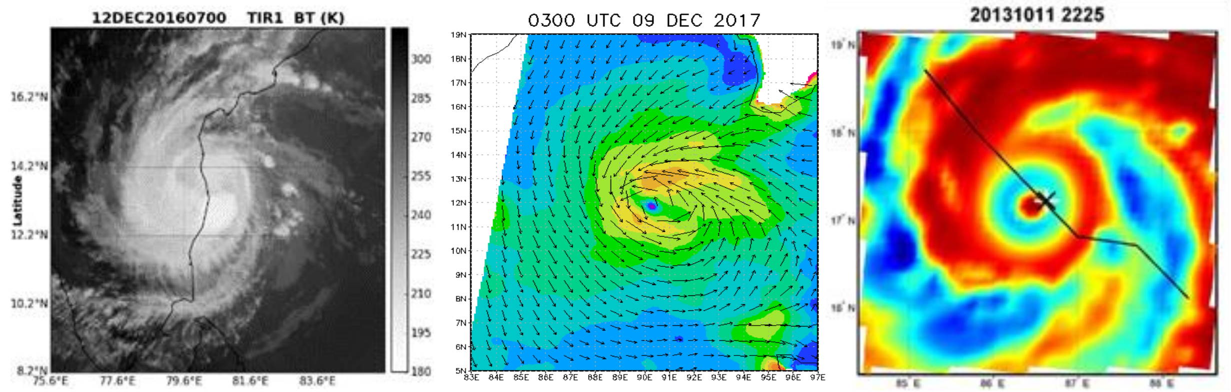
द्वारा प्राप्त आंकड़े निहित हैं। इन आंकड़ों के माध्यम से चक्रवात की स्थिति, प्रबलता, तथा संरचना का बोध होता है। लेख के अगले अंश में उपग्रहों में युक्त विभिन्न प्रकार के संवेदकों द्वारा प्राप्त आकड़ों के माध्यम से चक्रवात संबंधित जानकारियों का विवरण प्रस्तुत किया गया है।

### 3. मौसम उपग्रह (Meteorological Satellites):

मौसम की गतिविधियों की जानकारी प्राप्त करने हेतु, विशिष्ट रूप से बनाये जाने वाले उपग्रह, "मौसम उपग्रह" कहलाते हैं। इनसे प्राप्त आंकड़ों द्वारा प्रतिदिन के मौसम की जानकारी प्राप्त होती है तथा पृथ्वी की जलवायु परिवर्तन सम्बंधित जानकारी प्राप्त होती है। यह उपग्रह भू-स्थरीय तथा ध्रुवीय कक्षाओं में स्थापित किये जाते हैं। इन उपग्रहों द्वारा बादलों के अतिरिक्त, कन्वेक्टिव सिस्टिम, प्रदूषण, एरोसोल, जंगल की आग, धुआँ, शहरीय बिजली, समुद्रीय रंग, वेजीटेशन, समुद्रीय लहरों, इत्यादि सम्बंधित जानकारियां भी प्राप्त होती हैं। उपग्रह से प्राप्त चित्रों के अध्ययन से एल-निनो जैसे घटना क्रम की जानकारी भी प्राप्त होती है। चक्रवात के लिए उपयोगी आकड़े, विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम के विभिन्न चैनलों जैसे विसिब्ल, इन्फ्रारेड तथा माईक्रोवेव द्वारा प्राप्त किये जाते हैं। भारतीय उपग्रहों में निहित चैनलों का विवरण सारणी-1 में प्रदर्शित किया गया है।

सारणी-1: चक्रवात सम्बंधित जानकारियों में उपयोगी भारतीय उपग्रहों का विवरण

| उपग्रह | चैनल | | स्पेशियल रिसोल्योशन | उपयोग |
|---|---|---|---|---|
| इन्सेट-3 डी/ इन्सेट-3 डीआर | विसीबल | 0.55-0.75 µm | 1 km | चक्रवात के केंद्र का आकलन, ट्रेकिंग, |
| | वाटर वेपर | 6.5-7.1 µm | 8 km | साईक्लोजेनेसिस |
| | इन्फ्रारेड-1 | 10.2-11.3 µm | 4 km | साईक्लोजेनेसिस, ट्रैकिंग, प्रबलता, संरचना का अध्ययन |
| | इन्फ्रारेड-2 | 11.5 12.5 µm | 4 km | |
| स्कैटसैट | स्केत्रोमीटर | 13.5 GHz | 25 km | साईक्लोजेनेसिस, पवन संरचना |
| मेघाट्रोपिक | सफीर | 183.3 GHz | 10 km | ऊर्ध्वाधर संरचना |



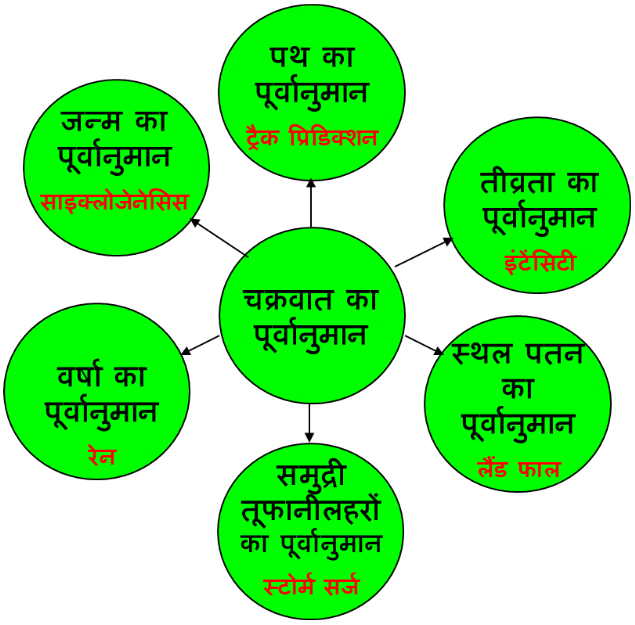

चित्र-1: विभिन्न उपग्रह संवेदकों द्वारा प्राप्त आंकड़ों द्वारा चक्रवात की संरचना (i) इन्सैट-3 डी (टी आईआर-1), (ii) स्कैटसैट-1, एवं (iii) मेघाट्रोपिक सफीर-चैनल-6

इन्सैट-3 डी आकड़े चक्रवात की निगरानी में बहुत उपयोगी सिद्ध होते हैं। भूस्थिरीय कक्षा में स्थापित इस उपग्रह द्वारा प्रत्येक आधे घंटे में प्राप्त चक्रवात की ऊपरी संरचना के चित्रों से चक्रवात के केंद्र की स्थिति तथा प्रबलता का आकलन किया जाता है। स्कैटसैट उपग्रह द्वारा 50, 25 तथा 6 किमी विभेदन क्षमता के उत्पाद प्रदान किये जाते है । 25 किमी उत्पाद का प्रयोग साईक्लोजेनेसिस के पूर्वानुमान में किया जाता है। अति सूक्ष्म विभेदन क्षमता के आंकड़ो का प्रयोग चक्रवात के भीतर के पवन के वितरण को ज्ञात करने में किया जाता है। यह आंकड़े चक्रवात के निम्न सतह पर कड़े चक्रवात के निम्न सतह पर पवन के वितरण का आकलन करने में अत्यन्त उपयोगी होते हैं। सफीर द्वारा चक्रवात के उर्ध्वार्धर में आर्द्रता की जानकारी प्राप्त होती है जिनसे अन्य मानकों का आकलन किया जाता है।

### 4. शीघ्र चेतावनी प्रणाली

चक्रवात के प्रभाव से उत्पन्न विषम परिस्तिथियों जैसे वायु की तीव्रता, वर्षा प्रभावित क्षेत्र, वर्षा की मात्रा का आकलन, समुद्र में उत्पन्न लहरों की ऊंचाई, इत्यादि की सटीक जानकारी के लिए चक्रवात के पथ, प्रबलता एवं संरचना की जानकारी बहुत आवश्यक है। चक्रवात क प्रारंभिक चेतावनी प्रणाली के मुख्य स्तंभ चित्र-2 में प्रदर्शित किये गए हैं। इन सभी का आकलन

करने में विभिन्न उपग्रहों से प्राप्त आकड़ों का विशेष योगदान है।



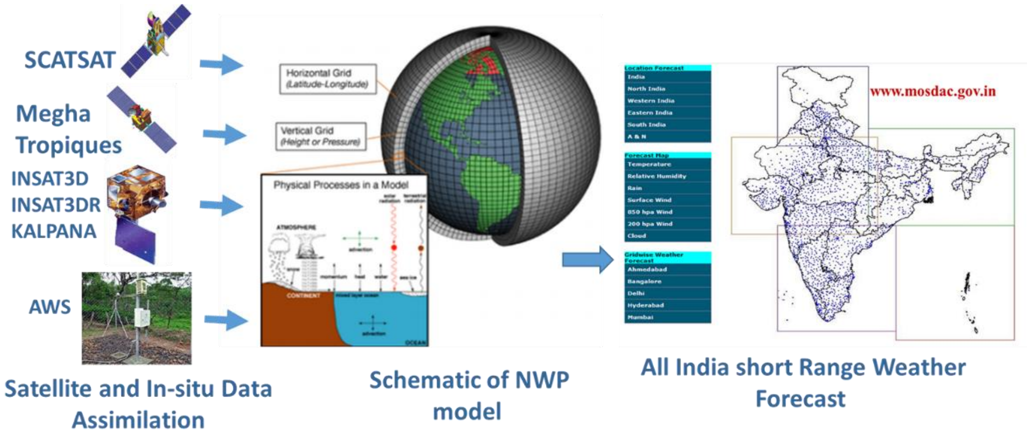

चित्र-2: चक्रवात की प्रारम्भिक/शीघ्र चेतावनी प्रणाली के मुख्य केंद्र बिंदु

चक्रवात उत्पत्ति का पूर्वानुमान (स्सैक्लोजेनेसिस) करने में उपग्रह द्वारा लगातार प्रेषित आकड़े बहुत उपयोगी होते हैं। इन आकड़ों से प्राप्त प्रतिबिम्बों में बादलों की संरचना तथा उनकी गति का विशेष अवलोकन किया जाता है। ऐसे प्रतिबिम्ब, जिनमें बादलों के झुण्ड आपस में जुड़ते प्रतीत होते हैं तथा एक केंद्र के चारों ओर परिक्रमा करते हुए संघटित होते हैं चक्रवात बनने की प्रक्रिया की ओर संकेत करते हैं। लगातार प्राप्त उपग्रहीय प्रतिबिम्बों का आकलन करके इस प्रक्रिया का अध्ययन किया जाता है तथा चक्रवात की उत्पत्ति का पूर्वानुमान किया जाता है। चक्रवात का सटीक केंद्र ज्ञात करने के लिए उपग्रह द्वारा जनित तापीय अवरक्त-1 प्रतिबिम्बों का प्रयोग किया जाता है। चक्रवात पूर्वानुमान के प्रत्येक माडल्स में यह आकड़े इनपुट की तरह प्रयुक्त होते हैं तथा इसकी सटीकता पर मॉडल का पूर्वानुमान बहुत अधिक निर्भर करता है।

## 5. आधुनिक उपग्रहीय आकड़ों का चक्रवात पूर्वानुमान में उपयोग:

पिछले कुछ दशकों में अत्यन्त विकसित उपग्रह भू-स्थरीय तथा ध्रुवीय कक्षाओ में स्थापित किये गये, जिससे चक्रवात सम्बंधित बहुत महत्त्वपूर्ण जानकारियां प्राप्त हुई। इन ध्रुवीय उपग्रहों में विशेष रूप से एसएसएमआई, टीआरएमएम, अम्सू, क्विकस्केट, ओसकेट, के आकड़े चक्रवात के अध्ययन में अत्यंत उपयोगी सिद्ध हुए हैं। भारतीय भू-स्थरीय उपग्रह कल्पना, इन्सेट-3डी/3-डीआर द्वारा निरंतर चक्रवात सम्बंधित आकड़े प्राप्त होते हैं जिनका प्रयोग भारतीय सागरों में उत्पन्न होने वाले चक्रवात के अध्ययन तथा पूर्वानुमान में किया जाता है। इन आकड़ों के माध्यम से चक्रवात की आंतरिक संरचना सम्बंधित बहुत उपयोगी जानकारियाँ प्राप्त होती हैं, जैसे- चक्रवात के केंद्र का सटीक आकलन, चक्रवात के भीतर अधिकतम वायु की गति तथा उसकी केंद्र से दूरी, वायु की गति का चक्रवात के चारों तरफ वितरण, चक्रवात के द्वारा होने वाली वर्षा की मात्रा।

आधुनिक संगणक सुविधाओं जैसे एचपीसी, विकसित मौसम पूर्वानुमान मॉडल तथा सुदूर संवेदनीय उपग्रहीय आकड़ों की उपलब्धता के परिणामस्वरूप, पिछले दो दशको में चक्रवात के पूर्वानुमान में वैज्ञानिको को अत्यंत सफलता प्राप्त हुई है। इन माडल्स में अतिआधुनिक आकडों को समावेशित करने की क्षमता है जैसे - क्लाउड माइक्रोफिसिक्स, लाइटनिग़, फ्लेश-लाइट, इत्यादि।




चित्र-3: मौसम सम्बंधित जानकारियों हेतु उपग्रह आकड़ों का माडल्स में उपयोग

## 6. चक्रवात पूर्वानुमान हेतु भविष्य में उपयोगी आकड़े:

भारतीय सागरों में चक्रवात के पूर्वानुमान को और भी अधिक सटीक करने के लिए और भी अन्य प्रकार के आकडों की आवश्यकता है। ऐसे आकड़े जो चक्रवात के भीतर की और भी सूक्ष्म जानकारियां प्रदान कर सकें। वर्तमान में चक्रवात के पथ, उत्पत्ति इत्यादि हेतु सही जानकारियां प्राप्त हो जाती हैं परन्तु

चक्रवात की संरचना तथा उसकी प्रबलता का आकलन और भी अधिक सटीकता से करने की आवश्यकता है। इसके लिए अति एडवांस आकडों की आवश्यकता है जो चक्रवात के भीतर की संरचना तथा शीघ्रता से होने वाले परिवर्तन (रेपिड इंटेंन्सिफिकेशन) को प्रदर्शित कर सकें। अभी यह प्रक्रिया पूर्णतः स्पष्ट नहीं है कि, जब चक्रवात की प्रबलता अचानक तीव्र होने लगती है तब उसकी आंतरिक संरचना किस प्रकार से परिवर्तित/प्रभावित होती है। यदि चक्रवात के भीतर ऐसे होने परिवर्तनों का स्पष्ट विवरण प्राप्त हो जाए तो चक्रवात के रेपिड इंटेंसिफिकेशन को सटीकता से पूर्वानुमानित किया जा सकता है। इससे चक्रवात से होने वाली वर्षा का भी सही अनुमान लगाया जा सकेगा। ऐसे एडवांस संवेदकों को उपग्रहों पर भेजने की आवश्यकता है जो ऐसे आकड़े प्रदान कर सके जिनसे चक्रवात के भीतर के सूक्ष्म परिवर्तन, लाइटनिंग़, उर्ध्वाधर पवन की संरचना की जानकारी प्राप्त की जा सके।

अभी भारतीय उपमहाद्वीप पर इन्सैट -3डी/3डीआर द्वारा प्रत्येक 30 मिनट में 4 किमी के आकड़े प्राप्त होते हैं जिसे और भी अधिक विभेदन क्षमता प्राप्त करने हेतु एडवांस संवेदक का निर्माण करने की आवश्यकता है। इन उपग्रहों को लाइटनिंग संवेदक से भी युक्त करने की आवश्यकता है जिससे चक्रवात की प्रबलता का आकलन सटीक किया जा सके।

स्कैटसैट उपग्रह द्वारा समुद्र के समीप चक्रवात के ऊपर के पवन सदिशों की जानकारियाँ प्राप्त होती हैं, परन्तु यह ध्रुवीय उपग्रह पर स्थापित होने के कारण एक स्थान पर अधिकतम दिन में दो बार ही आकड़े प्रदान कर पाता है तथा प्रायः उपग्रह चक्रवात के ऊपर से नहीं जा पाता है। अतः एक से अधिक, कम से कम दो स्कैटसैट जैसे उपग्रह स्थापित करने की आवश्यकता है। इन उपग्रहों में और अधिक विकसित पद्वति के निर्माण की आवश्यकता है जो तीव्र प्रबलता (~50-60 मी/से) के पवन का भी आकलन कर सके।

अतः भारतीय उपमहाद्वीप के सागरों में उत्पन्न चक्रवात हेतु अति विशिष्ट उपग्रहीय-संवेदकों की आवश्यकता है जो चक्रवात सम्बंधित एडवांस जानकारियां प्रदान कर सके। चक्रवात की उत्पत्ति के पूर्वानुमान हेतु निरन्तर उपग्रह जनित प्रतिबिम्बों की आवश्यकता है जिनकी विभेदन क्षमता ~1 किमी हो, तथा प्रत्येक 5 मिनट में पूर्ण डिस्क प्रतिबिम्ब प्राप्त हो सके। इसके अतिरिक्त चक्रवात के आंतरिक संरचना की जानकारी हेतु अति सूक्ष्म टेम्पोरल एवं स्पेशियल मेक्रोवेव आकडों एवं वायुमंडलीय पवन के प्रोफाइल की आवश्यकता है। ऐसे आकड़े अधिक टेम्पोरल/ स्पेशियल रेसोलुशन पर चक्रवात के ऊपर यदि प्राप्त किये जायें तथा इनको माडल्स में समावेशित किया जाये, तो चक्रवात का अधिक सटीक (more accurate) पूर्वानुमान, अधिक समय पूर्व (high lead prediction time) किया जा सकता है।

**7. निष्कर्ष :** चक्रवात से होनी वाली आपदाओं से बचने के लिए प्रारम्भिक चेतावनी प्रणाली के माध्यम से पूर्वानुमान प्रेषित किये जाते हैं जिसमें विभिन्न प्रकार के आकड़े (स्थलीय, समुद्रीय, एयर-क्राफ्ट, तथा उपग्रहीय) तथा एडवांस माडल्स प्रयुक्त किये जाते हैं। भारतीय सागरों में उत्पन्न होने वाले चक्रवात के पूर्वानुमान में विशेषतः उपग्रह द्वारा प्राप्त आकडों का प्रयोग होता है क्योंकि इस क्षेत्र में एयर-क्राफ्ट द्वारा आकड़े एकत्रित नहीं किये जाते हैं। मुख्य रूप से भू-स्थिरीय उपग्रह इन्सैट-3डी/3डीआर, स्कैटसैट का प्रयोग किया जाता है। इन्सैट द्वारा चक्रवात के ऊपर बादलों के आकडे प्राप्त होते हैं, जिसके द्वारा चक्रवात के बनने, पथ, प्रबलता इत्यादि की निरन्तर निगरानी की जाती है। ध्रुवीय कक्षा में स्थापित उपग्रह स्कैटसैट समुद्र सतह की पवन के आकड़े प्रदान करता है, जिससे चक्रवात की उत्पत्ति का पूर्वानुमान किया जाता है। स्कैटसैट के अति सूक्ष्म विभेदन (6 किमी) के आंकड़ों की चक्रवात के संरचना के अध्ययन, जैसे- चक्रवात के केंद्र, साइज़, तथा विंड प्रोफाइल जैसी अत्यन्त उपयोगी जानकारी प्राप्त करने में किया जाता है।

चक्रवात के पथ, प्रबलता, इससे होने वाली वर्षा तथा समुद्री लहरों का उचित आकलन करने के लिए और भी अधिक अग्रिम (एडवांस) आकडों की आवश्यकता है। विशेषतः ऊर्ध्वाधर पवन का प्रोफाइल, लाइटनिग संवेदक, इन्सैट थर्मल चैनल के अधिक विभेदन क्षमता के आकड़े (~1 किमी), स्कैटसैट जैसे और अग्रिम उपकरणों की आवश्यकता है। मेक्रोवेव संवेदक आर्द्रता तथा तापमान का प्रोफाइल एवं चक्रवात सम्बंधित अन्य जानकारियां प्रदान करने में अति उपयोगी सिद्ध होंगे। इसके अतिरिक्त चक्रवात के भीतर वायु की ऊर्ध्वाधर (vertical profile) जानकारी प्राप्त करने वाले संवेदक, यदि निर्मित किये जायें तो चक्रवात की संरचना की एडवांस जानकारियां प्राप्त होंगी, जो चक्रवात के भीतर होने वाले परिवर्तनों को समझने में बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभायेंगे। माडल्स में इन आकड़ों को समावेशित करके और भी सटीक पूर्वानुमान दिए जा सकेगे जो प्रारम्भिक/शीघ्र चेतावनी प्रणाली को और भी उत्कृष्ट बनाने में सहयोगी होंगे।

**लेखक परिचयः**

नीरू जायसवाल, वायुमंडलीय विभाग/ एओएसजी/ईपसआ में कार्यरत हैं। ये प्रधानतः उपग्रहीय आकड़ों द्वारा चक्रवात के अध्ययन, चक्रवात पूर्वानुमान एवं मल्टी-मॉडल आधारित भारतीय मानसून में वर्षा के पूर्वानुमान हेतु एल्गोरिधिम विकसित करने में कार्यरत हैं।

प्रदीप कुमार थपलियाल, उपग्रहीय आंकड़ों द्वारा भू- भौतिकीय उत्पाद जनित करने हेतु एलगोरिधिम विकसित करने का कार्य करते हैं। वर्तमान में इन्सैट, जीआईसेट, ओसनसेट, इत्यादि प्रोज़ेक्ट में संलग्न हैं।

सी एम किश्त्वाल, वर्तमान में एओएसजी/ईपसआ के समूह निदेशक हैं। इनके शोध कार्य मुख्यतः चक्रवात, मानसून, उपग्रह मौसम विज्ञान इत्यादि विषयों से सम्बंधित हैं।

**संदर्भः**


1. फ्रांक, एन. एल., हुसैन, एस. ए., 1971. दि दाद्लिएस्ट ट्रोपिकल साइक्लोन इन हिस्टरी. बुलेटिन ऑफ अमेरिकन सोसाइटी, 52, 438-445.
2. लिउ जी., करी, जे. ए. तथा कलेसन, सी. ए., 1995. स्टडी ऑफ ट्रोपिकल सायेक्लोजेनेसिस यूसिंग सेटेलाईट डेटा. मीटिओरोलोगी एंड एटमोस्फेरिक फिसिक्स, 56,, 1, 111-123.
3. वांग एल., लाओ, के. एच., झांग, क्यू. एच. तथा फुंग, सी. एच., 2008. ओब्सर्वेशन ऑफ नॉन डेवेलोपिंग ट्रोपिकल डिसटरबेन्सेस ओवर दि साउथ चाइना सी यूसिंग एसएसएम्आई सेटेलाइट. जियोफिसिकल रिसर्च लेटर 35, 1-5.
4. जैसवाल एन. तथा किश्त्वाल सी. एम., 2011. प्रीदिक्शन ऑफ ट्रोपिकल सायेक्लोजेनेसिस यूसिंग स्केत्रोमीटर डेटा. आयीईईई ट्रांजेक्शन ऑन जियोसाइंस एंड रेमोट सैंसिंग, 49(12), 4904-4909.
5. जैसवाल एन., किश्त्वाल सी. एम तथा पाल पी के, 2012. प्रीदिक्शन ऑफ ट्रोपिकल सायेक्लोजेनेसिस यूसिंग ओशीनसेट-2 स्केत्रोमीटर (ओस्केट) विंड्स. मीटिओरोलोगी एंड एटमोस्फेरिक फिसिक्स.
6. पाल पी के, 1991. साइक्लोन ट्रेक प्रीदिक्शन ओवर नार्थ इंडियन ओशीन. मंथली वेदर रिवयु, 119, 2557-2568.
7. पाल पी के, राव, बी एम, किश्त्वाल, सी एम., नारायण, एम एस, तथा राजकुमार जी., 1989. साइक्लोन ट्रेक प्रीदिक्शन यूसिंग इन्सैट डेटा. प्रोसीडिंग इंडियन एकेडेमी साइंस, 98, 353-364.
8. सिंह एस. के., किश्त्वाल सी एम तथा पाल पी के., 2012 (अ). ट्रेक प्रीदिक्शन ऑफ इंडियन ओशीन साइक्लोन यूसिंग लैगरनजियान एड्वेक्शन मॉडल. नचुरल हजार्ड, 63(3), 745-778.
9. सिंह एस. के., किश्त्वाल सी एम, जैसवाल, एन. तथा पाल पी के., 2012 (ब). इम्पेक्ट ऑफ वोर्तेक्स रेमोवल फ्रॉम इन्विरोंमेंटल फ्लो इन साइक्लोन ट्रेक प्रीदिक्शन यूसिंग लैगरनजियान एड्वेक्शन मॉडल., मीटिओरोलोगी एंड एटमोस्फेरिक फिसिक्स 117, 103-120.


***

# मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए एम.एस.एस. टर्मिनल का विकास

योगेश पार्थ, चंद्रप्रकाश, निशा वि. राना
एस.सी.टी.डी.,अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद-380015, गुजरात, भारत

**सारांश -**

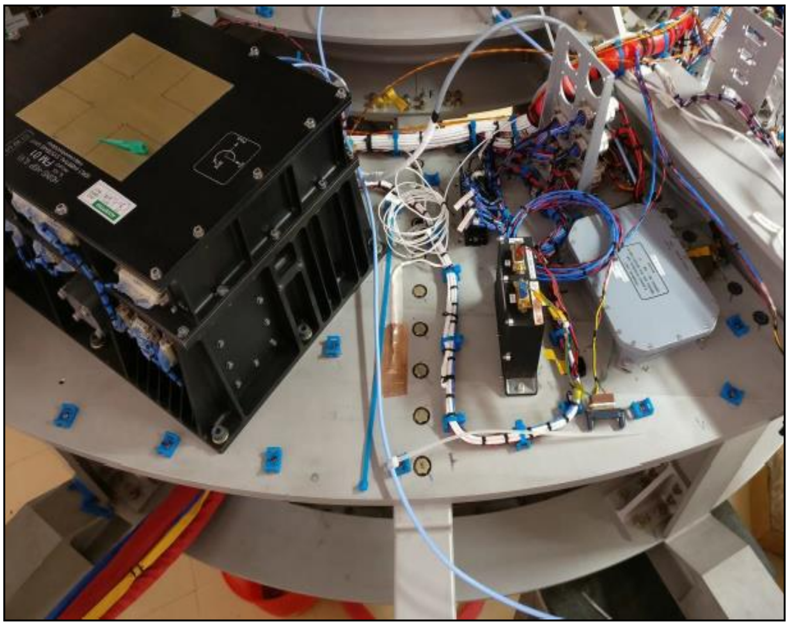
*अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (SAC), मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम (पी.ए.टी. मिशन) के लिए एक प्रायोगिक पेलोड प्रदान कर रहा है, जो पैड निरस्त मिशन के दौरान प्रत्येक 2 सेकंड में अंतरिक्ष यान की स्थिति, ऊंचाई, और वेग की जानकारी एम.एस.एस. टर्मिनल द्वारा वास्तविक काल में GSAT-6 उपग्रह की मदद से संचारित करेगा।। इस टर्मिनल का विकास भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के अहमदाबाद केन्द्र - अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र द्वारा किया गया है। प्रस्तुत लेख में मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम, एम.एस.एस. टर्मिनल से संबंधित जानकारी,और इस मिशन के दौरान अनु-पालन की जाने वाली डेटा प्रस्तुति योजना के बारे में संक्षिप्त विवरण है।*

## प्रस्तावना

मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम अंतरिक्षयान द्वारा यात्रियों या चालक दल के साथ अंतरिक्ष यात्रा है। अंतरिक्ष यान सीधे मानव चालक दल द्वारा संचालित किया जा सकता है, या इसे पृथ्वी पर नियंत्रण कक्षों से दूरस्थ रूप से संचालित किया जा सकता है। 12 अप्रैल 1961 को वोस्टोक कार्यक्रम के एक हिस्से के रूप में सोवियत संघ द्वारा पहला मानव अंतरिक्ष यान लॉन्च किया गया, जिसमें अंतरिक्ष यात्री यूरी गैगारिन अंतरिक्ष में 1 घंटा, 48 मिनट उपस्थित रहे। 2015 के बाद, कई मानव-सक्षम अंतरिक्ष यान को स्वायत्त रूप से संचालित करने की क्षमता के साथ स्पष्ट रूप से डिजाइन किया जा रहा है। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम अभी भी इसरो के लिए एक चुनौती है।

## एम.एस.एस. टर्मिनल का विवरण

एम.एस.एस. टर्मिनल एक-मार्गीय एस-बैंड डेटा संचार टर्मिनल है। टर्मिनल में बेसबेन्ड नियंत्रक, संश्लेषित एस-बैंड मोडुलक, शक्ति प्रवर्धक और बैटरी हैं। आधार बैंड नियंत्रक कार्ड (BBCC) आँकड़ा सम्बंधन के लिये UART इंटरफेस प्रदान करता है। BBCC- MSP430 सूक्ष्म नियंत्रक पर आधारित है। BBCC डेटाग्रहण, डेटा स्वरूपण और डेटा ट्रांसमिशन के लिए उपयोगकर्ता इंटरफेस का नेटवर्क संचार प्रोटोकॉल के रूप में ख्याल रखता है। BBCC उपयोगकर्ता इंटरफेस से डेटा प्राप्त करता है, फ्रेम प्रारूप अनुसार डेटा रूपांतर करता है, जो कि जीसैट -6 हब बेसबैंड के साथ संगत है। डेटा फ्रेम स्क्रेम्बल, और ½ दर संवलन कोडित है। डेटा मोडुलक को भेजने के लिए प्रति सेकंड 2400 प्रतीकों में हवा अंतरफलक पर प्रसारण करता है। एस-बैंड मोडुलक TCXO संदर्भ का उपयोग कर 26 मेगाहर्ट्ज और 2670-2690 मेगाहर्ट्ज की पूरी संचारित बैंड भर में ट्यून करने योग्य पर संश्लेषित है। शक्तिप्रवर्धक इस टर्मिनल को 4 वॉट यानि +36dBm शक्ति देता है। शक्ति प्रवर्धक का उत्पादन - एंटीना से जुड़ा है, जो उपग्रह को संकेत भेजता है। सिंथेसाइज़र और SSPA के लिए नियंत्रण संकेत BBCC से उत्पन्न किये जाते हैं।



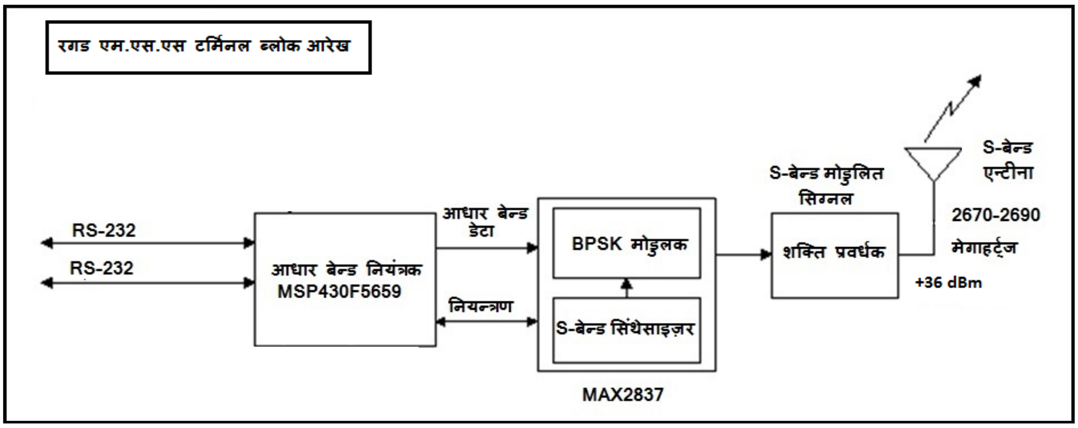
चित्र 1. अंतरिक्ष यान मॉड्यूल और एम.एस.एस. टर्मिनल

## टर्मिनल की उपयोगिता और मुख्य विशेषताएं

इस टर्मिनल का उपयोग वास्तविक काल में डेटा ग्रहण और भेजने के लिये किया जा रहा है। एम.एस.एस. टर्मिनल जो कि नाविक रिसीवर और का-बैंड रडार एल्टीमीटर के साथ डिजिटल रूप से संलग्न हैं, यह प्रत्येक 2 सेकंड में उपग्रह को डाटा संचारित करेगा। उपग्रह से प्राप्त डाटा अहमदाबाद में एम.एस.एस. हब के माध्यम से

प्रतिग्रह के लिए किया जाएगा। इसमें अपने प्रसारण लिंक में प्राप्त डेटा को पुन: प्रसारित करने के लिए सिस्टम भी होगा। इस हब में प्राप्त सभी आंकड़े मिशन के दौरान वेब एक्सेस के लिए उपलब्ध होंगे। आंकड़ों के संख्यात्मक प्रदर्शन के अलावा, पैड निरस्त परीक्षण (पी.ए.टी.) मिशन के लिए GIS डिस्प्ले भी मिशन के दौरान रेंज बनाम ऊंचाई प्रदर्शन के साथ तैयार किया गया है।

- अधिकतम 80 अक्षर का संदेश एस बैंड (2670-2690 मेगाहर्टज) में प्रेषित किया जा सकता है।
- एस बैंड (2670-2690 मेगाहर्ट्ज) में 10 किलोहर्ट्ज़ के आकार में ट्यूनबल ट्रांसमिट आवृत्ति
- 4-वाट उत्पादन शक्ति
- इन-निर्मित जीपीएस रिसीवर और जीपीएस एंटीना
- बैटरी चार्जिंग विकल्प के साथ हल्के वजन और बैटरी संचालित टर्मिनल




चित्र 2. रगड एम.एस.एस. टर्मिनल ब्लॉक आरेख

## एम.एस.एस. नेटवर्क की अवधारणा और उप-प्रणाली

पी.ए.टी. मिशन के लिए एम.एस.एस. नेटवर्क रगड एम.एस.एस. टर्मिनल जोकि नाविक रिसीवर और का-बैंड रडार एल्टीमीटर के साथ क्रू मोडुल से संलग्न है, उसका समावेश करता है। लॉन्च चरण के एकीकरण के दौरान उपग्रह के माध्यम से डेटा रिसेप्शन और साइट पर स्थानीय रिसीवर का प्रावधान है। ऑनसाइट डेटा प्रतिनिधित्व और प्रदर्शन, उपग्रह के माध्यम से स्थानीय रिसेप्शन, वेब आधारित और ऑनसाइट रिसेप्शन के माध्यम से होता है।

**क्रू मोडुल उप-प्रणाली:** 4W एमएसएस ट्रांसमीटर RS-232 इंटरफ़ेस का उपयोग करते हुए बेसबैंड पर नाविक रिसीवर और रडार एल्टीमीटर के साथ जुड़े हैं। यह प्रत्येक 2 सेकंड में उपग्रह को डाटा संचारित करेगा।

**स्थानांतरण एंटीना:** क्रू मोडुल के फ्लेरिंग पर स्थापित यह प्रणाली एकीकरण के दौरान, एमएसएस ट्रांसमीटर, नाविक रिसीवर और ऑल्टीमीटर के स्वास्थ्य को सुनिश्चित करने के लिए एमएसएस सिग्नल के पुनः विकिरण को सुविधाजनक बनाने के लिए महत्वपूर्ण है।

**ऑनसाइट ग्राउंड प्रतिग्रह प्रणाली:** इस एस-बैंड रिसेप्शन सिस्टम में सभी SAC पेलोड का काम सुनिश्चित करने के लिए एमएसएस सिग्नल के रिसेप्शन के लिए पूर्ण प्रतिग्रह श्रृंखला (एंटीना, एलएनए, फिल्टर, डाउन कनवर्टर और बस्ट डिमोदुलक) शामिल है।

**अहमदाबाद में एमएसएस हब:** 6.3m सी-बैंड हब का प्रयोग पीएटी मिशन के दौरान जीएसएटी -6 उपग्रह के माध्यम से सभी डेटा के प्रतिग्रह के लिए किया जाएगा। इसमें अपने प्रसारण लिंक में प्राप्त डेटा को पुन: प्रसारित करने के लिए सिस्टम भी होगा। इस हब में प्राप्त सभी आंकड़े मिशन के दौरान वेब एक्सेस के लिए उपलब्ध होंगे।

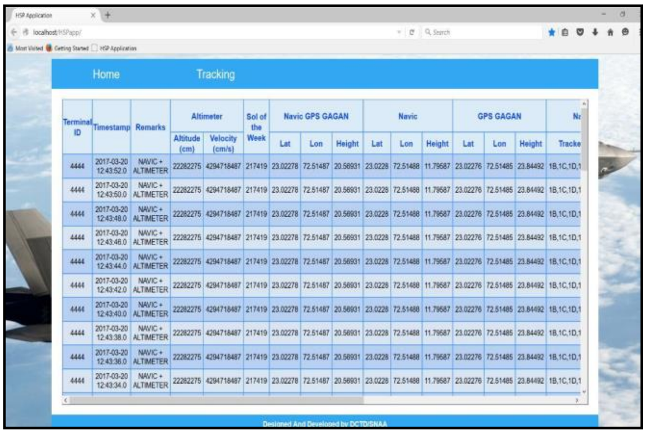
चित्र 3. ऑनसाइट ग्राउंड प्रतिग्रह प्रणाली

## पीएटी मिशन के विभिन्न चरणों के दौरान एम.एस.एस. नेटवर्क की उपयोगिता

उप-प्रणाली और ट्रांसमिशन गुणवत्ता के स्वास्थ्य की निगरानी के लिए, क्रू मॉड्यूल और प्रक्षेपण स्थल पर प्रक्षेपण वाहन के साथ उप-प्रणाली के एकीकरण के दौरान, एक एस-बैंड ग्राउंड रिसेप्शन सिस्टम के माध्यम से एम.एस.एस. सिग्नल प्राप्त किया जाएगा। प्राप्त डिमोडलाटेड डेटा को रिपोर्टिंग टर्मिनल के माध्यम से जीएसएटी -6 उपग्रह को 2.672600 गीगा आवृत्ति पर पुन: प्रेषित किया जाएगा। डाटा एम.एस.एस-HUB में प्राप्त होगा और वेब के माध्यम से पहुंच के

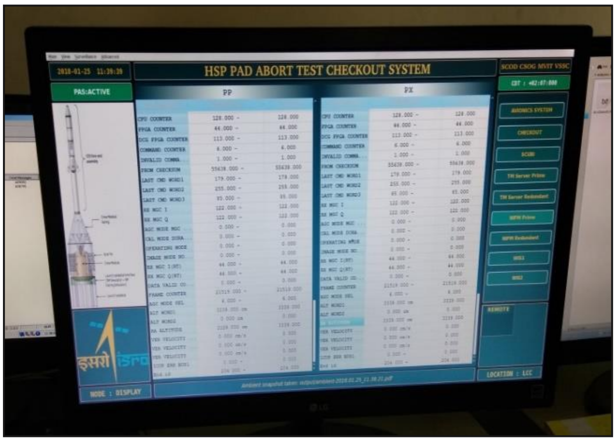
लिए उपलब्ध होगा। दृश्य के लिए यह डेटा ऑनसाइट भी उपलब्ध होगा।

प्रक्षेपण के दौरान, जब फलेरिग अलग हो जायेगा, तो एमएसएस सिग्नल जीएसएटी -6 उपग्रह के माध्यम से प्रत्येक 2 सेकंड प्रसारित हो जाएंगे और अहमदाबाद के एमएसएस हब में प्राप्त होंगे। उसी डेटा को साइट पर वेब के माध्यम से एक्सेस कर सकते हैं और उन स्थानों जहां वेब-एक्सेस उपलब्ध नहीं है, प्रदर्शित होने के लिए एमएसएस प्रसारण लिंक का उपयोग करके भी प्रसारण किया जाएगा, जो निकट-वास्तविक समय में उपलब्ध होगा।




| Terminal ID | Timestamp | Remarks | Altimeter | | Sol of the Week | Navic GPS GAGAN | | | Navic | | | GPS GAGAN | | | Na |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Altitude (cm) | Velocity (cm/s) | | Lat | Lon | Height | Lat | Lon | Height | Lat | Lon | Height | Tracke |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:52.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:50.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:48.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:46.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:44.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:42.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:40.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:38.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:36.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |
| 4444 | 2017-03-20 12:43:34.0 | NAVIC + ALTIMETER | 22282275 | 4294718487 | 217419 | 23.02278 | 72.51487 | 20.56931 | 23.0228 | 72.51488 | 11.79587 | 23.02276 | 72.51485 | 23.84492 | 1B,1C,1D,1 |

आंकड़ों के संख्यात्मक प्रदर्शन के अलावा, पैड निरस्त परीक्षण (पी.ए.टी.) मिशन के लिए GIS डिस्प्ले भी मिशन के दौरान रेंज बनाम ऊंचाई प्रदर्शन के साथ तैयार किया गया है।




**चित्र 4.** नाविक और रडार एल्टीमीटर आंकडों के संख्यात्मक दर्शन

## निष्कर्ष

अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (SAC) द्वारा विकसित एम.एस.एस. टर्मिनल का मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम में उपयोग वास्तविक समय में नाविक और रडार एल्टीमीटर डेटा भेजने के लिए है। हम अक्षांश और देशांतर डेटा को कंप्यूटर पर हब केंद्र पर देख सकते हैं। मिशन के दौरान रेंज बनाम ऊंचाई मार्ग को कंप्यूटर पर देख सकते हैं।

## धन्यवाद

हिन्दी तकनीकी संगोष्ठी में यह लेख प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने हेतु संगोष्ठी समिति को हार्दिक धन्यवाद। इस प्रणाली में सैक एस.सी.टी.डी. प्रभाग ने अभूतपूर्व योगदान दिया है।

## लेखक परिचय

**श्री, योगेश पार्थ** ने वर्ष 2015 में आई.आई.एस.टी से एविओनिकस अभियांत्रिकी में बी.टेक. डिग्री प्राप्त की है। उन्होने वर्ष 2015 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में वह एस.सी.टी.डी. अनुभाग में कार्यरत हैं।

**श्री, चंद्रप्रकाश** ने वर्ष 1998 में बी.आई.टी मेसरा से इलेक्ट्रोनिक्स अभियांत्रिकी में बी.ई. डिग्री प्राप्त की एवं 2004 में आई.आई.एस.सी बंगलुरू से संचरण अभियांत्रिकी में एम.टेक डिग्री प्राप्त की है। उन्होंने 1999 में इसरो अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में वह एस.सी.टी.डी अनुभाग में कार्यरत हैं।

**श्रीमती, निशा राना** ने वर्ष 1983 में गर्ल्स पोलिटेक्निक अहमदाबाद से इलेक्ट्रोनिक्स एन्ड रेडियो अभियांत्रिकी में डिप्लोमा किया है। उन्होने वर्ष 1985 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में वह एस.सी.टी.डी अनुभाग में कार्यरत हैं।

## पारिभाषिक शब्दावली

एम.एस.एस. टर्मिनल, एस-बैंड डेटा संचार, संश्लेषित एस-बैंड मोडुलक, ½ दर संवलन कोड

***

# बेतार संवेदक तंत्र (वायरलेस सेंसर नेटवर्क) का अंतरिक्ष में अभिकल्पन

रोहित कुमार, वैज्ञानिक/अभियंता एसई, पीसीएसवीडी, सेडा
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद, गुजरात, भारत

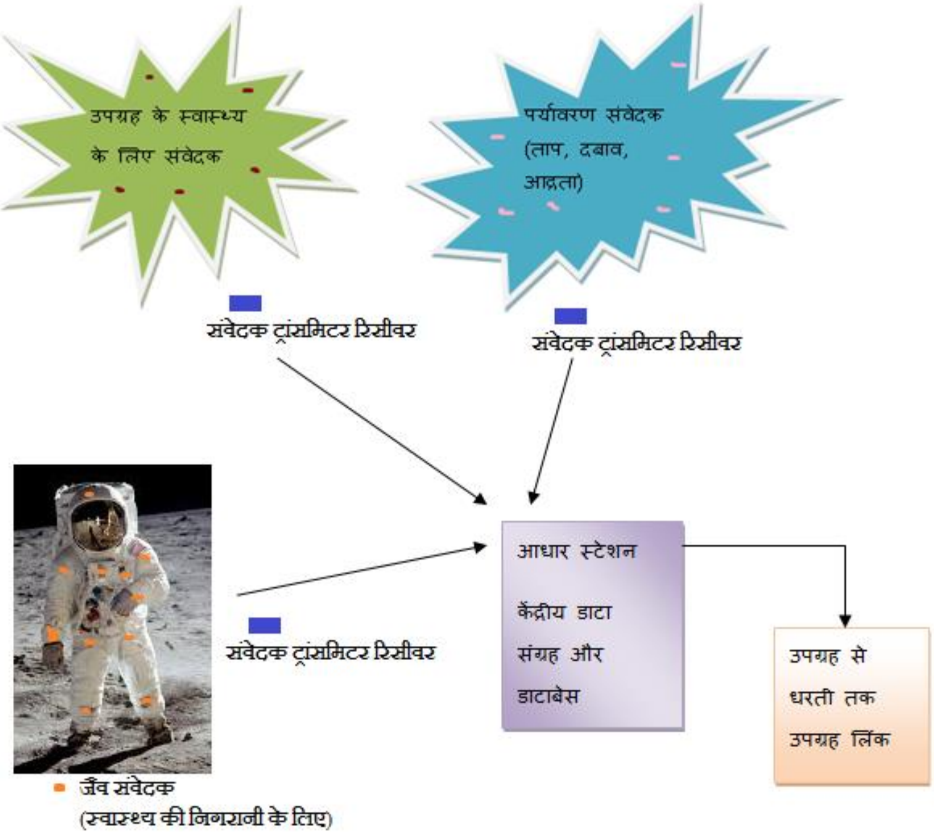
**सारांश**

बेतार संवेदक तंत्र का अनुप्रयोग सुदूर तंत्र के रूप में निरंतर स्वास्थ्य निगरानी, पर्यावरणीय मानकों (ताप, आर्द्रता, दबाव आदि), उपकरणों की स्थिति एवं नियंत्रण आदि में किया जाता है। अगर हम अंतरिक्ष में अनुप्रयोग की बात करें तो चाहे वह अंतरिक्ष यात्री के निरंतर स्वास्थ्य की निगरानी हो या अंतरिक्ष उपकरणों की दशा हो या दूसरे ग्रहों पर सतही और पर्यावरणीय मानकों की स्थिति हो, सभी में बेतार संवेदक तंत्र का अनुप्रयोग अति महत्वपूर्ण है। मानकों की निरंतर निगरानी जरूरी है क्योंकि यह विभिन तरह के अंतरिक्ष मिशन की सफलता पर असर डालती है। वर्तमान में कम शक्ति (लो पावर) पर चलने वाले बेतार प्रौद्योगिकी और एम्बेडेड प्रोसेसिंग के तीव्र विकास से बेतार संवेदकों से निगरानी क्रियात्मक और वहन करने योग्य हो गयी है। बेतार संवेदक तंत्र की कई प्रौद्योगिकियां हैं, जैसे वाई फाई, ब्लूटूथ, जिगबी आदि। इस पेपर में अंतरिक्ष में कम शक्ति पर काम करने वाली जिगबी आधारित बेतार संवेदक तंत्र का अभिकल्पन किया गया है।

## 1. प्रस्तावना

बेतार संवेदक तंत्र सुदूर निरंतर स्वास्थ्य निगरानी, पर्यावरणीय मानकों (ताप, आद्रता, दबाव आदि) उपकरणों की स्थिति एवं नियंत्रण आदि में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। अंतरिक्ष यात्री के स्वास्थ्य की बात हो या खान में काम करने वाले खनिक के स्वास्थ्य की बात हो, दोनों में इसकी अहम् भूमिका है। विभिन्न मानकों की निरंतर निगरानी जरूरी है, क्योंकि यह अंतरिक्ष मिशन की सफलता पर असर डालती है। बेतार प्रौद्योगिकी और एम्बेडेड प्रोसेसिंग के आधुनिक विकास ने कम शक्ति से चलने वाले और सघन (कॉम्पैक्ट) संवेदकों को जन्म दिया है। स्वास्थ्य सम्बन्धी निगरानी के लिए जैव संवेदक और पर्यावरण के मानकों के लिए पर्यावरणीय संवेदक का विकास हुआ है। जैव संवेदक अंतरिक्ष यात्री के विभिन्न मानकों जैसे रक्त चाप, हृदय गति, श्वास गति, तवचा चाप, परिवेशी ताप आदि को एकत्रित करता है और फिर आधार स्टेशन को बेतार संवेदक तंत्र पर भेजता है।

बेतार संवेदक तंत्र के एकीकरण और कार्यावयन में संवेदकों, प्रसंस्करण प्रणाली और इनके इंटरफ़ेस की अहम भूमिका होती है। प्रणाली मापनीय (स्केलेबल) होनी चाहिए और यह लगाओ और चलाओ (प्लग और प्ले) तरह की होनी चाहिए। चूँकि इस तरह के तंत्र में सैकड़ों, हजारों संवेदक होते हैं, इसलिए किसी संवेदक को निकालना हो या लगाना हो तो यह तंत्र में खुद (आटोमेटिक) जुड़ जाना चाहिए, न की मानवीय होना चाहिए।




चित्र 1 : जिगबी आधारित अंतरिक्ष में वायरलेस तंत्र

### 2. तार और बेतार संवेदक तंत्र

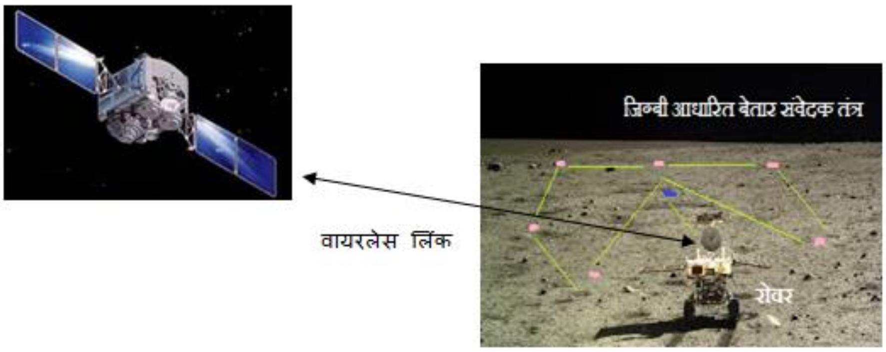
तार संवेदक तंत्र की अपेक्षा बेतार संवेदक तंत्र के कुछ फायदे हैं। उपग्रहों में सैकड़ों, हजारों संवेदक अलग-अलग जगहों पर स्थित होते हैं। अगर ये सभी तार से जुड़े हों तो भार ज्यादा होगा, संवेदक को अदलने-बदलने में समय लगेगा और किसी संवेदक को निकालना या लगाना हुआ तो पूरे संवेदक प्रणाली को फिर से स्थापित (कॉन्फ़िगर) करना होगा। इसके अलावे अगर कोई तार कट जाती है तो डाटा की क्षति भी हो सकती है। इसके विपरीत, बेतार संवेदक तंत्र में भार कम होता है, संवेदक को निकालना और लगाना (प्लग और प्ले) बिना तंत्र को बाधा डाले आसान होता है और तार कटने की आशंका नहीं होती है।

### 3. अंतरिक्ष में बेतार संवेदक तंत्र की रचना

अंतरिक्ष में विभिन्न तरह के अनुप्रयोगों के लिए बेतार संवेदक तंत्र हैं, जो एकीकृत संवेदक डाटा संग्रह और प्रोसेसिंग से जुड़े होते हैं। विभिन तरह के अनुप्रयोगों के लिए अलग-अलग तरह के संवेदक को उपयोग में लाया जाता है। अन्तरिक्ष यात्री के स्वास्थ्य सम्बन्धी मानकों, अन्तरिक्ष पर्यावरणीय मानकों और उपकरणों की दशा से प्राप्त डाटा को एक केंद्रीय डेटाबेस में रखा जाता है, जिसे अंतरिक्ष से धरती को उपग्रह लिंक से भेज सकते हैं। अंतरग्रहीय मिशन जहाँ ग्रहों के बारे में जानकारी प्राप्त की जाती है, उन ग्रहों पर भी जिगबी आधारित बेतार संवेदक तंत्र की रचना कर विभिन तरह के संवेदकों का उपयोग कर नयी नयी सूचना प्राप्त की जाती है।

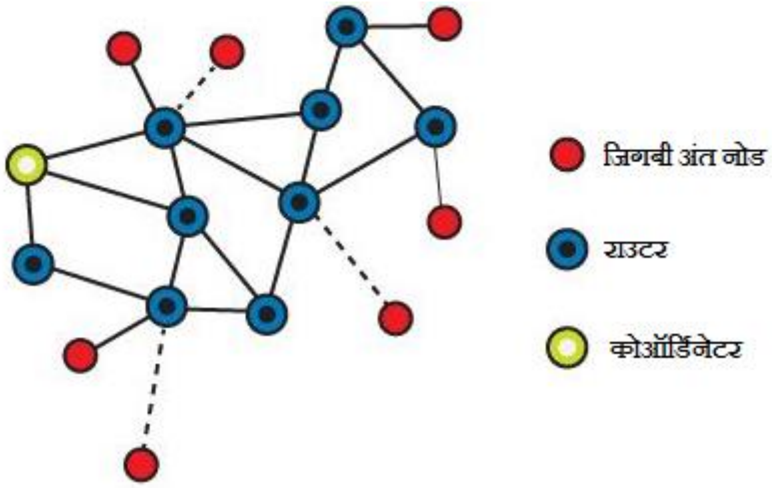
चित्र क्रमांक 1 में ज़िगबी आधारित अंतरिक्ष में संवेदक तंत्र बनाया गया है। अंतरिक्ष यात्री के स्पेस सूट में अलग- अलग जगहों पर जैव संवेदक लगे हैं जो शरीर की स्वास्थ्य सम्बन्धी जानकारी, जैसे : रक्तचाप, ताप, इसीजी आदि को संवेदक ट्रांसमीटर रिसीवर को भेजता है। यहाँ से यह आधार स्टेशन को भेजता है और आधार स्टेशन केंद्रीय डाटा संग्रह से जुड़ा रहता है। इस डाटा को धरती तक उपग्रह लिंक से भेज सकते हैं। इस प्रकार बिना किसी चिकित्सक के निरंतर अंतरिक्ष यात्री के स्वास्थ्य की निगरानी की जाती है। उपग्रह के स्वास्थ्य के लिए प्रयुक्त संवेदक और उपग्रह पर्यावरण संवेदक भी डाटा को जिगबी तंत्र के जरिये आधार स्टेशन और फिर केंद्रीय डाटा संग्रह एवं डेटाबेस में भेजते हैं।

चित्र क्रमांक 2 में किसी अंतरग्रहीय सतह पर एक रोवर और ज़िगबी संवेदकों को उतारा गया है। जिगबी संवेदकों से जिगबी संवेदक तंत्र बनाया गया है, जो बहुत कम शक्ति (पावर) पर काम करता है। ये संवेदक सतह और पर्यावरण के मानकों की सूचना रोवर पर लगे आधार स्टेशन को देते हैं। यहाँ से यह उपग्रह को वायरलेस लिंक पर भेजा जाता है।




चित्र 2: अंतर ग्रहीय जिगबी आधारित बेतार संवेदक तंत्र

### 4. बेतार सूचना मापदंड




बेतार सूचना के लिए बहुत सारे मापदंड उपलब्ध हैं, जैसे : वाई फाई, ब्लूटूथ, जिगबी आदि। इनमें से अंतरिक्ष बेतार सूचना के लिए ज़िगबी (आईइइइ 802.15.4) मानक को उपयोग कर सकते हैं। अंतरिक्ष अनुप्रयोग में कम शक्ति पर चलने वाले

उपकरणों की जरूरत होती है। जिग्बी कम शक्ति पर चलने वाली बेतार प्रणाली है जो तीन अलग-अलग आवृत्ति और डाटा रेट पर काम करती है : 2.4गीगा हर्ट्ज/250किलो बिट्स पर सेकंड, 915मेगा हर्ट्ज/40Kbps 868 और मेगा हर्ट्ज /20 किलो बिट्स पर सेकंड। इनमें से अंतरिक्ष अनुप्रयोग के लिए 2.4गीगा हर्ट्ज/250किलो बिट्स पर सेकंड को उपयोग किया जाता है। कम शक्ति पर चलने के कारण, जिगबी में लगने वाली सेल लंबे समय तक चलती है। जिगबी तंत्र 20 मीटर तक काम करता है, लेकिन मेश तंत्र में यह काफी लंबी दूरी को तय कर सकता है। जिगबी एक सुरक्षित तंत्र है, जिसमें एईस इनक्रिपसन का उपयोग होता है। जिगबी की रचना में तीन परतें होती हैं : भौतिक परत, मैक परत और तंत्र एवं प्रयोग परत।

| तंत्र एवं प्रयोग परत |
|---|
| **मैक परत** |
| **भौतिक परत** |

चित्र 3: जिगबी तंत्र की परतें

चित्र 4: जिगबी आधारित संवेदक तंत्र

जिगबी तंत्र में कोऑर्डिनेटर, राउटर और अंत डीवाईस नोड होता है। कोऑर्डिनेटर पूरे तंत्र को नियंत्रित करता है। राउटर डाटा ट्रैफिक को मार्ग देता है। जिगबी अंत डीवाईस नोड संवेदक होता है जो डाटा को राउटर के जरिये कोऑर्डिनेटर को उपलब्ध कराता है।

## 5. संवेदक और प्रसंस्करण

बेतार संवेदक तंत्र का अंतिम नोड संवेदक है। संवेदक से प्राप्त संकेत कम वोल्ट/शक्ति के होते हैं जिसे संकेत अनुकूलन (सिग्नल कंडीशनिंग) से प्रसंस्कृत किया जाता है। ततपश्चात् यह संकेत संवेदक तंत्र के माध्यम से केंद्रीय संग्रह और डाटा बेस में एकत्रित होता है, जहाँ ऑटोमेटिक और मानवीय तरीके से निर्णय लिए जाते हैं। संवेदक तंत्र सेल से चलता है इसलिए कम शक्ति को उपयोग करने के लिए इसका उर्जा प्रभावी (एनर्जी एफिसिएन्ट) होना जरूरी है। संवेदक तंत्र के नोड सुप्त (स्लीप), निष्क्रिय (आइडियल), अभिग्रहण (रिसेपसन), प्रेषण (ट्रांसमिशन) अवस्था में कार्य करते हैं। इन अवस्थाओं से सेल की कार्य अवधि मालूम की जाती है। संवेदक के गुण इस प्रकार होने चाहिए: छोटा एवं एकीकृत, कम भार, कम शक्ति, गुणवत्ता, उर्जा प्रभाव (एनर्जी एफिसिएन्ट) और सुरक्षा। नेनोटेक्नोलोजी और मेम्स आधारित संवेदक बहुत ही कम पॉवर लेते हैं, लघु आकार के होते हैं, कम भार के होते हैं और तेज होते हैं। इन संवेदकों में भी बेतार पर काम करने की योग्यता होती है।

चित्र 5: जिगबी नोड

## 6. निष्कर्ष

अंतरिक्ष में जहाँ कम शक्ति वाले संवेदक तंत्र की आवश्यकता होती है, जिगबी आधारित बेतार संवेदक तंत्र एक उत्तम विकल्प है। इसका उपयोग अंतरिक्ष यात्री के स्वास्थ्य, उपग्रहों और उसके उपकरणों के स्वास्थ्य, उपग्रह पर्यवारण की दशा और अंतरग्रहीय अन्वेषणों में किया जा सकता है। किसी भी मिशन की सफलता संवेदकों से प्राप्त डाटा पर निर्भर करती है और इसीलिए इसकी निरंतर निगरानी जरूरी है। इसरो अपने अंतरिक्ष कार्यक्रमों, मानवीय और अंतरग्रहीय मिशनों में इसका उपयोग कर सकता है। नासा ने अपने अंतरिक्ष कार्यक्रमों में जिगबी आधारित बेतार संवेदक तंत्र का उपयोग किया है।

## संदर्भ

1. ज़िगबी वेबसाइट (http://www.zigbee.org/)
2. विकिपीडिया )https://www.wikipedia.org/(

## आभार

मैं इस लेख को प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने के लिए हिंदी संगोष्ठी, सैक के अध्यक्ष और सदस्यों का आभार व्यक्त करता हूँ।

### लेखक परिचय

श्री रोहित कुमार इलेक्ट्रॉनिक्स एवं दूरसंचार अभियांत्रिकी में स्नातक की उपाधि लेकर वर्ष 2006 में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन में कार्यरत हुए। वर्तमान में ये पीसीएसवीडी विभाग, सेडा, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), अहमदाबाद में वैज्ञानिक/अभियंता-एसई के पद पर कार्यरत हैं। इन्होंने इन्सैट 3डी और 3डीआर उपग्रहों के लिए आधारभूत डाटा का अधिग्रहण और उनसे प्राप्त चित्रों का प्रोसेसिंग किया है। ये सेडा के चेकआउट सॉफ्टवेयर कार्य में शामिल हैं। इसके पूर्व इन्होंने वर्ष 2006 से फरवरी, 2013 तक विश्वसनीयता और गुणवत्ता क्षेत्र, इसरो जड़त्वीय प्रणाली केंद्र (आईआईएसयू) में जड़त्वीय संवेदकों पर काम किया था।

***

# जीसैट-9: उन्नत सी.ए.डी.(CAD), सी.ए.ई.(CAE) और सी.ए.एम.(CAM) सॉफ़्टवेयरों के उपयोग से संचार ऐंटेना के लिए अत्यंत हल्के एवं दृढ़ फीड ब्रैकेट असेंबली का नव निर्माण

कृपा शंकर सिंह*, अभियंता - एस. ई. ए.एम.डी. डी. , समीर एस सखारे, प्रधान , ए.एम.डी.डी., अरूप कुमार हैत, ग्रुप हेड
ऐन्टेना यांत्रिक अभिकल्प प्रभाग (ए.एम.डी. डी.), यांत्रिक अभियांत्रिक प्रणाली क्षेत्र,
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
kssingh@sac.isro.gov.in, sammir@sac.isro.gov.in, akh@sac.isro.gov.in

**सारांश -**

*प्रौद्योगिकी संचालित दुनिया में, इंसान के दिन-प्रतिदिन के जीवन में, कई अनुप्रयोगों के लिए संचार महत्वपूर्ण आवश्यकताओं में से एक है। संचार उद्देश्य के लिए दक्षिण एशियाई देश मुख्य रूप से विदेशी उपग्रहों की सेवाओं पर निर्भर रहे हैं। जीसैट -9 (**चित्र-1** का संदर्भ लें) भारत द्वारा प्रक्षेपित एक भूगर्भीय संचार उपग्रह है। जीसैट -9 का प्राथमिक उद्देश्य दक्षिण एशियाई देशों में क्यू-बैंड में विभिन्न संचार अनुप्रयोगों को प्रदान करना है। भारतीय जीसैट-9 उपग्रह सिस्टम से दक्षिण एशियाई देशों में दूर संचार व्यवस्था की स्थापना का एक सफल प्रयास किया गया। ऐन्टेना, दूर संचार सैटेलाइट पेलोड की महत्वपूर्ण उप-प्रणालियों में से एक है। फीड ब्रैकेट असेंबली का प्रमुख कार्य पेलोड में ऑर्थोगोनल परिपत्र ध्रुवीकरणों में संकेतों को संचारित और प्राप्त करने में मदद करना है। लॉन्च एवं अंतरिक्ष के वातावरण, डिजाइन की परस्पर विरोधी बहुआयामी चुनौतियाँ, नई सामग्री और उनके प्रसंस्करण की खोज, जमीन पर प्रक्षेपण और कक्ष के वातावरण का परीक्षण करने की चुनौतियाँ, अंतरिक्ष अनुसंधान को अत्यंत रोचक और चुनौतिपूर्ण बना देते हैं। सैटेलाइट आधारित दूर संचार अनुप्रयोगों के लिए अत्यंत हल्के वजन एवं दृढ़ फीड ब्रैकेट असेंबली का अभिकल्प, सिमुलेशन और नव निर्माण व विकास का एक नवीन सफलतम प्रयास उन्नत सी.ए.डी.(CAD), सी.ए.ई.(CAE) और सी.ए.एम.(CAM) सॉफ़्टवेयरों का उपयोग कर सैक में किया गया है। यह आज तक की सबसे हल्की और काफी दृढ़ ईवी फ़ीड ब्रैकेट असेंबली है। ऐसा उन्नत यांत्रिक डिजाइन सॉफ्टवेयर उपकरणों के कारण संभव हो पाया है। यह सभी परीक्षणों और मूल्यांकनों को सफलतापूर्वक पास कर अभी कक्षा में कार्यरत है।*

चित्र 1. दक्षिण एशियाई देश एवं जीसैट -9 उपग्रह सी.ए.टी.एफ. में

## 1. प्रस्तावना

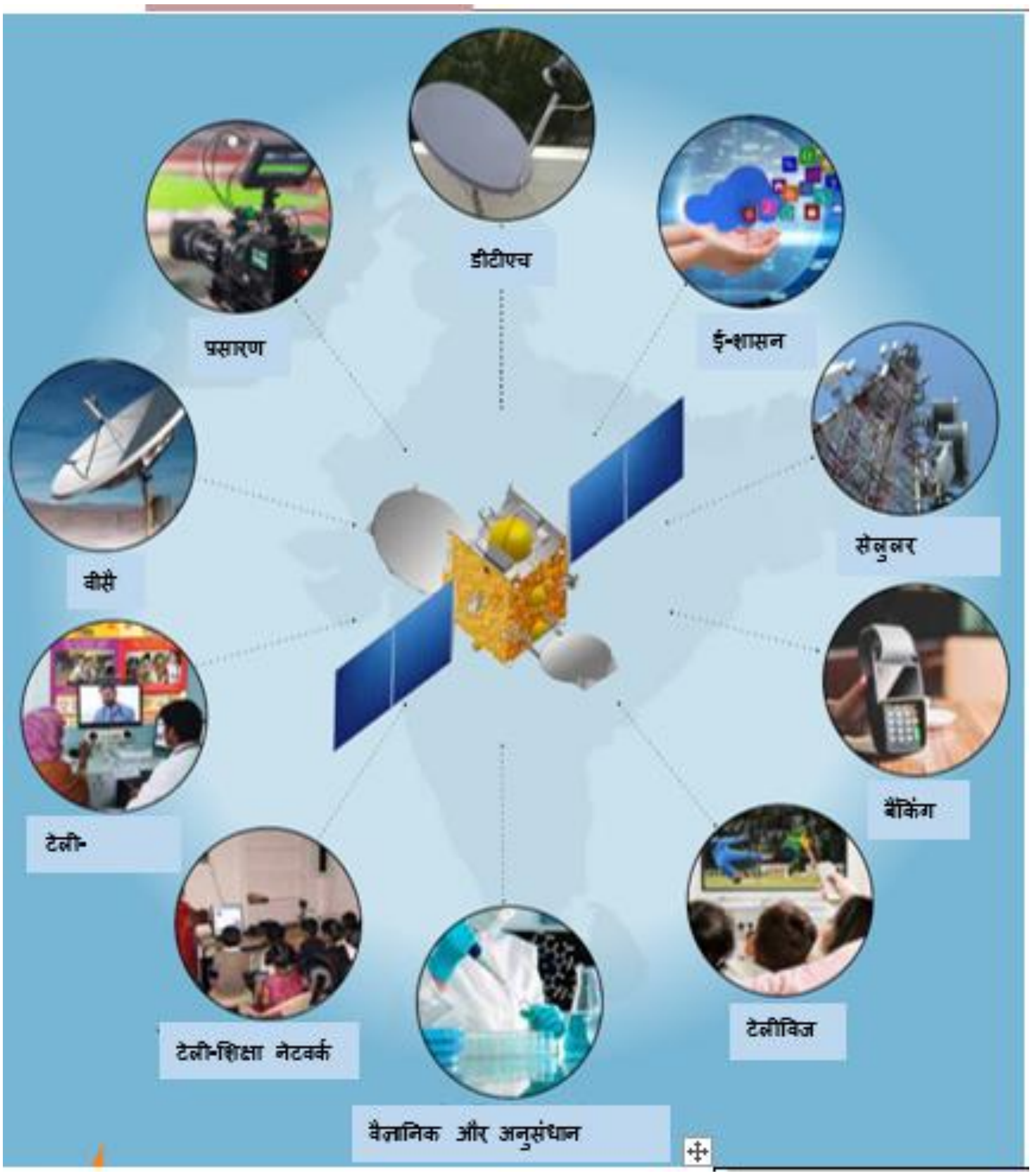
भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम ने नेविगेशन, संचार और अन्य उपग्रहों के निर्माण और प्रमोचन करने के लिए स्व-निर्भरता और क्षमता विकसित करने पर अधिक ध्यान दिया है। भारतीय संचार सैटेलाइट सिस्टम, अंतरिक्ष यान (आई - 1K/2K/3K/4K/6K. बस) पर निर्मित, उपग्रहों का एक संघ है।[1] जीसैट-9 उपग्रह में विभिन्न प्रसारण और इंटरैक्टिव दूरसंचार अनुप्रयोगों के लिए उपयोग की जाने वाली क्षमता है। इन अनुप्रयोगों से दक्षिण एशियाई सदस्य देशों को उनकी विशिष्ट जरूरतों को पूरा करने के लिए लाभ होगा। इसके अलावा, उपग्रह का उपयोग उन अनुप्रयोगों के समर्थन के लिए भी किया जाएगा जिनमें आपदा प्रबंधन सहायता, मौसम संबंधी डेटा का प्रसारण, शैक्षणिक, वैज्ञानिक और अनुसंधान संस्थानों में नेटवर्किंग शामिल है। जीसैट-9 के इच्छित अनुप्रयोग सदस्य देशों के बीच क्षेत्रीय सहयोग को मजबूत करेंगे। जीसैट-9 उपग्रह के अनुप्रयोग ***चित्र-3*** में दिखाए गये हैं।

सबसे बड़ी चुनौतियों में गुणवत्ता के साथ समझौता किए बिना एक वर्ष में जीसैट-9 उपग्रह का निर्माण और प्रमोचन करना था। बड़े पैमाने पर द्रव्यमान बजट और जगह आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए, प्रत्येक उप-प्रणाली द्रव्यमान और स्थान तय हो जाता है और अभिकल्पनों को इन विशिष्टताओं को पूरा करने के लिए कहा जाता है। इसने अभिनव रूप से सोचने के लिए एक मौका और चुनौती प्रदान की जिससे अत्यंत हल्के वजन एवं दृढ़ फीड ब्रैकेट असेंबली का अभिकल्प, सिमुलेशन

और नव निर्माण व विकास का एक नवीन सफलतम प्रयास उन्नत सी.ए.डी.(CAD), सी.ए.ई.(CAE) और सी.ए.एम.(CAM) सॉफ़्टवेयरों का उपयोग कर आसानी से किया जा सका।

फीड ब्रैकेट असेंबली की मदद से एंटीना एक मार्गदर्शक संरचना द्वारा समर्थित मार्गदर्शित तरंगों को परिवर्तित करके खुले अंतरिक्ष में विद्युत चुम्बकीय तरंगों को फैलता और स्वीकार करता है। यह एक इलेक्ट्रो-मैकेनिकल तंत्र है। इसका विद्युतीय अभिकल्प आर.एफ. अभियन्ता द्वारा कई सॉफ़्टवेयरों का उपयोग कर किया जाता है। जो कैविटी विवरण और कैविटी आयामों पर रिआयत(टोलरेस) प्रदान करता है। इसके बाद दिए गए कैविटी विवरण के आधार पर और कई मानदंडों पर विचार कर यांत्रिक अभिकल्प सी.ए.डी.(CAD), सी.ए.ई.(CAE) और सी.ए.एम.(CAM) सॉफ़्टवेयरों का उपयोग कर किया जाता है। निर्माण करने से पहले, कई विकल्पों की समीक्षा की जाती है और एक विकल्प को अंतिम रूप दिया गया। ई.टी.एल.एस दस्तावेज़[2] में वर्णित मानक परीक्षणों के अनुसार, परीक्षण करके एक एफ.एम.(FM) मॉडल और एक क्यू.एम. (QM) मॉडल का निर्माण किया गया है। यह आज तक की सबसे हल्की और काफी दृढ़ ईवी फ़ीड ब्रैकेट असेंबली है। ऐसा उन्नत यांत्रिक डिजाइन सॉफ्टवेयर उपकरणों के कारण संभव हो पाया है। यह सभी परीक्षणों और मूल्यांकनों को सफलतापूर्वक पास कर अभी कक्षा में कार्यरत है।

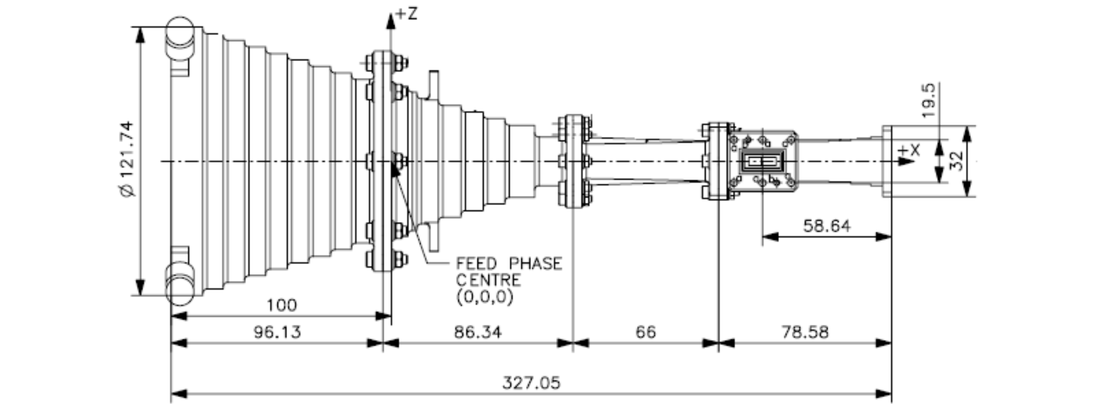
चित्र 2. फीड ब्रैकेट असेंबली का एफ.एम.(FM) मॉडल और एक क्यू.एम. (QM) मॉडल




चित्र 3. जीसैट-9 उपग्रह के अनुप्रयोगों का वर्णन

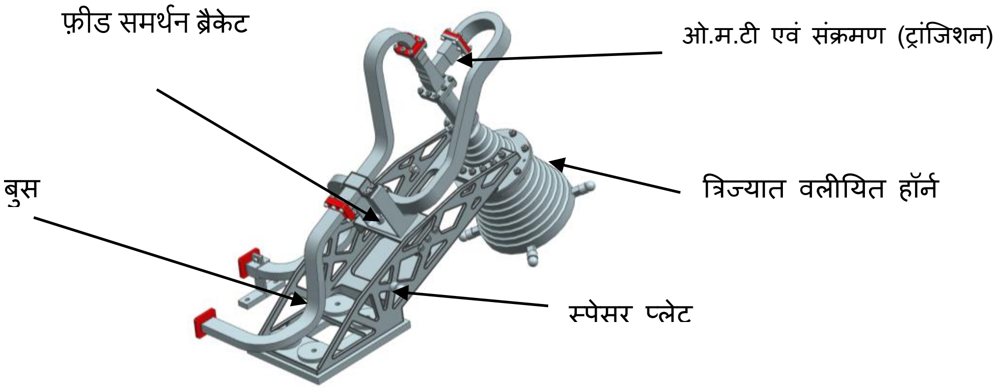
## 2. फीड ब्रैकेट असेंबली ज्यामिति (जीयोमेट्री) और निर्माण:

**2.1 फीड असेंबली ज्यामिति:** फीड असेंबली ज्यामिति को आर.एफ. की आवश्यकताओं के अनुसार आकार दिया जाता है, जिसका यांत्रिक और थर्मल अभिकल्प पर एक बड़ा प्रभाव पड़ता है। बाद के कॉन्फ़िगरेशन पहलुओं को अभिकल्प की व्यवहार्यता निर्धारित करने के लिए आर.एफ. थर्मल और यांत्रिक आवश्यकताओं के संयोजन द्वारा परिभाषित किया गया है [4], ***चित्र-4*** का संदर्भ लें।




चित्र-4- फीड असेंबली के आर.एफ. कैविटी आयाम

**2.2 फीड ब्रैकेट असेंबली गठन:** फीड ब्रैकेट असेंबली में मुख्य रूप से पांच भाग होते हैं (***चित्र-5*** का संदर्भ लें)।




चित्र-5- फीड ब्रैकेट असेंबली का उत्सादित दृश्य

**1) त्रिज्यात वलीयित हॉर्न:** यह एक त्रिज्यात वलीयित शंक्वाकार आकार का धातु निर्माण है। भाग का आयाम 182.5 मिमी (लंबाई) x 121 मिमी (व्यास) है। इसको संक्रमण के साथ से नट बोल्ट द्वारा जोड़ा गया है।

**2) ओ.म.टी. एवं संक्रमण:** ओ.म.टी. एक ऑर्थोमोड ट्रांसड्यूसर (ओएमटी) एक वेवगाइड घटक है। इसे आमतौर पर ध्रुवीकरण डुप्लेक्सर के रूप में जाना जाता है। ऑर्थोमोड ट्रांसड्यूसर या तो दो ऑर्थोगोनली ध्रुवीकृत माइक्रोवेव सिग्नल पथ को गठबंधन या अलग करने के लिए काम करते हैं। संक्रमण धातु के एक टुकड़े से बना सममित खंड है। भाग का आयाम 66 मिमी (लंबाई) x 42 मिमी (व्यास) है। आरएफ ऊर्जा रिसाव से बचने के लिए ओएमटी और संक्रमण को धातु के एक टुकड़े से निर्माण किया हुआ है।

**3) फ़ीड समर्थन ब्रैकेट:** फ़ीड समर्थन ब्रैकेट फ़ीड असेंबली को सहारा देता है और बस के ईवी डेक के साथ माउंट किया जाता है।

**4) स्पेसर प्लेट** : यह धातु से बनता है और एंटीना के प्रकाशिकी के अनुसार फ़ीड असेंबली को संरेखित करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

**5) बुस** : यह धातु से बनता है और एंटीना के प्रकाशिकी के अनुसार फ़ीड असेंबली को संरेखित करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

## 3. यांत्रिक अभिकल्प:

3.1 **यांत्रिक अभिकल्प की आवश्यकताएँ / विनिर्देश**: निम्नलिखित मुख्य विनिर्देश अभिकल्प के लिए विचार किए गए थे (***तालिका -1*** देखें)

**3.2 अभिकल्प कारक**

अभिकल्प विनिर्देशों को पूरा करने के अलावा, निम्नलिखित कारकों को अभिकल्प के दौरान ध्यान दिया जाता है [4]।

❖ **आर.एफ. प्रदर्शन की आवश्यकताएं**

➢ आवृत्ति और ध्रुवीकरण योजना
➢ प्रतिबिंब / संचरण घाटा (विद्युत चालकता, सतह समतलता, इंटरफ़ेस निरंतरता, बहुसंकेत, आउटगैसिंग)
➢ प्रतिबिंब सतह प्रोफाइल (सतह विरूपण)
➢ निष्क्रिय अंतर-मॉड्यूलेशन (पी.आई.एम.)
➢ इंगित की सटीकता (निर्माण के बाद)

➢ परिचालन पर्यावरण में आकार इंगित की सटीकता (थर्मल विरूपण)

<table>
<tr><th colspan="3"><u>तालिका1--</u> फीड ब्रैकेट असेंबली के लिए यांत्रिक आवश्यकताओं विनिर्देशों /</th></tr>
<tr><th>पैरामीटर</th><th colspan="2">विशेष विवरण</th></tr>
<tr><td>द्रव्यमान</td><td colspan="2">≈5 किग्रा</td></tr>
<tr><td>कुल आयाम</td><td colspan="2">< 510 x 365 x 230 मिमी</td></tr>
<tr><td>सामग्री</td><td colspan="2">एल्युमीनियम मिश्र धातु 6061-T6 / अन्य अंतरिक्ष योग्य धातु</td></tr>
<tr><td>सतही परिष्करण</td><td colspan="2">>▼▼ (3.2 µ)</td></tr>
<tr><th colspan="3">कैविटी सहयता</th></tr>
<tr><td>आयाम की सहयता</td><td colspan="2">± 0.03 मिमी [आरएफ गुहा]</td></tr>
<tr><td>गोलाई सहयता</td><td colspan="2">0.02 मिमी</td></tr>
<tr><td>समतलता</td><td colspan="2">0.02 मिमी</td></tr>
<tr><td>लंबरूपता</td><td colspan="2">0.02 मिमी फ्लैंगेस और)हॉर्न एक्सिस के बीच(</td></tr>
<tr><th colspan="3">संरचनात्मक विनिर्देशों</th></tr>
<tr><td>संरचनात्मक ताकत</td><td colspan="2">तनाव < स्वीकार्य तनाव</td></tr>
<tr><td>कठोरता विशिष्टता</td><td colspan="2">मौलिक प्राकृतिक आवृत्ति, एफ.एन. > 100 हर्ट्ज</td></tr>
<tr><td rowspan="2">स्थिर अवस्था त्वरण भार, (जी(</td><td>सतह में (एक्स और वाई अक्ष)</td><td>सतह से बाहर (जेड अक्ष)</td></tr>
<tr><td>15</td><td>25</td></tr>
<tr><th colspan="3">उष्णता विनिर्देशों</th></tr>
<tr><td>तापमान सीमाएं, डिग्री सेल्सियस</td><td colspan="2">-4 0<तापमान <+140</td></tr>
<tr><td>तापीय विरूपण</td><td colspan="2">± 0.05 मिमी</td></tr>
<tr><th>संरेखण विशिष्टता</th><th colspan="2">± 0.1°/ ± 1 मिमी</th></tr>
</table>

➢ विध्रुवण (इलेक्ट्रोस्टैटिक चार्ज, सतह विरूपण)

❖ **यांत्रिक अभिकल्प की आवश्यकताएं**

➢ स्वीकार्य आयतन (कॉम्पैक्ट संरचना)

➢ स्थान और इंटरफेस की कठोरता (बढ़ते व्यवस्था)

➢ ज्यामिति

➢ द्रव्यमान और जड़ता (न्यूनतम वजन)

➢ जमीन पर हैंडलिंग भार

➢ तेजी से अवसाद भार (वेंटिंग)

➢ निर्माण में आसानी

➢ विनिमयत्मकता

➢ एकीकरण में आसानी

❖ **विद्युत अभिकल्प की आवश्यकताएं**

➢ विद्युत चुम्बकीय संगतता (ई.एम.सी.)

➢ विद्युत्स्थैतिक रिसाव

➢ धातु / गैर-धातु भागों (डी.सी.) के विद्युत संबंध

➢ ग्राउंडिंग और अलगाव

➢ हारनेस और कनेक्टर्स

❖ **अंतरिक्ष पर्यावरण**

➢ विद्युत चुम्बकीय विकिरण (सूर्य स्पेक्ट्रम)

➢ कण (इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन)

➢ चुंबकीय क्षेत्र

➢ आउटगैसिंग

❖ **सामग्री और प्रक्रिया**

➢ सामग्री और प्रक्रिया वर्णन और उपयुक्तता

➢ कोटिंग योग्यता

➢ भिन्न धातुएं

➢ थर्मल वैक्यूम साइक्लिंग और आउटगैसिंग स्क्रीनिंग टेस्ट

➢ थर्मामीटर-लोचदार स्थिरता

➢ तापीय - लोचदार स्थिरता

❖ ग्राउंड समर्थन उपकरण

❖ परिवहन और भंडारण

❖ गुणवत्ता आश्वासन प्रावधान और विश्वसनीयता

❖ क्वालिटी एश्योरेंस प्लान

❖ बड़े पैमाने पर उत्पादन

❖ उच्च विश्वसनीयता

❖ कम लागत

**3.3 फीड ब्रैकेट असेंबली अभिकल्प प्रक्रिया,** (***चित्र-6*** देखें)

1. फीड ब्रैकेट असेंबली की आवश्यकताएँ
2. फीड ब्रैकेट असेंबली विनिर्देश (स्पेसिफीकेसन)- यांत्रिक विनिर्देश (स्पेसिफिकेशन)
3. संकल्पनात्मक (कानसेपचुवल) अभिकल्प

➢ संकल्पनात्मक यांत्रिक अभिकल्प

➢ संकल्पनात्मक अभिकल्प में इटरेशन

➢ संकल्पनात्मक आरेखण (ड्राइंग) और 3D मॉडल

➢ आंतरिक (इन्टरनल) अभिकल्प की समीक्षा

4. विस्तार में अभिकल्प और वर्चुअल प्रोटोटाइपिंग

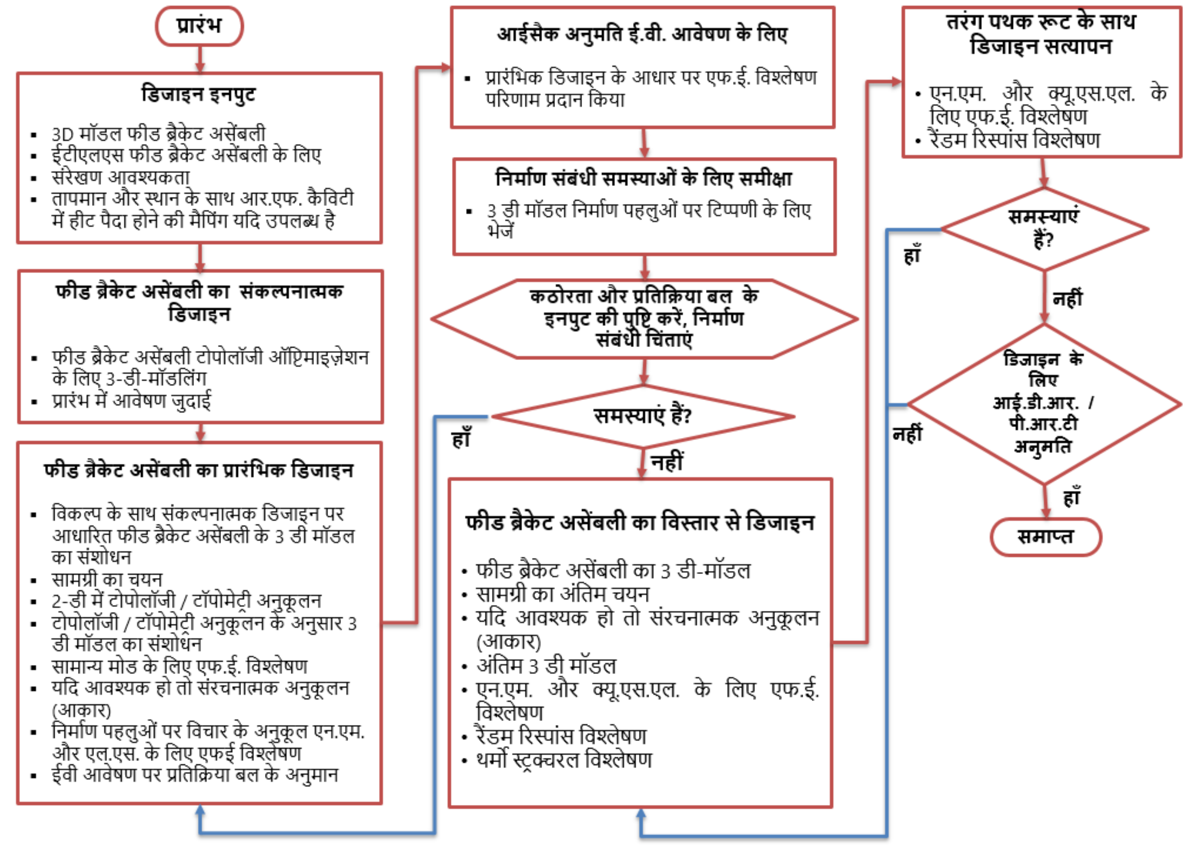
➢ विस्तार में यांत्रिक विश्लेषण (एनालिसिस)

➢ 3 डी कैड मॉडलिंग

- सामग्रियों का चयन
- संरचनात्मक और थर्मल भार के लिए विस्तार में विश्लेषण
- यांत्रिक विश्लेषण के आधार पर 3-D मॉडल में संशोधन
- निर्माण, असेंबली और संरेखण (ऐलाईनमेन्ट) के आधार पर अभिकल्प में परिवर्तन
- प्रारंभिक अभिकल्प की समीक्षा
- 2-डी आरेखण (ड्राइंग)

5. संकल्पनात्मक मॉडल का निर्माण और परीक्षण

- डी.वी.एम.(DVM) का निर्माण और परीक्षण
- परिणाम इन्टर्प्रिटेशन और अभिकल्प में और सुधार के लिए चर्चा
- एफ.एम.(FM) मॉडल और एक क्यू.एम. (QM) मॉडल का निर्माण और परीक्षण




चित्र-6- फीड ब्रैकेट असेंबली की अभिकल्प प्रक्रिया

**3.4 फीड ब्रैकेट असेंबली के यांत्रिक अभिकल्प और विश्लेषण**

**3.4.1 डिज़ाइन उपकरण:** फीड ब्रैकेट असेंबली के यांत्रिक अभिकल्प, प्रारूपण और विश्लेषण के लिए निम्नलिखित उच्च क्षमता सी.ए.डी.(CAD) / सी.ए.ई.(CAE) उपकरणों का उपयोग किया गया है।

**1) यू.जी.-एन.एक्स. -8.5**: 3-डी मॉडलिंग और 2 डी- ड्रॉइंग तैयार करने के लिए

**2) ऑटो कैड 2009**: निर्माण और सतह कोटिंग के 2 डी-ड्रॉइंग तैयार करने के लिए

**3) पेट्रान और नस्त्रान**: स्ट्रक्चरल एनालिसिस, स्ट्रक्चरल ऑप्टिमाइजेशन और थर्मल विरूपण विश्लेषण के लिए

**3.4.2 डिजाइन चुनौतियां**

- विद्युतीय, थर्मल और यांत्रिक विनिर्देशों के साथ न्यूनतम द्रव्यमान
- संविदा आकार
- प्रोटोटाइप फैब्रिकेशन और परीक्षण को कम करें
- डिजाइन, विनिर्माण और सत्यापन समय को कम करें

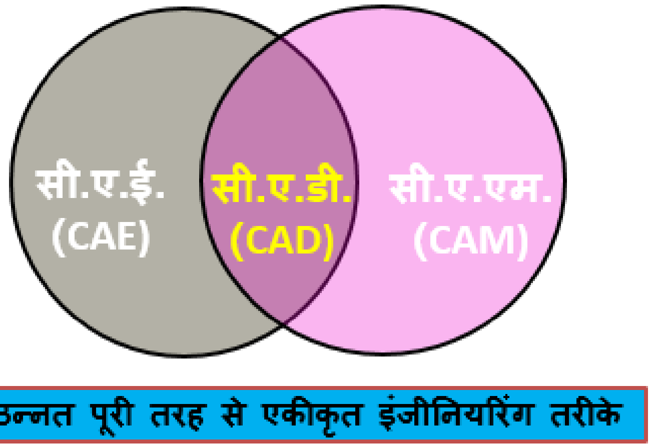
इन मांगों का समाधान, निम्नलिखित सबसे उन्नत ...का उपयोग है **(चित्र-7 देखें)**

- सामग्री
- विनिर्माण प्रौद्योगिकियां
- इंजीनियरिंग विधियाँ

**3.4.3 फीड ब्रैकेट असेंबली के लिए वजन कम करने की रणनीति:** यांत्रिक अभिकल्प में द्रव्यमान को कम करने के लिए यांत्रिक कठोरता और ताकत संबंधी आवश्यकताओं का ध्यान रखा जाता है। आदर्श रूप से फीड ब्रैकेट असेंबली को एक घटक में निर्मित किया जाना चाहिए। विनिर्माण सीमाओं के कारण, हॉर्न एंटीना को पांच भागों में निर्मित किया गया है। 5-किग्रा वजनी विरासत अभिकल्प से श्रृंखला के संचार एंटीना उपग्रह के लिए 2 किग्रा द्रव्यमान हॉर्न एंटीना को लाने के लिए, बहु-स्तरीय जन न्यूनीकरण रणनीतियों को उपयोग करना पड़ा। अभिकल्प कम समय में उत्पादन के लिए उपयुक्त होना चाहिए।

1. विरासत अभिकल्प का महत्वपूर्ण मूल्यांकन और सुधार के लिए क्षेत्र को सूचीबद्ध करना
2. द्रव्यमान को कम करने के लिए नई पदार्थ की खोज करना
3. विनिर्माण बाधाओं पर विचार कर, वैचारिक मॉडल के लिए इष्टतम सामग्री वितरण करने के लिए टोपोलॉजी ऑप्टिमाइजेशन का उपयोग

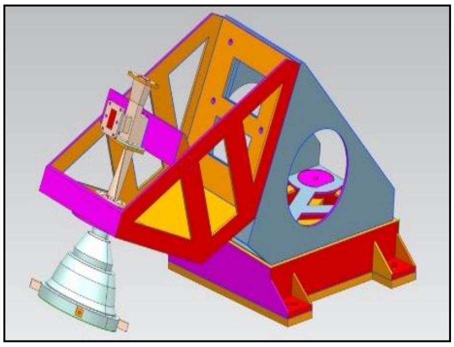
4. संरचनात्मक अनुकूलन उपकरण का उपयोग कर वैचारिक मॉडल के आकार के लिए उपयुक्त अभिकल्प मॉडल का निर्माण
5. कम समय में बड़ी मात्रा में उत्पादन के लिए उपयुक्त नई निर्माण विधियों का अन्वेषण
6. क्यू.एम. (QM) तैयार करके सुधार की और संभावनाओं का पता लगाना



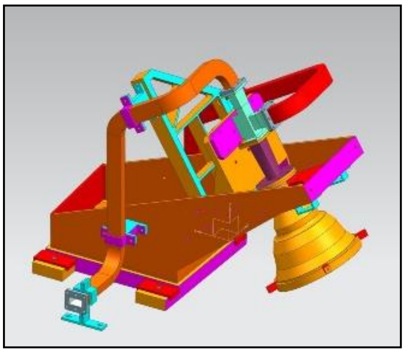

चित्र-7 -सॉफ़्टवेयरों का उपयोग कर संचार एंटीना के लिए अत्यंत हल्का एवं दृढ़ फीड ब्रैकेट असेंबली का नव निर्माण

ऊपर दिए गए परिवर्तनों के आधार पर हॉर्न एंटीना के हेरिटेज डिज़ाइन मॉडल *(चित्र-8अ, 8 ब देखें)* में निम्नलिखित परिवर्तन किए गए हैं। इस तरह द्रव्यमान में 3 किग्रा कमी की गयी *(चित्र-8स देखें)*।

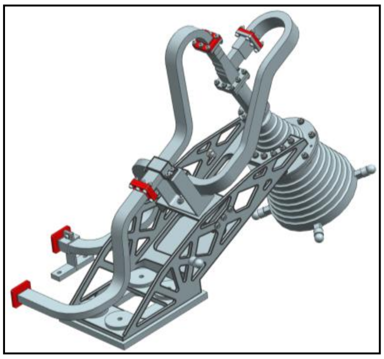
- इसकी लंबाई में आर.एफ. कैविटी की समरूपता का उपयोग करना
- फेकनेशन सीमा के आधार पर वैरिएबल मोटाई अवधारणा
- आर.एफ. जोड़ों की संख्या को कम करना



चित्र-8अ- विरासत अभिकल्प
≈ 5 किलो



चित्र-8 ब- संशोधित अभिकल्प
≈ 4 किलो



चित्र-8 स- अतिसंशोधित अभिकल्प
< 2 किलो

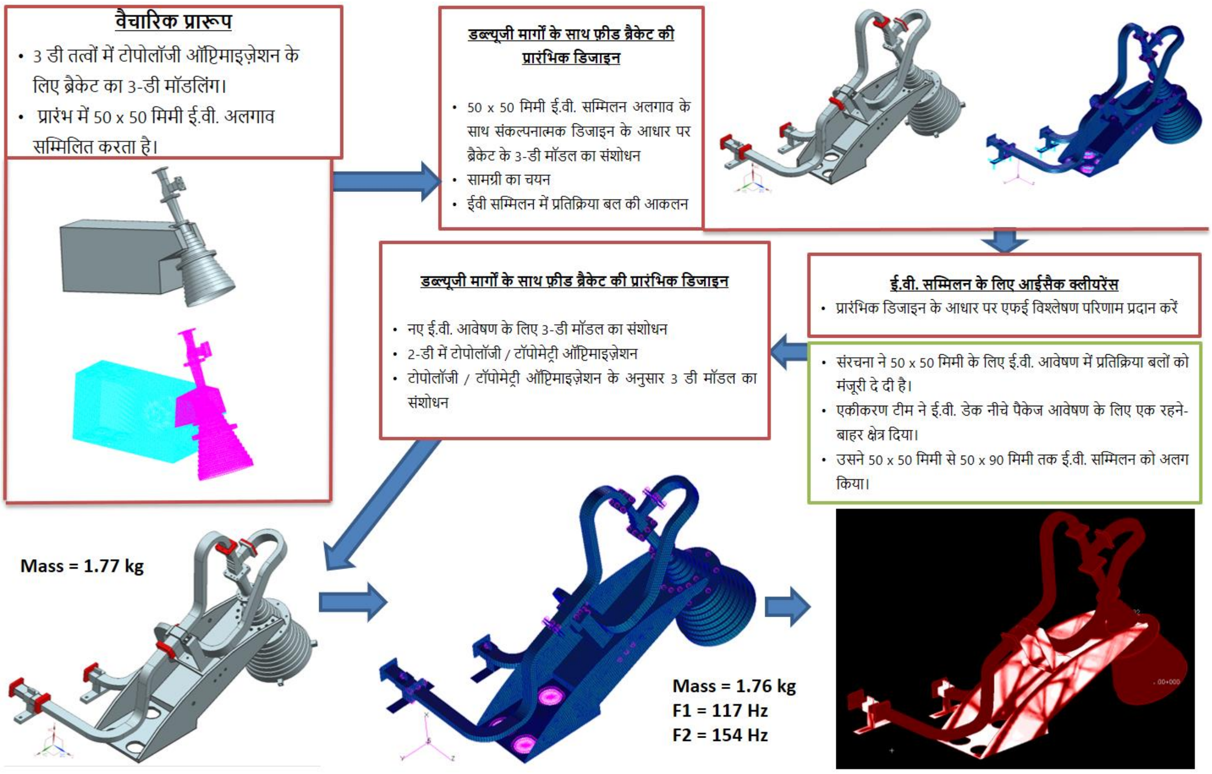
**3.4.4 फीड ब्रैकेट असेंबली का वजन कम करने के लिए नई सामग्री का अन्वेषण :** सामग्री चयन निम्नलिखित गुणों पर विचार करके नियंत्रित किया जाता है:-

- आर.एफ. प्रवाहकीय
- आर.एफ. पारदर्शीता
- पी.आई.एम. नियंत्रण
- तापमान सीमा पर परिचालन
- आयामी स्थिरता
- ऊष्मीय चालकता
- विशिष्ट कठोरता
- विशिष्ट शक्ति
- मैन्युक्चुलाबिलिटी योग्यता
- सतह के उपचार के लिए योग्य
- जंग प्रतिरोध
- आउट-गैसिंग प्रतिरोध

कई सामग्रियों में विशिष्ट सामग्री की कठोरता (ई. / ρ), सामग्री की त्वचा की गहराई, विद्युत और तापीय चालकता और विस्तार की थर्मल गुणांक, नई सामग्री चुनने के लिए प्रमुख निर्णय लेने वाले कारक हैं। सी.एफ.आर.पी., मैग्नेशियम मिश्र धातु, और एल्यूमिनियम-मिश्र धातु को हॉर्न ऐन्टेना की संभावित सामग्री माना जाता है।

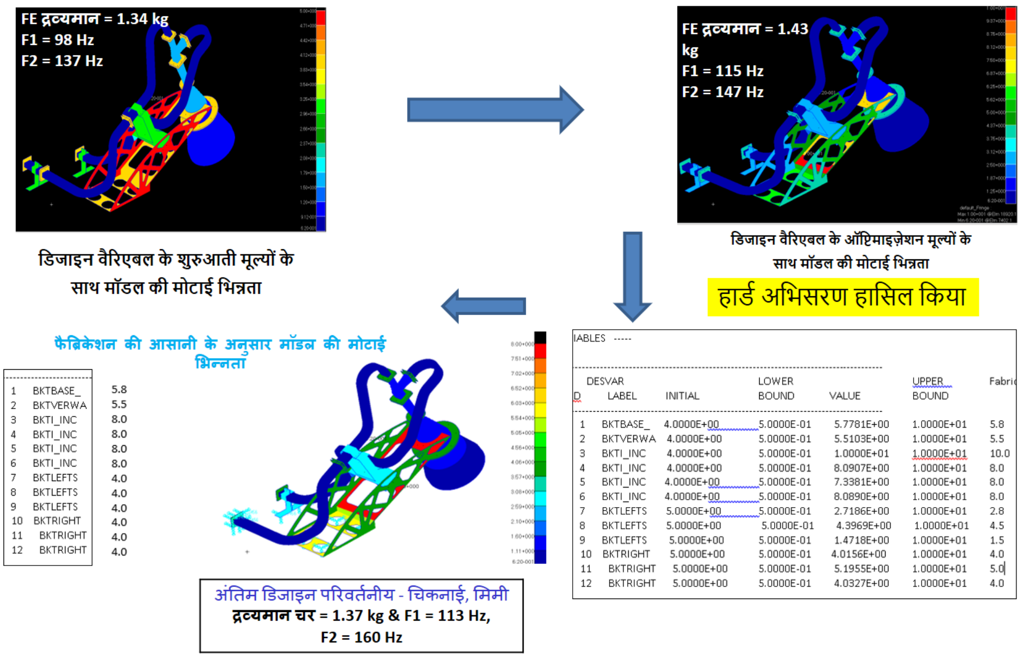
सी.एफ.आर.पी. सामग्री के लिए आर.एफ. घाटे और त्वचा की गहराई बहुत अधिक है और फीड असेंबली के लिए इसकी कोई विरासत नहीं है, इसलिए योग्यता प्रक्रिया की आवश्यकता होगी। मैग्नेशियम -मिश्र धातु और एल्यूमिनियम -मिश्र धातु की विशिष्ट कठोरता (ई / ρ) समान है। हमारा अभिकल्प कठोरता आधारित है इसलिए हम किसी भी सामग्री का चयन कर सकते हैं। मैग्नीशियम मिश्र धातु का उपयोग आंतरिक और बाहरी भागों पर उपयुक्त सतह कोटिंग कर किया जा सकता है, लेकिन हॉर्न ऐन्टेना के लिए इसकी कोई विरासत नहीं होने के कारण योग्यता प्रक्रिया की आवश्यकता होगी। बड़े आकार के लिए मैग्नीशियम मिश्र धातु कच्चे माल आसानी से उपलब्ध

नहीं हैं, इसके लिये भंडारण, वायर कट EDM और मशीनिंग से जुड़ी समस्याएं भी हैं।




चित्र-9 - फीड ब्रैकेट असेंबली के ब्रैकेट का टॉपोलॉजी ऑप्टिमाइज़ेशन

| तालिका 2-सामग्री लेआउट मॉडल | तालिका 3-डिजाइन मॉडल |
|---|---|
| **उद्देश्य :** अनुपालन को कम करें और मोड संख्या -1 आवृत्ति अधिकतम करें<br>**अधीन होना** : 0.4 ≤ FRMASS ≤ 1<br>: f1 > 120<br>: 115 < f1 < 120<br>**साइड बाधाएं** : 0 ≤ ρ ≤1<br>**डिजाइन चर:** काल्पनिक घनत्व, ρ, प्रत्येक तत्व के लिए | **उद्देश्य** : द्रव्यमान को कम करें<br>**अधीन होना** : 115 < f1 < 125<br>**डिजाइन चर** : तालिका के अनुसार मोटाई |
| **टॉपोलॉजी ऑप्टिमाइज़ेशन** | **आकार ऑप्टिमाइज़ेशन** |




चित्र-10 - फीड ब्रैकेट असेंबली के ब्रैकेट का संरचनात्मक ऑप्टिमाइज़ेशन

अंत में एल्यूमिनियम -मिश्र धातु-6061 टी-6 को फीड ब्रैकेट असेंबली के घटकों के निर्माण के लिए सामग्री के रूप में चुना गया। इसमें अंतरिक्ष विरासत भी है और सभी मानदंडों को पूरा करता है और आवश्यक आकार की कच्ची सामग्री उपलब्ध है।

निम्नलिखित सामग्री अंतरिक्ष उपयोग के लिए योग्य है और उपरोक्त सभी आवश्यकताओं को पूरा करती है ताकि हॉर्न असेंबली के निर्माण में चयनित हो सके। इन सामग्रियों की अंतरिक्ष विरासत भी है।

इसका विनिर्माण करने के लिए, सीएनसी मिलिंग / टर्निंग, ईडीएम / वायर-कट EDM, और इलेक्ट्रोफोर्मिंग से बनाने की तकनीकों की आलोचना की गई।

**3.4.5 फीड ब्रैकेट असेंबली के ब्रैकेट का टॉपोलॉजी ऑप्टिमाइज़ेशन (*चित्र-9, तालिका-2* का संदर्भ लें)**

**3.4.6 फीड ब्रैकेट असेंबली की संरचनात्मक ऑप्टिमाइज़ेशन** (*चित्र-10, तालिका-3* का संदर्भ लें)

मोटाई बदलने के द्वारा फीड ब्रैकेट असेंबली का संरचनात्मक ऑप्टिमाइज़ेशन किया गया है जिसमें फीड ब्रैकेट असेंबली की कठोरता और ताकत की आवश्यकता का ध्यान रखा है।

## 4. निष्कर्ष

1. फीड ब्रैकेट असेंबली का यह डिज़ाईन सत्यापन मॉडल कई मायनों में अतीत के विभिन्न अभियानों में अपने समकक्ष की तुलना में बड़ी मात्रा में कॉम्पैक्ट, हल्के, और विकास के लिए उपयुक्त है। सक्रिय आर.एफ. एंटीना प्रणाली में पहली बार शीट मेटल का उपयोग करते हुए बड़े पैमाने पर बचत की अवधारणा सफलतापूर्वक उपयोग की जाती है। फीड ब्रैकेट असेंबली का वजन 2 किलोग्राम है जो 5 किलोग्राम के लक्षित द्रव्यमान के करीब है

## 5. आभार

लेखक उप निदेशक, श्री एच. आर. कन्सारा व निदेशक, श्री तपन मिश्रा, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र को धन्यवाद देते हैं जिन्होंने इस पत्र को हिन्दी सेमिनार में मुद्रित करने की आज्ञा प्रदान की। हम अपने सहकर्मियों को धन्यवाद देते हैं जिन्होंने इस लेख की प्रूफ रीडिंग करी व त्रुटियों को सही करने में सहायता प्रदान की।

## संदर्भः

1. **कृपा शंकर सिंह, ए.सी. माथुर**, "*उपग्रहों और ग्रहों के अन्वेषण में फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचनाओं का अनुप्रयोग* ", 2011, सैक तकनीकी हिंदी संगोष्ठी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), अहमदाबाद
2. **कृपा शंकर सिंह, ए.सी. माथुर**, "*अंतरिक्ष-ऐन्टेना के निर्माण व विकास में स्वदेशी उद्योगों और संस्थानों का योगदान*", 2012, सैक तकनीकी हिंदी संगोष्ठी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), अहमदाबाद
3. **कृपा शंकर सिंह, ए.सी. माथुर**, "*फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष संरचना प्रौद्योगिकी की आपदा प्रबंधन में भूमिका*", 2013, अंतर केंद्र तकनीकी हिंदी संगोष्ठी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), अहमदाबाद
4. **कृपा शंकर सिंह, ए.सी. माथुर**, "*प्रौद्योगिकी प्रदर्शन कार्यक्रम (टी.डी.पी.): समतल एंटीना के लिए फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचना का विकास और निर्माण* ", 2012-2014, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), अहमदाबाद
5. **कृपा शंकर सिंह, ए.सी. माथुर**, एम. वाई. रावल, "*फुलने वाले (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष ऐन्टेना के निर्माण व विकास में मेक इन इंडिया अभिगम (प्रौद्योगिकी विकास प्रक्रिया )*", 2016 सैक तकनीकी हिंदी संगोष्ठी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), अहमदाबाद
6. **ए.सी. माथुर**, "*अंतरिक्ष अभियांत्रिकी से उत्पन्न हुई तकनीकों (स्पिन ऑफ) से समाज को लाभ*", 2010, सैक तकनीकी हिंदी संगोष्ठी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), अहमदाबाद
7. **कृपा शंकर सिंह, ए. आर. श्रीनिवास**, "*सैटेलाइट आधारित नेविगेशन अनुप्रयोगों के लिए अत्यंत हल्के वजन के हॉर्न एंटीना का अभिकल्प और नई विनिर्माण पद्धति से विकास)*", 2017 सैक तकनीकी हिंदी संगोष्ठी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक), अहमदाबाद
8. पुस्तकालय संग्रहालय से नासा और ईसा की कार्यवाहीयॉ
9. अंग्रेजी-हिंदी अंतरिक्ष विज्ञान शब्दावली (जून-2009) - वैज्ञानिक व तकनीकी शब्दावली आयोग, भारत सरकार, मानव संसाधन विकास मंत्रालय, नई दिल्ली

## लेखक परिचयः

1- **कृपा शंकर सिंह, अभियंता .ई .एस -**

श्री कृपा शंकर सिंह, अभियंता "एस.ई .", ने वर्ष 2006 में सैक के एम.एस.आई.सी.डी/ विभाग में कार्यारंभ किया तथा विभिन माइक्रोवेव नीतभारों जैसे असकैटरोमिटर और मेघाट्रापिक्स के विकास व निर्माण में विशेष योगदान दिया। इनको वर्ष 2009 में ऐन्टेना यांत्रिक अभिकल्प प्रभाग में स्थानांतरित कर दिया गया। तदुपरांत विभिन्न संचार, नेविगेशन और माइक्रोवेव नीतभारों के एंटीना जैसे IRNSS-1A से 1J ,GSAT-14, MOM और GSAT-16 के अभिकल्प, विश्लेषण और विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई। वर्तमान में GSAT-7A, RISAT-2A, SAARCSAT, OCEANSAT-3 और 3A में नीतभारों के एंटीना परियोजना प्रबंधक के रूप में कार्यरत हैं। उनके अनुसंधान के मौजूदा क्षेत्रों में, पतले फुलने वाले (इनफ्लेटेबल) व अल्ट्रा लाईट रिफ्लेक्टर एंटीना हैं। विभिन्न राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय सम्मेलनों की कार्यवाही में इनके 8 पत्र प्रकाशित हुए हैं।

2- **समीर एस सखारे, प्रधान , ए.एम.डी.डी.**

समीर एस सखारे स्पेस एप्लीकेशन सेंटर (इसरो), अहमदाबाद में एक वैज्ञानिक हैं। उन्होंने आईआईटी मद्रास, चेन्नई से एयरोस्पेस इंजीनियरिंग में स्नातकोत्तर डिग्री और कोल्हापुर विश्वविद्यालय, शिवाजी विश्वविद्यालय से मैकेनिकल इंजीनियरिंग में स्नातक की उपाधि प्राप्त की। मैकेनिकल डिजाइन और उच्च अंत सी.ए.डी. / सी.ए.ई उपकरण का उपयोग कर अंतरिक्ष यान पेलोड घटकों के विश्लेषण के क्षेत्र में उनके पास 10 वर्षों का कार्य अनुभव है। वह माइक्रोवेव रिमोट सेंसिंग उपग्रह के साथ-साथ इसरो की संचार उपग्रह परियोजना के लिए प्रोजेक्ट मैनेजर हैं। वर्तमान में उनके हितों के क्षेत्रों में परिमित तत्व तकनीकों का उपयोग करके अंतरिक्ष यान पेलोड घटकों और संरचनात्मक अनुकूलन के मैकेनिकल सी.ए.डी डिजाइन, मल्टीफिजिक्स सिमुलेशन शामिल हैं।

3- अरूप कुमार हैत, ग्रुप हेड

अरुप कुमार हैत, स्पेस एप्लीकेशन सेंटर (इसरो), अहमदाबाद में एक वैज्ञानिक हैं। उन्होंने आई.आई.एस.सी., बंगलौर से स्नातकोत्तर डिग्री और एन.आई.टी., दुर्गापुर से मैकेनिकल इंजीनियरिंग में स्नातक की उपाधि प्राप्त की। मैकेनिकल डिजाइन और उच्च सी.ए.डी. / सी.ए.ई उपकरण का उपयोग कर अंतरिक्ष यान के लिये इलेक्ट्रो-ओप्टो मेकेनिकल पेलोड घटकों के विश्लेषण के क्षेत्र में उनके पास 20 वर्षों का कार्य अनुभव है। वह माइक्रोवेव रिमोट सेंसिंग उपग्रह के साथ-साथ इसरो की कई उपग्रह परियोजना के लिए उप परियोजना निदेशक हैं। वर्तमान में वह स्पेसबोर्न माइक्रोवेव रिमोट सेंसिंग तथा संचार पेलोड के लिये कई नए प्रौद्योगिकी विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं।

***

# हिंदी तकनीकी संगोष्ठी 2017 की झलकियाँ

ISBN 978-9-382-760320

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
SPACE APPLICATIONS CENTRE
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन Indian Space Research Organisation
अहमदाबाद Ahmedabed

अनुक्रमणिका