

## आशीर्वचन

डॉ. रं.रा. नवलगुंद

निदेशक,

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र



यह जानकर मुझे अत्यंत खुशी हो रही है कि सैक में राजभाषा हिंदी के प्रगामी प्रयोग को प्रशासन के साथ-साथ वैज्ञानिक एवं तकनीकी कार्यों में व्यापक रूप से प्रयोग में लाने के उद्देश्य से केंद्र में निरंतर प्रयास किए जा रहे हैं। इन प्रयासों के क्रियान्वयन के फलस्वरूप सैक ने सितंबर 2010 में हिंदी माह के दौरान केंद्र की वेबसाइट का हिंदी रूपांतर जारी किया। अगली कड़ी के रूप में केंद्र में नवां तकनीकी हिंदी सेमिनार आयोजित किया जा रहा है।

अंतरिक्ष विभाग/इसरो ने अपने अंतरिक्ष कार्यक्रमों में अब ग्रहीय अन्वेषणों पर ध्यान केंद्रित किया है। मानव अंतरिक्ष परियोजना जैसी महत्वाकांक्षी कार्यक्रमों की संकल्पना की जा रही है। इनकी सफलता के लिए सैक की भूमिका अति महत्वपूर्ण होगी। इस विषय पर संगोष्ठी में प्रस्तुत लेखों के माध्यम से हमारी तैयारियों और भावी योजनाओं की रूपरेखा पर गहन चर्चा होगी। यह संगोष्ठी हमें प्रौद्योगिकियों के निर्माण तथा अनुप्रयोग संबंधी आवश्यकताओं पर विचार करने का मंच प्रदान करेगी।

वैज्ञानिक एवं तकनीकी क्षेत्रों में राजभाषा हिंदी का प्रयोग बढ़ाने की दिशा में हमारा यह प्रयास सार्थक एवं सकारात्मक सिद्ध होगा। मैं सेमिनार के सफल आयोजन की कामना करता हूँ।

डॉ. रं.रा. नवलगुंद

अहमदाबाद

(डॉ. रं.रा.नवलगुंद )

25/02/2011

निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र

# संदेश

डॉ (श्रीमती) नमिता प्रियदर्शी

भारतीय वन सेवा

नियंत्रक एवं अध्यक्ष

तकनीकी हिंदी सेमिनार- 2011



संवैधानिक प्रावधानों के अनुसार भारत सरकार की राजभाषा हिंदी है साथ ही यह भारत की आम जनता की भाषा भी है। लंबे अरसे से सरकारी कामकाज की भाषा अंग्रेजी रही है उसी का प्रभाव है कि हमारे कामकाज एवं लेखन शैली में अंग्रेजी का प्रयोग बड़ी मात्रा में दिखाई देता है। यदि सरकार का कार्य भारत की जनता के लिए किया जाना है तो आवश्यक है कि हमें हिंदी भाषा के प्रयोग को बढ़ाना होगा।

केंद्र में राजभाषा नीति के कार्यान्वयन के अंतर्गत सरकारी कामकाज में हिंदी के प्रयोग को बढ़ाने के लिए गत वर्ष हिंदी माह, हिंदी कार्यशाला तथा विश्व हिंदी दिवस का आयोजन किया गया। उल्लेखनीय है केंद्र में कर्मचारियों तथा स्कूल के बच्चों के लिए हिंदी में विविध व्याख्यानो/कार्यक्रमों जैसे कि संपूर्ण नेत्र सुरक्षा, संरक्षा सप्ताह एवं सतर्कता जागरूकता का आयोजन किया गया, जिसे खूब सराहा गया। हिंदी माह के अवसर पर केंद्र द्वारा गृह पत्रिका 'अभिव्यक्ति' का प्रकाशन किया गया जिसमें कर्मचारियों और उनके परिवार के सदस्यों ने अपनी साहित्यिक सृजन शक्ति का परिचय दिया।

'ग्रहीय अन्वेषण को विशेष महत्व देते हुए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी तथा उपयोग' विषय पर आयोजित तकनीकी हिंदी सेमिनार हिंदी के प्रयोग को वैज्ञानिक एवं तकनीकी क्षेत्रों में बढ़ाने का विशेष प्रयास है, जो कि बड़ा प्रासंगिक है। बड़ी संख्या में प्राप्त लेख यह सिद्ध करते हैं कि तकनीकी विषयों की अभिव्यक्ति में हिंदी भाषा एवं हमारे वैज्ञानिक पूर्णतया सक्षम हैं।

मुझे अत्यंत प्रसन्नता है कि केंद्र में प्रशासनिक एवं तकनीकी क्षेत्रों में हिंदी के प्रयोग में वृद्धि हो रही है। मैं आशा करती हूँ कि सभी कर्मचारी अपने शासकीय कार्य में हिंदी का अधिकाधिक प्रयोग करें।

25/02/2011

(डॉ. नमिता प्रियदर्शी)

नियंत्रक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र

## संपादकीय



केंद्र में प्रतिवर्ष आयोजित किए जाने वाले तकनीकी सेमिनारों के अनुक्रम में इस वर्ष हमारे केंद्र में "ग्रहीय अन्वेषण को विशेष महत्व देते हुए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एवं उपयोग" विषय पर एक दिवसीय सेमिनार का आयोजन किया जा रहा है। इस सेमिनार के लेख संग्रह में अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के विविध विषयों से संबंधित लेखों का संकलन है जोकि इसे एक नया आयाम प्रदान करता है। इस अंक में सूक्ष्मतरंग संवेदक, प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक, अति निम्न रव प्रवर्धक, प्लास्टिक से बने तरंग पथ, भारतीय वनों के पर्णक्षेत्र घातांक का अध्ययन, टीएमसी संवेदक द्वारा चंद्रान्वेषण आदि विभिन्न विषयों से संबंधित स्टाफ सदस्यों द्वारा लिखित 31 लेखों को सम्मिलित किया गया है।

केंद्र द्वारा तकनीकी क्षेत्र में राजभाषा के प्रचार, प्रसार और कार्यान्वयन के क्षेत्र में जो कार्य किया जा रहा है, यह उसका दर्पण है। तकनीकी क्षेत्र में हिंदी के प्रचार को बढ़ाने के उद्देश्य से स्टाफ सदस्यों द्वारा अथक प्रयत्न से राजभाषा हिंदी में लिखित तकनीकी लेखों को इस लेख संग्रह में संकलित किया गया है।

इन लेखों का प्रकाशन निम्न 6 सत्रों के अंतर्गत किया गया है- सुदूर संवेदन-नीतभार, संचार उपग्रह-नीतभार, सुदूर संवेदन उपयोग, चंद्रयान एवं अंतरग्रहीय अन्वेषण, संचार नीतभार तकनीक, सामाजिक उपयोग।

लेखों का मूल्यांकन करते समय मूल्यांकन समिति ने विशेषतर इस बात पर ध्यान दिया कि लेख अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी को बढ़ावा देते हुए सरल हिंदी भाषा में लिखे गए हों।

सेमिनार की सफलता के लिए मैं अपनी शुभकामनाएं देता हूँ। आशा है यह सेमिनार तकनीकी क्षेत्र में राजभाषा हिंदी के प्रयोग को बढ़ाने में सहायक होगा।

25/02/2011

(राजेन्द्र प्रसाद दूबे)

अध्यक्ष, मूल्यांकन समिति

## आभार



अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में 1985 में पहली बार अखिल भारतीय स्तर पर तकनीकी हिन्दी सेमिनार का आयोजन किया गया था। तत्पश्चात् केंद्र में केंद्र स्तर पर तकनीकी संगोष्ठियों एवं अन्य कार्यक्रमों के अतिरिक्त समय-समय पर अंतर केंद्र तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन किया जाता रहा है।

गत वर्ष से केंद्र ने अभिनव प्रयास प्रारंभ किया है जिसके अंतर्गत हम स्कूल में पढ़ रहे बच्चों को इस प्रकार की तकनीकी हिन्दी संगोष्ठियों में आमंत्रित कर सहभागिता प्रदान कर रहे हैं। इस वर्ष हमारा प्रयास है कि अंतरिक्ष विज्ञान तथा अंतरिक्ष कार्यक्रमों के बारे में जानकारी देने और जागरूकता पैदा करने हेतु हम स्वयं पिछड़े इलाकों की स्कूलों में जाएं।

इस प्रकार के कार्यक्रम का आयोजन केंद्र द्वारा मार्च 2011 में किया जाना प्रस्तावित है। इसके लिए गुजरात राज्य के पिछड़े एवं आदिवासी बहुल विस्तार 'दाहोद' क्षेत्र का चयन किया गया है। यहाँ के कक्षा 8, 9 तथा 11 के बच्चों को विज्ञान, अंतरिक्ष विज्ञान, उपग्रह, रॉकेट, प्रमोचन तथा संचार माध्यमों के बारे में दृश्य-श्रव्य माध्यमों द्वारा जानकारी दी जाएगी।

इस संगोष्ठी के लिए 31 लेखों का चयन कर प्रस्तुति हेतु स्वीकृत किया गया है। मैं सभी लेखकों, सह लेखकों के प्रति धन्यवाद ज्ञापित करता हूँ। इतनी बड़ी संख्या में प्राप्त लेख हमारे वैज्ञानिकों का हिन्दी के प्रति प्रेम और अभिरुचि को दर्शाता है।

निदेशक महोदय जोकि राजभाषा कार्यान्वयन समिति के अध्यक्ष भी हैं, ने केंद्र में राजभाषा कार्यान्वयन को नई गति, नई ऊर्जा प्रदान की है। उनके मार्गदर्शन में हिन्दी कार्यान्वयन प्रभावी रूप से लागू किया जा रहा है। मैं उनका हृदय से आभारी हूँ।

केंद्र की नियंत्रक महोदया ने व्यक्तिगत तौर पर इसमें रुचि लेकर संगोष्ठी के आयोजन में बहुमूल्य सुझाव एवं हर प्रकार की सुविधा प्रदान की। मैं उनके प्रति कृतज्ञता प्रकट करता हूँ।

सेमिनार के आयोजन में सुप्रचालन समिति, मूल्यांकन समिति व प्रलेखन समितियों ने उन्हें सौंपे कार्यों एवं जिम्मेदारियों को निष्ठापूर्वक निभाया। मैं उन्हें हार्दिक धन्यवाद देता हूँ।

इस लेख संग्रह के आवरण पृष्ठ के डिजाइन में डेकू का पूर्ण सहयोग प्राप्त हुआ। श्री नितिन भावसार एवं श्री धर्मेश भट्ट का योगदान विशेष रूप से उल्लेखनीय एवं सराहनीय है। हिन्दी स्टाफ ने पूर्ण आयोजन में सहयोग के साथ-साथ टंकण, साजसज्जा, संपादन में पूर्ण सहयोग दिया।

लेख संग्रह में समाविष्ट लेख अत्यंत ज्ञानवर्धक एवं स्तरीय हैं। यही अनुरोध है कि इसे कृपया स्वयं पढ़ें एवं औरों को पढ़ाएं।

धन्यवाद।

25/02/2011

(बी.आर. राजपूत)

अहमदाबाद

सदस्य सचिव, सेमिनार समिति

एवं वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी



**अंतरिक्ष उपयोग केंद्र**

| <b>सेमिनार समिति- सेमिनार से संबंधित सभी कार्यों की देखरेख</b>     |                         |            |           |
|--|-------------------------|------------|-----------|
| 1.   | डॉ.नमिता प्रियदर्शी     | अध्यक्ष    | 3315      |
| 2.   | श्री आर.पी. दुबे        | सदस्य      | 3312      |
| 3.   | श्री डी. के. दास        | सदस्य      | 3541/3540 |
| 4.   | श्रीमती डी.आर. पटेल     | सदस्य      | 4068      |
| 5.   | श्री सी.एन. लाल         | सदस्य      | 4306      |
| 6.   | श्री ए. वी. राजू        | सदस्य      | 2012      |
| 7.   | श्री एम. श्रीनिवास सरमा | सदस्य      | 3067      |
| 8.   | श्री एम. एन. मुदकवि     | सदस्य      | 2077      |
| 9.   | श्री बी. आर. राजपूत     | सदस्य-सचिव | 3280      |
| <b>मूल्यांकन समिति - सार और लेख का मूल्यांकन आदि</b>               |                         |            |           |
| 1.   | श्री आर.पी. दुबे        | अध्यक्ष    | 3312      |
| 2.   | डॉ. नीरा चतुर्वेदी      | सदस्य      | 4117      |
| 3.   | श्री असित भट्टाचार्य    | सदस्य      | 4801      |
| 4.   | डॉ बी.एस. मुंजाल        | सदस्य      | 3948/3991 |
| 5.   | श्रीमती नीलू सेठ        | सदस्य-सचिव | 3269      |
| <b>सुप्रचालन समिति- सेमिनार संबंधित खरीद एवं अन्य व्यवस्था आदि</b> |                         |            |           |
| 1.   | श्री डी.के. दास         | अध्यक्ष    | 3541/3540 |
| 2.   | श्री दिनेश अग्रवाल      | सदस्य      | 4841/4805 |
| 3.   | श्री तारसियस अमुदप्पा   | सदस्य      | 3201      |
| 4.   | श्रीमती रचना पटनायक     | सदस्य      | 4057      |
| 5.   | श्री सतीश कुमार पांडे   | सदस्य      | 3062      |
| 6.   | श्री सी.एन. लाल         | सदस्य-सचिव | 4306      |
| <b>संचालन समिति- छात्रों के संबंध में पूरी व्यवस्था आदि कार्य</b>  |                         |            |           |
| 1.   | श्री सी.एन. लाल         | अध्यक्ष    | 4306      |
| 2.   | श्री आर. एस. आचार्य     | सदस्य      | 3402      |
| 3.   | श्री एच.बी. पंड्या      | सदस्य      | 4042/4237 |
| 4.   | श्री के. यू. पटेल       | सदस्य      | 3196      |
| 5.   | श्री दिनेश अग्रवाल      | सदस्य-सचिव | 4841/4805 |
| <b>प्रलेख समिति - मुद्रण एवं सी.डी निर्माण आदि</b>                 |                         |            |           |
| 1.   | श्रीमती डी.आर. पटेल     | अध्यक्ष    | 4068      |
| 2.   | श्री नितीन भावसार       | सदस्य      | 3164      |
| 3.   | श्री राजेश खंडेलवाल     | सदस्य      | 3304      |
| 4.   | श्री सी. एम. किस्टवाल   | सदस्य      | 6108      |
| 5.   | सुश्री रजनी सेमवाल      | सदस्य-सचिव | 3269      |



## सूक्ष्मतरंग संवेदकों के बोर्ड आधारित रडार संकेत प्रक्रमण का चंद्र एवं ग्रहीय अन्वेषण में महत्व

रितेश कुमार शर्मा ,बी .सरवना कुमार ,अभिषेक कुणाल ,आर .सेथिल कुमार ,  
आर.बी .गामेती ,जे.जी .वाछांनी एवं एन.एम .देसाई  
एम.एस.डी.पी.डी./एम.एस.डी.जी./एम.आर.एस.ए./सैक ,इसरो ,अहमदाबाद  
फोन नं5232 /5292 / 5226 .

ईमेल: [nmdesai@sac.isro.gov.in](mailto:nmdesai@sac.isro.gov.in); [ritesh@sac.isro.gov.in](mailto:ritesh@sac.isro.gov.in)

**प्रमुख शब्द:** सूक्ष्म तरंग संवेदक ,संश्लेषित द्वारक रडार )सार ,(परासीय संपीडन ,अंकीय संकेत संसाधित्र )DSP), एफ.पी.जी.ए .,एसिक

### सारांश

इसरो अपने सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदक कार्यक्रम )Microwave Remote Sensing Programme (MRSP)) के तहत सन् 1985से विभिन्न प्रकार के सूक्ष्मतरंग संवेदकों का निर्माण कर चुका है। पिछले साढ़े तीन दशकों में ,इसरो ने दो वायुवाहित C-बैंड आधारित सार निकायों का निर्माण एवं कार्यान्वयन को सफलतापूर्वक संपादित किया है। 29 जुलाई ,सन् 2010को इसरो प्रमुख के द्वारा रीसैट 1-के नीतभार को समस्त परीक्षण के सफलतम परिणाम स्वरूप , आइसैक )बैंगलूरू (को आगे के परीक्षण एवं उपग्रह के साथ संलग्न करने हेतु भेजा गया। इसके साथ-साथ सैक/इसरो आपदा प्रबंधन सार (DMSAR) के निर्माण में भी संलग्न है। डी.एम.सार बीचक्राफ्ट 200-वायुयान पर आधारित सार निकाय है जोकि आपदा परिस्थिति जैसे की बाढ़ के समय 75-50किमी .के बड़े क्षेत्र का प्रतिचित्रण करके उस स्थान का जलभराव एवं बाढ़ के पानी का अवलोकन कर सकता है। इसके साथ ही साथ इसरो ने अपने अगले चंद्र मिशन , चंद्रयान 2-हेतु सूक्ष्म-तरंग संवेदक को 200किमी .की चंद्र-कक्षा में स्थापित करने के लिए मंजूरी दे दी है।

इन सभी मिशनों में प्रमुख एवं क्रांतिक आवश्यकता आंकड़ों का प्रक्रमण वास्तविक या निकट वास्तविक काल में करना है। जैसा कि ज्ञात है कि सार आंकड़ों का प्रक्रमण अत्यंत उच्च आंकड़ों का आयतन ,बहुत उच्च प्रक्रमित शक्ति एवं जटिल नियंत्रण आवश्यकताओं को प्रयुक्त करते हुए साफ्टवेयर आधारित सार संसाधित्र से उत्पाद चित्र को प्रस्तुत करते हैं जिसको पूर्ण करने में उच्च-प्रक्रमण शक्ति के संगणक )Super Computing Computer/Machine) की आवश्यकता पड़ती है। यह प्रक्रिया ही सार संवेदक के प्रयोग को बाधित करती है। इसी आवश्यकता को ध्यान में रखते हुए DSP संसाधित्रों के प्रयोग से रीसैट 1-एवं DMSAR के चित्रों को प्रस्तुत किया गया है।

रीसैट 1-सार में ब्लॉक एडेप्टिव क्वांटाइजेशन )BAQ) प्रक्रिया का प्रयोग करके आंकड़े आयतन एवं दर में संपीडन किया गया है। चूँकि सार निकाय में संपीडन अनुपात अधिक होने के कारण ,सार-चित्रों की प्रस्तुति बोर्ड-आधारित जनित्र के द्वारा प्रस्तुत करना एक आदर्श स्वरूप है। बोर्ड आधारित संसाधित्र के द्वारा चित्रों के प्रस्तुतीकरण से सार प्रक्रिया एवं अनुप्रयोगों हेतु सार चित्रों के अनुप्रयोगकर्ता काफी लाभान्वित हो सकते हैं। इन्हीं सब बोर्ड आधारित सार संसाधित्र के गुणों एवं भू-आधारित वास्तविक/निकट वास्तविक काल संसाधित्रों के निर्माण एवं अभिकल्पों के आधार पर ,एक वास्तविक काल सार संसाधित्र को L-बैंड सार मिशन हेतु प्रस्तावित किया गया है।

सैक/इसरो ने द्वि-आवृत्ति )L एवं S बैंड (आधारित सार ,संश्लेषित द्वारक रेडियोमापी )(SARAD) एवं भू-भेदन रडार (Ground Penetration Radar) के निर्माण को ,भविष्य के ग्रहीय अन्वेषण हेतु प्रारंभ किया है। अत्याधिक आंकड़ें आयतन एवं उच्च आंकड़ें दर के कारण बोर्ड-आधारित संकेत/चित्र प्रक्रमण एक आवश्यक जरूरत बन जाती है। साथ ही साथ ,अन्य ग्रहों के लिए मिशन होने की वजह से इनके भार ,शक्ति एवं आयतन में कमी की सीमा को सूक्ष्मीकरण प्रक्रिया के माध्यम से प्राप्त किया गया है।

प्रस्तुत पत्र में ग्रहीय अन्वेषण हेतु अभिकल्प ,विकास ,उच्च प्रक्रमण शक्ति की आवश्यकता एवं इनके महत्वपूर्ण पहलुओं का विवरण प्रस्तुत किया गया है।

### प्रस्तावना:

सूक्ष्म-तरंग संवेदक अपने दिन-रात, समस्त मौसम एवं सुदूर संवेदन के कारण, जिस लक्ष्य का चित्रण करते हैं उसके बारे में काफी विस्तृत विवरण प्रस्तुत करने में सक्षम होते हैं। विभिन्न प्रकार के सूक्ष्मतरंग संवेदक जैसे कि सार, स्केट्रोमीटर एवं रेडियोमापी, विभिन्न ग्रहों एवं उपग्रहों जैसे कि चांद, ज्यूपिटर, मंगल एवं बुध पर जाकर, वहाँ जल एवं खनिजों के उत्खनन के लिए निर्णायक भूमिका निभा सकते हैं एवं इन कार्यों हेतु सर्वोपयुक्त भी हैं, परंतु उच्च-विभेदन के सार में अत्याधिक आँकड़ें आयतन एवं जटिल नियंत्रण प्रणाली प्रयुक्त होती है। सार निकार्यों के आँकड़ें दर करीब 3-1 गिगाबिट्स प्रति सेकंड (बिना संपीडन किये हुए कच्चे आँकड़ें (एवं सरद नीतभार के लिए 3-2 गिगाबिट्स प्रति सेकंड के लगभग होती है)।

चंद्रयान 1-का भू-निकाय तीन अवयवों से मिलकर बना है: भारतीय डीप अंतरिक्ष तंत्र जाल (IDSN), उपग्रह नियंत्रण केंद्र (SCC) एवं भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान आँकड़े केंद्र (ISSDC)। बेंगलूरु के निकट, बायलालू में IDSN की स्थापना की गयी जोकि उपग्रह के साथ S एवं X बैंड संचार प्रणाली से जुड़ा रहता है और यह 18मी. एवं 32मी. के एन्टेना द्वारा इस कार्य को अंजाम देता है। IDSN के द्वारा अधिकतम 8/16 मेगाबिट्स प्रति सेकंड का आँकड़ा दर संचारित किया जा सकता है। इन्हीं उपग्रह आँकड़ें दर की सीमा के कारण सार के कई विधाओं में वास्तविक काल आँकड़ों का संचरण संभव नहीं है। इन उच्च-आँकड़ें दर के कारण उपग्रह पर बोर्ड-आधारित ठोस अवस्था अभिलेखी (Solid State Recorder) को आँकड़ों का संग्रहण करने के लिए प्रयुक्त करना पड़ता है जिससे कि भौगोलिक व्याप्ति में काफी कमी आ जाती है। अतैव यह अत्यंत आवश्यक हो जाता है कि बोर्ड आधारित संकेत एवं चित्र प्रक्रमण प्रक्रिया के फलस्वरूप आँकड़ों दर को घटाकर लक्ष्य की प्राप्ति की जाये। चंद्रयान 2-में बोर्ड आधारित संसाधित्र प्रक्रिया करके आँकड़ों का आयतन एक तिहाई (1/3) घटाया गया है जोकि SSR पर संग्रहित होने के पश्चात भी (2/3) स्थान और आँकड़ों के संग्रहण हेतु प्रदान करता है, जबकि 'सरद' मिशन में बोर्ड-आधारित संसाधित्र करके आँकड़ें दर को 3-2 गिगा बिट्स प्रति सेकंड से घटाकर कुछ सौ (100) किलोबिट्स प्रति सेकंड तक कर दिया जाता है जोकि भू-आधारित संचार लिंक के माध्यम से वास्तविक काल में आसानी से प्रेषित किया जा सकता है।

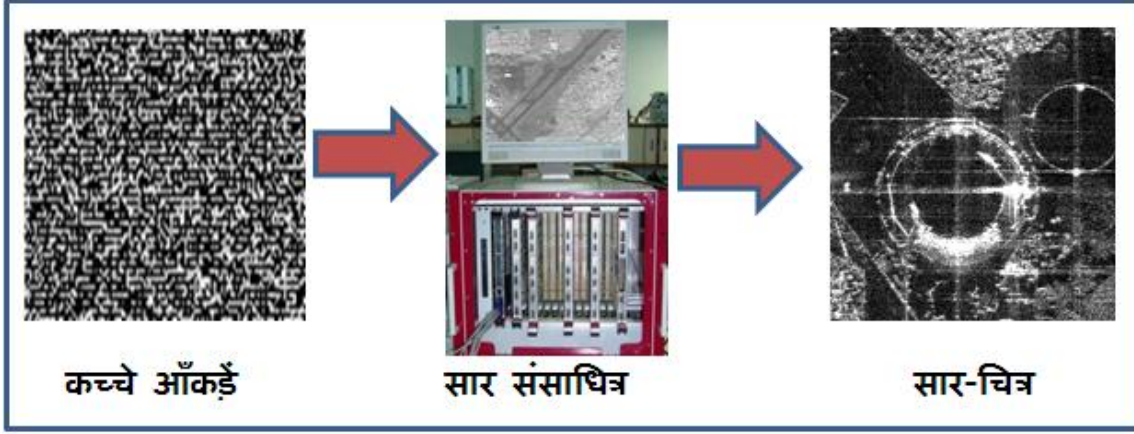
### इसरो के भविष्य के सूक्ष्मतरंग ग्रहीय मिशन:

इसरो अपने महत्वाकांक्षी MRSP कार्यक्रम के तहत इस दशक में कई अंतरिक्ष एवं वायुवाहित उपग्रहों का प्रमोचन एवं संक्रियात्मक करने वाला है। इसरो ने भविष्य के लिए एल-बैंड ध्रुवीयमिति सार, P-एवं X बैंड के वायुवाहित सार, सूक्ष्म उपग्रहीय सार, स्केट्रोमीटर-रिपीट, एल्टीमीटर, सरद एवं रीसैट 3-के निर्माण एवं विकास का प्रारूप प्रस्तुत किया है। इसके साथ-साथ GPR को भी अनुमोदन हेतु प्रस्तुत किया गया है जबकि 'सरद' मिशन को उन्नत R&D के तहत लिया गया था और अगले पंचवर्षीय योजना 12)वी योजना (में इसके निर्माण के लिए कार्य को भी सम्मिलित किया जायेगा। इसरो के द्वारा चंद्रयान 2-के कार्य को अनुमोदित कर दिया गया है एवं इसके सार नीतभार को सैक/इसरो द्वारा निर्मित किया जा रहा है।

इन सभी मिशनों में से द्वि-आवृत्ति (L&S- बैंड (सार) चंद्रयान 2-हेतु (GPR एवं सरद (SARAD) मिशनों के नीतभार को समकालिक एवं भविष्य के चंद्र एवं ग्रहीय मिशनों हेतु प्रमुखता एवं प्राथमिकता के साथ निर्मित किया जा रहा है।

### प्रक्रमण की आवश्यकताएं:

उच्च-विभेदन सार प्रक्रमण की अभिलक्षिताएँ उच्च आयतन के आँकड़ें, उच्च जटिल प्रक्रियायें एवं कठिन नियंत्रण आवश्यकताएँ हैं। सार के कच्चे आँकड़ों का स्वरूप बर्फ की तरह की संरचनाएँ होती है जोकि अनियमित (Random) संकेतों के कारण उत्पन्न होती हैं। काफी सारी जटिल प्रक्रियाओं और नियंत्रण प्रक्रियाओं से चित्र 1-की भाँति सार-चित्र की प्राप्ति होती है।



चित्र1:- सार-संसाधित्र एवं प्रक्रमित चित्र

सार आँकड़ों का प्रक्रमण परास एवं दिगंश (Range & Azimuth) दोनों दिशाओं में किया जाता है। परासीय संपीडन प्रक्रिया में रैखिक चर्प संकेत का प्रयोग सुमेलित फिल्टरन (Matched filtering) की तरह अथवा जटिल सहसंबंधन की तरह करके प्रत्येक संकेत के परावर्तन का प्रक्रमण किया जाता है। परासीय संपीडन के पश्चात कोने-घुमाव (Corner Tuning) प्रक्रिया करके आँकड़ों को पुनर्व्यवस्थित करते हैं। संक्षेपित द्वारक में प्रत्येक संकेत को दिगंश-दिशा में सुमेलित फिल्टरन करके संपीडित किया जाता है। उच्च-विभेदन के सार चित्रण में आँकड़ें संक्षेपित द्वारक काल में परास कोष अव्यवस्था प्रभाव के कारण नये स्थान पर प्रतिस्थापित हो जाते हैं। इस प्रभाव के मुख्यतः दो घटक परास चाल एवं परास वक्रिय होते हैं। परास चाल मुख्यतः ग्रह अथवा उपग्रहों के घुमाव के कारण उत्पन्न होते हैं जबकि ऐन्टेना का तिर्यक या दृश्य कोण का प्रभाव भी इसमें निहित रहता है। परास वक्रिय प्रभाव मुख्यतः अधिक द्वारक काल (6-5)सेकंड (के फलस्वरूप उत्पन्न होता है जिसकी दिगंश प्रक्रमण के समय ठीक करना अत्यंत आवश्यक होता है। यह प्रक्रिया दिगंश दिशा में आवृत्ति डोमेन में प्रतिचयन एवं जटिल गुणन प्रक्रिया के द्वारा संपादित की जाती है। तत्पश्चात् चाल संशोधन के लिए डॉप्लर केंद्र अवलोकन तथा स्वयंफोकस प्रक्रिया की जाती है। वर्तमान सार में यह समस्त कार्य उपग्रह के कक्षीय एवं अन्य चरों के मान अथवा आँकड़ों से व्युत्पन्न करके पूर्ण की जाती है।

इसी प्रकार 'सरद (SARAD)' नीतभार में 69चैनलों के आँकड़ों का प्रस्तुतीकरण होता है जोकि कच्चे आँकड़ें दर लगभग 3-2 गिगा बिट्स प्रति सेकंड तक प्रस्तुत करते हैं। बोर्ड-आधारित संकेत संसाधित्र का प्रयोग करके इनको कुछ सौ किलोबिट्स प्रति सेकंड में परिवर्तित कर दिया जाता है। अतैव यह सभी सूक्ष्मतरंग संवेदक काफी उच्च-आयतन और उच्च आँकड़ें दर उत्पन्न करते हैं जिनके लिए की बोर्ड-आधारित संकेत/चित्र-संसाधित्र की आवश्यकता अत्यंत निर्णायक है। हमने अंकीय निकायों के साथ-साथ उनमें बोर्ड आधारित संकेत संसाधित्रों का भी निर्माण किया है।

आइये अब हम सूक्ष्मतरंग संवेदकों के विभिन्न प्रकार के अंकीय निकायों का विवरण प्राप्त करें जिनमें की बोर्ड-आधारित संकेत संसाधित्रों का आरोपण किया जा रहा है और जोकि विभिन्न ग्रहीय-अन्वेषण कार्यों में भविष्य में अपना महत्वपूर्ण रोल अदा करेंगे।

### चंद्रयान 2-हेतु सूक्ष्मतरंग प्रतिबिंबन नीतभार:-

चंद्रयान 1-अपने साथ 11नीतभारों को लेकर गया था, जिसमें से की 5नीतभार स्वदेशी थे और चंद्रयान 1-के वैज्ञानिक अन्वेषण का महत्वपूर्ण हिस्सा थे। बाकी के 6नीतभार विदेशी एवं भारतीय वैज्ञानिक संस्थाओं द्वारा निर्मित थे। सैक / इसरो

पूर्णतः सूक्ष्मीकृत प्रकाशीय नीतभारों TMC एवं HySi के विकास एवं निर्माण हेतु उत्तरदायी था। इनके अलावा चंद्रयान 1-में अनुप्रयोग भौतिकी प्रयोगशाला (Applied Physics Laboratory) के द्वारा निर्मित अमेरिका का सूक्ष्मतरंग संवेदक S-बैंड मिनीसार था जोकि 2.5गिगाहर्टज की आवृत्ति पर सदैव छायायित क्षेत्र एवं चंद्र ध्रुव के पास जल के मानचित्रण हेतु भेजा गया था। इसका कुल वजन 9किग्रा .था तथा यह 50वाॅट्स से भी कम शक्ति का संदोहन करता था।

इसरो ने अपने द्वितीय मानवरहित चंद्रयान 2-मिशन हेतु ) 7सात (नीतभारों का प्रस्ताव दिया है। चंद्रयान 2-में इसके अलावा एक ऑर्बिटर उपग्रह ,एक लैंडर एवं एक रोवर भी सम्मिलित होगा। इसको GSLV के द्वारा सन् 2013में श्रीहरिकोटा से प्रमोचित किया जायेगा। लैंडर के निर्माण का कार्य रूस के द्वारा किया जायेगा जबकि ऑर्बिटर एवं रोवर का निर्माण बैंगलूरु मुख्यालय ,इसरो के द्वारा किया जायेगा।

दो दशकों के निर्माण एवं विकास अनुभवों के आधार पर ,सैक/इसरो ने द्वि-आवृत्ति (L&S बैंड (वाले चंद्रयान 2-के लिए सार नीतभार के निर्माण का कार्य प्रारंभ कर दिया है। यह सार चंद्र सतह पर जल की खोज की पुष्टि करने में एक निर्णायक भूमिका अदा करेगा। इसके आधार पर भविष्य में अन्य ग्रहों पर भी अन्वेषण कार्यों को मूर्त रूप देने में सहायता मिलेगी।



चित्र-2: चंद्रयान 2-के विकास चरण का कार्ड

समस्त निर्माण सीमाओं को ध्यान में रखते हुए एवं भार ,आयतन तथा शक्ति की मर्यादा को प्रतिपादित करतने हेतु प्रारंभिक काल से चले आ रहे निर्माण प्रक्रिया में थोडा बदलाव किया गया है। समस्त बोर्ड-आधारित निकायों में सूक्ष्मीकरण की प्रक्रिया का समावेश किया गया है। उच्च-विभेदन क्षमता )~ 2.5मी (.के साथ-साथ उच्च बैंड परास )~ 75MHz) के साथ , बोर्ड-आधारित संकेत/चित्र संसाधित्र का प्रयोग की प्रक्रिया एवं सूक्ष्मीकरण के कार्य को बखूबी अंजाम दिया गया है। चित्र संख्या 2-में विकास चरण के चंद्रयान 2-के अंकीय निकाय कार्ड को प्रस्तुत किया गया है जबकि

सारणी 1-में चंद्रयान 2-एवं रीसैट 1-के अंकीय उपनिकायों की विभिन्न लाक्षणिकताओं की तुलना प्रस्तुत की गयी है:

सारणी 1: चंद्रयान 2-एवं रीसैट 1-के अंकीय उपनिकायों की तुलना

| प्राचल | रीसैट1-DCG | रीसैट1-DACS | एकल-बोर्ड PLC | संयुक्त अंकीय निकाय | चंद्रयान 2-सार निकाय |
|--------|------------|-------------|---------------|---------------------|----------------------|
|        |            |             |               |                     |                      |

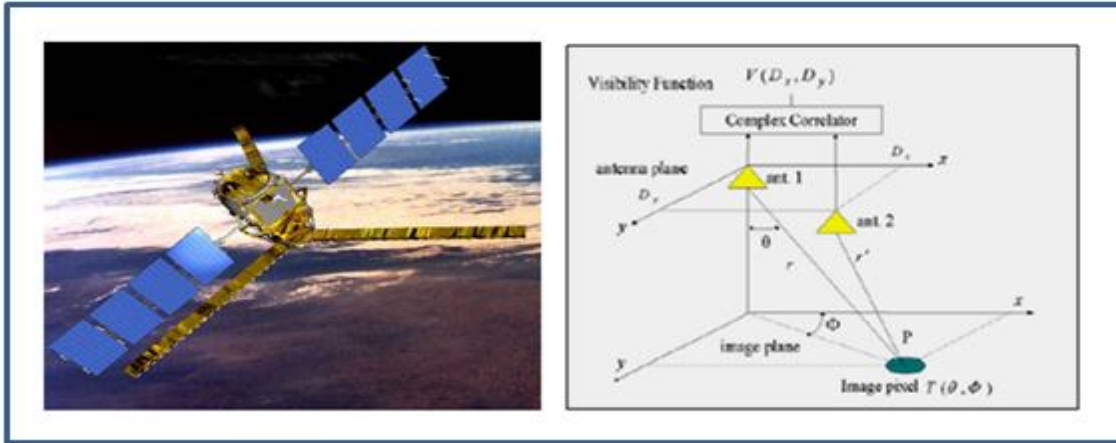
|                  |                        |                         |                         |             |                        |
|------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|------------------------|
| प्रतिचयन आवृत्ति | 62.5मेगाहर्ट्ज         | 250मेगाहर्ट्ज           | -                       | -           | 83.33/125 मेगाहर्ट्ज   |
| FPGA             | वर्टेक्सXQVR600        | वर्टेक्स XQVR600        | वर्टेक्सXQVR600         | -           | वर्टेक्स 4-XQ4VRSX55   |
| शक्ति            | 5 वॉट्स                | 25 X 2वॉट्स             | 7वॉट्स                  | ~ 62वॉट्स   | ~ 6वॉट्स               |
| भार )ट्रे(       | 1.25 किग्रा.           | 1.5X 2 किग्रा.          | 1.5 किग्रा.             | ~5.75किग्रा | 1.0 किग्रा.            |
| PCB की विमायें   | 225 मिमी.X<br>175मिमी. | 260मिमी .X<br>220 मिमी. | 250मिमी .X<br>200 मिमी. | -           | 250मिमी.X<br>200 मिमी. |

### संक्षेपित द्वारक रेडियोमापी )सरद ,SARAD)

द्वि-विमीय इंटरफेरोमेट्रिक )Interfometric) रेडियोमापी अर्थात संक्षेपित द्वारक रेडियोमापी कम आवृत्ति )L- बैंड (पर भू-सतह की नमी एवं समुद्र-सतह का खारापन नापने के लिए सर्वोत्तम सूक्ष्मतरंग संवेदक है। इन दो महत्वपूर्ण विज्ञान प्राचलों के निर्धारण एवं मापन हेतु एल-बैंड का ~ 1.4GHz आवृत्ति संकेत पूर्णतयः समर्थ है। किसी भी सतह की नमी वहाँ

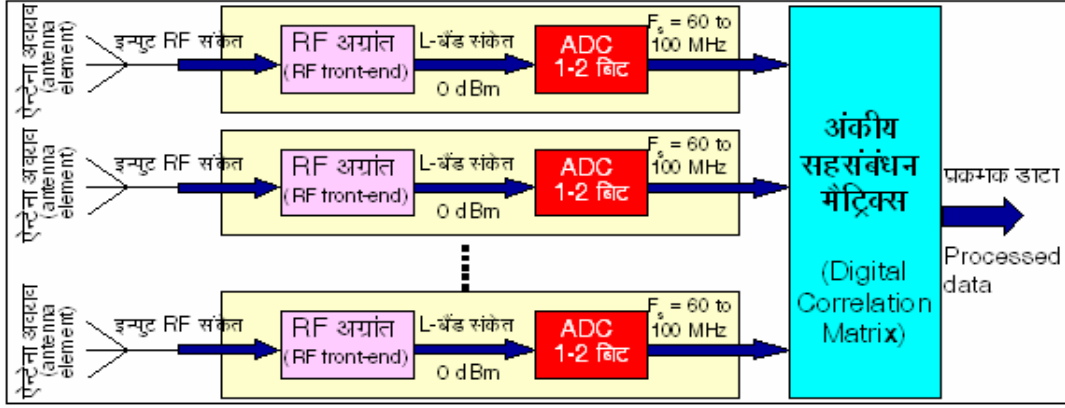
पर जल की प्रचुरता एवं वनस्पति के उपयुक्ता को निर्धारित करती है। जबकि समुद्र का खारापन अति तापीय चक्रवात , ताप-स्थानांतरण एवं समुद्रों के सतह के निकट के प्रांचलों को निरूपित करते हैं।

संक्षेपित द्वारक रेडियोमापी परास-दिशा में विभेदन को वास्तविक द्वारक एन्टेना के माध्यम से प्राप्त करता है जबकि दिगंश दिशा में संक्षेपित द्वारक एन्टेना की मदद से विभेदन को प्राप्त किया जाता है। सरद के द्वारा 3-2दिवस के भौगोलिक व्याप्ति के साथ उच्च विभेदन )~ 10से 50किमी (.का काफी विस्तृत क्षेत्र की जानकारी प्रदान करता है। चित्र संख्या 3में 'सरद' का चित्र एवं कार्य सिद्धांत को दर्शाया गया है।



चित्र3-: संक्षेपित द्वारक रेडियोमापी का स्वरूप एवं कार्य करने का सिद्धांत

'सरद' मिशन में Y आकार का 4मी .लंबा एन्टेना प्रयुक्त होगा जिसके प्रत्येक एन्टेना पृष्ठ पर 23एन्टेना अवयव लगे होंगे। इस प्रकार से कुल  $23 \times 3 = 69$  एन्टेना अवयवों के द्वारा आँकड़े प्राप्त होंगे। चित्र संख्या 4-में अंकीय प्रेपी-सहसंबंधक ,जोकि 'सरद' मिशन में प्रयुक्त होगा ,को प्रदर्शित किया गया है।



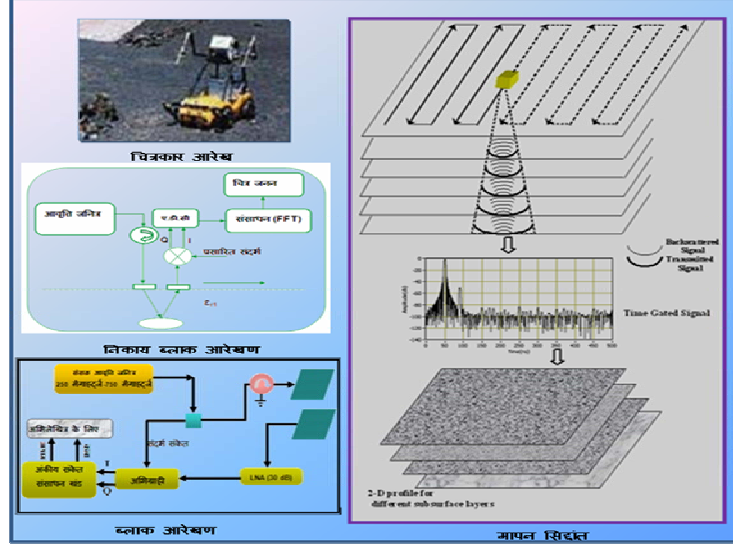
चित्र 4: 'सरद' मिशन का बोर्ड-आधारित अंकीय उपनिकाय

यह L- बैंड आधारित रेडियोमापी के संकेत एन्टेना अवयवों से होते हुए विस्तृत बैंड RF एवं पृष्ठ भाग में स्थित कम रव प्रवर्धक से गुजरकर एनालोग से अंकीय प्रवर्तक (Analog To Digital Converter) को प्रेषित होंगे। यह परिवर्तित अंकीय आँकड़ें प्रकाशीय कड़ी से होते हुए केंद्र के सहसंबंधक माड्यूल को समांतर या श्रेणीबद्ध आँकड़े फारमेटन में भेजे जायेंगे। 'सरद' के इस बोर्ड-आधारित प्रक्रमण के पश्चात् आँकड़ें दर को 3 गिगाबिट्स प्रति सेकंड से घटाकर ~ 500-100 किलोबिट्स प्रति सेकंड तक ला दिया जायेगा जोकि वर्तमान में स्थापित भू-स्टेशनों पर आँकड़ें ग्रहण करने में सक्षम होंगे।

#### भू-भेदन रडार:

यह अन्वेषण एवं विकास का मिशन, भविष्य के चंद्र एवं अन्य ग्रहीय मिशनों में भू-आँकड़ें, खनिज अन्वेषण एवं उन संपदाओं के अधिकाधिक संदोहन के निर्णय में काफी सहायक होगा। एक सूक्ष्मीकृत एवं हल्के भू-भेदन रडार जिसका कुल वजन 1 किग्रा होगा और 10 वॉट की DC शक्ति का संदोहन करेगा, का प्रस्ताव भविष्य के मिशनों हेतु इसरो द्वारा दिया गया है। जैसा कि नाम से वर्णित है कि यह रडार भूमि के नीचे भेदकर उसकी जानकारी प्राप्त करने में सक्षम होगा। किसी भी ग्रह या उपग्रह के 10 मी. गहराई तक का -3 विमीय 1 मी. x 1 मी. x 1 मी. विभेदन क्षमता का चित्र प्रस्तुत करने में सक्षम होगा। इसके द्वारा प्राप्त सतही आँकड़ें उस सतह की परावैद्युतांक (Directive) प्रवृत्ति को प्राप्त करने में भी सक्षम होगा तथा इसका प्रदर्शन एवं आवश्यक अंशांकन की प्रक्रिया निर्माण भी किया जायेगा। चित्र संख्या 5-में भू-भेदन रडार का चित्र एवं कार्य-सिद्धांत को दर्शाया गया है।





चित्र 5: भू-भेदन रडार Ground Penetration Radar (GPR)

**उपसंहार:**

बोर्ड-आधारित प्रक्रमण से लैस सूक्ष्मीकृत अंकीय उपनिकाय ,तकनीकी रूप से एकदम नये एवं क्रांतिक अवयव हैं जोकि भार , आकार एवं शक्ति की परिसीमा में रहते हुए चंद्र एवं अन्य ग्रहों के अन्वेषण एवं उत्खनन में काफी सहायक सिद्ध होंगे । इस पत्र के माध्यम से बोर्ड-आधारित संकेत संसाधित्र युक्त सूक्ष्मतरंग संवेदकों के द्वारा ग्रहीय अन्वेषण कर सकने की क्षमता का विस्तृत विवरण प्रस्तुत किया गया है । योग्यता परीक्षण हेतु इन सभी निकायों के प्रारूपों का निर्माण-कार्य ,अति उन्नत तकनीकी अवयवों के माध्यम से शुरू किया जा चुका है और 1साल के भीतर यह पूर्ण कर लेने का भी प्रस्ताव किया गया है । भविष्य के चंद्र ,ग्रहीय एवं मानवयान मिशनों के बोर्ड-आधारित सूक्ष्मतरंग संवेदकों के निर्माण एवं विकास के लिए यह एक अत्यंत महत्वपूर्ण कदम होगा ।

**आभार:**

हमें इस कार्य को करने के लिए दिये गये सुअवसर ,प्रोत्साहन एवं दिशा-निर्देश के लिए हम श्री आर.आर .नवलगुंद )निदेशक , सैक ,(श्री ए.एस .किरणकुमार )सह-निदेशक ,सैक ,(श्री तपन मिश्रा )उप-निदेशक ,एम.आर.एस.ए (.एवं श्री वी.आर .गुजराती )पूर्व उप-निदेशक ,एम.आर.एस.ए (.के अत्यंत आभारी हैं जिन्होंने सूक्ष्मतरंग संवेदक संबंधित विकास कार्यों को करने में हमें अपना मार्गदर्शन एवं सहयोग दिया । हम श्री वी.आर .राजपूत ,वरिष्ठ हिंदी अधिकारी तथा हिंदी कक्ष के सभी सहकर्मियों का आभार प्रकट करते हैं जिन्होंने इस पत्र को टंकण करने में सहयोग प्रदान किया ।

अंत में हम एम.आर.एस.ए .के सभी वैज्ञानिकों ,अभियंताओं ,सहकर्मियों ,सैक/इसरो के कर्मियों तथा समस्त इसरो परिवार के आभारी हैं ।





## महासागर वर्ण मापी-2 (OCM-2) नीतभार का कक्षीय ताप अनुरूपण

संदीप र. सोमाणी<sup>1</sup>, सी. पी. दीवान<sup>2</sup>, एस. एस. सरकार<sup>3</sup>  
 एस.टी.ए.जी.<sup>1</sup> और ओ.पी.एम.जी<sup>2</sup>/एम.ई.एस.ए, आर.एफ.ओ.डी.<sup>3</sup>/एस.ई.डी.ए.  
 दूरभाष : 3933

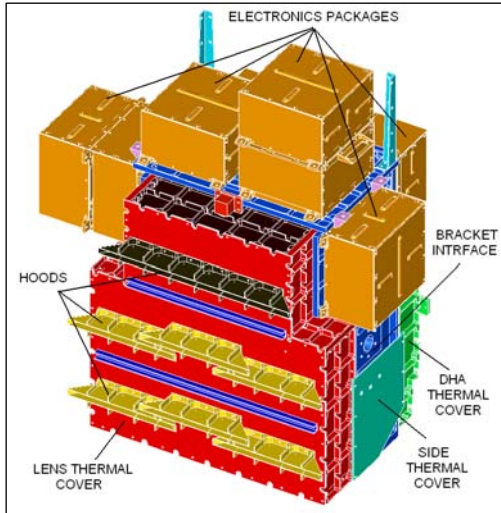
### 1 सारांश :

महासागर वर्ण मापी-2 (OCM-2) नीतभार को सुदूर संवेदन उपग्रह ओशनसेट-2 में प्रकीर्णमापी और रोसा (Scatterometer & Rosa) नीतभार के साथ रखा गया है। इस उपग्रह को ध्रुवीय सूर्य तुल्यकालिक (Polar Sun-synchronous) कक्षा में 720 कि.मी. तुंगता (altitude) पर और भू-मध्यरेखीय समतल से 98.25<sup>0</sup> कोण में प्रक्षेपित किया गया है। उपग्रह का भूमध्यरेखा पार करने का समय दोपहर-12 बजे का है।

उपग्रह प्रक्षेपण के बाद प्राप्त किए गए चित्रों के परीक्षण करने से यह मालूम हुआ कि बी-2, बी-4 और बी-6 बैंड (bands) के चित्र अपेक्षित स्थिति से स्थानांतरित हो गए हैं। ये लेख में स्थानांतरण का संभवित तापीय कारण जानने के लिए महासागर वर्ण मापी-2 (OCM-2) नीतभार का कक्षीय ताप अनुकरण किया गया है। इस विश्लेषण का परिणाम विस्तृत रूप से यहाँ प्रस्तुत किया गया है।

### 2 प्रस्तावना : (INTRODUCTION):

ओ.सी.एम-2 नीतभार के ज्यामितीय निदर्श को लेकर ताप अनुरूपण (Thermal Simulation) किया गया है। ओ.सी.एम-2 नीतभार का ज्यामितीय निदर्श चित्रपट-1 में दिखाया गया है।



चित्रपट-1 : ज्यामितीय निदर्श

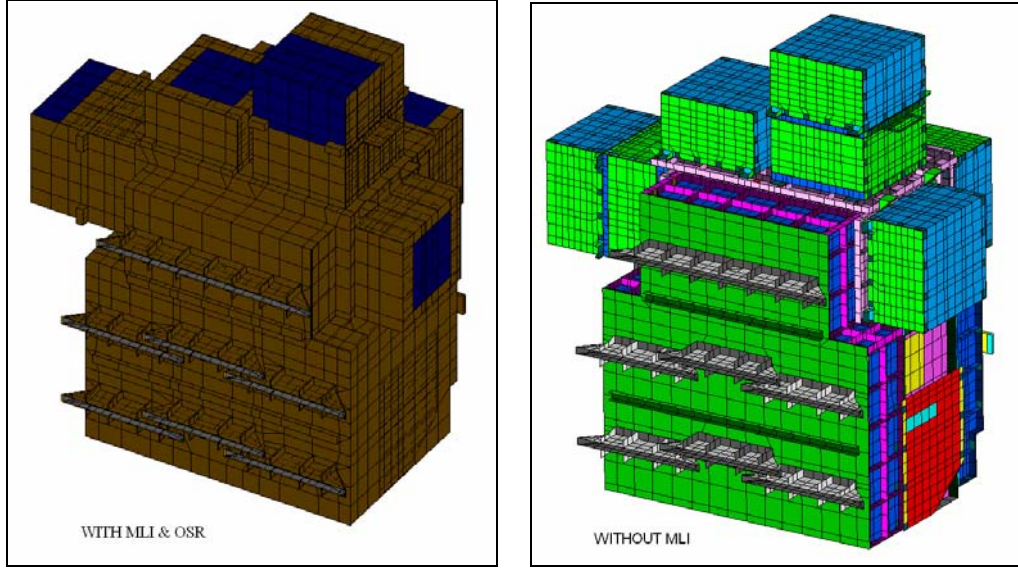
### 3. ज्यामितीय निदर्श :

इस ज्यामितीय निदर्श के विभिन्न अवयव इस प्रकार हैं।

- अ) विद्युत प्रकाशी प्रतिरूपक (EOM)
- आ) लेन्स कोडांतरण (संख्या - 8)
- इ) संसूचक शीर्ष कोडांतरण (Detector Head Assembly-DHA) (संख्या - 8)
- ई) ताप आच्छादन (Thermal cover)
- उ) संसूचक इलेक्ट्रानिक पकेज (संख्या - 8)
- ऊ) ताप नियंत्रण तापक और संवेदक (heater and sensor)

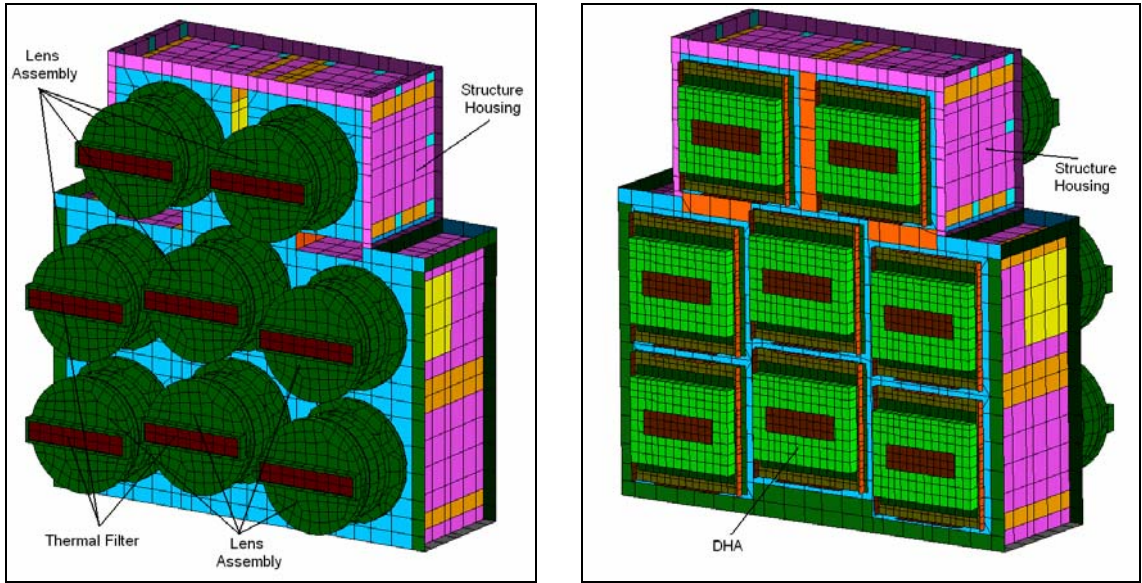
### 4. ताप गणितीय निदर्श (Thermal Mathematical Model-TMM):

ऊपर चर्चा किए गए ज्यामितीय निदर्श के अनुसार ताप गणितिय निदर्श (Thermal Mathematical Model-TMM) को विकसित किया गया है। चित्रपट-2 में संपूर्ण नीतभार के TMM को दिखाया गया है। इस में कुछ जगह पर नीतभार को बहुपरत उष्मारोधि चादर (MLI) और प्रकाशीय सौर परावर्तक (OSR) से आच्छादित किया गया है।



चित्रपट-2 : गणतीय निदर्श

चित्रपट-3 में लेन्स कोडांतरण और संसूचक शीर्ष कोडांतरणों को संरचना के साथ दिखाया गया है।



चित्रपट-3 : लेन्स कोडांतरण और संसूचक शीर्ष कोडांतरण का संरचना के उपर आरोपण

इस TMM को विकसित करने के लिए और तापीय अनुकरण करने के लिए निम्न सावधानियों का ध्यान रखा गया है।

1. गोलाकार बेयरिंग और तनुपट/डायफ्राम के कारण ओ.सी.एम-2 नीतभार को उच्च तापीय प्रतिरोध से तापीय पृथक्कृत किया गया है।
2. लेन्स कोडांतरण तापीय आच्छादन और DHA तापीय आच्छादन को प्रधान संरचना से 3.2 मि.मी. GFRP वाशर के साथ तापीय-पृथक्कृत किया गया है।
3. इलेक्ट्रॉनिक पैकेज को 3 मि.मी. GFRP वाशर से तापीय-पृथक्कृत किया गया है।
4. सभी आंतरिक सतहों को काला प्रलेप (black-paint) किया गया है।
5. ओ.सी.एम-2 नीतभार को प्रकाशीय सौर परावर्तक (OSR) और हुड खिडकी (hood-window) के अतिरिक्त पूर्ण रूप से बहुपरत उष्मारोधि चादर (MLI) से आच्छादित किया गया है।

5. नीतभार में उष्मा क्षय (Heat dissipation):

नीतभार के विभिन्न घटकों का उष्मा क्षय निम्न प्रकार से है।

| क्र.संख्या | घटक  | उष्मा क्षय, वाट (W) |
|------------|--|---------------------|
| 1          | संसूचक (CCD)   | 0.15 X 8 = 1.2      |
| 2          | पी.सी.बी-संसूचक (PCB-CCD)                                | 0.25 X 8 = 2.0      |
| 3          | संसूचक इलेक्ट्रॉनिक पैकेज (Detector Electronic packages) | 5.5 X 8 = 44        |

6. ओ.सी.एम-2 नीतभार का ताप नियंत्रण:

ओ.सी.एम-2 नीतभार के विद्युत प्रकाशी प्रतिरूपक (EOM) का तापीय अभिकल्पना के अनुसार अधिकतम और न्यूनतम तापमान क्रमशः 13 और 17 डिग्री सेल्सियस है। ओ.सी.एम-2 नीतभार की तापीय अभिकल्पना में उपयोग में लिए गए विविध ताप संवेदक (Temp. Sensor), ताप नियंत्रण तापक (Heater) और प्रकाशीय सौर परावर्तक (OSR) का विवरण संदर्भ-1 में दिया गया है। संदर्भ-1 के अनुसार इस तापीय अभिकल्पना में पूर्ण तापक क्षमता 49.38 वॉट है जिसको तापीय अनुरूपण में लिया गया है।

7. कक्षीय मापा हुआ तापमान (On-Board Temperature Measurement):

उपग्रह का 23 सितम्बर, 2009 को अवकाश में प्रमोचन किया गया है। प्रमोचन समय पर सभी तापीय संवेदकों का माप किया गया तापमान 22 डिग्री सेल्सियस है। यहाँ दो चरणों के लिए माप किया हुआ संवेदक तापमान दिखाया गया है।

7.1 प्रावस्था-1 (PHASE-1)-पमोचन के दौरान (From 23 Sep 2009 06:21:01 to 24 Sep 2009 04:34:59):

संदर्भ-2 में 5 लेन्स के, 8 संसूचक के और 3 नीतभार इलेक्ट्रॉनिक्स के ताप संवेदकों के मापे गए तापमान का संपूर्ण विवरण दिया गया है। प्रवस्था के प्रारंभ में सभी घटकों का मापा गया तापमान 22 डिग्री सेल्सियस है। प्रवस्था के अंत में सभी लेन्सों का तापमान 17-18 डिग्री सेल्सियस और आठ संसूचकों का तापमान 18-19 डिग्री सेल्सियस मापा गया है। नीतभार इलेक्ट्रॉनिक्स PLDELE-1, 2 और 3 का प्रवस्था के अंत में स्थिर मूल्य तापमान क्रमशः 11, 12 और 10 डिग्री सेल्सियस मापा गया है।

7.2 प्रावस्था-2 (PHASE-2)-उपग्रह परिभ्रमण के दौरान (From 24 Sep 2009 04:50:58 to 25 Sep 2009 04:00:45):

संदर्भ-2 के अनुसार ये अवधि के दौरान बी-1 संसूचक का तापमान 18-20 डिग्री सेल्सियस, बी-2 संसूचक का तापमान 16-17 डिग्री सेल्सियस, बी-3 संसूचक का तापमान 15-16 डिग्री सेल्सियस, बी-4 संसूचक का तापमान 16-17 डिग्री सेल्सियस, बी-5 संसूचक का तापमान 16-18 डिग्री सेल्सियस, बी-6 संसूचक का तापमान 16-17 डिग्री सेल्सियस, बी-7 संसूचक का तापमान 16-18 डिग्री सेल्सियस, बी-8 संसूचक का तापमान 15-16 डिग्री सेल्सियस मापा गया है।

8. तापीय अनुरूपण (Thermal Simulation):

मूलरूप से नीतभार की स्थिति की चार संभावनाओं को ध्यान में रखते हुए ताप-अनुरूपण किया गया है। अनुरूपण में ली गई 4 संभावनाएं निम्नासार हैं।

1. नीतभार गहन अंतरिक्ष की ओर देख रहा है।
2. नीतभार सूर्य की ओर देख रहा है।
3. नीतभार का झुकाव (tilt) +20 डिग्री कोण (सूर्य दिक्पात कोण +23.45 डिग्री)
4. नीतभार का झुकाव (tilt) -20 डिग्री कोण (सूर्य दिक्पात कोण -23.45 डिग्री)

## ग्रहीय अन्वेषण को विशेष महत्व देते हुए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एवं उपयोग

ओपनसेट-2 की प्रमोचन घटना के अनुक्रम के अनुसार, सूर्य और पृथ्वी की स्थिति का अभिग्रहण (acquisition) उपग्रह प्रमोचन के 2 घंटे के बाद हो रहा है (संदर्भ-3)। इसलिए प्रवस्था 1 और 2 के लिए तापीय अनुरूपण की अवधि 2 घंटे ली गई है।

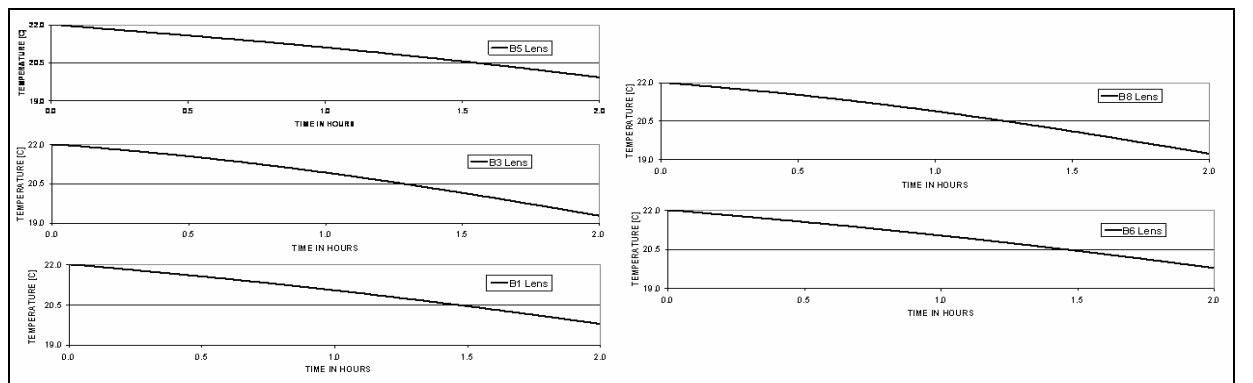
### 8.1 प्रावस्था 1: नीतभार गहन अंतरिक्ष की ओर देख रहा है।

इस प्रावस्था के प्रारंभ में नितभार का तापमान 22 डिग्री सेल्सियस माना गया है और नितभार सतत गहन अंतरिक्ष की ओर 2 घंटे की अवधि के लिए देख रहा है। इस प्रावस्था में अनुमान किया गया है की नीतभार की कोई भी सतह पर सौर भार नहीं गीर रहा है। इस अवस्था में नीतभार प्रचालन बंद है और नियंत्रण तापक भी बंद स्थिति में है। विभिन्न महत्वपूर्ण घटकों की तापमान प्रवणता का मूल्यांकन तालिका-1 में दिया गया है। ताप प्रोफाइल (temperature profile) चित्रपट-4 और 5 में दिया गया है। सभी लेन्स कोडांतरणों में महत्तम तापमान प्रवणता 1 घंटे की अवधि के बाद 3.1 से 3.2 डिग्री सेल्सियस और 2 घंटे की अवधि के बाद 3.5 से 3.9 डिग्री सेल्सियस है। लेन्स कोडांतरण में सबसे आगे होने के कारण ऊष्मा पारक (Thermal Filter) का तापमान सबसे कम है। ऊष्मा पारक में महत्तम तापमान प्रवणता का मूल्य 2.4 डिग्री सेल्सियस है जबकी लेन्स 1 में महत्तम तापमान प्रवणता का मूल्य 0.8 डिग्री सेल्सियस (1 घंटे के बाद) और 1.5 डिग्री सेल्सियस (2 घंटे के बाद) है।

इस प्रावस्था में कोई असामान्य तापमान परिवर्तन को नहीं देखा गया है।

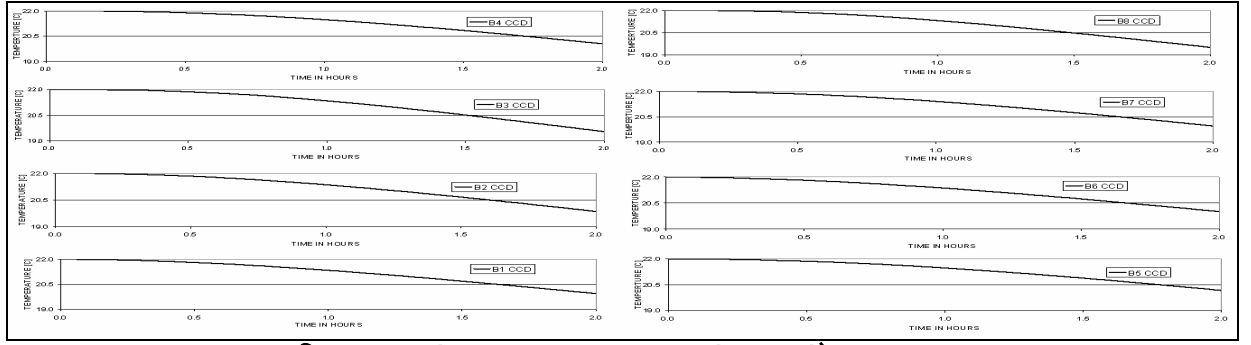
तालिका-1: प्रावस्था 1: तापमान प्रवणता (Temperature gradient for Case I)

| क्र. संख्या | घटक (Part)                          | तापमान (Temperature), °C<br>(1 घंटे के बाद) |              | (तापमान) Temperature, °C<br>(2 घंटे के बाद) |              |
|-------------|-------------------------------------|---|--------------|---|--------------|
|             |                                     | गरिष्ठ (Max.)                               | कनिष्ठ (Min) | गरिष्ठ (Max)                                | कनिष्ठ (Min) |
| 1           | हुड (hood)                          | 14.5  | 12.8         | 11.9  | 10.2         |
| 2           | ऊष्मा पारक (Thermal Filter)         | 21.0  | 18.5         | 19.8  | 16.9         |
| 3           | सभी लेन्स                           | 21.7  | 20.9         | 21.0  | 19.3         |
| 4           | ईन्टर फेस फिल्टर (Interface filter) | 21.5  | 21.1         | 20.4  | 19.5         |
| 5           | संसूचक (CCDs)                       | 21.7  | 21.6         | 20.6  | 20.0         |
| 6           | बेरल (Barrels)                      | 21.2  | 20.8         | 20.1  | 19.1         |
| 7           | बी1 लेन्स कोडांतरण                  | 21.7  | 18.6         | 20.9  | 17.4         |
| 8           | बी2 लेन्स कोडांतरण                  | 21.7  | 18.6         | 20.9  | 17.3         |
| 9           | बी3 लेन्स कोडांतरण                  | 21.7  | 18.5         | 20.8  | 16.9         |
| 10          | बी4 लेन्स कोडांतरण                  | 21.7  | 18.6         | 21.0  | 17.4         |
| 11          | बी5 लेन्स कोडांतरण                  | 21.7  | 18.6         | 21.0  | 17.5         |
| 12          | बी6 लेन्स कोडांतरण                  | 21.7  | 18.6         | 20.9  | 17.4         |
| 13          | बी7 लेन्स कोडांतरण                  | 21.7  | 18.6         | 20.9  | 17.3         |
| 14          | बी8 लेन्स कोडांतरण                  | 21.7  | 18.5         | 20.8  | 16.9         |



चित्रपट-4: संभावना -1 - तापमान - लेन्स कोडांतरण संवेदक

## ग्रहीय अन्वेषण को विशेष महत्व देते हुए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एवं उपयोग



**चित्रपट-5: संभावना -1 - तापमान - संसूचक संवेदक**

### 8.2 प्रावस्था 2: नीतभार सूर्य की ओर देख रहा है।

इस प्रावस्था के प्रारंभ में नीतभार का तापमान 22 डिग्री सेल्सियस माना गया है और नीतभार सतत सूर्य की ओर 2 घंटे की अवधि के लिए देख रहा है। इस अवस्था में नीतभार प्रचालन बंद है और नियंत्रण तापक भी बंद स्थिति में है। विभिन्न महत्वपूर्ण घटकों की तापमान प्रवणता का मूल्यांकन तालिका-2 में दिया गया है। 5 लेन्स के ताप संवेदक और 8 संसूचक के ताप संवेदक का ताप प्रोफाइल (Temperature Profile) चित्रपट-6 और 7 में दिया गया है।

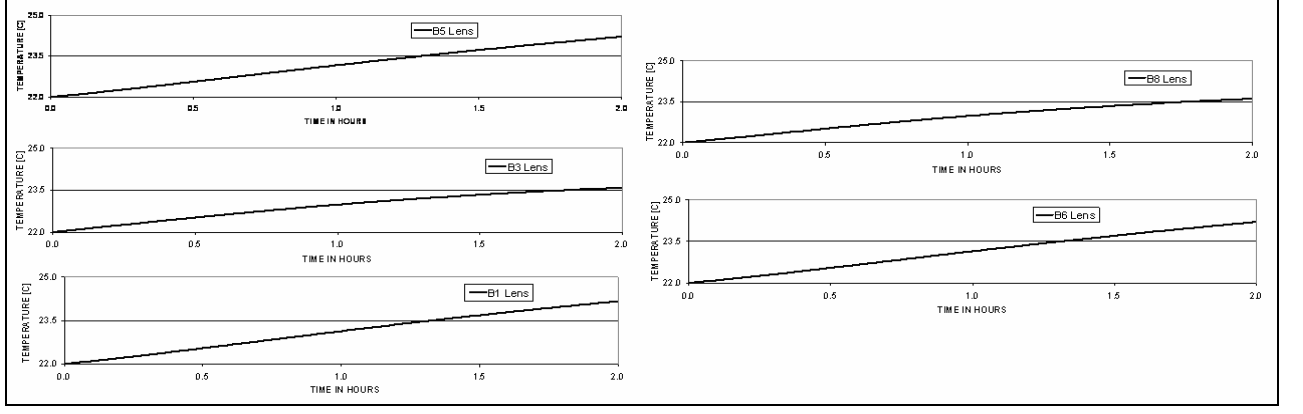
इस अवस्था में नीतभार प्रचालन बंद होने के कारण से इस में आंतरिक ऊष्मा क्षय नहीं है। इसलिए, सूर्य के द्वारा आते हुए ऊष्मा अभिवाह (Heat Flux) के कारण नीतभार के अंतर्गत घटकों का तापमान बढ़ रहा है। ये असर ताप संवेदक के तापमान परिवर्तन से देखी जा सकती है। सभी लेन्स कोडांतरण के ताप संवेदक में महत्तम तापमान उत्थान 2.2 डिग्री सेल्सियस जबकी संसूचक के ताप संवेदक में महत्तम तापमान उत्थान 3.4 डिग्री सेल्सियस है। सभी लेन्स कोडांतरणों में महत्तम तापमान प्रवणता 3.6 से 3.8 डिग्री सेल्सियस है। ज्यादातर सौर ऊष्मा अभिवाह (Solar Heat Flux) ऊष्मा पारक (Thermal Filter) में से प्रेषण हो जाता है और ऊष्मा पारक गहन अंतरिक्ष में विकिरण का उत्सर्जन भी करता है इसलिए लेन्स कोडांतरण में लघुत्तम तापमान ऊष्मा पारक में पाया गया है। ऊष्मा पारक में महत्तम तापमान प्रवणता 1.3 डिग्री सेल्सियस और लेन्स 1 में महत्तम तापमान प्रवणता 1.2 डिग्री सेल्सियस है।

इस प्रावस्था में कोई असामान्य तापमान परिवर्तन को नहीं देखा गया है।

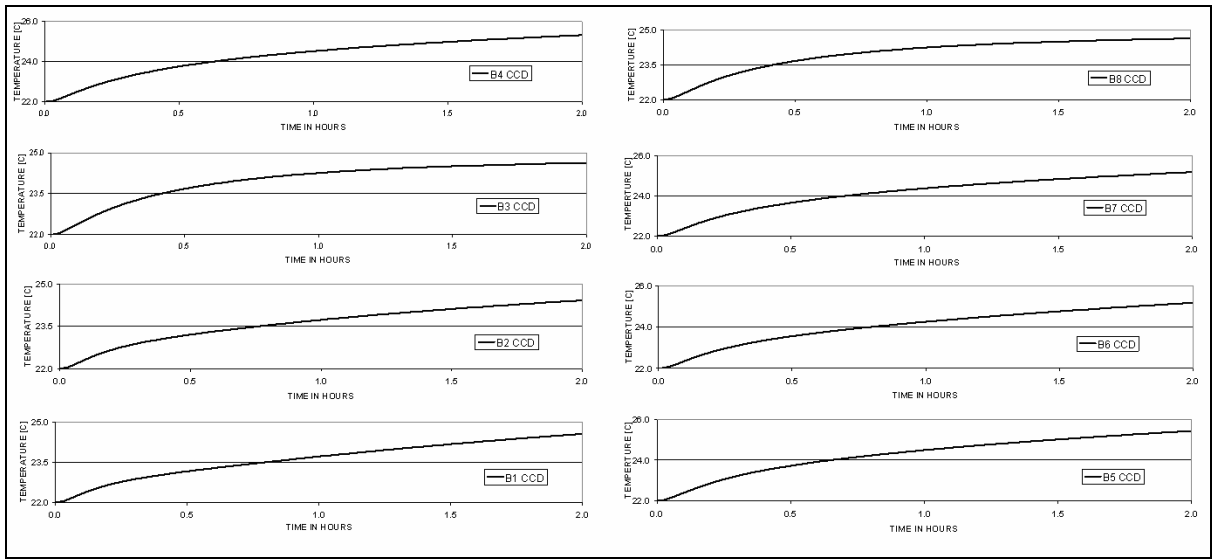
**तालिका-2 प्रावस्था 2: तापमान प्रवणता (Temperature gradient) for Case II**

| क्र. संख्या | घटक (Part)                        | तापमान (Temperature), °C<br>(1 घंटे के बाद) |              | तापमान (Temperature), °C<br>(2 घंटे के बाद) |              |
|-------------|-----------------------------------|---|--------------|---|--------------|
|             |                                   | गरिष्ठ (Max.)                               | कनिष्ठ (Min) | गरिष्ठ (Max.)                               | कनिष्ठ (Min) |
| 1           | हुड (hood)                        | 26.8  | 24.1         | 27.9  | 25.1         |
| 2           | सभी ऊष्मा पारक (thermal filter)   | 23.1  | 21.6         | 24.2  | 22.3         |
| 3           | सभी लेन्स                         | 25.1  | 22.7         | 26.2  | 23.6         |
| 4           | इंटरफेस फिल्टर (Interface filter) | 25.6  | 23.5         | 26.7  | 24.1         |
| 5           | संसूचक (CCDs)                     | 27.8  | 25.5         | 29.0  | 26.3         |
| 6           | बेरल (Barrels)                    | 23.4  | 22.9         | 24.4  | 23.5         |
| 7           | बी1 लेन्स कोडांतरण                | 25.5  | 21.8         | 26.5  | 22.8         |
| 8           | बी2 लेन्स कोडांतरण                | 25.4  | 21.8         | 26.4  | 22.7         |
| 9           | बी3 लेन्स कोडांतरण                | 25.4  | 21.6         | 26.1  | 22.3         |
| 10          | बी4 लेन्स कोडांतरण                | 25.5  | 21.8         | 26.5  | 22.7         |
| 11          | बी5 लेन्स कोडांतरण                | 25.6  | 21.8         | 26.7  | 22.9         |
| 12          | बी6 लेन्स कोडांतरण                | 25.4  | 21.8         | 26.5  | 22.8         |
| 13          | बी7 लेन्स कोडांतरण                | 25.4  | 21.8         | 26.4  | 22.7         |
| 14          | बी8 लेन्स कोडांतरण                | 25.3  | 21.7         | 26.0  | 22.3         |

## ग्रहीय अन्वेषण को विशेष महत्व देते हुए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एवं उपयोग



चित्रपट-6: संभावना -2 - तापमान - लेन्स कोडांतरण संवेदक



चित्रपट-7: संभावना -2 - तापमान - संसूचक संवेदक

### 8.3 प्रावस्था 3: नीतभार का झुकाव (tilt) +20 डिग्री (सूर्य दिक्पात कोण +23.45 डिग्री)

इस प्रावस्था में नीतभार का झुकाव +20 डिग्री कोण और सूर्य दिक्पात कोण +23.45 डिग्री लीया गया है। एसा इसलिए किया गया है ताकी अधिक कठिन सूर्य अभिमुख्यता कोण (Sun Aspect Angle) मीले। इस प्रावस्था में नीतभार की कक्षा अंतरिक्ष यान की वास्तविक कक्षा के अनुरूप ली गइ है। इस स्थिति में नीतभार प्रचालन 30 मिनित लीया गया है (मध्याहन  $\pm 15$  min)। इस अवस्था में नीतभार के तापक स्व-नियंत्रण स्थिति में है।

ताप संवेदक और विभिन्न महत्व पूर्ण घटको का कक्षिय ताप परिवर्तन तालिका-3 में दिया गया है। लेन्स कोडांतरण संवेदक का ताप परिवर्तन 0.1 डिग्री सेल्सियस जबके संसूचक संवेदक का ताप परिवर्तन 0.4 से 0.6 डिग्री सेल्सियस पाया गया है। संसूचक में नीतभार प्रचालन 30 मिनित के दौरान उष्माक्षय होने के कारण ताप परिवर्तन 7.5 डिग्री सेल्सियस पाया गया है। सभी लेन्स कोडांतरण में ताप परिवर्तन मात्र 0.7 से 0.8 डिग्री सेल्सियस पाया गया है।

तालिका-3 प्रावस्था 3: तापमान प्रवणता (Temperature gradient) for Case III

| क्र. संख्या | घटक Part                              | Orbital Temperature variation , °C |              |
|-------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------|
|             |                                       | गरिष्ठ (Max.)                      | कनिष्ठ (Min) |
| 1           | संवेदक B1 लेन्स (Sensor B1 Lens)      | 15.6                               | 15.5         |
| 2           | संवेदक B3 लेन्स (Sensor B3 Lens)      | 15.7                               | 15.6         |
| 3           | संवेदक B5 लेन्स (Sensor B5 Lens)      | 15.6                               | 15.5         |
| 4           | संवेदक B6 लेन्स (Sensor B6 Lens)      | 15.6                               | 15.5         |
| 5           | संवेदक B8 लेन्स (Sensor B8 Lens)      | 15.7                               | 15.6         |
| 6           | संवेदक B1 संसूचक (Sensor B1 CCD)      | 15.8                               | 15.4         |
| 7           | संवेदक B2 संसूचक (Sensor B2 CCD)      | 15.9                               | 15.4         |
| 8           | संवेदक B3 संसूचक (Sensor B3 CCD)      | 16.2                               | 15.6         |
| 9           | संवेदक B4 संसूचक (Sensor B4 CCD)      | 16.1                               | 15.5         |
| 10          | संवेदक B5 संसूचक (Sensor B5 CCD)      | 16.0                               | 15.4         |
| 11          | संवेदक B6 संसूचक (Sensor B6 CCD)      | 15.9                               | 15.3         |
| 12          | संवेदक B7 संसूचक (Sensor B7 CCD )     | 16.0                               | 15.4         |
| 13          | संवेदक B8 संसूचक (Sensor B8 CCD)      | 16.1                               | 15.6         |
| 14          | हुड (Hoods)                           | 21.6                               | 13.6         |
| 15          | सभी ऊष्मा पारक (All thermal filter)   | 16.0                               | 15.5         |
| 16          | सभी लेन्स (All lenses)                | 16.3                               | 15.5         |
| 17          | सभी इंटरफेस फिल्टर (Interface filter) | 15.7                               | 15.5         |
| 18          | सभी संसूचक (CCDs)                     | 23.1                               | 15.6         |
| 19          | बैरल (Barrels)                        | 15.7                               | 15.4         |
| 20          | B1 लेन्स कोडांतरण (B1 Lens Assly.)    | 16.2                               | 15.5         |
| 21          | B2 लेन्स कोडांतरण (B2 Lens Assly.)    | 16.2                               | 15.5         |
| 22          | B3 लेन्स कोडांतरण (B3 Lens Assly.)    | 16.3                               | 15.6         |
| 23          | B4 लेन्स कोडांतरण (B4 Lens Assly.)    | 16.3                               | 15.5         |
| 24          | B5 लेन्स कोडांतरण (B5 Lens Assly.)    | 16.2                               | 15.5         |
| 25          | B6 लेन्स कोडांतरण (B6 Lens Assly.)    | 16.2                               | 15.5         |
| 26          | B7 लेन्स कोडांतरण (B7 Lens Assly.)    | 16.2                               | 15.5         |
| 27          | B8 लेन्स कोडांतरण (B8 Lens Assly.)    | 16.3                               | 15.6         |

आपतित सूर्य उष्मा अभिवाह के परिणाम की जाच करते समय यह मालूम हुआ है कि सूर्य भार कक्षिय अवधि के दौरान ऊष्मा पारक में दाखिल नहीं हो रहा है।

#### 8.4 प्रावस्था नीतभार का झुकाव (tilt) -20 डिग्री (सूर्य दिक्पात कोण -23.45 डिग्री):

इस प्रावस्था में नीतभार का झुकाव -20 डिग्री कोण और सूर्य दिक्पात कोण -23.45 डिग्री लीया गया है। एसा इसलिए किया गया है ताकी अधिक कठिन सूर्य अभिमुख्यता कोण (Sun Aspect Angle) मीले। इस प्रावास्था में नीतभार की कक्षा अंतरिक्ष यान की वास्तविक कक्षा के अनुरूप ली गइ है। इस स्थिति में नीतभार प्रचालन 30 मिनट लीया गया है (मध्याहन  $\pm$  15 min)। इस अवस्था में नीतभार के तापक स्व-नियंत्रण स्थिति में है।

ताप संवेदक और विभिन्न महत्व पूर्ण घटको का कक्षिय ताप परिवर्तन तालिका-4 में दिया गया है।

तालिका-4 प्रावस्था 4: तापमान प्रवणता (Temperature gradient) for Case IV

| क्र. संख्या | घटक (Part)                            | कक्षिय ताप परिवर्तन (Orbital Temperature variation), °C |              |
|-------------|---------------------------------------|---|--------------|
|             |                                       | गरिष्ठ (Max.)   | कनिष्ठ (Min) |
| 1           | संवेदक B1 लेन्स (Sensor B1 Lens)      | 16.2  | 16.1         |
| 2           | संवेदक B3 लेन्स (Sensor B3 Lens)      | 16.2  | 16.1         |
| 3           | संवेदक B5 लेन्स (Sensor B5 Lens)      | 16.2  | 16.2         |
| 4           | संवेदक B6 लेन्स (Sensor B6 Lens)      | 16.2  | 16.1         |
| 5           | संवेदक B8 लेन्स (Sensor B8 Lens)      | 16.2  | 16.1         |
| 6           | संवेदक B1 संसूचक (Sensor B1 CCD)      | 16.3  | 15.9         |
| 7           | संवेदक B2 संसूचक (Sensor B2 CCD)      | 16.4  | 16.0         |
| 8           | संवेदक B3 संसूचक (Sensor B3 CCD)      | 16.6  | 16.0         |
| 9           | संवेदक B4 संसूचक (Sensor B4 CCD)      | 16.6  | 16.0         |
| 10          | संवेदक B5 संसूचक (Sensor B5 CCD)      | 16.6  | 16.0         |
| 11          | संवेदक B6 संसूचक (Sensor B6 CCD)      | 16.4  | 15.9         |
| 12          | संवेदक B7 संसूचक (Sensor B7 CCD)      | 16.5  | 16.0         |
| 13          | संवेदक B8 संसूचक (Sensor B8 CCD)      | 16.6  | 16.0         |
| 14          | हुड (Hoods)                           | 19.6  | 14.6         |
| 15          | सभी ऊष्मा पारक (All thermal filter)   | 16.6  | 16.1         |
| 16          | सभी लेन्स (All lenses)                | 16.9  | 16.1         |
| 17          | सभी इंटरफेस फिल्टर (Interface filter) | 16.3  | 16.1         |
| 18          | सभी संसूचक (CCDs)                     | 23.6  | 16.2         |
| 19          | बैरल (Barrels)                        | 16.2  | 16.0         |
| 20          | B1 लेन्स कोडांतरण (B1 Lens Assly.)    | 16.9  | 16.1         |
| 21          | B2 लेन्स कोडांतरण (B2 Lens Assly.)    | 16.8  | 16.1         |
| 22          | B3 लेन्स कोडांतरण (B3 Lens Assly.)    | 16.8  | 16.1         |
| 23          | B4 लेन्स कोडांतरण (B4 Lens Assly.)    | 16.9  | 16.1         |
| 24          | B5 लेन्स कोडांतरण (B5 Lens Assly.)    | 16.9  | 16.1         |
| 25          | B6 लेन्स कोडांतरण (B6 Lens Assly.)    | 16.9  | 16.1         |
| 26          | B7 लेन्स कोडांतरण (B7 Lens Assly.)    | 16.8  | 16.1         |
| 27          | B8 लेन्स कोडांतरण (B8 Lens Assly.)    | 16.8  | 16.1         |

लेन्स कोडांतरण संवेदक का ताप परिवर्तन 0.1 डिग्री सेल्सियस जबके संसूचक संवेदक का ताप परिवर्तन 0.4 से 0.6 डिग्री सेल्सियस पाया गया है। संसूचक में नीतभार प्रचालन 30 मिनट के दौरान उष्माक्षय होने के कारण ताप परिवर्तन 7.4 डिग्री सेल्सियस पाया गया है। सभी लेन्स कोडांतरण में ताप परिवर्तन मात्र 0.7 से 0.8 डिग्री सेल्सियस पाया गया है।

आपतित सूर्य उष्मा अभिवाह के परिणाम की जाच करते समय यह मालूम हुआ है कि सूर्य भार कक्षिय अवधि के दौरान ऊष्मा पारक में दाखिल नहीं हो रहा है।

#### 9 निष्कर्ष:

1. संभावना-1 के अनुसार नीतभार गहन अंतरिक्ष की ओर देखने के कारण सभी घटकों का तापमान कम हो रहा है। दो घंटे की अवधि के बाद सभी संवेदकों का तापमान 19-20 डिग्री सेल्सियस है। सभी लेन्स कोडांतरण की तापमान प्रवणता समान है। ऊष्मा पारक और लेन्स 1 में असामान्य तापमान प्रवणता नहीं है।
2. संभावना-2 के अनुसार, नीतभार सूर्य की ओर देखने के कारण सभी घटकों का तापमान धीरे से बढ़ रहा है। सूर्य उष्मा अभिवाह बहुत ही कम मात्रा में लेन्स कोडांतरण में दाखिल हो रहा है इसलिए लेन्स कोडांतरण और अन्य घटकों का तापमान द्रुतरूप से नहीं बढ़ रहा है। सभी लेन्स कोडांतरण की तापमान प्रवणता समान है।



## ग्रहीय अन्वेषण को विशेष महत्त्व देते हुए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एवं उपयोग

3. संभावना-3 और 4 में नीतभार की सामान्य प्रचालन परिस्थिति का प्रस्तुतीकरण (बिम्बन अवधि 30 मिनट) किया गया है। दोनो संभावना में सूर्य उष्मा अभिवाह लेन्स कोडांतरण में दाखिल नही हो रहा है। सभी घटको का तापमान निर्धारित अवधि मे है और तापीय परिवर्तन भी बहुत कम है।
4. इस से निरूपित होता है कि चित्र स्थानांतरित का कारण मात्र तापीय अभिकल्पना नही है।

### आभार:

हम, उप निर्देशक-एम.इ.एस.ए, उप निशक-एस.ई.डी.ए., ग्रुप प्रबंधक एस.टी.ए.जी. और विभाग प्रबंधक एस.टी.ए.डी के अत्यन्त आभारी है, जिन्होने हमे यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम विशेषरुप से श्री वी. एस. जगदिश के अंत्यंत आभारी है जिन्हो ने यह लेख लिखने में हमारी विशेषरुप से सहायता की है। हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो के भी आभारी है जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है।

### संदर्भ :

- 1) ओशनसेट-2 उडान की ताप नियंत्रण प्रणाली की तापीय अभिकल्पना और विश्लेषण  
(Doc. No.: ISRO-ISAC-OCEANSAT-2-AR-0684)
- 2) ओ.सी.एम-2 का कक्षिय हेल्थ निष्पादन (ड्राफ्ट) - एस.एस. सरकार
- 3) ओ.सी.एम-2 के सीक्वेन्स ओफ ईवेन्ट्स  
(Doc. No.: ISRO-ISAC-OCEANSAT-PR)



## L-बैंड सांश्लेषित द्वारक रडार के लिए प्रेषण-अभिग्राही नियंत्रक का अभिकल्प

अजय कुमार सिंह, हिमांशु पटेल, संजय त्रिवेदी, सरवणकुमार, विनय कुमार

एमएसडीजी/एमआरएसए

ई-मेल : (ajaysingh, hnpatel, sanjay, saravana, vinay) @sac.isro.gov.in

### सारांश

ग्रहीय अन्वेषण में ग्रह के सतह पर नमी, सतह की रूक्षता इत्यादि जानकारी महत्वपूर्ण होती है। इन उपयोगों के लिए L- बैंड आवृत्ति सर्वोत्तम है। इन चीजों को ध्यान में रखकर L- बैंड सांश्लेषित द्वारक रडार का निर्माण किया जा रहा है। पहले पृथ्वी का सुदूर संवेदन करके इन जानकारियों को प्राप्त किया जाएगा। फिर ग्रहीय अन्वेषण में चन्द्रमा, मंगल आदि ग्रहों के लिए इसका उपयोग किया जाएगा। इससे पृथ्वी के सतह पर नमी और सतह की रूक्षता के साथ-साथ कृषि और वनस्पति की जानकारी भी प्राप्त की जायेगी। इस लेख में L- बैंड सांश्लेषित द्वारक रडार में प्रयुक्त महत्वपूर्ण उपतंत्र सक्रिय एन्टेना के डिजिटल नियंत्रक इकाई पर प्रकाश डाला जाएगा। सक्रिय एन्टेना को 320 वितरित नियंत्रक इकाई से नियंत्रित किया जाएगा, जिससे इसमें इलेक्ट्रानिकी तरीके से किरणपुंजों को उचित दिशा में केन्द्रित किया जाएगा।

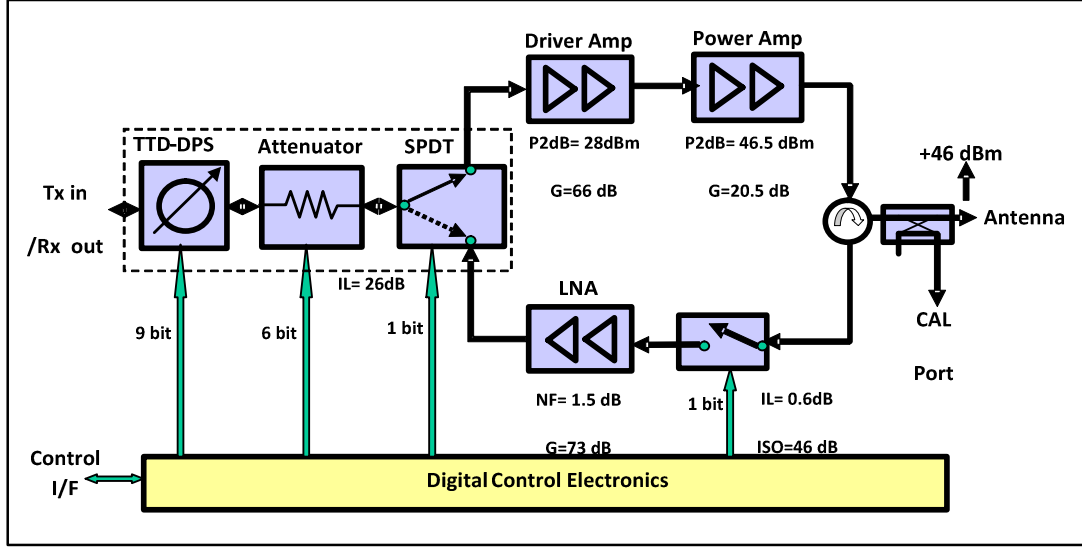
### I. प्रस्तावना

L-बैंड सार का सक्रिय एन्टेना प्रत्येक V एवं H ध्रुवीय प्रंचालन में 160 प्रेषण/अभिग्राही एकीकृत माड्यूल द्वारा प्रचालित होता है। प्रेषण/अभिग्राही एकीकृत माड्यूल के निम्नलिखित कार्य हैं।

- प्रेषित संकेत को शक्ति प्रवर्धन करना और अभिगृहीत संकेत का अल्प रव प्रवर्धन करना।
- प्रेषण और अभिग्रहण के समय क्षीणन और विलंब को नियंत्रित करके अपेक्षित किरणपुंज का निर्माण करना।
- प्रेष-ग्राही स्विच का चयन करके, प्रेषण या अभिग्रहण में से किसी एक को उचित पथ प्रदान करना।
- अपेक्षित किरणपुंज बनाने के लिए, दिगंश और उन्नयन कोण से विलंब की गणना करना।
- प्रेषण/अभिग्राही माड्यूल और स्पंद शक्ति प्रदाय इकाई की दूरमिति टाइल नियंत्रक इकाई को भेजना।

### II. प्रेषण/अभिग्राही एकीकृत माड्यूल

यह तीन पोर्ट वाला स्पंदजनित रेडियो आवृत्ति उपतंत्र है, जिसमें अंतस्थ डिजिटल नियंत्रक होता है। प्रत्येक माड्यूल का अपना एक स्पंद शक्ति प्रदाय इकाई होता है जो इसकी शक्ति की आवश्यकता की पूर्ति करता है।



### प्रेषण/अभिग्राही एकीकृत माँड्यूल

रेडियो आवृत्ति इलेक्ट्रानिकी एवं डिजिटल नियंत्रक इलेक्ट्रानिकी का विवरण निम्न है।

#### II.A रेडियो आवृत्ति इलेक्ट्रानिकी

इसमें 9 बिट का यथार्थ समय विलंब डिजिटल कला विस्थापक है, जिसमें 15.625 पिको सेकंड सोपान का 8000 पिको सेकण्ड गतिक परास होता है। इसमें 6-बिट का डिजिटल क्षीणक, जिसका गतिक परास 0.5 डेसिबल के सोपान से 31.5 डेसिबल होता है। इसमें एकल दण्ड द्विक्षेप स्विच होता है, जिससे प्रेष-ग्राही में से किसी एक पथ का चयन किया जाता है। बाहरी स्विच परिसंचारक द्वारा बनाया गया है।

#### II.B डिजिटल नियंत्रक इलेक्ट्रानिकी

प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक इकाई अपने पृथक प्रेषण/अभिग्राही माँड्यूल एवं संबद्ध स्पंद शक्ति प्रदाय इकाई के क्रियाकलाप को नियंत्रित और समन्वित करता है। प्रारंभ में या /सार विधा विन्यास के दौरान प्रत्येक टाईल नियंत्रण इकाई अधिकतम 36 किरणपुंजों के बारे में किरणपुंज अभिरूपण सूचना (दिगंश और उन्नयन कोण) नीतभार नियंत्रक से लेता है।

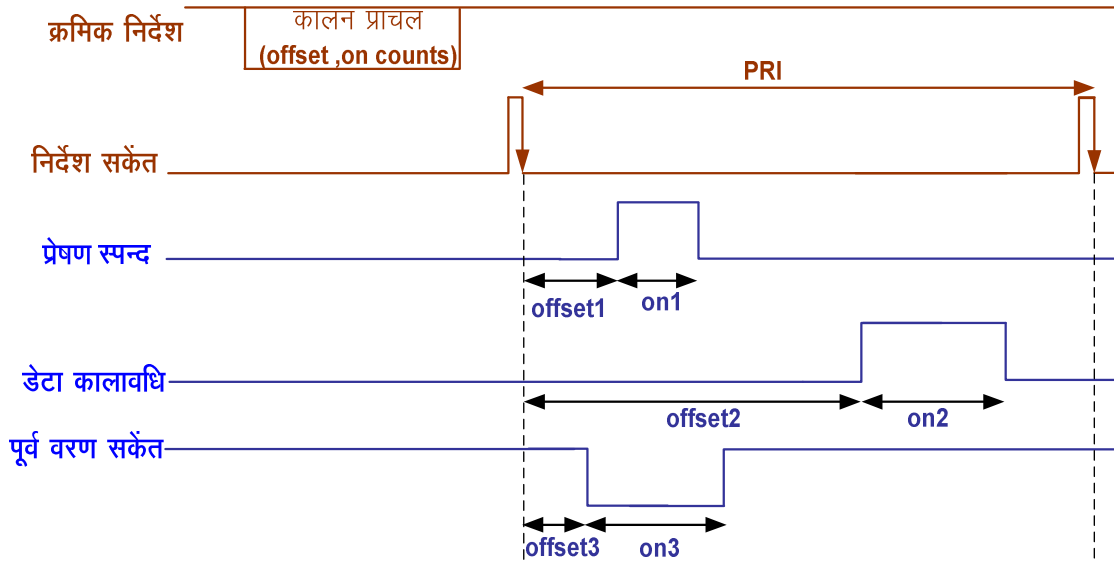
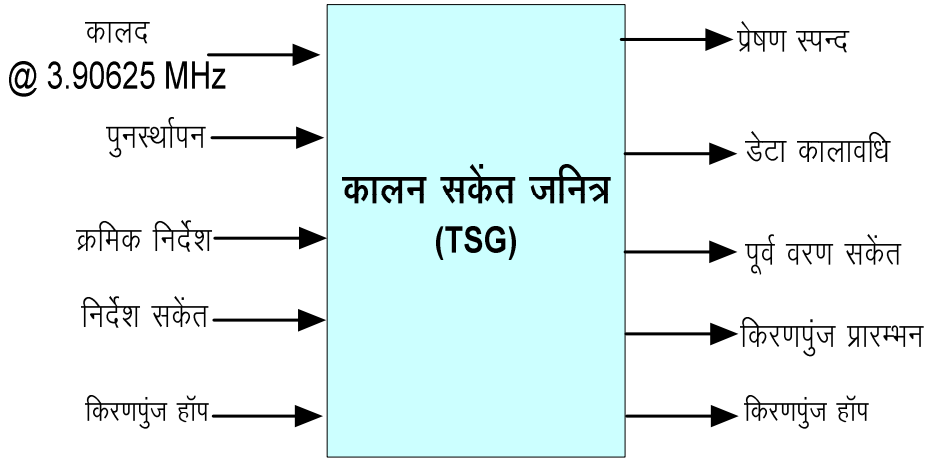
फिर टाईल नियंत्रक इकाई इस सूचना को अपने टाईल में जुड़े सभी प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक को क्रमिक बहुपात बस द्वारा संप्रेषित कर देता है। प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक अपेक्षित ताप प्रतिपूरित क्षीणन और विलंब सूचना प्रेषण-अभिग्रहण चक्र में प्रेषण/अभिग्राही माँड्यूल को प्रदान करता है।

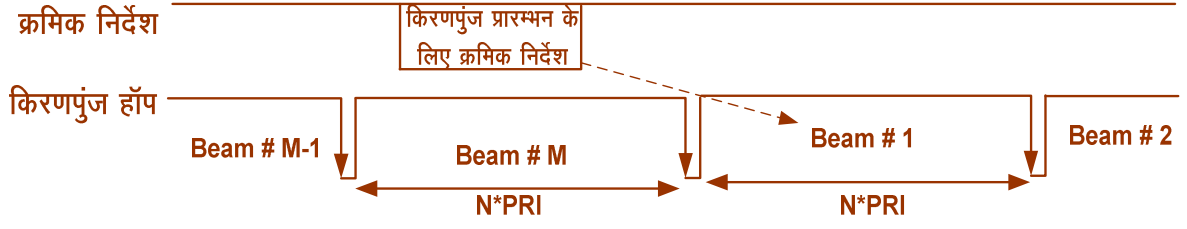
#### III. प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक

प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक की मुख्य विशेषताएं निम्न प्रकार हैं -

### III.A कालन-संकेत जनन

प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक को अपना कार्य संपादित करने के लिए कुछ कालन संकेतों (जैसे कि प्रेषण स्पन्द, डेटा कालावधि, पूर्व वरण संकेत, किरणपुंज हॉप, किरणपुंज प्रारम्भन), क्रमिक निर्देश, पुनर्स्थापन और कालद की आवश्यकता पड़ती है। इसके लिए कालन संकेत पुनर्जनन की नई संकल्पना को कार्यान्वित किया जाएगा। पृथक रूप से कालन संकेतों को प्रेषित करने के बजाय, एक निर्देश संकेत नीतभार नियंत्रक द्वारा प्रेषित किया जाएगा, प्रत्येक प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक इस निर्देश संकेत का उपयोग करके कालन संकेतों का पुनर्जनन करेंगे। कालद भी दोलित्र द्वारा स्थानीय रूप से जनित किए जाएंगे।





इस पद्धति से वैद्युत संबंधन सज्जा और अंतरापृष्ठन में प्रयुक्त तार में कमी की जा सकती है। L-बैंड सार में कुल 320 प्रेषण/अभिग्राही एकीकृत माड्यूल और 20 टाईल नियंत्रक इकाई है। इस पद्धति से नीतभार के कुल भार में और शक्ति क्षय में काफी कमी आएगी।

इस पद्धति में प्रेषण स्पंद, डेटा कालावधि, पूर्व वरण प्रेषण कालन संकेतों को प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक अपने अंदर ही नीतभार नियंत्रक द्वारा प्रेषित निर्देश संकेत का उपयोग करके जनित करता है। इन कालन संकेतों के लिए कालन प्राचल (16 -बिट अंतर्लम्ब गणना और चालू (ON) गणना) नीतभार नियंत्रक से सारे प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक को क्रमिक प्रसारण निर्देश के रूप में भेजा जाएगा।

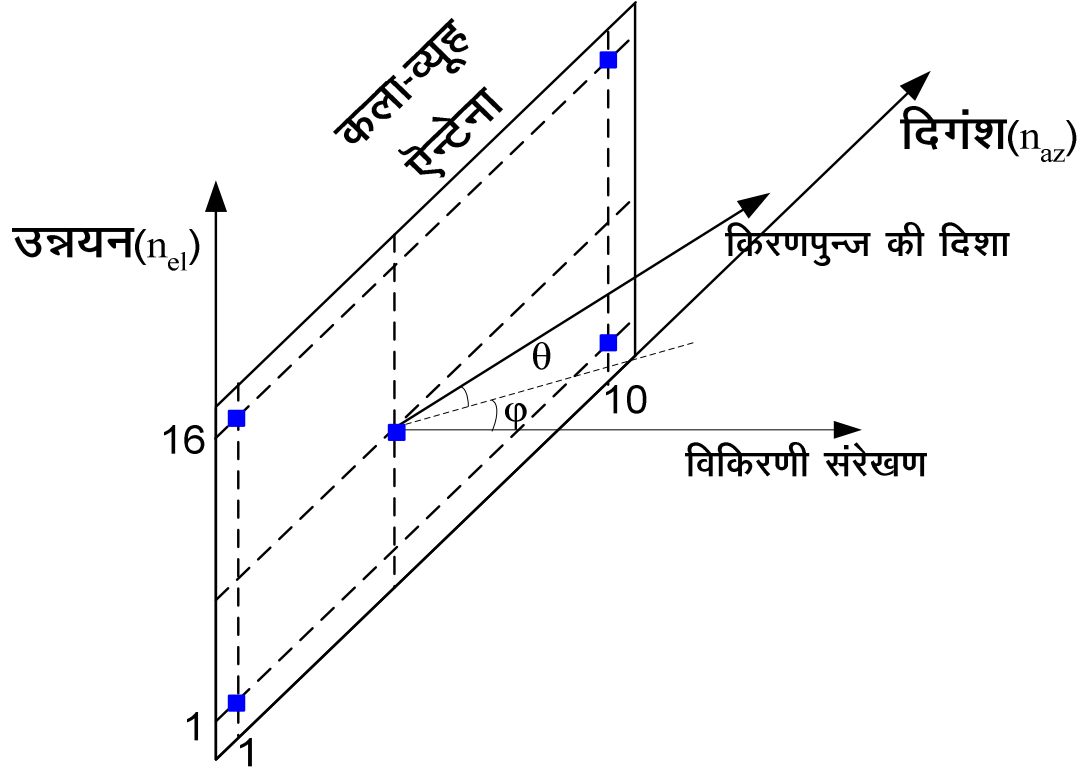
किरणपुंज प्रारम्भन संकेत को क्रमिक निर्देश से निर्मित किया जाएगा। इस प्रकार कालन पुनर्जनन पद्धति से केवल दो कालन संकेतों (एक संदर्भ संकेत, और किरणपुंज हॉप) की आवश्यकता पड़ेगी और इसके अतिरिक्त 5 कालन संकेत इन दो संकेतों से उत्पन्न किए जाएंगे।

### III.B समय-विलंब की संगणना

$$TRIM\_delay = (1/c) (n_{az} * d_{az} * \cos(\theta) * \sin(\phi) + n_{el} * d_{el} * \sin(\theta)) \dots \dots \dots (1)$$

जहाँ पर,

- |          |   |   |
|----------|---|---|
| c        | → | प्रकाश की चाल ( $3 \times 10^8$ मी./सें.)                 |
| $n_{az}$ | → | दिगंश की दिशा में इस प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक की संख्या  |
| $n_{el}$ | → | उन्नयन की दिशा में इस प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक की संख्या |
| $d_{az}$ | → | दिगंश की दिशा में अंतर-घटक दूरी                           |
| $d_{el}$ | → | उन्नयन की दिशा में अंतर-घटक दूरी                          |
| $\phi$   | → | उन्नयन कोण  |
| $\theta$ | → | दिगंश कोण   |



समय-विलंब संगणना की ज्यामिति

### III.C प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक का क्रियान्वयन

उपर्युक्त समीकरण से समय-विलंब की संगणना प्रेषण-अभिग्राही नियंत्रक में उपस्थित माइक्रो कंट्रोलर (सूक्ष्म नियंत्रक) द्वारा किया जाएगा। इस समीकरण को निम्न प्रकार से सरल बनाया जा सकता है।

$$\text{समय-विलंब} = \text{Kaz} * \cos(\theta) * \sin(\phi) + \text{Kel} * \sin(\theta)$$

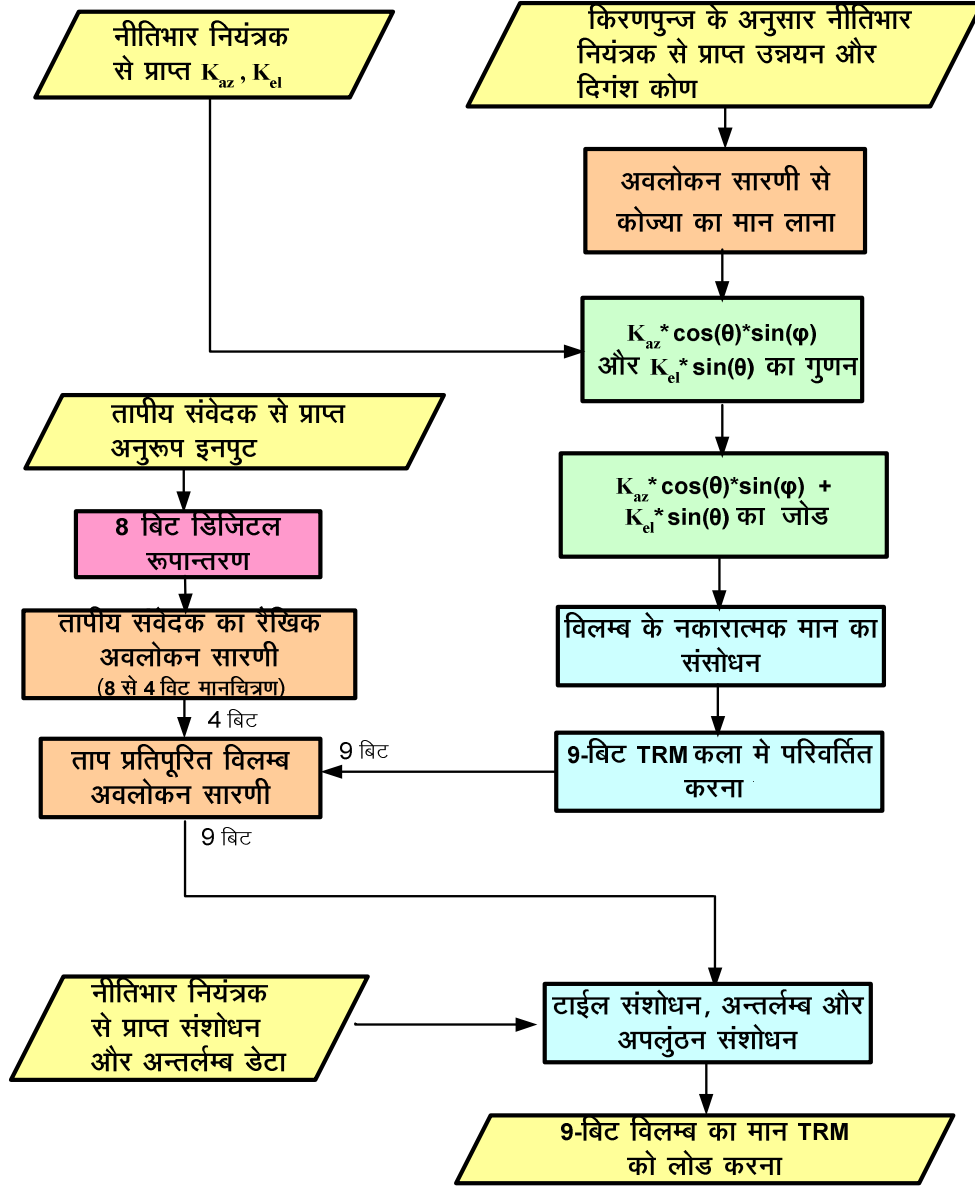
जहाँ पर

**Kaz** और **Kel** नियतांक है।

समय-विलंब की संगणना और तापीय प्रतिपूरण के लिए सॉफ्टवेयर निम्नांकित प्रवाह-संचित्र का उपयोग करेगा।

यहाँ पर मानचित्रण के ठीक पहले नीतभार नियंत्रक प्रत्येक प्रेषण-अभिग्राही नियंत्रक को Kaz और Kel का उचित मान उनकी स्थिति के आधार पर उनको प्रेषित करेगा। इस प्रकार नीतभार के पास प्रेषण-अभिग्राही नियंत्रक की भौतिक पहचान से प्रतिचित्रित एक सारणी होगी जिसमें Kaz और Kel का मान संचित रहेगा।

एक अवलोकन सारणी में 0.05° के सोपान से ज्या सारणी संचित रहेगी, जिसका उपयोग करके समीकरण में आवश्यक ज्या और कोज्या का मान लिया जाएगा। गुणन और योग का कार्य माइक्रोकंट्रोलर के अंकीय तर्क इकाई द्वारा किया जाएगा



सॉफ्टवेयर प्रवाह-संचित्र

### III.D ज्या-कोज्या अवलोकन का क्रियान्वयन

समीकरण-2 में दो ज्या का मान और एक कोज्या का मान अवलोकन सारणी से जनित करना होगा। निम्न विचारों से अवलोकन सारणी से आकार को इष्टतम किया जा सकता है।

- उन्नयन/दिगंश कोण का महत्तम मान  $-15^\circ$  से  $+15^\circ$  हो सकता है, अतः संपूर्ण परास का मान  $(-180^\circ$  से  $+180^\circ)$  संचित करने की आवश्यकता नहीं है।
- $\sin(-\theta) = -\sin(\theta)$ ,  $\cos(-\theta) = \cos(\theta)$ , अतः केवल धनात्मक कोण के लिए ही सारणी बनेगी।
- $\cos(\theta) = \sin(90^\circ - \theta)$ , अतः  $\cos$  के लिए पृथक सारणी करने की आवश्यकता नहीं है।

इस प्रकार हमें कुल 600 मान ( $30^\circ/0.05^\circ$ ) ही संचित करने पड़ेगें और यदि प्रत्येक मान का निरूपण 32-बिट में किया जाए तो अवलोकन सारणी का आकार 2400 बाइट होगा।

प्रेषण-अभिग्राही एकीकृत माड्यूल का डिजिटल समय-विलंब नियंत्रण 9-बिट का है अतः हमें संगणित समय-विलंब को 9-बिट में रूपांतरित करना होगा।

| क्रियान्वयन<br>योजना -><br>प्राचल | योजना -1<br>(अवलोकन सारणी<br>के आधार पर)                               | योजना -2: अंकीय संगणन के आधार पर            |                   |  |                            |
|-----------------------------------|--|---|-------------------|--|----------------------------|
|                                   |  | OBC ASIC क्रियान्वयन<br>(8 bit ALU of 8051) |                   |  | OBC-2 ASIC<br>(32 bit FPU) |
|                                   |  | 32 bit floating<br>point                    | 32 bit<br>integer | 16 bit<br>Integer                          | 32 bit floating<br>point   |
| अवलोकन सारणी                      | 128K Bytes   | 2400 Bytes                                  | 2400 Bytes        | 1200 Bytes                                 | 2400 Bytes                 |
| अंकीय संगणन<br>समय @ 4 MHz        | 0.02 ms<br>(संगणना की<br>आवश्यकता नहीं,<br>केवल स्मृति से<br>लोड करना) | 4.74 ms                                     | 4.07 ms           | 1.75 ms                                    | 0.05 ms<br>(सन्निकट)       |
| महत्तम त्रुटि                     | 7.807 ps   | 7.807 ps                                    | 8.410 ps          | 25.143 ps                                  | 7.807 ps                   |
| टिप्पणी                           | विशाल स्मृति की<br>आवश्यकता  |   |                   | त्रुटि ><br>न्यूनतम<br>महत्त्वपूर्ण<br>बिट |                            |

अंकीय संगणना और रूपांतरण से होने वाली त्रुटि और इष्टतम बिट विस्तार के लिए समीकरण-2 का मैटलैव में अनुकरण किया गया। इस अनुकरण से प्राप्त परिणामों का सारणीबद्ध किया गया है।

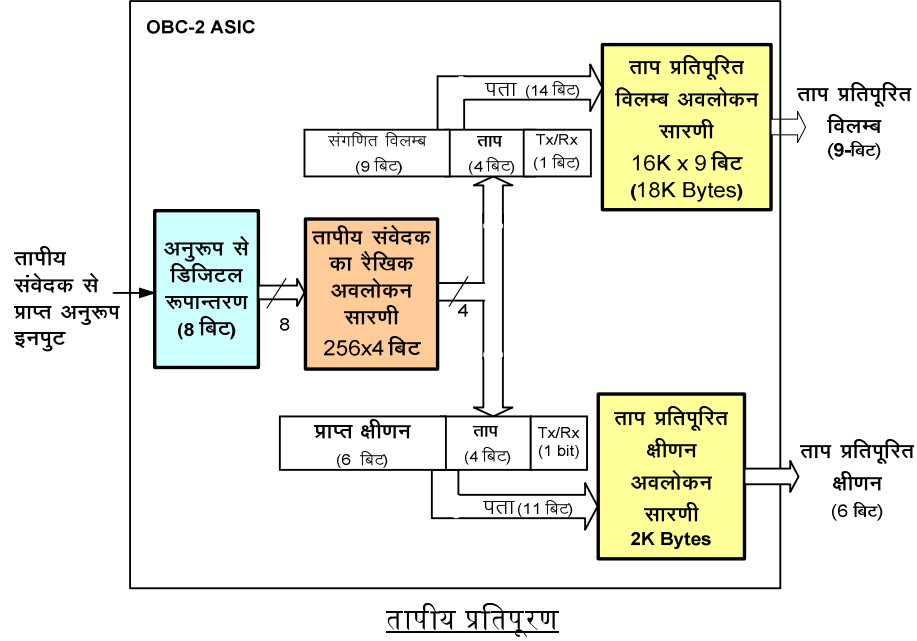
### III.E तापीय प्रतिपूरण

प्रेषण-अभिग्राही माड्यूल का ताप के अरैखिक व्यवहार की प्रतिपूर्ति करने के लिए प्रेषण-अभिग्राही माड्यूल में लगे तापीय संवेदक से अनुरूप विभव को 8-बिट अनुरूप से अंकीय परिवर्तक में दिया जाता है जोकि प्रेषण-अभिग्राही नियंत्रक के अनुप्रयोग विशिष्ट एकीकृत परिपथ में मौजूद होता है।

एक अवलोकन सारणी से 8-बिट डेटा को 4-बिट से रूपांतरित कर लिया जाएगा और ये 4 बिट, 9 बिट समय-विलंब और 1-बिट प्रेष/ग्राही के लिए मिलकर कुल 14-बिट का पता जनित होता है, जिससे ताप प्रतिपूरित अवलोकन सारणी के संबंधित समय-विलंब को प्रेषण-अभिग्राही माड्यूल फीड करते हैं। इसी प्रकार क्षीणन के लिए 11 बिट (6 +4+1) का पता जनित होता



है। तापीय प्रतिपूरित समय-विलंब और क्षीणन को क्रमशः 18 किलोबाइट और 2 किलोबाइट के अवलोकन सारणी में संचित किया जाता है।

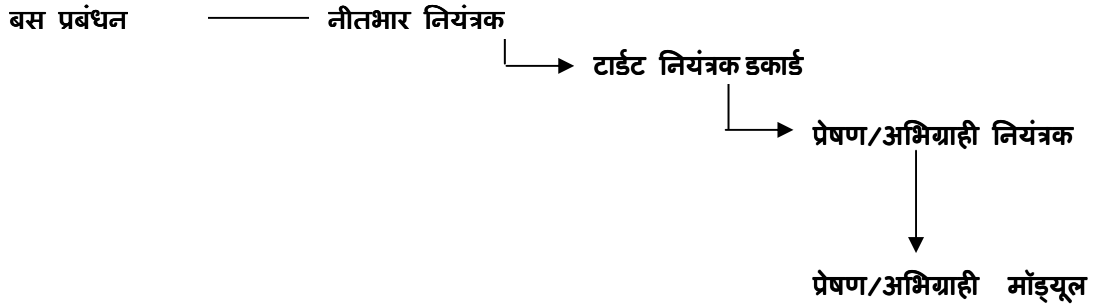


तापीय प्रतिपूरण

#### IV. सूचना प्रवाह

64 किरणपुंजों का दिगंश और उन्नयन कोण एक साथ मानचित्रण से पहले बस प्रबंधन इकाई से नीतभार नियंत्रक को भेजी जाएगी, नीतभार नियंत्रक इस सूचना को Kaz और Kel के साथ प्रत्येक टाईल नियंत्रक इकाई को भेजेगा और टाईल नियंत्रक इकाई इस सूचना को प्रेषण/अभिग्राही नियंत्रक को भेजेगा और अंततः प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक इस सूचनाओं से क्षीणन और समय-विलंब का मान संगणित कर प्रेषण/अभिग्राही माड्यूल को लोड कर देगा।

L-बैंड सार उपग्रह में सूचना का प्रवाह इस प्रकार है -



## **V. उपसंहार**

प्रेषण-अभिग्राही नियंत्रक का विकासशील सत्यापन मॉडल OBC-ASIC-1 द्वारा बना लिया गया है और उसके सॉफ्टवेयर का अभिकल्प किया जा रहा है। विकासशील सत्यापन मॉडल से सारे तथ्यों का अवलोकन कर लेने के बाद उड़ान मॉडल बनाया जाएगा। उड़ान मॉडल के लिए OBC-2 मिश्रित संकेत अनुप्रयोग विशिष्ट एकीकृत परिपथ (Mixed Signal ASIC) का निर्माण किए जाने की योजना है। जिससे प्रेषण-अभिग्राही नियंत्रक को मान एक चिप में ही संजोया जाएगा।

## **VI. संदर्भ**

- [1] SAC/ISRO internal report, 2011 , "L-BAND SAR PROJECT Baseline Design Document SAC/L-BAND SAR/BDR", Jan, 2011
- [2] T.P. Waldron, S.K. Chin and R.J. Naster, "Distributed Beam Steering Control of Phased Array Radars", Microwave Journal, Sept. 1996, pp. 133–146
- [3] R. Sundararaman, "Implementation of optimized 6-bit phase angle calculation from phase gradients for T/R Modules in Active Phased Array Radars using FPGA ", INCACEC International Conference , June 2009, pp. 1–8



## इन्सैट-3 डी एफएम मौसम विज्ञान नीतभार निर्माण

दिलीपकुमार सी.महेता, पीएक्सवीएफ-इएफटीएफ

परियोजना प्रबंधक, इन्सैट-3 डी मौसम विज्ञान नीतभार (सं.)

इ-मेल : dcm@sac.isro.gov.in

### सारांश

इन्सैट-3डी मौसम विज्ञान उपग्रह के मुख्य दो नीतभार हैं जिसमें एक इमेजर एवं दूसरा साउंडर है। सन् 2006 के अंत में इन्सैट-3 डी एफएम (फ्लाइंट मॉडल) मौसम विज्ञान नीतभार का निर्माण कार्य प्रारंभ किया गया था। सभी परीक्षणों से उत्तीर्ण होकर उपग्रह के साथ एकीकृत करने हेतु इसे 11 जनवरी 2011 को ही इसरो उपग्रह केंद्र, बंगलुरु को प्रेषित किया गया है।

इमेजर एवं साउंडर के निर्माण कार्य के दौरान इन्सैट-3 डी इटीएम में आयी समस्याओं का निराकरण करने हेतु कई सुधार किए गए। कहीं संरचना में तो कहीं निर्माण कार्य में बदलाव लाए गए। साउंडर नीतभार का निर्माण पहली बार हो रहा है। जबकि इमेजर नीतभार तो पुराने वीएचआरआर की प्रतिकृति समान है। एफएम के पश्चात् दो और मॉडल इन्सैट-3डी आर-1 एवं इन्सैट-3डी आर-2 का भी निर्माण करना है जिनमें से पहलेवाले का निर्माण कार्य पूरे जोरों में चल रहा है। इस लेख में इन्सैट-3डी एफएम मौसमविज्ञान नीतभार एवं उनके निर्माण के विषय में जानकारी दी गयी है।

### परिचय

इंसैट 3 डी (2090 कि.ग्रा.) मौसम विज्ञान उपग्रह है जोकि अन्य इंसैट मिशनों की तुलना में प्रौद्योगिकी की दृष्टि से अत्याधुनिक है। इसमें संवेदकों की क्षमता में काफी मात्रा में सुधार आया। केवल मौसम पूर्वानुमान एवं आपदा चेतावनी हेतु निर्मित यह विशिष्ट उपग्रह है। इस उपग्रह से मौसम संबंधित अवलोकन, जमीन एवं समुद्री सतह का मानीटरन तथा तापमान एवं आर्द्रता का उर्ध्व पार्श्वचित्र निर्माण करने की क्षमता को बढ़ावा मिलेगा। भू-स्थिर कक्षा में स्थापित इस उपग्रह में दो मुख्य नीतभार लगाए गए हैं - एक है इमेजर (145 कि.ग्रा.) तथा दूसरा है साउंडर (153 कि.ग्रा.)। संरचना एवं अभियांत्रिकी मॉडल पर सभी आयोजित परीक्षण पूरे कर लिए गए थे। फ्लाइंट मॉडल में सभी आवश्यक सुधार लागू करके परीक्षण किए गए। सफल परीक्षण के पश्चात् दोनों नीतभार एकीकरण हेतु इसरो उपग्रह केंद्र को भेज दिए गए हैं।

### इमेजर

इस नीतभार में 6 चैनल है। इसमें 1 दृश्यमान, 1 मध्यम अवरक्त, 1 वाष्प एवं 2 उष्मीय अवरक्त के अलावा 1 लघु तरंग अवरक्त चैनल को भी शामिल किया गया है जिससे कि उपयोगिता बढ़ायी जा सके। इमेजर भू-स्थिर कक्षा से पृथ्वी के दृश्य लेने की क्षमता प्रदान करेगा। इस हेतु इस नीतभार में दृष्टि प्रणाली का उपयोग किया गया है। उत्सर्जित ऊर्जा को विभिन्न

चैनलों में पूरी क्षमता से एक साथ पहुँचाने के लिए एक विशिष्ट किरण विभाजन प्रणाली बनायी गयी है। आठ दृश्य संसूचक साधारण तापमान  $25^{\circ}\pm 10^{\circ}$  से. जबकि आठ लघु तरंग अवरक्त संसूचक  $15^{\circ}$  से  $25^{\circ}$  के बीच चयन किए गए निश्चित तापमान में प्रचालित होंगे। मध्यम तरंग अवरक्त, वाष्प एवं उष्मीय अवरक्त संसूचक क्रायोजनिक तापमान (अधिकतम 100 के.) में प्रचालित होंगे। सभी संसूचकों का मुख्य के अलावा एक अतिरिक्त समूह भी रखा गया है।

पुराने वीएचआरआर नीतभार की तुलना में इमेजर नीतभार में कुछ विशेष सुविधाएं प्रदान की गयी हैं जो इस प्रकार है -

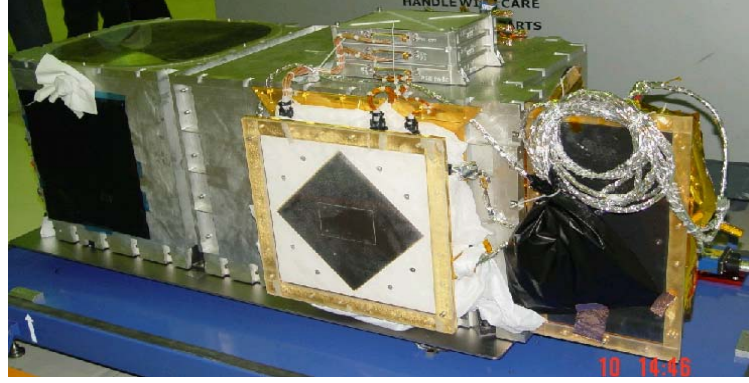
1. ब्लैक बोडी अंशांकन अनुक्रम में परिवर्तन
2. एसएमई एचके डाटा का तेजी से नमूने लेना (SME HK -स्केन मिरर इलेक्ट्रानिक्स-हाउस कीपिंग)
3. तीन के स्थान पर दो प्रकार से प्रचालन
  - (i) पूरे ढाँचे के प्रकार से अवलोकन ( $18^{\circ}$  पूर्व-पश्चिम X  $18^{\circ}$  उत्तर-दक्षिण) - पूरी पृथ्वी एवं इर्दगिर्द के अंतरिक्ष का आवरण
  - (ii) कार्यक्रमित प्रकार से आवरण (  $18^{\circ}$  पूर्व-पश्चिम दिशा में, उत्तर-दक्षिण दिशा आवरण को अवलोकन रेखा संख्या में परिभाषित किया जा सकता है )
4. दृश्य गति क्षतिपूर्ति एवं आइना गति क्षतिपूर्ति की व्यवस्था



चित्र -1 इमेजर नीतभार

#### साउण्डर

यह नव विकसित / निर्मित नीतभार है जो कि भारत में पहली बार अभिकल्पित रेडियोमीटर है। इसमें कुल मिलाकर 19 चैनलें हैं जो भू-स्थिर कक्षा से पृथ्वी के वातावरण का उर्ध्व/लंबित पार्श्वचित्र शब्दायमान करने की क्षमता प्रदान करेगा। इस नीतभार में एक दृश्य चैनल एवं 18 अवरक्त चैनल हैं जिसे तीन हिस्सों में विभाजित किया गया है। पांच मध्य तरंग अवरक्त, छह लघुतरंग अवरक्त एवं सात दीर्घतरंग अवरक्त चैनल हैं। साउंडर नीतभार 10 कि.मी. X 40 कि.मी. के क्षेत्र को 0.1 से. के समय में शब्दायमान करता है। ब्लैकबोडी अंशांकन हर 30 मि.के अंतराल से स्वयंचालित रूप से एवं ग्राउंड कमान से भी होता है।



चित्र-2 साउन्डर नीतभार

### नीतभार निर्माण

फ्लाइट मॉडल यानी एफएम नीतभार का निर्माण कार्य तो बहुत पहले ही शुरू कर दिया गया था। इटीएम पूरा होने से पहले ही एफएम का वायरिंग सन् 2006 के उत्तरार्ध में चालू किया गया और सन् 2008 के उत्तरार्ध में सभी पैकेज परीक्षण के लिए उपलब्ध करा दिए गए थे। परीक्षण के दौरान जो समस्याएं पायी गयी उनका निराकरण समय-समय पर करते हुए आखरी पैकेज का परीक्षण एवं मूल्यांकन जनवरी 2011 में पूरा हुआ और इस पश्चात् तुरंत इसे एकीकरण हेतु बेंगलुरु भेज दिया गया। 2010 के पूर्वार्ध में एफएम-आर-1 का संविचरन कार्य भी शुरू कर दिया गया है और पीसीबी वायरिंग कार्य आखरी चरणों में है। एफएम संविचरन में जो समस्याएं आयी, उनका कैसे निराकरण किया गया उसके विषय में नीचे जानकारी दी गयी है।

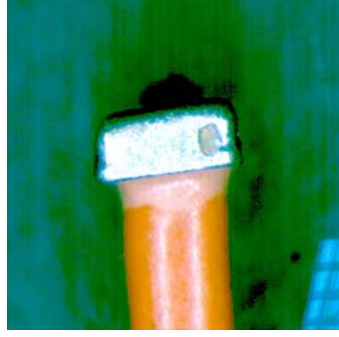
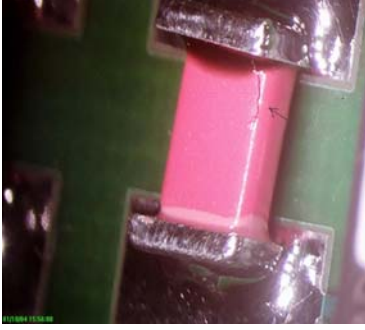
(i) पुर्जों संबंधी : इंसैट-3 डी निर्माण हेतु सभी पुर्जे आईजेक, बेंगलुरु से दिए जाते थे। इस परियोजना हेतु पुर्जे बहुत पहले ही प्राप्त कर लिए गए थे फिर भी काफी मात्रा में पुर्जे उपलब्ध नहीं थे। इस कारण पीसीबी वायरिंग कार्य एक बार में नहीं हो पा रहा था। परियोजना प्रबंधन ने सुविधा के साथ यह तय किया कि संविचरन कार्य दो चरणों में पूरा किया जाए। दो चरणों के बीच का अंतराल लंबा होने पर कार्ड को बोन्डेड स्टोर में नियंत्रित वातावरण में संग्रहित किया जाए।

बार-बार के वायरिंग एवं सफाई कार्य से पीसीबी में सफेद अवशेष की समस्या पायी गयी थी जिसे वेपर फेज क्लीनिंग से काफी हद तक सुलझाया गया।

(ii) पुर्जे लंबे समय तक पड़े रहने के कारण उनके तार या टर्मिनेशन पर जंग लगी पायी गयी थी जोकि सुयोग्य सोल्डरिंग जोड़ में बहुत ही कठिनाई पैदा करता है। तार एवं टर्मिनेशन पर लगे जंग की सफाई कठिन काम था। इनको निकाले बिना अच्छे टिनिंग की संभावना कम तथा डिवेटिंग की अधिक थी। सूक्ष्म धार से यथा संभव बिना क्षति पहुँचाये पुर्जों की सफाई करके उपयोग में लाया गया। बहुत अधिक मात्रा में जंग लगे पुर्जों को बदल दिया गया।

(iii) सीडब्ल्यूआर -06 सोलिड टेन्टेलम संधारित्र में दो तरह की समस्या पायी गयी। टर्मिनेशन में परत निकाली हुई होने के वजह से डिवेटिंग आती थी एवं सोल्डरिंग के पश्चात् ऋण छोर पर काली एपोक्सी में दरार एवं उसकी धात्विय टर्मिनेशन से अलगाव देखा गया। परत निकलने की समस्या आर एम 1206

अवरोध में भी पायी गयी जोकि पुर्जों की खराबी थी। ऋण छोर की दरार सोल्डरिंग आयर्न की गतिविधि, सोल्डरिंग तापमान एवं समय के कारण थी। इन सबको नियंत्रित करना अति आवश्यक था वरना ये पुर्जे हाथ से सोल्डरिंग कर नहीं सकते। फैब्रिकेटरों एवं उनके निरीक्षकों को भी इसके लिए प्रशिक्षित किया गया। 5 सेकेंड के अंदर ही सोल्डरिंग करने का एवं उस जाड़ पर कोई भी मरम्मत / रिवर्क न करने की सूचना दी गयी। अच्छे गुणवत्ता नियंत्रण से विफलता में बहुत हद तक कमी आ गयी।

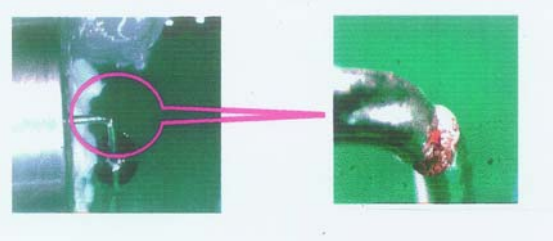


चित्र : 3

सीडब्ल्यूआर-06 संधारित्र

आरएम-1206 अवरोध

(iv) सीआरएच-11 पॉलिकारबोनेट संधारित्र 10 मा.फे. 100 वॉ. जोकि एनएसआर-20 पैकेज में तीन कार्ड में उपयोग में लाए गए थे, कंपनी परीक्षण के दौरान विफलता पायी गयी। हर कार्ड में 8 ऐसे संधारित्र लगे थे जो 2 इंच लंबे एवं 1 इंच मोटे थे। हर एक का वजन करीब 45 ग्रा. था तथा उनके तार की मोटाई केवल 1 मी.मी. थी। स्टेक-1, 4 एवं 5 में तीनों कार्ड लगे थे। प्रथम स्टेक -1 में सी-36 संधारित्र का तार टूटा हुआ पाया गया। जबकि दूसरी बार स्टेक -5 में उसी सी-36 संधारित्र में तार वेल्डिंग वाले जोड़ के पास टूटा हुआ था।



चित्र -4

सीआरएच-11 संधारित्र का टूटा हुआ तार

बहुत ही विश्लेषण के पश्चात् लगा कि विशेष तौर पर सी-36 के स्थान पर कंपनी का असर एवं मात्रा अधिक महसूस हो रहा है क्योंकि वो डी-प्रकार के कनेक्टर के नजदीक लगा हुआ था जिसके कारण अधिक वजन उस क्षेत्र में एकत्रित होने से कंपनी का असर अधिक था। संधारित्रों के तार को काटकर लेप जोड़ से लचीले तार द्वारा बोर्ड के साथ जोड़ा गया एवं 60% तक

आरटीवी द्वारा लोकल पोटिंग किया गया। हालांकि आर-1 मॉडल के लिए संधारित्रों के तार को इसरो-पेक्स-300 की मार्गदर्शिका के अनुसार मान्य तरीके से घुमाव देकर सोल्डर करने की योजना विचाराधीन है एवं परीक्षण चालू है।

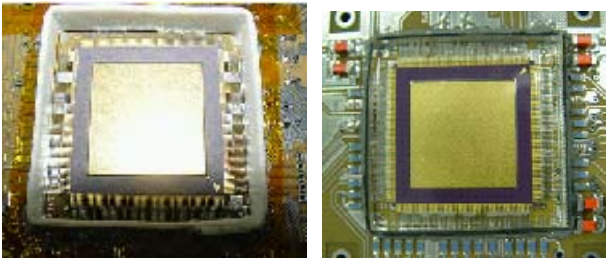
(v) स्वीर डिटेक्टर प्रि-एम्प्लीफायर लचीला पीसीबी : स्वीर डिटेक्टर (संसूचक) से प्रि-एम्प्लीफायर कार्ड, जिसमें एचएमसी लगी हुई थी, अंतर लंबा होने से केबल द्वारा नोइज़ निश्चित मात्रा से अधिक होने के संयोग अधिक थे। दोनों कार्ड को नजदीक लाना संभव नहीं था। दोनों कार्ड को जोड़ने हेतु लचीला पीसीबी बनवाकर अंतर कम किया गया। डिटेक्टर कार्ड पर दो एचएमसी लगायी गयी और बाकी दो एचएमसी वाला कार्ड उसके ऊपर ही लगाया गया। जिससे संकेत से नोइज़ प्रपात में बहुत सुधार आया। इन दो बोर्ड को एकीकृत करने में यांत्रिकी समस्याएं आयी। बहुत मुश्किल कार्य पूर्ण धैर्य के साथ एचएमसी को या डिटेक्टर को हानि पहुँचाए बिना निपटाया गया। दोनों बोर्ड में मिलाकर आठ-आठ प्रि-एम्प्लीफायर लगे हैं जिसमें चार मुख्य एवं चार अतिरिक्त है।



चित्र -5

लचीला पीसीबी

(vi) एफपीजीए हेतु बाँध बनाकर एपोक्सी भरने की क्रियाविधि : 172 पीन या इससे अधिक की सीरामिक क्वाड्रेचर फ्लैट पैक (सीक्युएफपी) को पीसीबी पर लगाने के पश्चात् यांत्रिकी बल प्रदान करने हेतु जिससे कि वे कंपन परीक्षण के दौरान उखड़ न आए-नया तरीका तलाशा गया। इसमें इस पुर्जे के इर्दगिर्द बाँध बनाकर पारदर्शक एपोक्सी डीसी 93-500 को पुर्जा डूब जाए इतनी ऊँचाई तक भर लिया गया जिससे वो पीसीबी से जुड़ा रहे। मूल्यांकन परीक्षण में सफलता के पश्चात् इसे उपयोग में लाया गया। एफएम के कंपन परीक्षण में भी इसे सफलता मिलने पर अन्य परियोजनाओं में भी इसका उपयोग किया जा रहा है।



चित्र -6 बाँध बनाकर भरने की तकनीक

### **उपसंहार**

इन समस्याओं के अलावा भी छोटी-बड़ी समस्याएं आयी जैसेकि एफआरबी कनेक्टर का टूटना, मेग्नेशियम ट्रे पर सफेद धब्बे बनना, नीचे की ट्रे में डी-प्रकार के कनेक्टर लगाने हेतु आवश्यक छिद्रों का अभाव इत्यादि। इन सब का निराकरण यथा समय लाया गया जिसमें यांत्रिकी गुणवत्ता नियंत्रण, आश्वासन एवं संविचरन सुविधाओं ने परियोजना प्रबंधन के साथ रहकर बहुत ही अच्छा कार्य किया। इसी के फलस्वरूप इन्सैट-3 डी एफएम के दोनों नीतभार-इमेजर एवं साउन्डर को उपग्रह के साथ एकीकृत करने हेतु 11 जनवरी 2011 को इसरो उपग्रह केंद्र, बेंगलुरु को सौंप दिया गया। इंसैट-3 डी आर-1 के पीसीबी वायरिंग का कार्य भी इस वर्ष के पूर्वार्ध में पूरा होकर पैकेज तैयार होने की उम्मीद है। इन्सैट-3 डी आर-2 के पीसीबी बनाने का कार्य शुरू कर दिया गया है। मौसम विज्ञान के क्षेत्र में यह उपग्रह एक सीमाचिन्ह साबित होगा इसमें कोई संदेह नहीं है।





## उपग्रहों और ग्रहों के अन्वेषण में फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचनाओं का अनुप्रयोग

कृपा शंकर सिंह, वैज्ञानिक/अभियंता 'एस.डी.'

ए.सी. माथुर, प्रधान, ए. एम. डी. डी.

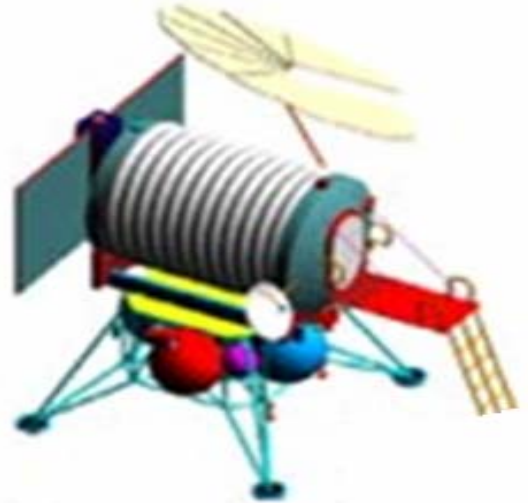
ऐन्टेना यांत्रिक अभिकल्प प्रभाग  
यांत्रिक अभियांत्रिक प्रणाली क्षेत्र

### 1- प्रस्तावना

हाल के वर्षों में अंतरिक्ष वैज्ञानिकों व अभियंताओं का ध्यान अंतरिक्ष मिशनों की लागत को कम करने पर संकेन्द्रित हुआ है ताकि उपग्रहों की बढ़ती मांग को पूरा किया जा सके। भविष्य में ऐसी संरचनाओं की भी आवश्यकता होगी जो भार में हल्की और बहुत बड़े आकार की हो। आगामी आवश्यकताओं को ध्यान में रखकर अंतरिक्ष संगठनों ने फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचनाओं का अनुसंधान और निर्माण शुरू कर दिया है। भार में हल्की, आसान परिवहनीयता और बहुत बड़े आकार की होने के कारण इन संरचनाओं के कई लाभ हैं। ग्रहों के अन्वेषण में भी इन संरचनाओं का उपयोग किया जा सकता है। दैनिक जीवन में भी इन संरचनाओं का बहुतायत उपयोग किया जाता है। पार्थिव (तरेस्तीयल) फुलने वाली संरचनाओं का विशिष्ट उदाहरण फुलने वाली नावें और तम्बू हैं जिनका उपयोग सेना में होता रहा है।



मौसम का गुब्बारा



खुलने व फुलने वाली आवास संरचना

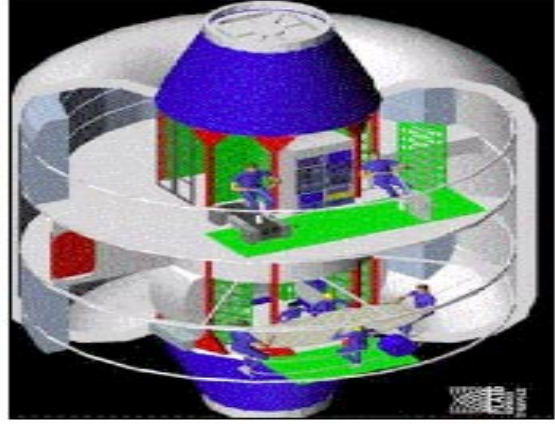
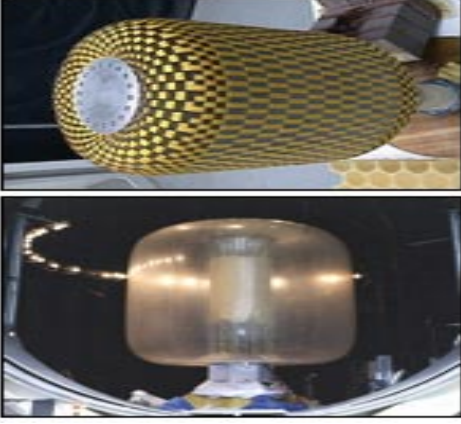
### फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचनायें

फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचनायें अंतरिक्ष यान घटकों का एक वर्ग है जिसको छोटे पैकेज में संकुचित किया जा सकता है और कक्षा में पहुंचने पर फुलाया जाता है। यह कम आयतन में बन्द की हुई एक लचीली संरचना है जिसको अंतरिक्ष में या जमीन पर गैस की सहायता से एक पूर्व निर्धारित आकृति में फुला कर आवश्यक सतह का आकार (प्रोफाइल) प्राप्त किया जाता है और फिर लंबे समय तक उपयोग में लाने के लिए उसको विभिन्न विधियों द्वारा दृढ़ता प्रदान की जाती है। कठोर संरचना की तुलना में, इसका भार आधा, आयतन 1 / 100 वॉ और लागत 1 / 10 वॉ होता है।

इसकी दृढ़ता व भार का अनुपात और पैकेजिंग क्षमता दोनों बहुत ही अधिक होती है, इसलिये आजकल विश्व के अनेक देशों के वैज्ञानिक व अभियंता ग्रहों के अन्वेषण और मानव बस्ती की चाँद पर स्थापना की दौड़ में इसके प्रयोग की कई संभावनाओं को तलाशने में व्यस्त हैं। यूरोपियन स्पेस ऐजेंसी (ई.एस.ए.), नेशनल एरोनाटिक्स व स्पेस एडमिनिस्ट्रेशन (एन.ए.एस.ए.) व रशियन स्पेस ऐजेंसी मुख्य तौर पर अनेकों नये फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचना से जुड़ी तकनीकें विकसित करने में लगे हैं। भार में हल्के होने की वजह से यह संरचना अधिक क्षमता की प्रणोदन प्रणाली की आवश्यकता को कम कर देती है।

इसके प्रयोग को निम्नलिखित भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है...

- अंतरिक्ष संरचनाओं में प्रयोग
- भूमि संरचनाओं में प्रयोग

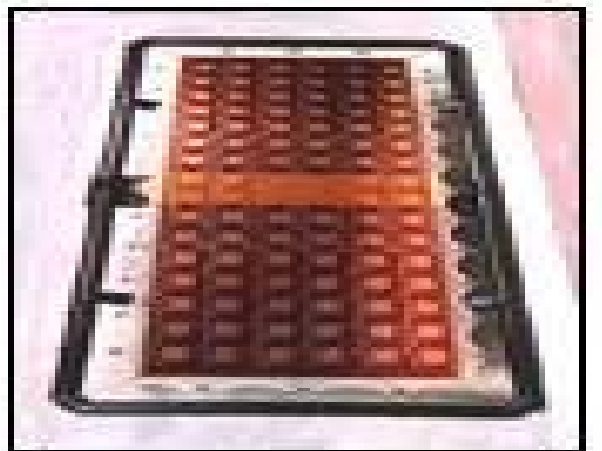


मंगल ग्रह स्थानांतरण वाहन आवास

### 2.1- फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचनाओं का अंतरिक्ष में उपयोग

भविष्य के अंतरिक्ष कार्यक्रमों में, अंतरिक्ष में विद्युत उत्पादन और संचार प्रणालियों के लिए बड़ी संरचनाओं की आवश्यकता होगी। बड़ी संरचना के परिवहन में नीतभार(पेलोड) की बड़ी मात्रा की और उच्च क्षमता के प्रणोदन प्रणाली की आवश्यकता होगी। अंतरिक्ष में विद्युत उत्पादन के लिए सौर विद्युत उत्पादन एकत्रकों (concentrators), सौर पर्वतकों (रिफ्लेक्टरस) और सौर ब्यूह (arrays) की भी आवश्यकता पड़ेगी। संचार व्यवस्था के लिए बड़े और हल्के वजन के एंटीना की भी आवश्यकता होगी। इनके लिये हल्के वजन की खुलने (डिपलायेबल) वाली और फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष संरचनाओं के विकास की आवश्यकता होगी।

| खुलने वाली अंतरिक्ष संरचना                  | फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष संरचना                          |
|---|--|
| कठोर सदस्यों के जोड़ों से निर्मित संरचना    | बहुत हल्की पतली फिल्मों से और कम्पोसिट की आधार से निर्मित संरचना |
| संग्रहित स्थिति उर्जा की सहायता से खुलता है | फुलने वाली गैस की सहायता से खुलता है।                            |
| जटिल आकारों को प्राप्त करना कठिन है         | जटिल आकारों को प्राप्त करना अपेक्षाकृत आसान है।                  |
| अधिक आकार त्रुटियाँ                         | कम आकार त्रुटियाँ  |
| खोलने के लिए अधिक शक्ति का प्रयोग           | फुलने में कम शक्ति का प्रयोग                                     |
| भारी और महंगी होती है।                      | हल्की, उच्च पैकिंग दक्षता, अपेक्षाकृत सस्ती होती है।             |



खुलने (डिपलायेबल) वाली अनफरलेबल चंद्र आवास संरचना

### 2.1.1 खुलने (डिपलायेबल) वाली व फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) आवास संरचना

ग्रहों जैसे मंगल या चंद्रमा के अन्वेषण के दौरान हमें लंबी अवधि के लिए रहने की आवश्यकता होगी ताकि ग्रहों पर प्रयोगात्मक विश्लेषण किया जा सके, साथ में अंतरिक्ष वाहन से बाहर निकलने के लिए वाहन हस्तांतरण मॉड्यूल की भी जरूरत होगी। खुलने (डिपलायेबल) वाली आवास और स्थानांतरण वाहन आवास को फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचना से बनाया जा सकता है। आजकल यूरोपियन स्पेस ऐजेंसी (ई.एस.ए.) ने खुलने (डिपलायेबल) वाली निवास स्थान पर और नासा ने खुलने (डिपलायेबल) वाली निवास स्थान और खुलने (डिपलायेबल) वाली स्थानांतरण वाहन आवास दोनों पर काम करना शुरू कर दिया है।

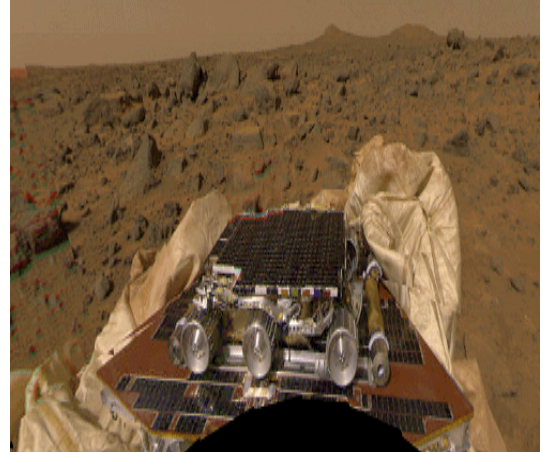


### 2.1.2 फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) ग्रहों में प्रविष्टि और लैंडिंग प्रणाली संरचना टकराव से बचाने वाली हवा के गुब्बारे

ग्रहों जैसे मंगल या चंद्रमा के अन्वेषण में यह आवश्यक है कि अंतरिक्ष यान या लैंड रोवर ग्रह की पथरीली सतह पर सुरक्षित उतरे। अंतरिक्ष यान या लैंड रोवर को टकराव से बचाने के लिए हवा के गुब्बारों में इनको बन्द कर दिया जाता है और टकराव से पहले इन गुब्बारों को फुला दिया जाता है। इस प्रकार हम अंतरिक्ष यान या लैंड रोवर को बचा लेते हैं।



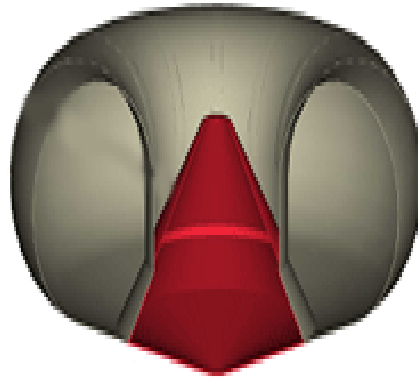
नासा के मंगल लैंडर व रोवर क्रेश



स्थानांतरण वाहन आवास

### ऐरोब्रेकस और बलूट प्रणाली

ऐरोब्रेकस और बलूट प्रणाली का उपयोग विभिन्न कक्षा प्रविष्टि या ग्रहों की प्रविष्टि मिशन के लिए किया जा सकता है। विभिन्न कक्षा प्रविष्टि या ग्रहों की प्रविष्टि मिशन में परंपरागत रसायनिक नोदन तकनीक की तुलना में वायुगतिकीय घर्षण के उपयोग से भार में काफी बचत होती है। फुलने वाली ऐरोब्रेकस को वायुमंडल में प्रवेश से पूर्व ही फुला दिया जाता है।



ऐरोब्रेकस और बलूट



### 2.1.3 फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) सौर सुरक्षा कवर (shade)

फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) सौर सुरक्षा कवर को भ्रमित(स्टे) प्रकाश और ताप नियंत्रण अनुप्रयोगों में प्रयोग किया जाता है। ऐस्ते प्रकाश नियंत्रण अनुप्रयोगों में सौर सुरक्षा बाहरी ऐस्ते प्रकाश स्रोत को रोक देता है ताकि ऑप्टिकल उपकरणों में पृष्ठभूमि शोर के स्तर में वृद्धि ना हो सके। ताप नियंत्रण अनुप्रयोगों में सौर सुरक्षा प्रणाली विकिरण उर्जा के स्थानांतरण को कम कर ,कार्यरत एक ठंडा साधन या उपतंत्र को, बाहरी गर्मी उत्पन करने वाले स्रोतों जैसे धूप और गर्म अंतरिक्ष यान के उपकरणों से बचाता हैं।



आईएसआईएस शटल प्रयोग-एकाधिक परत झिल्ली शील्ड(15 \*33 मी.)

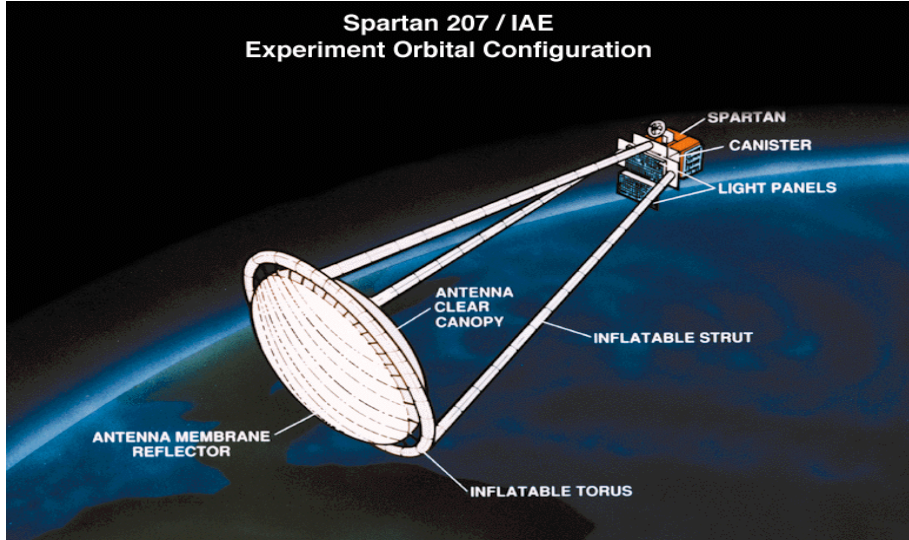
### 2.1.4 फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) सौर विद्युत उत्पादन एकत्रकों (concentrators)

सौर तापीय प्रणोदन को ग्रहों जैसे मंगल या चंद्रमा के अन्वेषण में प्रयोग में लाया जा सकता है। सौर गर्म सामग्री से हाइड्रोजन गैस को गर्म कर गुहा के आसपास फुला देते हैं। विस्तार गैस प्रज्वलन (इग्निशन) या दहन के बिना इंजन को घुमा देता है। सौर एकत्रकों को सौर विद्युत रूपांतरण दक्षता में सुधार या सौर तापीय प्रणोदन प्रणाली के लिए एकत्रकों के रूप में प्रत्यक्ष तौर पर इस्तेमाल किया जा सकता है।



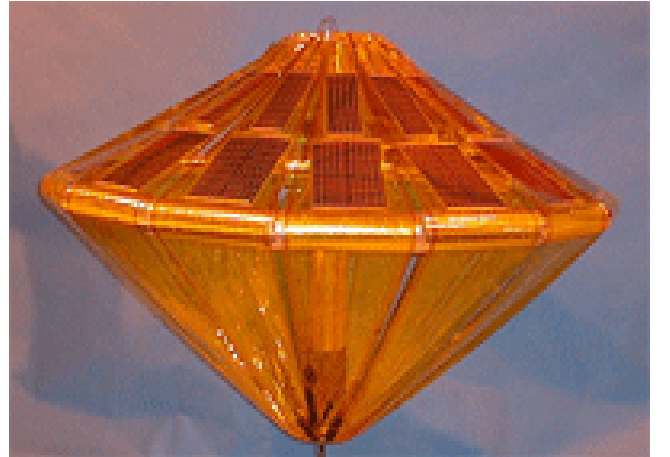
### 2.1.5 फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष पर्वतकों (रिफ्लेक्टरस)

फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष पर्वतक (रिफ्लेक्टर) ऐन्टेना के सभी मापदंडों को एक साथ आगे बढ़ाने की जबरदस्त क्षमता रखता है। इनका कम भार, उच्च तैनाती विश्वसनीयता और छोटे पैकिंग मात्रा मिशन और अंतरिक्ष यान का द्रव्यमान, जटिलता, और लागत को काफी कम कर देता है।



### 2.1.6 फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) सौर व्यूह (arrays)

भविष्य वाणिज्यिक और गहरे अंतरिक्ष उपग्रह को उच्च विशिष्ट शक्ति घनत्व के सौर (100 वाट / किग्रा से अधिक) की आवश्यकता होगी। एक बड़े सौर व्यूह अभिकल्प (डिजाइन) करने में फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) प्रौद्योगिकी का उपयोग करने से वर्तमान के यंत्रवत् सौर व्यूह की तुलना में सामग्री रखने का स्थान की मात्रा, और द्रव्यमान कम हो रहे हैं साथ में विशिष्ट शक्ति में वृद्धि हुई।

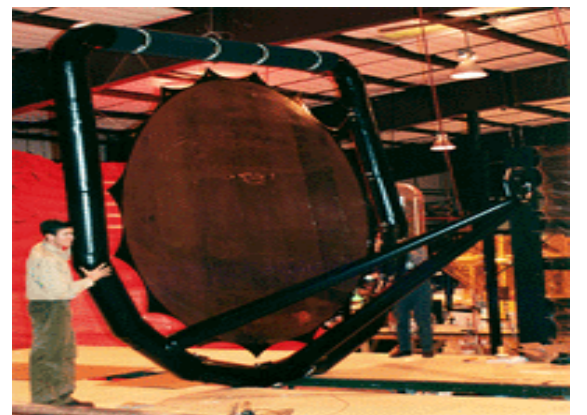


फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) सौर व्यूह (arrays)

### 2.1.7 फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष एन्टेना

फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष एन्टेना प्रौद्योगिकी, उच्च सांख्यिकी ( डाटा) दर की आवश्यकता और दूर संचार के लिये बहुत ही महत्वपूर्ण है। फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष एन्टेना प्रौद्योगिकी का उपयोग निम्नलिखित है।

- परावर्तक (रिफ्लेक्टर) एंटीना
  - परबलयिक रिफ्लेक्टर एन्टेना



समतल एंटीना

## ग्रहीय अन्वेषण को विशेष महत्त्व देते हुए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एवं उपयोग

- समतल(पलेनर) एंटीना
  - पर्वतक व्यूह एंटीना
  - माइक्रोस्टीप चरणबद्ध एंटीना
  - सिंथेटिक एपर्चर रडार



सिंथेटिक एपर्चर रडार एंटीना

### 2.2- फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचनाओं का पृथ्वी पर उपयोग

दैनिक जीवन में इन संरचनाओं का उपयोग बहुतायत ही किया जाता है। फुलने वाली ((इनफ्लेटेबल) ) संरचनाओं का पृथ्वी पर निम्न प्रकार से उपयोग किया जा सकता है...

- लड़ाकू विमानों के लिए ईंधन टैंक में
- युद्ध और आपातकाल के दौरान पुल बनाने में
- दलों और सम्मेलनों के लिए बड़े आकार के तंबू बनाने में
- पर्यटकों द्वारा उपयोगी टेंट में
- विशेष प्रयोजनों के गुब्बारों में
- संचार एंटेना में
- मौसमी गुब्बारों में
- बच्चों के खिलौने बनाने में



फुलने वाली नाव



फुलने वाले बच्चों के खिलौने



हवा में तैरता गुब्बारा

### 3.0 फूलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचना प्रणाली की चुनौतियां

फूलने वाली (इनफ्लेटेबल) संरचनाओं के विकास में मुख्य रूप से निम्नलिखित चुनौतियां हैं।

- प्रौद्योगिकियों क्षेत्र की
- नियंत्रित तैनाती
- अंतरिक्ष कठोरता
- फूलने वाले तंत्र
- गतिशील मॉडलिंग
- अंतरिक्ष के वातावरण का सिमुलेशन
- यांत्रिक अभिकल्प ( डिजाइन)
- अंतरिक्ष में उपयोगी पदार्थ
- निर्माण
- परीक्षण

इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र और विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केन्द्र ने भी इन संरचनाओं पर अनुसंधान कार्य शुरू कर दिया है।

### 4.0 आभार

ग्रुप निदेशक, उप निदेशक व निदेशक अंतरिक्ष उपयोग केंद्र को धन्यवाद देता हूँ जिन्होंने इस पत्र को हिन्दी सेमिनार में मुद्रित करने की आज्ञा प्रदान की। मैं अपने सहकर्मियों को धन्यवाद देता हूँ जिन्होंने इस लेख की प्रूफ रीडिंग करी व त्रुटियों को सही करने में सहायता प्रदान की।

### 5.0 संदर्भ

1. इंटरनेट वेब साइट
  - [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)
  - [www.esa.int](http://www.esa.int)
  - [www.ilcdover.com](http://www.ilcdover.com)
  - [www.lgarde.com](http://www.lgarde.com)
2. पुस्तकालय संग्रहालय से ई.एस.ए. और एन.ए.एस.ए. की कार्यवाहियाँ
3. अंग्रेजी-हिंदी अंतरिक्ष विज्ञान शब्दावली (जून-2009) - वैज्ञानिक व तकनीकी शब्दावली आयोग, भारत सरकार, मानव संसाधन विकास मंत्रालय, नई दिल्ली





## रिसोर्ससेट-2 के लिए उच्च विभेदी बहुस्पेक्ट्रमी LISS-4 कैमरा का विकास

बी.एन. शर्मा एवं प्रदीप कुमार  
सेडा, सैक

### सारांश

रिसोर्ससेट-2 (RS-2) के लिए एक उच्च विभेदी बहुस्पेक्ट्रमी लिस-4 (LISS-4) कैमरे का विकास अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में किया गया है। यह कैमरा दृश्य एवं निकट अवरक्त स्पेक्ट्रम बैंडों में धरती की सतह का प्रतिबिंब 5.8m की विभेदन क्षमता से कर 23km प्रमार्ज 820km की कक्षा से प्रदान करेगा। लिस-4 कैमरे में प्रयुक्त प्रकाशीय यंत्र एक अनाबाधित त्रिदर्पण दूरबीन है, जिसका F/NO 4 एवं फोकस दूरी 980mm है। इस दूरबीन का प्राथमिक दर्पण (PM) एक अक्षेतर अतिपरवलयकार अवतल दर्पण है, द्वितीय दर्पण गोलाकार उत्तल दर्पण तथा तृतीय दर्पण दीर्घवृत्तीय अवतल दर्पण है। इस दूरबीन की संरचना की मुख्य विशेषता यह है कि विभिन्न सतहीय आकारों के दर्पणों के प्रयोग से आपतीत प्रकाशीय किरण पुंजों के मार्ग में किसी भी प्रकार की बाधा नहीं आती है। यह प्रकाशीय दूरबीन  $\pm 2.5^\circ$  का दृष्टि क्षेत्र अवगामी दिशा (Across track) में तथा  $+0.4^\circ$  एवं  $0.6^\circ$  अनुगामी (Along track) दिशा में प्रदान करता है। दूरबीन के उपलब्ध दृष्टि क्षेत्र में तीन बैंडों को समाहित करने के लिए, नाभीय समतल को अनुगामी दिशा (Along track) में तीन भागों में विभाजित किया गया है, जहां पर तीन आवेश युग्मित यंत्रों को (CCD) आवश्यक बैंड पारक फिल्टर के साथ रखा गया है। ये CCDs प्रकाशीय ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हैं। तीन बैंडों के लिए दृश्य विभाजन एक प्रिज्मीय व्यवस्था में रखे छोटे आकार के समतल दर्पणों के द्वारा किया जाता है। CCDs द्वारा प्राप्त विद्युत वोल्टता को इलेक्ट्रानिक्स तंत्रों द्वारा संशोधन एवं अंकीकरण कर इस डाटा को उपग्रह के बेस बैंड यंत्र को प्रेषित किया जाता है। प्रस्तुत तकनीकी पेपर में दर्पण समूहों, इनके एकीकरण द्वारा निर्मित दूरबीन, संसूचक यंत्रों, इलेक्ट्रानिक्स यंत्रों एवं इन सब के एकीकरण से निर्मित कैमरे की विकास का वर्णन किया गया है। एकीकरण एवं निष्पादन क्षमता निर्धारण हेतु विकसित किए गए परीक्षण यंत्रों की भी चर्चा की गई है। दर्पण समूहों के उपघटन हेतु विकसित की गई एक विशेष प्रणाली जो कि व्यतिकरणमिति पर आधारित है का भी विस्तृत उल्लेख किया गया है। इस विशेष विधि को द्वयपारक व्यतिकरणमिति कहा जाता है, जिसके प्रयोग से केवल एक ही दर्पण को उपघटन प्रतिपुरक की तरह इस्तेमाल कर, करीब-करीब विवर्तन सीमित दूरबीन निष्पादन प्राप्त किया गया है। एकीकृत कैमरा यंत्र का व्यापक अभिलक्षण उनके माडुलन फलन अंतरण (MTF), संकेत-रव-अनुपात (SNR) जैसे प्राचलों के मापन विभिन्न परीक्षण चरणों में कर के किया गया है। इस कैमरे का सफलतापूर्वक निर्माण कर इसे उपग्रह के साथ एकीकृत कर लिया गया है। लेखकद्वय का पूर्ण विश्वास है कि इस तरह की कैमरा प्रणाली का विकास भविष्य में ग्रहीय अन्वेषणों में किया जा सकता है तथा कैमरा एकीकरण एवं परीक्षण हेतु विकसित किए गए परीक्षण विधियों का भी व्यापक उपयोग इन कैमरों के परीक्षण हेतु किया जा सकता है।

### प्रस्तावना:

RS-2 पर स्थापित लिस-4 कैमरा एक उच्च विभेदी बहुस्पेक्ट्रमी प्रतिबिंबन यंत्र है, जो कि भूसंपदा प्रबंधन हेतु उपयोग में लाया जाएगा। यह कैमरा दृश्य एवं निकट अवरक्त के तीन स्पेक्ट्रम बैंडों (B2, B3 एवं B4) में उच्चविभेदन क्षमता के साथ धरती की सतह का चित्रण करेगा। इस कैमरे की विभेदन क्षमता 5.8m तथा तात्क्षणिक प्रमाज बहुस्पेक्ट्रमी विधा में 23km एवं एकल स्पेक्ट्रमी विधा में 70km है। यहाँ यह उल्लेख करना अति आवश्यक है कि विशेष प्रयासों से बहुस्पेक्ट्रमी विधा में भी 70km का प्रमार्ज प्राप्त किया जा सकता है जिसके लिए उपग्रह की स्मृति यंत्र की क्षमता को बढ़ाया गया है। इस कैमरे का दृष्टि क्षेत्र भू-अनुरेख के लंबवत होता है तथा यह पुशब्रुम विधा से धरती की सतह का चित्रण करता है।

उच्च विभेदन एवं बड़े प्रमार्ज हेतु यह आवश्यक होता है कि कैमरे का प्रकाशीय तंत्र अपनी गुणता बड़े दृश्य क्षेत्र के लिए बनाए रखे तथा उसका फोकस तल पूर्ण रूप से समतल रहे। इस कैमरे की स्थानिक आवृत्ति (70 lp/mm) ज्यादा होने के कारण



पारंपरिक द्वि-दर्पण कैसेग्रेन दूरबीन बड़े दृश्य क्षेत्र में अच्छी गुणवत्ता प्रदान नहीं कर सकती है। इसी कारण लिस-4 कैमरे के लिए अनाबधित अक्षेतर त्रि-दर्पण दूरबीन का चयन किया गया, जो कि बड़े

दृष्टिक्षेत्र में भी अपनी गुणता बनाए रख सकता है। इस बहुस्पेक्ट्रमी कैमरे में प्रकाशीय तंत्र के अतिरिक्त एक दृश्य विभाजन दर्पण युक्ति बैंडपारक फिल्टर, CCD एवं आवश्यक इलेक्ट्रॉनिक उपतंत्र है।

**प्रकाशीय तंत्र विन्यास:**

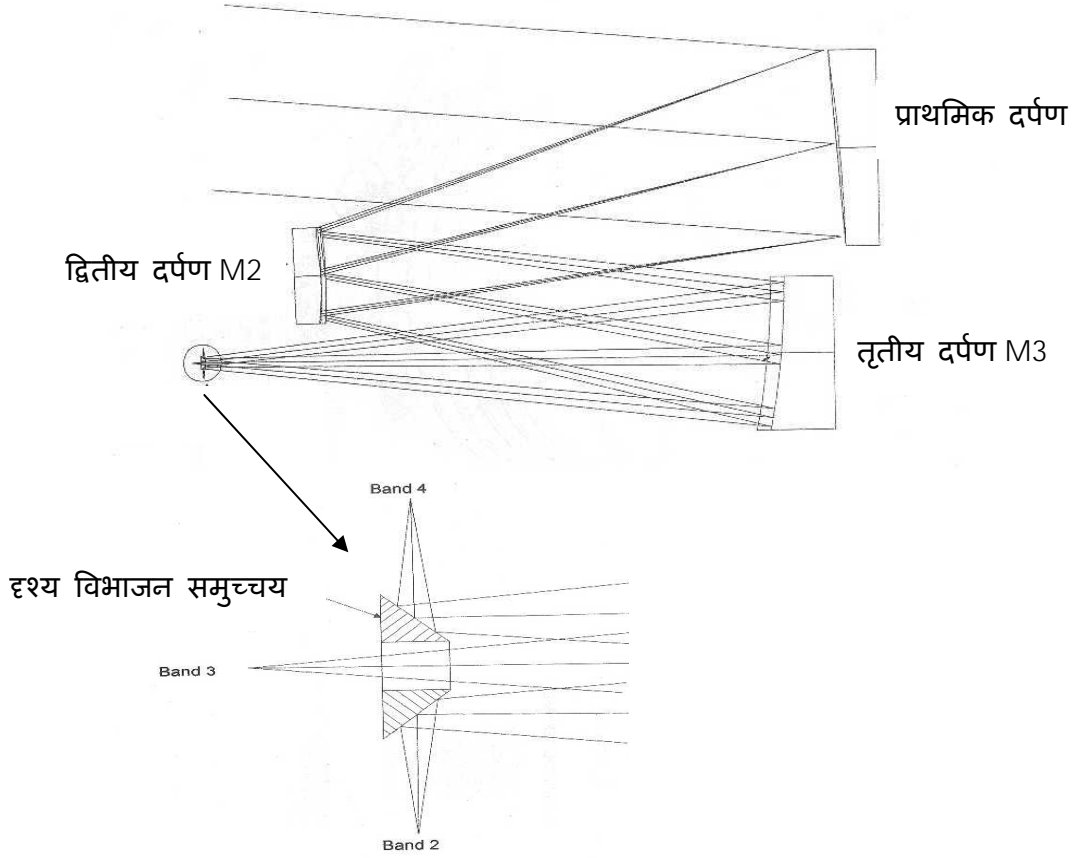
लिस-4 कैमरे का प्रकाशीय तंत्र एक अक्षेतर त्रिदर्पण अनाबिंदुक (Three Mirror Astigmatic TMA) दूरबीन है, जिसका द्वारक अनुपात (F/No) 4 तथा फोकस दूरी 980mm है। यह प्रकाशीय तंत्र  $\pm 2.5^\circ$  का दृश्य क्षेत्र अवगामी दिशा (Across track) में तथा  $+0.4^\circ$  एवं  $-0.6^\circ$  अनुगामी (Along track) दिशा में प्रदान करता है। इस दूरबीन के मुख्य प्राचलों का मान तालिका (1) में दिया गया है। इस तरह की TMA दूरबीन के निम्न मुख्य फायदे हैं:

- संवृद्ध माडुलन फलन अंतरण (MTF) (आपतित किरणपुंजों के मार्ग में आच्छादन न होने के कारण)
- तृतीय क्रम के विपथन (Third order aberrations) का न होना जिसके चलते करीब-करीब विवर्तन सीमित निष्पादन प्राप्त होता है।
- ज्यादा प्रभावी ढंग से स्ट्रे प्रकाश का उचित बाधिकाओं द्वारा नियंत्रण

प्रकाशीय तंत्र का विन्यास चित्र (1) में दिखाया गया है। इस दूरबीन में एक अक्षेतर अतिपरवलयकार अवतल दर्पण (प्राथमिक दर्पण M1), गोलीय उत्तल दर्पण (द्वितीय दर्पण M2) एवं अक्षेतर दीर्घवृत्तीय चपटा अवतल दर्पण (तृतीय दर्पण M3) अपनी सुनियोजित जगहों पर स्थापित किए गए हैं। धरती की सतह से परावर्तित सूर्य की प्रकाशीय किरणें सर्वप्रथम प्राथमिक दर्पण M1 पर गिरती हैं, जहां से वो परावर्तित होकर M2 दर्पण पर पहुंचती है तथा फिर से परावर्तित होकर M3 पर गिरती है। M3 दर्पण इन किरणों को फोकस तल पर इकट्ठा करती है। फोकस तल के समीप स्थापित दृश्य विभाजन समुच्चय से परावर्तित होकर किरणें अनुगामी दिशा में तीन भागों में विभाजित हो जाती है। इस दृश्य विभाजन समुच्चय का निर्माण चित्र (1) में दिखाए गए प्रकार से दो छोटे समतल दर्पण सतहों की सहायता से B2 एवं B4 क्षेत्रों तथा बीच के छेद से B3 क्षेत्र का निर्माण किया जाता है। स्पेक्ट्रम बैंड का निर्माण फोकस पर रखे CCD यंत्रों के सामने रखे बैंड धारक फिल्टरों द्वारा किया जाता है।

तालिका (1) लिस-4 कैमरे के मुख्य प्राचल

| क्रम | प्राचल   | विनिर्देश  |                 |                 |
|------|--|--|-----------------|-----------------|
| 1.   | तात्क्षणिक ज्यामितीय दृष्टि क्षेत्र (IGFOV)                      | 5.6m   |                 |                 |
| 2.   | प्रभावी फोकस दूरी  | 980mm  |                 |                 |
| 3.   | द्वारक अनुपात (F/No)   | 4.0  |                 |                 |
| 4.   | दृष्टि क्षेत्र:<br>अवगामी पथ दिशा में<br>अनुगामी पथ दिशा में     | $\pm 2.5^\circ$<br>$+0.4^\circ$ and $-0.6^\circ$ |                 |                 |
| 5.   | स्पेक्ट्रम विवरण<br>केंद्र तरंग दैर्घ्य (nm)<br>बैंड चौड़ाई (nm) | B2<br>535<br>70                                  | B3<br>650<br>60 | B4<br>815<br>90 |
| 6.   | दूरबीन MTF (%)   | $\geq 50$  | $\geq 50$       | $\geq 50$       |
| 7.   | प्रकाशीय पारक क्षमता   | 0.6  | 0.6             | 0.6             |



चित्र (1) प्रकाशीय तंत्र अभिविन्यास

### दर्पण समुच्चयों का विकास:

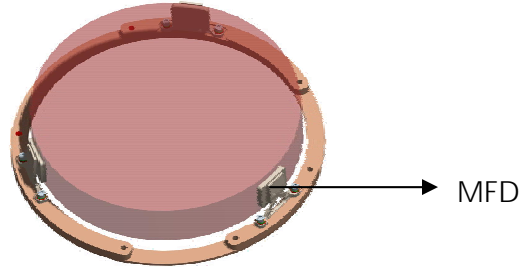
M1 तथा M3 दर्पण एक बड़े मुख्य अक्षेतर दर्पण से काट कर बनाए गए हैं। मुख्य दर्पण की पालिश, कम्प्यूटर नियंत्रित पालिश यंत्र द्वारा की गई है। उसके बाद M1 एवं M3 को काटा गया है। इन दर्पणों की सतह दक्षतांक का मापन लेसर आधारित व्यतिकरणमिति द्वारा किया गया है। इन सभी दर्पणों को ज़ीरोडर (Zerodur) नामक कांच-सेरेमिक पदार्थ द्वारा किया गया है। ज़ीरोडर (Zerodur) की मुख्य विशेषता होती है कि इसका तापीय प्रसार गुणांक काफी कम ( $\sim 5.0E-8$ ,  $10^\circ\text{C}$  से  $30^\circ\text{C}$  के प्रचालन रेंज में) होता है। M3 दर्पण के भार को पदार्थ निष्कासन (Scooping) द्वारा काफी कम किया गया है।

प्रत्येक दर्पणों को तीन किनारों से द्विपाद आनमन, जिन्हें दर्पण स्थिरीकरण युक्ति (MFD) भी कहा जाता है, के द्वारा दूरबीन की संरचना में आरोपित किया जाता है। इन MFDs में एक पैड तथा एक त्रिभुजाकार फ्रेम होता है। पैड को दर्पण के किनारे एक विशेष तरह की संरचनात्मक आसंजक पदार्थ द्वारा चिपका दिया जाता है, और MFD के फ्रेम को आरोपण छल्ले पर, जो कि दूरबीन के यांत्रिक संरचना का भाग है पर दो पेंचों की सहायता से स्थापित किया जाता है। MFD के द्वारा दो स्वातंत्र्य कोटि प्राप्त होती है, जिससे यह दर्पणों को दो अक्षों में घूर्णनी स्वतंत्रता देता है। इस व्यवस्था के कारण दर्पणों की सतह दक्षतांक,

किसी भी तापीय एवं समुच्चयी प्रतिबल के कारण खराब नहीं होती है। इन MFDS को अभिकल्पित कर विभिन्न मानदंडों पर परीक्षण किया गया। तालिका (2) में दर्पणों के मुख्य विशेषताओं को दिखाया गया है। चित्र (2) में MFD को दिखाया गया है।

तालिका (2) दर्पणों के मुख्य प्राचल

| क्रम | प्राचल                  | प्राथमिक दर्पण (M1)   | द्वितीय दर्पण (M2)   | तृतीय दर्पण (M3)  |
|------|-------------------------|---|--|---|
| 1.   | चित्र                   |  |  |  |
| 2.   | दर्पण का पदार्थ         | ज़ीरोडर (Zerodur)   | ज़ीरोडर (Zerodur)  | ज़ीरोडर (Zerodur)   |
| 3.   | आकार mm                 | 247   | 110x156  | 332x176   |
| 4.   | दर्पण सतही दक्षतांक RMS | $\lambda/74$<br>@ $\lambda=633\text{nm}$  | $\lambda/100$  | $\lambda/69$  |
| 5.   | प्राकृतिक आवृत्ति       | 650Hz   | 980Hz  | 470Hz   |



चित्र (2) दर्पणों में प्रयुक्त MFDs

### प्रकाशीय दूरबीन तंत्र का उपहारन एवं निष्पादन इएटतमीकरण:

त्रिदर्पण प्रकाशीय दूरबीन का उपघटन एक बहुत ही चुनौतीपूर्ण कार्य है। दर्पणों के अक्षेतर होने के कारण इनके उपघटन के दौरान छोटी सी भी गलती होने पर रेखीय अनाविंदुता, स्थायी पृच्छलता एवं स्थायी अनाविंदुता जैसे विपथन दूरबीन में विभिन्न मात्राओं एवं दिशाओं में आ सकते हैं। जिससे प्राप्त चित्र की गुणता में भारी कमी हो सकती है। इन सभी संभावनाओं को अभिकल्प विश्लेषण द्वारा पहले से ही नियत कर लिया जाता है। अभिकल्प विश्लेषण से यह पाया गया कि M3 दर्पण की संवेदनशीलता M2 से ज्यादा है। इसी आधार पर M3 को ही मुख्य विपथन प्रतिपुरक दर्पण बनाया गया है, जिसकी स्थिति में आवश्यकतानुसार बदलाव कर अवांछित विपथनों को दूर किया जा सकता है।

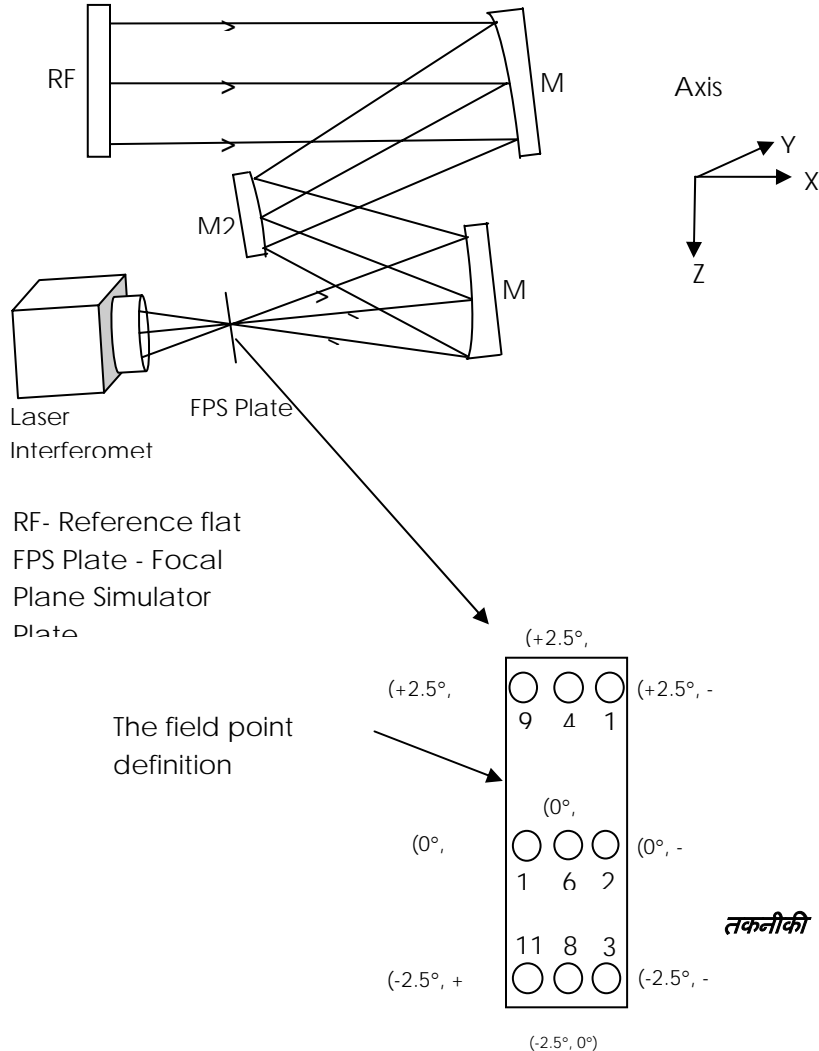
दूरबीन की अभिकल्प प्रक्रिया एवं सभी दर्पणों के निर्माण के बाद, दूरबीन की एकीकरण की प्रक्रिया प्रारंभ की गयी। इस प्रक्रिया में सभी दर्पणों को दूरबीन की यांत्रिक संरचना में सुनियोजित स्थानों पर लगाया गया। दूरबीन संरचना का मुख्य उद्देश्य, पूरे मिशन काल के दौरान दूरबीन के उपघटन स्थायित्व प्रदान करना होता है।

तथा प्रक्षेपण भारों से भी दर्पणों की स्थिति में बदलाव न आये उसके लिए उचित दुर्नम्यता भी सुनिश्चित की जाती है।

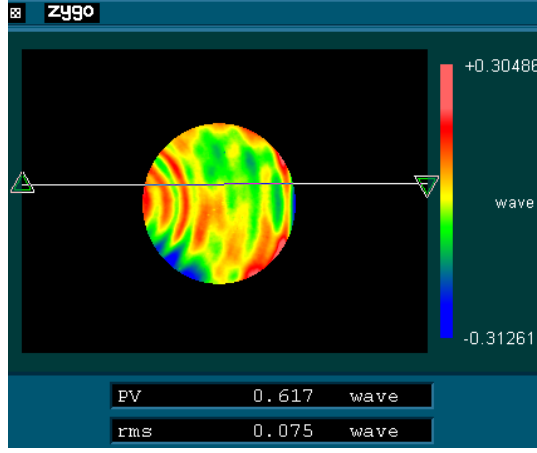
प्रकाशीय दूरबीन के उपघटन के निम्न चरण हैं:

- (1) दर्पण समुच्चयों को उनके निर्धारित स्थानों पर स्थापित करना (इसके लिए प्रकाशीय मापन यंत्रों जैसे थियोडोलाइट एवं स्वसंमातरकारी यंत्रों का उपयोग किया जाता है।)
- (2) कैमरे की अग्रतरंग त्रुटि (WFE) का मूल्यांकन (इसके लिए द्विपारक व्यतिकरणमिति आधारित परीक्षण पटल का उपयोग कई जरनाईक विपणन गुणांकों का निर्धारण दूरबीन के पूरे दृष्टि क्षेत्र में किया जाता है।)
- (3) प्रकाशीय अभिकल्प द्वारा जनित त्रुटि विश्लेषण एवं नापे गए अग्रतरंग त्रुटि का उपयोग कर M3 दर्पण की आवश्यक स्थिति का निर्धारण करना।
- (4) M3 दर्पण को आवश्यकतानुसार घुमाना (इसके लिए अंतराल घटको की मोटाई बदली जाती है और आवश्यकतानुसार दर्पण का झुकाव भी बदला जाता है।)
- (5) इसके बाद WFE का पुनः मापन एवं इच्छित परिणाम प्राप्त करना।

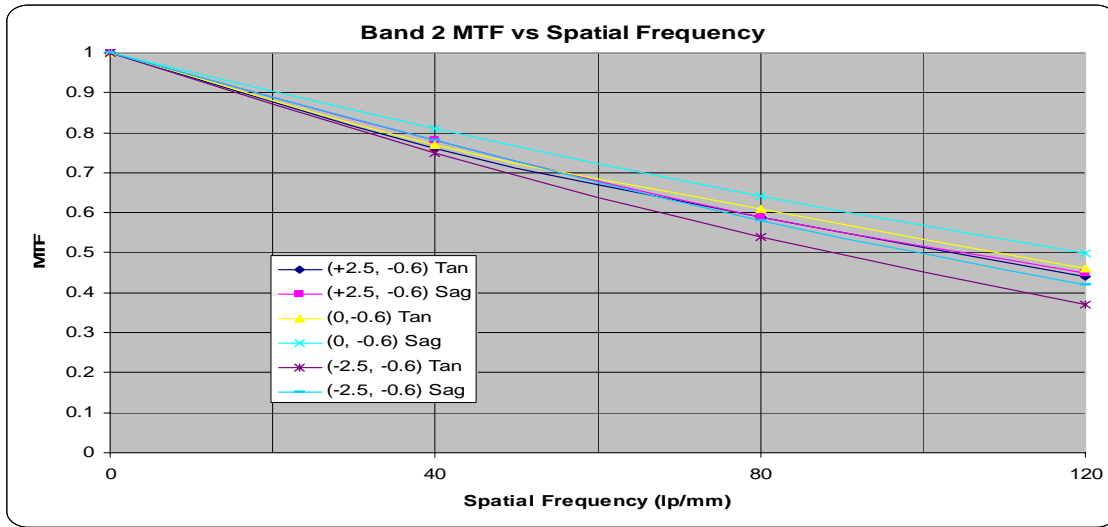
प्रकाशीय दूरबीन के सफलतापूर्वक उपघटन होने के बाद इसे तापीय चक्रण परीक्षण ( $0^{\circ}\text{C}$  से  $40^{\circ}\text{C}$ ) से गुजारते हैं। तापीय चक्रण देने के बाद पुनः WFE का मापन किया गया और यह सुनिश्चित किया गया कि तापीय चक्रण के बाद भी दूरबीन की क्षमता में कोई परिवर्तन नहीं हुआ। चित्र (3) में व्यतिकरणमिति का परीक्षण पटल दिखाया गया है। चित्र (4) में एकीकृत दूरबीन एवं प्राप्त WEE का परिणाम दिखाया गया है। अंततः प्राप्त WEE का मान  $0.075 \lambda$  है जो कि  $\lambda/14$  के मार्शल कसौटी पर (दूरबीन विवर्तन के सीमित निष्पादन के लिए) खरी उतरती है। इस WEF द्वारा दूरबीन के माडुलन फलन का भी निर्धारण विभिन्न दृश्य क्षेत्रों के लिए किया गया है जिसे चित्र (5) में दिखाया गया है। दूरबीन के दृश्य क्षेत्र को चित्र (3) में परिभाषित किया गया है



चित्र (3) व्यतिकरणमिति का परीक्षण पटल



चित्र (4) एकीकृत दूरबीन एवं प्राप्त WEF का परिणाम



चित्र (5) विभिन्न दृश्य क्षेत्रों के लिए माडुलन फलन

एकीकरण की प्रक्रिया एवं वातावरणीय परीक्षणों के बाद दूरबीन का एकीकरण संसूचक शीर्ष यंत्र एवं इलेक्ट्रानिक्स यंत्रों के साथ किया गया।

#### संसूचक शीर्ष यंत्र (DHA):

लिस-4 कैमरे में प्रयुक्त 3 संसूचक शीर्ष समुच्चयों का उपयोग किया गया है। ये संसूचक शीर्ष यंत्र आवेश युग्मित यंत्र पर आधारित है जो कि प्रकाश ऊर्जा को विद्युत वोल्टता में परिवर्तित करती है। इसके निम्न मुख्य भाग हैं:

- रेखीय व्यूह आवेश युग्मित यंत्र जिसमें 7X7 mm माप के 12000 चित्रांश है।
- अभिनति वोल्टता (Bias Voltage) उत्पन्न करने वाले परिपथ

- कालक चालक परिपथ (Clock driver)
- तापीय नियंत्रण हेतु तापक (Heater) एवं तापमापक (Thermistors)
- युगपत अंशाकन हेतु प्रकाश उत्सर्जी डायोड (LED) समूह

संसूचक शीर्ष यंत्रों का कंपन एवं ताप-निर्वात परीक्षण सफलतापूर्वक किया गया तथा हर परीक्षणों के दौरान विभिन्न प्रचालों का मान विनिर्देश के अनुरूप पाया गया।

#### **कैमरा इलेक्ट्रानिक्स तंत्र:**

कैमरा इलेक्ट्रानिक्स तंत्र का मुख्य कार्य उपग्रह के अन्य उपतंत्रों से अंतरापृष्ठ कर DHA के प्रचालन हेतु आवश्यक कालदों का निर्माण करना है। DHA से प्राप्त विडियो का अंकीकरण कर उपग्रह को प्रसारण हेतु भेजना है। इस कार्य के दौरान इलेक्ट्रानिक्स का स्वयं द्वारा उत्पन्न रव (Noise) को कम से कम रखना होता है। लिस-4 इलेक्ट्रानिक्स तंत्रों का काफी लघुकरण किया गया है जिसके कारण इनका भार, विद्युत खर्च एवं आकार में RS-1 की तुलना में काफी कमी आई है। RS-2 के इलेक्ट्रानिक्स तंत्र में नई डाटा संकुचन परिपथ का प्रयोग किया गया है। साथ ही साथ यह भी सुनिश्चित किया गया है कि उपग्रह के साथ अंतरापृष्ठों में कोई भी बदलाव न आए। तीन बैंडों के लिए स्वतंत्र इलेक्ट्रानिक्स का प्रयोग किया गया है।

कैमरा इलेक्ट्रानिक्स के निम्न मुख्य भाग हैं:

- उच्च गति तार्किक नियंत्रण प्रणाली जिसमें 52.5 MHz आवृत्ति पर ECL अंतरापृष्ठ का उपयोग
- DHA प्रचालन हेतु TTL कालकों का जनन
- DHA विडियो संसाधन हेतु अल्परव इलेक्ट्रानिक्स तंत्र
- 10 बिट अंकीकरण एवं DPCM संकुचन द्वारा 7 बिट प्रसारण (जिसे बाद में धरती पर 10 बिट में बदला जा सकता है।
- अल्परव विद्युत प्रदाय प्रणाली

कैमरा इलेक्ट्रानिक्स में विभिन्न अवयव भी कंपन एवं ताप निर्वात परीक्षणों में सफल रहे तथा न्यूनतम आवश्यक निष्पादन से कहीं बेहतर निष्पादन किए।

#### **कैमरा वैद्युत एकीकरण एवं बर्हिगमन:**

कैमरा के इलेक्ट्रानिक तंत्रों एवं DHA के वैद्युत एकीकरण एवं बर्हिगमन प्रणाली की स्थापना हेतु निम्न कार्य किए गए:

- वैद्युत अंतरापृष्ठों का संकलन, विश्लेषण एवं नियंत्रण तथा वैद्युत अंतर संबंधन विवरण तैयार करना।
- युगपत वैद्युत प्रसज्जा एवं परीक्षण प्रसज्जा का निर्माण
- इलेक्ट्रानिक्स उपतंत्रों का क्रमबद्ध एकीकरण एवं बर्हिगमन प्रणाली की स्थापना एवं परीक्षण
- कैमरे का एकीकरण, वैद्युत निष्पादन इण्टीग्रीकरण एवं मूल्यांकन
- ग्राउंडींग व्यवस्था का विकास एवं परीक्षण
- कैमरे का उपग्रह के साथ एकीकरण एवं वातावरणीय परीक्षण
- प्रक्षेपण पूर्व परीक्षण

#### **लिस-4 कैमरे का एकीकरण परीक्षण एवं भू-निष्पादन:**

लिस-4 के सभी उपतंत्रों को क्रमबद्ध तरीके से एकीकृत किया गया। उपग्रह के अनुपस्थिति की दशा में उसके सभी आवश्यक अंतरापृष्ठों को भूजांच प्रणाली के द्वारा स्थापित कर एकीकृत परीक्षणपटल का विकास किया। इस परीक्षण पटल पर एकीकृत कैमरे का विभिन्न चरणों में सुनियोजित परीक्षण कर कैमरे की उड़ना योग्यता स्थापित की गई। कैमरे की सभी निष्पादन क्षमताओं का इण्टीग्रीकरण कर कैमरे के व्यापक अभिलक्षण निर्धारित किए गए। संतोषजनक निष्पादन क्षमता प्राप्त कर

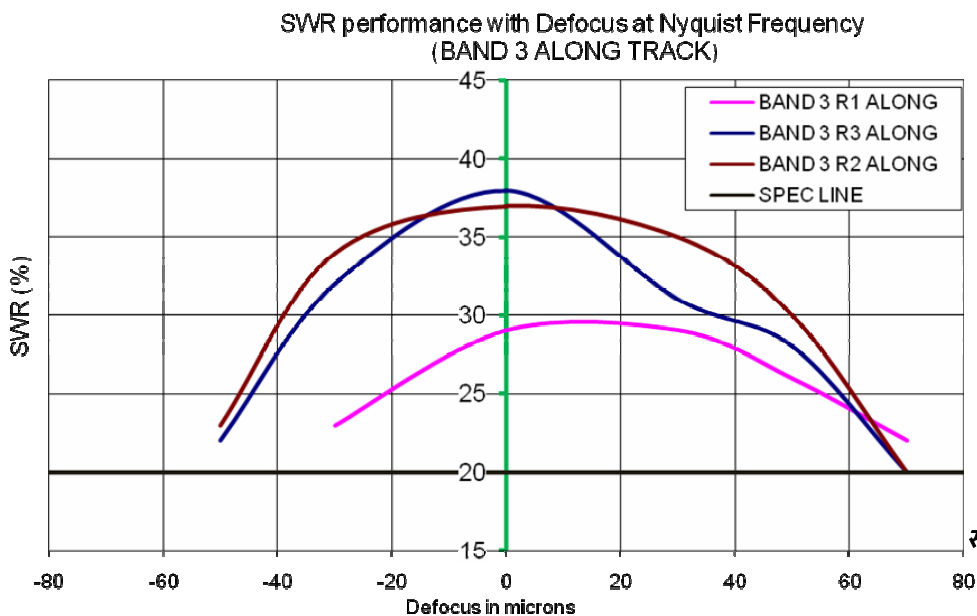
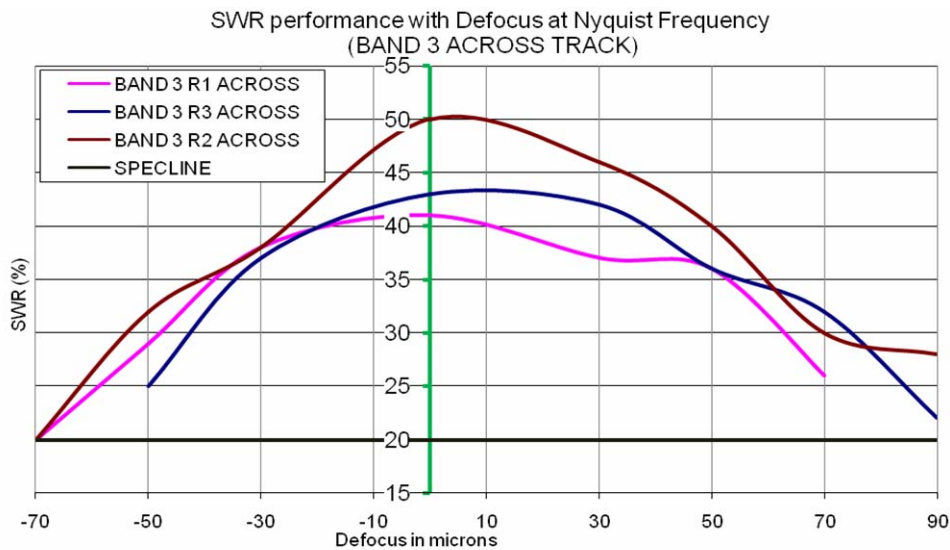
एकीकृत कैमरे का परीक्षण एवं मूल्यांकन स्वीकार्य मानदंडों के आधार पर किया गया। कैमरे के निष्पादन क्षमता का मूल्यांकन SWR, संकेत रव अनुपात (SNR),

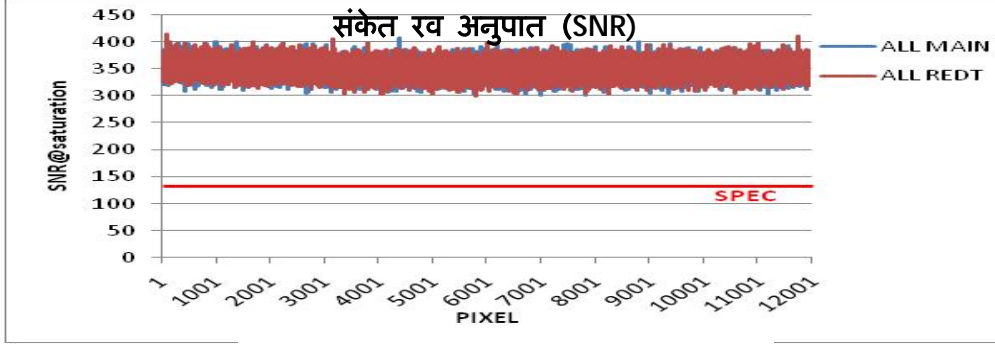
संतृप्ति विकिरणता (SR) एवं विद्युत शक्तिमापन (Power) आदि प्राचलों के मापन द्वारा विभिन्न परीक्षण चरणों में किया गया। SWR एवं संकेत रव अनुपात मापन के परिणाम चित्र-6 में दिखाए गए हैं।

सभी तरह के निष्पादन क्षमताओं के मापन एवं विभिन्न ताप निर्वात एवं गतिक परीक्षणों के बाद अंत में विकिरणमितीय निष्पादन क्षमता का मूल्यांकन प्रकाश अंतरण फलन मापन द्वारा किया गया। कैमरे के सफलतापूर्वक परीक्षण के बाद कैमरे को उपग्रह के साथ एकीकृत करने हेतु इसरो के उपग्रह केंद्र में भेजा गया।

**उपसंहार:**

लिस-4 कैमरा एक उच्च निष्पादन क्षमता वाला कैमरा है जो कि बड़े दृष्टि क्षेत्र में उच्च विभेदन क्षमता प्रदान करता है। दूरबीन के उपघटन का कार्य काफी जटिल होने के बावजूद सफलतापूर्वक पूरा किया गया और सभी मानदंडों को पूरा किया गया। MTF, SNR एवं SR मापन के परिणाम भी पूरे मापदंडों पर सही प्राप्त हुए। इस तरह का कैमरा यंत्र भविष्य में अन्य ग्रहों के अन्वेषणों में भी उपयोग किया जा सकता है तथा कैमरे के परीक्षण हेतु उपयोग किए गए नवीन परीक्षण तकनीकों का भी प्रयोग इन कैमरों में परीक्षण में कियाजा सकता है।





चित्र (6) एकीकृत कैमरे के मापन परिणाम

### आभार:

सर्वप्रथम हम डॉ.आर.आर.नवलगुंद, निदेशक, सैक के आभारी हैं जिन्होंने हमें रिसोर्ससेट-2 परियोजना में कार्य करने का अवसर प्रदान किया तथा हिंदी में कार्य करने एवं हिंदी में तकनीकी लेखन को सदैव प्रोत्साहित किया है । हम श्री ए.एस. किरणकुमार, सहनिदेशक, सैक एवं श्री डी.आर.एम. समुद्रय्या, उपनिदेशक, सेडा के आभारी हैं जिन्होंने परियोजना के विकास के दौरान निर्देशन एवं अमूल्य सुझाव प्रदान किए । लेखक श्री साजी अब्राहम समूह निदेशक,इओएसजी, एवं श्री एच.के. दवे, उप-परियोजना निदेशक, रिसोर्ससेट-2 के आभारी हैं जिन्होंने इस परियोजना की अभिकल्पना एवं विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया। हम उन सभी सहकर्मियों के आभारी हैं जिन्होंने परियोजना की सफलता में अपना अमूल्य योगदान दिया है ।





## ताप निर्वात कक्ष में निर्वात तंत्र के निर्धारण हेतु गणना एवं उसका 1.2 मी (H3) कक्ष के लिए गणित कर, वास्तविक परीक्षण से प्राप्त परिणामों से तुलना

दिनेश नौलखा, बी.एस. सहारकर, डी.पी. भगोरा, पी.यू.एड्रोजा, एम.सी.ए. नायडु एवं के.एम. कावानि

### सारांश

गैसों के संपीडनीय होने की वजह से निर्वात तंत्र के निर्धारण हेतु गणना कर पंपों का उचित चुनाव, द्रव के लिए (जोकि असंपीडनीय है) पंपों के चुनाव से काफी जटिल एवं भिन्न होता है। सामान्य पंप से निर्वात पम्प की कार्य प्रणाली काफी भिन्न होती है। एक निर्वात पंप का कार्य गैस अणुओं को खींचकर, निर्वात कक्ष से निकालकर उन्हें फिर अंदर न आने देना होता है। पंप के मुँह से निकाय के अन्य हिस्सों के बीच में एक दाबान्तर स्थापित हो जाता है, जिसकी वजह से गैस अणु पंप के मुँह की तरफ विसरित होते रहते हैं और निर्वात पंप इन अणुओं को कक्ष से बाहर निकाल देते हैं। निर्वात तंत्र के लिए की जाने वाली गणना, सामान्य गैस नियम  $PV=Nk_B T$  के आधार पर की जाती है। मगर निकाय में विभिन्न स्थानों पर दाब का मान, पंप के मुँह से दूरी पर निर्भर रहता है। लगातार परिवर्तित हो रहे दाब की वजह से, इस तरह की गणना में पंप की क्षमता (लीटर/सेकेंड) की जगह पंप द्वारा पंप की गई गैस की मात्रा (टॉर x लीटर/सेकेंड) से आकलन किया जाता है। प्रस्तुत पत्र में गणना हेतु विभिन्न समीकरणों को तथा विस्कस प्रवाह एवं आण्विक प्रवाह के लिए चालकत्व, निर्वात स्तर अर्जित होने में लगने वाले समय समीकरणों को दिखाया गया है। इन्हीं समीकरणों के आधार पर 1.2 मी (H3) कक्ष के निर्वात तंत्र की गणना कर उसकी वास्तविक परिणामों से तुलना की गई है। अंत में इस गणना में संभावित त्रुटियों एवं उन त्रुटियों से परिणामों में आने वाले परिवर्तनों की भी व्याख्या की गई है।

### प्रस्तावना

गैसों के संपीडनीय होने की वजह से निर्वात पंपों का गणना द्वारा उचित चुनाव, द्रव के लिए (जोकि असंपीडनीय है) पंपों के चुनाव से काफी जटिल एवं भिन्न होता है। इसकी गणना हेतु तकनीकी पदों सन्वेष-प्रवाह (गैस थ्रोपुट) एवं चालकता का समझना आवश्यक है।

सन्वेष-प्रवाह (Gas Throughput) : Q:- निर्वात पंप द्वारा प्रति इकाई समय में बाहर निकाली गई गैस की मात्रा को सन्वेष-प्रवाह कहते हैं। निर्वात प्रक्रिया के दौरान लगातार बदल रहे दाब की वजह से निकाली गई गैस की मात्रा आयतन के साथ-साथ दाब की वजह से भी संबंधित होती है। इसे निम्न समीकरण से बताया जाता है-

$Q=d(PV)/dt$ , Q की इकाई टॉर x लीटर/सेकेंड होती है, जो उर्जा की इकाई के समतुल्य है। इसी तरह एक और पद "चालकत्व" (C) निर्वात निकाय की ज्यामितीय के आधार पर पंप की प्रवाह क्षमता (पंपिंग स्पीड) में होने वाले परिवर्तनों को दर्शाती है। निकाय के निर्वात प्रक्रिया के दौरान पंप के मुँह से लेकर कक्ष दूसरे हिस्सों तक उपस्थित दाबान्तर गैस के विसरण के लिए जिम्मेदार होता है। विसरण की यह प्रक्रिया ताप, दाब एवं गैस की प्रकृति के अलावा उपस्थित अवरोधकों या कक्ष की ज्यामितीय पर भी निर्भर करती है। इसे चित्र-1 में स्पष्ट किया गया है। इसकी इकाई पंप की प्रवाह क्षमता की इकाई की तरह लीटर/सेकेंड होती है। प्रवाह के प्रकार, जोकि कक्ष के दाब एवं आकार पर निर्भर करता है, के अनुसार (आण्विक प्रवाह एवं श्यान प्रवाह) चालकता की गणना होती है, जिसे आगे दिखाया गया है।

## निर्वात गणना

### (i) श्यान प्रवाह के दौरान

जब दाब (टॉर में) एवं कक्ष के प्रभावी माप (सेमी में) का गुणा (PxD) एक नियत संख्या (0.6 टॉर x सेमी) से ज्यादा होता है तो प्रवाह श्यान प्रवाह कहलाता है। इस के लिए चालकत्व की गणना निम्न समीकरण से की जाती है (वायु के लिए, 20<sup>0</sup>से. पर)

$$C = 182 (D^4 / L) \times P_{av} \text{ लीटर/मिनट} \text{-----(A)}$$

जहाँ D = पाइप या पंप के मुँह का व्यास, सेमी. में

L = प्रभावी लंबाई, सेमी. में

P<sub>av</sub> = औसत दाब, टॉर में

एवं पंप की प्रभावी क्षमता S<sub>eff</sub> की गणना निम्नानुसार की जाती है।

$$1/S_{eff} = 1/S_p + 1/C \text{.....(B)}$$

जहाँ S<sub>p</sub> पंप की अनुमत प्रवाह क्षमता (Rated Pumping speed), लीटर/मिनट में है। तत्पश्चात् समय 't' में अर्जित किए गए निर्वात स्तर P<sub>2</sub> (P<sub>1</sub> से शुरु कर के) की गणना निम्न समीकरण के अनुसार की जाती है -

$$t = 2.3 (V/S_{eff}) \log (P_1/P_2) \text{.....(C)}$$

जहाँ P<sub>1</sub>= शुरुआती दाब- टॉर में

P<sub>2</sub>= 't' समय पश्चात् दाब, टॉर में

t= समय 't' मिनट में

V<sub>2</sub>= कक्ष का आयतन लीटर में

S<sub>eff</sub>= समीकरण B से प्राप्त पंप की प्रभावी क्षमता, लीटर/मिनट में

इस तरह से श्यान प्रवाह (सामान्यतः 0.01 टॉर दाब तक) के लिए पंपिंग समय एवं अर्जित किए जा सकने वाले दाब P<sub>2</sub> की गणना की जा सकती है।

### 2) आण्विक प्रवाह के दौरान गणना हेतु-

जब दाब (टॉर में) एवं कक्ष के प्रभावी माप (सेमी में) (Characteristics length) का गुणा एक नियत संख्या से कम होता है (DxP<0.01 टॉर सेमी) तो बहाव आण्विक प्रवाह (Molecular flow) कहलाता है। इसके लिए चालकत्व (वायु के लिए, 20<sup>0</sup> से. पर)

$$C=12.12 \times D^3/L$$

तथा पंप की प्रभावी प्रवाह क्षमता S<sub>eff</sub> समीकरण B द्वारा की जाती है। एवं समय 't' तथा 't' समय में अर्जित किए जा सकने वाले निर्वात 'P' की गणना निम्नानुसार की जाती है।

सामान्यतः 0.01 टॉर से नीचे के दाब पर इसकी सीमा आरंभ होती है, जहा श्यान प्रवाह की सीमा समाप्त होने लगती है। निर्वात कक्ष में 0.01 टॉर से 1x10<sup>-5</sup> टॉर तक का निर्वात स्तर अर्जित करने में, S<sub>p</sub>, प्रवाह क्षमता वाले

पंप से लगने वाला समय 't', कक्ष की अपगैसन मात्रा, पंप एवं कक्ष के बीच की जोड़ का चालकतत्व आदि से निम्नानुसार संबंधित रहता है-

$$dp / dt = (Q_{outgas} - P_p \times S_p) / V \quad \dots\dots\dots (D)$$

dp=दाब के मान में परिवर्तन, टॉर में,

dt=समयान्तर, सेकेंड में

$Q_{outgas}$  =निर्वात कक्ष में कुल अपगैसन मात्रा (निर्धारित ताप पर एवं तय समय के पश्चात्)

$P_p$ =पंप के मुँह पर दाब का मान, टॉर में

$S_p$ =पंप के मुँह पर पंप की प्रवाह क्षमता लीटर/से.

V=निर्वात कक्ष का आयतन, लीटर में

नियत 'P' के लिए समय की गणना, जटिल होने के साथ-साथ विभिन्न पदार्थों की अपगैसन दर पर खासी निर्भर करती है।  $Q_{outgas}$  के मान के चयन में बहुत ही सावधानी रखनी होती है क्योंकि इसका मान सतह की प्रकृति, तापमान, निर्वात प्राप्त करने के बाद के समय के ऊपर बहुत निर्भर करता है।

निम्न समीकरण में इसका फिर से सरलीकरण कर किया गया है-

$$\text{Log } Q.S = A-Bt$$

जहाँ Q= अपगैसन दर-सेमी<sup>3</sup>/घंटा  $1 \times 10^{-5}$  टॉर दाब पर, 20<sup>0</sup>से. पर एवं 1 घंटे के पश्चात्

S= सतह का क्षेत्रफल सेमी<sup>2</sup> में

A,B= सतह के स्थिरांक (स्टैनलेस स्टील के लिए)

A= 2.84, B=0.264

यह मान उपरोक्त समीकरण में रखने पर समय 't'

$$t=0.046xA/S_p \quad \text{-----}(E)$$

उपरोक्त समीकरण (E) में, चयनित पंप एवं निकाय के मानों को रखकर एवं  $Q_{outgas}$  का मान विभिन्न उपलब्ध तालिकाओं (sanlagn talika dekhe) से प्राप्त कर इसमें रखकर समय dt की गणना की जा सकती है।

### 3) 1.2 मी (H3) कक्ष हेतु निर्वात की गणना

1.2 मी (H3) कक्ष का व्यास = 120 सेमी

1.2 मी (H3) कक्ष की लंबाई = 120 सेमी

#### a) श्यान प्रवाह के लिए

श्यान प्रवाह के लिए अर्थात् निर्वात 760 टार से 0.01 टॉर तक के लिए समय 't' जबकि  $S_p$  घूर्णन पंप की अनुमत प्रवाह क्षमता 500, 750 एवं 1000 लीटर/मिनट चयन की गई है-

चालकतत्व (C)-

जहाँ D=पंप के मुँह का व्यास सेमी में = 5 सेमी

L=पंप से कक्ष तक के पाईप की प्रभावी लंबाई= 50 सेमी

$P_{av}$ = कक्ष का औसत दाब

$P_{av}$  की गणना तकनीकी रूप से सही नहीं हो पाती है। क्योंकि कक्ष के दाब का मान लगातार परिवर्तित होता रहता है। गणना को वास्तविक बनाने हेतु हम दाब के विभिन्न स्तरों के लिए अलग-अलग गणना कर, कुल समय को जोड़कर, निर्वात स्तर 0.01 टॉर तक के समय का आकलन करते हैं। सर्वप्रथम 760 टार से 1 टॉर तक, फिर 1 से 0.1 टॉर तक, फिर 0.1 से 0.01 टॉर तक की अलग-अलग गणना कर कुल समय की गणना करते हैं। इन गणनाओं को पंप की विभिन्न पंपिंग गतियों तथा विभिन्न पाइप के आकारों के लिए गणित कर निम्न तालिकाओं में उल्लिखित किया गया है-

तालिका-1

|   |   | समय गणना सारिणी -1.2 मी (V) कक्ष हेतु                        |                               |                                |                               |                               |  |
|---|---|--|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
|   | चालकत्व<br>C<br>182 x D <sup>4</sup> x<br>p <sub>av</sub> x 60<br>/50<br>(लीटर प्रति<br>मिनट) | संभिकरण<br>दाब सेमी  | व्यास =1<br>सेमी              | =2सेमी                         | =3सेमी                        | =4सेमी                        |  |
|   |   |  | 218.4 x<br>(p <sub>av</sub> ) | 3494.3 x<br>(p <sub>av</sub> ) | 17690 x<br>(p <sub>av</sub> ) | 55910 x<br>(p <sub>av</sub> ) |  |
| चयनित<br>पम्प 500<br>लीटर प्रति<br>मिनट | 1000 से 1<br>मिबार तक   | 1000 से 1<br>मिबार तक  | 109309                        | 1748747                        | 8853845                       | 27982955                      |  |
|   |   | 1 से .1<br>मिबार तक  | 120.12                        | 1921.7                         | 9729                          | 30750                         |  |
|   |   | .1 से .01<br>मिबार तक  | 12.012                        | 192.17                         | 972.9                         | 3075.0                        |  |
|   | प्रभावी पंप<br>गति<br>S <sub>eff</sub> लीटर<br>प्रति मिनट                                     | 1000 से 1<br>मिबार तक  | 500 lpm                       | 500 lpm                        | 500 lpm                       | 500 lpm                       |  |
|   |   | 1 से .1<br>मिबार तक  | 97 lpm                        | 396 lpm                        | 476 lpm                       | 492 lpm                       |  |
|   |   | .1 से .01<br>मिबार तक  | 11.76 lpm                     | 138.88 lpm                     | 331 lpm                       | 434 lpm                       |  |
|   | समय t मिनट  | 1000 से 1<br>मिबार तक  | 18.78 min.                    | 18.68 min.                     | 18.68 min                     | 18.68 min                     |  |
|   |   | 1 से .1<br>मिबार तक  | 32.1 min.                     | 7.86 min.                      | 6.54 min                      | 6.31 min                      |  |
|   |   | .1 से .01<br>मिबार तक  | 264.8 min.                    | 22.43 min.                     | 9.40 min                      | 7.17 min                      |  |
|   |   | कुल समय  | 315.7 min.                    | 48.97 min                      | 34.62 min                     | 32.16 min                     |  |
|   | अभ्युक्ति   | 500 लीटर प्रति मिनट वाल निर्वात पंप एवं पाइप का व्यास 4 सेमी |                               |                                |                               |                               |  |

तालिका-2

|   |   | समय गणना सारिणी -1.2 मी (V) कक्ष हेतु |                               |                                |                               |                               |  |
|---|---|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
|   | चालकत्व<br>C<br>182 x D <sup>4</sup> x<br>p <sub>av</sub> x 60<br>/50<br>(लीटर प्रति<br>मिनट) | समिकरण<br>दाब सेमी                    | व्यास =1<br>सेमी              | =2 सेमी                        | =3 सेमी                       | =4 सेमी                       |  |
|   |   |                                       | 218.4 x<br>(p <sub>av</sub> ) | 3494.3 x<br>(p <sub>av</sub> ) | 17690 x<br>(p <sub>av</sub> ) | 55910 x<br>(p <sub>av</sub> ) |  |
| चयनित<br>पम्प 750<br>लीटर प्रति<br>मिनट | 1000 से 1<br>मिबार तक   | 1000 से 1<br>मिबार तक                 | 109309                        | 1748747                        | 8853845                       | 27982955                      |  |
|   |   | 1 स .1<br>मिबार तक                    | 120.12                        | 1921.7                         | 9729                          | 30750                         |  |
|   |   | .1 .01<br>मिबार तक                    | 12.012                        | 192.17                         | 972.9                         | 3075.0                        |  |
|   | 1000 स 1<br>मिबार तक  | 1000 स 1<br>मिबार तक                  | 750 lpm                       | 750 lpm                        | 750 lpm                       | 750 lpm                       |  |
|   |   | 1 स .1<br>मिबार तक                    | 103.5 lpm                     | 540 lpm                        | 699 lpm                       | 735 lpm                       |  |
|   |   | .1 .01<br>मिबार तक                    | 11.83 lpm                     | 153.8 lpm                      | 434 lpm                       | 604 lpm                       |  |
|   | 1000 स 1<br>मिबार तक  | 1000 स 1<br>मिबार तक                  | 12.45 min                     | 12.45 min                      | 12.45 min                     | 12.45 min                     |  |
|   |   | 1 स .1<br>मिबार तक                    | 30.08 min                     | 5.76 min                       | 4.45 min                      | 4.23 min                      |  |
|   |   | .1 .01<br>मिबार तक                    | 263.6 min                     | 20.24 min                      | 7.17 min                      | 5.15 min                      |  |
|   |   |                                       | 305.6 min                     | 38.45 min                      | 24.07 min                     | 21.83 min                     |  |
|   | अभ्युक्ति   |                                       |                               |                                |                               |                               |  |

|   |   | समय गणना सारिणी -1.2 मी (V) कक्ष हेतु |                            |                             |                            |                            |  |
|---|---|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
|   |   | संभिकरण<br>दाब सेमी                   | व्यास =1<br>सेमी           | =2 सेमी                     | =3 सेमी                    | =4 सेमी                    |  |
|   |   |                                       | 218.4 x<br>( $\rho_{av}$ ) | 3494.3 x<br>( $\rho_{av}$ ) | 17690 x<br>( $\rho_{av}$ ) | 55910 x<br>( $\rho_{av}$ ) |  |
| चयनित<br>पम्प<br>1000<br>लीटर प्रति<br>मिनट | चालकत्व<br>C<br>$182 \times D^4 \times$<br>$\rho_{av} \times 60$<br>/50<br>(लीटर प्रति<br>मिनट) | 1000 से 1<br>मिबार तक                 | 109309                     | 1748747                     | 8853845                    | 27982955                   |  |
|   |   | 1 से .1<br>मिबार तक                   | 120.12                     | 1921.7                      | 9729                       | 30750                      |  |
|   |   | .1 .01<br>मिबार तक                    | 12.012                     | 192.17                      | 972.9                      | 3075.0                     |  |
|   | पंप की प्रभावी<br>क्षमता $S_{eff}$<br>लीटर प्रति<br>मिनट  | 1000 से 1<br>मिबार तक                 | 991 lpm                    | 1000 lpm                    | 1000 lpm                   | 1000 lpm                   |  |
|   |   | 1 से .1<br>मिबार तक                   | 107.3 lpm                  | 657 lpm                     | 907 lpm                    | 970 lpm                    |  |
|   |   | .1 .01<br>मिबार तक                    | 11.90 lpm                  | 161.5 lpm                   | 495 lpm                    | 757 lpm                    |  |
|   | समय t मिनट  | 1000 से 1<br>मिबार तक                 | 9.342 min                  | 9.42 min                    | 9.342 min                  | 9.342 min                  |  |
|   |   | 1 से .1<br>मिबार तक                   | 29.02 min                  | 4.74 min                    | 3.43 min                   | 3.21 min                   |  |
|   |   | .1 .01<br>मिबार तक                    | 261.69 min                 | 19.30 min                   | 6.3 min                    | 4.11 min                   |  |
|   |   |                                       | 300.13 min                 | 33.38 min                   | 19.06 min                  | 16.66 min                  |  |
|   | कुल समय   |                                       |                            |                             |                            |                            |  |
|   | अभ्युक्ति   |                                       |                            |                             |                            |                            |  |

**परिणाम** - 500, 750 लीटर/मिनट के चयनित पंप के लिए समय 4 सेमी व्यास वाले पाइप के साथ 760 टॉर से 0.01 टॉर तक अभिकल्प में निर्धारित समय 20 मिनट से काफी अधिक है। अतः जिस घूर्णन पंप का चयन किया गया, उसकी क्षमता कम है। फलस्वरूप घूर्णन पंप 1000 लीटर/मिनट का चयन कर पुनः गणना करके समय का आकलन करने पर समय  $t < 20$  मिनट आया, जो हमारे चुनाव को सही ठहराता है।

b) आणविक प्रवाह के लिए

1.2 मी (H3) के कुल SS का क्षेत्रफल = 9 मी<sup>2</sup> एवं अतिवेगीय अणुपंप - जिसकी प्रवाह क्षमता 2200 लीटर/सेकेंड है, का चयन करने पर समय 't' का आकलन (समीकरण (E) से)

$$t = 0.046 \times 9 \times 10^4 / 2200 = 1.88 \text{ hr}$$

इसी में अगर हम कक्ष में उपस्थित अन्य पदार्थों जैसे-एल्युमीनियम टेफलान, वाईटोन इत्यादि को भी सम्मिलित करें। 't' करने के लिए समय को लगभग 1.25 गुना तक लेकर उन्हें गणना से दूर रखें।

$$\begin{aligned} \text{अतः समय} &= (1.88 \times 1.25) \text{hr} \\ &= 2.35 \text{ hr} \\ &= 135 \text{ मिनट} = 2 \text{ घंटे } 15 \text{ मिनट} \end{aligned}$$

अथवा

समीकरण D द्वारा गणना करने पर

$$dp/dt = Q_{\text{LOAD}} - P_P S_P / V$$

1.2 मी (H3) कक्ष का आयतन = V = 1356 लीटर

$Q_{\text{LOAD}} = Q_{\text{OUTGAS}}$ , (रिसाव को नगण्य मानते हुए)

$Q_{\text{OUTGAS}} = A \times q_{\text{OUTGAS}} = (A = \text{अपगैसन दर की सतह का क्षेत्रफल } q = \text{उपगसैन दर})$

स्टेनलेस स्टील, टेफलान, एल्युमीनियम, तांबे की सतहों का क्षेत्रफल एवं उनकी उपगसैन दर से कुल उपगसैन भार निकाल लिया जाता है। कुल आकलित उपगसैन  $2.4 \times 10^{-4}$  टॉर

इस प्रकार 760 टॉर से  $2 \times 10^{-5}$  टॉर में लगने वाला कुल समय  $t = 30 + 145 = 175$  मिनट = 2 x लीटर/सेकेंड आया।

$$Q_{\text{OUTGAS}} = 2.4 \times 10^{-4}$$

$$dp = 0.01 - 0.00001 \text{ टॉर}$$

$$dt = \text{सेकेंड}$$

$$S_P = 2200 \text{ लीटर/सेकेंड}$$

$$P_P = 5 \times 10^{-6} \text{ टॉर}$$

$$\begin{aligned} dt &= V \times dp / (S_P \times P_P - Q_{\text{OUTGAS}}) = 1356 \times (0.01 - 0.00001) / (2200 \times 5 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4}) \\ &= 9.9 \times 10^3 \text{ sec.} \\ &= 166 \text{ मिनट} \\ &= 2 \text{ घंटे } 46 \text{ मिनट} \end{aligned}$$

तालिका-4 - विभिन्न पदार्थों की अपगैसन दर

| अपगैसन दर टारxलिटरxसेमी <sup>-2</sup> x सेकन्ड <sup>-1</sup> में<br>(सामान्य ताप पर ) |                                     |   |   |
|---|-------------------------------------|---|---|
| क्रम संख्या   | पदार्थ                              |   | बिना सिकाई वाली सतह पर, निर्वात करने के 60 मिनट बाद |
| 1   | धातु, कान्च, सिरेमिक स्टेनलेस स्टील | बिना किसी प्रक्रिया के                      | 5x10 <sup>-7</sup> से1x10 <sup>-7</sup>             |
|   |                                     | पोलिश के बाद                                | 5x10 <sup>-8</sup> से9x10 <sup>-10</sup>            |
|   |                                     | सिकाई (300 <sup>0</sup> से., 100 घंटों तक)- | 10 <sup>-10</sup> से 10 <sup>-13</sup>              |
| 2   | तांबा                               | बिना किसी प्रक्रिया के                      | -5x10 <sup>-7</sup> से1x10 <sup>-7</sup>            |
|   |                                     | पोलिश के बाद                                | -5x10 <sup>-8</sup> से9x10 <sup>-10</sup>           |
|   |                                     | सिकाई (300 <sup>0</sup> से., 100 घंटों तक)- | 1x10 <sup>-12</sup> से 5x10 <sup>-13</sup>          |
| 3   | एलुमीनियम                           | बिना किसी प्रक्रिया के                      | 5x10 <sup>-5</sup> से1x10 <sup>-6</sup>             |
|   |                                     | पोलिश के बाद                                | -5x10 <sup>-8</sup> से9x10 <sup>-10</sup>           |
|   |                                     | सिकाई (300 <sup>0</sup> से., 100 घंटों तक)- | 10 <sup>-10</sup> से 10 <sup>-13</sup>              |
| 4   | लोहा                                | बिना किसी प्रक्रिया के                      | 5x10 <sup>-5</sup> से5x10 <sup>-6</sup>             |
|   |                                     | पोलिश के बाद                                | 1x10 <sup>-6</sup> से1x10 <sup>-7</sup>             |
|   |                                     | सिकाई (300 <sup>0</sup> से., 100 घंटों तक)- | 1x10 <sup>-7</sup> से 1x10 <sup>-9</sup>            |
| 5   | वाईटोन                              | बिना किसी प्रक्रिया के                      | 5x10 <sup>-5</sup> से5x10 <sup>-6</sup>             |
|   |                                     | पोलिश के बाद                                | 1x10 <sup>-6</sup> से5x10 <sup>-7</sup>             |
|   |                                     | सिकाई (300 <sup>0</sup> से., 100 घंटों तक)- | 1x10 <sup>-7</sup> से 1x10 <sup>-9</sup>            |
| 6   | इपोक्सी                             | बिना किसी प्रक्रिया के                      | 1x10 <sup>-6</sup> से2x10 <sup>-7</sup>             |
|   |                                     | पोलिश के बाद                                | 1x10 <sup>-7</sup> से1x10 <sup>-9</sup>             |
|   |                                     | सिकाई (300 <sup>0</sup> से., 100 घंटों तक)- | 2x10 <sup>-4</sup> से 3x10 <sup>-6</sup>            |
| 7   | टेफ्लोन                             | बिना किसी प्रक्रिया के                      | 3x10 <sup>-6</sup> से2x10 <sup>-7</sup>             |
|   |                                     | पोलिश के बाद                                | 5x10 <sup>-9</sup> से1x10 <sup>-9</sup>             |
|   |                                     | सिकाई (300 <sup>0</sup> से., 100 घंटों तक)- | 10 <sup>-10</sup> से 10 <sup>-13</sup>              |



### प्रास परिणामों से तुलना

1.2 मी (H3) कक्ष के पुनरूद्धार में घूर्णन पंप 2200 लीटर/मिनट एवं अतिवेगीय अणु पंप 2200 लीटर/मिनट का चयन कर कक्ष के साथ संयोजन किया। परीक्षण में 760 टॉर से 0.01 टॉर तक आने में लगभग 35 मिनट का समय लगा जबकि 0.01 टॉर से  $2 \times 10^{-5}$  टॉर तक आने में लगभग 2 घंटे 40 मिनट का आया। इस तरह निर्वात कक्ष में  $2 \times 10^{-5}$  टॉर तक जाने में लगभग 175 मिनट का समय लगा।

### निष्कर्ष

निर्वात प्रक्रिया के प्रारंभ में निकाय के विभिन्न भागों में दाब का मान समय के साथ लगातार बदलता रहता है। इसे 'नान स्टडी स्टेट' अवस्था कहते हैं और इसलिए घूर्णन पंप के पाईप के लिए चालकत्व की गणना, जो निश्चित दाबान्तर के आधार पर होती है-का उपयोग गलत ही जाता है। फलस्वरूप गणना जटिल हो जाती है। इसी तरह आण्विक प्रवाह के क्षेत्र में गणना में अपगैसन वे मात्रा में थोड़े से बदलाव से विभिन्न पदार्थों के लिए अपगैसन दर, मानक तालिकाओं से मिल जाती है। मगर इन मानक तालिकाओं में भी इनका मान बहुत दिया है। यही कारण है कि निर्वात तंत्र के निर्धारण में दुगने से ज्यादा का सुरक्षा गुणांक रखा जाता है।

### आभार

लेखक उप निदेशक (ईएसएसए), महाप्रबंधक (ईएनटीएफ) के आभारी हैं जिनके प्रोत्साहन एवं मार्गदर्शन से यह पत्र प्रस्तुत किया जा सका। साथ ही हम टीटीएफ स्टाफ के सभी सदस्यों एवं हिंदी अनुभाग के सदस्यों के भी आभारी हैं जिनका सहयोग हमें मिला।

### संदर्भ

- 1) "ए सिम्प्लीफाइड एंड क्राम्पेहेन्सिव एप्रोच टु वेक्युम सिस्टम डिजाइन" - श्री ए.के. गुप्ता
- 2) ए. रोथ-"वेक्युम टेक्नोलोजी"
- 3) एल.एन. रोजोनोव-"वेक्युम टेक्नीक"
- 4) "नोट्स ऑन वेक्युम सिस्टम डिजाइन"-श्री ए.एस. राजाराव



## भारतीय उपग्रह नौसंचालन उपयोक्ता अभिग्राही में प्रयुक्त अति निम्न रव प्रवर्धक और बैंड पारक फिल्टर परिपथ

सुदेश कुमार जैन

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद

ई-मेल- sudesh@sac.isro.gov.in

**सार**

यह लेख भारतीय उपग्रह नौसंचालन उपयोक्ता अभिग्राही में प्रयुक्त होने वाले अति निम्न रव प्रवर्धक और बैंड पारक फिल्टर परिपथ के विकास की जानकारी प्रदान करता है। भारतीय उपग्रह नौसंचालन तंत्र (IRNSS) से किसी स्थान, गति, समय और दिशा का बहुत ही परिशुद्ध अनुमान लगा सकते हैं। यह परिपथ दो रेडियो आवृत्ति बैंड एल-5 एवं एस-बैंड के लिए अभिकल्पित किया गया है। इस परिपथ में अति निम्न रव युक्ति, बैंड पारक फिल्टर, वायस-टी और वोल्टता बदलने वाली युक्ति का उपयोग किया गया है। इस परिपथ का निम्न रव अंक 0.90 डेसीबल और लब्धि 30 डेसीबल है और इस अभिकल्पना को एफ आर-4 अवस्तर पदार्थ में क्रियान्वित किया गया है।

**प्रस्तावना**

विगत कुछ वर्षों में उपग्रह नौसंचालन सूचनाएं जैसे भूस्थिति, रास्तों और भवनों की जानकारी, वायुयान के दिशा निर्देश हेतु जानकारी और भूमण्डलीय जानकारी देने वाले उपकरणों का उपयोग बहुतायत में किया जा रहा है। ये सभी उपकरण वैश्विक स्थिति तंत्र (GPS) का उपयोग करते हैं जोकि यूएस का है। यह तंत्र भारतीय नहीं है अतः विपदा के समय विश्वसनीय नहीं है। यह सिर्फ अविश्वसनीय ही नहीं बल्कि इसकी उच्च विभेदन वाली नौसंचालन सूचनाएं महंगी भी हैं। अतः उपर्युक्त समस्या को ध्यान में रखते हुए भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने एक स्वतंत्र एवं क्षेत्रीय उपग्रह नौसंचालन तंत्र "भारतीय क्षेत्रीय उपग्रह नौसंचालन तंत्र" विकसित करने का निर्णय लिया।

**वर्तमान नौसंचालन तंत्र**

वर्तमान में जी.पी.एस. तंत्र यू.एस. और पूरे विश्व में उपग्रह नौसंचालन की सुविधाएं प्रदान करता है। यह एल-1 और एल-2 रेडियो आवृत्ति बैंडों में काम करते हैं। इसके अलावा कुछ क्षेत्रीय उपग्रह नौसंचालन तंत्र भी हैं जैसे रूस का ग्लोनास, यूरोप का गैलिलियो और चीन का कम्पास आदि। ये सभी तंत्र भी प्रायः एल बैंड में ही अपनी सुविधाएं प्रतिबद्ध भू-भाग में प्रदान करते हैं। इन सभी उपग्रह नौसंचालन तंत्र का संक्षिप्त विवरण तालिका-1 में दिया गया है।

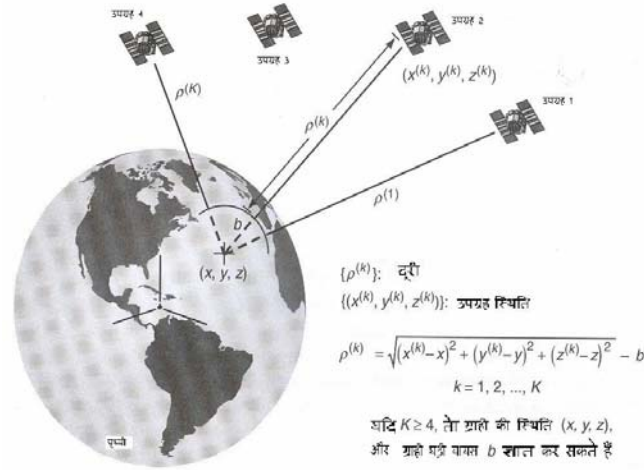
**तालिका-1**

|    | तंत्र का नाम | देश    | आवृत्ति बैंड (MHz)                                 | सेवा भूभाग                  | संख्या/कक्षा    |
|----|--------------|--------|--|-----------------------------|-----------------|
| 1. | जी.पी.एस.    | यू.एस. | एल-1:1559-1603<br>एल-2:1215-1240<br>एल-5:1164-1188 | यू.एस. एवं<br>संपूर्ण विश्व | 24, MEO         |
| 2. | गैलिलियो     | यूरोप  | ई-5:1188-1215<br>ई-6:1260-1300<br>सी:5010-5030     | संपूर्ण यूरोप               | 30, meom<br>MEO |
| 3. | ग्लोनास      | रूस    | जी-1-1602.5-1615.5<br>जी-2:1240-1260               | रूस                         | 18, MEO         |

## उपग्रह नौसंचालन का सिद्धांत

उपग्रह से किसी भौगोलिक स्थान की अत्यंत परिशुद्ध जानकारी के लिए हमें कम से कम चार उपग्रह की आवश्यकता होती है। इसे हम त्रिभुजीकरण के सिद्धांत से समझ सकते हैं। यदि तीन ज्ञात स्थिति वाले उपग्रहों से पृथ्वी में किसी स्थान (उपयोक्ता अभिग्राही) की दूरी मालूम हो तो ग्राही की स्थिति ज्ञात की जा सकती है, यह चित्र-1 में दिखाया गया है। परंतु हम तीन उपग्रहों की स्थिति एवं ग्राही की दूरी कैसे ज्ञात कर सकते हैं ?

नौसंचालन उपग्रह जिन तरंगों को प्रसारित करते हैं उसमें स्थिति और समय की जानकारी होती है। उपग्रहों में परमाणु घड़ी का उपयोग करते हैं जो अत्यंत परिशुद्ध होती है। उपयोक्ता अभिग्राही प्रसारण का समय तथा कोडित समय की तुलना करके उपग्रह तरंग द्वारा दूरी तय करने में लगे समय की गणना करता है। इस तरह कम से कम चार उपग्रह का उपयोग करके उपयोक्ता के स्थान समय तथा गति का अनुमान कर सकते हैं।



चित्र-1: उपग्रह नौसंचालन का सिद्धांत

## भारतीय क्षेत्रीय नौसंचालन उपग्रह तंत्र

इस नौसंचालन तंत्र में सात उपग्रह को प्रक्षेपित किया जाना है। यह तंत्र भारतीय उप महाद्वीप और इसके 1500 किमी. के क्षेत्र में अपनी सेवा प्रदान करेगा। इन सात उपग्रहों में से तीन उपग्रहों को भूस्थिर कक्षा में

तथा चार को भूतुल्यकाली कक्षा, जिसका झुकाव  $29^\circ$  है, में रखे जाएंगे। जैसा कि तालिका-1 से ज्ञात होता है कि यह पहला भूस्थिर नौसंचालन तंत्र है जबकि बाकी सभी तंत्र MEO कक्षा पर। इन सभी उपग्रहों को ध्रुवीय उपग्रह प्रमोचन यान (PSLV) के द्वारा प्रमोचित किया जाना है। यह तंत्र एल-5 और एस-बैंड की रेडियो आवृत्ति में कार्य करेगा। इस तंत्र के द्वारा 20 मी. से भी बेहतर परिशुद्ध भूस्थिति की जानकारी दी जा सकेगी।

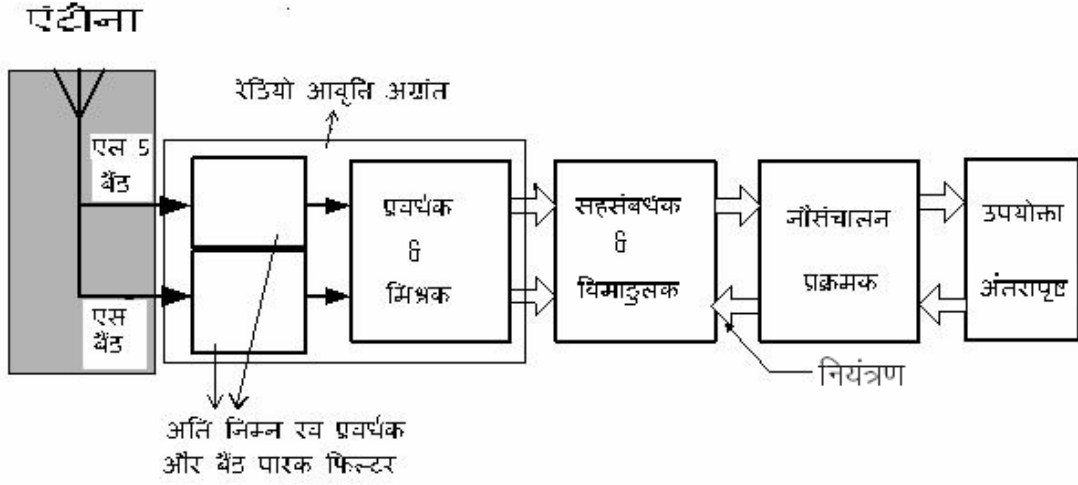
## उपयोक्ता अभिग्राही

यह इकाई भारतीय क्षेत्रीय नौसंचालन उपग्रह तंत्र के उपयोक्ता अभिग्राही या भू-टर्मिनल की संक्षिप्त जानकारी प्रदान करती है। यह अभिग्राही एल-5 बैंड और एस-बैंड रेडियो आवृत्ति के बहुत कम शक्ति ( $-133\text{dBm}$ ) के निवेशित सिग्नल को अति निम्न रव और अति उच्च लब्धि के साथ प्रवर्धित करने के साथ आवश्यक निर्गमन आवृत्ति में रूपान्तरित करके आधारबैंड प्रक्रमक में पहुँचाता है। यह आधारबैंड प्रक्रमक सभी उपग्रहों के डाटा को लेकर उसे डीकोड करके उपग्रह की स्थिति, गति और घड़ी के

प्राचल ज्ञात करके अभिग्राही की स्थिति और गति का आकलन करता है। इस अभिग्राही का प्रकार्य खंड आरेख चित्र-2 में दर्शाया गया है। उपयोक्ता अभिग्राही दो तरह की सेवाओं के लिए बनाए जाएंगे-

- मानक स्थिति निर्धारण सेवा (Standard Positioning Services)
- सीमित सेवा (Restricted Services)

मानक स्थिति निर्धारण सेवा के लिए BPSK माडुलन तकनीक तथा सीमित सेवा के लिए BOC माडुलन तकनीक का उपयोग किया जाएगा।



चित्र-2: उपयोक्ता अभिग्राही प्रकार्य खंड आरेख

### उपयोक्ता अभिग्राही का प्रकार्य

1. विभिन्न उपग्रहों से रेडियो आवृत्ति सिग्नलों को ग्रहण करना।
2. आवश्यक सिग्नल को सभी निवेशित सिग्नलों से अलग करना।
3. परास और समय मापना।
4. नौसंचालन संदेश को डीकोड करके उपग्रह की स्थिति गति एवं घड़ी के प्राचल ज्ञात करना।
5. उपर्युक्त प्राचलों से अभिग्राही की स्थिति, गति और समय का आकलन करना।
6. उपर्युक्त आकलित प्राचलों को उपर्युक्त प्रदर्श के अनुरूप रूपांतरित करके दिखाना।

### अति निम्न रव प्रवर्धक एवं बैंड पारक फिल्टर परिपथ

चित्र-2 में अभिग्राही प्रकार्य खंड आरेख के पहले दो खंड को संयुक्त रूप से अभिग्राही का रेडियो आवृत्ति अग्रान्त कहते हैं। इस रेडियो आवृत्ति अग्रान्त में भी निम्न रव प्रवर्धक मुख्य हैं जिसका कार्य अति निम्न शक्ति के निवेशित सिग्नल को बहुत ही निम्न रव जोड़कर उच्च लब्धि प्रदान करना होता है। यह एक प्राकृतिक है कि किसी प्रवर्धक निवेशित सिग्नल को सिर्फ लब्धि ही नहीं प्रदान करते बल्कि उसमें कुछ रव भी जोड़ देते हैं जोकि तंत्र के (सी/एन)<sub>0</sub> को खराब कर देते हैं। अतः इस निम्न रव प्रवर्धक का मुख्य कार्य उपर्युक्त लब्धि प्रदान करके बहुत ही कम रव जोड़ना होता है। इस प्रवर्धक को एंटीना के एकदम बाद में रखा जाता है एवं बाद में आने वाले प्रवर्धक का रव पूरे तंत्र के (सी/एन)<sub>0</sub> को इतना प्रभावित नहीं करते हैं। इस लिए इसे निम्न रव प्रवर्धक

(Low Noise Amplifier) कहते हैं। संपूर्ण अभिग्राही का कुल रव अंक फ्रिस फार्मूला से ज्ञात किया जा सकता है। फ्रिस फार्मूला है-

$$\text{कुल रव अंक (F)} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}$$

यहाँ  $F_1$  = प्रथम चरण युक्ति का रव अंक

$G_1$  = प्रथम चरण युक्ति का लब्धि अंक

$F_2$  = द्वितीय चरण युक्ति का रव अंक

$G_2$  = द्वितीय चरण युक्ति का लब्धि अंक

''''

''''

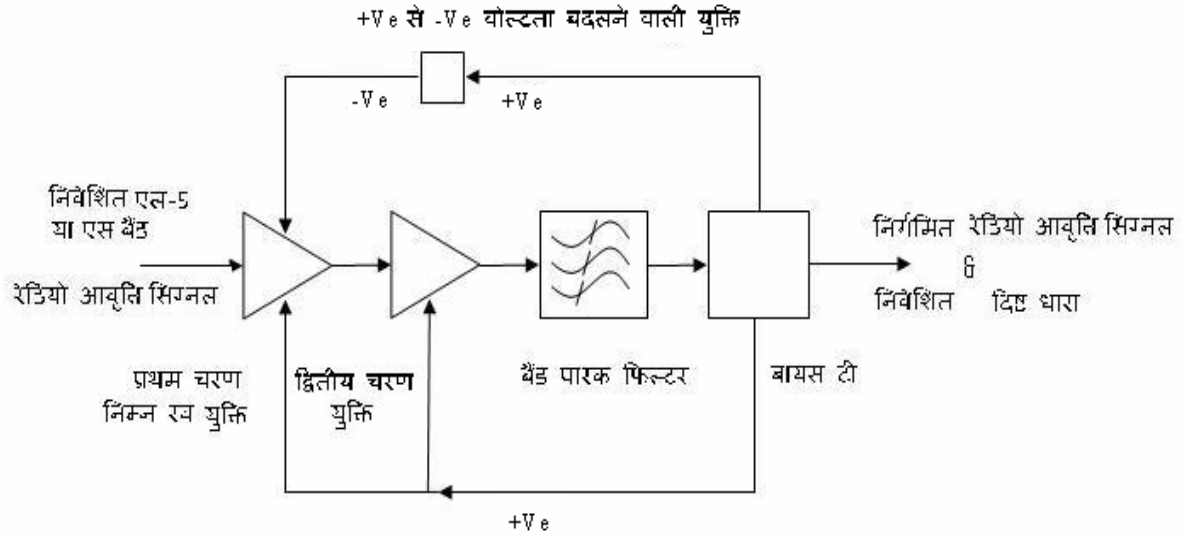
$F_n$  = Nth चरण युक्ति का रव अंक

$G_n$  = Nth चरण युक्ति का लब्धि अंक

परिपथ को एल-5 बैंड (1164-1188 MHz) एवं एस बैंड (2484-2500 MHz) के लिए बनाया गया है। दोनों रेडियो आवृत्ति बैंडों के परिपथ का आकार एवं युक्तियां समान हैं सिर्फ कुछ सुमेलन घटक और बैंड पारक फिल्टर अलग हैं। इस परिपथ का प्रकार्य खंड आरेख चित्र-3 में दर्शाया गया है।

इस परिपथ के चार भाग हैं-

- निम्न रव एवं लब्धि प्रवर्धक युक्तियां
- बैंड पारक फिल्टर
- बायस-टी
- +Ve से -Ve वोल्टता बदलने वाली युक्ति



चित्र-3: परिपथ प्रकार्य खंड

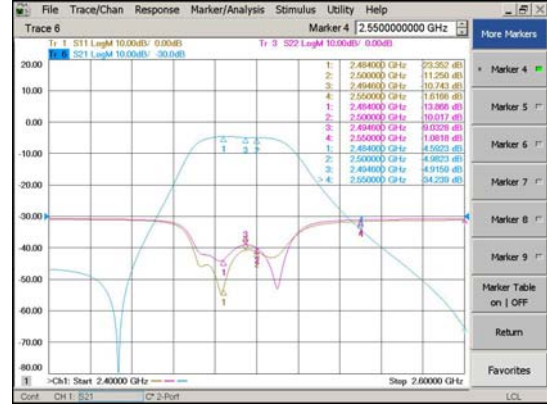
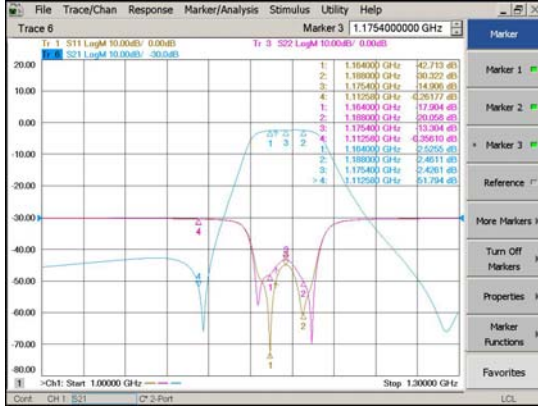
### निम्न रव एवं लब्धि प्रवर्धक युक्तियां

दो युक्तियों का उपयोग किया गया है। प्रथम चरण वाली युक्ति का निम्न रव अंक 0.42 डी.बी. और लब्धि अंक लगभग 13 डी.बी. है। इसी अति निम्न रव अंक और उपयुक्त लब्धि की वजह से इस परिपथ तथा तंत्र का रव अंक काफी कम हो पाया है। दूसरे चरण में प्रयुक्त होने वाली युक्ति मुख्यतः लब्धि खंड है जो परिपथ के रेडियो सिग्नल को लगभग 19 डी.बी. लब्धि प्रदान करता है। इन दोनों युक्तियों का रव अंक और लब्धि अंक एल-5 और एस-बैंड में लगभग समान है। हालांकि युक्तियां समान होने के बावजूद सुमेलन घटक समान नहीं हो सकते हैं क्योंकि कोई भी सुमेलन घटक जैसे संधारित्र या प्रेरक इतने बड़े रेडियो आवृत्ति के बैंड (1164-2500 MHz) को

सुमेलित नहीं कर सकते हैं। इन दोनों युक्तियों का सुमेलन घटकों के साथ निम्न रव 0.9 डी.बी. और लब्धि 32 डी.बी. है।

### बैंड पारक फिल्टर

निम्न रव और लब्धि युक्तियों के पश्चात् बैंड पारक फिल्टर का उपयोग किया है। इन बैंड पारक फिल्टर का मुख्य कार्य उपयुक्त रेडियो आवृत्ति के सिग्नल को पार कराना तथा अनुपयुक्त रेडियो आवृत्ति के सिग्नल को रोकना है। जैसे कि एल-5 बैंड के पारक फिल्टर का कार्य 1164-1188 MHz के सिग्नल को पार होने देना तथा सभी दूसरे सिग्नल जैसे 2484-2500 MHz को रोकना है। ये बहुत ही छोटे आकार का (12 मिमी x 12 मिमी) उच्च परावैद्युत सेरेमिक पदार्थ का बना बैंड पारक फिल्टर है। इन फिल्टर का मापित परिणाम चित्र-4 और चित्र-5 में क्रमशः एल-5 और एस बैंड का है। इनकी निवेशत हानि लगभग 3.0 डी.बी. है।



चित्र-5: एस बैंड पारक फिल्टर मापित परिणाम

## बायस-टी

बायस टी का कार्य जिस परिपथ से निर्गमित रेडियो आवृत्ति का सिग्नल बाहर जाना उसी पथ से दिष्ट धारा प्रदान करना है। परंतु इसका मुख्य कार्य यह है कि रेडियो आवृत्ति सिग्नल वाले पथ में दिष्ट धारा न जा पाए एवं दिष्ट धारा वाले पथ में रेडियो सिग्नल न प्रवेश कर पाए। रेडियो सिग्नल को दिष्ट धारा पथ में प्रवेश करने से रोकने के लिए  $\lambda/4$  लंबाई का सूक्ष्म तरंगी पट्टिका का उपयोग किया गया है एवं दिष्ट को रेडियो सिग्नल वाले पथ में रोकने के लिए उपयुक्त माप का संधारित्र उपयोग किया गया है।

## +Ve से -Ve वोल्टता बदलने वाली युक्ति

इस युक्ति का उपयोग +3.3 वोल्ट को -3.3 वोल्ट में बदलने के लिए किया गया है। क्योंकि तंत्र में सिर्फ +3.3 वोल्ट ही उपलब्ध है और प्रथम चरण की युक्ति को -Ve वोल्ट की भी आवश्यकता है अतः इस युक्ति का उपयोग करना जरूरी है।

## संपूर्ण परिपथ

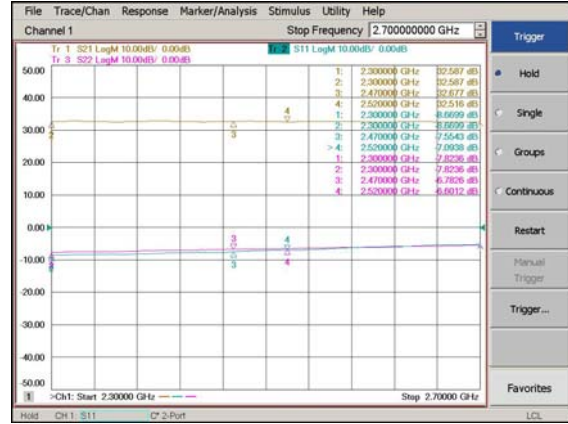
यह संपूर्ण अभिकल्प को 0.8 मिमी 0एफ-आर-4 नामक अवस्तर पदार्थ में विकसित किया गया है। इस अभिकल्प का मुख्य उद्देश्य अति निम्न रव, उच्च लब्धि, कम दिष्ट धारा शक्ति का उपयोग, छोटा आकार एवं एंटीना के साथ सीधा जोड़ना है। एल-5 और एस बैंड परिपथ का कुल रव अंक 0.90 डी.बी. और लब्धि लगभग 30 डी.बी. है जोकि लक्षित विनिर्देश को संतुष्ट करते हैं। इस संपूर्ण परिपथ को ADS नाम के साफ्टवेयर में अनुकरण (Simulate) किया गया तथा अभिविन्यास (Layout) को अभिकल्पित किया गया था। इस संपूर्ण परिपथ का आकार 27 मिमी x 43.2 मिमी है। इस संपूर्ण अभिकल्प का लक्षित विनिर्देश एवं मापित परिणाम तालिका-2 में दर्शाया गया है। चित्र-6 और चित्र-7 एल-5 बैंड के परिपथ का मापित लब्धि और निम्न रव दर्शाया है जबकि चित्र-8 और चित्र-9 में एस-बैंड का मापित लब्धि और निम्न रव दिया गया है। चित्र-10 एवं चित्र-11 में संपूर्ण अभिकल्प का फोटोग्राफ तथा चित्र-12 एंटीना के साथ फोटोग्राफ दर्शाया गया है।

तालिका-2

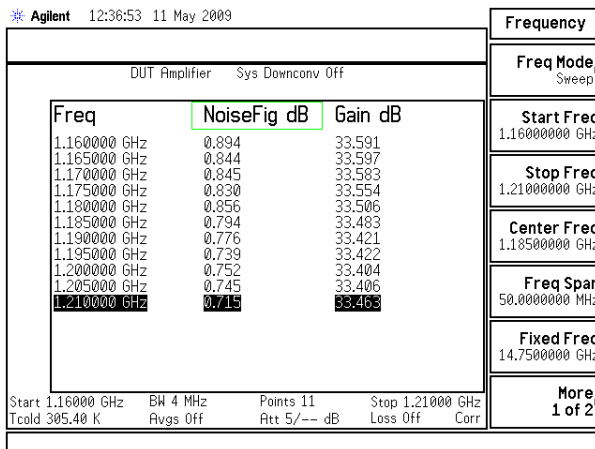
| प्राचल              | इकाई         | विनिर्देश              | मापित परिणाम<br>(एल-5 बैंड) | मापित परिणाम<br>(एस-बैंड) |
|---------------------|--------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| रेडियो आवृत्ति बैंड | MHz          | 1164-1188<br>2484-2500 | 1164-1188                   | 2484-2500                 |
| लब्धि               | डी.बी.       | 30.0                   | 31.0                        | 29.8                      |
| रव अंक              | डी.बी.       | 2.0                    | 0.90                        | 0.80                      |
| निवेशित VSWR        | -            | 2.0:1                  | 1.8:1                       | 2.0:1                     |
| निर्गमित VSWR       | -            | 1.6:1                  | 1.5:1                       | 1.5:1                     |
| दिष्ट वोल्टेज       | वोल्ट        | 3.3                    | 3.3                         | 3.3                       |
| दिष्ट धारा          | मिली एल्पीयर | 45                     | 42                          | 44                        |



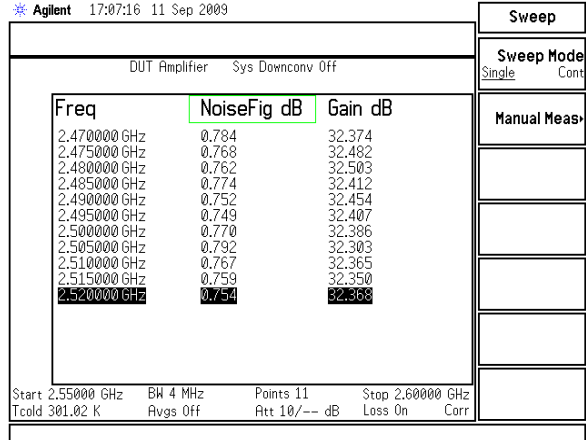
चित्र-6: एल-5 बैंड परिपथ लब्धि परिणाम



चित्र-8: एस बैंड परिपथ लब्धि परिणाम

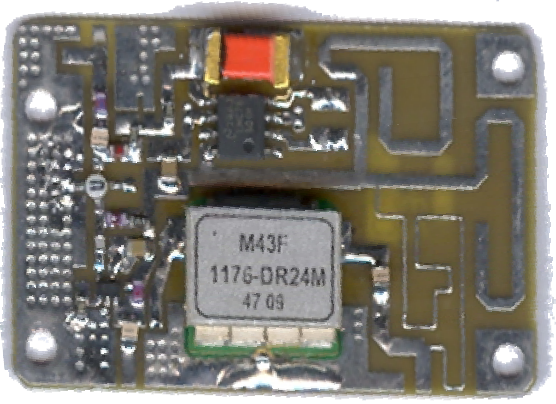


चित्र-7: एल-5 बैंड रव अंक परिणाम

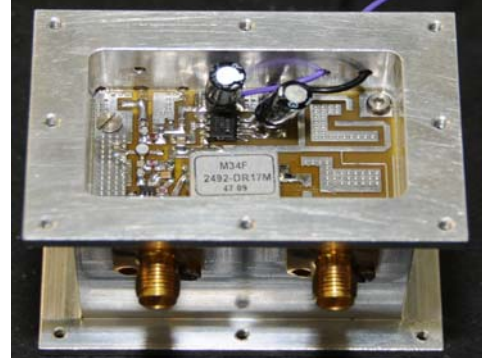


चित्र-9: एस बैंड रव अंक परिणाम

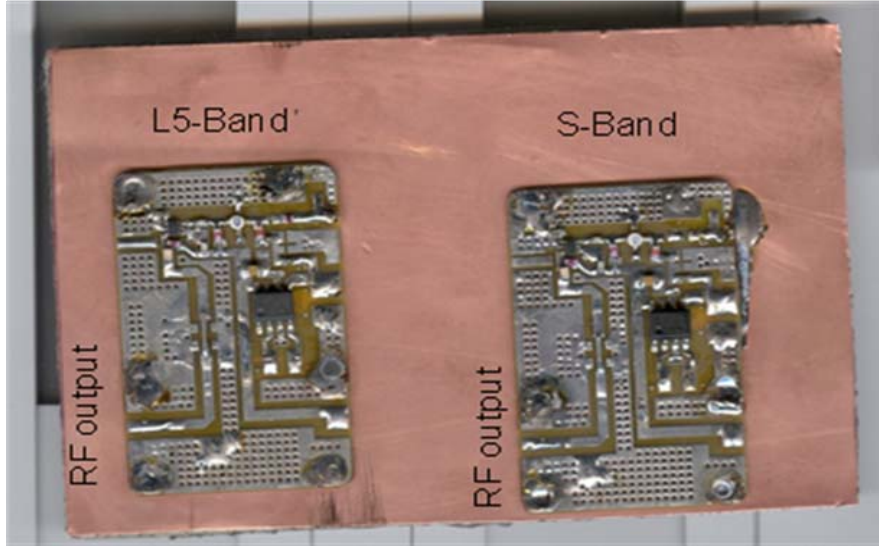




चित्र-10: एल-5 बैंड परिक्षित परिपथ फोटोग्राफ



चित्र-11: एस-बैंड परिपथ फोटोग्राफ (परीक्षण बॉक्स में)



चित्र-12: एंटीना एवं निम्न रव परिपथ फोटोग्राफ

#### उपसंहार

चूंकि भारतीय क्षेत्रीय नौसंचालन उपग्रह तंत्र अभी कार्यान्वित नहीं है और जी.पी.एस. चंद्र के उपग्रह एल-1 और एल-2 बैंड में कार्य कर रहे हैं अतः मैंने भी इसी अभिकल्प को एल-1 बैंड में बताया। इस परिपथ को एंटीना के साथ जोड़कर जी.पी.एस. अभिग्राही के साथ परीक्षण किया है। इस संपूर्ण तंत्र का (सी/एन)<sub>0</sub> सिर्फ जीपीएस अभिग्राही के (सी/एन)<sub>0</sub> से बेहतर पाया गया। चूंकि इस अभिकल्पित परिपथ का निम्न रव (0.9 डी.बी.) लक्षित निम्न रव (2 डी.बी.) से काफी बेहतर है अतः इस परिपथ का एल-5 और एस बैंड में अच्छा प्रदर्शन करने की आशा है।

संदर्भ

1. प्रताप मिश्रा, पर इंगे, "ग्लोबल पोजीशनिंग सिस्टम", 2001 गंगा-जमुना प्रेस
2. भारतीय क्षेत्रीय नौसंचालन उपग्रह तंत्र (IRNSS) P.D.R.
3. अभय जैन, अपूर्वा भट्टाचार्य, "का-बैंड अभिग्राही"
4. भारतीय क्षेत्रीय नौसंचालन उपग्रह तंत्र उपयोक्ता अभिग्राही P.D.R. (ISRO-SAC-IROVSS-RCVR-PDR-01)
5. अहमद-अल-रब्बानी, "इंटरोडक्शन टू जीपीएस", 2002, आरटेक हाउस
6. हटसुली फुखुई "डिजाइन ऑफ माइक्रोवेव GaAS MESFET फॉर ब्राडबैंड लो-नॉइज़ एल्पलीफायर" वाल्यु. MJT-27 No. 7 जुलाई 1979 पृ. 643



## संचार उपग्रहों के लिये नम्य बैंड विस्तार नीतभार की अभिकल्पना

### (Flexible Bandwidth Payload Architectures for Satellite Communications)

उज्ज्वल गंगेले, अभिषेक कक्कड़, गुरप्रीत सिंह,

एस.एस.ई.डी./एस.एन.एस.ई.जी./एस.एन.पी.ए., सैक

इ-मेल: [ujjwal@sac.isro.gov.in](mailto:ujjwal@sac.isro.gov.in), [abhishekk@sac.isro.gov.in](mailto:abhishekk@sac.isro.gov.in), [gurpreet@sac.isro.gov.in](mailto:gurpreet@sac.isro.gov.in),

Phone No: 5112, 5109, 5106

#### सारांश

यह लेख विभिन्न प्रकार के नम्य बैंड विस्तार नीतभार(Flexible Bandwidth Payload) का बहु किरण (Multi Beam) संचार उपग्रह के परिक्षेप में विश्लेषणात्मक अध्ययन प्रदान करता है जिसमें प्रत्येक किरण (Beam) के बैंड विस्तार को नम्य बनाया जा सके। इसमें विभिन्न एनालोग एवम अंकीय डीमल्टीप्लेक्स तकनीकों की विवेचना विस्तृत भाव से की गई है। अंकीय नम्य बैंड विस्तार तकनीक का प्रमाण विस्तृत रूप से उल्लेखित है। यह माडल उपभोक्ता संचार संकेतों की यातायात मांग के अनुसार बहु विसंकेतन राउट ओर पुनः बहु संकेतन करता हुआ उनकी पुनः रचना करता है।

#### I. परिचय

भविष्य की संचार प्रौद्योगिकी का झुकाव विश्व व्यापक अन्तर संबंधित अंकीय संचार प्रणाली पर है जो कि बहु माध्यम सेवाओं, के अपेक्षानुसार सूचना को उच्च दर, कम लागत तथा उच्च निष्पादन के साथ प्रदर्शित करता है। उक्त उपयोगों के लिये उपग्रह एक आकर्षक माध्यम है जिसके द्वारा प्रसारण, बहु प्रसारण एवम बिंदु से बिंदु प्रसारण उनकी भूमण्डलीय व्याप्ति योग्यता के कारण संभव हुआ है। परन्तु भविष्य की संचार अपेक्षाओं की पूर्ति के लिये यह जरूरी है कि हम नई पीढ़ी के उपग्रह तंत्रों का निर्माण करें जिनमें नीतभार निर्माण, भू-तंत्र पद्धति एवम नम्य तकनीकों का संयोजन शामिल हो।

उक्त अपेक्षाओं की न्यूनतम उपग्रह संसाधनों के द्वारा सत्यापित एवम नम्य तरीके से निर्धारित करने हेतु एक नीतभार विन्यास दर्शाया गया है जो कि अधिक से अधिक उपभोक्ताओं को अधिक किरण पुंजों के साथ तंत्र के उपयोग की योग्यता दें। आविर्भावी आन-बोर्ड निकायों की नम्यता द्वारा अधिक से अधिक उपयोगी बैंड विस्तार प्रदान करना अनिवार्य है। पूर्णतः योग्य पुनः रूद्धारक(Regenerative) नीतभार, स्वचन, माडुलन तथा काल विभाजन बहु संकेतन(Time Division Demultiplexing) के द्वारा संकेत वृद्धि का लाभ देते हैं परन्तु ऐसे नीतभार का निर्माण, संकेतों के पूर्व निर्धारित प्रारूप के साथ ही संभव है। वर्तमान संचार परिक्षेप में जहां प्रतिदिन नवीन संचार तकनीकों का आविष्कार होता है वहां ऐसे नीतभारों का उपयोग सीमित होता है। नई संकेत संरचनाओं के आगमन से कुशल बैंड विस्तार एवम शक्ति प्राप्त करने के लिये नये तरीके अभिकल्पित हुए हैं जो कि पहले पूर्व निर्धारित कोडन योजना तथा संकेत माडुलन के द्वारा प्राप्त नहीं किये जा सकते थे। पूर्णतः पारदर्शी नीतभार आसानी से निर्मित किया जा सकता है परंतु वे नम्यता प्रदान करने में अक्षम होते हैं। एतैव आन-बोर्ड संसाधनों का उपयोग बिना पुनः रूद्धारक के द्वारा ही एक मात्र विकल्प बचता है।

यह लेख पारदर्शक बैंड विस्तार प्रक्रमण (अंकीय एवं अनुरूप) की धारणा को वर्णित करता है जिससे बैंड विस्तार नियतन को पूर्ण अथवा आंशिक रूप से नम्यता प्रदान की जा सके। भाग II पारदर्शक बैंड विस्तार संसाधिक योजना की तकनीकों का वर्णन विशिष्ट उदाहरणों के द्वारा प्रस्तुत करता है। भाग III अंकीय बहुविसर्केतन योजना (Digital Demultiplexing Technique) का वर्णन पूर्ण पुनःनिर्माण (perfect reconstruction) एल्गोरिथम के साथ प्रस्तुत करता है जिससे परिकल्पना की धारणा को सत्यापित किया जा सके। भाग IV एवं V, 2 X 2 किरणपुंज परिकल्पना को सत्यापित करता है जिससे भविष्य में वास्तविक नीतभार विन्यास के लिये मापित किया जा सके तथा उसके हार्डवेयर को सत्यापित किया जा सके।

## II. विभिन्न पारदर्शी बैंड विस्तार संसाधित्रों का तकनीकी उल्लेख

यह खण्ड विभिन्न प्रकार के मौजूदा आंशिक एवम अनुरूप संसाधित्रों को वर्णित करता है जो कि विभिन्न उपग्रहों में इस्तेमाल हो रहे हैं तथा जो बैंड विस्तार में नम्यता तथा राउटिंग को नया आयाम प्रदान करते हैं।

### a. SS FDMA राउटिंग संसाधित्र

यह एक परम्परागत पद्धति है जिसमें निश्चित बैंड विस्तार वाले SAW फिल्टरों का उपयोग विभिन्न किरण पुंजों के चैनलों को बहु वि-संकेतित करने हेतु किया जाता है। इसके पश्चात हर एक कण को पृथक रूप से उसकी संगत किरण पुंज में भू-नियंत्रण द्वारा दूरादेशित स्विच मैट्रिक्स की सहायता से राउट किया जाता है (1)। बैंड विस्तार के राउटिंग को नम्यता प्रदान करना ही इसकी मुख्य विशेषता है परन्तु बैंड विस्तार नियतन में परिवर्तिता इस कक्षा के उपग्रहों में संभव नहीं है। इनमें संचरण कारकों तथा EIRP में परिवर्तिता की पूर्ति के लिये उपचैनल स्तर पर लब्धि समायोजन प्रदान किया जाता है। इस तरह का एक संसाधित्र इसरो के भविष्य संचार उपग्रहों के लिये विकसित किया जा रहा है।

### b. परिवर्तनीय बैंड विस्तार निर्धारण एवम राउटिंग संसाधित्र

परिवर्तनीय बैंड विस्तारण में प्रत्येक पुंज के इनपुट को पहले बराबर भाग के बैंड विस्तार वाले उपचैनलों में बांटा जाता है और यह उपचैनल बैंड विस्तार चयनित SAW फिल्टरण मोड में कार्य करने के लिये कुशल होते हैं। अर्थात् निकटवर्ती SAW उपचैनल ओर उनके संक्रमण एवम सुरक्षा बैंड मिलकर एक पूर्ण बैंड विस्तार के चैनल को बनाते हैं जो कि पूरे बैंड विस्तार को उसके सुरक्षा बैंड के साथ संयोजित करते हैं। यह संयोजन आयाम तथा कला मेल जाल के द्वारा ही संभव है। इस तरह के संसाधित्रों का उपयोग ऐसे परिदृश्य में होता है जहां छोटी-छोटी बैंड कणिकाओं को संयोजित करके बड़े बैंड विस्तार वाले संकेतों का निर्माण करना होता है। अत्याधुनिक सयोंगिक जाल जो कि INMARSAT III में कार्यान्वित हैं उसके द्वारा अधिकतम 3 उपचैनल कणिकाओं का मिलान ही संभव है।

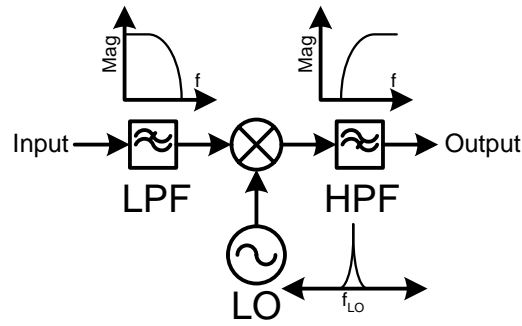
### c. अपेक्षानुसार बैंड विस्तार के लिए Analog संसाधित्र

यह सरल रूप संसाधित्र परिवर्तनीय बैंड विस्तार की बहुपुंज क्षेत्र पर आवश्यकतानुसार पूर्ति करते हैं। इसमें पुंज की निश्चित बैंड विस्तार प्रदान करने के अलावा अतिरिक्त स्पेक्ट्रम भी संचित करके रखा जाता है। यह अतिरिक्त स्पेक्ट्रम अपेक्षानुसार किरण पुंजों में प्रदान किया जाता है इस प्रकार के संसाधित्र जिनमें अतिरिक्त बैंड विस्तार संचित किया जाता है वह विशाल कणिकाओं के फिल्टर बैंक द्वारा निर्धारित होता है।

d. एनालोग फिल्टरों के द्वारा अस्थिर बैंड विस्तार निर्धारण

इस प्रकार के संसाधित्रों में निम्न आवृत्ति पारक फिल्टर, एक प्रोगरामनिय लोकल दलित्र युक्त मिश्रक (Mixer) एवम उच्च आवृत्ति पारक फिल्टर सोपानित किये जाते हैं। उनका प्रतिच्छेदन उनकी अधिकतम प्रक्रमणित बैंड

विस्तार को निर्धारित करती है तथा उच्च / निम्न परिवर्तित संकेतों के स्थान को उच्च तथा निम्न आवृत्ति पारक फिल्टरों में प्रवेश करने से पहले परिवर्तित करता है। जैसे-जैसे संकेतों की आवृत्ति सरकती जाती है वे फिल्टरित होते जाते हैं। इस तरह आसानी से स्पेक्ट्रम को विक्षिन्न किरण-पुंजों में नम्य रूप से निर्धारित किया जा सकता है। अधिक किरण-पुंजों की दशा में इस संसाधित्र की जटिलता बढ़ती जायेगी। चित्र -1 इसके सरल खण्ड रूप आरेख को दर्शाता है।



चित्र 1: परिवर्तित बैंड विस्तार संसाधित्र

e. पारदर्शी अंकीय संसाधित्र

यह एक अग्रिम तथा प्रभावशाली तकनीक है जो कि पूर्णतः अंकीय संकेत प्रणाली (digital signal processing) के सिद्धांतों पर आधारित है। यह तकनीकी संसाधन अनेक किरण पुंजों तथा विविध संचार आवश्यकताओं में भी संभव है। इसमें एक N-Channel फिल्टर समूह होता है जो कि पूरे बैंड विस्तार को संकीर्ण कणिकाओं में बहुविसंकेतिक (de-multiplex) करता है और फिर बाद में उसे दूरादेश के जरिये विभिन्न स्थानिक आवश्यकतानुसार संयोजित कर देता है।

INMARSAT-IV उपग्रह में कार्यान्वित संसाधित्र बिना पुनरूद्धारण किये संकेतों को अनेक किरण-पुंजों में बांट देता है एवम इस तरह से यह लक्ष्य बैंड विस्तार निर्धारण तथा राउटिंग को आधार देता है।

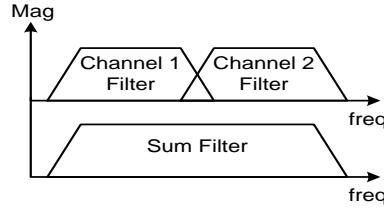
III. आंकिक फिल्टर बैंक द्वारा संकेत का पूर्ण पुनः निर्माण

अंकीय फिल्टर बैंक, बैंड विस्तार में नम्यता की आवश्यकता को आवृत्ति बहु विसंकेतिक के रूप में पूरा करता है जिसे की ससन्क्ति फिल्टर अनुक्रिया कहते हैं। इसकी परिकल्पना के पीछे का मौलिक सिद्धांत इस बात पर निर्भर करता है कि अगर एक बार उनके संक्रमण बैंड की अनुक्रिया को उनके आसन्न बैंड खांचे में विसंकेतिक के द्वारा जोड़ दी जाये उनकी अनुक्रिया एक समान तथा न्यूनतम आयाम तथा कला विरूपण के साथ संयोजित होगी जिससे की उसका पूर्णतः पुनःरूपण किया जा सके। इस प्रकार

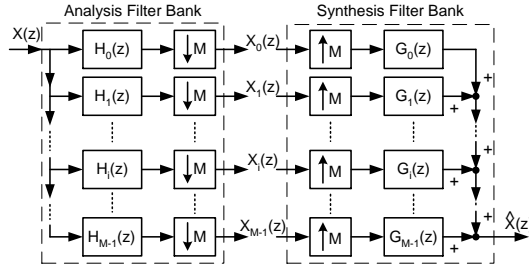
के फिल्टर बैंक की विशेषता पूर्णतः पूरक रूप में Alias मुक्त अतिव्यापी स्पेक्ट्रम (Alias free spectrum) के निर्माण की होती है।

इस तरह के पूर्ण निर्माण के लिये बहुकला रूपांतर संरचना अथवा वृक्ष रूपी संरचना (Tree based Structure) के विभिन्न रूपों का उपयोग लेता है परन्तु जब कम बैंड-विस्तार वाली कणिकाएं अधिक मात्रा में आवश्यक हो तब बहुकल्प संरचना का उपयोग अधिकतम परिकलात्मक कार्यक्षमता प्राप्त करने के लिये होता है। संचार उपयोग में जहां पर रेखिक कला (linear phase) अनुक्रिया की मुख्य आवश्यकता होती है, वहां पर समान माडुलित फिल्टर बैंक जो कि विक्रित फूरिये रूपांतरण (Discrete Fourier Transform) पर आधारित होते हैं, इनका उपयोग अन्त से अन्त तक रेखिक कला अनुक्रिया कायम रखने में होता है। यह फिल्टर बैंक कम से कम

परिकलात्मक भार देते हैं जिससे कि वह व्यावहारिक कार्यों में आसानी से उपयोग में लाये जा सकते हैं। चित्र 2 में ससन्तिक विसन्केतित फिल्टर अनुक्रिया के सिद्धान्त को दर्शाया गया है।



चित्र 2 : ससन्तिक विसन्केतित फिल्टर अनुक्रिया के सिद्धान्त



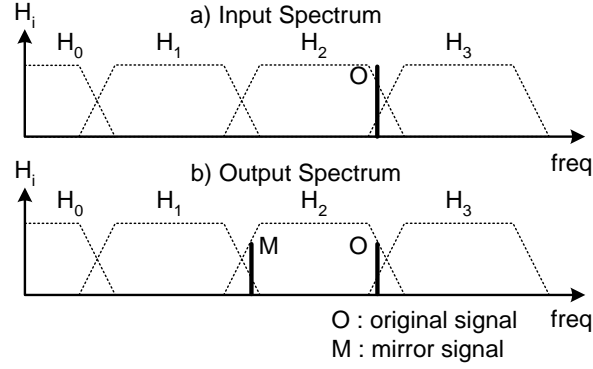
चित्र 3: विश्लेषण तथा संश्लेषण फिल्टर बैंक

परन्तु जहां पर प्रतिचयन दर आंशित होती है वहां DFT फिल्टर बैंक आपेक्षित संकेतों के उपनाम उत्पन्न करते हैं। जब संकेत दो आसन्न चैनल फिल्टरों के बीच के संक्रमण बैंड में अतिव्यापित होते हैं तब उनके प्रति चित्र संकेत आपेक्षित उपचैनल पर पडता है जिससे कि संकेत व्यतिकरित हो जाते हैं (चित्र 4)। यह निम्न समीकरण द्वारा परिभाषित है।

$$\hat{X}(z) \approx \sum_{i=0}^{M-1} H(zW_M^i) \cdot \sum_{\ell=-1}^1 H(zW_M^{i+\ell}) X(zW_M^\ell)$$

इन उपनामित प्रतिबिंब संकेतों की सन्सक्ति फिल्टर अनुक्रिया के लिये दमन किया जाता है। यह कार्य परिवर्तित DFT फिल्टर बैंक के द्वारा किया जाता है जो कि अगले खण्ड में परिभाषित है। आदर्श फिल्टर निर्माण के द्वारा MDFT फिल्टर बैंक

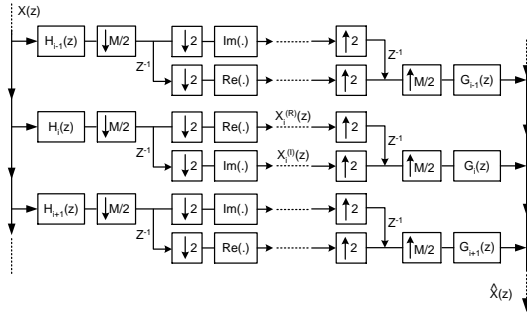
अतिव्यापित स्पेक्ट्रम का पूर्णतः पुनःनिर्माण पूरक रूप में करता है जिससे कि समान DFT फिल्टर बैंक में उत्पन्न उपनामित संकेत रद्द हो जाते हैं।



चित्र 4: DFT फिल्टर बैंक में उत्पन्न उपनामित संकेत

### MDFT फिल्टर बैंक

MDFT फिल्टर बैंक परिवर्तित, जटिल, माडुलित तथा महत्वपूर्ण उपप्रतिचनित फिल्टर बैंक होते हैं जो कि DFT फिल्टर बैंक पर आधारित होते हैं और उनका मुख्य कार्य स्वतंत्रित तरीके से रैखिक कला का विश्लेषण तथा संश्लेषण करना होता है। उनकी उपनामित निरसन बनावट के अनुसार सभी विषमी उपनामित स्पेक्ट्रमी संकेत स्वतः ही निरोधित हो जाते हैं, तथा फिल्टर की विशिष्टता पर निर्भर नहीं करते।



चित्र 5: MDFT फिल्टर बैंक

उपनामित अवयवों को रद्द करने के लिये DFT फिल्टर बैंक में कुछ बदलाव किये गए हैं जो कि चित्र 5 में आरेखित है जिनसे आउटपुट में उपनामित मुक्त(alias free) संकेत उत्पन्न होते हैं। वह बदलाव है:

- कला अन्तलम्ब के साथ अथवा बगैर प्रतिचयन,
- उप बैंड संकेतों के वास्तविक तथा काल्पनिक रूप खण्ड को काल-प्रक्षे में लेना, जिससे कि कला मोड को डाउन प्रतिचयित करके अथवा बगैर करे उसको प्रत्येक चैनल के लिए कार्यान्वित करके देखा जा सकें।

फिल्टर बैंक का आउटपुट बदलाव करने के बाद निम्न समीकरण के द्वारा परिभाषित होता है

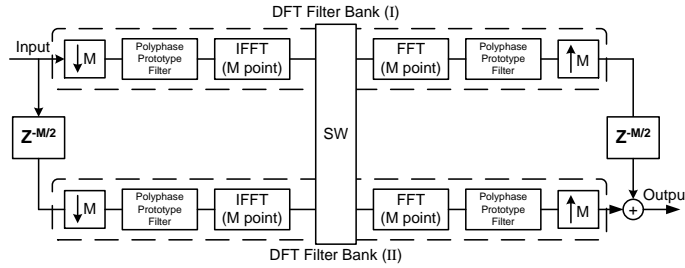
$$\hat{X}(z) = X(z) \left[ H^2(zW_M^i) + H^2(zW_M^{i+1}) \right]$$

जैसा कि ज्ञातव्य है कि फिल्टर बैंक की आउटपुट अनुक्रिया उसके आसन्न आवृत्ति चैनलों की अनुक्रिया का समाकलन होती है तो FIR फिल्टर का आदि प्रारूप भी इसी तरह संक्षेपित किया जाना चाहिये जिससे कि उसके अनुक्रिया परिमाण की विशिष्टता दूसरे फिल्टर की अनुक्रिया से प्रतिच्छेदित हो तथा जिसका परिमाण उसके पास बैंड परिमाण से 3 dB नीचे हो। विनियोजित तरीके से चुने गए शक्ति पूरक आदि प्रारूप फिल्टर के द्वारा ही आयमित विरूपण को कम किया जा सकता है।

MDFT फिल्टर 2 अधिकतम आंशित DFT फिल्टर बैंकों के द्वारा कार्यान्वित होते हैं। इसमें इनपुट संकेतों को दो भागों में बांटा जाता है। एक को DFT फिल्टर बैंक में संसाधित किया जाता है तथा दूसरे को पहले से लिए गए आधे DFT बिंदुओं के विलंब के पश्चात अधिकतम आंशित DFT फिल्टर में संसाधित किया जाता है। इन दोनों फिल्टर बैंकों के आउटपुट को एकदूसरे से आधे DFT बिंदुओं की दूरी के बाद उपनामित मुक्त संकेतों को प्राप्त करने के लिए समाकलित किया जाता है। चित्र 6 में यह दर्शाया गया है।

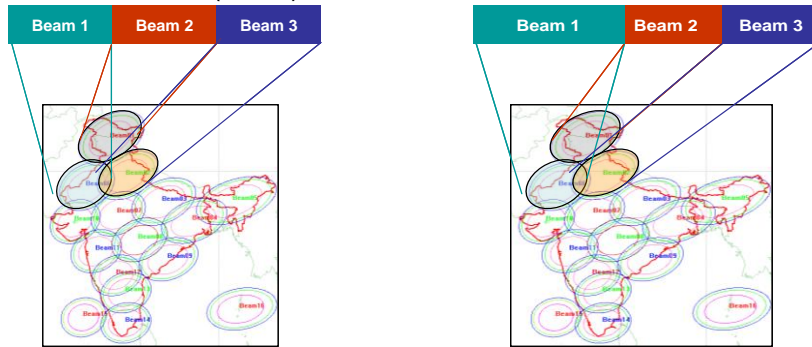
#### IV. पारदर्शी आंशिक संसाधित माडल की अवधारणा का प्रमाण

प्रस्तुत प्रस्तावित तंत्र में 2 x 2 किरणपुंज विन्यास कार्यान्वित किया गया है जिसमें कि सम्पूर्ण बैंड विस्तार नियत रहता है तथा जो बैंड विस्तार को आवश्यकतानुसार दो किरण पुंजों की विभिन्न कणिकाओं में बांट देता है।



चित्र 6: MDFT फिल्टर बैंक का प्रमाण

उदाहरण 1 में किरणपुंजों को बराबर बैंड विस्तार में बांटा गया है। उदाहरण 2 में अगर किरणपुंज 1 की अतिरिक्त बैंड विस्तार की आवश्यकता है तो वह अतिरिक्त बैंड विस्तार किरणपुंज 2 में से लेकर दिया जा सकता है परन्तु यह अवधारणा लेनी होगी कि वहां पहले किरणपुंज की तुलना में कम यातायात हों अर्थात् हमें इस तरह के तंत्र की रूपरेखा बनानी पड़ेगी जहां पर यातायातनुसार बैंड विस्तार बांटा जा सके (चित्र 7)।



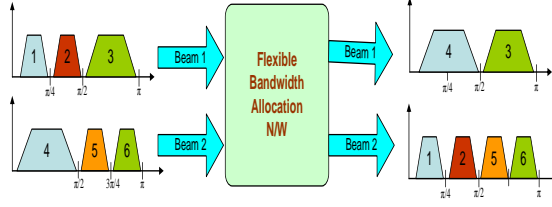
(a) Case 1

(b) Case 2

चित्र 7: नम्य बैंड विस्तार निर्धारण

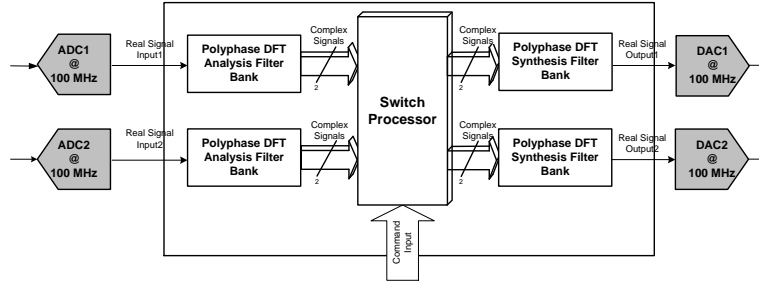


चित्र 8 में 2 x 2 तंत्र दर्शाया गया है जहां पर बैंड विस्तार में अस्थिरता दर्शायी गई है। इसमें दो किरणपुंजों के संकेतों को उद्वकडित, आन बोर्ड स्विचन के बाद पुनः अपनी सम्बन्धित किरण पुंज में अधोकडित किया जाता है।



चित्र 8: बहु-आगमण बहु-निर्गमण तन्त्र (MIMO System)

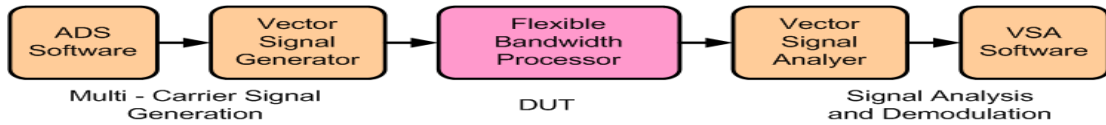
इस तंत्र में दो ADC कार्यान्वित होते हैं जो संकेतों को मध्य आवृत्ति से लेकर उन्हें विश्लेषित फिल्टर बैंक में भेज देते हैं जहां पर वे बहुसंकेतित होने के बाद बराबर बैंड विस्तार की कणिकाओं में बंट जाते हैं और वहां से उन्हें आवश्यकतानुसार आदेशित करके स्वचित संसाधित्र में भेज दिया जाता है। वहां से उन संकेतों को समाकलित करने के लिए संश्लेषित फिल्टर बैंक में भेज देते हैं। उसके पश्चात पुनः बहुसंकेतन के बाद प्रत्येक संकेत को DAC में भेजने के पश्चात उच्च परिवर्तित करके पुनः RF संकेतों में परिवर्तित करके पृथ्वी पर भेज देते हैं।



चित्र 9: नम्य बैंड विस्तार निर्धारण जाल का खन्ड आरेख

## V. हार्डवेयर सत्यापन

बैंड विस्तार संसाधित्र का सत्यापन Virtex-4 SX35 FPGA पर किया गया है। इसके कार्यान्वयन के लिये क्रमिक बहुकला खण्ड, समानांतर MAC के साथ समानांतर फिल्टरों के लिये काम में लिये गए हैं जो कि MDFT फिल्टर बैंक में प्रयुक्त होते हैं जिससे कि सार्थक वृद्धि की आवश्यकता कम पड़े। FFT कार्यान्वयन के लिये क्रमिक धारा खण्ड कार्य में लिये गए हैं। बैंड विस्तार संसाधित्र के सत्यापन की व्यवस्था चित्र 10 में उल्लेखित है। ADS साफ्टवेयर का प्रयोग बहुवाहक संकेतों के जनन के लिये किया गया है जिससे कि विभिन्न वृहक संकेतों को विभिन्न बैंड के साथ प्रदान किया जा सके।

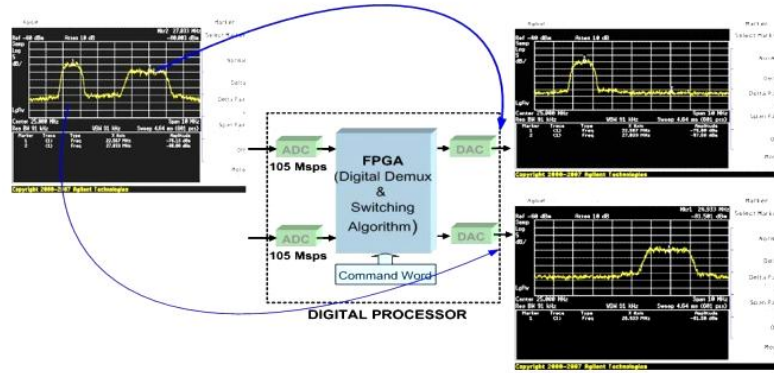


चित्र 10: सम्पूर्ण खन्ड आरेख

सारणी 1: मॉडल के मुख्य प्राचल

| क्रमांक | प्राचल                                   | मान      |
|---------|--|----------|
| 1       | प्रतिचयन आवृत्ति                         | 100 MHz  |
| 2       | इनपुट आवृत्ति सीमा (आधार- बैंड प्रतिचयन) | 0-50 MHz |
| 3       | पूर्ण बैंड विस्तार प्रक्रमण              | 10 MHz   |
| 4       | न्यूनतम कणिका                            | 1.25 MHz |
| 5       | बीम संख्या                               | 2        |

सारणी 1 में मॉडल के मुख्य प्राचल दर्शाये गए हैं। बहुवाहक QPSK माडुलित संकेतों के लिये पहले 1.5 MHz बैंड विस्तार तथा दूसरे के लिये 3 MHz बैंड विस्तार, बैंड विस्तार संसाधित्र को दिया जाता है। सदिश संकेत विश्लेषक (Vector Signal Analysers) साफ्टवेयर बैंड विस्तार संसाधित्र के विश्लेषण के लिये प्रयुक्त किया गया है। चित्र 11 में एक उदाहरण दर्शाया गया है जिसमें आन्कीय बैंड विस्तार संसाधित्र के द्वारा एक 1.5 MHz घम एवम 3 MHz के विषम संकेत को नम्य रूप से दो किरण-पुंजों में स्विच एवम राउट होते दिखया गया है।



चित्र 11 परीक्षण दशा के लिये बैंड विस्तार संसाधित्र विन्यास

## VI. निष्कर्ष

यह लेख विभिन्न प्रकार के नम्य बैंड विस्तार तकनीकों का विश्लेषण करता है जो कि विभिन्न संचार उपग्रहों के नीतभार में प्रयुक्त होते हैं, जिससे परिवर्तनीय तथा सक्रिय बैंड विस्तार आवश्यकताओं की पूर्ति की जा सकें। यह संक्षिप्त रूप में पारदर्शी आंकीक संसाधित्र माडल की अवधारणा का भी प्रमाण देता है।

## आभार

इस कार्य को करने के लिये दिये गये अवसर, प्रोत्साहन एवम दिशा निर्देश के लिये श्री र. रा. नवलगुन्द (निर्देशक सैक) के बहुत आभारी हैं जिन्होंने हिन्दी भाषा से संबंधित विकास कार्यों की क्रिया करने का सहयोग दिया। हम श्री सुमितेश सरकार, प्रधान एस.एस.ई.डी के भी बहुत आभारी हैं जिन्होंने हमारा इस कार्य हेतु तकनीकी मार्गदर्शन किया। इस कार्य के लिये वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी तथा हिन्दी कक्ष के सभी सहर्मियों का आभार प्रकट करते हैं।

सन्दर्भ

1. एम.ली, "अड्वान्सेस इन बीम लीक टेकनोलोजिज फोर मिलिटरी एन्ड कोमर्शियल सेटेलाइट कम्युनिकेशन" ।
2. फुमुहिरो, "फन्डामेन्टल केरक्टेरिस्टिक्स आफ आन बोर्ड बेन्ड विद्थ -वरिअबल एफ एफ टी फिल्टर बैंक" ।
3. फ्रेड हैरिस, "डिजिटल रिसिवर एन्ड ट्रान्स्मीटर्स युसिंग पोलिफैज फिल्टर बैंक फार वायर लैस कम्युनिकेशन" ।
4. अन. जे.फिलएज एन्ड टी. कार्प, "MDFT फिल्टर बैंक विथ पर्फेक्ट रीकन्सट्रक्शन" ।
5. एस. के. मित्रा, "डिजिटल सिगनल प्रोसेसिंग: अ कम्प्युटर बेस्ड अप्रोच" ।
6. पी. पी. वैधयनाथन, "मल्टी रेट सिस्टम्स एन्ड फिल्टर बैंक" ।



## जी-सेट-12 के शृंगभरनी (फीड) का संरचनात्मक विश्लेषण

वी. एस. जगदीश / पी.जे.सोनी  
एस. टी. ए. डी . /एस. टी. ए. जी.  
दूरभाष : 3947/3932

### सारांश

जी-सेट-12 संचार उपग्रह, विस्तृत सी-बैंड (upper extended C-band) द्वि-रेखीय दृवण अनुप्रयोगों (dual polarized applications) से भारत के 3 अलग विस्तार को उपलब्ध कराया जाता है।

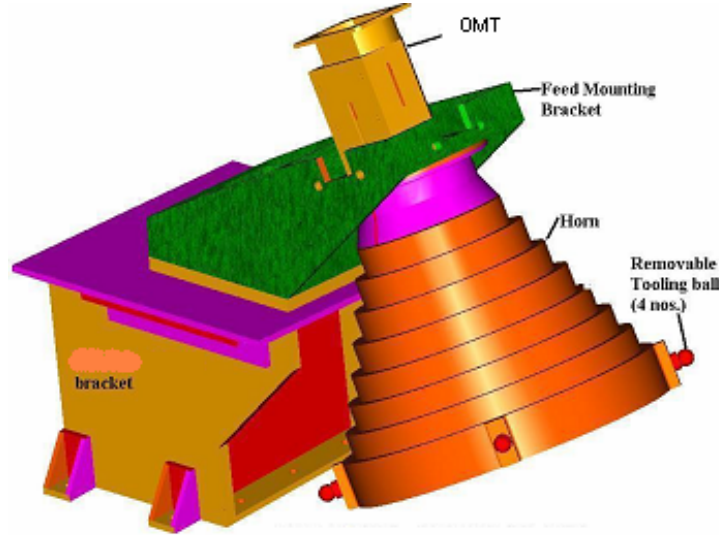
इस लेख में फीड के उत्कृष्ट अभिकल्पना को प्राप्त करने के लिए किए गए संरचनात्मक विश्लेषणों के परिणाम विस्तृत रूप से प्रस्तुत किये गए हैं। फीड के यांत्रिक अभिकल्पना में विविध उप कोडांतरण को कोष्ठक के द्वारा स्थिर किया गया है। अभिकल्पना के विविध उप घटकों का परिचय दिया गया है। और दो प्रकार के संरूपणों का विश्लेषण किया गया है और संरचनात्मक परिणामों को प्रस्तुत किया गया है। परीक्षण से प्राप्त किए गए आँकड़ों के अनुसार, संरूपण-2, की अभिकल्पना का उपयोग किया गया है।

### परिचय (INTRODUCTION)

शृंगभरनी के यांत्रिक अभिकल्पना में विविध उप कोडांतरण को पट्टिकाओं के माध्यम से स्थिर किया गया कोष्ठक (bracket) के सहायता से है। इस सभी पट्टिकाओं की सहायता से उप-कोडांतरण को समुचित स्थान में स्थिर किया गया है। इस पूर्ण कोडांतरण को विद्युत प्रकाशी प्रतिरूपक (electro optic module) कहते हैं। शृंगभरनी कोडांतरण के निदर्श चित्रपट- 1 में दिखाया गया है। एन्टेना प्राचल तालिका-1 में दिखाया गया है।

जी-सेट-12 संचार उपग्रह शृंगभरनी कोडांतरण में विविध उप अवयव निम्न तरीके का है।

- क) एच-कोष्ठक (H-bracket)
- ख) शृंग (Feed Horn)
- ग) भरन कोष्ठक (Feed bracket)
- घ) ओ. एम. टी (OMT)
- ङ) आधार पट्टी (BASE PLATE)
- च) शृंग बंधक (FEEDLINK)



चित्रपट 1: - शृंगभरनी (फीड हार्न)- निदर्श

तालिका : 1 एन्टेना प्राचल

| (एन्टेना प्राचल)<br>Antenna Parameter                     | मूल्य   |
|---|---|
| (परावर्तक स्थिरीकरण) Reflector Mounting                   | (पश्चिम दिशा में) West side deployable                |
| Feed Mounting (शृंग स्थिरीकरण)                            | भू-दर्शन पट्टिका के ऊपर (On EV top)                   |
| (परावर्तक विस्तार) Reflector projected dimension          | 1200 मि.मि व्यास                                      |
| Offset Distance (Vertex to reflector edge)                | 150 मि.मि   |
| Focal Length (नाभीय दूरी)                                 | 1700 मि.मि  |
| Feed Look Angle (शृंग अवलोकन कोण)                         | 24.88 डिग्री  |
| Feed Phase Centre (शृंग केंद्र)                           | 108.5 मि.मि (द्वारक के अंदर)<br>(inside the aperture) |
| Feed Dimensions (Dia. x Length)<br>(व्यास x लंबाई)        | 234 मि.मि x 380.6 मि.मि                               |
| Reflector Tilt (परावर्तक नत)                              | 3.69° (उत्तर दिशा में) towards North                  |
| (प्राकृतिक आवृत्ति)<br>Natural Frequency of Feed Assembly | > 100 हेर्ट्ज   |
| Feed Temperature (शृंग तापमान)                            | - 25°C to 85°C  |

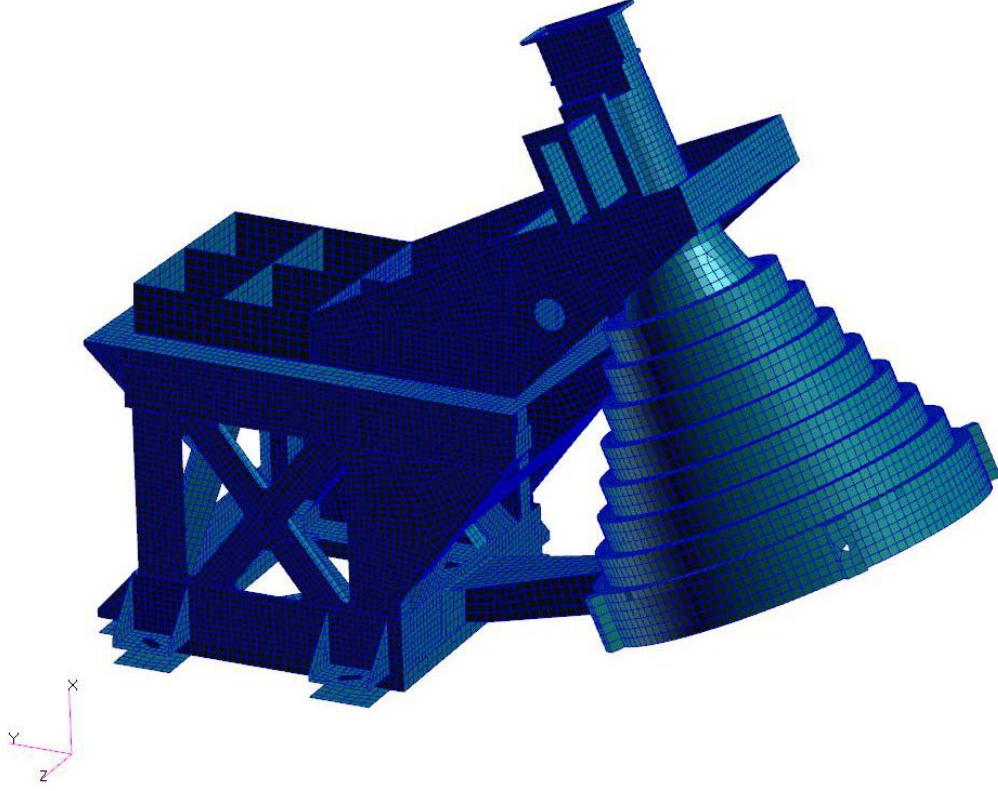
### उद्देश्य (OBJECTIVE)

1. इस पत्र में शृंगभरनी के विभिन्न उप कोडान्तरणों के साथ परिमिति अवयव विधि के द्वारा संरचनात्मक विश्लेषण किया गया। "20जी" प्रति अक्ष के लिए स्थैतिक विश्लेषण परिणामों और प्राकृतिक आकलन परिणामों का प्रस्तुत किया गया है।
2. शृंगभरनी के प्राकृतिक विश्लेषण के द्वारा इष्टतमीकृत अभिकल्पना के परिणामों का आकलन करना है।
3. पूर्ण कोडान्तरण के सभी उप कोडान्तरणों के साथ एकीकरण किया और आधार निग्रह करके परिणामों को आकलन किया गया परिणामों को दिया गया है।

### अक्षीय नामांकन पद्धति (Axis Definition)

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

1. X-अक्ष स्थिरीकरण अभिलंब दिशा - लोटन दिशा (Roll)
2. Y-अक्ष भरन की दिशा में - अक्षनमन दिशा (Pitch)  
(Towards feed)
3. Z-अक्ष आधार-पट्टी के लंबाई दिशा - पार्श्ववर्तन दिशा (Yaw)  
(Length side)



चित्रपट 2: - शृंगभरनी (फीड हार्न) कोडांतरण - परिमिति अवयव निदर्श

### फीड होर्न (Feed Horn)

जी-सेट - 12 नीतभार मे त्रिज्य नालीदार शृंग भरनी (radial corrugated horn) को 1.2मीटर आफ-सेट परावर्तक मे (Off-set reflector) उपयोग किया गया है। इस शृंग भरनी को एल्युमिनियम पदार्थ से बनाया गया है। इस युक्ति का द्रव्यमान 1.48 कि.ग्रा है। यह परावर्तक से परावर्तित सिग्नल्स को संग्रहित करता है। परिमिति अवयव निदर्श चित्रपट- 3 मे दिखाया गया है।

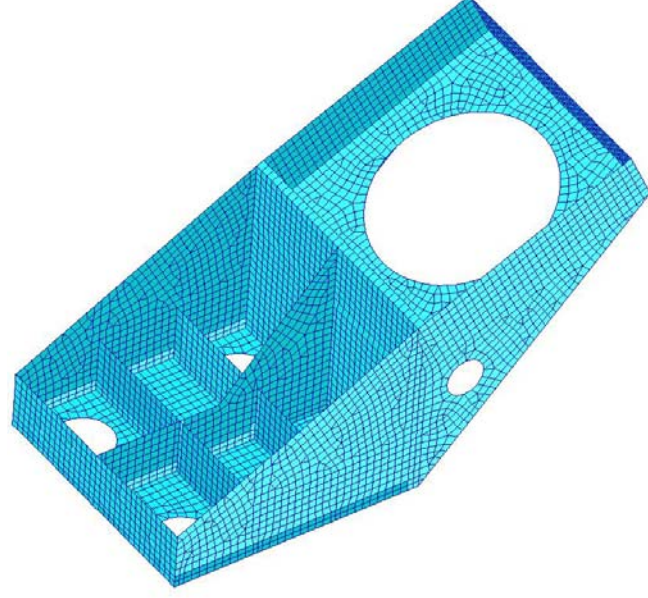


चित्रपट 3: - शृंगभरनी (फीड हार्न)- परिमिति अवयव निदर्श

### भरण कोष्ठक (Feed bracket)

इस भरण कोष्ठक के द्वारा भरण को आवश्यक कोण पर 8 निर्धारित स्थानों में स्थिर किया जाता है। यह कोष्ठक एच-कोष्ठक के ऊपर स्थिर किया जाता है। इस युक्ति का द्रव्यमान 1.41 कि.ग्रा है। इस भरण कोष्ठक एल्युमिनियम पदार्थ से बनाया गया है।

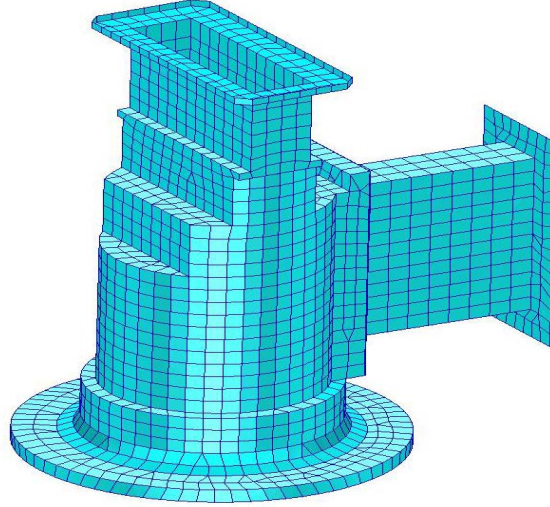




चित्रपट 4: - शृंगभरनी (फीड हार्न)- परिमिति अवयव निदर्श

### ओ.एम.टी (OMT)

लंबकोणीय विधा- ट्रांसड्यूसर को द्वि-रैखिक लंबकोणीय ध्रुवित सिग्नल पाने के लिए उपयोग किया जाता है। इस युक्ति का द्रव्यमान 240ग्राम है। इस घटक भी एल्युमिनियम पदार्थ से बनाया गया है।

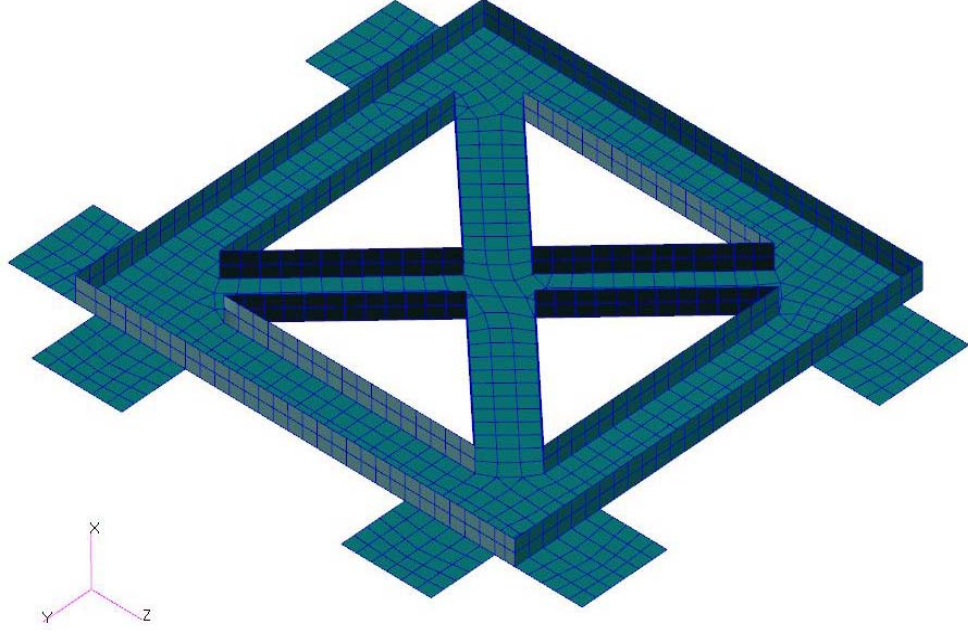


चित्रपट 5: - शृंगभरनी (फीड हार्न)- परिमिति अवयव निदर्श



### आधार-पट्टी (Base Plate)

इस आधार-पट्टी के ऊपर भरन कोडांतरण को एच-कोष्ठक के साथ, 4-आधार पर स्थिर किया गया है। इस आधार-पट्टी के साथ कोडांतरण का निर्धारित ऊँचाई प्राप्त करने के लिए और पूर्ण कोडांतरण का गुरुत्व-केंद्र को प्रभावी परिसर (effective range) में रखने के लिए उपयोग किया गया है। इस घटक भी एल्युमिनियम पदार्थ से बनाया गया है। इस युक्ति का द्रव्यमान 550ग्र. है।



चित्रपट 6: - शृंगभरनी (फीड हार्न)- परिमिति अवयव निदर्श

### संरचनात्मक विश्लेषण (STRUCTURAL ANALYSIS)

उपयुक्त अभिकल्पना को प्राप्त करने के लिए परिमिति अवयव विधि विश्लेषण (Finite element Analysis) के द्वारा विभिन्न अभिकल्पनाओं का विश्लेषण MSc Nastran के द्वारा किया गया है। पूर्ण निदर्श में लगभग 38,248 अवयवों, 40000 निर्नति बिन्दुओं (grid points) , 100 बहुबिन्दु-व्यवरोध अवयवों का उपयोग किया गया है। विविध प्रकार के अभिकल्पना से उपयुक्त दुर्नम्यता(stiffness) को प्राप्त किया गया है।

मुख्य उप कोडांतरणों का द्रव्यमान सन्निकटन मूल्य तक निम्न सारणि :

| <u>घटक</u>              | <u>कि.ग्रा</u> |
|-------------------------|----------------|
| फीड हार्न               | 1.48           |
| भरण कोष्ठक              | 1.41           |
| एच-कोष्ठक (H-bracket)   | 2.85           |
| ओ.एस.टी (OMT)           | 0.24           |
| आधार पट्टी (Base plate) | 0.55           |
| कुल द्रव्यमान           | 6.93 कि.ग्रा   |

**स्थैतिक विश्लेषण (STATIC ANALYSIS)**

इस विश्लेषण में शृंगभरण (फीड हार्न) कोडांतरण को आधार पट्टी के द्वारा भू-दर्शन पट्टिका के ऊपर 6 निर्धारित आधार स्थानों पर स्थिर किया गया है। प्रत्येक अक्ष में 'जी' त्वरण भार के लिए विश्लेषण किया गया है। नीचे तालिका-2 में प्रतिबल का विविध पिरणामों का आकड़े निम्न सारणि में दिखाए गए हैं।

तालिका : 2 प्रतिबल

| अक्ष   | त्वरण (जी) | प्रतिबल (कि.ग्रा/मि.मि) | निर्धारित स्थान             |
|--------|------------|-------------------------|-----------------------------|
| X-अक्ष | 20 g       | 7.28                    | (कोष्ठक संयोजन) connections |
| Y-अक्ष | 20 g       | 6.71                    | (कोष्ठक संयोजन) connections |
| Z-अक्ष | 20 g       | 11.8                    | (कोष्ठक संयोजन) connections |

**प्राकृतिक आवृत्ति आकलन :(NATURAL FREQUENCY ESTIMATES)**

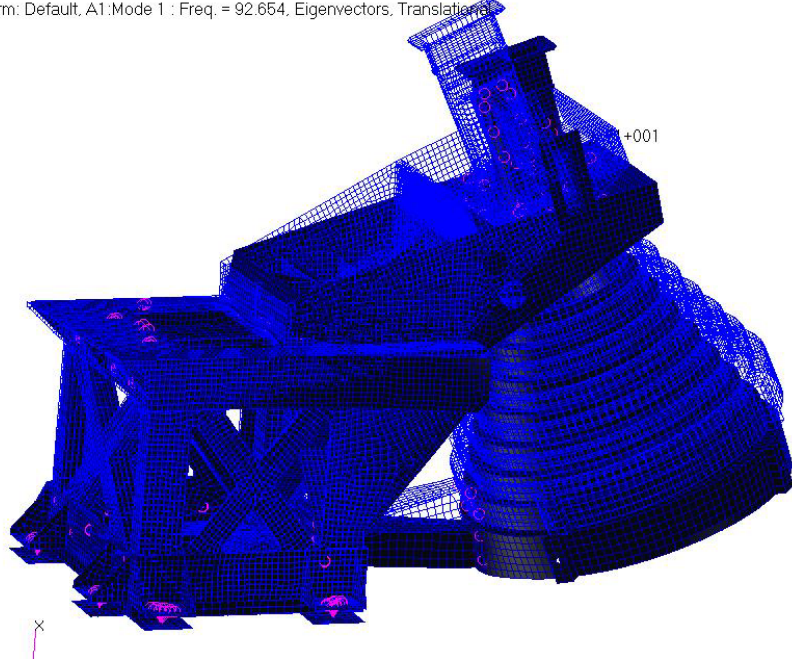
संरचनात्मक विश्लेषण में आवृत्ति आकलन की मुख्य भूमिका है। अनु - कोडांतरण (sub-assemblies) की अभिकल्पना के लिए, और कोडांतरण का संरचनात्मक व्यवहार जानने के लिए भी इस आवृत्ति आकलन करना जरूरी है। अनु - कोडांतरण की परिमिति अवयव निदर्श को पूर्ण कोडांतरण के साथ समाकलित(integrate) करके युग्मित भार विश्लेषण (Coupled Load Analysis) किया गया है।

इस प्राकृतिक आवृत्ति आकलन के द्वारा कंपन जांच परीक्षण में त्वरणमापीयों को स्थिर करने का सही जगह का प्रप्त कर सकते हैं। नीचे तालिका-3 में संरूपण-1 और संरूपण-2 के आँकड़े दिये गये हैं।

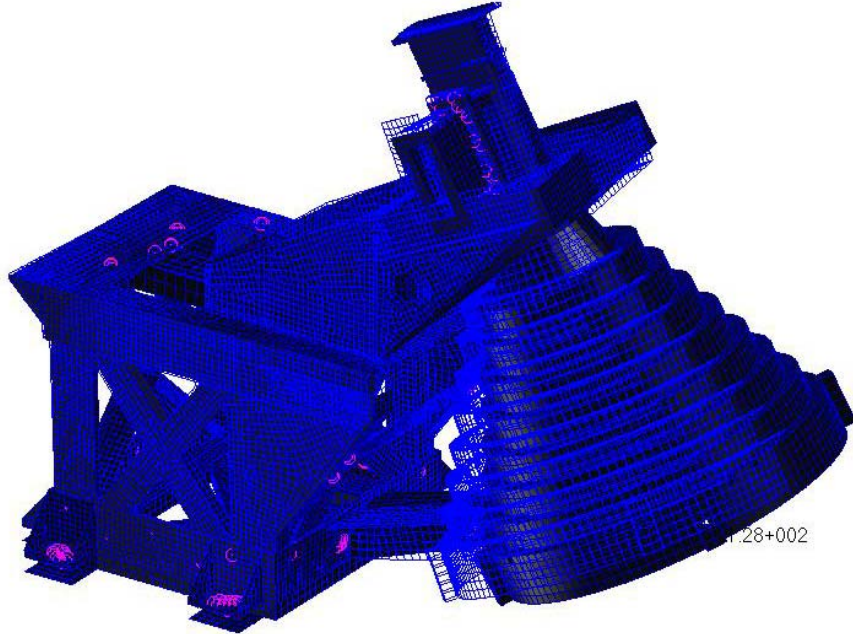
तालिका : 3 प्राकृतिक आवृत्ति (संरूपण-1 और 2)

| क्र.सं | प्राकृतिक आवृत्ति (संरूपण-1) हेर्ज | विधा आकृति (Mode Shape) | प्राकृतिक आवृत्ति (संरूपण-2) हेर्ज | विधा आकृति (Mode Shape) |
|--------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 1      | 115                                | कोष्ठक कैंटीलीवर        | 92(चित्रपट 7)                      | कोष्ठक कैंटीलीवर        |
| 2      | 119                                | शृंग श्वसन              | 108(चित्रपट 8)                     | शृंग श्वसन              |
| 3      | 140                                | शृंग श्वसन              | 134(चित्रपट 9)                     | शृंग श्वसन              |
| 4      | 273                                | -                       | 274                                | -                       |
| 5      | 334                                | -                       | 331                                | -                       |
| 6      | 375                                | -                       | 372                                | -                       |

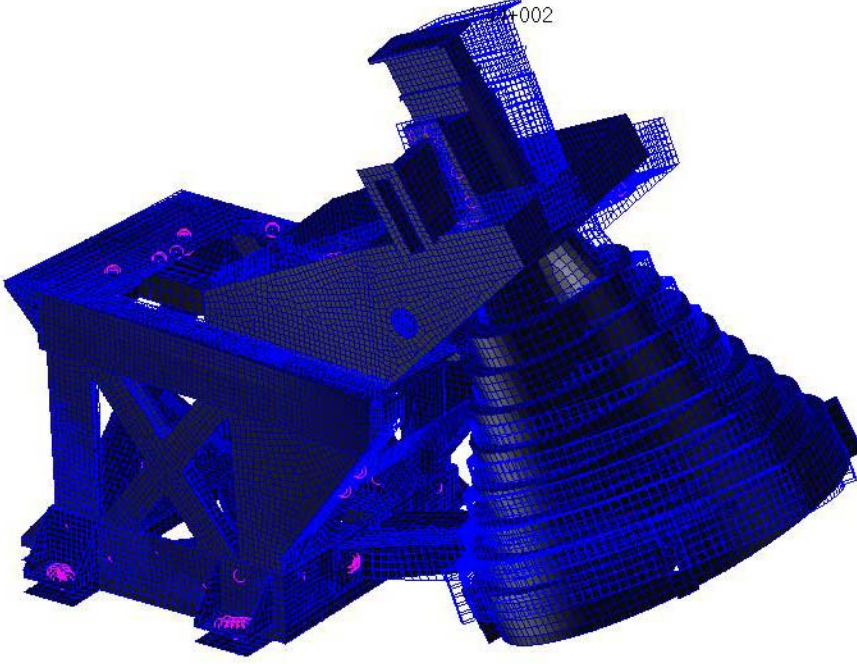
Deform: Default, A1:Mode 1 : Freq. = 92.654, Eigenvectors, Translation



चित्रपट 7: विधा आकृति 92.6 हेट्ज



चित्रपट 8: विधा आकृति 107.99 हेट्ज



चित्रपट 9: विधा आकृति 134 हेर्ज

### निष्कर्ष

1. इस पत्र में शूंक भरन के विविध उप कोडांतरणों का विवरण दिया गया है।
2. परिमिति अवयव विधि से इस विश्लेषण किया गया है और अभिलक्षण अभिकल्पना को प्राप्त किया गया है।
3. उप कोडांतरणों का प्राकृतिक विश्लेषण का परिणाम का आकलन किया गया है।
4. प्राप्त अभिकल्पना के प्राकृतिक विश्लेषण और दर्पणों का केंद्र के अक्षीय विस्थापन का परिणाम दिया गया है। दो प्रकार के संरूपणों को विश्लेषण किया गया है। संरूपण-2 में भरण कोष्ठक से पेटिका संरचना को निकालने से 92 हेर्ज प्राप्त किया है। और द्रव्यमान 195 ग्रा. कम किया गया है।
5. कंपनी जांच परीक्षण में यह आकड़े 104 हेर्ज प्राप्त हुआ है इस से प्राप्त किया अभिकल्पना संरचनात्मक विश्लेषण के अनुसार यांत्रिक व्यवरोधों को संतुष्ट करते हैं।

### आभार

हम, ग्रुप प्रबन्धक एस. टी. ए. जी. एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी हैं, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यों का भी आभारी हैं, जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है।

### संदर्भ

1. संरचनात्मक विश्लेषण - जी-सेट-12 पेलोड - 2010 डा.नं जीसेट-12/एस टी ए एडी/एस टी ए जी /टी आर- 04/19/10/2010
2. जी-सेट-12 पेलोड -सी.डी.आर - दस्तावेज
3. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेटिस हाल इंडिया, नई दिल्ली 1997।
4. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल.मीरोविच, मैक. ग्रा हिल, सिंगापुर, 2001।



## बहुकिरणपुंज भूस्थिर उपग्रहों के लिए ऐन्टेना अभिलक्षण त्रुटियों का अध्ययन

राजेश कुमार सिंह, नेहा मेहरा एवं डी.के. सिंह

[rajeshsingh@sac.isro.gov.in](mailto:rajeshsingh@sac.isro.gov.in), [nehachadha@sac.isro.gov.in](mailto:nehachadha@sac.isro.gov.in), [dksingh@sac.isro.gov.in](mailto:dksingh@sac.isro.gov.in)

### सारांश

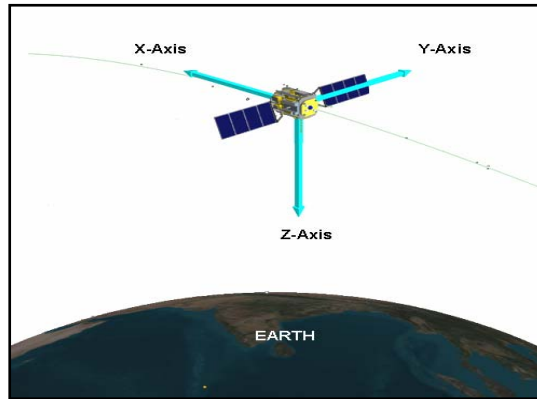
वर्तमान दृश्यालेख में विस्तृत बैंड उपग्रह संचार तंत्र (Ku-बैंड अथवा इससे अधिक आवृत्तियों का उपयोग करने वाले) अपेक्षित क्षेत्र पर व्याप्ति प्रदान करने के लिए बहुस्थल किरणपुंजों पर निर्भर होते हैं। बहु-किरणपुंज उपग्रह स्पेक्ट्रम की उपयोगिता में सुधार लाते हैं तथा निम्न लागत भू-केंद्र के आकार के रूप में सेवा को आकर्षक बनाते हैं। स्थल किरणपुंज उपग्रह ऐन्टेना का किरणपुंज विस्तार संकीर्ण होता है, जिस कारण से अभिलक्षण में क्षीण त्रुटि भी व्याप्ति छौर पर लब्धि में अत्यन्त कमी प्रदान करती है। इसलिए इस प्रकार के तंत्र में परिशुद्ध अभिलक्षण की आवश्यकता होती है जिससे अनुकूलतम तंत्र का निष्पादन हो सके। इस लेख में उपग्रह ऐन्टेना अभिलक्षण त्रुटि के विभिन्न कारणों को उदाहरण अध्ययन सहित प्रस्तुत किया गया है। उदाहरण अध्ययन में बहु-किरणपुंज उपग्रह ऐन्टेना के लिए अभिलक्षण त्रुटि के घटकों का आंकलन किया गया है

### प्रस्तावना

बहु-किरणपुंज उपग्रहों की ऐन्टेना किरणपुंज विस्तार ( $<1\text{deg.}$ ) होती है, जो कि व्याप्ति क्षेत्र पर फैली होती है। संकीर्ण किरणपुंज विस्तार के कारण व्याप्ति क्षेत्र पर ऐन्टेना किरणपुंजों का यथार्थ अभिलक्षण चुनौतीपूर्ण होता है। इसके अतिरिक्त आवृत्ति का पुनः उपयोग करने के लिए किरणपुंज बहु-द्वारक द्वारा उत्पन्न किया जाता है। इस कारण से किरणपुंजों की आपेक्षित स्थिति कायम रखना भी महत्वपूर्ण होता है। अभिलक्षण में क्षीण त्रुटि भी व्याप्ति छौर पर लब्धि में अत्यन्त कमी प्रदान करती है। इसलिए अभिलक्षण क्षति के कारण उपग्रह-बस पर शक्ति भार को कम करने के लिए तथा संलग्न नेटवर्कों से व्यतिकरण से बचाव के लिए अभिलक्षण त्रुटि नियंत्रण की आवश्यकता होती है। साधारणतः विस्तृत किरणपुंज भूस्थिर कक्षा उपग्रह तंत्रों के लिए अभिलक्षण त्रुटि नियंत्रक अक्षनमन तथा लोटन अक्षों में  $0.1$  से  $0.2$  deg. और पार्श्ववर्तन अक्ष में  $0.2$  से  $0.4$  deg. की अभिलक्षण यथार्थता प्रदान करने के लिए अभिकल्पित किए जाते हैं। बहु-किरणपुंज उपग्रहों के लिए अभिलक्षण यथार्थता अत्यंत चुनौतीपूर्ण हो जाती है, जिसका वर्णन इस लेख के आगे के भागों में किया गया है।

### (क) संदर्भ निर्देशांक पद्धति

संदर्भ निर्देशांक पद्धति उपग्रह केंद्रित निर्देशांक पद्धति होती है, जिसमें  $-z$  अक्ष उपग्रह-पृथ्वी के केंद्र की दिशा में आधारित होती है,  $x$ -अक्ष  $z$ -अक्ष की लम्बवत होती है तथा पूर्व दिशा की ओर आधारित होती है। और  $y$ -अक्ष याम्योत्तर तल में  $z$ -अक्ष के लम्बवत होती है। (चित्र-1 में संदर्भ निर्देशांक पद्धति दर्शाई गई है।)

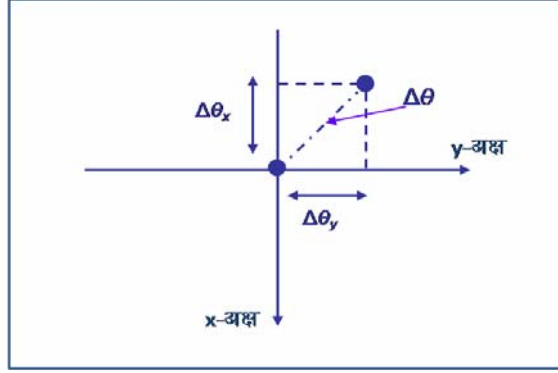


चित्र-1 : उपग्रह केंद्रित निर्देशांक पद्धति



(ख) उपग्रह ऐन्टेना अभिलक्ष्यन त्रुटि

ऐन्टेना अभिलक्ष्यन उपग्रह की नामीय कक्षीय स्थिति के लिए निर्धारित होता है। ऐन्टेना की विकरणी संरेखन का अपने पूर्व निर्धारित स्थिति से असंरेखन को ऐन्टेना अभिलक्ष्यन त्रुटि कहते हैं। इस त्रुटि का कारण उपग्रह की कक्षीय एवं अभिवृत्ति गति है। प्रारंभिक विकरणी संरेखन का असंरेखन और तापीय कारणों की वजह से भी अभिलक्ष्यन में त्रुटि आती है। अभिलक्ष्यन त्रुटि को  $\Delta\theta$  को दो घटकों में विभाजित किया जाता है,  $\Delta\theta_x$ , y-अक्ष की तरफ उपग्रह के याम्योत्तर तल में होता है, तथा  $\Delta\theta_y$ , x-अक्ष की तरफ भू-मध्यरेखीय तल के समान्तर होता है। परिणामी अभिलक्ष्यन त्रुटि चित्र-2 में दर्शाई गई है।



चित्र- :2परिणामी अभिलक्ष्यन त्रुटि

उपग्रह ऐन्टेना अभिलक्ष्यन त्रुटि के कारक

उपग्रह ऐन्टेना अभिलक्ष्यन त्रुटि के प्रमुख कारक निम्न हैं:-

1. उपग्रह की अभिवृत्ति गति के कारण त्रुटि
2. उपग्रह की कक्षीय गति कारण त्रुटि
3. प्रारंभिक ऐन्टेना विकरणी संरेखन में असंरेखन के कारण त्रुटि
4. तापीय विकृतियों के कारण त्रुटि

(क) उपग्रह की अभिवृत्ति गति के कारण त्रुटि

उपग्रह के तीन संदर्भ अक्षों (पार्श्ववर्तन, अक्षनमन तथा लोटन) में घूर्णन के कारण अभिलक्ष्यन त्रुटि होती है।

- i) लोटन अक्ष में घूर्णन: के कारण किरणपुंज का उत्तर/दक्षिण दिशा की ओर गमन होता है। इसके कारण उत्पन्न हुए अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक को  $\Delta\theta_R$  से दर्शाया गया है।
- ii) अक्षनमन अक्ष में घूर्णन: के कारण किरणपुंज का गमन पूर्व/पश्चिम दिशा की ओर होता है। इसके परिणामस्वरूप उत्पन्न अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक को  $\Delta\theta_P$  से दर्शाया गया है।
- iii) पार्श्ववर्तन अक्ष में घूर्णन: के कारण किरणपुंज का गमन अनुउपग्रह भू-बिंदु के संदर्भ में दक्षिणावर्त/वामावर्त दिशा में होता है तथा उसके कारण उत्पन्न अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक को  $\Delta\theta_Y$  से दर्शाया गया है।

साधारणतः लक्ष्य की दिशा लम्बवत्त ना होकर तिरछी होती है, जिसके कारण पार्श्ववर्तन अक्षनमन तथा लोटन अक्षों में घूर्णन x एवं y दोनों अक्षों में अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक उत्पन्न करते हैं। अभिवृत्ति गति के कारण उत्पन्न समग्र अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक निम्न समीकरणों द्वारा परिकलित किए जाते हैं।

$$\Delta\theta_{AM,x} = [\Delta\theta_{R,x}^2 + \Delta\theta_{P,x}^2 + \Delta\theta_{Y,x}^2]^{1/2}$$

$$\Delta\theta_{AM,y} = [\Delta\theta_{R,y}^2 + \Delta\theta_{P,y}^2 + \Delta\theta_{Y,y}^2]^{1/2}$$

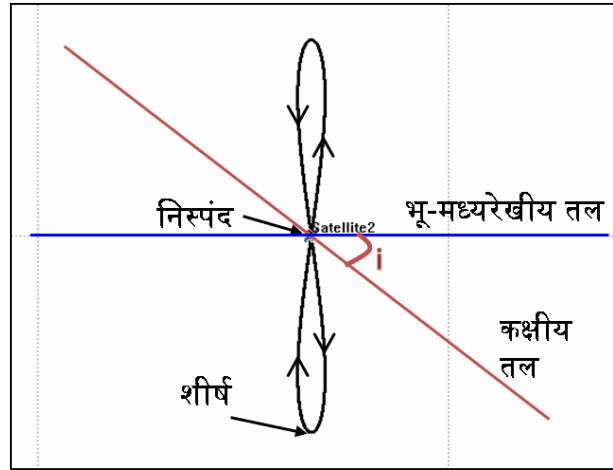
जहां,  $\Delta\theta_{AM}$ : अभिवृत्ति गति के कारण अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक है।

### (ख) उपग्रह की कक्षीय गति के कारण त्रुटियाँ

भूस्थिर उपग्रहों की नामीय नति और उत्केंद्रता शून्य होती है। लेकिन कक्षीय क्षोभ के कारण नति और उत्केंद्रता समय के साथ बदल जाती है जिसके कारण विस्थापन उत्पन्न होता है। उपग्रह की कक्षीय गति के कारण उत्पन्न होने वाले अभिलक्ष्यन त्रुटि के प्रमुख कारक निम्न हैं:

#### i) अशून्य नति

अशून्य नति के कारण किरणपुंज का विस्थापन उत्तर-दक्षिण दिशा में होता है। अशून्य नति के कारण उपग्रह का भू-अनुरेख चित्र-3 में दर्शाया गया है। अधिकतम अक्षांशिक ( $\Delta\theta_{NS}$ ) विस्थापन शीर्ष पर होता है। निस्पंद पर अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक ( $\Delta\theta_i$ ) पार्श्ववर्तन अक्ष में घूर्णन से उत्पन्न त्रुटि के समान होता है।



चित्र- :3 अशून्य नति के कारण उपग्रह का भू-अनुरेख

#### ii) उपग्रह का पूर्व-पश्चिम दिशा में गमन

उपग्रह का पूर्व-पश्चिम दिशा में गमन के कारण उत्पन्न अभिलक्ष्यन त्रुटि ध्रुवीय अक्ष में संदर्भ फ्रेम में घूर्णन के समान होती है। इसके परिणामस्वरूप उत्पन्न अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक को  $\Delta\theta_{EW}$  से दर्शाया गया है।

#### iii) अशून्य उत्केंद्रता

अशून्य उत्केंद्रता के कारण उपग्रह का विस्थापन पूर्व-पश्चिम एवं अरीय दिशा में होता है। अधिकतम देशांतरिय विस्थापन  $114e$  होता है (जहाँ  $e$  उत्केंद्रता का मान है)। इसके परिणामस्वरूप उत्पन्न अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक को  $\Delta\theta_e$  से दर्शाया गया है।

अशून्य नति के कारण शीर्ष और निस्पंद पर दो पारस्परिक भिन्न अभिलक्ष्यन त्रुटियाँ उत्पन्न होती हैं। उपग्रह की कक्षीय गति के कारण उत्पन्न समग्र अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक निम्न समीकरणों द्वारा परिकलित किए जाते हैं:

$$\Delta\theta_{OM,x} = \max [\Delta\theta_{i,x}, \Delta\theta_{NS,x}] + \Delta\theta_{EW,x} + \Delta\theta_{e,x}$$
$$\Delta\theta_{OM,y} = \max [\Delta\theta_{i,y}, \Delta\theta_{NS,y}] + \Delta\theta_{EW,y} + \Delta\theta_{e,y}$$

जहाँ,  $\Delta\theta_{OM}$ : कक्षीय गति के कारण उत्पन्न अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक है।

$\max(x,y)$ : x अथवा y में से अधिकतम

### (ग) समग्र x तथा y त्रुटि घटक

x तथा y अक्षों में अभिलक्ष्यन त्रुटि घटक निम्न समीकरण के द्वारा परिकलित किए जाते हैं।

$$\Delta\theta_x = \Delta\theta_{OM,x} + \Delta\theta_{AM,x}$$
$$\Delta\theta_y = \Delta\theta_{OM,y} + \Delta\theta_{AM,y}$$

समग्र अभिलक्ष्यन त्रुटि ( $\Delta\theta_m$ ) का परिकलन निम्न समीकरण द्वारा होता है:

$$\Delta\theta_m = [(\Delta\theta_x)^2 + (\Delta\theta_y)^2]^{1/2}$$

### (घ) पूर्ण अभिलक्ष्यन त्रुटि

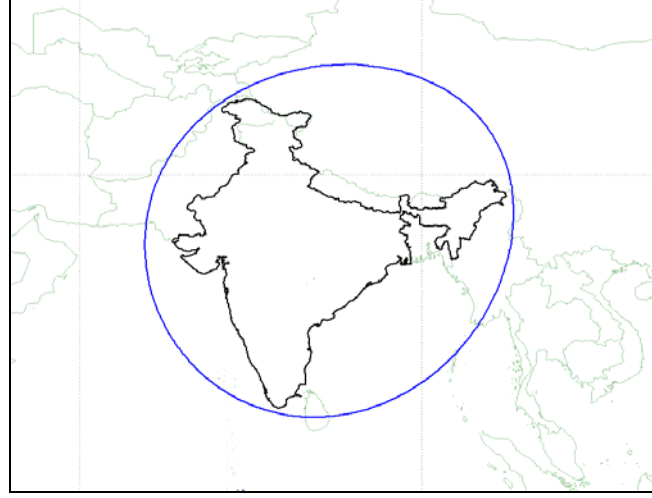
पूर्ण अभिलक्ष्यन त्रुटि का परिकलन उपग्रह की अभिवृत्ति तथा कक्षीय गति के कारण उत्पन्न त्रुटियों, प्रारंभिक विकरणी संरेखन में उत्पन्न असंरेखन के कारण उत्पन्न और तापीय विकृत्तियों के कारण उत्पन्न त्रुटियों को ध्यान में रखकर किया जाता है। पूर्ण अभिलक्षण त्रुटि ( $\Delta\theta_{wc}$ ) सभी त्रुटि घटकों का बिजीय योग होती है।

### उदाहरण अध्ययन

विस्तृत किरणपुंज उपग्रह और बहुकिरणपुंज उपग्रह के लिए अभिलक्ष्यन यथार्थता की तुलना के लिए उदाहरण अध्ययन किया गया है।



(क) भारतीय भू-भाग पर विस्तृत किरणपुंज एवं बहु-किरणपुंज से व्याप्ति



चित्र :4-विस्तृत किरणपुंज विस्तार

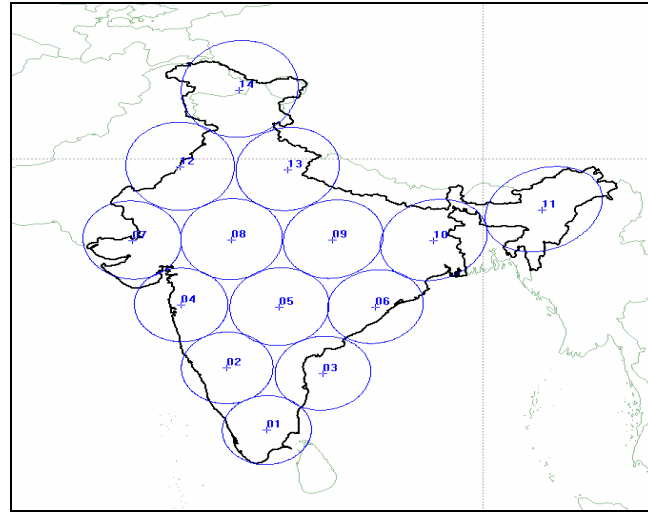
चित्र-4 में भारतीय भू-भाग पर विस्तृत किरणपुंज से व्याप्ति को दर्शाया गया है। इसके लिए विभिन्न तंत्र प्राचल निम्न हैं:

उपग्रह स्थिति : 76° E

आवृत्ति : 12 GHz

उपग्रह एन्टेना व्यास : 0.3m

3dB किरणपुंज विस्तार : 5 deg.



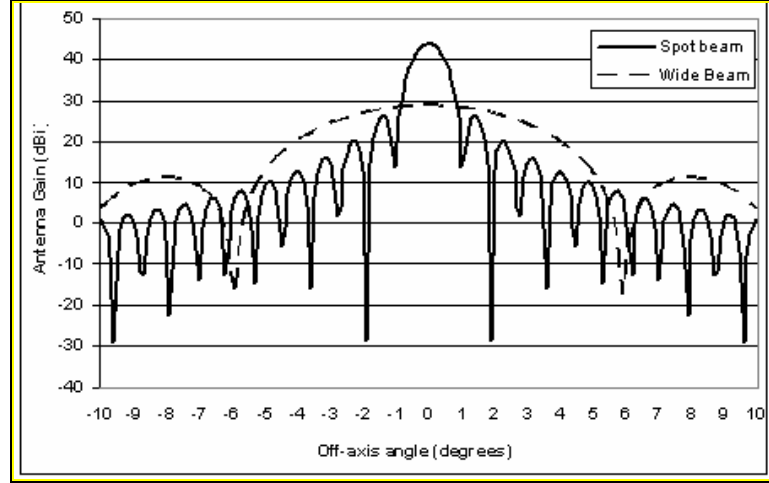
चित्र :5-बहु-किरणपुंज विस्तार

चित्र-5 में भारतीय भू-भाग पर बहु-किरणपुंज से व्याप्ति को दर्शाया गया है। इसके लिए तंत्र प्राचल निम्न है:

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| उपग्रह स्थिति        | : 76° E     |
| आवृत्ति              | : 12 GHz    |
| उपग्रह एन्टेना व्यास | : 2m        |
| किरणपुंजों की संख्या | : 14        |
| 3dB किरणपुंज विस्तार | : 0.88 deg. |

चित्र 6-में डैश रेखा के द्वारा विस्तृत किरणपुंज उपग्रह एन्टेना के चित्राम को दर्शाया गया है। 0.3 deg. की अभिलक्ष्यन त्रुटि से व्याप्ति छोर पर 1 dB तक की लब्धि कम हो जाती है। इस त्रुटि के कारण उपग्रह एन्टेना अभिलक्ष्यन त्रुटि होती है जिनका पिछले अनुभागों में वर्णन है। लब्धि में हुई कमी को अभिलक्ष्यन क्षति कहा जाता है।

इस चित्र में ठोस रेखा के द्वारा बहु-किरणपुंज उपग्रह एन्टेना के चित्राम को दर्शाया गया है। विस्तृत किरणपुंज उपग्रह एन्टेना की तुलना में बहु-किरणपुंज उपग्रह एन्टेना का चित्राम अतिप्रवण होता है। इसके कारण अभिलक्ष्यन में श्रेण त्रुटि भी व्याप्ति छोर पर लब्धि में अत्यन्त कमी प्रदान करती है।



चित्र- :6 एन्टेना के चित्राम

### (ख) अभिलक्ष्यन त्रुटियों का आंकलन

अभिलक्ष्यन त्रुटि के आंकलन के लिए उपग्रह की कक्षीय गति के कारण उत्पन्न त्रुटि घटकों को निर्धारणात्मक माना जाता है। इसलिए उपग्रह की स्थिति प्रस्थापन सीमा, नति और उत्केंद्रता के मानों का चुनाव निम्न अनुमानों से किया गया है:

- (i) स्थिति प्रस्थापन सीमा
- (ii) उपग्रह की स्थिति को साधारणतः निर्धारित स्थिति से 0.05° से 0.1° के भीतर रखा जाता है।
- (iii) नति
- (iv) नति का मान स्थिति प्रस्थापन सीमा से कम होना चाहिए।
- (v) उत्केंद्रता

उत्केंद्रता का मान  $114e < SK$  से निर्धारित किया जाता है

कक्षीय गति के कारण उत्पन्न त्रुटि घटकों के आधार पर दिए गए अभिलक्षण्य क्षति के लिए अभिवृत्ति गति से उत्पन्न त्रुटि घटकों का परिकलन किया जाता है।

(ग) अभिलक्षण्य त्रुटि घटक

1dB और 1.5dB की अभिलक्षण्य क्षति के लिए विस्तृत किरणपुंज व्याप्ति के अभिलक्षण्य त्रुटि घटक सारणी-1 में दर्शाए गए हैं।

| 1 dB अभिलक्षण्य क्षति   |      |        |     |      |
|-------------------------|------|--------|-----|------|
| SK                      | i    | e      | Y   | P=R  |
| 0.05                    | 0.03 | 0.0003 | 0.4 | 0.24 |
| 0.075                   | 0.05 | 0.0004 | 0.4 | 0.23 |
| 0.1                     | 0.07 | 0.0006 | 0.4 | 0.22 |
| 1.5 dB अभिलक्षण्य क्षति |      |        |     |      |
| SK                      | i    | e      | Y   | P=R  |
| 0.05                    | 0.03 | 0.0003 | 0.4 | 0.32 |
| 0.075                   | 0.05 | 0.0004 | 0.4 | 0.33 |
| 0.1                     | 0.07 | 0.0006 | 0.4 | 0.34 |

सारणी-1 :विस्तृत किरणपुंज व्याप्ति के अभिलक्षण्य त्रुटि घटक

सारणी-2 में बहु-किरणपुंज व्याप्ति के लिए अभिलक्षण्य त्रुटि घटक दर्शाए गए हैं।

| 1 dB अभिलक्षण्य क्षति   |      |        |      |       |
|-------------------------|------|--------|------|-------|
| SK                      | i    | e      | Y    | P=R   |
| 0.05                    | 0.03 | 0.0003 | 0.15 | 0.03  |
| 0.075                   | 0.05 | 0.0004 | 0.15 | 0.025 |
| 0.1                     | 0.07 | 0.0006 | 0.15 | 0.019 |
| 1.5 dB अभिलक्षण्य क्षति |      |        |      |       |
| SK                      | i    | e      | Y    | P=R   |
| 0.05                    | 0.03 | 0.0003 | 0.15 | 0.05  |
| 0.075                   | 0.05 | 0.0004 | 0.15 | 0.045 |
| 0.1                     | 0.07 | 0.0006 | 0.15 | 0.04  |

सारणी-2:बहु-किरणपुंज व्याप्ति के अभिलक्षण्य त्रुटि घटक

इस विश्लेषण से निम्न निष्कर्ष निकाले गए हैं:-

- पार्श्ववर्तन दिशा में अभिलक्षण्य यथार्थता की आवश्यकता अन्य दो अक्षों की तुलना में कम चुनौतीपूर्ण है।
- उपग्रह की कक्षीय गति के कारण उत्पन्न त्रुटि घटकों में विश्रांत देने से अभिवृत्ति गति के कारण उत्पन्न घटकों के लिए अभिलक्षण्य यथार्थता संवृत्त हो जाती है।
- अभिवृत्ति गति के कारण उत्पन्न त्रुटि घटकों में विश्रांत देने से अभिलक्षण्य क्षति बढ़ जाती है।
- बहु-किरणपुंज उपग्रहों के लिए अभिलक्षण्य यथार्थता अधिक चुनौतीपूर्ण होती है।

## निष्कर्ष

विक्षेपण के द्वारा यह प्रेक्षित किया गया है कि अभिवृत्ति तथा कक्षीय गति के कारण उत्पन्न त्रुटि घटकों के मान कम हैं लेकिन समग्र अभिलक्षण त्रुटि में इनका योगदान अत्यधिक है, इसलिए अभिलक्षण यथार्थता चुनौतीपूर्ण हो जाती है और इसके लिए उपग्रह पर यथार्थ एवं परिशुद्ध अभिलक्षण त्रुटि नियंत्रण क्रियाविधि की आवश्यकता होती है।

## आभार

हम इस कार्य को करने के लिए दिए गए अवसर, प्रोत्साहन एवं दिशा-निर्देश के लिए श्री श्री ई. पी. बालासुब्रमण्यन (पूर्व ग्रुप निदेशक, एस.एन.एस.ई.जी (.एवं श्री सुमितेश सरकार (प्रधान, एस.एन.ई.डी (.के आभारी हैं। इस कार्य के लिए हम श्री बी . आर .राजपूत) वरिष्ठ हिंदी अधिकारी) तथा हिंदी कक्ष के सभी सहकर्मियों का बहुत आभार प्रकट करते हैं।

## संदर्भ

- (i) वाई.काबाकामी, 'ऑन बोर्ड K-बैंड मल्टीबीम एन्टेना सिस्टम विद हाई प्वाइंटिंग एक्युरेसी फॉर ETS-VI, ' ग्लोबकॉम 87, क्योटो।
- (ii) जी मराल एवं एम. बॉसक्रेट, 'सेटेलाइट कम्युनिकेशंस सिस्टम्स,' जॉन विले।
- (iii) डी. पेराइस, जे.एम. मोरौर, 'चेंजिंग पेलोड आरकिटेक्चर्स एंड टेक्नोलोजिस,' अलकाटेल टेलिकम्युनिकेशन्स रिव्यू, 2001.



## कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक (CFRP) से बने तरंग-पथक (Waveguide) का धातुकरण (Metallization)

नितिन कुमार, अभियंता, एएमडीडी; ए.सी. माथुर, प्रधान, एएमडीडी  
[nitinsharma@sac.isro.gov.in](mailto:nitinsharma@sac.isro.gov.in), [acmathur@sac.isro.gov.in](mailto:acmathur@sac.isro.gov.in)

### 1.0 परिचय

तरंग-पथक एन्टीना एवं रेडियो तरंग उपतंत्रकों (Subsystems) का एक मुख्य घटक (component) है। तरंग-पथक की संरचना विद्युत-चुम्बकीय तरंगों को मार्ग प्रदान करता है। तरंग-पथक को खोखली संचालक नलिका से भी संबोधित किया जाता है। विद्युत चुम्बकीय तरंगों के अग्रसन के लिए तरंग-पथकों की आंतरिक सतह का विद्युत का अच्छा संचालक होना आवश्यक है। इस कारण अब तक तरंग-पथकों का संविरचन (fabrication) धातुओं से किया जाता रहा है। इनमें एलुमिनियम मिश्रधातु मुख्य रूप से उपयोग में आती रही है। यदि एलुमिनियम मिश्रधातु की जगह हम कम घनत्व (density) वाले समिश्र द्रव्य (composite material) का उपयोग करें तो तरंग-पथक के भार को कम किया जा सकता है। इसके लिए कार्बन-तंतु-सुदृढ-प्लास्टिक एक अच्छा विकल्प है। किंतु यह विद्युत का अच्छा संचालक नहीं होता है। इस कमी की पूर्ति करने के लिए इसकी सतह का धातुकरण करना अनिवार्य हो जाता है।

### 2.0 तरंग-पथक का संक्षिप्त विवरण

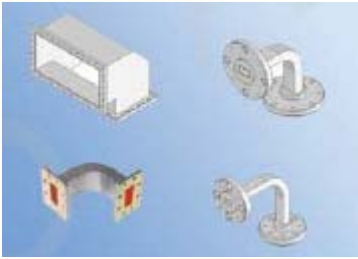
खुली जगह में विद्युत-चुम्बकीय तरंगे चारों तरफ अग्रसित होती है। इससे इनकी ऊर्जा में कमी आती है। तरंग-पथक इनको एक ही दिशा में गमन करने के लिए बाध्य करती है जिससे इनकी ऊर्जा बनी रहती है। तरंगे तरंग-पथक के भीतर इसकी दीवारों से परावर्तित होती हुई आगे बढ़ती है।

आकृति के आधार पर तरंग-पथक मुख्यतः तीन प्रकार की होती है।

- (1) सीधे तरंग-पथक (straight waveguides)। चित्र-1
- (2) घुमावदार तरंग-पथक (Bend waveguides)। चित्र-2
- (3) ऐठनदार तरंग-पथक (Twist waveguide)। चित्र-3



चित्र-1: सीधे तरंग-पथक



चित्र-2: घुमावदार तरंग-पथक



चित्र-3: ऐठनदार तरंग-पथक

वर्तमान में धातुकरण के प्रयास सीधे तरंग-पथक को लक्ष्य बनाकर किये जा रहे हैं।

### 3.0 तरंग-पथक बनाने के लिए द्रव्य का चयन

तरंग-पथक के संविरचन में काम आने वाले द्रव्य में निम्नलिखित गुण होने चाहिए:

- (1) विद्युत का अच्छा संचालक (good conductor of electricity)
- (2) बाह्य अंतरिक्ष में सीमित द्रव्य-हानि (good out gassing properties)
- (3) अच्छा कड़ापन-घनत्व अनुपात (good E/p ratio)
- (4) अच्छा शक्ति-घनत्व अनुपात (good  $\sigma/\rho$  ratio)
- (5) अच्छा जंग प्रतिरोधक (good resistance to corrosion)

परम्परागत द्रव्यों में एलुमिनियम मिश्र धातु इन सभी मापदण्डों पर खरी उतरती है। अपरम्परागत (अग्रिम) द्रव्यों जैसे कि समिश्र द्रव्यों में कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक भी लगभग सभी गुण रखता है। एलुमिनियम की तुलना में कम घनत्व इसको अति उपयोगी बनाता है। यह हमारे घटक का भार चालीस प्रतिशत तक कम कर सकता है। एक बात कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक के पक्ष में नहीं जाती है वो है विद्युत का अच्छा संचालक ना होना। इसे तरंग-पथक के संविरचन में उपयोग-योग्य बनाने के लिए इसकी सतह का धातुकरण अनिवार्य है।

### 4.0 धातुकरण की आवश्यकता:

तरंग-पथक में तरंगों को परावर्तित करने के लिए इसकी आंतरिक सतह का वैद्युत-संचालक होना आवश्यक है। यह गुण सतह से कुछ गहराई तक ही अनिवार्य होता है। इस कारक को सतैहिक-गहनता (skin depth) के नाम से जाना जाता है। यह विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की आवृत्ति (frequency) का फलन (function) है।



चित्र-4: तरंग-पथक के आयताकार एवं वृत्ताकार अनुप्रस्थ काट।

तरंगों के प्रावर्तन का आरेख।

सतैहिक गहनता को निम्नलिखित सूत्र (formula) से गणन किया जा सकता है।

$$\delta_s = \frac{2\rho}{2\pi f\mu_0\mu_R}^{1/2}$$

|      |  |                        |
|------|--|------------------------|
| जहाँ | $\rho$ = विस्तार विरोधकता (ओम-मीटर)            | -Bulk Resistivity      |
|      | $f$ = आवृत्ति (हर्टज)                          | -Frequency             |
|      | $\mu_0$ = पारगम्यता नियतांक (हैनरी प्रति मीटर) | -Permeability constant |
|      | $\mu_R$ = सापेक्ष पारगम्यता                    | -Relative permeability |

उपरोक्त सूत्र से स्पष्ट है कि आवृत्ति बढ़ने पर सतैहिक-गहनता की मात्रा घटती जाती है। समिश्र द्रव्य कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक के धातुकरण में धातु लेपण की मोटाई सतैहिन-गहनता से अधिक होनी चाहिए।

10 गिगा-हर्टज (GHz) आवृत्ति पर कुछ सामान्य धातुओं की सतैहिक-गहनता निम्नलिखित है (माइक्रोन-मीटर में):

|           |   |      |        |   |      |
|-----------|---|------|--------|---|------|
| एलुमिनियम | - | 0.80 | ताम्बा | - | 0.65 |
| स्वर्ण    | - | 0.79 | चाँदी  | - | 0.64 |

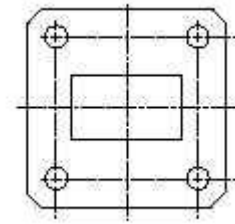
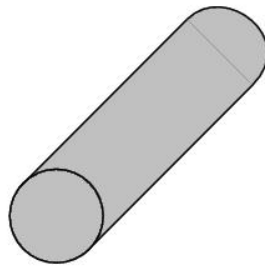
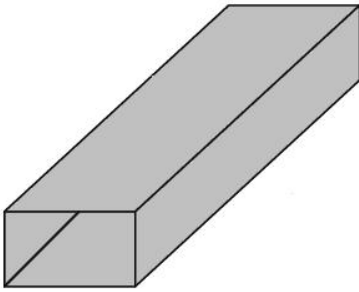
प्रयोगों से यह पाया गया है कि C-बैंड से नीचे की आवृत्तियों तक के अनुप्रयोगों (applications) के लिए कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक की विद्युत संचालकता उपयुक्त रहती है अर्थात् इसका प्रयोग अनावर्त (Bare) रूप में किया जा सकता है। C-बैंड तथा उच्च आवृत्तियों के अनुप्रयोगों के लिए धातुकरण अनिवार्य (must) है।

## 5.0 समिश्र द्रव्य में तरंग-पथक का संविरचन

तरंग-पथक का संविरचन कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक में दो भागों में किया जाता है

- (i) खोरवली संरचना जो कि आयताकार (Rectangular) या वृत्ताकार (circular) अनुप्रस्थ काट (cross-section) में हो सकती है। चित्र-5
- (ii) उभरा हुआ किनारा (flange)। चित्र-6

खोरवली संरचना बनाने के लिए सर्वप्रथम एक साँचा (mould) तैयार किया जाता है। इस साँचे पर कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक के परिप्रेग का पट्टीकरण किया जाता है। उभरे हुए किनारे भी इसी विधि से अलग से तैयार करके आवश्यक आकार (shape) में काट लिये जाते हैं। यह कार्य दस्ती स्तर (Manually) पर किया जाता है। बाद में इनको एक साथ सही सांस्थिति तथा ज्यामिति में व्यवस्थित कर जोड़ दिया जाता है। खोरवली संरचना तथा उभरे हुए किनारे वाले भागों को एक भाग में भी बनाया जा सकता है परंतु इससे अन्त में तीव्र कोना (sharp corner) मिलने की जगह कुछ त्रिज्या मिलेगी जो कि स्वीकृत नहीं है। इस जोड़े हुए घटक का संसाधन (curing) स्वतः दाब व ताप यंत्र (Autoclave) में किया जाता है। इस तरह प्राप्त तरंग-पथक का अब धातुकरण किया जाना है।



चित्र-5: खोरवली संरचनाएं

चित्र-6: उभरे हुए मानकर किनारे



चित्र-7: कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक से संविरचित तरंग-पथक

## 6.0 कार्बन-तंतु-सुदृढ-प्लास्टिक का धातुकरण

इस समिश्र द्रव्य के धातुकरण की निम्नलिखित विधियां हैं:

- (अ) ताम्रधारक केप्टोन-पर्ण का अन्तःस्थापन (Embedding of copper-cladded kapton sheet)
- (आ) धातुकृत वस्त्र का अन्तःस्थापन (Embedding of metallized fabric)
- (ई) प्लाजमा तड़तड़ाहट विधि द्वारा धातुकरण (Metallization by plasma Sputtering process)
- (इ) (निर्वात निक्षेपण विधि (Vacuum deposition process)
- (ऊ) वैद्युतिक परतीकरण विधि (Electro-plating process)

धातुकरण में दो मापदण्डों का विशेष महत्व होता है, वो हैं:

- (i) लेप की मोटाई (Coating thickness)
- (ii) लेप / छाल की मजबूती (Peel strength)

### 6.1 ताम्रधारक केप्टोन पर्ण का अन्तःस्थापन

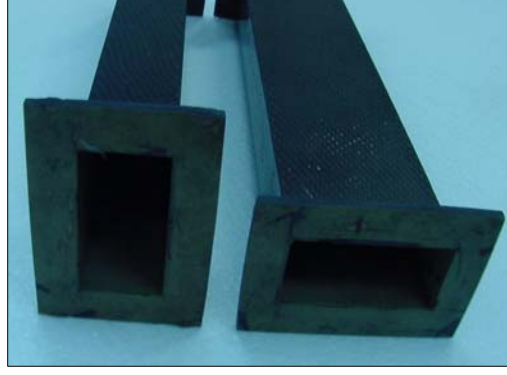
यह धातुकरण की अप्रत्यक्ष विधि है। केप्टोन पर्ण को परिच्छेद 5.0 में बताये गये संविरचन में परतबंदी श्रृंखला की प्रथम परत बनाया जाता है तथा कार्बन तंतु सुदृढ प्लास्टिक की परतें इसके उपर बिछाई जाती हैं। इस प्रकार तरंग-पथक की आंतरिक सतह ताम्रधारक केप्टोन की होगी जो आवश्यक विद्युत संचालकता प्रदान करेगी। इस विधि में हमें आंतरिक सतह में कुछ सिकुड़न (wrinkling) तथा रिक्त स्थान (gap) जैसी समस्याओं का सामना करना पड़ रहा है।

### 6.2 धातुकृत वस्त्र का लेपण

रक्षा प्रयोगशाला (Defence Laboratory), जोधपुर में नायलोन वस्त्र को धातुकृत करने के अनुसंधान जारी है। वहाँ नायलोन वस्त्र पर चांदी का व्यापन (silver impregnation) करने इसे विद्युत संचालक बनाया जाता है। इस चांदी व्यापन नायलोन वस्त्र का

तरंग-पथक की आंतरिक सतह पर लेपण किया जाता है। यह विधि परिच्छेद 6.1 में वर्णित (explained) विधि से मेल खाती है।





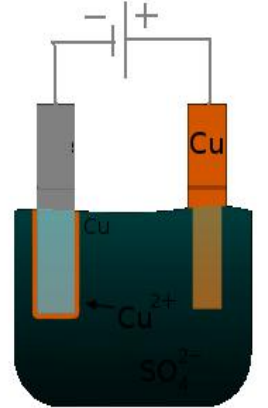
चित्र-8: धातुकृत वल्ल के लेपण से विकसित तरंग-पथक

इस विधि में हमें आंतरिक सतह के सिकुड़न (Wrinkling) तथा खुरदरापन (roughness) जैसी समस्याओं का सामना करना पड़ रहा है।

सम्पूर्ण रूप से (overall) यह विधि बहुत आशाजनक (promising) है। धातुकरण की इस विधि से डब्ल्यू आर-229 (WR-229) तरंग-पथक को सफलतापूर्वक विकसित किया जा चुका है।

### 6.3 वैद्युत-लेपण विधि द्वारा धातुकरण

वैद्युतिक लेपण के लिए सतह का विद्युत संचालक होना आवश्यक है। इसके लिए कार्बन तंतु सुदृढ़ प्लास्टिक सं संविचरित तरंग पथक की आन्तरिक सतह पर ग्रेफाइट की अति बारीक परत चढाई जाती है। ग्रेफाइट वैद्युत का अच्छा संचालक है तथा इसके लेपण से हमारा घटक वैद्युतिक लेपण तकनीक के योग्य बन जाता है। इस विधि में घटक को ऋणाग्र (cathode) तथा धातु जिसका लेपण किया जाना है, को घनाग्र (Anode) बनाया जाता है।

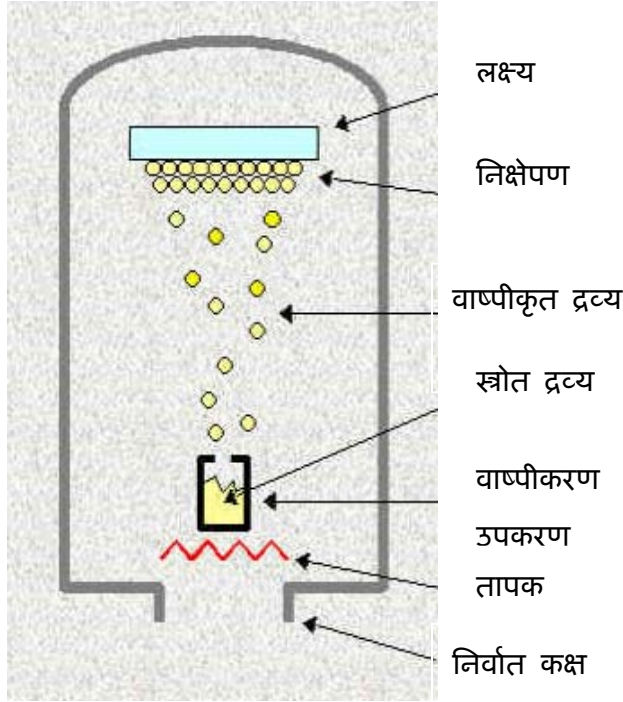


चित्र-9: वैद्युत लेपण विधि का आरेख

#### 6.4 निर्वात निक्षेपण विधि से धातुकरण

राष्ट्रीय विमानक प्रयोगशाला (NAL), बंगलोर की सहायता से यह धातुकरण तकनीक विकसित की रही है। इस विधि में सर्वप्रथम सतह का सक्रियण (activation) किया जाता है। इससे सतह मजबूत जुड़ाव के लिए तैयार हो जाती है। अब इस सक्रियत सतह पर एलुमिनियम का निक्षेपण किया जाता है। इस विधि से अच्छी परिष्कृत सतह प्राप्त होती है। इस विधि की कार्यप्रणाली चित्र-10 में बताई गई है।

विधि निर्वात निक्षेपण विधि



चित्र-10 निर्वात निक्षेपण विधि

#### 6.5 प्लाज्मा तड़तड़हाट विधि द्वारा धातुकरण

प्लाज्मा अनुसंधान संस्थान (IPR), गांधीनगर की सहायता से इस विधि का उपयोग कर कार्बन तंतु सुदृढ़ प्लास्टिक के धातुकरण के प्रयास जारी है। इस तकनीक में सर्वप्रथम सतह का सक्रियण या उत्प्रेरण (activation) किया जाता है। इसके लिए प्लाज्मा चिंगारी (Arc) का उपयोग करते हैं। इस सक्रियत सतह पर ताम्र आयन की बौद्धार करके लेपण किया जाता है। इस विधि से समतल नमूनों का धातुकरण सफलतापूर्वक किया जा चुका है। इसके कूपन सब तरह की जाँच से गुजर कर अर्हता प्राप्त कर चुके हैं।

## 7.0 उपसंहार

समिश्र द्रव्य कार्बन तंतु सुदृढ़ प्लास्टिक का उपयोग हमें तरंग-पथक घटकों के भार में चालीस प्रतिशत तक की बचत प्रदान करता है। समिश्र द्रव्य से बने तरंग-पथकों के धातुकरण की दिशा में कई मील के पत्थर पार किये जा चुके हैं तथा भविष्य के लक्ष्य भी निर्धारित है। धातुकरण की तकनीकों में धातुकृत वस्त्र लेपण तकनीक सर्वाधिक आशाजनक प्रतीत होती है। इस तकनीक का उपयोग कर शीघ्र ही उच्च आवृत्ति के तरंग-पथक भी विकसित किये जा सकेंगे। प्लाजमा तड़तड़ाहट विधि भी अच्छा विकल्प है। इस विधि से समतल सतहों के धातुकरण को तो विकसित किया ही जा चुका है, अब अप्रत्यक्ष और असमतल सतहों के लिए भी अनुसंधान जारी है।

## 8.0 आभार

इस शोध पत्र को टाइप करने के लिए हम हिन्दी विभाग के आभारी हैं। गुप निदेशक, उपनिदेशक व निदेशक अन्तरिक्ष उपयोग केन्द्र को धन्यवाद देते हैं जिन्होंने इस शोधपत्र को मुद्रित करने की आज्ञा प्रदान की। हम अपने सहकर्मियों को धन्यवाद देते हैं जिन्होंने इस लेख की प्रूफ-रीडिंग की तथा त्रुटियों को सही करने में सहायता प्रदान की।

## 9.0 संदर्भ

- .1 रोबर्ट एम. जोनस “समिश्र द्रव्यों की यांत्रिकी”। प्रकाशक: टेलर एवं फ्रांसिस।
- .2 शोध पत्र “कार्बन तंतु सुदृढ़ प्लास्टिक से बने एंटीना परावर्तक का निर्वात निर्वात निक्षेपण विधि से धातुकरण” आईएनसीएएसटी सम्मेलन, 2008 -लेखक: ए.सी. माथुर तथा डॉ. बी.एस. मुंजाल
- .3 नास विवरण संख्या: नासा सी.आर. - 124075 “समिश्र अभिकल्प”
- .4 विकिपीडिया वेबसाइट: <http://en.wikipedia.org/wiki/waveguide>
- .5 वेबसाइट:- <http://www.microwave101.com>
- .6 तकनीक विकास कार्यक्रम के अन्तर्गत सम्पन्नता परिपत्र “धातुकृत कार्बन तंतु सुदृढ़ प्लास्टिक एंटीना परावर्तक का विकास”। परिपत्र संख्या: सैक/एमईएसए/एएसएमजी/एएमडीडी-2, आर-01



## पर्यवेक्षण एंटीना का अद्यतन अभिकल्पन (State of the Art-Design of Scanning Antenna)

चन्द्रशेखर / राकेश. आर. भावसार / डा. बी.एस. मुंजाल  
एस. टी. ए. जी./ एम. ई. एस. ए.  
दूरभाष: 3932, 3947

### प्रस्तावना (Abstract):

संचार और सुक्ष्मतरंग उपग्रहों (Communication and Microwave Satellites) में एंटीना एक अविभाज्य प्रणाली (inseparable system) है। सैक (SAC) अपनी स्थापना के बाद से ही विभिन्न अनुप्रयोगों के आधार पर विविध प्रकार के एंटीनाओं का विकास करता रहा है। सुक्ष्मतरंग प्रतिरूपक उपग्रहों (Microwave imaging satellites) में पर्यवेक्षक (scanning) प्रकार के एंटीनाओं की जरूरत होती है जो कि स्टिरियो प्रतिरूपों के लिए ज्यादा से ज्यादा पट्टी (swath) कवर (cover) कर सके। ऐसी व्यवस्था में एंटीना को एक पर्यवेक्षण तंत्र (scanning mechanism) के साथ बांध के रखा जाता है और इस कारण एंटीना के न्यूनतम द्रव्यमान और जड़ता (mass and inertia) की आवश्यकता होती है। अतः एंटीनाओं के लिए अपने उच्च विशिष्ट कठोरता (specific stiffness) और कम विशिष्ट द्रव्यमान (specific mass) व तापीय विस्तार (thermal expansion) के कारण मिश्रित पदार्थ (composite material) एक स्पष्ट चुनाव है।

परंतु इसके लंबे प्रत्यक्षीकरण अवधि (realization period) के कारण एल्युमीनियम मिश्र धातु (Aluminium alloy) ऐसे अनुप्रयोगों के लिए एक उपयुक्त उम्मीदवार बन जाता है अगर प्रभावी तरीके से द्रव्यमान वितरण (mass distribution) व दृढ़ता या दुर्नम्यता का अभिकल्पन (stiffness design) किया जाए।

यह पत्र एक बड़े आकार के अखंडित (monolithic) एल्युमीनियम मिश्र धातु से बने हुए एंटीना का अभिकल्पन एवं ईष्टतमीकरण (design & optimization) के द्रष्टिकोण की रूपरेखा प्रस्तुत करता है।

### परिचय (Introduction):

फैलावमापक (scatterometer) सुदूर संवेदन अनुप्रयोगों के लिए एक अत्योच्च (state of the art) सुक्ष्मतरंग राडार (microwave radar) है, जो कि विशेषतः समुद्र के सतह के ऊपर हवा के वेग (wind velocity) की जानकारी उसके परिमाण (magnitude) एवं दिशा (direction) के साथ देता है। इन मानकों (parameters) का सटीक और आवधिक भविष्यवाणी (accurate and periodic prediction) मौसमविज्ञान (metrological) एवं समुद्रविज्ञान (oceanography) प्रयोगों पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालता है। ट्रांस-रिसीवर एंटीना (Trans-receiver antenna) निर्दिष्ट जानकारी (data) के अधिग्रहण एवं संचार (acquisition and communication) के लिए एक महत्वपूर्ण अवयव (important element) है। इसने नासा (NASA), ईसा (ESA) जैसे वैश्विक समुदायों (global community) में बहुत दिलचस्पी (interest) जगाई है।

### यांत्रिक अभिकल्पना के विभिन्न पहलू (Mechanical Design Aspects):

उपग्रह नीतभार (satellite payloads) के यांत्रिक हार्डवेयर को प्रक्षेपण भार (launch load) को सहन करने के लिए इसमें पर्याप्त दृढ़ता (adequate stiffness) का होना जरूरी है। इसको पर्यवेक्षण घटक (scanning components) और अधिक चुनौतिपूर्ण बनाते हैं, जिसमें न्यूनतम ऊर्जा आवश्यकता के लिए न्यूनतम घटक द्रव्यमान (minimum component mass) की जरूरत होती है। इसके अलावा एंटीना गहन अंतरिक्ष (deep space) के संपर्क में आता है, जहाँ अत्याधिक तापमान परिवर्तन (extreme temperature variation) होता है। धातु से बनी संरचनाओं में इन तापमान परिवर्तन से अलग अलग आयामी परिवर्तन होते हैं। सुक्ष्मतरंग कार्य (microwave performance) इन आयामी परिवर्तनों के प्रति अति संवेदनशील होते हैं। अतः यह भी ऐसे वातावरण में ज्यामितिय नियंत्रण (geometric control) की एक और चुनौती पेश करता है। इस कार्य में हमारा प्रमुख उद्देश्य एल्युमीनियम के एक 1 मीटर के व्यास वाले बड़े पर्यवेक्षण एंटीना (scanning antenna) के अभिकल्पन (design) का है जो कि कम से कम 100 हर्टज की प्राकृतिक

आवृत्ति (natural frequency) का हो और जिसमें इसी आकार के मिश्रित पदार्थ (composite material) से बने हुए एंटीना के अभिकल्पित द्रव्यमान (designed mass) की तुलना में न्यूनतम वृद्धि (minimum mass penalty) हो ।

इस आकार के CFRP मधुकोश सैंडविच (CFRP honeycomb sandwich) के परावर्तक (reflector) का अभिकल्पित द्रव्यमान (designed mass) 6.5 किलोग्राम है और हमारा अभिकल्पना लक्ष्य (design goal) इसी परावर्तक को एल्युमीनियम मिश्रधातु से 8.5 किलोग्राम के अंदर ही प्राप्त करना है । CFRP का योग्यता मापांक (Figure of merit) 10000 है जो कि एल्युमीनियम के योग्यता मापांक 2592 से लगभग 400% अधिक है । योग्यता मापांक किसी भी पदार्थ (material) के सापेक्षिक (relative) दृढ़ता (stiffness) को दर्शाता है, यानि CFRP एल्युमिनियम से 400 % अधिक दृढ़ (stiff) होता है । परंतु किसी भी संरचना (structure) के लिए उसका दृढ़ता प्रतिरूप (stiffness pattern) ऐसा होना चाहिए जिससे उसका निर्माण (fabrication) आसान हो । यहाँ सीमित अवयव तकनीक (Finite element technique) का इस्तेमाल परावर्तक के संरचनात्मक निष्पादन (structural performance) के अनुमापन एवं ईष्टतमीकरण (estimation and optimization) के लिए किया गया है ।

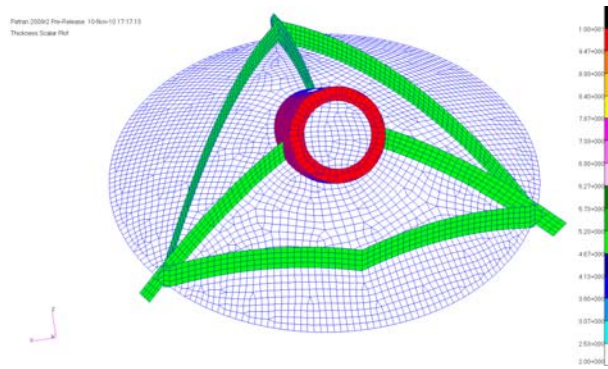
### यांत्रिक अभिकल्पना की आवश्यकताएं (Mechanical Design Requirements):

इस अध्ययन में निम्नलिखित अभिकल्पना अवरोधों (design constraints) को ध्यान में रखा गया है :

1. संरचना की पहली प्राकृतिक आवृत्ति (natural frequency) 100 हर्ट्ज से ऊपर होनी चाहिए ।
2. परावर्तक का द्रव्यमान 8.5 किलोग्राम से कम होना चाहिए ।
3. एल्युमीनियम परावर्तक का पर्यवेक्षण प्रणाली (scan mechanism) के साथ मिलनबिंदु (interface) CFRP परावर्तक के समान ही होना चाहिए ।

### परावर्तक का आधार रेखा विन्यास (Base-line configuration of the reflector) :

संरचनात्मक विश्लेषण (structural analysis) के लिए मुख्य परावर्तक के एल्युमीनियम संस्करण का प्राथमिक विन्यास (Baseline configuration) CFRP परावर्तक के विन्यास के जैसा ही लिया गया है । छबि 1 इसके परिमित अवयव नमूने (finite element model) को मोटाई की रूपरेखा के साथ दर्शाता है ।

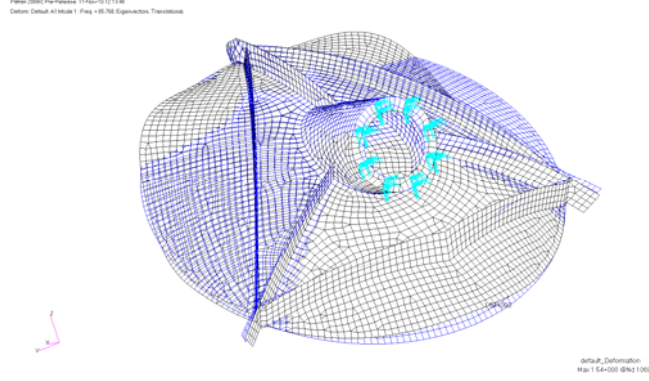


चित्र 1: मुख्य एल्युमीनियम परावर्तक का आधार रेखा विन्यास

## प्राकृतिक आवृत्ति अनुमान (Natural Frequency Estimates)

संरचनात्मक दृढ़ता के आंकलन (Structural Stiffness characterization) के लिए मोडल मापदंड (Modal parameters) बहुत ही महत्वपूर्ण लक्षण (characteristics) होते हैं ।

सीमित अवयव विश्लेषण (Finite element analysis) से प्राप्त एल्युमीनियम परावर्तक के प्रथम तीन प्राकृतिक आवृत्तियों को तालिका 1 में दिया गया है । छबि 2 परावर्तक के पहले स्पंदन मोड (vibration mode) को दर्शाता है ।



चित्र 2: परावर्तक का पहला स्पंदन मोड (vibration mode)

तालिका 1

| विधि नंबर | आवृत्ति (Hz) | मोड (Mode)  |
|-----------|--------------|---|
| 1         | 85           | परावर्तक का फडफडा मोड (flapping mode)             |
| 2         | 105          | परावर्तक का ऊँचा फडफडा मोड (Higher flapping mode) |
| 3         | 109          | परावर्तक का ऊँचा फडफडा मोड (Higher flapping mode) |

तालिका 1 में यह देखा जा सकता है कि एल्युमीनियम के आधार रेखा परावर्तक की प्रथम प्राकृतिक आवृत्ति 85 Hz है जो कि न्यूनतम आवश्यक 100 Hz से कम है । इसके अलावा, सिर्फ आधार लाइन परावर्तक का ही द्रव्यमान 12.2 किलोग्राम है जो कि 8.5 किलोग्राम की निर्धारित सीमा से बहुत अधिक है । यहाँ यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि यह 85 Hz की आवृत्ति सिर्फ परावर्तक (Bare reflector) के लिए ही है जिसमें फीड के द्रव्यमान (Feed mass) एवं अनुलगनों (attachments) को शामिल नहीं किया गया है । इस परावर्तक में कोई भी अतिरिक्त असंरचना द्रव्यमान (additional non-structural mass) इसके प्राकृतिक आवृत्ति को और घटाएगा । चूंकि फीड हॉर्न (Feed Horn) किसी भी परावर्तक का एक महत्वपूर्ण कार्यकारी अंग (functional component) होता है, इसका परावर्तक में संगीकरण (attachment) परावर्तक की प्राकृतिक आवृत्ति को और गिराएगा । अतः यह एक उचित दृढ़ता प्रतिरूप (stiffening pattern) के चयन और परावर्तक के ईष्टतमीकरण (optimization) को जरूरी बनाता है । इस ईष्टतमीकरण समस्या को आकार ईष्टतमीकरण (size optimization) के साथ साथ सांस्थितिकी ईष्टतमीकरण (topology optimization) के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है । इस समस्या में दृढ़ता प्रतिरूप (stiffness pattern) के उचित नियोजन (proper placement) के साथ साथ उसके सही मोटाई एवं ऊचाई के चयन की आवश्यकता है ।

**परावर्तक का ईष्टतमीकरण अध्ययन (Optimization studies of the reflector):**

इस ईष्टतमीकरण समस्या को विविध चरणों (several stages) में लिया गया है । परावर्तक के दुर्नम्यकों (stiffeners) का नियोजन (placement) एवं उसके मोटाई एवं ऊँचाई का चयन तनाव उर्जा (strain energy) पर आधारित है । ईष्टतमीकरण अध्ययन से प्राप्त परिणामों को तालिका 2 में दिया गया है । तालिका 2 में देखा जा सकता है कि केवल सही मोटाई एवं ऊँचाई के साथ उचित दृढ़ता प्रतिरूप

(stiffening pattern) का नियोजन ही, संरचना के समग्र दृढ़ता (overall stiffness) को बढ़ाने में सहायक होते हैं ।

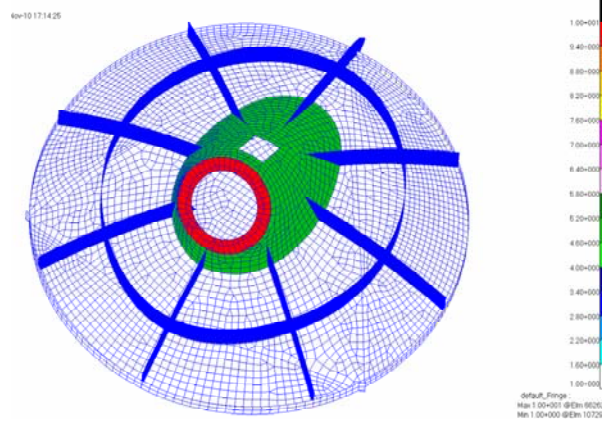
**तालिका 2**

| चरण | विन्यास विस्तार (configuration Detail)   | परावर्तक द्रव्यमान + फीड समूह (Feed assembly) द्रव्यमान (Kg) | परावर्तक आवृत्ति (Hz) | समूह (परावर्तक + फीड + अनुलग्नक) आवृत्ति (Hz) |
|-----|--|--|-----------------------|---|
| 0   | एल्युमीनियम विन्यास की आधार रेखा संरचना CFRP के परावर्तक के समान ही  | 12.22 + 0  | 85                    |   |
| 1   | चरण (0) + बाहरी वृत्ताकार पसली (circular rib) जोड़ने से (फडफडा मोड को प्रतिबंधित करने के लिए) + परावर्तक की त्वचा एवं कुछ पसलियों की मोटाई कम करने से      | 8.466 + 0  | 75.98                 |   |
| 2   | चरण (1) + बाहरी वृत्ताकार पसली की ऊँचाई 68 mm से 34 mm घटाने पर (फडफडा मोड को और कसने के लिए)  | 8.14 + 0   | 80.92                 |   |
| 3   | चरण (2) + परावर्तक के निचले हिस्से में अतिरिक्त पसली जोड़ने एवं 10 mm का फ्लेन्ज (flange) पीपा-त्वचा (barrel- skin) के संयोग स्थान (Junction) पर जोड़ने से | 9.26 + 5   | 134.27                | 83.25   |
| 4   | कई दोहराव (iterations) के बाद तनाव उर्जा के आधार पर कठोरता प्रतिरूप में भारी बदलाव करने से   | 8.66 + 5   |                       | 102.85  |
| 5   | चरण (4) + बाहरी पसली (outer rib) के मोटाई को 1 mm से 2 mm बढ़ाने पर  | 8.91 + 5   |                       | 107.96  |



चुना गया ईष्टतम विन्यास (The selected optimized configuration):

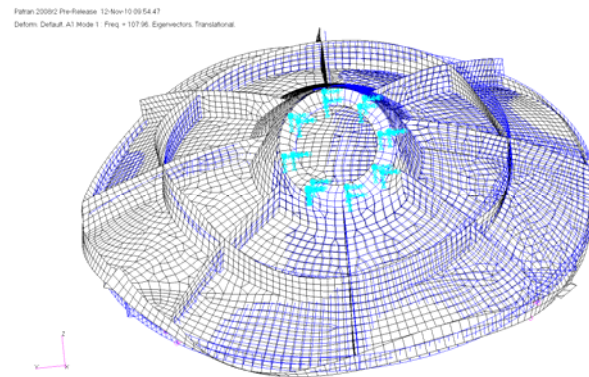
छबि 3 से यह देखा जा सकता है कि ईष्टतम विन्यास, आधार रेखा विन्यास से दृढ़ता प्रतिरूप (stiffener pattern) में बहुत अलग है । CFRP विन्यास के लिए दृढ़ता प्रतिरूप (stiffening pattern) आमतौर पर निर्माण के लिए ज्यामितीय सुविधा या सरलता (geometric ease) पर आधारित होता है । CFRP परावर्तक में जटिल दृढ़ता प्रतिरूप (stiffening pattern) नहीं डाला जा सकता परंतु यह समस्या एल्युमीनियम से बने परावर्तक में नहीं होती । इसलिए पदार्थ निर्माण सरलता (material manufacturability) के इस लाभ का ठीक से इस्तेमाल (properly exploit) किया जा सकता है । परावर्तक की केंद्रीय नाभि (central hub) (जो कि छबि 3 में हरे रंग में दिखाया गया है) का स्थितिकरण (positioning) बहुत ही कठिन कार्य (critical) है । CFRP परावर्तक में नाभि को अलग से बैठाया जाता है इसलिए यह कार्यकर्ता की प्रवीणता एवं प्रयासों पर निर्भर करता है । जबकि अखंड एल्युमीनियम संस्करण में, नाभि परावर्तक का एक अभिन्न हिस्सा होने के कारण इसको बड़ी सटीकता से परावर्तक के साथ ही परिशुद्ध मशीनिंग (Precision machining) से बनाया जा सकता है ।



चित्र 3: परावर्तक का चुना हुआ ईष्टतम विन्यास

प्राकृतिक आवृत्ति अनुमान (Natural frequency estimate):

सीमित अवयव विश्लेषण से प्राप्त ईष्टतम परावर्तक (optimized reflector) के प्रथम प्राकृतिक आवृत्ति को तालिका 3 में दिया गया है । छबि 4 परावर्तक के पहले स्पंदन मोड (vibration mode) को दर्शाता है । यह प्राकृतिक आवृत्ति परावर्तक के साथ फीड समूह और अनुलग्नकों के संबद्ध है ।



चित्र 4: ईष्टतम परावर्तक का पहला स्पंदन मोड (vibration mode)



तालिका 3

| विधि क्रमांक | आवृत्ति (Hz) | विधि (Mode)   |
|--------------|--------------|---|
| 1            | 107.96       | पूरे परावर्तक समूह का एक साथ हिलना (Rocking mode of reflector assembly) |

#### निष्कर्ष (Conclusion):

इस अध्ययन से प्राप्त एल्युमीनियम से बना ईष्टतम विन्यास सभी संरचनात्मक एवं कार्यात्मक (structural and functional) जरूरतों को पूरा करता है। यह भी निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि एल्युमीनियम से बनी संरचना, दृढ़ता जरूरतों (Stiffness requirements) को बहुत अच्छे से निभा सकता है। परंतु तापीय भार के कारण हुए संरचनात्मक विरूपण (structural deformation) एल्युमीनियम से बने संरचनाओं में बहुत बड़ी चुनौती पैदा करते हैं जो कि CFRP संरचनाओं में लगभग ना के बराबर होते हैं।

#### संदर्भ (Reference):

1. ओशन सैट 2 (Oceansat 2) के फैलावमापक (scatterometer) के यांत्रिक अवयवों की प्रारंभिक अभिकल्पना समीक्षा दस्तावेज, दिसम्बर 2005।
2. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के. जे. बाथे, प्रेंटिस हाल इंडिया, नई दिल्ली 1997।
3. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल. मीरोविच, मैक. ग्रा हिल, सिंगापुर, 2001।
4. संरचनात्मक ईष्टतमीकरण का परिचय, पी. डब्ल्यू क्रिस्टेंसन, सिंगर, 2008।



## सुदूर संवेदी आंकड़ों द्वारा भारतीय वनों के पर्णक्षेत्र घातांक का अध्ययन

आभा छाबड़ा एवं सुष्मा पाणिग्रही

कृषि, स्थलीय जैवमंडल एवं जलविज्ञान समूह

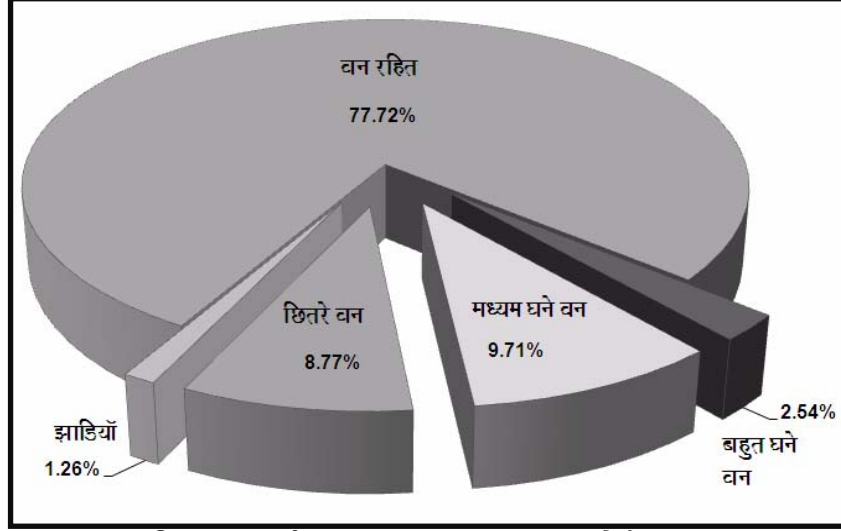
ईपीएसए / सैक

### सारांश

वन हमारी पृथ्वी के सबसे बड़े व सबसे अधिक उत्पादक स्थलीय पारिस्थिति तंत्र हैं। भारत में वनों का विशेष महत्व है। उष्णकटिबंधीय जलवायु एवं भौगोलिक विचरणों के कारण भारतीय वनों में अनेक किस्में पायी जाती है। वनस्पति घटना विज्ञान एवं जलवायु परिवर्तन के प्रभाव समझने के लिए पर्णक्षेत्र घातांक (लीफ एरिया इन्डेक्स, एल.ए.आई L.A.I) (एक अत्यन्त महत्वपूर्ण पारिस्थिति परिवर्ती है। भारतीय वनों के पर्णक्षेत्र घातांक एवं उसका स्थानिक एवं कालिक विचरण एक महत्वपूर्ण वैज्ञानिक शोध का विषय है। प्रस्तुत प्रपत्र में मोडिस संवेदक के आंकड़ों पर आधारित उत्पाद का उपयोग करके प्रतिबिंब प्रक्रियाओं व भौगोलिक सूचना प्रणाली की मदद से वर्ष 2005के लिए भारतीय वनों की विभिन्न किस्मों के पर्ण क्षेत्र घातांक का विस्तृत स्थानिक व कालिक विचरण का चित्राम एवं मानचित्र तैयार किये गये। भारतीय वनों में अधिकतम पर्ण क्षेत्र घातांक उत्तरपूर्व के सदाबहार वनों में 6.9 आंका गया है। ऋतुवीय चित्रामों से यह ज्ञात होता है कि शरद ऋतु में सभी वन किस्मों में अधिकतम पर्ण क्षेत्र घातांक होता है। इस अध्ययन के विस्तृत परिणाम व स्थानिक चित्राम भारतीय वनों के वनस्पति घटना विज्ञान, को समझने में विशेष रूप से सहायक व महत्वपूर्ण डाटा निवेश हैं। इसके अतिरिक्त यह क्षेत्रीय स्थलीय पारिस्थितीय माडल के लिये भी आवश्यक डाटा निवेश हैं।

### 1. प्रस्तावना

हमारी पृथ्वी का तकरीबन 30 प्रतिशत भाग भूमि द्वारा आवरित है, एवं इसके अधिकांश हिस्से में विभिन्न प्रकार की वनस्पतियाँ पायी जाती हैं। भारतीय उप-महाद्वीप में विभिन्न प्रकार के स्थूल एवं सूक्ष्म जलवायु के विकास व उसके फलस्वरूप समृद्ध जैव-विविधता के लिये स्थलाकृति, तापमान व वर्षा की परासी उत्तरदायी है। जैव एवं पर्यावरणीय स्थितियों के आधार पर भारत को अनेक जैव-भौगोलिक मंडलों में विभाजित किया गया है (सिंह एवं कुशवाहा (2008), दक्षिण एशिया के लगभग सभी वैश्विक पारिस्थिती मंडलों का प्रतिनिधित्व भारतीय वनों में देखने को मिलता है जैसे - उष्णकटिबंधीय वर्षा वन, उष्णकटिबंधीय आर्द्र पर्णपाती वन आदि। भारत में वन सम्पदा का विशेष महत्व है। पर्यावरण एवं वन मंत्रालय, भारत सरकार के अंतर्गत भारतीय वन सर्वेक्षण वर्ष 1987 से प्रति दो वर्ष में पूरे देश के वनों का सुदूर संवेदन तकनीक की मदद से विस्तृत आंकलन उपलब्ध करा रहा है। इसी श्रृंखला में नवीनतम वन स्थिति रिपोर्ट (2009 एमओईएफ (2009), के अनुसार देश में कुल वन एवं वृक्ष क्षेत्र 78.37 मिलियन हेक्टेयर आँका गया है, जो देश के भौगोलिक क्षेत्र का 23.84 प्रतिशत है तथा इसमें 2.82 प्रतिशत वृक्ष क्षेत्र भी शामिल है। चित्र 1-में विस्तृत रूप से नवीनतम वन स्थिति को दर्शाया गया है।

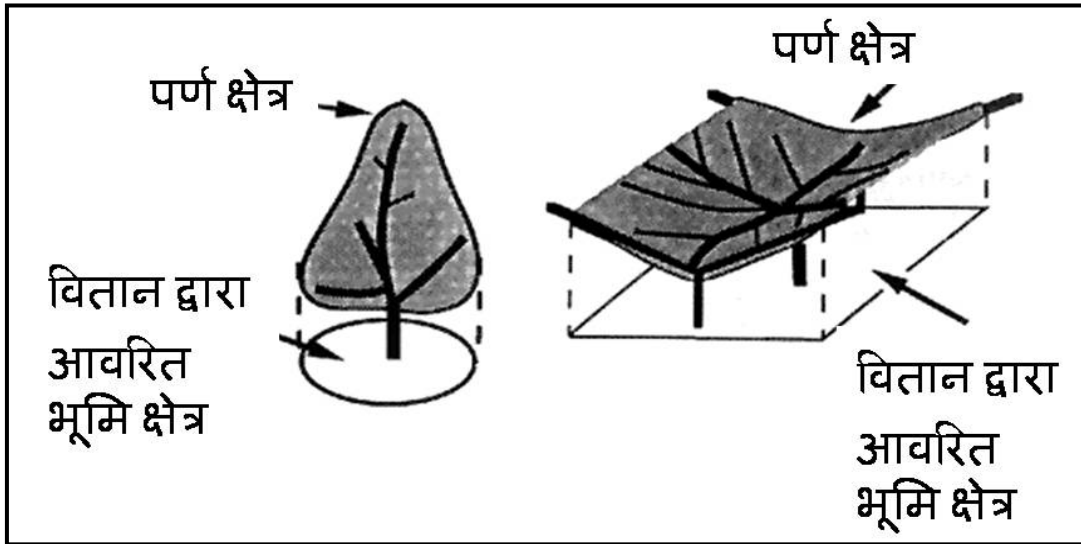


चित्र 1-भारतीय वन आवरण) 2007 ,एमओईएफ(2009 ,

**वन पर्णक्षेत्र घातांक -**

वृक्ष वितान किसी पारिस्थिती तंत्र में होने वाली अनेक भौतिक एवं जैव-भूरासायनिक प्रक्रियाओं का केन्द्र बिंदु होता है । साधारणतः वनस्पति एवं पारिस्थिती तंत्र अध्ययनों में वितान पर्णसमूह को पर्णक्षेत्र घातांक द्वारा मापा जाता है । पर्णक्षेत्र घातांक एक प्रमुख पारिस्थिती परिवर्ती है जो भू-सतह एवं वायुमंडल के मध्य ऊर्जा ,द्रव्यमान एवं संवेग के अभिवाहों के विनिमय को संचालित करता है )ऐसनर एवं अन्य (2003 ,। आम तौर पर पर्णक्षेत्र घातांक को चौड़े पर्ण वितानों के संदर्भ में एक तरफ़ीय हरित पर्णक्षेत्र प्रति

भूमि सतही क्षेत्र )मीटर<sup>2</sup> (एवं शंकुधारी वितानों के लिये प्रक्षेपित नुकीलापर्ण क्षेत्र के रूप में परिभाषित किया गया है । )चित्र- (2क्योंकि पर्णक्षेत्र घातांक एक एककरहित परिमाण है ,इसलिये इसे विशिष्ट पेड़ पुंज ,बड़े क्षेत्र आदि विभिन्न स्थानिक मापक्रमों की पारसी के मापन ,विश्लेषण एवं प्रतिरूपण के लिये प्रयोग किया जाता है । इसके अतिरिक्त पर्णक्षेत्र घातांक वनस्पति की वितान संरचना एवं वृद्धि स्तर को वर्णित करने का एक महत्वपूर्ण प्राचल है ।



चित्र 2-पर्णक्षेत्र घातांक का विधिवत आरेख

## .2अध्ययन उद्देश्य

सुदूर संवेदन आंकड़ों के आधार पर पूर्व में किये गये अध्ययनों से यह पुष्टि होती है कि वन पर्ण क्षेत्र घातांक के विभिन्न स्थानिक एवं कालिक विचरणों को समझा जा सकता है। वन पारिस्थिती एवं जलवायु परिवर्तनों के प्रभाव की दृष्टि से भारतीय वनों के पर्णक्षेत्र घातांक का अध्ययन एक महत्वपूर्ण शोध विषय है। पूर्व में सुदूर संवेदन एवं क्षेत्र के आंकड़ों का प्रयोग करके भारतीय वनों की किस्मों के लिये सीमित पट्ट या क्षेत्र स्तर अध्ययन किये गये हैं, परन्तु इस विषय में व्यापक एवं विस्तृत जानकारी उपलब्ध नहीं है। प्रस्तुत अध्ययन का उद्देश्य सुदूर संवेदन आंकड़ों के उपयोग से भारतीय वनों के पर्ण क्षेत्र घातांक का विस्तृत एवं व्यापक मानचित्रण एवं विश्लेषण करना है। प्रमुख रूप से इस अध्ययन के उद्देश्य निम्नलिखित हैं:

1. भारतीय वनों के पर्णक्षेत्र घातांक का स्थानिक एवं कालिक विचरण का चित्रण विकसित करना।
2. भारतीय वनों के अधिकतम एवं न्यूनतम पर्णक्षेत्र घातांक का आंकलन एवं मानचित्र का विकास करना।
3. भौगोलिक खंडों की दृष्टि से भारतीय वनों की विभिन्न किस्मों के पर्णक्षेत्र घातांक का विस्तृत कालिक विश्लेषण।

## .3अध्ययन क्षेत्र एवं प्रयुक्त आंकड़े

यह अध्ययन भारत की सभी वन किस्मों के लिये किया गया था। इस अध्ययन में भारतीय उप-महाद्वीप क्षेत्र के लिये नासा के टैरा एवं एक्वा उपग्रहों में उपलब्ध मध्यम विभेदन बिम्बन स्पेक्ट्रोविकरणमापी (मोडिस) MODerate resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS) यंत्र के आंकड़ों पर आधारित वर्ष 2005के प्रति 8दिन के सम्मिश्र

एलएआई/एफ पार डेटा उत्पाद (MOD15A2) अंक 4को प्रयुक्त किया गया ([https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get\\_data/data\\_pool](https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get_data/data_pool))। इस डेटा उत्पाद का स्थानिक विभेदन 1 किलोमीटर है तथा यह इंटीगिर्जाइड सायनोसाइडल प्रक्षेप में उपलब्ध होता है। स्पॉट वेजीटेशन (SPOT-4 VEGETATION) सुदूर संवेदक के बहुकालिक आंकड़ों पर आधारित 1किलोमीटर स्थानिक विभेदन पर विस्तृत भू-उपयोग/भू-आवरण वर्गीकरण का भी प्रयोग किया गया (अग्रवाल एवं न्य (2003), यह वर्गीकरण चैंपियन एवं सेठ (1968)द्वारा दिये गये 16वर्गीय वर्गीकरण के अनुरूप ही है। सुदूर संवेदन आंकड़ों का डेटाबेस एवं विस्तृत आंकलन, विश्लेषण एनवी ENVI 4.3 एवं इरडास (ERDAS/Imagine (9.0 इमेज प्रासिसंग साफ्टवेयर की मदद से किया गया। आर्क जीआईएस (ArcGIS (9.3.1 भौगोलिक सूचना प्रणाली सॉफ्टवेयर की मदद से देश एवं क्षेत्र स्तर पर प्रशासनिक सीमाओं का उपयोग करके विस्तृत स्थानिक अध्ययन एवं मानचित्रण किया गया।

## .4विश्लेषण विधि

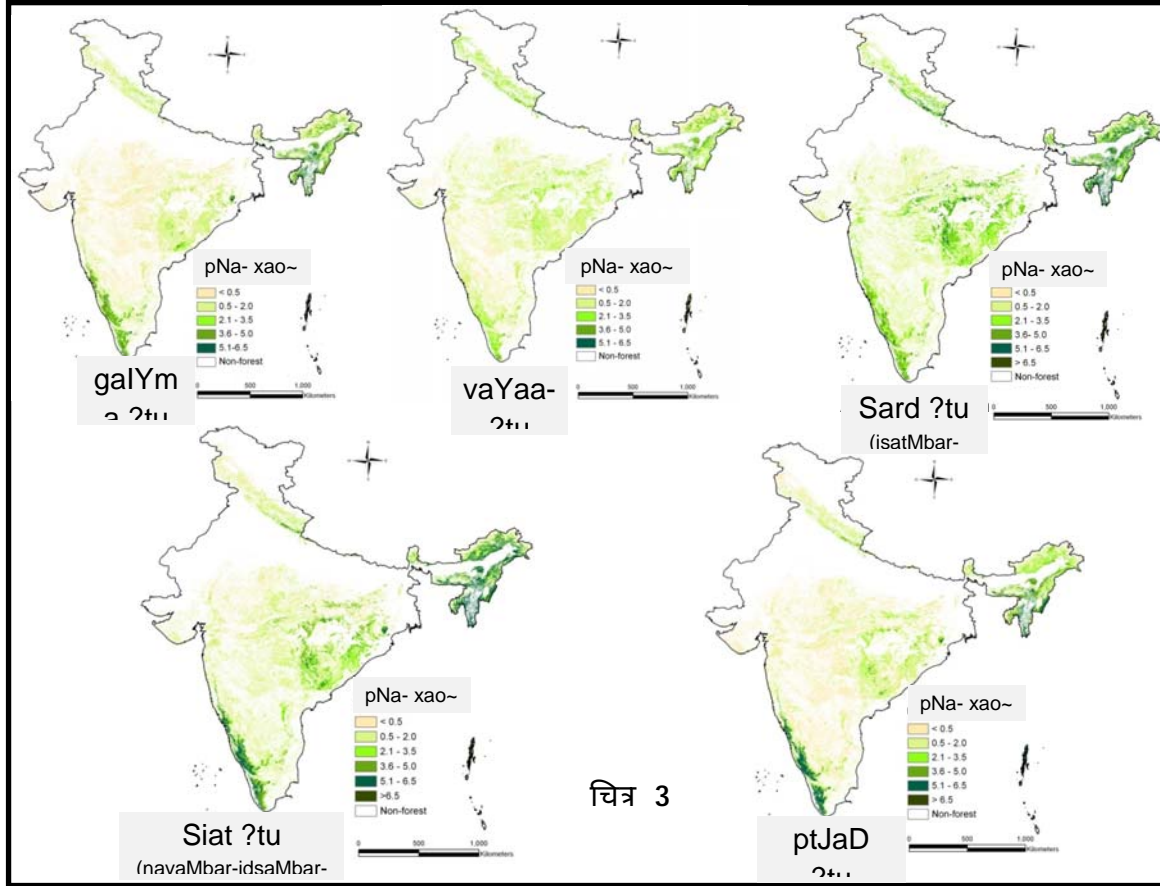
**4.1सुदूर संवेदन डेटा बेस -** सर्वप्रथम वर्ष 2005के लिये भारतीय उप-महाद्वीप की 18टाइल्स तथा प्रत्येक टाइल की 46 तारीखों के 8दिन सम्मिश्र एल ए आई डेटा उत्पाद को प्रयोग करके एक विस्तृत डेटाबेस तैयार किया गया। प्रत्येक सम्मिश्र को ENVI साफ्टवेयर में मोडिस परिवर्तन टूल किट के प्रयोग द्वारा साइनोसाइडल प्रक्षेप से भौगोलिक अक्षांश / रेखांश, डेटम WGS-84 एवं डिग्री इकाई में पुनःप्रक्षेपित किया गया। तत्पश्चात् सभी 18टाइल्स के सम्मिश्र को मोजक करके पूरे देश की एक प्रतिबिंब तैयार की गयी।

**4.2भारतीय वन पर्णक्षेत्र घातांक के स्थानिक एवं कालिक विचरण का विस्तृत आंकलन एवं विश्लेषण -** भारतीय उप-महाद्वीप की भू-उपयोग/भू-आवरण वर्गीकृत प्रतिबिंब को एनवी (ENVI) (इमेज प्रासिसंग साफ्टवेयर में प्रयोग करके कुल 45 वर्गों में से भारतीय वनों की सभी 16किस्मों को मिलाकर एक वन मास्क बनाया गया। इस मास्क को वर्ष 2005की मोजक एलएआई प्रतिबिंब के ऊपर प्रयोग करके पूरे देश की एक वन पर्णक्षेत्र घातांक प्रतिबिंब तैयार की गई। इसके पश्चात् इस प्रतिबिंब को ERDAS/IMAGINE सॉफ्टवेयर में मॉडल द्वारा विस्तार से प्रत्येक वन चित्रांश के औसत पर्णक्षेत्र घातांक का आंकलन किया

गया। सम्पूर्ण वर्ष 2005 की मोजक प्रतिबिंब को पाँच भागों में) ग्रीष्म ऋतु: अप्रैल-मई-जून, वर्षा ऋतु: जुलाई-अगस्त, शरद ऋतु: सितम्बर-अक्तूबर, शीत ऋतु: नवम्बर-दिसम्बर-जनवरी एवं पतझड़ ऋतु: फरवरी-मार्च (विभाजित करके औसत ऋतवीय एलएआई प्रोफाइल एवं प्रतिबिंब भी तैयार किये गये- Arc GIS में ऋतवीय चित्रामों के मानचित्र तैयार किये गये।) चित्र 3-में भारतीय वनों के औसत पर्णक्षेत्र घातांक के ऋतुवीय चित्रामों को दर्शाया गया है। (ERDAS में माडल विकसित करके प्रत्येक 46सम्मिश्र में पूरे देश के वन पर्णक्षेत्र घातांक प्रतिबिंब को प्रयोग करके प्रत्येक चित्रांश पर अधिकतम एवं न्यूनतम पर्णक्षेत्र घातांक चित्रांश का आकलन एवं विश्लेषण किया गया। Arc/GIS में भू-उपयोग/भू-आवरण वर्गीकृत प्रतिबिंब का उपयोग करके भारतीय वनों की विभिन्न किस्मों की शेप फाइल तैयार की गयी। भौगोलिक दृष्टि से वनों को 7क्षेत्रों में) उत्तर-भारत, उत्तर-पूर्व भारत पश्चिम भारत, मध्य भारत, पूर्वी घाट, पश्चिम घाट एवं अंडमान निकोबार द्वीप समूह (विभाजित करते हुये प्रत्येक क्षेत्र में विभिन्न वन किस्मों के प्रत्येक सम्मिश्र के औसत पर्ण क्षेत्र घातांक का आंकलन एवं विश्लेषण किया गया।

### .5परिणाम एवं चर्चा

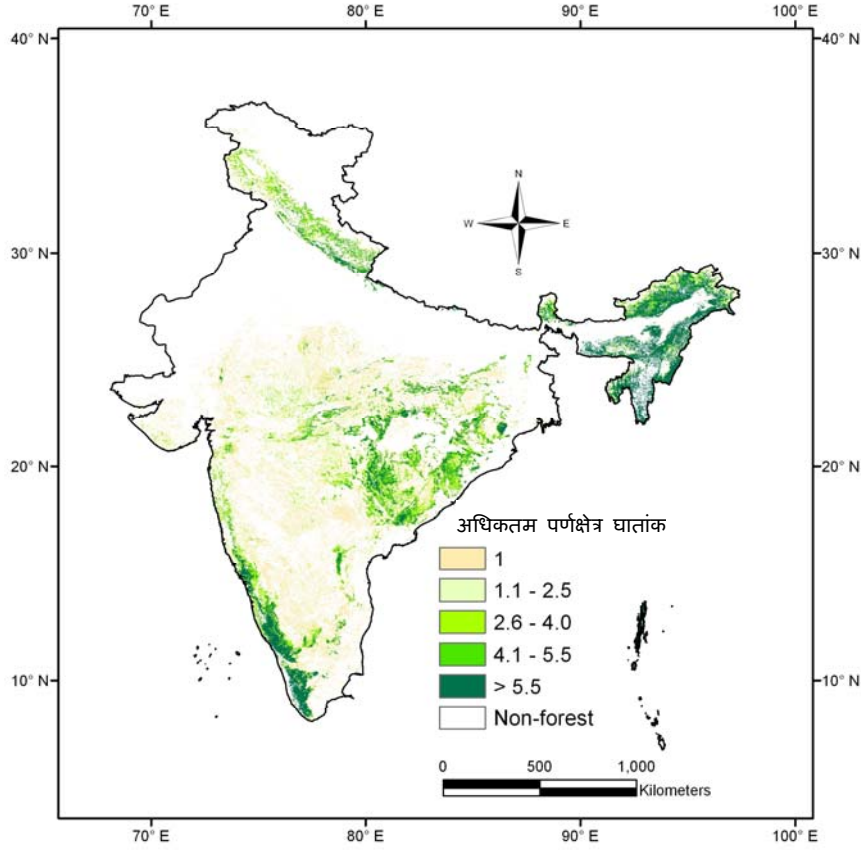
वर्ष 2005के आंकड़ों का आंकलन का तात्पर्य एक साधारण वर्ष में ऋतुवीय प्रोफाइल का अध्ययन करना था। औसत ऋतुवीय पर्णक्षेत्र घातांक चित्रामों से यह ज्ञात हुआ कि भारतीय वनों में अधिकतम हरियाली शरद ऋतु में देखी जा सकती है। इस दौरान उत्तर पूर्व, मध्य भारत के कुछ क्षेत्रों में, पश्चिम घाट के वनों में अधिकतम 6.9पर्णक्षेत्र घातांक आंका गया है। इसके विपरीत ग्रीष्म ऋतु में देश के अधिकतर क्षेत्रों में वन पर्णक्षेत्र घातांक 0.5से कम आंका गया है। चित्र 3में भारतीय वनों के औसत पर्णक्षेत्र घातांक के ऋतुवीय चित्रामों के मानचित्रों को दर्शाया गया है।



चित्र 3

**चित्र 3 भारतीय वनों के औसत पर्णक्षेत्र घातांक का ऋतुवीय चित्राम**

वर्ष 2005 में पूरे देश के वनों को अधिकतम पर्णक्षेत्र घातांक मानचित्र दर्शाता है )चित्र (4कि पर्णक्षेत्र घातांक की पारसी -0.1 6.9 है तथा उत्तर-पूर्व , पश्चिम घाट क्षेत्र के वनों में अधिकतम पर्णक्षेत्र घातांक 5.5 से अधिक पाया गया है। मध्य भारत समेत देश के अधिकतर वन क्षेत्र में पर्णक्षेत्र घातांक 2.5 से कम पाया गया। क्षेत्रीय स्तर पर विस्तृत रूप में वनों की किस्मों के अनुसार विकसित पर्णक्षेत्र घातांक प्रोफाइल से कालिक विचरणों का ज्ञान होता है। मध्य भारत के उष्ण कटिबंधीय सदाबहार वनों में अधिकतम पर्णक्षेत्र घातांक 29) 3.9 अगस्त के सम्मिश्र में (देखा गया तथा उत्तर-पूर्व में यह ) 5.3 सितंबर 13 के सम्मिश्र में (आंका गया।



**चित्र 4 भारतीय वनों के अधिकतम पर्णक्षेत्र घातांक का मानचित्र**

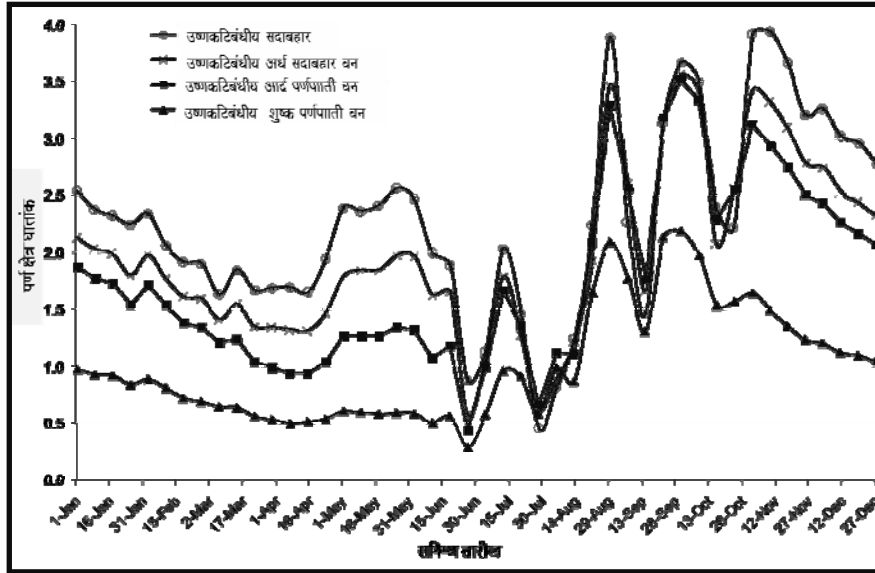
सुदूर संवेदन आधारित भू-उपयोग/भू-आवरण वर्गीकरण के अनुसार क्षेत्रफल की दृष्टि से भारतीय वन क्षेत्र का सर्वाधिक अंश 27.1% उष्णकटिबंधीय शुष्क पर्णपाती वन द्वारा आवरित है। इस वर्गीकरण के अनुसार भारतीय वनों की विभिन्न किस्मों के अंतर्गत क्षेत्र सांख्यिकी का विवरण तालिका 1-में प्रस्तुत किया गया है।

तालिका 1-: भारतीय वन किस्मों की क्षेत्रफल सांख्यिकी

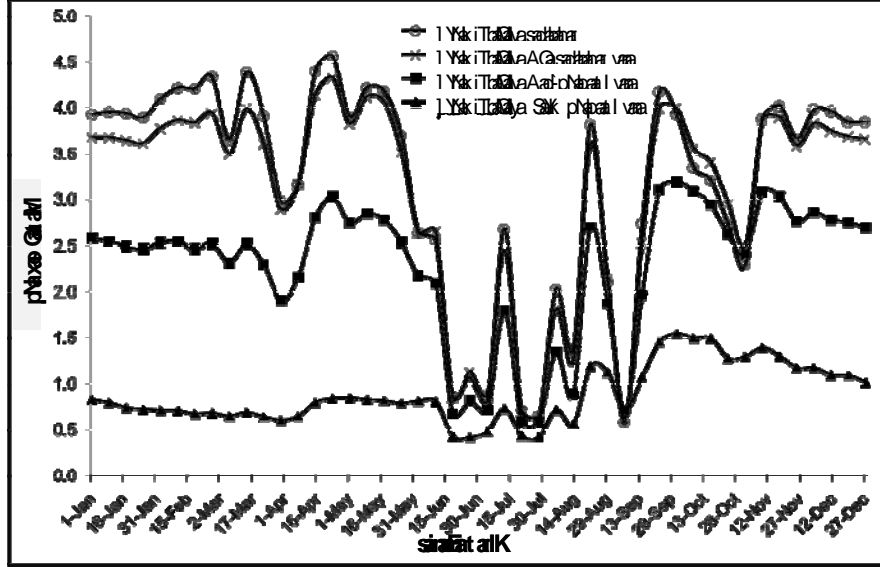
| वन किस्म                        | प्रतिशत क्षेत्रफल )कुल वन क्षेत्र( |
|---------------------------------|------------------------------------|
| उष्णकटिबंधीय सदाबहार वन         | 3.71                               |
| उष्णकटिबंधीय अर्धसदाबहार वन     | 8.46                               |
| समशीतोष्ण शंकुवृक्ष वन          | 3.48                               |
| उष्णकटिबंधीय आर्द्र पर्णपाती वन | 11.43                              |
| उष्णकटिबंधीय शुष्क पर्णपाती वन  | 27.05                              |
| अन्य*                           | 45.87                              |

\*उप उष्णकटिबंधीय सदाबहार वन ,समशीतोष्ण चौड़े पर्णपाती वन ,उप उष्णकटिबंधीय शंकुवृक्ष ,जूनीपर ,आम्रकुंज ,शुष्कवृक्ष ,उत्तर एवं दक्षिणी कटीले वन/झाड़ ,पतित वन

आर्द्रपर्णपाती वनों में शुष्क पर्णपाती वनों की अपेक्षा अधिक पर्णक्षेत्र घातांक देखने को मिलता है क्योंकि उनकी वितान एवं पर्णवृद्धि अधिक होती है। मध्य भारत के प्रमुख वन किस्मों की अपेक्षा पश्चिमी घाट की वन किस्मों में पर्ण क्षेत्र घातांक अधिक आंका गया है। वर्षा की बहुतायत ,अनुकूल जलवायु के कारण पश्चिमी घाट में वनों का घनत्व व पर्णक्षेत्र अधिक देखा गया है। कालिक आंकड़ों के विश्लेषण से यह ज्ञात हुआ कि शीत ऋतु में पर्णक्षेत्र घातांक साधारणतः कम रहता है और मानसून में यह बढ़ता हुआ शरद ऋतु में सर्वाधिक होता है। चित्र 5में मध्य भारत )अ (व पश्चिमी घाट )ब (में प्रमुख वन किस्मों के पर्णक्षेत्र घातांक को तुलनात्मक रूप में दर्शाया गया है।



चित्र ) 5अ (मध्य भारत के विभिन्न वन किस्मों के पर्णक्षेत्र घातांक का स्थानिक चित्राम



चित्र ) 5ब (पश्चिमी घाट में विभिन्न वन किस्मों के पर्णक्षेत्र घातांक का स्थानिक चित्राम

पर्णक्षेत्र घातांक वनों के वनस्पति घटना विज्ञान की विभिन्न पदों को समझने के लिये महत्वपूर्ण परिवर्ती है। दास एवं अन्य (2010)ने मेरीस (MERIS) संवेदक के स्थलीय क्लोरोफिल घातांक को प्रयोग करके केवल आमतौर पर भारतीय वनस्पतिओं के वनस्पति घटना विज्ञान की विभिन्न पदों को प्रस्तुत किया, परन्तु इस अध्ययन द्वारा प्राप्त पर्णक्षेत्र घातांक के चित्राम प्रत्येक वन किस्म के घटना विज्ञान को विस्तार से समझने में अवश्य ही बहुत महत्वपूर्ण निवेश है। मोडिस एलएआई उत्पाद को विकसित करने में सतही परावर्तकता एवं भू-उपयोग/भू-आवरण वर्गीकरण के निवेशों में अनिश्चितताओं के कारण भारतीय वन पर्ण क्षेत्र आंकड़ों के आंकलन में कुछ अनिश्चितताएं निहित हो सकती हैं। पंडया एवं अन्य (2003)ने भोपाल एवं इंदौर के कृषि क्षेत्रों पर पर्ण क्षेत्र घातांक के सतही मापन के साथ यह निष्कर्ष दिया कि मोडिस एलएआई उत्पाद पर्णक्षेत्र घातांक को अधिक आंकता है। अतः प्रस्तुत अध्ययन से प्राप्त परिणामों के वैधीकरण के लिये सतही मापन आवश्यक हैं।

## .6निष्कर्ष

वन पारिस्थिती एवं जलवायु परिवर्तनों के प्रभावों की दृष्टि से भारतीय वनों के पर्णक्षेत्र घातांक का अध्ययन एक महत्वपूर्ण वैज्ञानिक शोध विषय है। इस अध्ययन के परिणामों से भारतीय वनों में पर्णक्षेत्र घातांक का ऋतुवीय, स्थानिक एवं कालिक विचरणों का विस्तृत ज्ञान होता है। भारतीय वनों में अधिकतम पर्णक्षेत्र घातांक 6.9आंका गया तथा शरद ऋतु (सितंबर-अक्तूबर माह (में भारतीय वनों में अधिकतम हरियाली देखी जाती है। सदाबहार वनों का पर्णक्षेत्र घातांक अन्य वन किस्मों की अपेक्षा अधिक रहता है। इस अध्ययन के परिणाम भारतीय वनों के वनस्पति घटना विज्ञान पदों को समझने में विशेष सहायक सिद्ध होंगे। जलवायु परिवर्तन की दृष्टि से वनों के विभिन्न पारिस्थिती माडल के लिये भी यह परिणाम महत्वपूर्ण रूप से डाटा निवेश हैं।



### आभार

प्रस्तुत अध्ययन इसरो के 'सुदूर संवेदी आंकड़ों द्वारा भारतीय वनों के जैव जलवायु घातांकों की व्युत्पत्ति परियोजना' के अन्तर्गत किया गया। आभा छाबड़ा, श्री सी.पी. सिंह (वैज्ञानिक), एबीएचजी (से प्राप्त सुझावों के लिये उनके प्रति धन्यवाद प्रकट करती है। इस लेख के सुंदर टंकण के लिये वरिष्ठ हिंदी अधिकारी व हिंदी कक्ष के सभी सदस्य धन्यवाद के पात्र हैं।

### संदर्भ

1. एमओईएफ, (2009) भारतीय वन स्थिति रिपोर्ट, [www.fsi.nic.sur/str.2009.htm](http://www.fsi.nic.sur/str.2009.htm)
2. [http://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get\\_data/data\\_pool](http://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get_data/data_pool)
3. अग्रवाल, श, जोशी, पीके, शुक्ला, योगिता एवं राय, पी.एस. (2003), इवेल्यूशन आफ स्पाट वेजीटेशन मल्टी टेम्पोरल डाटा फार क्लासिफाइंग वेजीटेशन इन साऊथ एशिया, करेंट साइंस (11) 84: 1148-1140।
4. सिंह जे.एस. एवं कुशवाह एस.पी.एस, (2008). फारस्ट बायोडायवर्सिटी एंड इट्स कनसर्वेशन इन इंडिया। इंटरनेशनल फार्सेटरी रिव्यू(2)10, : 304-292।
5. ऐसनर, जी.पी., शरलोक, जे.एम.ओ., हिंके जे.ए (2003)। ग्लोबल सिंथेसिस ऑफ लीफ एरिया इंडेक्स आवजर्वेशनस : इम्प्लीकेशनस फॉर इकोलॉजिकल एंड रिमोट सेंसिंग स्टडीस, ग्लोबल इकोलॉजी एंड बायोजियोग्राफी 12, :205-191।
6. पंड्या एम.आर., चौधरी के.एन., सिंह आर.पी., सहगल वी.के., बैरागी जी.डी., शर्मा आर.एम. डढवाल वी.के., (2003)। लीफ एरिया इंडेक्स रिट्रीवल यूजिंग आईआरएस लिस-III सेंसर डाटा एंड वेलिडेशन ऑफ मोडिस एलएआई प्रोडक्ट ओवर मध्यप्रदेश, करेंट साइंस 85, : 1782-1777।
7. चैंपियन एच.जी. एवं सेठ एस.के., (1968)। अ रिवाइड सर्वे ऑफ फारस्ट टाइप्स ऑफ इंडिया, नई दिल्ली, भारत सरकार पब्लिकेशन।



## ऐलोस-पलसार डेटा द्वारा कच्छ की खाड़ी, गुजरात में समुद्र तटीय भू-उपयोग/भू-आवरण का अध्ययन

मोहित कुमार, रतीश रामकृष्णन एवं ए.एस. राजावत  
भूविज्ञान विभाग, समुद्री, भू तथा ग्रहीय विज्ञान वर्ग  
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद  
ईमेल – [mohitk@sac.isro.gov.in](mailto:mohitk@sac.isro.gov.in)

### सारांश

कच्छ की खाड़ी, गुजरात में समुद्र तटीय भू-उपयोग/भू-आवरण प्रकारों के अध्ययन में ऐलोस-पलसार डेटा की क्षमता का मूल्यांकन किया गया। भू-उपयोग/भू-आवरण प्रकारों की पहचान अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में उपलब्ध समुद्र तटीय सूचना तंत्र (CZIS) डेटाबेस से की गयी। पलसार डेटा द्वारा पहचाने गए भू-उपयोग/भू-आवरण प्रकारों, की तुलना भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह (IRS)-पी6 (P6) ऐविफ्स (AWIFS) द्वारा पहचाने गए भू-उपयोग/भू-आवरण प्रकारों से की गई। पलसार और ऐविफ्स डेटा को एकीकृत कर भी भू-उपयोग/भू-आवरण प्रकारों का अध्ययन किया गया। एकीकरण के लिए ऐविफ्स डेटा से “प्रसामान्यीकृत विभेदी वनस्पति सूचकांक” (एनडीवीआई, NDVI) प्राप्त किया गया। फिर, ऐविफ्स डेटा के हरे एवं लाल बैंड का औसत निकाला गया। तत्पश्चात, इन दोनों को पलसार डेटा के साथ एकीकृत किया गया। एकीकरण के फलस्वरूप प्राप्त छवि से भू-उपयोग/भू-आवरण प्रकारों का अध्ययन किया गया एवं पूर्व में किए गए पलसार एवं ऐविफ्स डेटा द्वारा अध्ययन, से इसकी तुलना की गई। एकीकृत उत्पाद समुद्र तटीय भू-उपयोग/भू-आवरण प्रकारों के दृष्टीय विवेचन में अधिक उपयोगी सिद्ध हुआ।

उपक्रम – जापान एयरोस्पेस अन्वेषण एजेंसी (JAXA) द्वारा प्रमोचित एच-॥ए यान ने 24 जनवरी, 2006 को “उन्नत भू-अवलोकन उपग्रह” (ALOS) को अंतरिक्ष में भूमध्य रेखा से 691.95 कि.मी. की ऊँचाई पर स्थापित कर दिया। इस उपग्रह में धरा के सुदूर संवेदन हेतु तीन यंत्र हैं –

प्रिज्म (PRISM) – त्रिविम मानचित्रण हेतु पैनक्रोमैटिक सुदूर संवेदी यंत्र। इसका स्पेशियल रिजोल्यूशन 2.5 मी है।

अवनीर-2 (AVNIR-2) उन्नत दृश्य एवं अवरक्त रेडियोमीटर प्रकार-2.

उन्नत दृश्य एवं अवरक्त रेडियोमीटर की संरचना भू एवं समुद्र तटीय क्षेत्रों के अवलोकन के उद्देश्य से की गई है। इसका स्पेशियल रिजोल्यूशन 10 मी है।

पलसार – फेसड एरे एल-बैंड सिंथेटिक अपर्चर रडार। यह एक सक्रिय माइक्रोवेव संवेदक है, जिसका स्पेशियल रिजोल्यूशन फाइन मोड (महीन प्रणाली) में 10 मी एवं स्कैनसार मोड में 100 मी है। इन दोनों प्रणालियों में इसका अवलोकन प्रमार्ज क्रमशः 70 कि.मी. एवं 250-350 कि.मी. है

एएलओएस: मुख्य विनिर्देश  
प्रमोचन तिथि जनवरी 24, 2006  
प्रमोचन यान एच-11ए  
प्रमोचन स्थल तानेगासिमा अंतरिक्ष केंद्र, जापान  
अंतरिक्ष यान का भार लगभग 4 टन  
कक्षा सूर्यतुल्यकालिक,  
पुनरावर्तन चक्र: 46 दिन  
तुंगता : 691.65कि.मी. (विषुवत रेखा के ऊपर)  
कक्षा नति : 98.16 °

### चित्र- 1 एलोस पलसार के मुख्य विनिर्देश

फाइन मोड में पलसार संवेदक एकल ध्रुवीकरण (HHorVV), द्वि ध्रुवीकरण (HH+HV or VV+VH) या फिर संपूर्ण ध्रुवीकरण (HH+HV+VH+VV) में डेटा प्राप्त कर सकता है, परंतु स्कैनसार मोड में यह सिर्फ एकल ध्रुवीकरण में ही काम करता है।

जैक्सा ने एलोस डेटा के उपयोग हेतु 12 श्रेणियाँ चिह्नित की हैं, जिसमें से एक है, भू-उपयोग/भू-आवरण का अध्ययन।

अध्ययन क्षेत्र – कच्छ की खाड़ी, भारत के पश्चिमी समुद्र तटीय क्षेत्र के उत्तरी भाग में अवस्थित है। इसकी लंबाई करीब 180 km एवं, चौड़ाई पश्चिम में 70 कि.मी. से लेकर पूर्व में कांडला व नवलाखी बंदरगाहों के मध्य कुछ सौ मीटर तक है (वेथामोनी एवं बाबू, 2010)। इसका अक्षांश-देशांतर निम्नलिखित है –

अक्षांश 22° 30' – 22° 40' उत्तरी  
देशांतर 69° 46' – 69° 65' पूर्वी



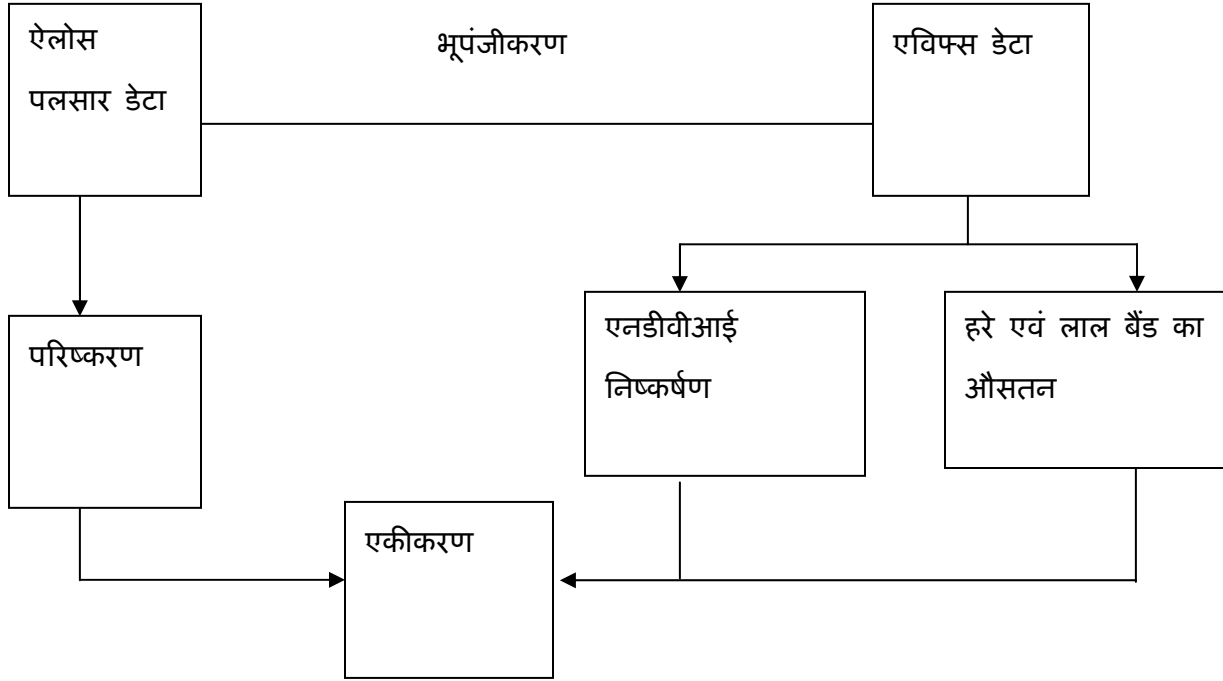
### चित्र- 2 एलोस पलसार डेटा में दृश्य कच्छ की खाड़ी

डेटा – एल बैंड (एचएच) स्कैनसार मोड के पलसार डेटा का उपयोग किया गया। तुलनात्मक अध्ययन के लिए Path 93, Row 56 के एैविफ्स डेटा का उपयोग किया गया। दोनों डेटा की तिथियाँ निम्नलिखित हैं –

पलसार (एल बैंड एच एच) – 18/08/2007

एैविफ्स – 23/01/2007

अध्ययन प्रविधि – पलसार डेटा में दृष्टीय विवेचन द्वारा भू-उपयोग/भू-आवरण प्रकारों की पहचान अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में उपलब्ध समुद्र तटीय सूचना तंत्र (CZIS) डेटाबेस द्वारा की गई। इसका तुलनात्मक अध्ययन एैविफ्स डेटा के साथ किया गया। पलसार एवं एैविफ्स के एकीकरण की विधि निम्नलिखित प्रवाह संचित्र में दर्शायी गयी है –

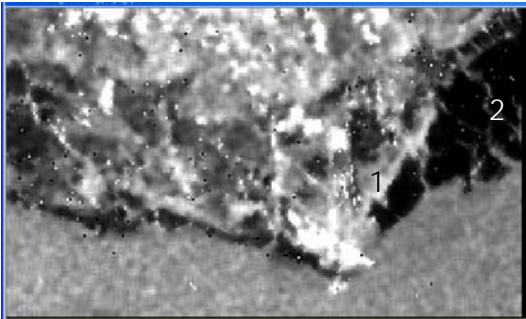


चित्र-3 – पलसार व ऐविफ्स के एकीकरण की विधि का प्रवाह संचित्र

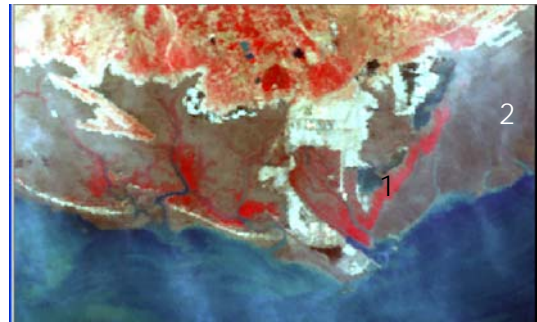
परिणाम व व्याख्या – माइक्रोवेव संवेदक, लक्ष्य की ज्यामिति एवं उसमें नमी की मात्रा के अनुसार संवेदन करता है। अतः यदि लक्ष्य की सतह उबड़-खाबड़ एवं असमतल है तो उससे अधिक परावर्तन प्राप्त होगा। यदि सतह समतल है तो वह गहरे काले रंग की दिखती है।

अध्ययन को सुविधाजनक बनाने के लिए, दृश्य को छोटे-छोटे भागों में विभाजित किया गया।

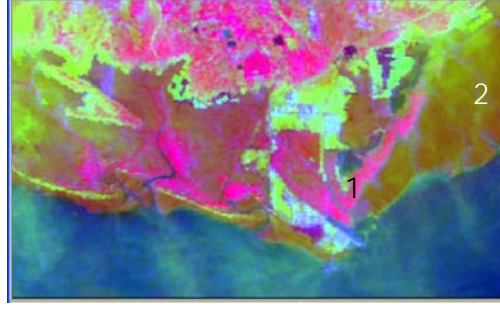
मुन्द्रा बंदरगाह – इस बंदरगाह के पास में स्थित पंकसम भूमि क्षेत्र, गहरे काले रंग का दिखता है। इसमें कई दरारें (creeks) भी स्पष्ट दृष्टिगोचर होती हैं। यह दरारें ऐविफ्स डेटा में इतनी स्पष्ट नहीं दिखती। पतन पर मानव निर्माण अधिक परावर्तन, पलसार डेटा में देता है। इस पतन में एक जेटी है, जो कि पलसार डेटा में अधिक दृश्य है।



चित्र 4 पलसार डेटा में दृश्य मुन्द्रा पतन



चित्र 5 एविफ्स डेटा में दृश्य मुन्द्रा पतन



चित्र 6 एकीकृत डेटा में दृश्य मुन्द्रा पतन

1. मैग्रोव वनस्पतियाँ 2. पंकसम भूमि क्षेत्र

मुन्द्रा पतन के पूर्वी ओर मैग्रोव वनस्पतियाँ, पंकसम भूमि पर दृष्टव्य हैं। गहरे रंग की पंकसमभूमि पर, इन वनस्पतियों के हस्ताक्षर, पलसार डेटा में हल्के परंतु प्रज्वलित हैं। इन वनस्पतियों की पहचान, इनके पंकसमभूमि पर विकसित होने की विशेषता से भी की गयी।

एकीकृत डेटा में, मैग्रोव वनस्पतियों का दृष्टीय विवेचन अधिक स्पष्ट है। रंगों के परिवर्तन से इन वनस्पतियों की सघनता एवं ऊँचाई का परिणाम मिलता है। गहरे लाल रंग में सघन एवं छोटी ऊँचाई की मैग्रोव वनस्पतियाँ हैं जबकि मजँटा रंग का अर्थ इनके घनत्व में आई कमी एवं इनकी ऊँचाई में वृद्धि को दर्शाता है (रउफ व लिचटे नेगर, 1997)। गहरे हरे रंग का अर्थ चिकनी मृदा है जिस पर कोई वानस्पतिक आवरण नहीं है। बीच (beach) हल्का हरा रंग लिए एवं सीधी रेखा के समान एकीकृत डेटा में स्पष्ट दिखता है। यह पलसार डेटा में स्पष्टतया चिह्नित नहीं किया जा सका।

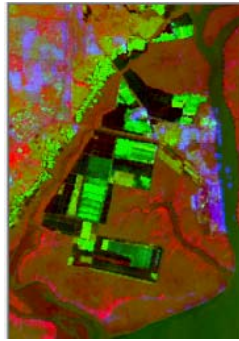
काँदला पतन – पलसार डेटा में साल्ट पैन की ज्यामिति तो स्पष्ट दिखती है परंतु साल्ट पैन की सीमा को उत्तर में ठीक तरह से चिह्नित नहीं किया जा सका। कान्दला पतन के उत्तर-पूर्व में स्थित शहरी इमारतें एकीकृत डेटा में स्पष्ट दिखती है।



चित्र 7 पलसार डेटा में दृश्य काँदला पतन

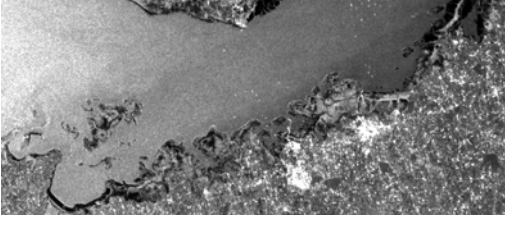


चित्र 8 एविफ्स डेटा में दृश्य काँदला पतन



चित्र 9 एकीकृत डेटा में दृश्य काँदला पतन

प्रवाल भित्तियाँ – पलसार डेटा में कच्छ की खाड़ी में अवस्थित प्रवाल भित्तियाँ अपने असामान्य रूप के कारण स्पष्टतया दृष्टिगोचर हैं। ये भित्तियाँ मुख्य रूप से तटीय भित्तियों की श्रेणी में आती है।



चित्र 10 पलसार डेटा में दृश्य भित्तियाँ

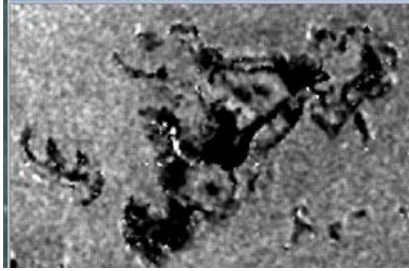


चित्र 11 एविफ्स डेटा में दृश्य भित्तियाँ

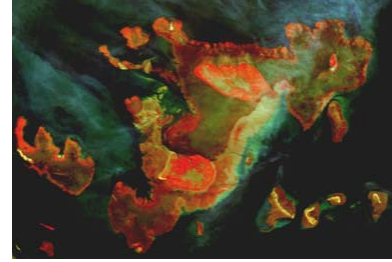


चित्र 12 एकीकृत डेटा में दृश्य भित्तियाँ

बुराल चंक प्रवाल भित्ति – कच्छ की खाड़ी में अवस्थित भित्तियों में सर्वाधिक क्षेत्रफल वाली यह भित्ति एक प्लेटफार्म भित्ति है। यह भित्ति तीन प्रायद्वीपों के गिर्द विकसित हुई है, जिसमें सबसे छोटा प्रायद्वीप चंक है। यह प्रायद्वीप पलसार डेटा में स्पष्ट नहीं दिखता है। एविफ्स डेटा में यह प्रायद्वीप स्पष्ट दिखता है। एकीकृत डेटा में भी यह प्रायद्वीप स्पष्टतया दृष्टिगोचर है।

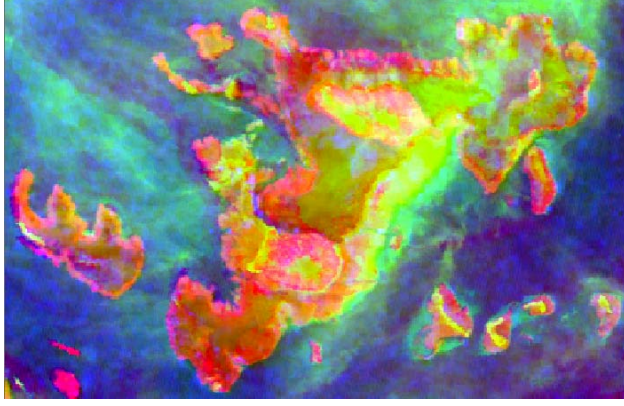


चित्र 13 पलसार डेटा में दृश्य बुराल चंक प्रवाल भित्ति



चित्र 14 एविफ्स डेटा में दृश्य बुराल चंक प्रवाल भित्ति





चित्र 15 एकीकृत डेटा में दृश्य बुराल चंक प्रवाल भित्ति

निष्कर्ष – यह अध्ययन पलसार (L-band HH) डेटा स्कैनसार मोड द्वारा भू-आवरण / भू-उपयोग के प्रकारों की पहचान हेतु किया गया। स्पष्टतया चिन्हित भू-उपयोग / भू-आवरण प्रकार हैं- पंकसमभूमि क्षेत्र, मेंग्रोव वनस्पतियाँ, बंदरगाह पर मानव निर्माण यथा इमारतें एवं जेटी, बीच (beach), पादप आवरण रहित मृदा तथा प्रवालभित्तियाँ। एकीकरण द्वारा दो भिन्न संवेदकों से प्राप्त सूचनाएँ संगठित की जा सकीं। एक तरफ जहाँ ऑप्टिकल डेटा द्वारा वानस्पतिक एवं अवसादन कारकों के हस्ताक्षर गुरूतर हुए तो पलसार डेटा द्वारा सतह की बनावट व उसकी असमतलता प्रकाशित हुई।

संदर्भ

- (1) [http://www.alos-restec.jp/studytheme\\_e.html](http://www.alos-restec.jp/studytheme_e.html)
- (2) वेथामोनी पी. एवं बाबू, टी.एम. (2010) इन्डियन जर्नल ऑफ जिओ मैरिन साइंस, वॉ. 39(4), पृ.7-503.
- (3) रउफ, ए एवं लिचटेनेगर जे. (1997) Integrated use of SAR and optical data for coastal zone management, available at <http://earth.esa.int/workshops/ers97/papers/lichtenneger>.



## ब्रह्मपुत्र बेसिन के तिस्ता उप-बेसिन की सुदूर संवेदन एवं भौगोलिक सूचना प्रणाली पर आधारित हिमनद सूची

वान्या वाजपेयी, ए.के.शर्मा, सुशील कुमार सिंह एवं अजय

इ-मेल : vanya@sac.isro.gov.in

फोन नं. 4134/4143

### 1. सारांश

हिमनद सूची, महत्वपूर्ण हिमनद मापदंडों के बारे में जानकारी प्राप्त करने के लिए व उनकी मात्रा, उनका भौगोलिक वितरण और बर्फ क्षेत्रों की भिन्नता जो कि आसपास के इलाकों का जल संतुलन के लिए जिम्मेदार है ब्रह्मपुत्र के तिस्ता उप-बेसिन के लिए तैयार की गयी है। इस जानकारी को प्राप्त करने के लिए सुदूर संवेदन के डेटा का उपयोग किया गया है जिसको भौगोलिक सूचना प्रणाली के माहौल में प्रक्रमित किया है। सिक्किम हिमालय में तिस्ता उप-बेसिन 8170 कि.मी.<sup>2</sup> क्षेत्र को अच्छादित करता है। 2004-08 की अवधि का बहु-तारीख उपग्रह डेटा का विश्लेषण हिमनद आयाम, अभिविन्यास, ऊँचाई व हिमनदों की सुविधाओं आदि को चित्रित करने के लिए इस्तेमाल में लाया गया है। वर्णक्रमीय विशेषताओं व हिमनद सुविधाएं का आंकलन जी.आई.एस. वातावरण में, आई.आर.एस. लिस तृतीय, एविफ्स व एसाअरटीएम अंकीय उच्चावच माडल (डीईएम) और अन्य सहायक डेटा के साथ किया गया है। इस हिमनद सूची में यूनेस्को टीटीएस द्वारा निर्धारित मानदंडों का पालन किया गया है। इस अध्ययन से हमें यह ज्ञात होता है कि, तिस्ता उप बेसिन में हर प्रकार के हिमनद हैं, छोटे जो कि 1.13 कि.मी.<sup>2</sup> क्षेत्रफल अच्छादित करते हैं और बड़े हिमनद जो 150.44 कि.मी.<sup>2</sup> क्षेत्रफल में फैले हुए हैं। कुल 395 इसी प्रकार के हिमनद 127.46 कि. मी.<sup>2</sup> में फैले हुए हैं। यहाँ पर हिमनद 4860 मीटर से ऊँचाई से शुरू होते हैं और 4398 मीटर की ऊँचाई तक पाए जाते हैं और ज्यादातर हिमनद दक्षिणी और दक्षिण-पश्चिमी मुखी हैं। तिस्ता उप-बेसिन का अपक्षरण क्षेत्र संचय क्षेत्र से काफी कम है जो कि इस तथ्य की ओर इशारा करता है कि, तिस्ता बेसिन के हिमनद स्वस्थ हैं व यह बेसिन आने वाले वर्षों में काफी स्थायी रहेगा।

### 2. परिचय

हिमनद जलवायु परिवर्तन के बारे में जानकारी का सबसे महत्वपूर्ण और सीधा स्रोत प्रदान करते हैं (नैसजे और दाहल, 2000)। हिमालय और मध्य एशिया की अन्य पर्वत श्रृंखला में हिमनदों ने बड़े क्षेत्रों को ढक रखा हैmmmm। ये हिमनद मंगोलिया, पश्चिमी चीन, पाकिस्तान, अफगानिस्तान और भारत जैसे शुष्क देशों के लिए महत्वपूर्ण पानी की आपूर्ति प्रदान करते हैं। हजारों कि. मी.<sup>2</sup> के क्षेत्र को हिमनद की चादर ढकती है, और इसलिए हिमनद हिमालय का एक महत्वपूर्ण घटक बनाते हैं (दायूरजैरोव और मायर, 2005 ; कौल, 1999)। मध्य एशिया में उनके विकास की निगरानी अत्यधिक आवश्यक है क्योंकि हिमनदों के पिघलने से समुद्र स्तर बढ़ने का मुद्दा पैदा हो सकता है (कैसर, एट.अल, 2006)। हिमनद सूची न केवल इन संसाधनों का नक्शा बनाने का एक कारागार तरीका है, बल्कि बदलते वैश्विक परिदृश्य वातावरण की वजह से हिमनद आयाम में किसी परिवर्तन की निगरानी करने के लिए भी सहायक है।

अंतरिक्ष से हिमनदों के विभिन्न लक्षणों (जैसे संचय क्षेत्र, अपक्षरण क्षेत्र, स्थायी बर्फ क्षेत्र, थूथन, अनावृत्त घाटी) की कुशलतापूर्वक पहचान करने के लिए सुदूर संवेदन जैसी नई तकनीक का इस्तेमाल किया गया है।



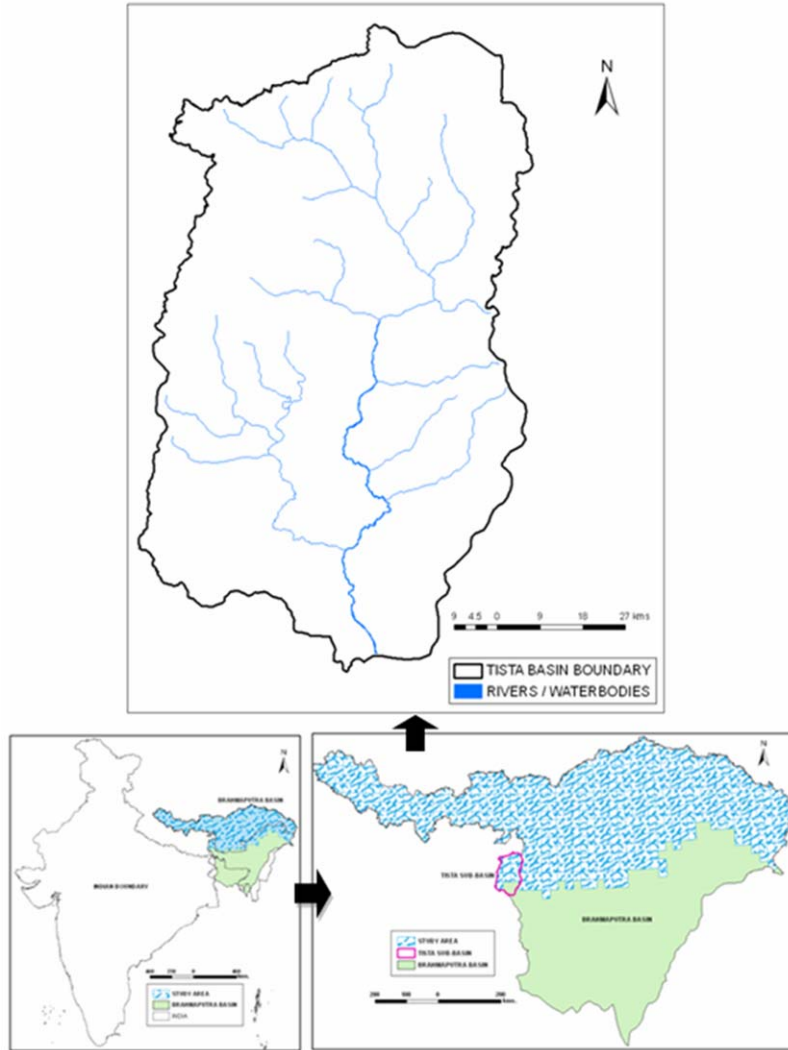
बहु-लौकिक आई.आर.एस.लिस तृतीय प्रतिबिंब चित्र के एफसीसी से और अन्य सहायक आंकड़े मुख्य निविष्टियाँ हैं जिससे हिमनद आकृतिक नक्शे तैयार किए गए हैं।

संयुक्त राष्ट्र अस्थाई तकनीकी सचिवालय के द्वारा ३७ प्राचलों (जैसे हिमनदों की लंबाई व चौड़ाई ; समुद्र स्तर के ऊपर की ऊँचाई; अभिमुखीकरण ; आदि) और ११ अतिरिक्त प्राचलों से संबंधित जानकारी जैसे हिमनद झील आदि का समन्वय करके प्रत्येक हिमनदों के लिए आंकड़े अच्छी तरह से परिभाषित प्रारूप में तैयार किए गए हैं।

इस व्यवस्थित सूची में 1.50,000 मापक्रम के नक्शे तैयार किए गए हैं व भौगोलिक सूचना प्रणाली में अंकीय डेटाबेस का निर्माण किया गया है।

### 3. अध्ययन क्षेत्र

ब्रह्मपुत्र नदी की सहायक नदी, तिस्ता नदी के हिमनदीय क्षेत्र के लिए यह हिमनदी सूची को तैयार किया गया है। यह अध्ययन क्षेत्र चित्र क्रमांक 1 में दर्शाया गया है।



चित्र क्रमांक 1. हिमनद सूची का अध्ययन क्षेत्र

तिस्ता नदी जो कि सिक्किम हिमालय से बहती है भारत के लिए जल का एक महत्वपूर्ण स्रोत है। ब्रह्मपुत्र के 27 बेसिनों में से यह एक बेसिन है जो कि पूर्णतया भारत में ही स्थित है। इस बेसिन का क्षेत्रफल 8170 कि.मी.<sup>2</sup> है। यह बड़े ब्रह्मपुत्र बेसिन का एक छोटा सा हिस्सा है, परंतु इसका हिमनदीय क्षेत्र जो की समुद्र स्तर से 4618 मीटर की ऊँचाई से शुरू होता है, जल का ठोस भंडार है। यही वजह है कि यह अध्ययन इस नदी पर केंद्रित किया गया है।

### सामग्री और पद्धति

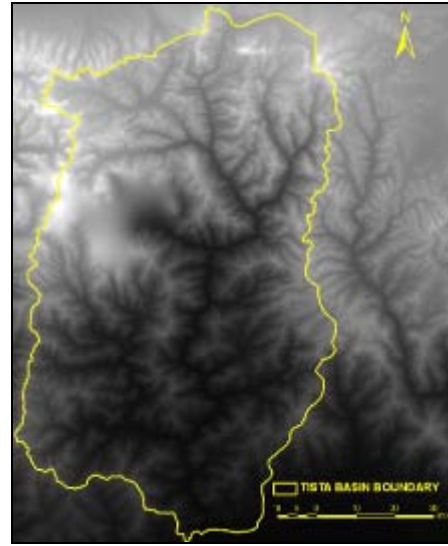
भारतीय दूरसंवेदी उपग्रह डेटा को (2004-08) हिमनद सूची के लिए नक्शे तैयार करने हेतु चिह्नित किया है। हिमनदीय अकृतियों का नक्शा तैयार करने के लिए अपक्षरण मौसम के समाप्ति का (जुलाई-सितंबर) भूकूटित डेटा का इस्तेमाल किया गया है जिसके 2(०.५२-०.५९ मीटर) ; ३(०.६२-०.६८ मीटर) और ४(०.७७-०.८६ मीटर) मानक बैंड संयोजन और अतिरिक्त स्वीर बैंड (१.५५-१.७० मीटर) प्रयोग में लाए गए हैं। चयनित अध्ययन क्षेत्रों के लिए बादल मुक्त चित्र एविफ्स डेटा से प्राप्त किए गए हैं। कुछ जगहों के लिए जहाँ २००४-०७ का डेटा उपलब्ध नहीं था उन क्षेत्रों के लिए २००२-०३ का डेटा इस्तेमाल में लाया गया है। (चित्र क्रमांक २ देखें)

(अ) एविफ्स प्रतिबिम्ब



(ब) शटल रडार टरेन मैपिंग मिशन

(एसाअरटीएम) अंकीय उच्चावच माडल (डीईएम)



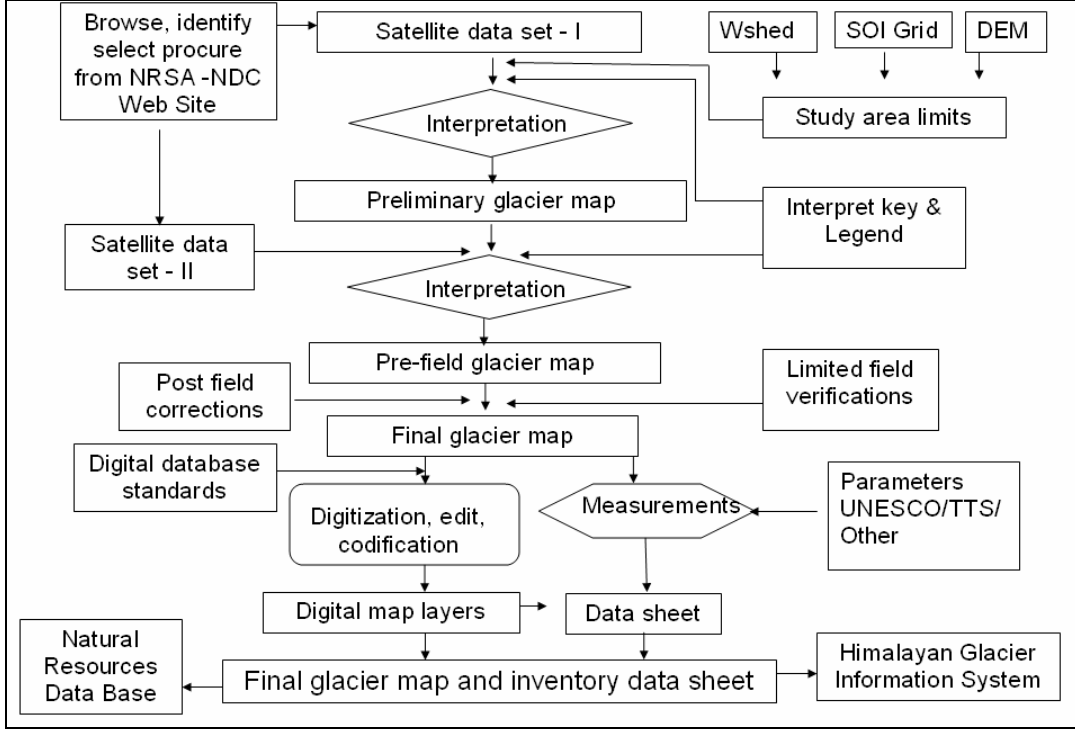
चित्र क्रमांक २. तिस्ता उप-बेसिन का उपग्रह डेटा पर अध्यारोपण

उपग्रह डेटा के अतिरिक्त, भारत की सिंचाई मानचित्रावली; मिट्टी व भूमि उपयोग सर्वेक्षण (एआईएस और एल्यूएस) के प्रकशित जल संभार मानचित्रावली; उपलब्ध हिमपात और हिमनदी के नक्शे (१:२५०,००० और अन्य पैमाने पर डेटा) इस्तेमाल में लाया गया है (अनौन, १९९०, बहुगुणा एट.अल. २००१; कुलकर्णी एट.अल.१९९९ और २००५; कुलकर्णी और बुच १९९१)। डीईएम जिसका निर्माण एसाअरटीएम डेटा से किया गया है हमें ऊँचाई की जानकारी देता है। सड़क ; ट्रेकिंग मार्ग; और मार्ग संकेतक नक्शे; राजनीतिक और भौगोलिक नक्शे हिमालयी हिमनदों पर प्रकाशित साहित्य का भी इस्तेमाल किया गया है।

अध्ययन का दृष्टिकोण प्रवाह संचित्र के रूप में चित्र क्रमांक ३ में दिखाया गया है। विषय परत, जैसे कि (i) आधार नक्शे की सूचना (ii) जल विज्ञान सूचना (iii) हिमनद और अनावृत्त घाटी की तैयारी व उनका एकाकीकरण जीआईएस वातावरण में किया गया है। इन वर्गीकृत परतों के बारे में सारणी क्रमांक १ में दर्शाया गया है (शर्मा एट.अल, २००८)।

| Sr. No.             | Theme                             | Remarks/ Contents   |
|---------------------|-----------------------------------|---|
| <b>A] Base Map</b>  |                                   |   |
| 1                   | Frame work                        | 5° 5' latitude-longitude tic points (background for all layers)   |
| 2                   | SOI map reference                 | 15°15' latitude-longitude grid and SOI reference no.  |
| 3                   | Country Boundaries**              | Country   |
| 4                   | State boundaries**                | State   |
| 5                   | District Boundary**               | District  |
| 6                   | Taluk Boundary**                  | Taluk   |
| 7                   | Roads                             | Metalled/unmetalled road, foot-path, treks, etc.  |
| 8                   | Settlement extent                 | Extent of habitation  |
| 9                   | Settlement location               | Location of habitation  |
| 10                  | Elevation DEM*                    | Image grid  |
| <b>B] Hydrology</b> |                                   |   |
| 11                  | Drainage lines                    | Streams with nomenclature   |
| 12                  | Drainage poly                     | Water body, river boundary with nomenclature  |
| 13                  | Watershed Boundary                | Watershed boundary and alphanumeric codes   |
| <b>C] Glacier</b>   |                                   |   |
| 14                  | Glacier boundary                  | Ablation, accumulation, snow cover areas, supra-glacial lake, de-glaciated valley, moraine dammed lake, etc               |
| 15                  | Glacier lines                     | Ice divide, transient snow line, centre line, etc.  |
| 16                  | Glacier point                     | Point locations representing coordinates for glacier, glacier terminus/snout, moraine dam lake, supra-glacier lakes, etc. |
| 17                  | Glacier elevation point locations | Glacier elevation point locations. highest/lowest values for glacier, moraine dam lake, supra-glacier lakes.              |

सारणी क्रमांक १. हिमनद सूची नक्शे व डेटा परतों को तैयार करने के लिए इस्तेमाल कि गयी थीम परतें (शर्मा एट.अल, २००८)

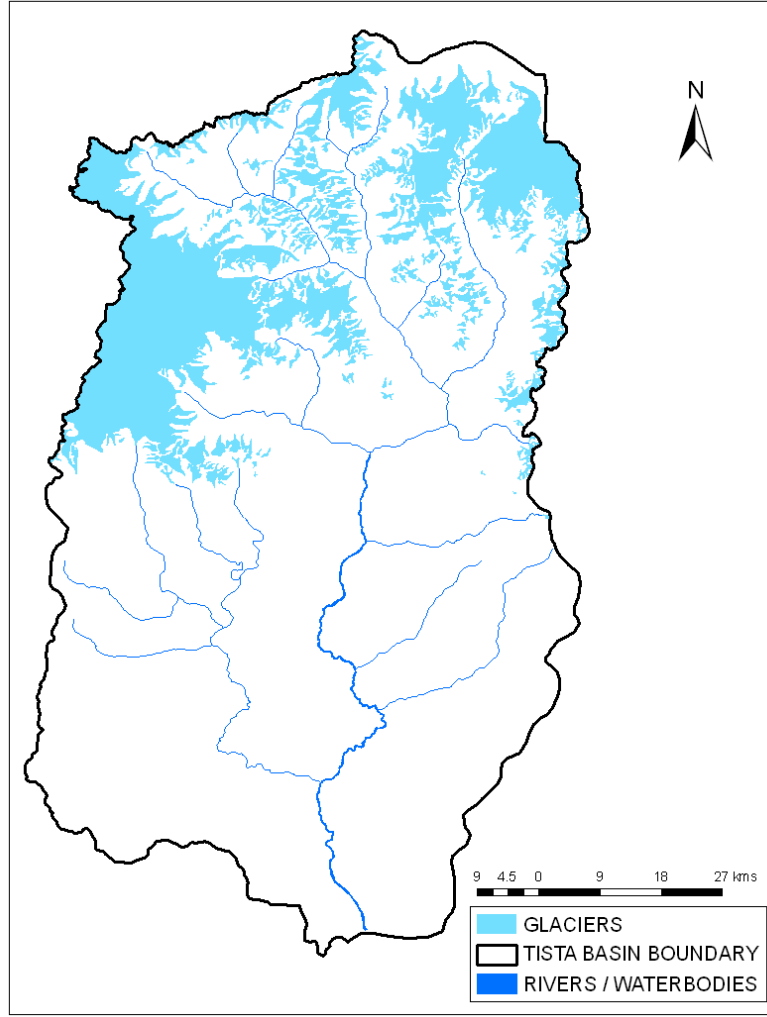


चित्र क्रमांक ३. हिमनद सूची का नक्शा व डेटा की पद्धति (शर्मा एट.अल,२००८)

जी.आइ.एस. वातावरण के द्वारा सूची डेटा पत्रक में सारणीबद्ध रूप से प्रत्येक हिमनदों को दर्ज की गई है। अनूठी हिमनद पहचान संख्या के द्वारा हिमनद सूची व हिमनद अकृतियों को जोड़ा जा सकता है।

#### 4. परिणाम और चर्चा

हिमनद सूची मानचित्रों के द्वारा तिस्ता उप-बेसिन में हिमनदों की उपस्थिति और स्थान वितरण को दर्शाया गया है (चित्र क्रमांक ४ देखें)। महत्वपूर्ण अकृतिक लक्षण प्रत्येक हिमनदों के लिए पूर्व निर्धारित रंग योजना से नक्शों के रूप में प्रतिचित्रित किए गए हैं। पहले प्रत्येक हिमनदों की बाहरी सीमा बनाई गई, तत्पश्चात् उन्हें आंतरिक अकृतियाँ जैसे अवक्षरण और संचय क्षेत्र में विभाजित किया गया है।



चित्र क्रमांक ४. तिस्ता उप-बेसिन की हिमनद सूची का नक्शा

अपक्षरण क्षेत्र को फिर दो और क्षेत्रों में विभाजित किया गया है जो कि अवक्षरण क्षेत्र हिम अनावृत व अवक्षरण क्षेत्र मलवा आवृत हैं। तीन प्रकार की मोरेन्स यानी मंडला, पार्श्व और अंतस्थ मोरेन्स को मोरेन-डैम्पड झीलों के साथ प्रतिचित्रित किया गया है। अनावृत घाटियाँ और हिमनदों के ऊपर पाई जाने वाली झीलों को भी अलग से चित्रित किया गया है व उनका नक्शा भी बनाया गया है।

हिमालय में बहने वाली ब्रह्मपुत्र नदी में कुल ५४४ मानचित्र परतों के लिए १:५०,००० पैमाने पर हिमनद सूची बनाई गई है। तिस्ता उप-बेसिन का ८१७० कि.मी.<sup>2</sup> क्षेत्र २३ मानचित्र परतों में आच्छादित है। इस सूची के परिणाम से पता चलता है कि ब्रह्मपुत्र बेसिन में २०५४२.७५ कि.मी.<sup>2</sup> हिमनदीय क्षेत्र जोकि लगभग १०१०६ हिमनदों से ढका हुआ है और इनकी अनुमानित बर्फ भी मात्रा २२५८.६७ कि.मी.<sup>2</sup> है। दूसरी ओर तिस्ता उप-बेसिन के १२७६.४६ कि.मी.<sup>2</sup> क्षेत्र फल को ३६५ हिमनद आवृत करते हैं। तिस्ता उप-बेसिन में कुल अपक्षरण क्षेत्र (तालिका क्रमांक २) (उजागर बर्फ और मलबे से आवृत क्षेत्र) से अधिक पाया गया है। अपक्षरण का पृष्ठीय क्षेत्रफल ४६४.६८ कि.मी.<sup>2</sup> जबकि संचयन क्षेत्र फल ७९१.४१ कि.मी.<sup>2</sup>

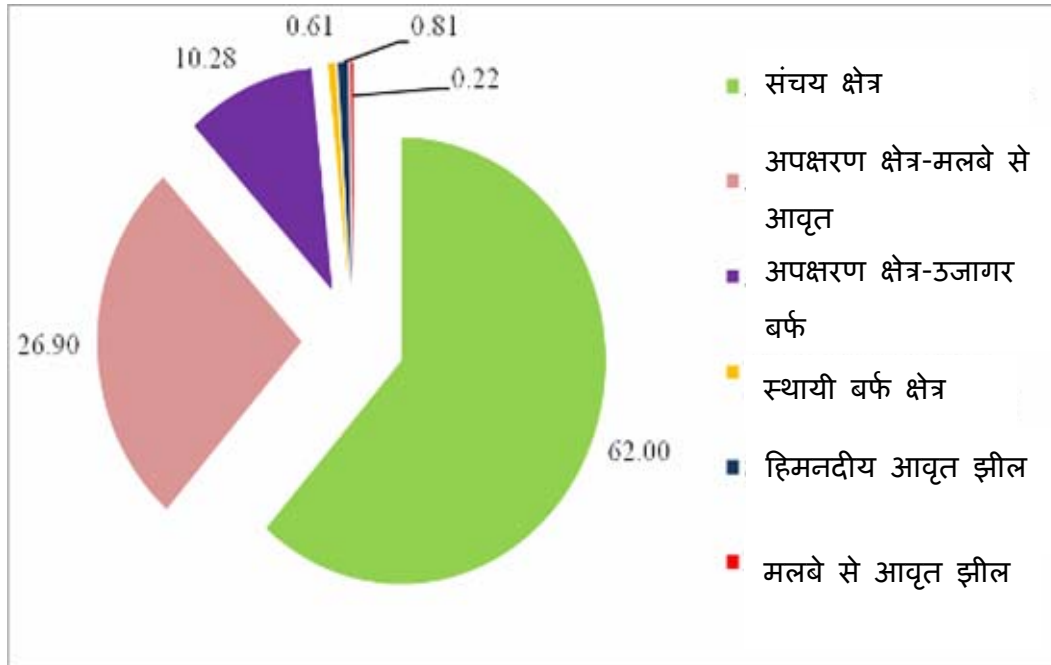
है। ये आंकड़े इस तथ्य को उजागर करते हैं कि जनवरी से सितंबर के महीनों के दौरान पर्याप्त मात्रा में बर्फबारी हुई है और अपेक्षाकृत अपक्षरण क्षेत्र से बर्फ की प्रवाह हानि कम हुई है।

हिमनद का अपक्षरण क्षेत्र मुख्य रूप से हवा के तापमान में निर्भर है। ज्यादा तापमान मतलब ज्यादा बर्फ की प्रवाह हानि। ऐसा कहा जा सकता है कि ऊँचाई कि वृद्धि के साथ अपक्षरण क्षेत्र में गिरावट कम हो जाती है। इस प्रकार, हिम नदों की ऊँचाई उनके अच्छे स्वास्थ्य के लिए भी जिम्मेदार है। तिस्ता उप-बेसिन में ४३९८ मीटर समुद्र स्तर की ऊँचाई पर हिमनद पाए जाते हैं।

अपक्षरण क्षेत्र में मलबे से आवृत क्षेत्र (३४३.४२ कि.मी.<sup>2</sup>) बर्फ उजागर क्षेत्र (१३१.२७ कि.मी.<sup>2</sup>) से अधिक है। इस बेसिन के हिमनदों के स्वास्थ्य की स्थिरता का संकेत तब प्राप्त हुआ जब संचय क्षेत्र अनुपात (ए.ए.आर.) की गणना की गई, जोकि अपेक्षाकृत उच्च पाया गया (०.६२)। दूसरी ओर, हिमनदीय मलबा हिमनद के पिघलने की प्रक्रिया को धीमा करता है और एक ढाल का कार्य करता है।

तिस्ता उप-बेसिन के लिए यह तथ्य कुछ हद तक सच साबित होता है कि हिमनदीय आवृत सील और मलबे से आवृत झील के कारण हिमालयी हिमनदी के पीछे हटने के संकेत आनेवाले समय से दिख सकते हैं।

६१ हिमनदीय आवृत झीलों का १०.३६ कि.मी.<sup>2</sup> के विस्तार में फैले है और २ मलबे से आवृत झीलों का २.७८ कि.मी.<sup>2</sup> क्षेत्रफल के हैं (चित्र क्रमांक ५ देखें)। यह एक दिलचस्प तथ्य है क्योंकि छोटी-छोटी बिंदुओं की तरह मिलकर यह काफी बड़ा क्षेत्र फल आच्छादित करते हैं, और झील फटने के कारण होने वाली बाढ़ से आबादी वाली जगहों पर निरंतर खतरा बना हुआ है।



चित्र क्रमांक ५. तिस्ता उप-बेसिन के अभिलक्षण (प्रतिशत में)

इस बेसिन में हर प्रकार के हिमनद है। छोटे हिमनद ०.१३ कि.मी.<sup>2</sup> से शुरू होते हैं और उनके विरुद्ध एक बड़ा हिमनद १५०.४४ कि.मी.<sup>2</sup> क्षेत्रफल में विस्तृत है। बड़े हिमनद तिस्ता नदी में भरपूर व निरंतर पानी के बहाव के लिए एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। आने वाले वर्षों में तिस्ता बेसिन कि स्थिरता का वास्तविकता को छोटे-छोटे स्थायी बर्फ के मैदान और अपेक्षाकृत उच्च ए.ए.आर. इंगित करते हैं। मतलब यहाँ का हिमनदीय क्षेत्र काफी स्थिर रहेगा और पानी का महत्वपूर्ण स्रोत बना रहेगा।

## 5. निष्कर्ष

हिमनदी से पिघलने वाला जल भारत की पर्वतीय नदियों के पुनःभरण का एक महत्वपूर्ण स्रोत है। हिमनद सूची केवल उसी समय की हिमनदी स्थिति को दर्शाते हैं, जिस समय उनको प्रतिचित्रित किया गया है। ऐसे डेटा का कोई भी अनुप्रयोग करने से पहले हमें हिमनदों की बदलती हुई स्थिति को ध्यान में रखना अनिवार्य है। ब्रह्मपुत्र बेसिन के तिस्ता उप-बेसिन की सूची हिमनदी के भीतर निहित सुविधाओं की जानकारी देने का महत्वपूर्ण स्रोत है। डीईएम और हिमनदी की रूपरेखा उपलब्ध होने के बाद उनके सभी मापदंडों की विस्तृत जानकारी की गणना की गई है। सबसे अधिक समय हिमनदों की अंकीकरण करने में लगता है। हिमनदी की अधिकतम और न्यूनतम ऊँचाई, अधिकतम व न्यूनतम चौड़ाई, उन्मुखीकरण जैसे अन्य प्राचल अतिरिक्त जानकारी प्रदान करते हैं और व्यावहारिक प्रयोजनों के लिए बहुत उपयोगी हैं। इस प्रकार का हिमनद सूची डेटाबेस दुनिया की एक बहुत बड़ी व महत्वपूर्ण संपत्ति है। अधिक जानकारी जैसे औसत गहराई और अयतन अगर हिमनद सूची में जोड़ दिए जाए तों, इससे कई महत्वपूर्ण प्रश्नों का जबाव मिल सकता है।

क्रायोस्फीयर में तेजी से हो रहे परिवर्तनों को ध्यान में रखते हुए सूची अंतराल (जोकि पहले ५० वर्षों में की जाती थी) की अबधि पर पुनःविचार करना चाहिए। अब चूंकि हम उपग्रह आधारित तकनीकों के तेजी से अपना रहे हैं, तो हमें आज की जरूरतों के हिसाब से इस स्तर की हिमनद सूची कम से कम एक दशक में कर ही लेनी चाहिए। इसके लिए न सिर्फ उच्च-विभेदन प्रकाशी प्रतिबिम्बिकी बल्कि संश्लेषी द्वारक रेडार (सार) प्रतिबिम्बिकी भी इस्तेमाल में लानी चाहिए।

इस डेटाबेस से निकले परिणाम हिमालय के हिमनद डेटाबेस का अद्यतन करने के लिए व गतिशीलता से स्थानीय जलवायु परिवर्तन के बारे में अधिक जानकारी प्रदान करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।

## संदर्भ

1. [http://eosweb.larc.nasa.gov/HPDOCS/misr/misr\\_html/yarlang\\_tsangpo.html](http://eosweb.larc.nasa.gov/HPDOCS/misr/misr_html/yarlang_tsangpo.html). यर्लुंगा ट्सान्गपो रिवर इन चाइना। आट्मोस्फेरिक डेटा साइन्स सेन्टर। रीट्राइव्ड २००७-०६-२७.
2. डोझिएर, ज., १९८४, स्नो अ रीफ्लेक्टैन्स फ्रॉम लैड्सैट-४ थीमैटिक मैपर, आइ.इ.इ.इ. ट्रान्स. जीओसाइन्सिस एंड रिमोट सेन्सिंग, जीई -२२ (३), ३२३-३२४।
3. हाल, डी.के., चैंग, ए.टी.सी., सिद्दलिनौअह, एच., १९८८, रीफ्लैक्टैन्स औफ ग्लैशियर्स ऐस कैल्क्युलेटेड यूजिंग लैड्सैट-५ थीमैटिक मैपर डेटा। रिमोट सेन्सिंग औफ इन्वाइरमेंट, २५, ३११-३२१।
4. ओस्ट्रीम, जी., १९७५, इ.आर.टी.एस. डेटा इन ग्लेशिओलोजी - एन एफौर्ट टू मौनिटर ग्लैशियर मास बैलेंस फ्रॉम सैटलाइट इमेजरी जर्नल औफ ग्लेशिओलोजी, १५ (७३), ४०३-४१५।
5. कन्ग एर्सि, लुइ चओहाइ, झी झिचु, लि झिन, घेन योन्गपिंग, २००९, असैस्मेंट औफ ग्लैशियर वाटर रिसोर्सिंस बेस्ड औन द ग्लैशियर इन्वैन्टरी औफ चाइना। एनल्स औफ ग्लेशिओलोजी ५०(५३), १०८-१०९।

6. रकोवितेअनु इ.ए., पौल एफ., रौप बी., खाल्सा एस. जे. एस., आम्ब्रोन्ग आर., २००९, चैलेनजेस ऐंड रिकमेन्डेशन्स इन मैपिंग औफ ग्लैशियर पैरामीटर्स फ्राम स्पेस: रिजल्ट्स औफ द २००८ ग्लोबल लैंड आइस मैजरमेंट्स फ्राम स्पेस (जी.अल.आइ.एम.एस.) वर्कशोप, बोल्डर, कोलोराडो, यू.एस.ए. एनल्स औफ ग्लेशिओलोजी ५५०(५३), ६६।
7. शर्मा ए.के., सिंह एस.के., कुलकर्णी ए.बी., २००६, टेक्निकल गाइडलाइन्स फार हिमालयन ग्लैशियर इन्वैन्टरी (इन्ड्स, गंगा and ब्रह्मपुत्र बेसिनस)। सैक/रीसीपा/एमिएस्जी-एसजिपी/टीएन २७/२००६।
8. ओह्मुर ए., २००९, कमप्लीटिंग द वर्ल्ड ग्लैशियर इन्वैन्टरी। एनल्स औफ ग्लेशिओलोजी ५० (५३), १४४।





## गेहूँ की फसल के पर्ण क्षेत्र घातांक की पुनःप्राप्ति के लिए विकिरणी अंतरण अनुरूपण का प्रयोग

राहुल निगम\* , मार्कण्ड ओझा , वी.कु . भट्टाचार्य

एवं

एन.के .पटेल

कृषि पृथ्वीतर जैव मंडल एवं जल विज्ञान समूह

\* ई मेल - [rahulnigam@sac.isro.gov.in](mailto:rahulnigam@sac.isro.gov.in)

फोन: 4377/4372

### सारांश

फसल विज्ञान के जीव भौतिकी गुण फसल उत्पादन एवं उपज का निर्धारण करते हैं। इस दृष्टि से पर्ण क्षेत्र घातांक का आंकलन एक निश्चित स्थानिक एवं कालगत में अति महत्वपूर्ण है। पर्ण क्षेत्र घातांक को उपग्रह के आंकड़ों से निकालने का प्रयास विश्वभर में हुआ है। पर्ण क्षेत्र घातांक का समय से आंकलन कर उसे उत्पादकता एवं भूमि वातावरण विनिमय के विभिन्न माडलों में उपयोग किया जाता है। कई सारे प्रयोगों में पर्ण क्षेत्र घातांक का आंकलन विभिन्न फसलों एवं वनस्पतियों में वनस्पति सूचकांक के आधार पर किया गया है। इनमें से सर्वाधिक प्रयोग पर्ण क्षेत्र घातांक एवं प्रसामान्यकृत विभेदी वनस्पति सूचकांक के आनुभविक संबंध का हुआ है। कई अध्ययनों में यह पाया गया है कि यह संबंध पर्ण क्षेत्र घातांक के तीन से अधिक होने पर संतुप्त हो जाता है। अतः इस विषय को अधिक गहराई से विक्षेपण के लिए विकिरणी अंतरण अनुरूपण मॉडल 'प्रो सेल' का प्रयोग इस अध्ययन किया गया है। इस अध्ययन में पर्ण क्षेत्रीय घातांक का क्षेत्रीय स्तर पर आंकलन उपग्रह आंकरणों एवं विकिरणी अंतरण अनुरूपण के साथ प्रयोग से किया गया है। इस अध्ययन आइ आर एस (ईन्डियन रिमोट सेन्सिंग सैटेलाइट)- पी- .६ के एन्वीस (एड्वास वाइड फील्ड सेन्सर) के आंकड़ों का उपयोग किया गया है।

### 1. प्रस्तुति

फसल वितान के जीव भौतिकीय गुणधर्म उत्पादकता एवं भूमि वातावरण चक्र पर गहरा प्रभाव डालते हैं। इसलिए इनका निश्चित स्थानिक एवं कालगत में आंकलन अति आवश्यक है। इनका आंकलन उपग्रह से करने के लिए विशिष्ट वर्णक्रमी बैंड का उपयोग किया जाता है। इस दिशा में दृश्य वर्णक्रमी बैंड का उपयोग वर्णक गुण के लिए तथा अवरक्त वर्णक्रमी बैंड का उपयोग वितान संरचना के अध्ययन में बहुल्य से होता है। कई सारे आनुभविक एवं भौतिक मोडल का उपयोग इन गुणों की पुनःप्राप्ति में किया जाता है। इनमें आनुभविक मोडल का उपयोग वनस्पति सूचकांक एवं वनस्पतियों के प्राचल के रैखिक एवं अरैखिक संबंधों के आधार पर किया जाता है। परन्तु यह संबंध स्थान एवं समय की सीमा पर आधारित होते हैं अतः इनका उपयोग प्रत्येक स्थान एवं समय पर एक विशेष फसल के लिए नहीं किया जा सकता है। पर्ण क्षेत्र घातांक एवं प्रसामान्यकृत विभेदी वनस्पति सूचकांक का संबंध भी एक सीमा (पर्ण क्षेत्र घातांक (3 -के उपरांत संतुप्त हो जाता है। अतः इन बाधाओं को दूर करने के लिए विकिरणी अंतरण अनुरूपण का उपयोग पर्ण क्षेत्र घातांक के आंकलन में इस अध्ययन में किया गया है। इस अध्ययन के उद्देश्य निम्न तरह से हैं:

1. विकिरणी अंतरण अनुरूपण 'प्रो सेल' एवं एव्वीस के आंकड़ों के प्रयोग द्वारा गेहूँ की फसल के पर्ण क्षेत्र घातांक का आंकलन।
2. यथास्थित पर्ण क्षेत्र घातांक के आंकड़ों की तुलना अनुरूपण एवं आनुभविक संबंध द्वारा जनित पर्ण क्षेत्र घातांक से।

## 2. मॉडल विवरण

यह मॉडल प्रोस्पेक्ट एवं सेल के युग्मन से जनित है। प्रो सेल मॉडल ४०० नैनोमीटर से लेकर २५०० नैनोमीटर के बैंड में वनस्पतियों के लिए कार्य करता है जिसका अंतराल ५ नैनोमीटर है। यह मॉडल पौधे के गुणों का अध्ययन उपरोक्त बैंडों में करके परावर्तकता जनित करता है। इस मॉडल में पौधों के गुणात्मक प्राचल का निवेश किया गया है तथा सभी गुणात्मक प्राचलों को ४००-२५०० नैनोमीटर में निवेशों के आधार पर पौधों के लिए विशेष परावर्तकता जनित करता है। (जैकमांड १९९६)

## 3. पद्धति

### 3.1. 'प्रो सेल' मॉडलों में 'एव्वीस' वर्णक्रमी बैंड का समाकलन:

'प्रो सेल' मॉडल विशेष अवशोषण गुणांक का उपयोग क्लोरोफिल, जल एवं पर्ण संरचना के लिए ५ नैनोमीटर के अंतराल पर करता है। इसलिए यह अति आवश्यक है कि उपग्रह आधारित विशिष्ट बैंडों के अनुरूप के लिए उनके वर्णक्रमी को मॉडलों में संकलित किया जायें। एव्वीस को चारों बैंड के वर्णक्रमी अनुक्रिया जो २ नैनोमीटर पर उपलब्ध है इसे लेगरेजेस विधि द्वारा ५ नैनोमीटर पर परिवर्तित कर उसे मॉडल में निवेशित किया गया है। इसके साथ उपग्रह बैंड संबंधी प्राचलों को भी मॉडल में सम्मिलित किया गया है।

### 3.2. संग्राहिता विश्लेषण

'प्रो सेल' मॉडल का एव्वीस वर्णक्रमी पर संग्राहित विश्लेषण किया गया। इस विश्लेषण से यह ज्ञात हुआ कि पर्ण क्षेत्र घातांक, माध्य पर्ण नति कोण जो मॉडल निवेश में उपयोग होते हैं वह अवरक्त बैंड के लिए सर्वाधिक सुग्राहित है। पर्ण क्लोरोफिल एवं पर्ण जल हरे एवं निकट तरंग अवरक्त बैंड के लिए सुग्राहित है।

### 3.3. मॉडल के निवेशों का जनन

मॉडल को गेहूँ की फसल के गुणों के आधार पर सभी निवेशों की सीमा एवं उनके बीच उचित अन्तराल का निर्धारण पूर्व एवं वर्तमान अध्ययनों के आधार पर भारत की स्थिति के अनुरूप किया गया है। उपरोक्त के आधार पर निवेश डेटा बनाया गया है। गेहूँ की फसल के लिए कुल 3लाख सांख्यिक निवेश जनित किये गये हैं।

### 3.4. अवलोकन सारणी का जनन

'प्रो सेल' मॉडल को जनित निवेशों 3लाख (के अनुसार प्रोग्राम करके चला कर कुल 3लाख निर्गमन उत्पन्न किये गये। यह 3लाख निर्गमन को एक अवलोकन सारणी का रूप दिया गया।

## 4. परिणाम

### 4.1 मॉडल का व्युत्क्रमण

'प्रो सेल' मॉडल को एक जीव भौतिकी पंचाल पर्ण क्षेत्र घातांक के लिए व्युत्क्रमण किया गया। इस कार्य के लिए ए व्वीस का पंजाब के ऊपर लिये गये आंकड़ों का उपयोग किया गया।

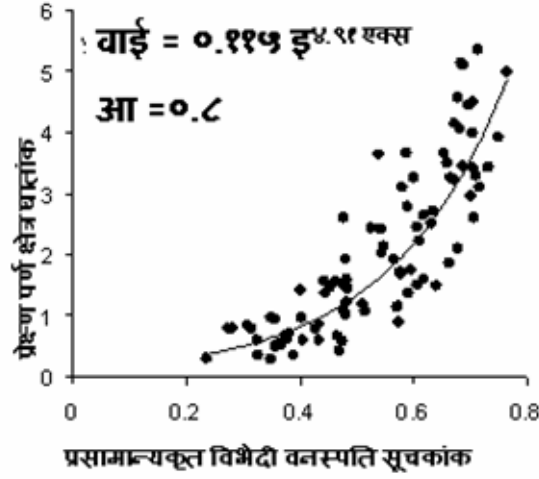
मॉडल के व्युत्क्रमण के लिए उपग्रह जनित परावर्तकता की तुलना मॉडल द्वारा जनित 3लाख निर्गमन एवं 4बैंडों से जनित परावर्तकता के साथ की गयी तथा जहाँ पर उपग्रह तथा मॉडल परावर्तकता का अन्तर सभी चार बैंडों के लिए सबसे कम पाया गया उन चार बैंडों के परावर्तकता के आधार पर निवेशित पर्ण क्षेत्र घातांक को जनित किया गया। इस विधि में फोटान प्रोग्राम का उपयोग किया गया तथा चार बैंड के उपग्रह के परावर्तकता के लिए एक पर्ण क्षेत्र घातांक जनित हो गया।

### 4.2 वैधीकरण

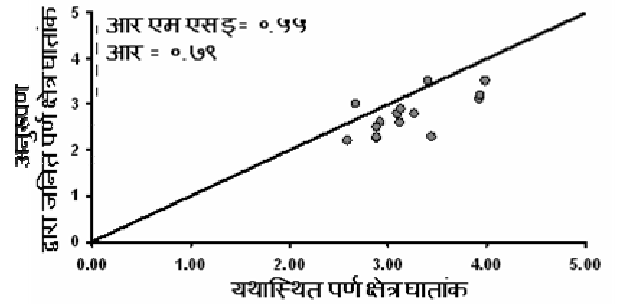
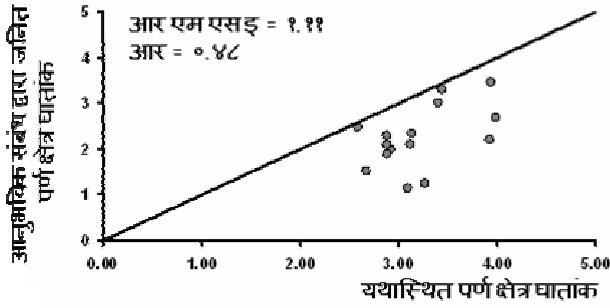
गेहूँ की फसल के पर्ण क्षेत्र घातांक को आनुभविक संबंध (चित्र १) तथा अनुरूपण विधि द्वारा जनित कर उसकी तुलना यथास्थित पर्ण क्षेत्र घातांक के आंकड़ों से की गयी। आनुभविक संबंध २००५-०६ के उपग्रह एवं यथास्थित आंकड़ों का उपयोग कर उत्पन्न किये गये। इस कार्य में पंजाब के 4जिलों में 4विभिन्न क्षेत्रों का 4बार आंकड़ा लिया गया। आनुभविक द्वारा जनित पर्ण क्षेत्र घातांक के लिए वनस्पति प्रसामान्यकृत विभेदी सूचकांक का प्रयोग किया गया है। इस विधि द्वारा जनित पर्ण क्षेत्र घातांक की तुलना २००६-०७ के यथास्थित पर्ण क्षेत्र घातांक से की गयी तब आर एम एस इ .जो त्रुटि का प्रतीक है १.११ आया। परन्तु अनुरूपण द्वारा जनित पर्ण क्षेत्र घातांक की तुलना जब २००६-०७ के यथास्थित पर्ण क्षेत्र घातांक से गयी तब आर एम एस इ .०.५५ रह गया जैस चित्र २ मे दर्शय गया है। इस तरह इस अध्ययन से यह ज्ञात हुआ कि विकिरणी अंतरण अनुरूपण से पर्ण क्षेत्र घातांक की पुनप्राप्ति में त्रुटियां कम हो जाती है। एक दिवस के लिये दोनो विधियो द्वारा जनित क्षेत्रीय पर्ण क्षेत्र घातांक को चित्र ३ मे दर्शय गया है। जो दोनो विधियो के क्षेत्रीय मुल्यकन को दर्शता है। इस तरह यह स्पष्ट है कि अंतरण अनुरूपण द्वारा क्षेत्रीय परिवर्तनशीलता को अच्छी तरह से प्रकट किया जा सकता है।

### निष्कर्ष

जीव भौतिकी के प्राचलों की पुनप्राप्ति में विकिरणी अंतरण अनुरूपण का प्रयोग न केवल त्रुटियों को कम करता अपितु क्षेत्रीय एवं कालगत परिवर्तनशीलता को अधिक बेहतर तरीके से दर्शाता है। अनुरूपण विधि किसी स्थान एवं समय सीमा विशेष पर निर्भर नहीं करती है। इस अध्ययन से यह भी ज्ञात हुआ कि जहाँ आनुभविक संबंध एक सीमा के बाद संतुप्त हो जाते हैं वही अनुरूपण उस सीमा के बाद भी बेहतर परिणाम देता है। आज दुनिया में विकिरणी अंतरण अनुरूपण का उपयोग विश्वभर की वनस्पतियों के अध्ययन में विभिन्न रूपों में हो रहा है। भारत के भविष्य के उपग्रह के कार्यक्रम को देखते हुए यह विधि एक कारगर उपाय है जिससे हम न केवल फसलों अपितु विभिन्न वनस्पतियों का अध्ययन अधिक कुशलता से कर सकते हैं।



चित्र १: प्रसामान्यकृत विभेदी वनस्पति सूचकांक एवं प्रेक्षण पर्ण क्षेत्र घातांक का आनुभविक संबंध



चित्र २ : यथास्थित पर्ण क्षेत्र घातांक के आंकड़ों की तुलना आनुभविक संबंध एवं अनुरूपण द्वारा जनित पर्ण क्षेत्र घातांक

२६ फरवरी २००७

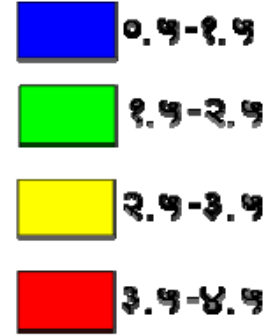


(क) क्षेत्रीय पर्ण क्षेत्र घातांक का आंकलन आनुभविक संबंध द्वारा

२६ फरवरी २००७



(ख) क्षेत्रीय पर्ण क्षेत्र घातांक का आंकलन विकिरणी अंतरण अनुरूपण द्वारा



चित्र ३: पंजाब पर एक दिवस के लिये (क) आनुभविक संबंध एवं (ख) विकिरणी अंतरण अनुरूपण के प्रयोग द्वारा गेहूँ की फसल के क्षेत्रीय पर्ण क्षेत्र घातांक का आंकलन



## इनसेट 3-ए-सीसीडी सुदूर संवेदन के द्वारा वायुमण्डलीय विक्षोभ (आंधी) का अध्ययन

निवेदिता सॉवलानी एवं प्रकाश चौहान  
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र  
अहमदाबाद

### सारांश

तेज वायु का प्रवाह भूतल की धूल, मिट्टी व बालू आदि अपने साथ उड़ा कर वायुमण्डल में आच्छादित तेज आंधी के रूप में परिवर्तित हो जाता है और सम्पूर्ण स्थानीय दृश्य को धूमिल कर देता है। इससे एरोसोल ऑप्टिकल डेप्थ-ए.ओ.डी ( $\tau_a$ ) में वृद्धि, एंगस्ट्रॉम एक्सपोनेन्ट ( $\alpha$ ) में गिरावट होती है अतः दृश्यता बाधित होकर लगभग शून्य के स्तर की हो जाती है। मोडिस एवं अन्य उपग्रह संग्रहों से प्राप्त आंकड़ों के पूर्वाध्ययन द्वारा हम उपग्रह से प्राप्त प्रतिविम्बों के निरीक्षण से धूल की आंधी की जाँच तथा उसके संचालन की प्रक्रिया के स्वरूप को परख सकते हैं। इस गतिशील प्राकृतिक घटना को समझने के लिये भूस्थलीय कक्षा अधिक अनुकूल है। यह अध्ययन धूल भरी आंधी के लक्षणों एवं उसके परिवहन को समझने के लिये इनसेट 3-ए-सीसीडी द्वारा प्रति घंटा प्राप्त आंकड़ों के आंकलन पर आधारित है। उत्तरीय अरब सागर में 15-16 अक्टूबर 2008 के दौरान आई आंधी के लिये इनसेट 3-ए-सीसीडी द्वारा प्राप्त आंकड़ों से  $\tau_a(550$  नैनोमीटर) एवं  $\tau_a(810$  नैनोमीटर) तथा  $\alpha(810/550$  नैनो.मी.) का आंकलन किया गया है। धूल की इस आंधी के कारण  $\tau_a(550$  नैनो.मी.) में 150 से 300 प्रतिशत की वृद्धि एवं  $\alpha(810/550$  नैनो.मी.) के प्रमाण में 50 से 60 प्रतिशत की गिरावट दर्ज की गई। इस विश्लेषण के द्वारा औसत  $\tau_a(550$  नैनो.मी.) 1.03 एवं  $\alpha(810/550$  नैनो.मी.) 0.2 दर्ज किये गये हैं। तुलनात्मक दृष्टि से धूल रहित स्वच्छ दिनों में  $\tau_a(550$  नैनो.मी.) 0.33 व  $\alpha(810/550$  नैनो.मी.) 0.4 पाया गया। इन आधियों के दौरान  $\tau_a(550$  नैनो.मी.) के दैनिक बदलाव की गति तेज होने तथा सुबह से दोपहर तक 50% की वृद्धि व दोपहर बाद संध्या तक 33% की गिरावट पाई गई। इनसेट से प्राप्त  $\tau_a(550$  नैनो.मी.) एवं  $\alpha(810/550$  नैनो.मी.) के चित्रों/दृश्यों की तुलना मोडिस संवेदक द्वारा प्राप्त  $\tau_a(550$  नैनो.मी.) एवं  $\alpha(865/550$  नैनो.मी.) के चित्रों/दृश्यों से भी की गई है। दोनों संवेदकों से प्राप्त  $\tau_a$  एवं  $\alpha$  में परस्पर अच्छा सामन्जस्य पाया गया। इन आंधियों का स्रोत पता लगाने के लिये हवा के बहाव के पथ का वैक ट्रेजेक्टरी विश्लेषण किया गया है। वैक ट्रेजेक्टरी विश्लेषण से पता चला कि यह आधियों अफगानिस्तान तथा पाकिस्तान के रेगिस्तानी क्षेत्रों से उठीं और अरब सागर की दिशा में प्रवाहित होकर ओमान तट तक जा पहुँची।

### परिचय

उप उष्णकटिबन्ध अक्षांश के रण प्रदेश एवं अल्प रण प्रदेश में धूल एवं रेतीली आंधियों जैसी प्राकृतिक घटनाएँ प्रायः होती रहती हैं। प्राचीन काल से रण प्रदेश का अस्तित्व तथा अत्यधिक फैलाव आंधियों का महत्वपूर्ण कारण रहा है। लेकिन वर्तमान में मनुष्य द्वारा की गई आधुनिकीकरण की चेष्टाओं के कारण पूर्व स्थित स्थिर अल्प रण प्रदेश भी अब रण प्रदेश में परिवर्तित होने लगे हैं। जंगलों का नाश एवं कर्षण इन्हीं आधुनिकीकरण प्रयासों से बढ़ने लगा है। इसी कारण पिछले दशक में आंधियों में काफी वृद्धि हुई है। आंधी, धूल एवं रेतीली तेज़ हवा से उत्तेजित हो कर बनती है, और जिसके फलस्वरूप दृश्यता की परिस्थिति बाधित हो कर लगभग शून्य अवस्था तक पहुँच जाती है। आंधी से उत्तेजित हुए धूल एवं रेती के साथ पाए जाने वाले तत्व स्थानीय जलवायु को भी प्रभावित कर देते हैं। यह तत्व सूर्य की किरणों में बाधा बनकर उसके ऊर्जा बजट को भी परिवर्तित कर वातावरण को उष्ण अथवा शीतल बनाते हैं (मिलर एवं टोगन, 1998)। वायुमंडल में उपस्थित धूल की इस सोख लेने वाली परत से, प्रवेशी सूर्य लघु विकरण में भारी कमी हो जाती है तथा भूतलीय ऊर्जा का संतुलन बिगड़ जाता है। सामान्यतः वायुमंडल में उपस्थित धूल की परत में उष्णता एवं निचले हिस्से और पृथ्वी के धरातल के समीप के हिस्सों में अपेक्षाकृत शीतलता पाई जाती है (वायुमंडलीय उष्णता दर  $2^\circ\text{C}$  प्रतिदिन एवं भू-स्थलीय शीतलता दर  $10-15^\circ\text{C}$  प्रतिदिन) हालांकि समस्त वातावरण में शीतलता का ही प्रवाह होता है (विलियम, 2001)। धूल व आंधी से मूलभूत वानस्पतिक व खनिज पदार्थों पर प्रतिकूल प्रभाव के कारण मिट्टी का उपजाऊपन भी पर्यावरण परवालोंबी हो जाता है।

फलस्वरूप कृषि उत्पादकता का ह्रास होने लगता है। दूसरी तरफ यही खनिज तत्व, महासागर एवं संबन्धित पर्यावरण परवालयन से, पुष्टिदायक बनकर कई सूक्ष्म पुष्टिकारक तत्वों की आपूर्ति के महत्वपूर्ण स्रोत की भूमिका अदा करते हैं। मरुतत्व में पाया जाने वाला लौह खनिज, महासागर के लिए उपयोगी व पुष्टिकारक है और महासागर की प्राथमिक उत्पादकता को बढ़ाने में सहायक सिद्ध होता है।

धूल भरी आँधी के लक्षणों का बादलों के लक्षणों के समांतर होना, धूल भरी आँधी की जाँच एवं उसके संचालन को कठिन बना देता है। अतः इस तरह की आँधी के संचालन एवं उसकी उत्पादकता के अध्ययन के लिए अधिक निपुणता का होना अत्यावश्यक है। पूर्व अनुसंधानों से प्रदर्शित होता है कि एशिया से धूल का परिवहन सम्भवतः प्रशांत महासागर के उस पार भी पहुँच सकता है (हसर, 2001)। इसी क्रम में अन्तराष्ट्रीय सहयोग कार्यक्रम जैसे एरोसोल केरेक्टराइजेशन एक्सपेरिमेंट - एसीई एशिया (Aerosol Characterisation Experiment-ACE Asia) (बेट्स इत्यादि, 2003) एवं एशियन डस्ट नेटवर्क - एड नेट (Asian Dust Network Ad-Net) (मुर्यामा इत्यादि, 1999) स्थापित किये गए। बड़ी ही कुशलता से बहु उपग्रहीय संग्रह के उपयोग से भी आँधी की जाँच गई है (हेशम इत्यादि, 2003)। यह अवलोकन भी किया गया है कि चमकीले तापमान का अंतर 11माइक्रोमीटर और 12माइक्रोमीटर के बीच धूल भरी आँधी के लिए नकारात्मक है। क्यू इत्यादि, 2006 ने 0.469 माइक्रोमीटर और 2.13 माइक्रोमीटर तरंग पट्टी का उपयोग धूल भरी आँधी का पता लगाने के लिए किया था।

प्रस्तुत अध्ययन में 15-16 अक्टूबर 2008 को अरब सागर में आई भारी धूल भरी आँधी का वैज्ञानिक अन्वेषण बहु सामायिक इन्सेट-3ए-सीसीडी के द्वारा प्राप्त आंकड़ों के आंकलन से किया गया है। 36000 कि.मी. की ऊँचाई पर स्थापित, 1 कि.मी. स्थानीय विभेदन की क्षमता वाले भू-स्थलीय इन्सेट-3ए-सीसीडी कैमरा में दृश्य तरंग पट्टी (0.63माइक्रोमीटर - 0.69माइक्रोमीटर), निकट अवरक्त तरंग पट्टी (0.77माइक्रोमीटर - 0.86माइक्रोमीटर) एवं लघु तरंग अवरक्त तरंग पट्टी (1.55माइक्रोमीटर - 1.69माइक्रोमीटर) निर्धारित की गयी हैं।

भूस्थलीय उपग्रह से हमें पृथ्वी एवं वायुमण्डल के विस्तृत क्षेत्र का निरन्तरता से अध्ययन किया जा सकता है। जिससे हमें प्राकृतिक घटनाक्रमों की तुरंत सूचना प्राप्त होती है। इसकी प्रमाणिकता हमें धूल की आँधी के संचालन उसकी तीव्रता के स्तर एवं उसके प्रगति पथ की जानकारी प्राप्त करने में सहायक होती है। प्रस्तुत अन्वेषण में बहु सामायिक इन्सेट3एसीसीडी से प्राप्त  $\tau_a(550)$  (नैनो.मी.) एवं  $\alpha(810/550)$  (नैनो.मी.) का आंकलन किया गया तथा इनसे प्राप्त  $\tau_a(550)$  (नैनो.मी.) एवं  $\alpha(810/550)$  (नैनो.मी.) की तुलना मोडिस से प्राप्त  $\tau_a(550)$  (नैनो.मी.) तथा  $\alpha(810/550)$  (नैनो.मी.) से भी की गई है। इन आधियों के अनुमानित स्रोत का पता लगाने के लिये हवा के बहाव के पथ के वायुमार्ग का बैक ट्रेजेक्टरी विश्लेषण किया गया है।

## पद्धति

उपग्रहों से प्राप्त आंकड़ों को वायुमंडल की उपरी सीमा पर प्राप्त विकरण में अंशांकन गुणांक द्वारा परिवर्तित किया गया। तत्पश्चात् भूमि एवं बादलों की विकरण को इस दृश्य से विभाजित किया ताकि हमें केवल समुद्री जानकारी हासिल हो। वायुमंडल की उपरी सीमा पर उपलब्ध  $\lambda_i$  पर केंद्रित विकरण को समुद्र से उत्पादित ज्ञाग रहित एवं सूर्य की चमचमाहट से रहित माना गया है जिसकी निम्नलिखित समीकरण से व्याख्या संभव है (गॉर्डन इत्यादि, 1983)।

$$L_t(\lambda) = L_a(\lambda) + L_r(\lambda) + t_d(\lambda).L_w(\lambda) \quad (1)$$

- $L_t(\lambda_i) = \lambda_i$  पर केन्द्रित उपग्रह मापित विकरण  
 $L_a(\lambda_i) = \lambda_i$  कणों से अवशोषित कण पथ विकरण  
 $L_r(\lambda_i) = \lambda_i$  रेले द्वारा सुझाए गए बिखरने की प्रक्रिया संबंधी रेले विकरण  
 $Lw(\lambda_i) = \lambda_i$  पानी के अणु से प्रभावित पानी से उत्पन्न विकरण  
 $t_d(\lambda_i) = \lambda_i$  वायुमंडलीय विखरत पारगम्यता

यह माना जा सकता है कि 700 नैनो.मी. से सामान्य और अधिक की तरंगों पर पानी से उत्पन्न विकरण प्राप्त नहीं होता है। अतः मापित विकरण केवल कण तथा रेले द्वारा उत्पन्न विकरण को दर्शाता है। रेले विकरण को निम्नलिखित समीकरण से व्याख्यित किया जाता है।

$$L_r(810nm) = F_o \cdot \omega_{or} \cdot \tau_r \cdot p_r / 4\pi \cos \theta_v \quad (2)$$

जहाँ  $\omega_{or}$  = एकांकी प्रतिबिम्बित है जो रेले प्रक्रिया के लिए उपयुक्त है। यहाँ यह 1 माना गया है।

$\tau_r$  = रेले प्रकाश गहराई

$\theta_v$  = सूर्य शिरोविन्दु कोण

$p_r$  = रेले कला फलन

$F_o$  = वायुमण्डल के उपर सूर्य प्रकाश की मात्रा

अतः रेले विकरण को मापित विकरण में से घटा देने से कण विकरण की प्राप्ति होती है।

$$L_a(810nm) = L_t(810nm) - L_r(810nm) \quad (3)$$

$\tau_a(810 \text{ नैनो.मी.})$  को निम्नलिखित समीकरण से व्याख्यित कर सकते हैं।

$$\tau_a(810nm) = \left( \frac{L_t(810nm) - L_r(810nm)}{F_o / p_a \cdot 4\pi \cos \theta_v} \right) \quad (4)$$

$p_a$  = हेन्येय ग्रीनस्टेन कला फलन माना गया है।

$\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  पाने के लिए  $\tau_a(810 \text{ नैनो.मी.})$  का वहिर्वेशन किया गया है जो कि निम्नलिखित समीकरण से व्याख्यित है।

$$\tau_a(550 \text{ nm}) = \tau_a(810 \text{ nm}) \left( \frac{810}{550} \right)^{-\alpha} \quad (5)$$

$$\text{जहाँ} \quad \alpha(810/675nm) = \frac{\ln(\tau_a(675nm)) - \ln(\tau_a(810nm))}{\ln(810nm) - \ln(675)} \quad (6)$$



इन्सेट प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  एवं  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  के चित्रों/दृश्यों की तुलना मोडिस से प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  एवं  $\alpha(865/550 \text{ नैनो.मी.})$  के चित्रों/दृश्यों से की गई।

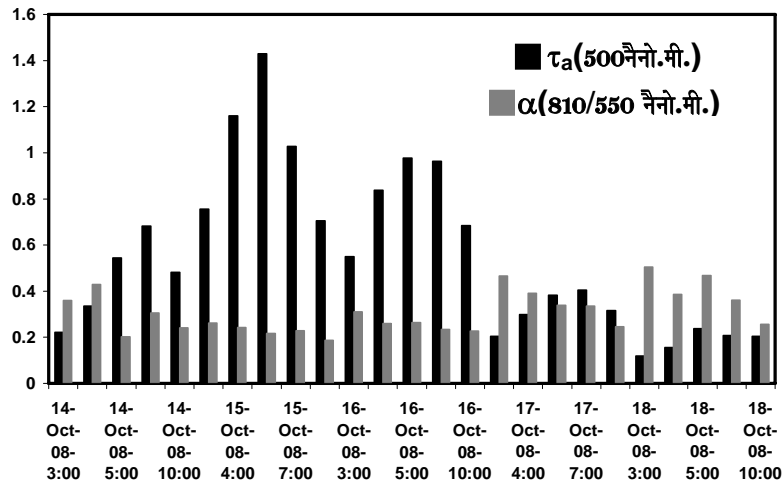
### परिणाम और चर्चा

$\tau_a$  तथा  $\alpha$  का सम्बन्ध निम्नलिखित समीकरण से समझाया गया है (एन्स्ट्राम, 1964)।

$$\tau_a(\lambda) = \beta * \lambda^{-\alpha} \quad (7)$$

एओडी की अधिक माप सूर्य विकरण की समाप्ति को दर्शाता है जिसकी समाप्ति कण विकरण के विकृति एवं उसके अवशोषण के कारण होती है। वायुमंडल में फैले हुए कणों का यह माप हमें एओडी का औसतन वर्णक्रमीय स्वभाव दर्शाता है। अधिक  $\alpha$  हमें महीन कणों की उपस्थिति एवं एओडी में अधिक प्रबल वर्णक्रमीय विभिन्नता की प्रबलता बताता है।

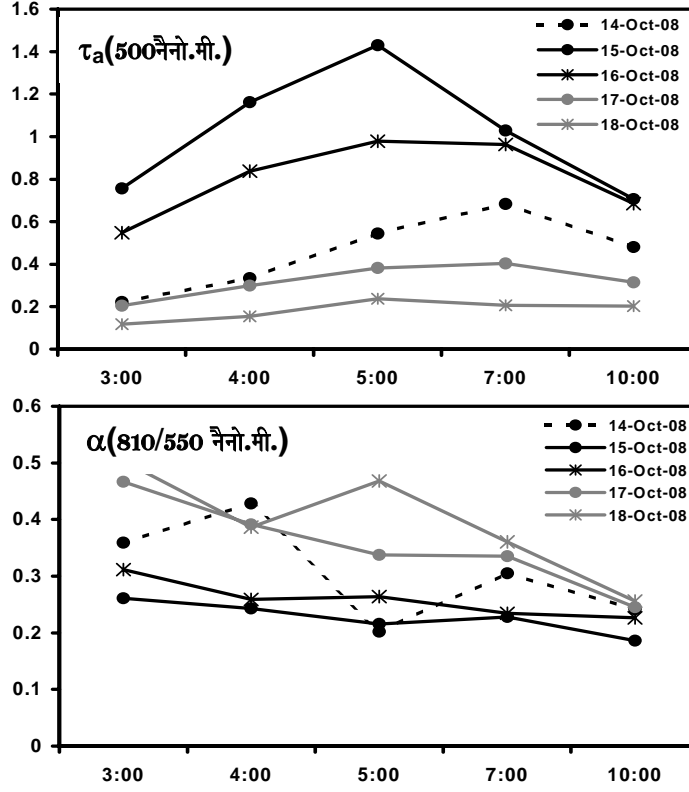
15-16 अक्टूबर 2008 की धूल क्रिया के औसत  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  1.037 एवं 0.97 दर्ज किये गए व औसत  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  0.24 एवं 0.28 दर्ज किये गए। औसत  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  के मूल्य 14- अक्टूबर 2008 को 0.27, 17-अक्टूबर 2008 को 0.42 तथा 18-अक्टूबर 2008 को 0.31 पाये गए। हमारे निरीक्षण से इस धूल भरी आँधी में औसत  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  और  $\tau_a(810 \text{ नैनो.मी.})$  में 0.4 से बढ़कर 1.0 की उल्लेखनीय वृद्धि प्रतीत हुई है और साथ ही साथ वर्णक्रमीय निर्भरता में प्रभावी कमी तथा  $\alpha$  के प्रति अति संवेदनशीलता भी प्रदर्शित हुई। परिणामस्वरूप धूल की इस क्रिया के दौरान  $\alpha < 0.26$  से नीचे पाया गया।  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  और  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  का यह दृश्य लेखाचित्र 1 में देखा सकते हैं। धूल की इस आँधी के दौरान  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  के प्रमाण में 150% से 300% प्रतिशत की बढ़ोतरी एवं  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  में 50% से 60% प्रतिशत की कमी पाई गई है जो कि लेखाचित्र 1 में स्पष्ट है।  $\alpha$  के इस तरह अत्यधिक तेजी से घटने के कारण वायुमंडलीय कणों की सोख लेने वाली परत से दृश्य तरंग पट्टी एवं नजदीकी अवरक्त तरंग पट्टी में प्रवेशी सूर्यविकरण में भारी मात्रा की कमी मानी जा सकती है जो  $\alpha$  के मूल्य को निम्नस्तरीय और नकारात्मक बना देती है। सिमिरनव इत्यादि 1998 ने सहारा मरुस्थल में आँधी के दौरान  $\alpha$  में 1.5 से 0.14 की गिरावट और  $\tau_a(500 \text{ नैनो.मी.})$  में 0.1 से 0.4 (300%) की वृद्धि का उल्लेख किया है।  $\tau_a$  की मात्रा में वृद्धि और  $\alpha$  में गिरावट की स्थिति वायुमंडल में अपेक्षाकृत विशाल आकार के कणों की उपस्थिति को दर्शाते हैं।



लेखाचित्र 1: इन्सेट

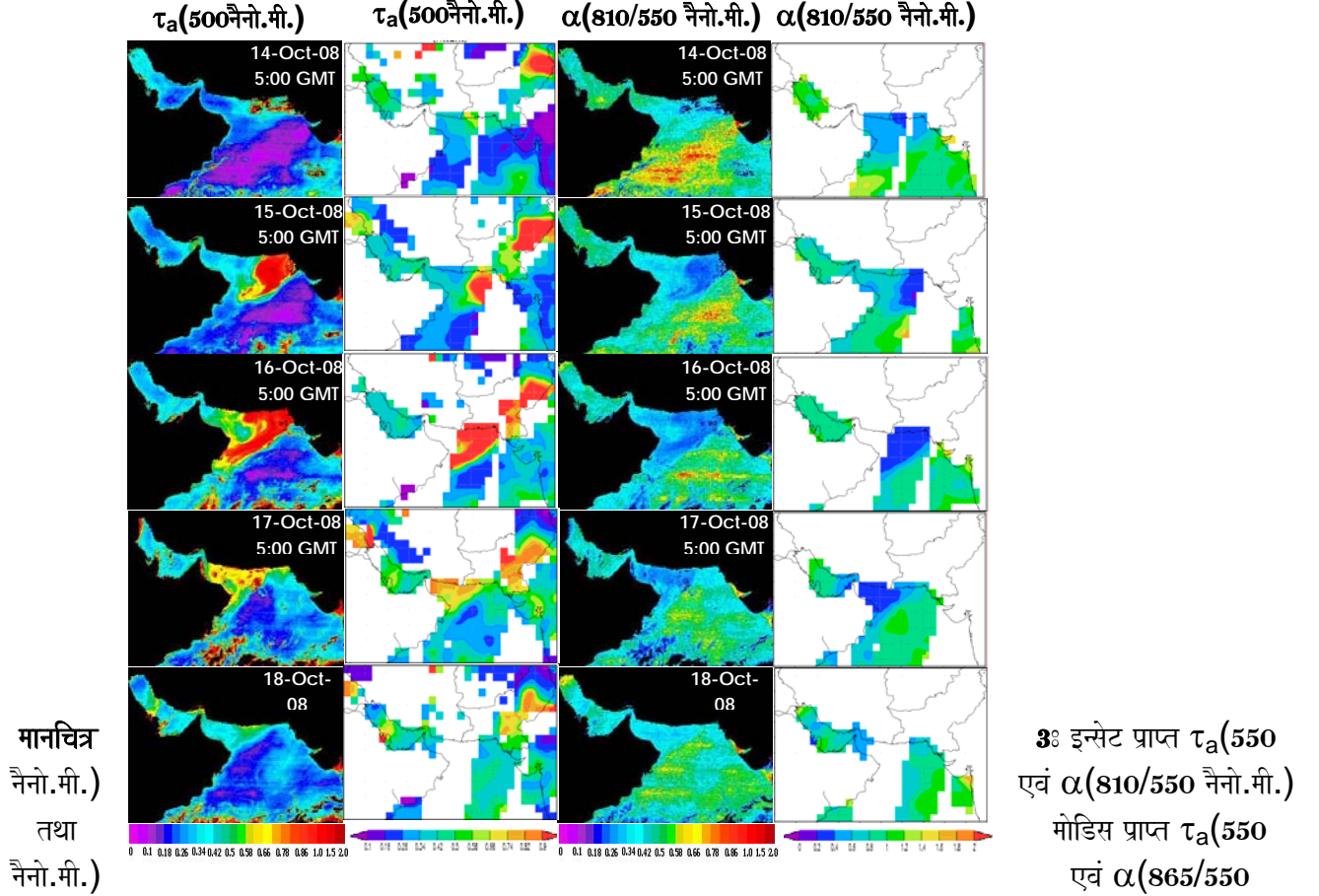
प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$

एवं  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  का सामयिक व्यवहार



$\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  का दैनिक व्यवहार

धूल भरी आधियों के दौरान एओडी के दैनिक व्यवहार में परिवर्तन देखा गया जैसा लेखाचित्र 2 से स्पष्ट है। प्रातः कालीन समय में एओडी की मात्रा दोपहर की तुलना कम पाई गई। प्रदूषण जनित उत्सर्जन द्वारा दोपहर में एओडी की मात्रा अधिकतम पाई गई। यह विकरण और उष्मा संवहनी धाराओं के प्रभाव के कारण दोपहर बाद के समय वातावरण में फंसे प्रदूषण तत्वों के उन्मुक्त परिवहन की चेष्टा से प्रभावित होकर एओडी में कमी लाती है। औसतन  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  में प्रातः काल से दोपहर तक 50% की वृद्धि तथा दोपहर बाद से संध्या काल तक 33% की कमी धूल प्रभावित दिनों में दर्ज की गई। धूल रहित स्वच्छ वातावरण में इस  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  का औसत मूल्य प्रातः काल से दोपहर तक 20% की वृद्धि तथा दोपहर बाद संध्या तक 30% की कमी के स्तर पर रहता है।



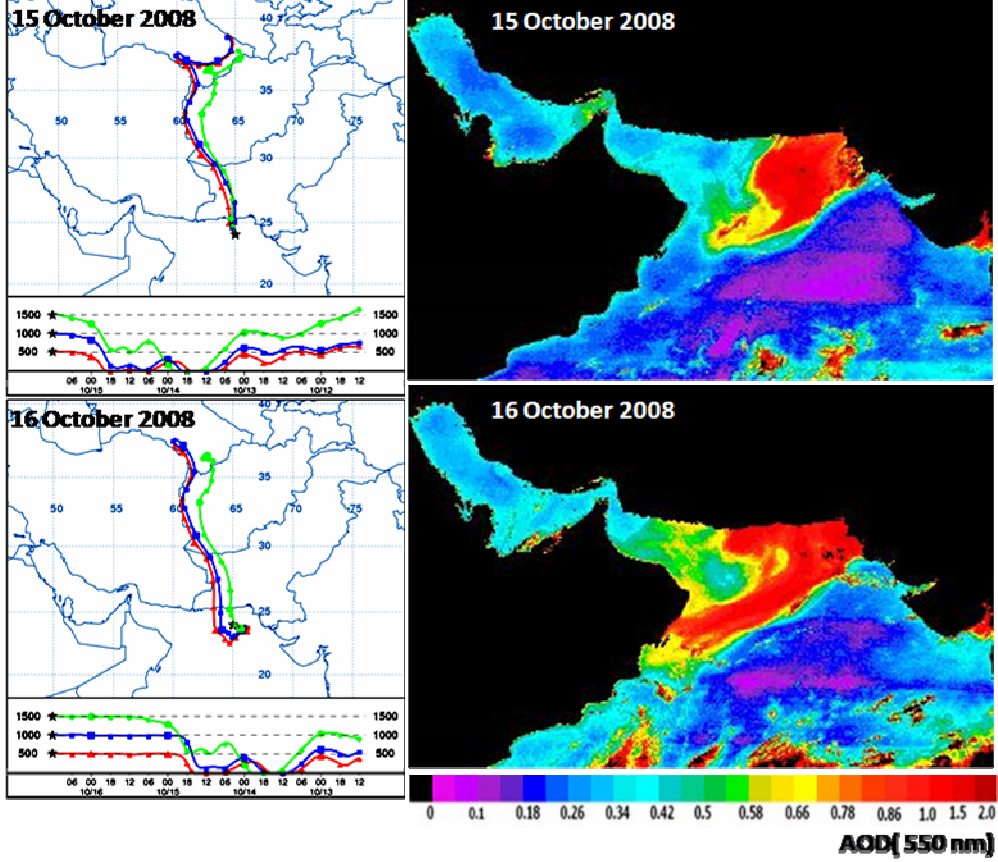
नैनो.मी.) का तुलनात्मक स्थानिय वितरण

समग्र अरब सागर के क्रमिक  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  एवं  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  के दृश्यों का संग्रह मानचित्र-3 में दर्शाया गया है। इसके साथ ही इन्सेट-3ए-सीसीडी द्वारा प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  और  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  तथा मोडिस प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  और  $\alpha(865/550 \text{ नैनो.मी.})$  की तुलना भी प्रदर्शित की गई है। मोडिस द्वारा प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  में 0.5 से 0.9 का परिवर्तन पाया गया और  $\alpha(865/550 \text{ नैनो.मी.})$  में 0.1 से 0.6 तक का परिवर्तन दर्ज किया गया।

वायु प्रक्षेपण पथ के निरीक्षण से संभावी स्रोत क्षेत्र को निर्दिष्ट कर पाना संभव है। इसमें वायु के ऐसे समूह के परिचालन के स्रोत क्षेत्रों की उच्चस्तरीय संघटित अवस्था को विशिष्ट स्रोत श्रेणी से तुलना करके निर्दिष्ट किया जाता है। इसे एयर मास बैकट्रेजेक्ट्री एनालिसिस कहते हैं जिसका उपयोग हमारे अध्ययन के लिए आँधी के स्रोत की जानकारी प्राप्त करने के लिए किया गया। इसमें आनलाइन हाइब्रिड सिंगल पार्टिकल लैगरेन्जियन इन्टीग्रल ट्रेजेक्ट्री के नेशनल ओशियानिक एन्ड एयरमास फेरिक एडमिनिस्ट्रेशन के माडल का उपयोग किया गया। इस बैकट्रेजेक्ट्री निरीक्षण में निर्दिष्ट स्थल का पुननिरीक्षण पिछले 5 दिनों 96 घटों तक 1500, 1000 तथा 550 मीटर की ऊँचाईयों तक संभावित आइसोबेरिक तथा आइसेनट्रॉपिक अवस्थाओं का निरीक्षण किया जाता है। इस विश्लेषण से ज्ञात हुआ है कि अध्ययन से संबन्धित आँधियाँ अफगानिस्तान तथा पाकिस्तान के क्षेत्रों से उठकर अरब सागर पर प्रभावित रहीं।

इससे पता चलता है कि आँधिया अफगानिस्तान व पाकिस्तान के रेगिस्तानी क्षेत्रों से प्रवाहित होकर पूर्वी अरब सागर से होती हुई ओमान तक पहुँची। 14-18 अक्टूबर 2008 के बैकट्रेजेक्ट्री विश्लेषण द्वारा प्राप्त बिम्ब तथा  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  मानचित्र 4 में प्रदर्शित किये गए हैं। वायु परिवहन की दिशा भी आँधी के परिवहन पथ के प्रस्तुतीकरण व प्रत्यक्ष निरीक्षण की पुष्टि करती है। इन सभी निरीक्षणों से यह सिद्ध होता है कि 36000 किलोमीटर की ऊँचाई पर स्थित भूस्थलीय यंत्र इन्सेट न केवल मोडिस के समान

एरोसोल के लक्षणों के वग्वूची निरीक्षण में उपयोगी है बल्कि इस प्रकार की आँधियों का अन्वेषण व निरीक्षण अधिक सक्रिय रूप से करने में सक्षम है।



मानचित्र 4: 15-16 अक्टूबर 2008 के लिए बैकट्रेजेक्ट्री विश्लेषण (पहला) तथा इन्सेट प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  (दूसरा) बिम्ब

निष्कर्ष

15-16 अक्टूबर 2008 को उत्तरीय अरब सागर में आई धूल की आँधी के लिए बहु सामायिक इन्सेट 3ए सीसीडी द्वारा प्राप्त चित्रों दृश्यों के संग्रह के उपयोग से  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  एवं  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  का हिसाब लगाया।

हमारे इस निरीक्षण से यह स्पष्ट होता है कि धूल की इस आँधी ने  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  के प्रमाण में 150% से 300% प्रतिशत की बढ़ावरी तथा  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  में 50% से 60% प्रतिशत की गिरावट करते हुए हवा में विस्तृत आकार के कणों को फैला दिया। औसत  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  1.03 एवं  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  0.26 दर्ज किया गया। इसकी तुलना में  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  0.33 एवं  $\alpha(810/550 \text{ नैनो.मी.})$  0.4 धूल रहित स्वच्छ दिनों में दर्ज किया गया।

धूल भरी आँधियों के दौरान काफी दैनिक वायुमण्डलीय परिवर्तन देखा गया। जिससे  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  में प्रात काल से दोपहर तक 50% की वृद्धि प्रदर्शित हुई तथा दोपहर बाद से संध्या तक 33% की गिरावट दर्ज की गई।

इन्सेट द्वारा प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  एवं  $\alpha(810550 \text{ नैनो.मी.})$  के चित्रों दृश्यों तथा मोडिस द्वारा प्राप्त  $\tau_a(550 \text{ नैनो.मी.})$  एवं  $\alpha(865/550 \text{ नैनो.मी.})$  के चित्रों दृश्यों की तुलना किए जाने पर दोनों के परस्पर सही मेल का भी अवलोकन हुआ।

बैकट्रेजेक्ट्री विश्लेषण से यह ज्ञात हुआ कि धूल भरी आँधियाँ अफगानिस्तान व पाकिस्तान के रेगिस्तानी क्षेत्रों से प्रवाहित होकर पूर्वी अरब सागर से होती हुई ओमान तक पहुँची।

इन सभी निरीक्षणों से यह ज्ञात हुआ कि 36000 कि.मी. की ऊँचाई पर स्थापित 1 कि.मी. भूस्थानीय विभेदन के क्षमता वाला इनसेट 3-ए-सीसीडी नामक भूस्थलीय यंत्र न केवल एरोसोल का स्थानीय वितरण वगैरह निरीक्षण एवं चित्रण करने में उपयोगी है बल्कि इस प्रकार की आँधियों का अन्वेषण व निरीक्षण और अधिक प्रभावशाली रूप से अध्ययन करने में सक्षम है।

### संदर्भ

मिलर, आर. एल., टेगेन, आई., 1998. "क्लाइमेट रिसपांस टू सॉइल डस्ट एयरोसोल". जर्नल क्लाइमेट, 11, 3247-3267।

विलियम्स, एम. ए. जे., 2001. इंटरैक्शन ऑफ डेज़रटिफिकेशन एंड क्लाइमेट: प्रेसेंट अंडरस्टैंडिंग एंड फ्यूचर रिसर्च इम्पेरेटिव्स. एरिडलैंड्स न्यूज लेटर 49 (मई/जून), 2001, <http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln49/विलियम्स.html> से उपलब्ध।

हसर, आर.बी., ट्रेट, डी.एम., स्काइकटेल, बी.ए., फॉल्क, एस.आर., ली, एफ., जैफ डी., गैसो एस., गिल टी., लोलाइनेन, एन. एस., लू, एफ., रेहिस, एम. सी., चुन, वाई., वेस्टफॉल, डी., होलबेन, बी.एन., ग्युमार्ड, सी., मैककेंड्री, आई., कुर्निंग, एन., फील्डमैन, जी.सी., मैकक्लेन, सी., फ्रॉय, आर.जे., मैरिल, जे., ड्यूबॉयस, डी., विगनोला, एफ., मुरायमा, टी., निकोविक, एस., विलसन, डब्लू. ई., सैसेन के., सुगिमोटो एन., माल्म, डब्लू.सी., 2001. "द एशियन डस्ट इवेंट्स ऑफ अप्रैल 1998". जर्नल ऑफ जियोफिज़िकल रिसर्च 106, 18,317-18, 333।

बेट्स, टी. एस., पी. के. क्वीन, डी. जे. क्वॉफमैन, डी.एस. कवर्ट, टी.एल. मिलर जे. ई. जॉनसन, जी.आर. कारमिकेल, एस.ए.गुआज़ोटी, डी.ए. सोडमेन, के.ए. प्राथर, एम. रिवेरा, एल.एम. रुसेल एवं जे.टी. मेरिल, 2003 मेराइन बाउंड्री लेयर डस्ट एंड पालयुशन ट्रांसपोर्ट एसोसिएटेड विद द पैसेज ऑफ ए फ्रॉन्टल सिस्टम ओवर इस्टर्न एशिया, जर्नल जियोफिज़िकल रिसर्च,।

मुरायमा टी., सुगीमोटो एन, यूनो आई, किनोशिता के, हगिवारा, ल्यू जेड वाई, मत्सुई आई, सकाई टी, शिबाता टी, अराओ के, शॉन बी.जे., वॉन जे.जी., यून एस.सी., ली टी, ज्वाउ जे., ह्यू एच.एल., अबो एम., इयोकिब के., कोगा आर., इवास्का वाई., 2001. "ग्राउन्ड बेस्ड नेटवर्क ऑबसर्वेशन ऑफ एशिया डस्ट इवेंट्स ऑफ अप्रैल 1998 इन ईस्ट एशिया"। जर्नल ऑफ जियोफिज़िकल रिसर्च 106, 18345-18359।

हेशम एम., ई.आई.अशकरे, सुदिप्ता सरकार, मेनस कैफटॉस, टारेक ए., ईआई-गज़ावी, 2003. "ए मल्टीसेंसर एप्रोच टू डस्ट स्टॉर्म मॉनीटरिंग ओवर द नाइल डेल्टा"। आईईई ट्रांजेक्शन ऑन जियोसाइंस एंड रिमोट सेंसिंग, 41, 10।

जे.जे. क्यू, एक्स. हाउ, एम. क्वफाटोस, एवं एल. वॉंग, 2006 "एशियन डस्ट स्टार्म मॉनीटरिंग कमबाइनिंग टैरा एंड एक्वा मोडिस एसआरबी मेज़रमेंट्स, "जियोसाइंस रिमोट सेंसिंग लेटर्स आईईई, 3 (4), 484-486।

गॉर्डन एच.आर., क्लार्क डी.के., ब्राउन ओ.बी., इवांस आर.एच. एंड ब्राइनको डब्लू डब्लू 1983. फाइटोप्लेंकटन पिगमेंट कनसंट्रेशन्स इन द मिडल एटलांटिक ब्राइट : कमपेरिज़न ऑफ शिप डिटरमिनेशन एंड सीज़ेडसीएस एस्टीमेट्स; एप्लाइड ऑप्टिक्स 22 20-36 ।

एन्गस्ट्रॉम, ए., 1964. टेक्नीक्स ऑफ डिटरमाइनिंग द टरबिडिटी ऑफ द एटमोस्फियर, टेलस, 13, 214 ।

स्मिरनव, ए., बी.एन. हॉलबेन, आई. स्लटस्कर, ई.जे. वेल्सन, एंड पी.फॉरमेंटी (1998), ऑप्टिकल प्रोपर्टीज़ ऑफ सहारन डस्ट ड्यूरिंग एसीई-2, जे. जियोफिज़िकल रिसर्च, 103, 28,079-28,092 ।



## चंद्रयान 1-‘टीएमसी’ संवेदक द्वारा चंद्रान्वेषण: एक अदभुत उपलब्धि

डॉ. ए .एस .आर्य

वैज्ञानिक/अभियंता "एसएफ", पीएम.डी./एम. पी .एस.जी./ एपसा  
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद  
arya\_as@sac.isro.gov.in

**सारांश:** चंद्रमा पृथ्वी का एक मात्र प्राकृतिक उपग्रह है जिसके प्रति अनंतकाल से ही मनुष्य विशेष लगाव व जिज्ञासा रखता आया है। प्राचीन काल में भारत एवं चीन में चंद्रमा की तुलना रूपवान स्त्री से करी जाती थी। गेलीलियो द्वारा 16वीं सदी में टेलिस्कोप के आविष्कार के पश्चात चंद्रमा के सतह पर विद्यमान अनेक प्रकार की चंद्रआकृतियों को स्पष्ट देखने का अवसर मनुष्य जाति को प्राप्त हुआ जिसके फलस्वरूप चंद्रमा के बारे में ज्ञान में वृद्धि हुई। गेलीलियो ने ही सर्वप्रथम चंद्रआकृतियों को रेखांकित किया। 20वीं सदी में मानव ने चांद्र पर पहुँच कर मृदा एवं शिलाओं के नमूने पृथ्वी तक पहुँचाए, जिनका भूवैज्ञानिक विश्लेषण किया गया। चंद्रमा के सतह का उपग्रह से चित्रण किया गया मगर यह केवल 2आयामी एवं अपरिष्कृत विघटन प्रदान करता था। भारत ने 22अक्तूबर 2008, को पीएसएलवी-सीIII द्वारा चंद्रयान 1-को प्रक्षेपित किया जिसमें सर्वप्रथम सूक्ष्म विघटन 5)m) एवं त्रिआयामी दक्षता के साथ चंद्र सतह को चित्रित किया गया। इस उपलब्धि से चंद्र सतह पर विद्यमान विभिन्न चंद्रआकृतियों का अभूतपूर्व चित्रण व विश्लेषण किया जा सका। उपरोक्त लेख में चंद्रयान के TMC कैमरे द्वारा चित्रित किए गए चंद्रआकृतियों के प्रकार एवं उत्पत्ति के बारे में चर्चा करी गई है।

### प्रस्तावना

सौर मंडल की उत्पत्ति काल से पृथ्वी-चंद्रमा-सूर्य की एक अति महत्वपूर्ण त्रिकोणीय एवं पारस्परिक संबंध वाली प्रणाली स्थापित है। इस तंत्र, विशेषतः पृथ्वी एवं चंद्रमा का एक अत्यंत महत्वपूर्ण एवं वैज्ञानिक खगोलीय संबंध है। आज से चार अरब वर्ष पूर्व चंद्रमा का निर्माण पृथ्वी की बाह्य कक्षा में 400Km पर हुआ एवं धीरे-धीरे चंद्रमा पृथ्वी से दूर होता गया तथा आज वह 384400Km दूर स्थित है। चंद्रमा व्यास पृथ्वी से चौथाई भाग का है तथा पृथ्वी की तुलना में चंद्रमा पर गुरुत्वाकर्षण 1/6 भाग है। चंद्रमा पर बहते पानी के स्रोतों के अभाव में जल-कटाव अथवा अपरदन नहीं होता है। वायुमंडल के ना होने के कारण हवा या रासायनिक अपकर्षण भी नहीं होता जिसकी वजह से चंद्र सतह सदियों से प्राचीन अवस्था रूप में संरक्षित है। चंद्र सतह पर मुख्यतः उल्कापिंडों के आघात से एवं ‘अंतरिक्ष क्षय’) Space weathering) के कारण विभिन्न भूआकृतियों का जन्म हुआ। इन आघातों के फलस्वरूप हुए ‘गर्त’) Crater) निर्माण से चंद्र सतह की विभिन्न आयु का अनुमान लगाया जा सका है। ज्वालामुखियों के विस्फोट से चंद्रमा पर अनेक प्रकार की चंद्रआकृतियों का निर्माण हुआ। मनुष्य अनंतकाल से ही चंद्र सतह एवं चंद्रमा की उत्पत्ति के विषय में ललायित रहा है। 16वीं सदी में गेलीलियो द्वारा टेलिस्कोप के आविष्कार से चंद्र सतह को आवर्धन )magnity) करके देखने में खगोलशास्त्रियों को अत्यंत महत्वपूर्ण व अभूतपूर्व जानकारी मिली।

चंद्र सतह पर दिखने वाली घुमावदार आकृतियों को उन्होंने नदियाँ बताया एवं गहरे रंग वाले क्षेत्र को ‘सागर’ बताया। उन्होंने पहाड़, घाटी, खाई एवं अनेकानेक क्रेटर )गर्त) का भी वर्णन किया।

20वीं सदी में विज्ञान के क्षेत्र में उन्नत तकनीक से ज्ञात हुआ कि चंद्रमा पर ना तो कोई 'नदी' है ना 'सागर'। वैज्ञानिक प्रयास से 1969में नासा के प्रयास से पहली बार मनुष्य का चंद्रमा पर पदार्पण हुआ। इस अभियान द्वारा लाए गए कई मृदा एवं शैलीय नमूनों की जानकारी समस्त विश्व को मिली। 1969से 1972तक नासा ने चंद्रमा पर छह मानव अवतरण (Manned Landings) करे एवं इन अभियानों में कुल 12अंतरिक्ष यात्रियों ने चंद्र सतह पर विभिन्न क्षेत्रों में उतर कर नमूने एकत्रित किए जिसके आधार पर हम समस्त चंद्रमा की भूगर्भीय जानकारी का पुनः निर्माण एवं मानचित्रण किया गया मगर इसकी पुष्टि अन्य देशों द्वारा नहीं हो सकी जिसका मुख्य कारण अन्य देशों की चांद पर जाने की असमर्थता थी। 21वीं सदी में विश्व के अनेक देशों ने चंद्रमा पर जाने का प्रयास किया जिसमें मुख्यतः 2007में जापानी (कागुआ), (चीन) चांगे (1-एवं 2008में भारत) चंद्रयान (1-ने चंद्र कक्षा में अंतरिक्ष यान को सफलतापूर्वक स्थापित किया एवं पूर्व में एकत्रित जानकारी की पुष्टि एवं नई खोज का द्वारा खोला।

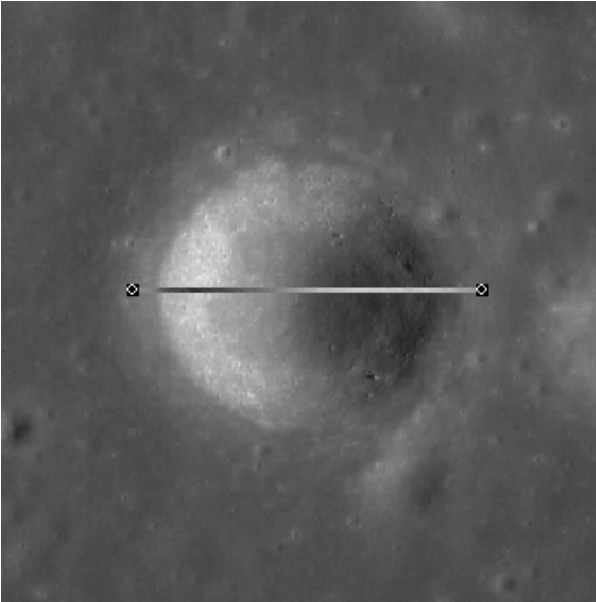
### विवेचन व अवलोकन:

भारत द्वारा सन् 2008में प्रक्षेपित चंद्रयान 1-में ग्यारह विभिन्न संवेदक (Sensors) लगाए गए जो अपने आप में एक बड़ी उपलब्धि है, क्योंकि इस तरह से हम बहुउद्देशीय लक्ष्यों की प्राप्ति एक ही अभियान में कर सकते हैं। इन प्रक्षेपित संवेदकों में 'टीएमसी' नामक संवेदक द्वारा अति परिष्कृत एवं त्रिआयामी आंकड़े प्राप्त हुए जिससे चंद्र सतह के हर 5m x 5m (वर्ग) क्षेत्र की जानकारी पृथ्वी पर वैज्ञानिकों को प्राप्त हुई, जो कि जापान के कागुआ (10m x 10m) एवं चीन के 'चांगे1-' (160m x 160m) के समकालीन अभियानों से अधिक परिष्कृत थी।

टीएमसी द्वारा निम्न विभिन्न प्रकार की चंद्रआकृतियों का सर्वेक्षण एवं अवलोकन किया गया:

**(1) चंद्र क्रेटर:** चंद्रमा की सतह पर पाए जाने वाले सबसे अधिक व सबसे विशिष्ट चंद्र आकृतियों में 'क्रेटर' अर्थात गोलाकार गड्ढे हैं। ये गर्त अधिकतर उल्का-पिंड इत्यादि के चंद्र सतह से टकराने से निर्मित होते हैं अथवा बड़े गर्तों के निर्माण स्वरूप उसके आसपास मलबे के गिरने से बने हैं।

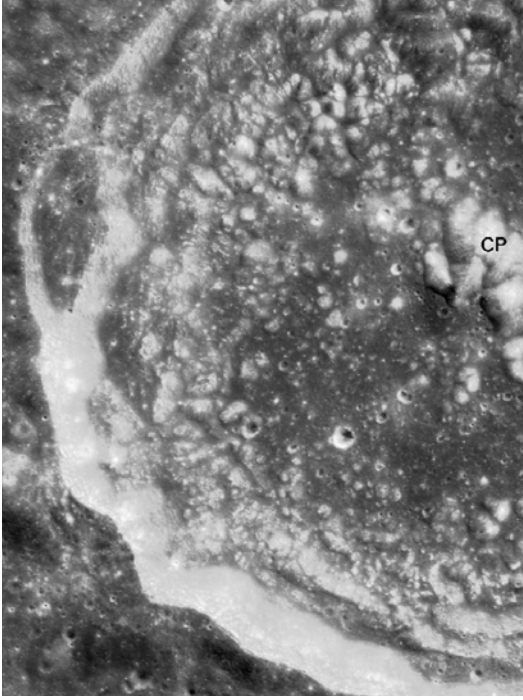
विभिन्न प्रकार के गर्त में छोटे गर्त अधिकतर 'शंकुनुमा' होते हैं, अधिकतम व्यास लगभग 3-2km होता है व गहराई व्यास के बराबर होती है) चित्र (1-इन्हें 'सादा' गर्त कहा जाता है। 'टीएमसी' द्वारा न्यूनतम 15m का गर्त मापा जा सकता है।





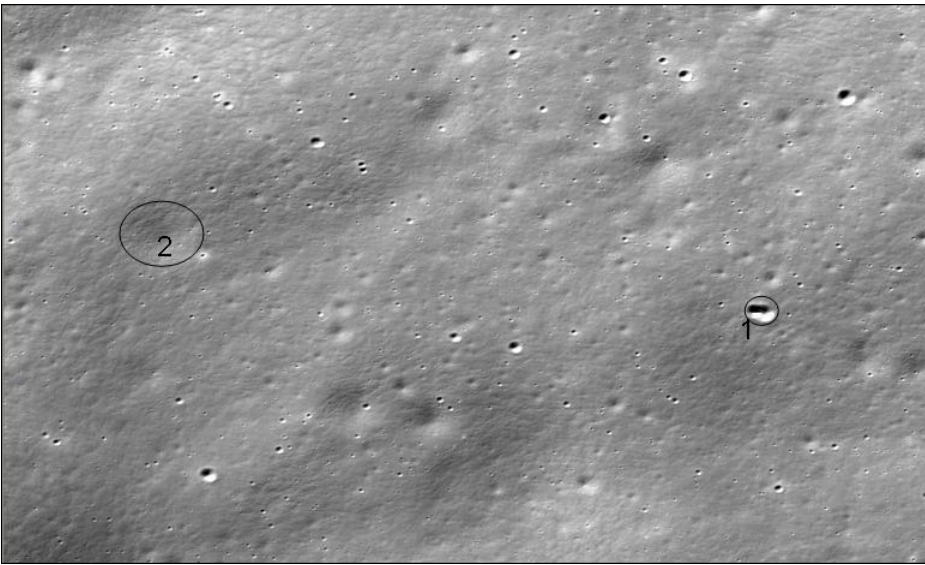
चित्र :1-‘टीएमसी’ द्वारा गर्त व्यास मापन

इसके विपरीत वे गर्त जो बड़े व्यास एवं व्यास से कम गहराई वाले होते हैं एवं गर्त सतह के मध्य में पहाड़ जैसा शिखर दिखता हो उन्हें ‘जटिल’ गर्त कहते हैं )चित्र (2-



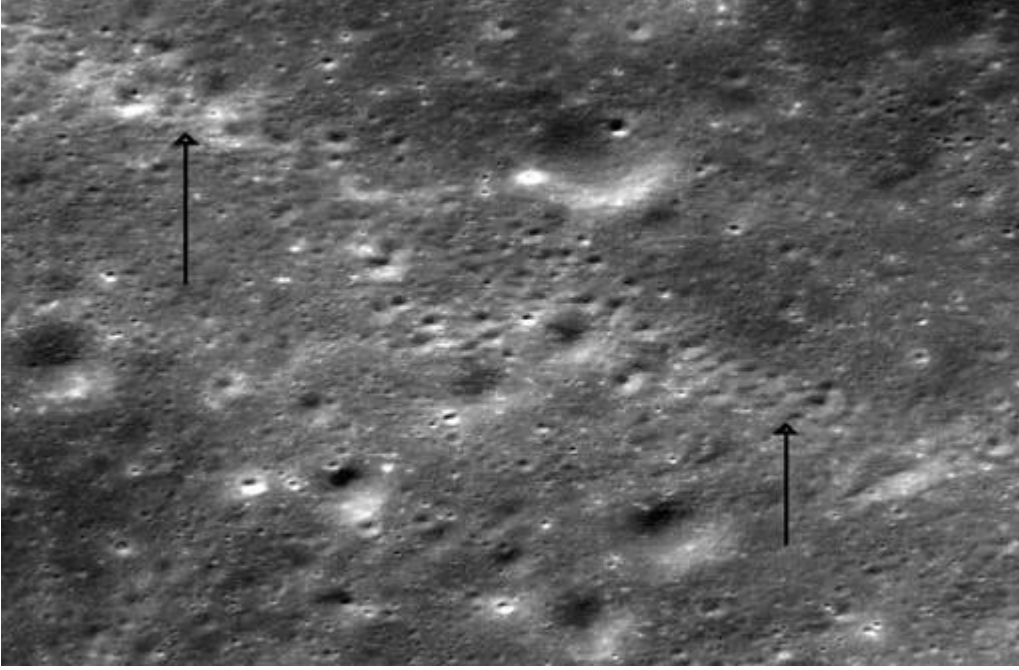
चित्र :2-‘जटिल’ गर्त एवं गर्त सतह के मध्य में पहाड़(CP)

कुछ गर्त बहुत सुस्पष्ट एवं नवीन प्रतीत (1)होते हैं जबकि उन्हीं के समीप कुछ और गर्त अपरदित एवं पुराने प्रतीत(2) होते हैं  
चित्र(3-



चित्र 3-सुस्पष्ट एवं नवीन गर्त (1) अपरदित एवं पुराने गर्त(2)

चंद्र पर गिरते वक्त उल्कापिंड के गिरते टुकड़ों से 'गर्त श्रृंखला' का निर्माण होता है जिससे उल्का पिंड के गिरने की दिशा का अनुमान लगता है। )चित्र(4-



चित्र:4- गिरते वक्त उल्कापिंड से 'गर्तश्रृंखला' का निर्माण ( )

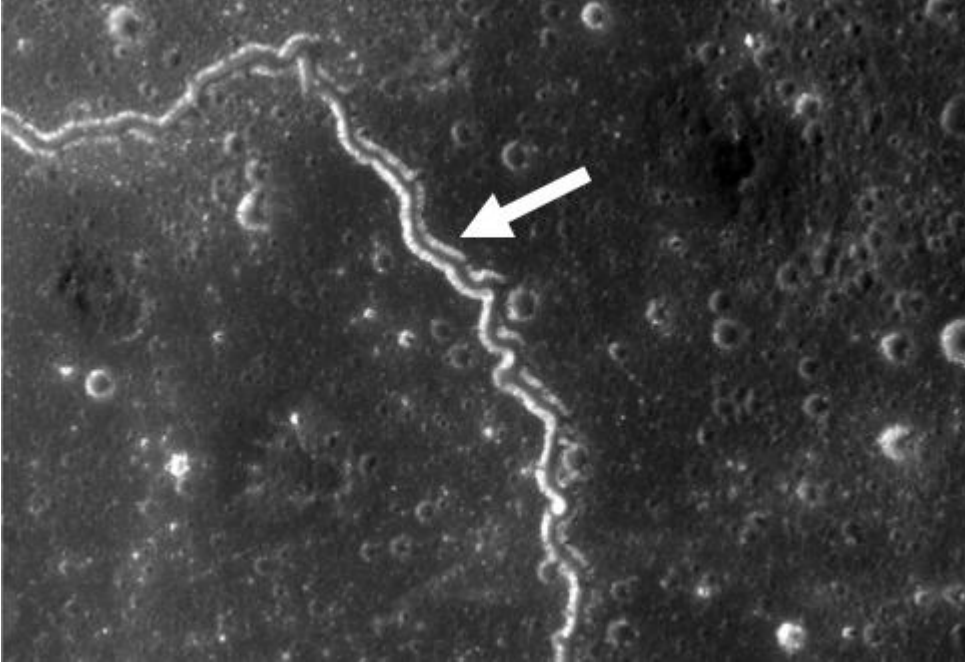
एक गर्त बनने के पश्चात उसके ही ऊपर किसी दूसरे उल्का पिंड का टकराव होता है तो पहला गर्त आंशिक रूप से दूसरे गर्त के नीचे दब जाता है जिस 'जुडवाँ' गर्त कहते हैं )चित्र(5-



चित्र :5- 'जुडवाँ' गर्त

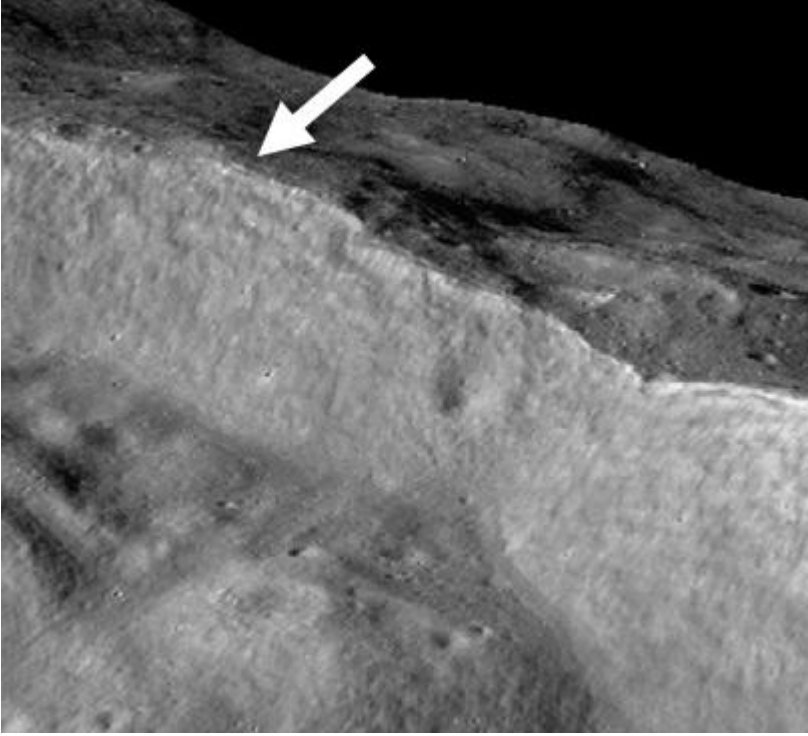
(2)खाइयां ( राइल्स)

भूमिगत लावा के प्रवाह सूखने के पश्चात 'लावा-सुरंग' बन जाते हैं जो कि भूमिगत सुरंग जैसे प्रतीत होते हैं। समय के साथ इन 'लावा-सुरंगों' की ऊपरी सतह टूट के गिर जाती है व ये 'सुरंगों' उघड़ जाती हैं एवं सर्पाकार 'खाइयों' जैसी प्रतीत होती हैं। इन्हे 'राइल्स' कहा जाता है। )चित्र(6-



चित्र :6-सर्पाकार राइल्स

(3)चंद्र-भ्रंश: – चंद्रमा की सतह पर चट्टानों के खिसकने से शैल-भ्रंश होता है एवं दीवारनुमा भ्रंश खड़े हो जाते हैं। ये अधिकतर बेहद बड़े क्रेटरों के किनारों पर आघात स्वरूप निर्मित होते हैं )चित्र (7-त्रिआयामी चित्रण से भ्रंश दीवार की ऊँचाई भी नापी जा सकती है।



चित्र :7-भ्रंश दीवार - त्रिआयामी चित्रण

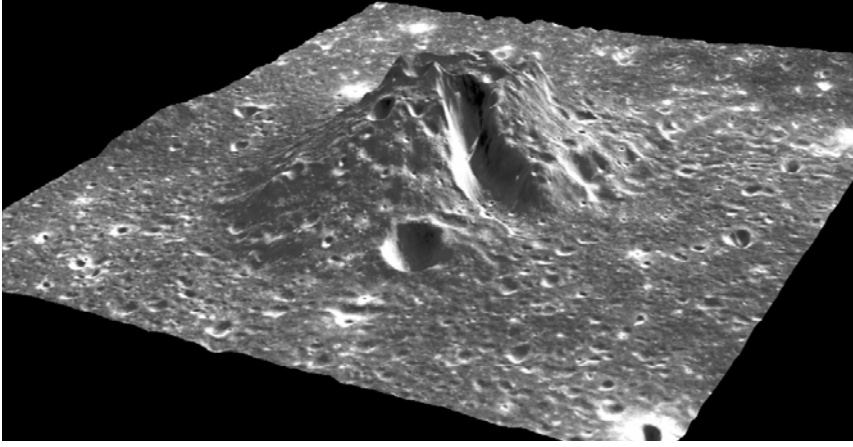
(4)लावा प्रवाह: -चंद्र सतह पर उल्का-पिंड द्वारा बड़े आघात के फलस्वरूप कुछ गर्त से पिछले हुए शैल का प्रवाह गर्त से बाहर की दिशा में फैल गया जो बाद में जमने के बाद भी प्रवाह के रूप में ठोस वस्तु बनकर ऐतिहासिक लावा प्रवाह के सबूत की तरह सवर्था एवं सदा के लिए बस गया । इन्हें लावा प्रवाह कहते हैं तथा इनके खनिजी विश्लेषण से उल्का-पिंड एवं चंद्र सतह के बारे में जानकारी प्राप्त होती है । )चित्र(8-



चित्र :8-लावा प्रवाह

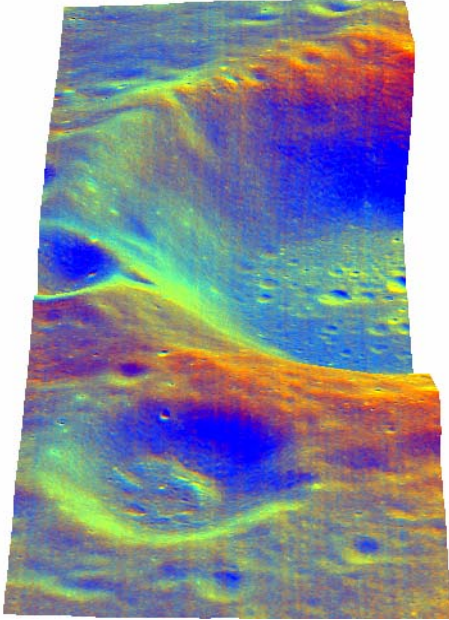


(5) ज्वालामुखीय गुम्बद: प्राचीन काल में ) लगभग 35 करोड़ वर्ष पूर्व (चंद्र सतह पर ज्वालामुखीय क्रियाएँ हुईं जिनके फलस्वरूप कुछ स्थानों पर नीचे से 'मैग्मा' के धकेले जाने के कारण चंद्र सतह पर गुम्बदाकार के शिलाओं का निर्माण हुआ जिनके मध्य में लावा के निष्कासन के फलस्वरूप सुरंग बन गई। ये वस्तुस्थिति 'टीएमसी' के त्रिआयामी चित्र में स्पष्ट प्रतीत होती है। )चित्र(9-



चित्र :9-चंद्र सतह पर ज्वालामुखीय गुम्बद

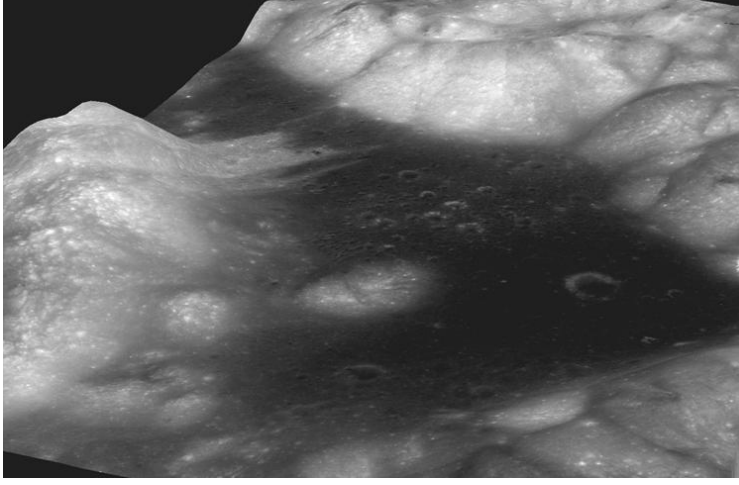
(6) सतह संरचना का त्रिआयामी अनुमान: 'टीएमसी' के त्रिआयामी चित्र पर चंद्रयान 1-के 'हाइसी' नामक संवेदक द्वारा प्राप्त सतही संरचना को आच्छादित करने पर सटीक व सही खनिज संबंधी जानकारी प्राप्त होती है। )चित्र -(10



चित्र - :10 टीएमसी त्रिआयामी चित्र पर 'हाइसी' आच्छादित चंद्रसतह संरचना

**(6) चंद्रयान 2/3 के अवतरण का आयोजन**

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ने भविष्य में चंद्रयान 2-द्वारा चंद्र-मापांक )Lunar module) एवं चंद्रयान 3-में संभवतः पहला भारतीय अंतरिक्ष यात्री चांद की सतह पर उतारने की योजना बनाई है। इस कार्य के लिए 'टीएमसी' द्वारा प्राप्त त्रिआयामी चंद्र सतह प्रतिमान (चित्र 11-ही एकमात्र ऐसा साधन है जिसके द्वारा चांद पर उतरने के लिए समतल व ससे कम उबड़-खाबड़ सतह का चयन एवं सुरक्षित लौटने के लिए पुनःप्रक्षेपण के लिए चांद पर स्थिर व न्यूनतम ढलान वाली सतह का चयन किया जा सकता है।



**चित्र :11- टीएमसी द्वारा अवतरण का चंद्र सतह पर त्रिआयामी प्रतिमान**

चंद्र सतह पर विभिन्न प्रकार के क्रेटरों के व्यास व गर्त-घनत्व के आधार पर चंद्र सतह की आयु का प्रमाण प्राप्त होता है। 'टीएमसी' द्वारा प्राप्त आंकड़ों के आधार पर चंद्र सतह पर विभिन्न क्रेटरों का व्यास मापा जा सकता है एवं इस तरह चंद्र सतह पर किसी भी भाग की आयु का अनुमान लगाया जा सकता है।

**निष्कर्ष:**

भारतीय चंद्रयान 1-में संस्थापित 'टीएमसी' संवेदक विश्व इतिहास में सर्व-न्यूनतम सूक्ष्म विघटन )Fine resolution) वाला यंत्र बना है जिससे चंद्रमा की सतह पर 15m तक व्यास वाले गर्त) गर्त (का मानचित्रण किया जा सकता है। यह एक अभूतपूर्व उपलब्धि है। इसके अलावा विभिन्न चंद्राकृतियों का मानचित्रण ,मापन भी सटीक किया जा सकता है। 'टीएमसी' के त्रिआयामी एवं परिष्कृत चंद्र सतह प्रतिमान उत्पन्न कर के चंद्र सतह की सीलाकृति द्वारा चंद्रयान 2/3 के अवतरण का आयोजन किया जा सकता है।

'टीएमसी' एवं 'हाईसी' आंकड़ों के मिश्रण से सतह पर पाए जाने वाले खनिज भंडारों का त्रिआयामी चित्रण किया जा सकता है।

गर्तों के व्यास के मापन की सुविधा होने के कारण चंद्र सतह की आयु का अनुमान सटीक ढंग से लगाया जा सकता है।

-X-X-X



## ग्रहीय एवम् चंद्र अन्वेषण के रोवर (Rover) अभियान के लिए लघु, भू-वेधी रडार (Radar) की डिजीटल तकनीक

मनीष कुमार, संजय कसोदनिया, अमिता शाह, वि. विश्वनाथन, जे. जी. वाच्छानी, बी. एस. रामन  
([manish,ksanjay,aashah,vish,jgvachhani,bsraman@sac.isro.gov.in](mailto:manish,ksanjay,aashah,vish,jgvachhani,bsraman@sac.isro.gov.in))

### संक्षेप

लेख में वर्णित भू-वेधी रडार का विकास/निर्माण हो रहा है। इसका प्रयोग चंद्र एवं अन्य ग्रहों के उप-पृष्ठीय पदार्थ/लक्षणों की खोज में होगा। इस लेख में लघु भू-वेधी रडार के लिए डिजीटल तकनीक का वर्णन किया गया है। यह भू-वेधी रडार सोपानी-आवृत्ति (Step frequency) आधारित होगा। जोकि 250MHz तक 5 MHz के 100स्टेप लेगा। इसमें प्रयुक्त डिजिटल-प्रक्रम-एकक के कार्यान्वयन के कई उपगमन हैं। इसमें से दो मुख्य उपगमनों का इस लेख में वर्णन दिया गया है जिनके वजन, आकार शक्ति को कम आवश्यकता होगी। प्रथम उपगमन सूक्ष्म नियंत्रक आधारित हैं जिसमें 16बीट का अनुरूप-अंकीय परिवर्तक (ADC) अंतर्विष्ट है। द्वितीय उपगमन FPGA आधारित है जिसमें अनुरूप अंकीय-परिवर्तक (ADC) का अतिरिक्त परिपथ प्रयोग में लिया जाएगा। इस लेख के भाग में भू-वेधी रडार का संक्षिप्त परिचय एवं द्वितीय III) भाग के प्रचालन में सिद्धांत दिया गया है। डिजिटल-प्रक्रम-एकक एवं इसके दो कार्यान्वयन उपगमन भाग III, IV एवं V में दिए गए हैं। अंत में परिणाम/उपसंहार भाग VI में दिया गया है।

### (1) परिचय

उप-पृष्ठ संरचना के संसूचन हेतु भू-वेधी रडार (GPR) एक महत्वपूर्ण उपकरण हैं। पृष्ठीय अंसातत्व से परावर्ती रेडियो-आवृत्ति के अभिलेखन द्वारा यह संसूचन किया जाता है। उप-पृष्ठीय पदार्थों का पता लगाने हेतु भू-वेधी रडार, उच्च विभेदन वाली विद्युत चुम्बकीय बिम्बन तकनीक का उपयोग करता है जो कि विद्युतचुम्बकीय तरंग के प्रकीर्णन सिद्धांत पर आधारित है। इसके अतिरिक्त विद्युत गुणधर्म के निष्कर्षण द्वारा उप-पृष्ठीय पदार्थों के संघटन के बारे में अधिक ज्ञान प्राप्त कर सकते हैं। भू-वेधी रडार मुख्य रूप से पृथ्वी या अन्य ग्रह के उप-पृष्ठीय परिच्छेद/परिरेखा की जानकारी प्राप्त करता है एवं निम्न क्षिणता वाली परावैद्युत अवस्था में उत्तम कार्य करता है। भू-वेधी रडार का उपयोग अन्तरिक्ष अभियान के अतिरिक्त कई व्यापारिक उद्देश्यों में भी होता है।

इसरो, रोवर आरोहित अंशवृद्धि-आवृत्ति वाला भू-वेधी रडार को चन्द्र-अभियान एवं अन्य अर्न्तग्रहीय अभियानों में भेजने की योजना बना रहा है। यहाँ यह उप-पृष्ठीय परिरेखा, भूविज्ञान एवं संसाधन संभाव्यता के बारे में जानकारी प्राप्त करेगा। चूंकि भू-वेधी रडार, चन्द्र-अभियान एवं अन्य ग्रहीय अभियान हेतु लक्षित है इसलिए आवश्यक है कि यह आकार में छोटा, वजन में कम एवं अल्प शक्ति उपभोग करने वाला हो। विश्व की अन्य अन्तरिक्ष एजेंसियाँ भी इस प्रकार के अभियान में संलग्न हैं। जैसे

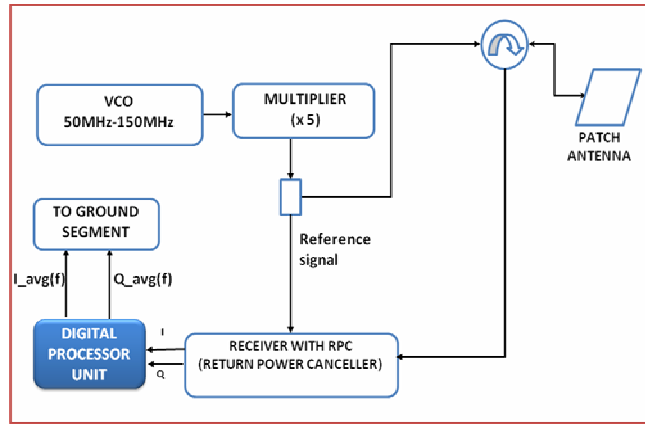
- (i) नासा (NASA) का CRUX-GPR, जो कि लघु-स्पंद आधारित 800MHz का भू-वेधी रडार है एवं अर्न्तग्रहीय खोज अभियान के लिए है।
- (ii) इसा (ESA) का GINGER (Guidance and INto the Ground Exploration Radar) जो कि सतत तरंग, द्वैत-आवृत्ति आधारित 1GHz सूक्ष्मतरंग रडार है।
- (iii) WISDOM (Water Ice and Subsurface Deposit Observation on Mars) जो कि एक अंशवृद्धि-आवृत्ति वाला भू-वेधी रडार है एवं विस्तृत आवृत्ति बैंड 500MHz से 3GHz में कार्य करता है।

## (2) भू-वेधी रडार के प्रचालन का सिद्धान्त

भू-वेधी रडार को संचालन सिद्धान्त के आधार पर दो वर्गों में बांटा जा सकता है i) स्पंद -भू-वेधी रडार ii) सतत-तरंग -भू-वेधी रडार स्पंद -भू-वेधी रडार 10 ,KWatt शीर्षशक्ति युक्त विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा का संकीर्ण स्पंद प्रेषण करता है। यह ऊर्जा पृष्ठ/उप-पृष्ठ के परावैद्युत असांतत्य से परावर्तित होकर रडार पर अभिग्राहीत की जाती है एवं इसी आधार पर उप-पृष्ठीय परिरेखा तैयार की जाती है। इस प्रकार के रडार-तंत्र में उच्च-विभेदन क्षमता प्राप्त करने हेतु दीर्घ-तात्क्षणीक बैंड विस्तार एवं तीव्र अनुरूप से अंकीय परिवर्तक (ADC) की आवश्यकता होती है। ये रडार रेडियो-आवृत्ति व्यतिकरण के प्रति अति संवेदनशील होते हैं एवं इनमें एन्टेना-निनाद जैसी कमियाँ होती है।

स्पंद रडार की शक्ति-बैंड विस्तार सीमा से पार पाने हेतु विकसित अन्य रडारों में एक है। अंशवृद्धि-आवृत्ति-रडार (Stepped Frequency Radar)। इसमें लम्बे स्पंद पर उच्च औसत शक्ति प्रेषित की जाती है एवं विस्तृत परास क्षमता हासिल होती है। संकेत के आयाम (उच्चतम स्तर (को बढ़ाये बिना ,संकेत के अंतराल को बढ़ाकर अधिक ऊर्जा को प्रोसेस कर सकते हैं। इसके अतिरिक्त प्रत्येक अंशवृद्धि आवृत्ति के संकेत के लम्बे अंतराल के कारण अभिग्राही पर तापीय-रव में कमी आती है एवं संकेत-रव-अनुपात (SNR) में वृद्धि होती है।

इससे अभिग्राही अभिकल्पना सरल हो जाती है क्योंकि हेटरोडाइन विमाडुलन विधि द्वारा आधार बैंड का प्रतिचयन काफी कम दर पर कर सकते हैं जितना कि स्पंद आधारित भू-भेदी-रडार में सम्भव नहीं है। अंशवृद्धि आवृत्ति रडार , लक्ष्य से दूरी का निर्धारण स्थानिक समय-प्रक्षेत्र में संश्लेषी परास परिच्छेदन की रचना द्वारा करता है। संश्लेषी-परास-परिच्छेदन की रचना हेतु  $n$  आवृत्ति की श्रेणी  $f_i = f_0 + i\Delta f$  को अनुक्रमी रूप में प्रेषित किया जाता है एवं प्रत्येक अभिग्राही आवृत्ति मान के आयाम एवं कला विस्थापन का मापन ,प्रेषित आवृत्ति के क्रमानुसार किया जाता है। अभिग्राहीत संकेतों में कला विस्थापन का मान प्रेषित आवृत्ति एवं लक्ष्य से परास के समानुपातिक होता है। अंशवृद्धि आवृत्ति भू-वेधी रडार का खंड-आरेख चित्र संख्या 1 में दिया गया है।



चित्र संख्या 1-

लक्ष्य निर्धारण हेतु भू-भेदी रडार कई कारकों पर निर्भर करता है। इनमें से कुछ कारक है: (i) विद्युत-चुम्बकीय विकिरणों का भूमि के साथ दक्ष युग्मन ii) भूमि में विकिरणों का पर्याप्त अंतर्वेषण iii) उप-पृष्ठीय पदार्थों से पर्याप्त पश्च-प्रकीर्ण प्राप्त करना आदि।



### (3) डिजिटल प्रक्रमक एकक (DPU)

डिजिटल प्रक्रमक एकक एक डिजिटल उपतंत्र है जो कि भू-वेध रडार द्वारा अर्जित आंकड़ों/डेटा का संसाधन, संचय एवं विश्लेषण करता है। डिजिटल प्रक्रमक एकक का संधान इस प्रकार किया गया है कि यह आकार में छोटा, अल्प शक्ति खपत वाला एवं संपूर्ण तंत्र के साथ सरलता से एकीकृत होने वाला हो इसलिए घटकों का चयन काफी महत्वपूर्ण है एवं उनकी शक्ति अपेक्षा बहुत कम होनी चाहिए क्योंकि इसका प्रचालन केवल 12V की लिथियम-आयन बैटरी द्वारा होगा। डिजिटल प्रक्रमक एकक की महत्वपूर्ण आवश्यकताओं का वर्णन सारणी संख्या 1 में दिया गया है।

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Quantization Bits        | 16 bit                                     |
| Sampling Frequency       | 150 kHz                                    |
| ADC Input dynamic range  | 5V ADC (~100 dB)                           |
| No of Samples            | 128 per frequency step                     |
| Onboard-Processor output | I, Q averaging/frequency step (16bit each) |

सारणी संख्या 1

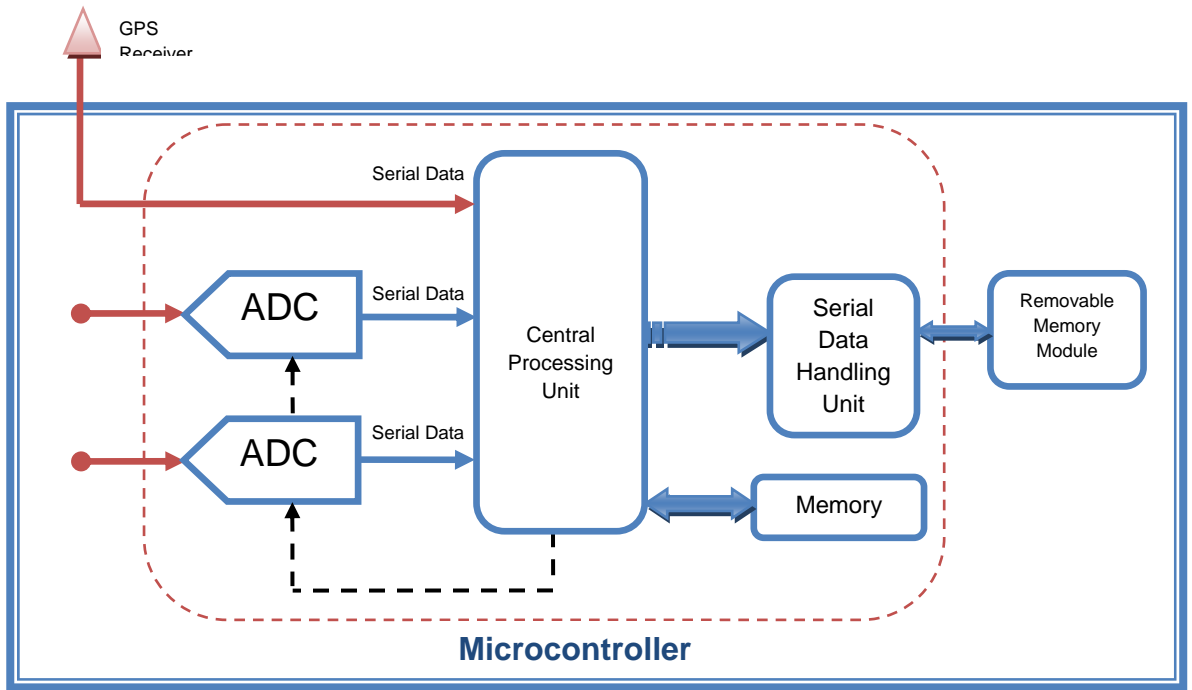
डिजिटल प्रक्रमक एकक 0 से 5वोल्ट की परास में, समकला समकोणिक चैनल (I/Q channel) इनपुट अभिग्रहीत करता है इन अभिग्रहीत संकेतों का अंकीकरण पृथक अनुरूप से अंकीय परिवर्तक (ADC) द्वारा किया जाता है। यहाँ 1ms समय अंतराल के प्रत्येक अंशवृद्धि आवृत्ति के लिए -16बिट के 128इनपुट-डेटा-शब्द होंगे। इन डेटा शब्दों का औसत लेकर, प्रक्रमक परिणाम को स्मृति में संचय करेगा। इस क्रिया में प्रक्रमक प्रत्येक चैनल (I & Q) के लिए एक डेटा शब्द का संचय करता है। 5MHz अंशवृद्धि के साथ 250MHz से 750 MHz तक आने में भू-वेधी-रडार कुल 100स्टेप लेगा एवं प्रत्येक स्टेप 1ms का होगा। इस प्रकार एक सम्पूर्ण क्रमवीक्षण चक्र में। एवं Q चैनल के लिए 100सोपानी से कुल 200डेटा शब्द प्राप्त एवं संचयन होंगे। इस प्रकार दिये गये समय अंतराल के लिए आवश्यक स्मृति की गणना की जाती है। क्रमविक्षित पृष्ठ का अक्षांश एवं देशान्तर मानों में स्थान निर्धारण एवं डेटा के समयांकन हेतु डिजिटल-प्रक्रमक-एकक का वैश्विक स्थिति निर्धारण तंत्र (GPS) के साथ अंतरापृष्ठ आवश्यक है।

### (4) डिजिटल प्रक्रम एकक का अभिकल्प

डिजिटल प्रक्रमक एकक का कार्यान्वयन दो प्रकार से किया जा सकता है, सूक्ष्म नियंत्रक (Microcontroller) आधारित और एफपीजीए (FPGA) आधारित। दोनों अभिकल्प प्रस्तावों का वर्णन इस प्रकार है।

#### (4.1) सूक्ष्म नियंत्रक आधारित प्रस्ताव

इस प्रस्ताव के अन्तर्गत अनुरूप निवेश संकेतों के अंकीकरण हेतु सिलिकोन लेबोरेटरीज की मिश्रित संकेत युक्ति ISP-MCU-C8051F06X उपयोग में ली जायेगी। इस युक्ति में दो -16बीट के उत्तरोत्तर-सन्निकटन-रजिस्टर (SAR) आधारित अनुरूप से अंकीय परिवर्तक है जो कि 1MSPS के प्रतिचयन दर पर कार्य करते हैं। इसमें 4K की आंतरिक यादृच्छिक-अभिगम-स्मृति (RAM), 64K की आंतरिक फ्लैश स्मृति 64 ,KB का बाह्य डेटा स्मृति अंतरापृष्ठ 24 ,से अधिक निवेश निर्गमन (I/O) अंतरापृष्ठ 24 ,MHz का आंतरिक दोलित्र ,JTAG आधारित दोषमार्जन सहायता ,दो UART एवं एक SPI बस अंतरापृष्ठ ,CAN बस अंतरापृष्ठ इत्यादि है। यह युक्ति 64पिन एवं 100पिन के पैकेज में उपलब्ध है। यहाँ अनुरूप अंकीय परिवर्तक (ADC), I & O चैनल से इनपुट लेकर 16बीट का शब्द केंद्रीय संसाधन इकाई (CPU) को देगा। प्रत्येक स्टेप आवृत्ति मान हेतु इन सभी डेटा शब्दों का औसत आंतरिक फ्लैश स्मृति में संचय किया जायेगा। इसके बाद ये डेटा शब्द बाह्य स्थानान्तरणीय स्मृति माड्यूल में UART द्वारा क्रमिक संचार माध्यम से भेजे जाते हैं। इस प्रस्ताव का खंड आरेख चित्र संख्या 2-में दिया है।

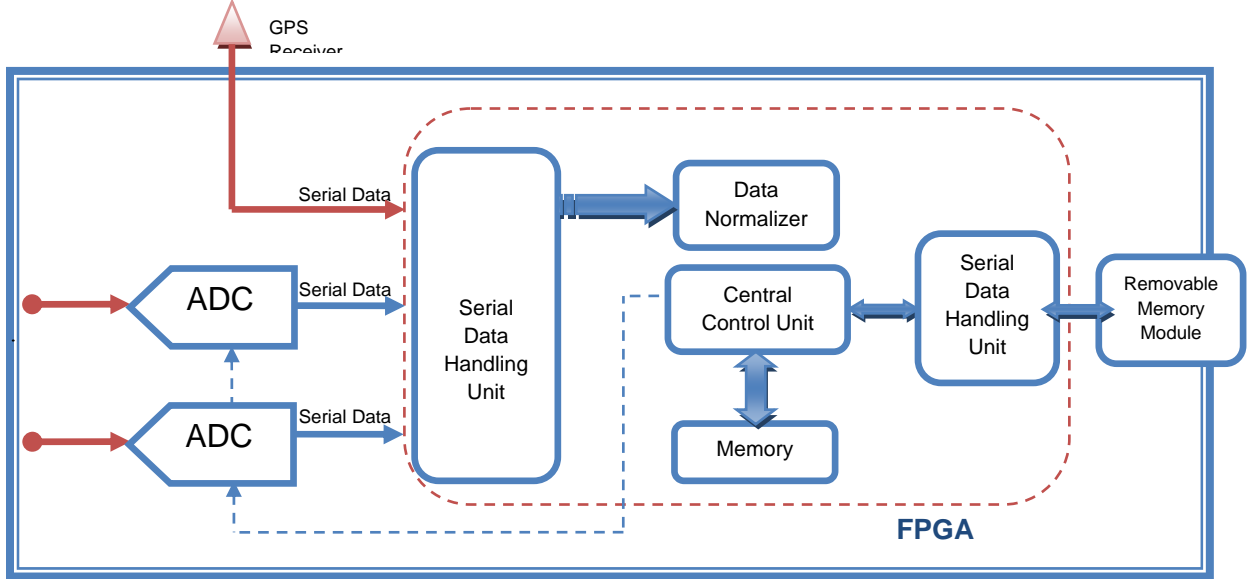


चित्र संख्या 2-

#### (2.4)FPGA आधारित प्रस्ताव

इस प्रस्ताव के अन्तर्गत ,अनुरूप से अंकीय परिवर्तक (ADC) के अतिरिक्त अन्य सभी कार्यों का FPGA में क्रियान्वयन किया जायेगा। अनुरूप से अंकीय परिवर्तक (ADC) के रूप में नेशनल-सेमीकंडक्टर की -16बीट का ADC1615626 युक्ति उपयोग में ली जायेगी। यह युक्ति उत्तरोत्तर-सन्निकटन-रजिस्टर (SAR) आधारित है एवं 250KSPS के प्रतिचयन दर पर कार्य कर सकती है। चूंकि भू-वेधी-रडार के लिए आवश्यक प्रतिचयन दर 128KSPS हैं इसलिए यह युक्ति कार्य में ली जा सकती है यहाँ। एवं Q चैनल के लिए दो अनुरूप से अंकीय परिवर्तक (ADC) उपयोग में लिए जायेंगे। अंकीकरण के लिए आवश्यक सभी समय एवं निर्देश संकेतों का जनन FPGA से किया जायेगा।

ADC से प्राप्त -16बीट डेटा शब्द को क्रमीक संचार माध्यम द्वारा FPGA में भेजा जायेगा जहाँ प्रत्येक आवृत्ति मान के लिए इन शब्दों का औसत स्मृति में संचय किया जायेगा। ये डेटा शब्द FPGA की आंतरिक स्मृति से बाह्य स्मृति में स्थानान्तरित कर किसी भी कम्प्यूटर पर इन्हें देखा जा सकता है। इस कार्य के लिए आवश्यक FPGA, छोटे आकार में चयन किया जायेगा। वैश्विक स्थिति निर्धारण तंत्र (GPS) अभिग्राही, क्रमिक संचार द्वारा अक्षांश एवं देशांतर मान FPGA को भेजेगा जहाँ पर से मान डेटा शब्दों के साथ समयांकित किये जायेंगे। इस प्रस्ताव का खण्ड-आरेख चि.सं 3 .में दिया है।



चित्र संख्या 3-

#### (5) उपसंहार

नेशनल सेमीकंडक्टर के 16बीट )अनुरूप अंकीय-परिवर्तक ADC) का अभिलक्षणन पूर्ण कर लिया गया है एवं परिणाम टेबल संख्या में दिए गए है। भू-वेधी रडार के लिए डिजिटल-प्रक्रम एकक का अभिकल्प उन्नत अवस्था में है एवं विकास कार्य प्रारंभ हो चुका है।

#### (6) संदर्भ

- [1] H. Lentz, H.M. Braun. GINGER II: An Upgrade of the Technology Demonstrator of the Guidance and INto the Ground Exploration Radar (GINGER)
- [2] J. A. Grant, A. E. Schutz, B. A. Campbell. Development of a Rover Deployed Ground Penetrating RADAR. 1535, Lunar and Planetary Science XXXI
- [3] Bin Sai, Leo P. Ligthart. GPR Phase-Based Techniques for Profiling Rough Surfaces and Detecting Small, Low-Contrast Landmines under Flat Ground in IEEE Transactions on geosciences and remote sensing, Vol. 42, No. 2, February 2004
- [4] David J Daniels. GPR for Landmine Detection, an Invited Review Paper in Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar, 21 -24 June, 2004, Delft, The Netherlands

*ग्रहीय अन्वेषण को विशेष महत्त्व देते हुए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एवं उपयोग*



## इसरो के चंद्रयान 2-द्वि-आवृत्ति सार हेतु सूक्ष्मीकृत अंकीय अभिग्राही तथा नियंत्रक निकाय

शालिनी गंगेले ,हिमांशु पटेल ,रिंकु अग्रवाल ,सरवनाकुमार ,एस.एम .त्रिवेदी ,  
जे.जी.वाछानी एवं एन.एम .देसाई  
एम.एस.डी.पी.डी./एम.एस.डी.जी./एम.आर.एस.ए ., अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र),(  
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन )इसरो ,(अहमदाबाद  
ईमेल: [shalinisethia@sac.isro.gov.in](mailto:shalinisethia@sac.isro.gov.in)

**प्रमुख शब्द:** संक्षेपित द्वारक रडार )SAR), अंकीय चर्प जनित्र (DCG), आंकड़ें अर्जन एवं संपीडन उपनिकाय DAC(S), नीतभार नियंत्रक )PLC), ब्लॉक अनुकूली क्वान्टम )BAQ), परासीय संपीडन )Range Compression), एफ.पी.जी.ए ., एसिक ,मिल.1553-

### सारांश

चंद्रयान ,1-भारत के प्रथम मानव-रहित चंद्र अभियान का सफलतम प्रमोचन अक्तूबर 2008 ,में किया गया था । चंद्रयान 1-अंतरिक्ष यान पर कुल ग्यारह वैज्ञानिक नीतभारों को भेजा गया था ,जिनमें से एक नीतभार था सूक्ष्मीकृत )Miniature) S-बैंड संक्षेपी द्वारक रडार )MiniSAR), जोकि प्रयुक्त भौतिकी प्रयोगशाला ,जॉन हॉपकिन्स विश्वविद्यालय ,यू.एस.ए .द्वारा निर्मित था । नासा के इस मिनिसार यंत्र द्वारा चंद्र पर जल की उपस्थिति के वैज्ञानिक प्रकाशन हेतु प्राथमिक डाटा प्राप्त किया गया । S-बैंड मिनिसार अभियान को जारी रखने के उद्देश्य हेतु इसरो/भारत ने अपने द्वितीय चंद्र अभियान की रूपरेखा तैयार की है ,जिसमें अधिक संवृद्धि )enhancements) के साथ द्वि-आवृत्ति आधारित सार नीतभारों )L-बैंड तथा S-बैंड (को भेजा जाएगा । S-बैंड सार मिनिसार डाटा के उपयोग से हुए अध्ययन की प्रगति को जारी रखने का कार्य करेगा । इसके अतिरिक्त ,चंद्र रिगोलिथ के अंदर अधिक प्रवेश को L-बैंड सार सुनिश्चित करेगा ,जोकि सतह तथा उप-सतह की अधिक जानकारी प्राप्त करने में मददगार रहेगा । यह द्वि-आवृत्ति सार नीतभार अपने साथ अंकीय अवयवों से समकालित एक जटिल संकेत प्रक्रमण तंत्र )sophisticated signal processing system) को ले जाएगा । अतः ऐसे अंकीय निकाय हेतु सूक्ष्मीकृत )Miniaturized) अभिकल्पना की रचना की गई है ,जिसमें उन्नत अंकीय प्रौद्योगिकी अवयवों का प्रयोग किया गया है । इस सूक्ष्मीकृत अभिकल्पना में सारे अंकीय फलन एक ही बोर्ड द्वारा किये जाएंगे ,जैसे कि अंकीय चर्प जनन ,उच्च गति डेटा अर्जन तथा संकेत प्रक्रमण एवं नीतभार नियंत्रक प्रचालन । इस पत्र में इसरो के चंद्रयान 2-द्वि-आवृत्ति सार अभियान के एकल बोर्ड सूक्ष्मीकृत युगपत अंकीय निकाय की सम्मिश्र अभिकल्पना का विवरण ,हार्डवेयर विन्यास , मुख्य लक्षण तथा अभिलक्षणन परिणामों को प्रस्तुत किया है ।

### प्रस्तावना

चंद्रयान ,2-भारत के द्वितीय चंद्र अभियान को प्रथम भारतीय चंद्र अभियान द्वारा किए गए जांचपरिणाम के अध्ययन को और अधिक गहराई तथा विश्लेषण करने के उद्देश्य से परिभाषित किया गया है । इस मिशन में एक कक्षीयान उपग्रह ,एक लैंडर तथा एक रोवर को भेजा जाएगा । इसका प्रमोचन स्वदेशी भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन यान )GSLV) द्वारा 2013 A.D. में नियत किया है ।

चंद्रयान 1-पर युगपत मिनिसार नीतभार )प्रमोचन-Oct. 2008) एक S-बैंड संक्षेपित द्वारक रडार )SAR) निकाय था , जिसका विभेदन था 150m तथा उसमें वृत्तीय ध्रुवणमापीय cccc)circular polarimetric)

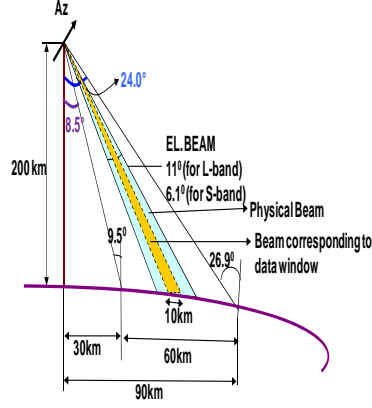
क्षमता थी। तत्पश्चात्, अप्रैल 2009 में LRO पर युगपत सूक्ष्मीकृत-रेडियो आवृत्ति (Mini-RF) तंत्र का प्रमोचन किया गया, जिसमें S-बैंड तथा X-बैंड सार निकायों का समावेश था जिनका विभेदन 150m एवं 30m था। यह दो मिशन अंतरिक्ष-वाहित RF प्रौद्योगिकी के लिए एक महत्वपूर्ण अग्र कदम का प्रतिनिधित्व है, तथा इनकी प्राप्ति 8 Kg (मिनिसार ( एवं 16 Kg )मिनि-RF( के आसपास पेलोड निर्माण से की गई थी। आवश्यक रूप से, इन अभियानों से प्राप्त परिणाम चंद्र के ध्रुवीय प्रदेश पर जल-बर्फ की उपस्थिति की पुष्टि करता है।

प्रतिबिंबन क्षमता में सुधार लाकर चंद्र पर हो रहे इस अध्ययन को जारी रखने तथा और आगे बढ़ाने के हेतु से चंद्रयान 2-मिशन पर दो बेहतर द्वि-आवृत्ति सार पेलोड की रूपरेखा रखी गई है। इस द्वि-आवृत्ति सार में सम्मेलित होने वाले नीतभार L-Band तथा S-बैंड सार पेलोड है, जिनका समावेश उपग्रह कक्षीयान (orbiter) में किया जाएगा। यह सार तंत्र एकल-रूप-से-स्वाश्रयी (Stand-alone) तथा L-बैंड/S-बैंड में समकालिक (Simultaneous), दोनों ही तरीके से कार्य करने में सक्षम होगा। यह सार तंत्र चंद्र सतह को प्रोग्रामनीय 2-20 m विभेदन (Resolution) तथा 10km प्रमार्ज (Swath) से बिंबन (imaging) करने में सक्षम होगा। इसका विन्यास मिनिसार तथा मिनि-RF तंत्रों की भांति वृत्तिय ध्रुवण विधा (Circular polarization mode) से किया जाएगा, तथा प्रतिबिंबन क्षमता को ओर बेहतर बनाने के हेतु से पूर्ण-रैखिक ध्रुवण विधा (Linear polarimetric mode) में भी कार्य करेगा। ऐसे द्वि-आवृत्ति सार नीतभार की रचना अंकीय अवयवों से प्रयुक्त जटिल संकेत प्रक्रमण निकाय से की गई है।

उपग्रह मिशनों के संवेदक तथा उसकी इलेक्ट्रॉनिकी पर चंद्र विज्ञान द्वारा रोपित भार (weight), आयतन (volume), तथा शक्ति (power) व्यवरोधों ने द्वि-आवृत्ति सार के ऑन-बोर्ड अंकीय उपनिकाय के उच्च-विभेदन (~2m) तथा उच्च संकेत बैंड-विस्तार (~75MHz) प्रक्रमण आवश्यकता को बनाए रखने के साथ-साथ एक सूक्ष्मीकृत अभिकल्पना विन्यास को बनाना भी अनिवार्य किया है। अतैव एक सूक्ष्मीकृत अभिकल्पना की रचना की गई है, जिसमें एकल बोर्ड पर ही सारे अंकीय कार्य किये जाएंगे, जैसे कि अंकीय चर्प जनन, ऑकड़ें अर्जन तथा संकेत प्रक्रमण एवं पेलोड नियंत्रण प्रक्रिया। इस नवीन एकल अंकीय बोर्ड का तौल होगा 1 kg तथा इसकी शक्ति आवश्यकता होगी लगभग 6 वोट। जबकि इसी की तुलना के RISAT-1 सार में आधार-बैंड अंकीय उपनिकायों का कुल वजन था 14 kg तथा 90W रो-बस शक्ति खपत। उच्च बैंड-विस्तार संकेत तथा उच्च प्रतिचयन दर (~83.33 MHz) को ध्यान में रखते हुए संकेत अखंडता (Signal Integrity), EMI/EMC, ऊष्मीय (thermal) तथा शक्ति (power) जैसी समस्याएं अति महत्वपूर्ण है। इसके अतिरिक्त, PCB तथा पेकेज अभिविन्यास (layout) अभिकल्पना तथा संविरचन (fabrication) कार्य को संपन्न करना भी एक बड़ी चुनौती रहेगी।

### प्रदायभार विन्यास

L-बैंड तथा S-बैंड सार नीतभार 1.25 GHz तथा 2.5 GHz केंद्र आवृत्ति पर कार्य करेंगे, क्रमशः। इस सार तंत्र का 10 km प्रमार्ज (swath) तथा 30 से 90 km तक ऑफ-नादिर दूरी (परास-व्याप्ति/Range-coverage) पर कार्य करने के लिए संरूपण किया गया है, तथा इसकी विभेदन क्षमता 2 से 20 मीटर तक की रहेगी। चित्र 1-में प्रतिबिंबन ज्यामिति प्रस्तुत है।

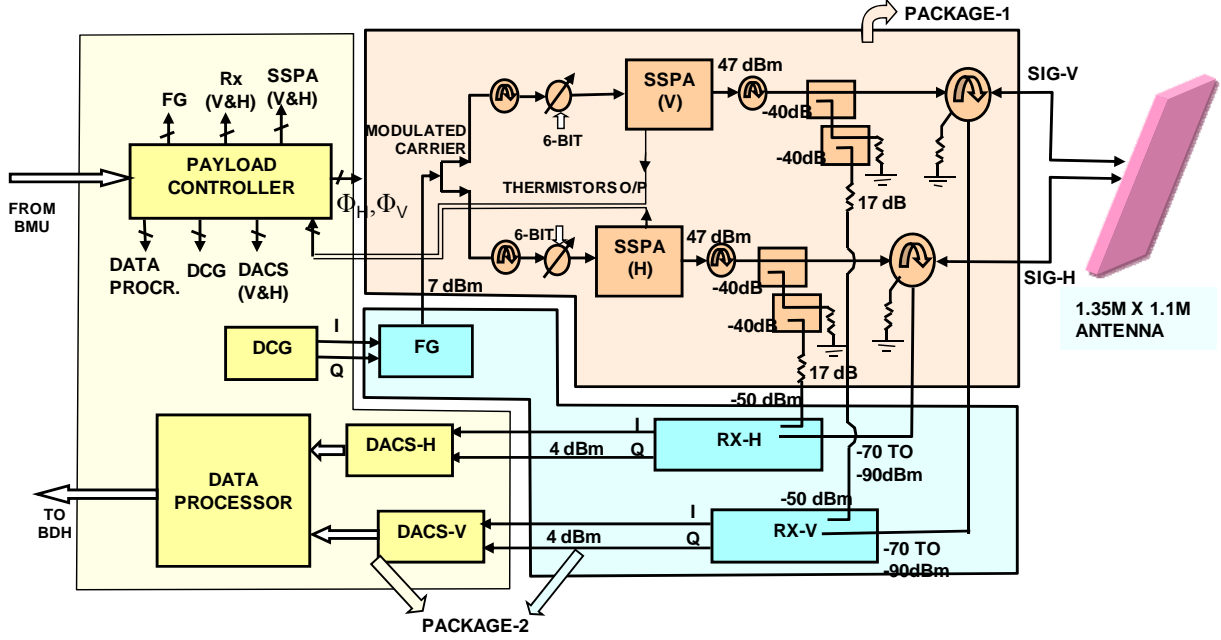


चित्र 1: चंद्रयान 2-सार की प्रतिबिंबन ज्यामिति

द्वि-आवृत्ति सार तंत्र का दो ध्रुवण विधाओं के लिए संरूपण किया है: (1)वृत्तीय ध्रुवण विधा (Circular Polarization mode) जिसमें प्रेष संकेत (transmit signal) वृत्तीय ध्रुवण से, तथा अभिग्रहण (reception) द्वि-रैखिक ध्रुवण (dual-linearly polarized) चैनलों द्वारा किया जाएगा। (2)पूर्ण-रैखिक (full-linear) ध्रुवण विधा, जिसमें प्रेष स्पंद को लगातार V तथा H ध्रुवण विधा में स्विच किया जाएगा, तथा अभिग्रहण दोहरी-रैखिक ध्रुवण चैनल से किया जाएगा। सारणी 1-में मुख्य निकाय विनिर्देश प्रस्तुत है। चित्र 2-में L-बैंड/S-बैंड सार के खंड आरेख को दर्शाया है।

सारणी 1-: L-बैंड/S-बैंड सार मिशन की मुख्य आवश्यकताएं तथा विनिर्देश

| प्राचल                             | L-बैंड/S-बैंड सार विनिर्देश   |
|------------------------------------|---|
| मिशन विनिर्देश                     | चंद्र तुंगता = 200/100 km, अंतरिक्ष यान वेग = 1.59 km/sec   |
| निकाय विनिर्देश                    | आवृत्ति = 1.25 GHz (L-बैंड) / 2.5 GHz (S-बैंड)<br>ध्रुवण = एकल/युगल/वृत्तीय/रैखिक<br>अवलोकन कोण कवरेज = $8.5^{\circ}$ to $24^{\circ}$<br>प्रमार्ज कवरेज = 10 km, नादिर से 30 - 90 km के ऊपर<br>तिरछा परास विभेदन = 2m - 20m   |
| एन्टेना विनिर्देश                  | द्वि-ध्रुवण सूक्ष्मपट्टी (microstrip) एन्टेना, विस्तार=1.35m x 1.1m   |
| प्रेषित विनिर्देश                  | प्रेष स्पंद-विस्तार = 25-80μs, पी. आर. एफ. = 2600-6000 Hz<br>शिखर प्रेष शक्ति = 40-45 W, प्रति ध्रुवण चैनल  |
| अंकीय अभिग्राही-नियंत्रक विनिर्देश | ग्राही गवाक्ष (Rx window) = 37.288-110.72 μs<br>संकेत बैंड विस्तार = 2-75 MHz, प्रोग्रामनीय<br>अंकुरूप विभेदन = 8-बिट I/Q<br>ADC प्रतिचयन आवृत्ति = 62.5/83.33 MHz<br>ओनबोर्ड संकेत प्रक्रमण = परास संपीडन & BAQ<br>BAQ क्वान्टमन = 2 से 6बिट परास संपीडन के पश्चात(<br>निर्गमन आँकड़ें दर = 12.288-122.88 Mbps (@4-बिट BAQ, प्रति ध्रुवण चैनल)<br>BDH अंतरापृष्ठ = LVDS सिरियल @218.75 MHz<br>अंतरिक्ष यान अंतरापृष्ठ = मिल, 1553-BMU के साथ |
| समग्र प्रणाली विनिर्देश            | समग्र DC पावर = 45-100W (L-बैंड), (42-92W (S-बैंड)<br>पैकेज माप = 285mm x 225mm x 60mm (SSPA स्टेक),<br>260mm x 230mm x 105mm (RF+डिजिटल स्टेक)<br>यंत्र भार ~ 14.3 kg.   |



चित्र-

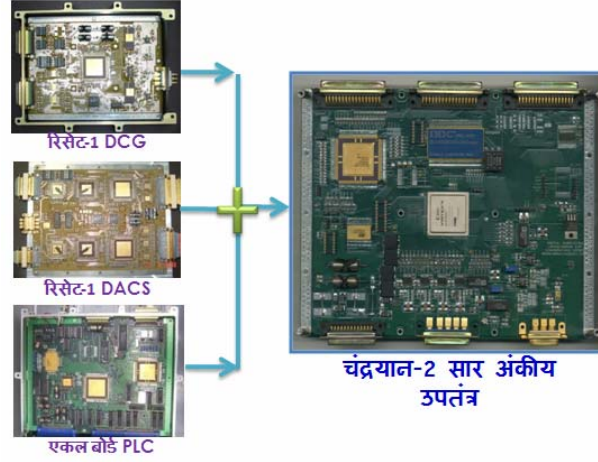
## 2: चंद्रयान 2-सार का खंड आरेख

### आनबोर्ड अंकीय तंत्र का लघुकरण

चंद्रयान 2-सार अभियान तहत अंकीय उपतंत्र के अभिकल्प के विन्यास को लघुकरित करने का प्रयास किया गया है। इस लघुकरण में काफी दृढ़ अवयव जैसे कि भार, आयतन एवं शक्ति को ध्यान में रख कर उन्हें कम किया गया है। जैसे कि चित्र 3-में दिखाया गया है कि चंद्रयान 2-एल-बैंड/एस-बैंड सार में रिसेट सार के विभिन्न संरचक आनबोर्ड मांडयूल्स कैसे चंद्रयान 2-में समायोजित किये गये हैं। यह विभिन्न आनबोर्ड अंकीय बोर्ड हैं, जैसे कि अंकीय चर्प जनित्र (DCG), द्वि-चैनल डाटा अर्जक (DACs) (द्वि-समांतर बोर्ड -एक H और दूसरा V ध्रुवण में काम करने वाला (तथा एकल-बोर्ड नीतभार नियंत्रक) PLC) मांडयूल, यह सब संयुक्त तौर पर चंद्रयान 2-एल-बैंड/एस-बैंड सार में एकल बोर्ड तहत समावेश किये गये हैं।

इस लघुकरण को संभव करने के लिए अभिकल्प में Xilinx Virtex एफ.पी.जी.ए. (XCV600) का Xilinx के हि ज्यदा घनत्व धारण XC4VVSX55 Virtex4 एफ.पी.जी.ए. के द्वारा उन्नयन (upgradation) किया गया है। इस एफ.पी.जी.ए. में चर्प का उत्पादन डाटा सिग्नल संसाधन के प्रचालन H या V श्रृंखला के एकल FPGA के द्वारा निष्पादन किया गया है। तथा अति-शक्ति, अति-पिन वाले, एटमल ADCs (TS8388B), जो रिसेट 1-DACS बोर्ड में उपयोग किये गये थे, उसके बदले में इस बोर्ड में कम-शक्ति एवं कम-पिन वाले ADCs (AD9283) का उपयोग किया गया है। ऐसे चार ADCs को एकल-बोर्ड में समायोजित किया गया है। यह बोर्ड चार समांतर श्रृंखला VI, VQ, HI एवं HQ का डाटा अर्जन करने में सक्षम है। यहाँ पर पेलोड नियंत्रक प्रचालन भी एकल OBC एसिक का 8051 माइक्रोकंट्रोलर यंत्र के बदले में उपयोग किया गया है। इसके अलावा परिधीय जैसे कि UART, टाइमर, PPI आदि का समावेश किया गया है। अतः ऐसे एकल परिपथ में DCG, DACs, PLC को कार्यान्वयन किया गया है। अंकीय उपतंत्र के इस नये एकल बोर्ड अभिकल्प के विन्यास का भार 1.0 kg एवं शक्ति 6वाट है जोकि रिसेटर (RISAT) के अंकीय उपतंत्र के भार (~)5.7 kg) एवं शक्ति (~)62 W) की तुलना में काफी कम है।





चित्र3:- चंद्रयान 2-युगपत अंकीय अभिग्राही नियंत्रक निकाय का सूक्ष्मीकरण

चंद्रयान 2-द्वि-आवृत्ति सार अंकीय उपतंत्र की मुख्य विशेषताएं इस प्रकार है:

- 25-80  $\mu\text{sec}$  स्पंद-अवधि ,2-75 MHz चर्च बैंड विस्तार के लिए प्रोग्रामी मध्य -गति I/Q आधार-बैंड चंप तरंगाकार का उत्पादन ,125MHz प्रतिचयन गति से
- प्रत्यक्ष अंकीय चंप संक्षेपण )DDCS) उपगमन के द्वारा प्रोग्रामी चर्च उत्पादन
- एनालॉग I/O सिग्नल अंतरापृष्ठ आवृत्ति जनित्र के साथ
- चार )VI,VQ,HI,HQ) अति-गति वाले 8-बिट I/Q अंकरूपक )62.5/83.33 MHz)
- डेसिमेशन फिल्टरिंग ,परास संपीडन ,2-6 बिट BAQ, परिवर्ती डाटा-दर फारमेटन
- प्रमुख कालन संदर्भ 3.90625 MHz कालक ,एफ.पी.जी.ए. से PLC एसिक को
- एफ.पी.जी.ए. एवं PLC एसिक में क्रमिक ,अतुल्यकालिक UART अंतरापृष्ठ
- सारे कालन ,नियंत्रण एवं कालद TIMINfgका FG STALO से त्युत्पन्नत्
- अत्याधुनिक प्रौद्योगिकी का प्रयोग ,जैसे कि ADC, DAC, FPGA, ASIC, LVDS
- सार पेलोड उपतंत्रों का नियंत्रण ,समन्वयन एवं स्टेटस मोनीटरन
- oobOBC एसिक (DW8051,8-बिट (आधारित समाहित नीतभार नियंत्रक
- एल-बैंड/एस-बैंड सार का समकाल प्रचालन एवं तुल्यकालन/प्रावस्था
- SSPA-H/V में -6बिट कला (phase (और Rx-H/V में -6बिट लब्धि(gain (नियंत्रिक उत्पादन
- सीरियल LVDS डाटा अंतरापृष्ठ BDH द्वारा एवं BMU के साथ MIL-1553 बस अंतरापृष्ठ
- ON/OFF सिग्नल का उत्पादन SSPA के EPCs के लिए

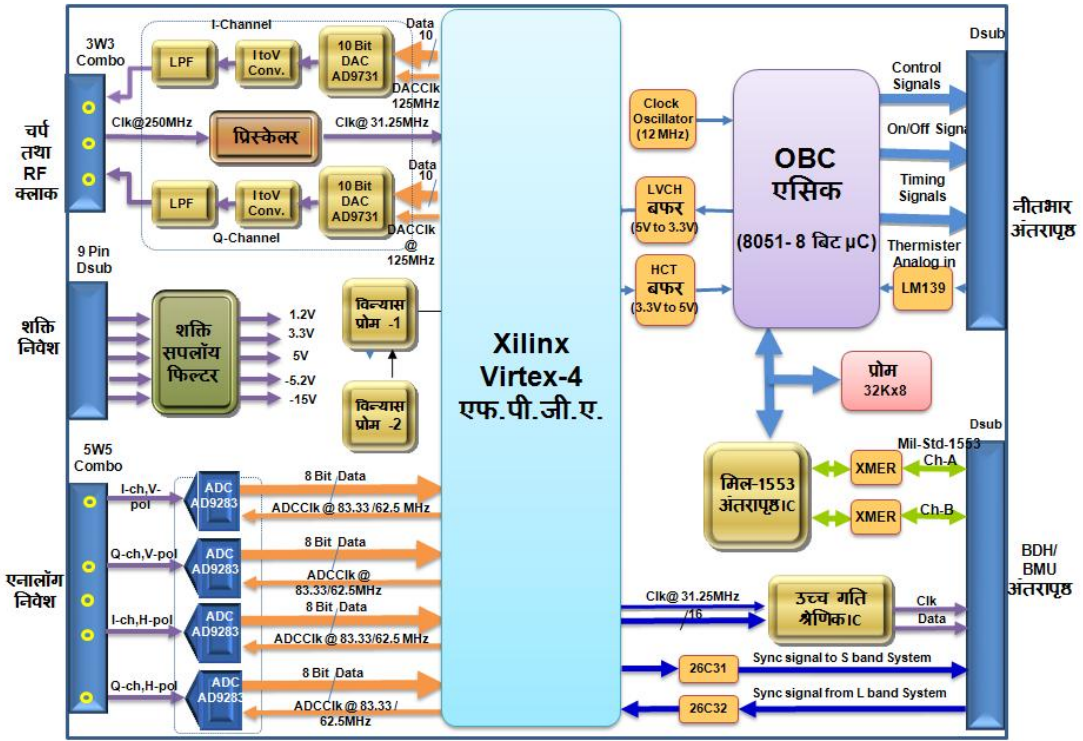
#### अंकीय उपतंत्र हार्डवेयर का वास्तुकला

जैसे कि चित्र 4-में दिखाया गया है ,संयुक्त अंकीय उपतंत्र के अवयवों में DCG, DACS एवं PLC हार्डवेयर सम्मिलित है , जिसमें मुख्य युक्तिया है : Xilinx Virtex4 XC4VVSX55 एफ.पी.जी.ए., 10-बीट वाले AD9731 DACs ,8-बिट वाले AD9283 ADCs ,धारित PLC ओनबोर्ड नियंत्रक एसिक ,वोल्टेज संदर्भ AD589 तथा संगुणित सीरियल विन्यास PROMs 17V16. आवृत्ति जनित्र )FG) से प्राप्त 250MHz क्लाक सिग्नल को प्रिस्केलर Perigrine PE-9313 के द्वारा आठ-से-विभाजित किया जाता है ,जोकि 31.25 MHz क्लाक सिग्नल उत्पन्न करता है । यह 31.25 MHz सिग्नल एफ.पी.जी.ए. के लिए निवेश सिग्नल है । एफ.पी.जी.ए. तत्पश्चात आंतरिक गुणन करता है और आंतरिक DCM मॉड्युल्स के

द्वारा 62.5 MHz माध्यमिक आवृत्ति को उत्पन्न करता है। यह आवृत्ति से फिर से दूसरे DCM मॉड्युल्स द्वारा 83.33 MHz तथा 125MHz MHz को उत्पन्न किया जाता है। 62.5/83.33MHz क्लाक सिग्नल चारो 8-बिट वाले AD9283 ADCs तथा 125MHz क्लाक सिग्नल को दस बिट वाले AD9731 DAC यंत्र को दिया जाता है।

### अंकीय चर्प जनित्र (DCG)

विभिन्न सार प्रचालन विद्या के लिए आवश्यक I/Q प्रेष चर्प संकेत का जनन एफ.पी.जी.ए. द्वारा होता है ,तथा उसे तत्पश्चात 10-बिट AD9731 अंकीय-से-एनालाग )DAC) परिवर्तक को दिया जाता है। इसके बाद उपयुक्त धारा-से-वोल्टता )Current-to-Voltage) परिवर्तक संकारक प्रवर्धक (Operational Amplifier), AD8001 तथा पोस्ट-DAC फिल्टरन से एनालोग चर्प संकेत का गमन किया जाता है। चूंकि विभिन्न प्रकार के बैंड-विस्तार वाले चर्प संकेतों का जनन सार की विभिन्न विधाओं पर आधारित है ,अतैव FPGA घड़ी एवं DAC स्ट्रॉब की दर को 125MHz के एक-समान दर पर समस्त चर्प विधाओं के लिए रखा गया है। समस्त चर्प संकेतों के लिए समान प्रकार का पुनःनिर्माण फिल्टर का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार बैंड-आधारित जनित अंकीय चर्प को प्रेषीग्राही इकाई में दिया जाता है जहां पर इसका सदिश माडुलन )vector modulation) 1.25/2.5 GHz के प्रेषी वाहक आवृत्ति के माध्यम से किया जाता है।



चित्र 4: अंकीय अभिग्राही नियंत्रक निकाय का खंड आरेख

सार की कार्यकारी विधा के चुनाव के आधार पर चर्प का जनन एफ.पी.जी.ए. में LUT पर आधारित DDCS फलन-विधि के माध्यम से किया जाता है ,जोकि प्रोग्रामनीय है एवं इसके द्वारा विभिन्न प्रकार के आवश्यक I/Q चर्प सिग्नल का जनन किया जा सकता है। नीतभार नियंत्रक के द्वारा निकाले गए सह-ऑकड़ों की मदद से चर्प संकेत के प्रारंभिक प्राचल जैसे कि प्रारंभिक

आवृत्ति, कला, डेल्टा आवृत्ति एवं आँकड़ों की संख्या का अनुमान लगाकर चर्प संकेतों का जनन किया जाता है, जिसमें मुख्यता चर्प बैंड-विस्तार एवं संकेत विस्तार मुख्य प्राचल है।

### आँकड़ें अर्जन तथा संपीडन निकाय (DACS)

V(I/Q) एवं H(I/Q), दोनों ही ध्रुवण श्रृंखला से प्राप्त एनालॉग निवेश को सीधे चारों क्रमश 8-बिट ADC AD9283 युक्तियों का दिया जाता है। तत्पश्चात चारों 8-बिट अंकीकृत डाटा चैन को समानांतर रूप से एकल Xilinx Virtex4 एफ.पी.जी.ए. में दिया जाता है, जोकि प्राप्त संकेतों पर संकेत प्रक्रमण कार्य करता है। XC4VSX55 एफ.पी.जी.ए. तथा सह-क्रमिक विन्यास PROM 17V16, जोकि एफ.पी.जी.ए. के विन्यास

डेटा का संचयन करता है, V तथा H चैन पर अलग से ऑनबोर्ड परास संपीडन प्रक्रिया का प्रयोग करता है तथा तत्पश्चात VI, VQ, HI एवं HQ चैन पर अलग से समानांतर रूप से BAQ संपीडन प्रक्रिया का प्रयोग करता है। इस तरीके से V तथा H ध्रुवण के I/Q चैनल के लिए प्राप्त 17-बिट -16)बिट डाटा -1 +बिट स्ट्रोब (BAQ कोडक, संकुलित तथा फोरमेटन डाटा को उच्च गति LVDS श्रेणिक )Serializer), UT54LVDS217 युक्ति द्वारा तीन LVDS डाटा धारा )@218.75 MHz), प्रति चैन, में परिवर्तित किया जाता है।

वास्तविक-काल )Real-time) L-बैंड/S-बैंड सार में मानक सार प्रक्रमण क्रिया )standard signal processing tasks) सम्मिलित है जैसे के परास तथा दिगंश संपीडन प्रक्रिया )Range and Azimuth Compression)। इस मिशन में प्रयुक्त विस्तृत प्रेष अवधि )अधिकतम 80µs) को ध्यान में रखते हुए परास संपीडन प्रक्रिया को ऑनबोर्ड करना निश्चिय किया है, जोकि डाटा आयतन तथा सार संवेदक डाटा दर को काफी कम कर देगा। परास संपीडन )Range Compression) के लिए द्रुत संकलन पर आधारित सुमेलित फिल्टरन )Fast Convolution based matched filtering) फलन विधि का चयन किया गया है। इस फलन-विधि में द्रुत फूरिये रूपांतर )FFT), सदिश सम्मिश्र गुणन, संदर्भ FFT तथा व्युत्क्रम FFT (Inverse FFT) जैसी प्रक्रिया सम्मिलित है। अन्य संकेत प्रक्रमण फलन जिनका आरोपण DACS FPGA में किया जाएगा वो है अंकीय फिल्टरन, डेसीमेशन, BAQ डेटा संपीडन तथा V एवं H चैन के लिए कच्चे / प्रक्रमी )Raw/Processed) एवं ओक्सीलरी डाटा का फारमेटन।

### नीतभार नियंत्रक )PLC)

युगपत्त नीतभार नियंत्रक )payload controller) सार पेलोड की सक्रियता का समाहित नियंत्रण )embedded control), कमांड तथा समन्वय )coordination) करता है। यह सार यंत्र से अभिविन्यास तथा समग्र प्रचालन के लिए आवश्यक नम्यता )flexibility) भी प्रदान करता है। PLC उपग्रह बस प्रबंधक एकक )BMU) के साथ मिल-1553 के द्वारा अंतरापृष्ठ करता है। संसक्त )coherent) सार तंत्र के तुल्यकालिन्त्र )synchronous) प्रचालन के लिए PLC आवश्यक सारे नियंत्रण तथा कालन संकेतों का जनन भी करता है। L-बैंड तथा S-बैंड PLC को तुल्यकाली )synchronize) किया जाएगा जिससे कि समकाल )simultaneous) प्रचालन प्रवर्तित रहे। PLC हार्डवेयर ऑनबोर्ड नियंत्रक (OBC) एसिक पर आधारित है, जोकि 80C51 सूक्ष्म-नियंत्रक )microcontroller) तथा PROM पर आधारित है। 8051 का विशिष्ट फलन रजिस्टर )Special Function

Register-SFR) या स्मृति-बस के द्वारा मिशन-विशिष्ट परिधीय माड्यूल के साथ अंतरापृष्ठ किया गया है। PLC चंद्रयान 2-सार पेलोड के सारे उपनिकायों के लिए कालक नियंत्रण संकेतों का जनन करता है।

PLC V/H-SSPA से प्राप्त थर्मिस्टर एनालोग संकेतों को OBC एसिक के डेल्टा-सिग्मा ADC द्वारा अंकीकरण करता है। इस ADC का विभेदन 8-बिट है तथा प्रतिचयन दर है 100 सेमप्ल/सेकन्ड। 4 MSB बिट का उपयोग SSPA V/H के तापमान प्रतिपूर्ति (temperature compensation) के लिए किया जाता है।

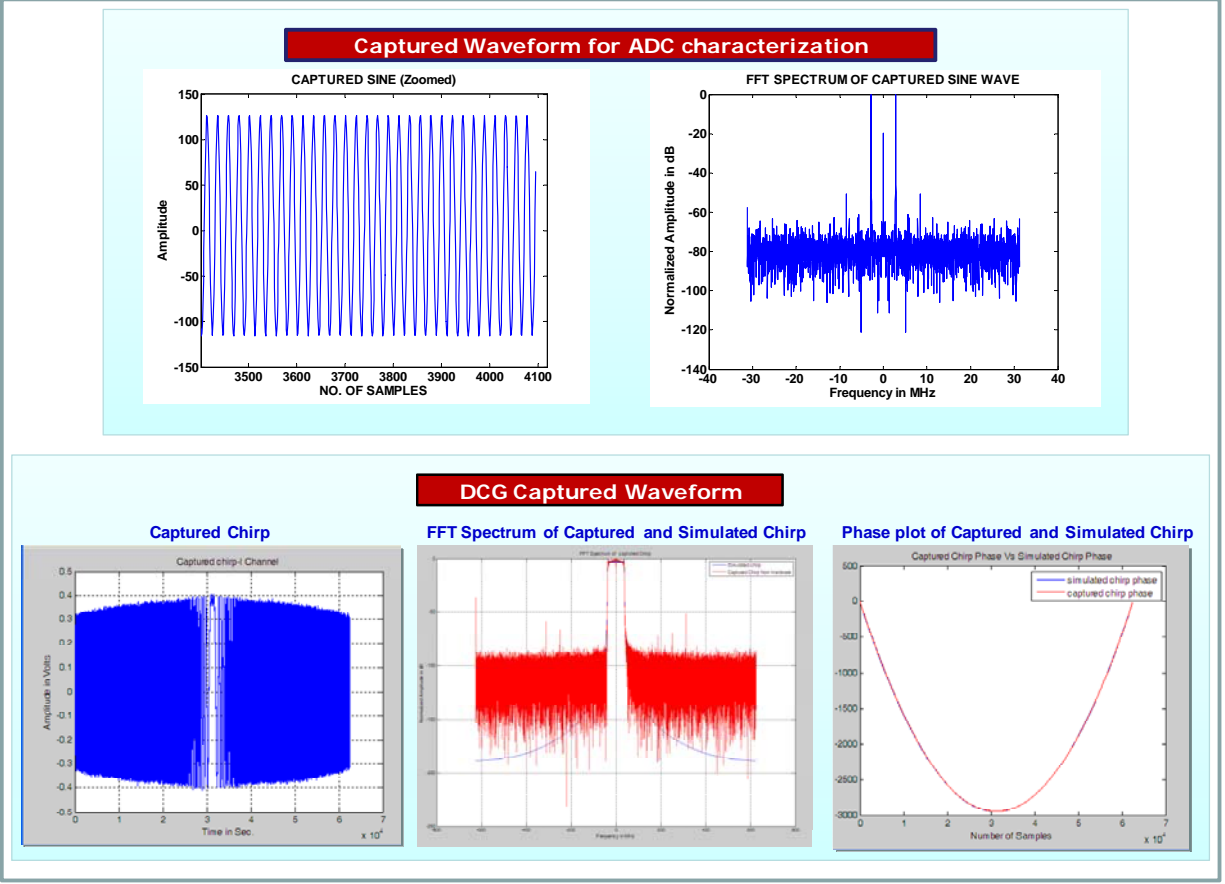
### हार्डवेयर आरोपण तथा परीक्षण परिणाम

Xilinx Virtex-4 एफ.पी.जी.ए. तथा एसिक पर आधारित अंकीय अभिग्राही-नियंत्रक हार्डवेयर के डिजाइन वेरीफिकेशन प्रोटो (DVM) मोडल का संविरचन हो चुका है। क्योंकि ये काफी उच्च-गति वाला बोर्ड है, जिसकी महत्तम RF निवेश आवृत्ति 250 MHz है, तथा अधिकतर अंकीय तर्क 83.33 तथा 125 MHz कालक गति (clock speed) पर कार्य करता है, इस कारण से इस बोर्ड का PCB लेआउट समीक्षात्मक (critical) है। इस DVM बोर्ड का विवरण रूप से परीक्षण किया गया है। DCG तथा ADC अभिलक्षणन (Characterization) के मापन परिणामों को सारणी 2-तथा चित्र-5 में दर्शाया है। पेलोड नियंत्रक के प्रोग्रामनीय कालन संकेत,

ON/OFF कमांड जनन को सत्यापित (Verify) भी किया गया है तथा मिल-1553 बस अंतरापृष्ठ का परीक्षण प्रारंभ कर दिया है।

सारणी-2: अंकीय अभिग्राही नियंत्रक निकाय DVM हार्डवेयर के परीक्षण परिणाम

| प्राचल                               | विनिर्देश               | मापित परिणाम       |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| <b>DCG चर्प अभिलक्षणन</b>            |                         |                    |
| चर्प अवधि                            | 50 $\mu$ s              | 50 $\mu$ s         |
| चर्प बैंड-विस्तार                    | 75 MHz                  | 75 MHz             |
| DAC कालद                             | 125 MHz                 | 125 MHz            |
| PLC संदर्भ कालद                      | 3.90625 MHz $\pm$ 4 KHz | 3.90625 MHz        |
| चर्प ououtput स्तर                   | 0 dBm $\pm$ 1dBm        | 0 dBm (640 mvpp)   |
| आयाम विभेदन (Amp.Res.)               | 10-बिट                  | 10-बिट             |
| आयाम त्रुटि (Amp. Error)             | 1 dB, पास-बैंड पर       | 0.05 dB            |
| कला त्रुटि (phasePhase Error)        | $\sim$ 6 $^{\circ}$ RMS | 1.2 $^{\circ}$ RMS |
| I/Q आयाम असंतुलन                     | 0.5 dB                  | 0.24dB             |
| I/Q कला असंतुलन                      | $\sim$ 6 $^{\circ}$ rms | 0.9 $^{\circ}$ rms |
| <b>अंकरूपक (Digitizer) अभिलक्षणन</b> |                         |                    |
| ADC प्रतिचयन आवृत्ति                 | 62.5 MHz                | 83.33 MHz          |
| एनालोग निवेश (MHz)                   | 2.826                   | 10                 |
| ENOB (बिट)                           | 6.99                    | 7.02               |
| THD (dB)                             | -49.90                  | -49.90             |
| SNR (dB)                             | 45.12                   | 45.35              |
| SFDR (dB)                            | -50.74                  | -52.16             |



चित्र-

### 5: प्रग्रहित तरंगरूप

#### उपसंहार

चंद्र मिशन में भार, आयतन एवं शक्ति जैसे व्यवरोध के चलते चंद्रयान 2-सार के लिए सूक्ष्मीकृत ऑनबोर्ड अंकीय उप-निकाय एक नवीनतम, अत्याधुनिक प्रौद्योगिकी एवं क्रांतिक अवयव है। प्रस्तुत पत्र के माध्यम से द्वि-आवृत्ति सार हेतु बोर्ड-आधारित अंकीय उपनिकाय का विवरण एवं अभिकल्प विन्यास प्रस्तुत किया गया है। उन्नत अंकीय प्रौद्योगिकी अवयवों से प्रयुक्त अंकीय निकाय का अल्पविकास मोडल तैयार हो चुका है, तथा उसका निष्पादन मूल्यांकन भी किया जा चुका है। ऐसे सूक्ष्मीकृत, संहत (compact) तथा कम पावर वाले अंकीय निकाय का अंतरिक्ष योग्य (Space qualified) बोर्ड बनाना इसरो के महत्वाकांक्षी द्वितीय चंद्र अभियान के द्वि-आवृत्ति सार पेलोड के लिए अब अगला कदम होगा। चंद्रयान 1-मिनी सार यंत्र की तुलना में चंद्रयान 2-का सार पेलोड दो आवृत्तियों पर कार्य करेगा, तथा इसमें संवृद्ध लक्षण, बेहतर विभेदन, प्रोग्रामनियता एवं ध्रुवणमापी क्षमता है, बेशक भार तथा शक्ति की बढ़त के साथ।

#### आभार

हमें इस कार्य को करने के लिए दिए गए अवसर, प्रोत्साहन एवं दिशानिर्देश के लिए हम डॉ. आर.आर. नवलगुंड (निदेशक, सैक), श्री ए.एस. किरनकुमार (सह-निदेशक, सैक) तथा श्री तपन मिश्रा (उप-निदेशक, MRSA) के बहुत आभारी हैं जिन्होंने सूक्ष्मतरंग संवेदक संबंधित विकास कार्यों को करने में हमें अपना मार्गदर्शन एवं सहयोग दिया। हम वरिष्ठ हिंदी

अधिकारी तथा हिंदी कक्ष के सभी सहकर्मियों का आभार प्रकट करते हैं जिन्होंने इस पत्र को टंकण करने में सहयोग प्रदान किया। अंत में हम एम.एस.डी.जी.के सभी वैज्ञानिकों, अभियंताओं, सहकर्मियों, सैक/इसरो के कर्मियों तथा समस्त इसरो परिवार के कर्मियों के आभारी हैं।

### संदर्भ

- ✚ चंद्रयान 2-द्वि-आवृत्ति सार BDR लेख पत्र, Oct. 2010
- ✚ RISAT सार पेलोड के उन्नत प्रौद्योगिकी अवयवों, संदर्भ: 6<sup>th</sup> युरोपियन सार कोन्फरन्स, EUSAR-06, 16-18 मे, 2006, ड्रेस्डेन, जर्मनी
- ✚ इसरो के रडार प्रतिबिंबन उपग्रह हेतु सार नीतभार, संदर्भ: 6<sup>th</sup> युरोपियन सार कोन्फरन्स, EUSAR-06, 16-18 मे, 2006 ड्रेस्डेन, जर्मनी



## चंद्रयान-1 के द्वारा प्राप्त सुदूर संवेदन आंकड़ों से चन्द्रमा के खनिज तत्वों का अध्ययन

डॉ. प्रकाश चौहान  
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद

### सारांश

चंद्रमा पृथ्वी का एकमात्र प्राकृतिक उपग्रह है। चन्द्रमा की उत्पत्ति एवम इसकी संरचना की जानकारी, वैज्ञानिकों के लिए खोज का महत्वपूर्ण विषय है। भारत के द्वारा प्रक्षेपित चंद्रयान 1-उपग्रह ने चंद्र तल के बारे में अत्यंत ही महत्वपूर्ण सुदूर संवेदन आंकड़ें एकत्रित किये हैं। चंद्रयान 1-पर चंद्र खनिजों की खोज के लिए हाईसाई (HYSI) तथा मून मिनालोजी मैपर (M3) संवेदक कैमरा रखे गये थे। इस लेख में हाईसाई एवं एम3 आंकड़ों का प्रयोग करते हुये, चंद्र तल पर मिलने वाले खनिजों के वितरण का अध्ययन किया गया है। एम 3 संवेदक से प्राप्त आंकड़ों से चन्द्रमा पर पानी पाये जाने की भी पुष्टि हुयी है। इस लेख में पानी की खोज में प्रयुक्त हुये आंकड़ों एवं तकनीक का भी वर्णन किया गया है।

### 1. प्रस्तावना

चन्द्रमा के बारे में जानकारी प्राप्त करने की मानवीय अभिलाषा बहुत ही पुरानी हैं तथा चन्द्रमा पर अनेक वैज्ञानिक मिशन विभिन्न जानकारी प्राप्त करने के लिए कई देशों के द्वारा भेजे गये हैं। चन्द्रमा पर नासा द्वारा भेजे गये 'अपोलो मिशनों' के द्वारा चंद्र तल की अत्यंत ही महत्वपूर्ण जानकारी प्राप्त हुयी थीं। अपोलो मिशनों के द्वारा चन्द्रमा की सतह से चट्टानों एवं धूल के नमूने भी प्राप्त किये गये थे। लेकिन यह नमूने चंद्र तल के कुछ खास हिस्सों से प्राप्त किये गये थे तथा संपूर्ण सतह के बारे में कुछ अधिक जानकारी देने में सक्षम नहीं थे। अतः सन् 2008में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO) ने चंद्रयान 1-नामक अंतरिक्ष उपग्रह को चन्द्र सतह के सार्वभौमिक मानचित्र प्राप्त करने के लिए प्रक्षेपित किया था। चंद्रयान 1-पर लगभग 11 संवेदक स्थापित किये गये थे। अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद द्वारा बनाये गये टैरेने मैपिंग कैमरा (TMC) तथा हायपर स्पैक्ट्रल इमेजर हाईसाई (को चंद्रमा की सतह का सुदूर संवेदन करने के लिए बनाया गया था) किरन कुमार एवं अन्य (2008, तालिका 1-में चंद्रयान 1-के टी.एम.सी. M3 तथा हाईसाई कैमरा की तकनीकी जानकारी प्रदान की गयी है। एम.क्यूब. संवेदक को नासा जैपीएल द्वारा विकसित किया गया था तथा इसका काम खनिजों की खोज करना था) कार्लपीटर एवं अन्य, (2008

तालिका 1: चंद्रयान 1-के टी.एम.सी., हाईसाई तथा M3 संवेदकों की तकनीकी जानकारी

|                 | टी.एम.सी.       | हाईसाई (HYSI)   | एम.क्यूब (M3)    |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| स्पैक्ट्रल बैंड | 1               | 64              | 128              |
| स्पैक्ट्रल रेंज | 750-450नैनोमीटर | 950-400नैनोमीटर | 3000-400नैनोमीटर |
| सतही विभेदन     | 5मीटर           | 80मीटर          | 160मीटर          |
| स्वाथ           | 20किमी.         | 20किमी.         | 40किमी.          |

|                     |         |            |            |
|---------------------|---------|------------|------------|
| तरंग दैर्घ्य विभेदन | वॉडबैंड | 10नैनोमीटर | 40नैनोमीटर |
|---------------------|---------|------------|------------|

इस लेख का मुख्य उद्देश्य चन्द्रयान 1-के हाइपरस्पैक्ट्रल संवेदकों का प्रयोग करते हुए, चन्द्र सतह के परावर्तन तथा परावर्तित एवं सोशित प्रकाश के द्वारा प्राप्त जानकारी के बल पर खनिज पदार्थों जैसे चन्द्रमा की लावा चट्टानों तथा हाईलैंड चट्टानों के वितरण की जानकारी प्राप्त करना है।

## 2. अध्ययन क्षेत्र

इस अध्ययन में हमने चंद्रमा की पृथ्वी की तरफ वाली सतह एवं पृथ्वी से न दिखायी देने वाली सतह दोनों का अध्ययन किया है। पृथ्वी से दिखने वाली सतह को नियर साइड (Near side) एवं न दिखने वाली सतह को फॉर साइड (Far side) कहा जाता है। नियर साइड में हमने मारे नैक्टारिस क्षेत्र के एक भाग के खनिज पदार्थों को पहचाना है तथा फॉर साइड में हमने मारे ओरिन्टल के एक भाग में लावा चट्टानों तथा हाईलैंड चट्टानों को मानचित्रण किया है।

चन्द्रमा के ध्रुवीय क्षेत्रों में M3 संवेदक के द्वारा प्राप्त आंकड़ों से पानी तथा ओएच सामनों का पता भी लगाया गया है इसके लिए M3 संवेदक के परावर्तित आंकड़ों का 2800नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य पर प्रयोग किया गया है। चित्र संख्या 1में अध्ययन क्षेत्रों का सुदूर संवेदन विधि के द्वारा लिया गया चित्र दिखाया गया है।

## 3. कार्य प्रणाली

हाईसाई (HYSI) संवेदक 64स्पैक्ट्रल बैंडों में चन्द्रमा की सतह का चित्र भेजता है। MSI डाटा जो कि स्पैक्ट्रल रेडियस के रूप में प्राप्त होता है, उसको स्पैक्ट्रल रिफ्लेक्स (परावर्तन) में बदलना आवश्यक होता है। इस प्रक्रिया में हमने चन्द्रमा पर पडने वाले सूर्य के प्रकाश की विभिन्न तरंगदैर्घ्यों में मात्रा को माप कर HYSI डाटा के द्वारा चन्द्रमा के तल की तरंगदैर्घ्य संबंधित परावर्तन मात्रा को निर्धारित किया। इस प्रक्रिया में सूर्य की स्थिति तथा उपग्रह की स्थिति के आंकड़ों भी प्रयोग में लाये गये।

इसी प्रकार एम .क्यूब) .M2) डाटा से 128बैंडों में प्राप्त चंद्र तल परावर्तन की मात्रा का 3000-400नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य क्षेत्र में निर्धारण किया गया। चन्द्रमा के काले रंग वाले लावा चट्टानों से बने क्षेत्रों की परावर्तन क्षमता, सफेद चमकीली चट्टानों से बने क्षेत्रों की परावर्तन क्षमता से काफी कम होती है। चित्र 2-में मारे नैक्टारिस क्षेत्र के 'मारे' तथा 'हाईलैंड' चट्टानों के परावर्तन ग्राफ तरंगदैर्घ्य की तुलना में प्रदर्शित किये गये हैं। गहरे काले रंग की लावा से बनी चट्टानों में लौह खनिजों की प्रचुरता होती है। लौह खनिजों की प्रचुरता सुदूर संवेदन आंकड़ों में 1050-1000नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य के बीच प्रकाश के शोषण से पता चलती है। चित्र 2-में मारे नैक्टारिस क्षेत्र के चंद्रक्रेटरों के पास 'ओलिविन' खनिज पदार्थ के मिलने के संकेत प्राप्त होते हैं। M3 संवेदक के द्वारा लिये इस चित्र में प्रथम प्रकाश शोषण 1050नैनोमीटर तथा द्विती प्रकाश शोषण का 2000नैनोमीटर पर न होना हरे रंग की 'ओलिविन' अधिकता वाली चट्टानों के होने का संकेत देता है।

इसी प्रकार चित्र 3में चंद्रमा के दूर वाले 'भारे ओलिविन' क्षेत्र में कैल्शियम (Ca) तथा एल्युमिनियम (Al) की प्रचुरता वाली चट्टानों के बारे में पता चलता है। इस चित्र में HYSI तथा M3 संवेदक के द्वारा प्राप्त स्पैक्ट्रल सिगनेचर से 'एनोरथोसिटिक'



चट्टानों के होने की पुष्टि होती है। इन चट्टानों को इनकी अधिक परावर्तन क्षमता तथा 1250 नैनोमीटर तरंगदैर्घ्य पर प्रकाश अवशोषण के द्वारा पहचाना जा सका।

चन्द्रमा पर मिलने वाले खनिजों में से प्रमुख 'एनोर्थोसिटिक' चट्टान के पहचाने जाने की एक अत्यंत ही महत्वपूर्ण वैज्ञानिक उपलब्धि है। इस चट्टान के चंद्र तल पर मिलने से हम चन्द्रमा की उत्पत्ति संबंधी प्रारूप जिसे 'ल्यूनर मैगमा ओशन' कहा जाता है की अवधारणा की पुष्टि कर सकें। चन्द्रयान 1-मिशन की यह एक अत्यंत ही महत्वपूर्ण खोजों में से एक है।

#### 4. चन्द्रमा पर हीलियम 3-का वितरण

चन्द्रयान 1-के HYSI संवेदक के 420 तथा 750 नैनोमीटर वाले तरंगदैर्घ्य के आंकड़ों से हम अधिक टाइटेनियम वाली चट्टानों जैसे की 'इलीमिनाइट' की उपस्थिति का पता लग सका है। सूर्य के विकिरण में हीलियम 3-की अधिकता तथा 'इलीमिनाइट' चट्टानों में इसके शोषण की जानकारी पहले से ही है। अतः हम यह कह सकते हैं कि चन्द्रयान 1-के आंकड़ों के द्वारा कुछ हद तक हम हीलियम 3-की बहुतायत वाले क्षेत्रों का पता लगाने में सफल रहे हैं। चित्र 4-में टाइटेनियम की अधिकता वाले ऐसे ही एक चित्र को दर्शाया गया है।

#### 5. चन्द्रमा पर पानी की खोज

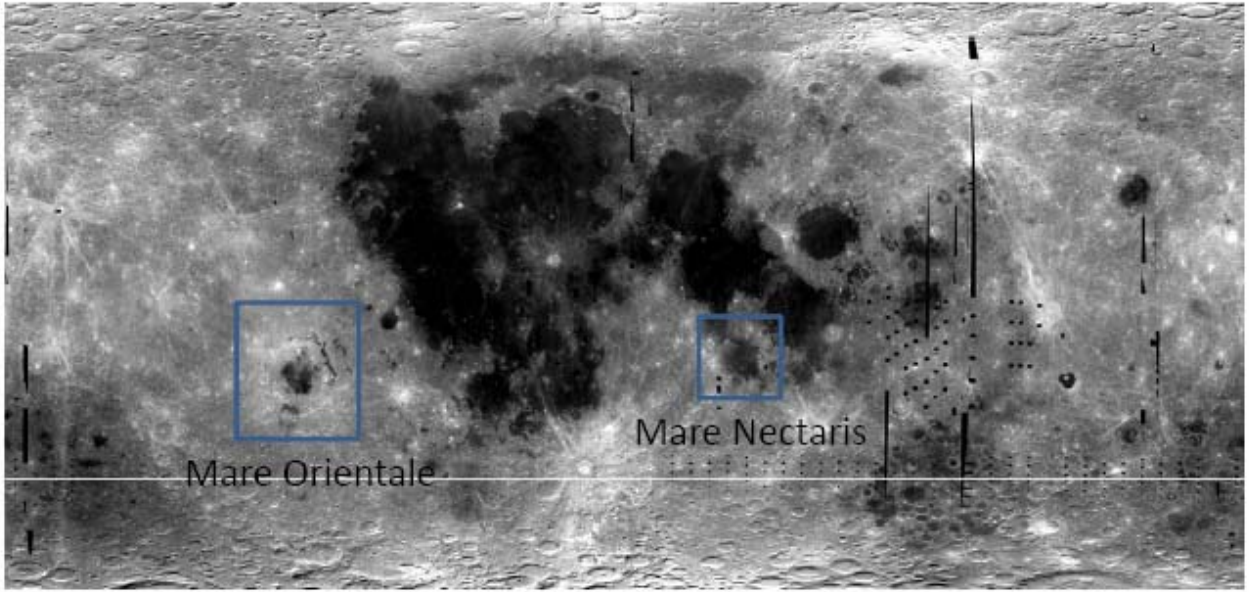
चन्द्रयान 1-के एम.क्यूब )M3) संवेदक से प्राप्त हायपर स्पैक्ट्रम डाटा का प्रयोग करते हुये, कार्ल पीटर एवं अन्य (2010)ने चन्द्रमा के ध्रुवीय क्षेत्रों पर पानी के अणु होने की पुष्टि की है। इस प्रक्रिया में M3 संवेदक के परावर्तित प्रकाश आंकड़ों से 2800 नैनोमीटर तरंग दैर्घ्य पर प्रकाश के अवशोषण को प्रक्रिया के आधार पर दिखाया गया है। चित्र 5-में इस सिद्धान्त तथा चन्द्रमा पर पानी के अणुओं के वितरण की स्थिति को प्रदर्शित किया गया है।

#### 6. परिणाम एवं विवेचना

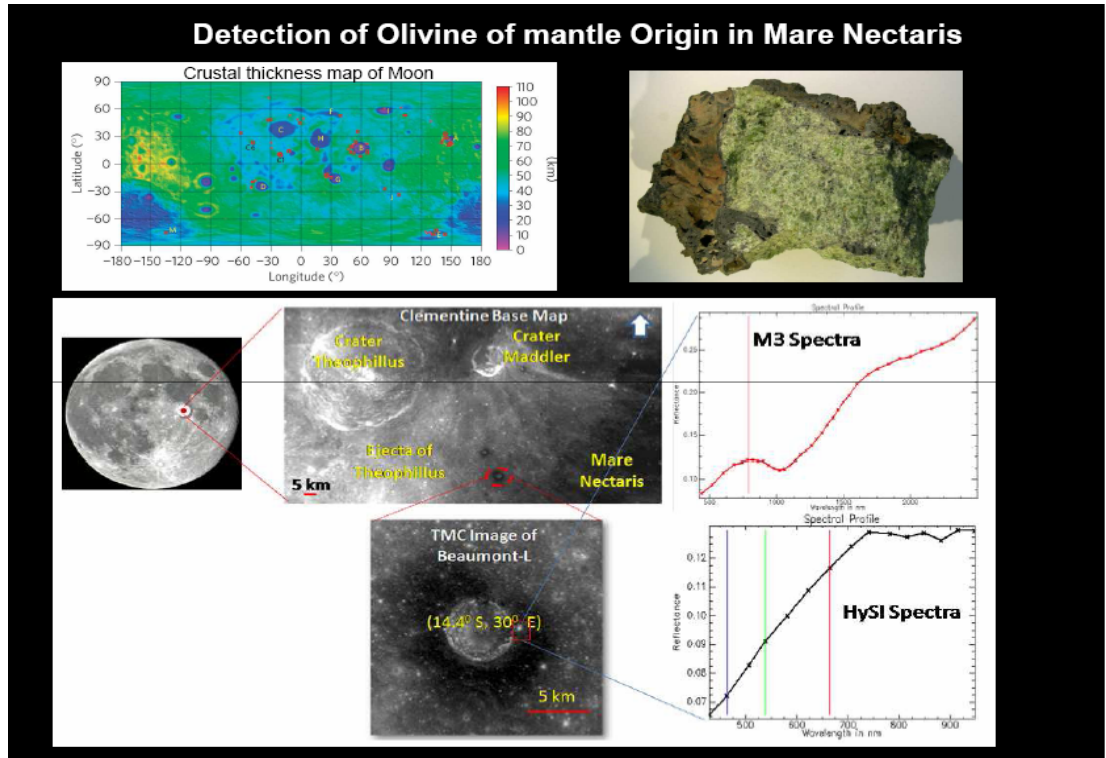
चन्द्रयान 1-के हाईसाई )HYSI) एवं एम.क्यूब )M3( एवं अन्य सहायक आंकड़ों की मदद से इस शोध कार्य में हम मारे नेकटरिस तथा मारे ओरिन्टाल क्षेत्र की लावा चट्टानों की खनिज संरचना के बारे में जानकारी प्राप्त कर सकें। चन्द्रयान 1-डाटा चन्द्रमा के हाईलैंड तथा मारे क्षेत्रों की सीमा को परिलक्षित करने में अत्यंत ही कारगर साबित हुआ है। हायसाई स्पैक्ट्रल डाटा से चन्द्रमा की धूल में टाइटेनियम तथा हीलियम 3-एवं पानी के अणु होने की भी पुष्टि की जा सकी है।

#### 7. संदर्भ

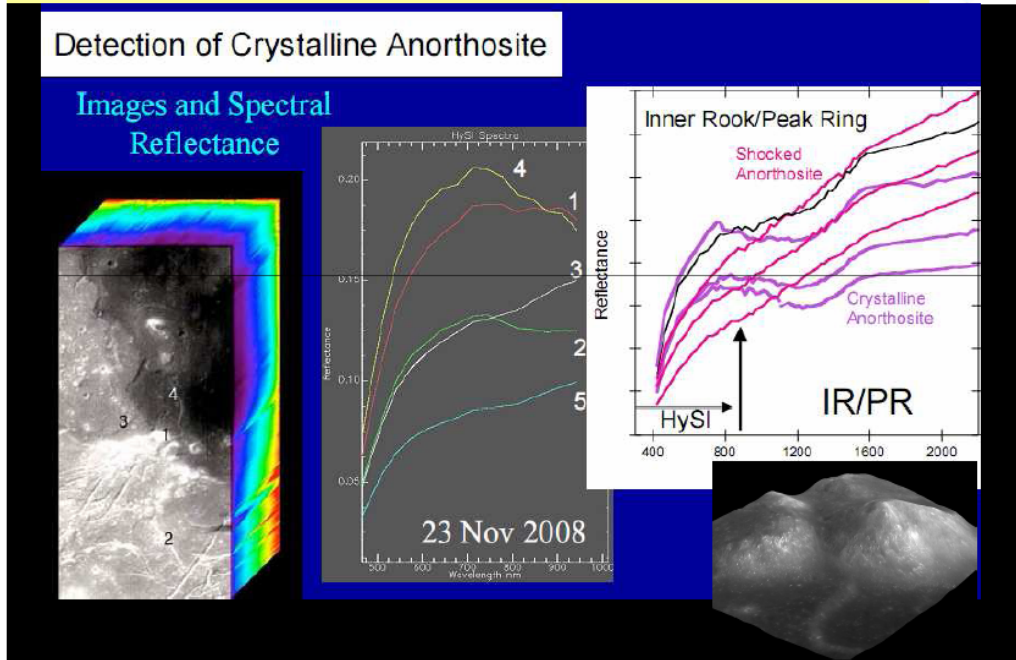
- (i) किरण कुमार एवं अन्य, (2009) करन्ट साइंस 499-492, 96,
- (ii) कलिपीटर एवं अन्य, (2009) करन्ट साइंस 505-500, 96,
- (iii) कलिपीटर एवं अन्य, (2009) साइंस एक्सप्रेस, Page 1-10 10.1126 / Science 1178658



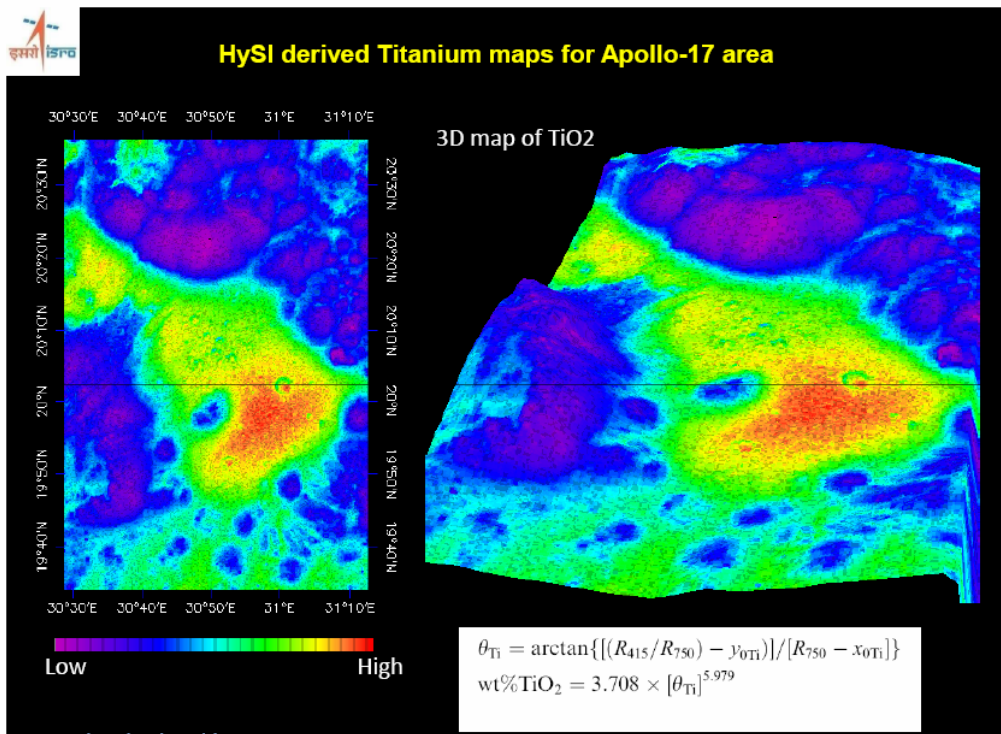
चित्र 1: चन्द्रमा की सतह पर अध्ययन क्षेत्र



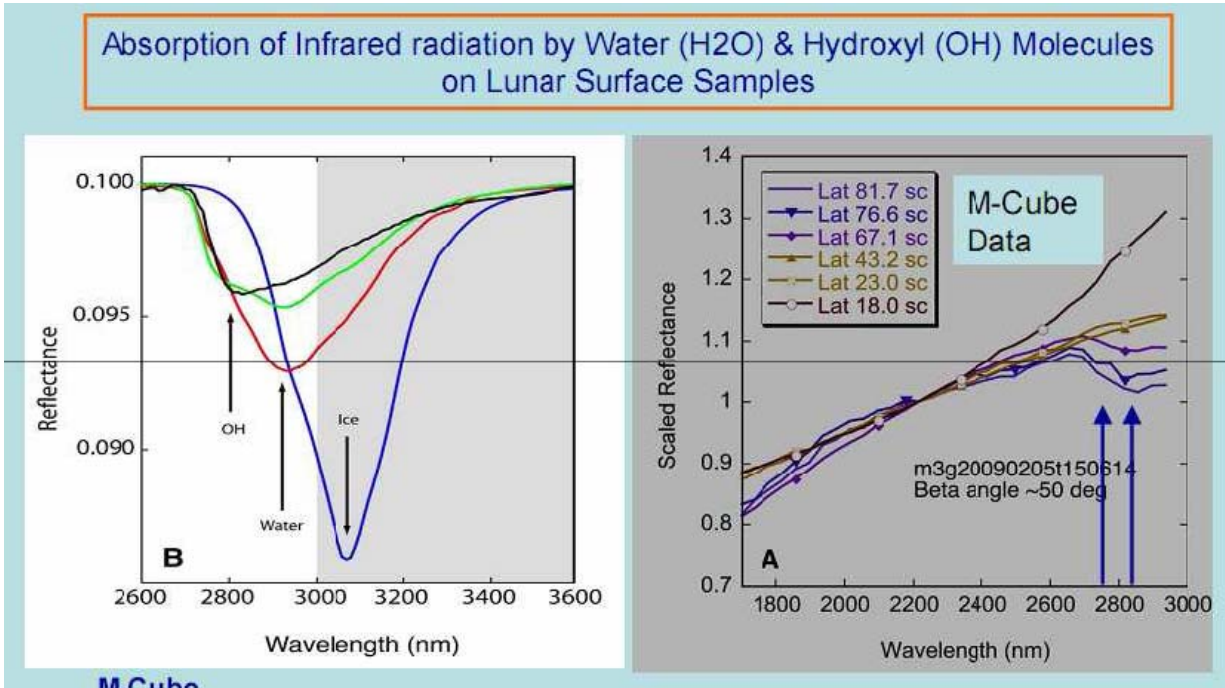
चित्र 2: मारे नेक्टारिस पर ओलिविन खनिज की खोज



चित्र 3: मारे ओरिन्टाल पर 'एनोरथोसाइट चट्टानों' की खोज



चित्र 4: चन्द्रयान 1-हाईसाई द्वारा टाइटेनियम के वितरण का अध्ययन



चित्र 5: एम.क्यूब )M3 (संवेदक के द्वारा पानी के अणुओं की खोज की तकनीक



## पृथ्वी की कक्षा से अधिक चुनौतीपूर्ण है चंद्र की कक्षा के लिए विकिरण अभिकल्पना

प्रशांत दास<sup>1</sup>, डॉ. पी. वी. बी. ए. एस. सरमा<sup>2</sup>

<sup>1</sup> इंजीनियर, एस. टी. ए. डी. / एस. टी. ए. जी. / एम. ई. एस. ए., दुरभाष : 3933

<sup>2</sup> इंजीनियर-जी, एम. ई. एस. ए., दुरभाष : 3948

अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र ( इसरो )  
अहमदाबाद

### सारांश (Abstract):

उपग्रह जो पृथ्वी कक्षा के चारों ओर परिक्रमा करती हैं विभिन्न कक्षीय गर्मी भार (orbital heat load) और अपनी भीतरी गर्मी उत्पन्न करती हैं। कई वर्षों में विभिन्न तरीके अपनाया गया हैं जो उपग्रह के नीतभार और अन्य उपतंत्र के समुचित कार्य के लिए इन उष्मा भार को अंतरिक्ष में छोड़ा जाता हैं। इसी तरह उपग्रह जो चंद्रमा के चारों ओर परिक्रमा करती हैं विभिन्न कक्षीय उष्मा भार और अपनी भीतरी उष्मा उत्पन्न करती हैं। बहुत कम उपग्रह चाँद के कक्षा में भेजा गया हैं जो उपग्रह से उष्मा भार गहरे अंतरिक्ष में नीकालने के लिए प्रदर्शित कर सकते हैं। इसके अलावा चंद्र कक्षा से ग्रह अवरक्त उष्मा प्रवाह है वे पृथ्वी कक्षा से महत्वपूर्ण अंतर है। इस लेख में हम पृथ्वी और चंद्रमा की कक्षीय उष्मा भार का अंतर देखेंगे और उपग्रह से उष्मा को नीकालने की सीमाओं को जानेंगे।

### परिचय (Introduction):

कक्षीय उष्मा भार पृथ्वी और चंद्रमा के कक्षा में अलग बर्ताव करते हैं क्योंकि चंद्रमा में वायुमंडल नहीं है लेकिन पृथ्वी में है। इस वायुमंडल की वजह से पृथ्वी के चारों ओर प्रकाशीत (sunlit) और अप्रकाशीत (dark) क्षेत्रों से उपग्रह पर समान माप में ग्रह अवरक्त उष्मा प्रवाह आपतीत होते हैं। एक पक्ष का ग्रह जहां सूर्यकिरण गिरता है उसे प्रकाशीत क्षेत्र कहते हैं और जिस पक्ष छाया पडता है उसे अप्रकाशीत क्षेत्र कहते हैं। चंद्रमा के कक्ष में गुमति उपग्रह प्रकाशीत और अप्रकाशीत क्षेत्रों से विभिन्न ग्रह अवरक्त (planet IR) उष्मा प्रवाह (heat flux) आपतीत होते हैं। चंद्रमा के अप्रकाशीत क्षेत्रों पर तापमान लगभग 100K होते हैं। चंद्रमा के प्रकाशीत क्षेत्रों पर अधिकतम तापमान लगभग 400K होते हैं। चंद्रमा के प्रकाशीत क्षेत्रों पर तापमान उप सौर बिंदु (sub-solar point) में अधिकतम होते हैं। एक सन्निकटन के रूप में, सतह तापमान उप सौर बिंदु में अधिकतम और दूर जाने से कम होती है जो एक कोज्या समारोह (cosine function) के रूप में वर्णित किया जा सकता है।

एक उपग्रह जो पृथ्वी, चंद्रमा या किसी अन्य ग्रह की परिक्रमा करती है उस पर कक्षीय उष्मा प्रवाह पडते हैं और उस उपग्रह के भीतर भी उष्मा उत्पन्न होती है। उपग्रह से उष्मा को बहार नीकाला जाता है अन्यथा तापमान काफी बढ़ जाएगा। अंतरिक्ष में उपग्रह के भीतरी उष्मा उष्माविकिरण (heat radiation) से बहार नीकाला जाता है। उपग्रह को पहले तापीय वियोजित (thermal isolation) किया जाता है ताकि कक्षीय उष्मा प्रवाह उपग्रह पे कम अवशोषित (absorption) हो। बाद में उपयुक्त सतह पे तापीय वियोजित निकाला जाता है जिस से अवशोषित कक्षीय उष्मा प्रवाह और उत्पन्न भीतर उष्मा को बहार नीकाला जा सके। कई बार उपग्रह के किसी सतह को बहुत ठंडा रखते हैं जिसे विकिरक (radiator) कहते हैं। इस विकिरक की सहायता से विशेष उप प्रणाली को कम तापमान में रखा जा सकता है। इन विकिरक उस क्षेत्र में रखते हैं जहां तापमान शून्य और बहुत कम कक्षीय उष्मा प्रवाह गिरते हैं। इस लेख में हम देखेंगे कि, किस तरह विकिरक का क्षेत्र तय किया जाता है और चंद्र कक्षा के लिए किस तरह की कठीनाईयो का सामना करना पडता है।

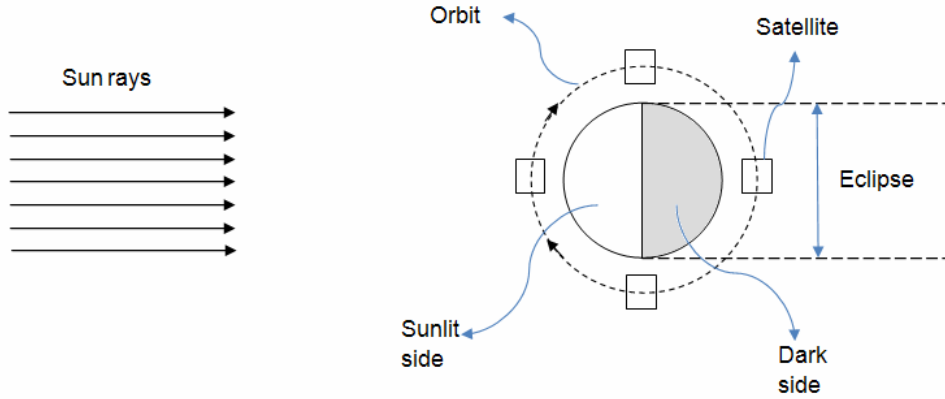


तापीय प्रतिरूप (Thermal Model):

हमारे अध्ययन के लिए हम पृथ्वी और चंद्रमा के लिए एक विशिष्ट कक्षा लिया है। कक्षा इस तरह चुना गया है जो ग्रहों की व्यास, ग्रहों से उपग्रह की दूरी और सौर उष्मा भार तुलना कर सके। पृथ्वी और चंद्रमा के लिए कक्षा निम्नलिखित है:

तालिका 1 पृथ्वी और चंद्रमा के लिए कक्षा

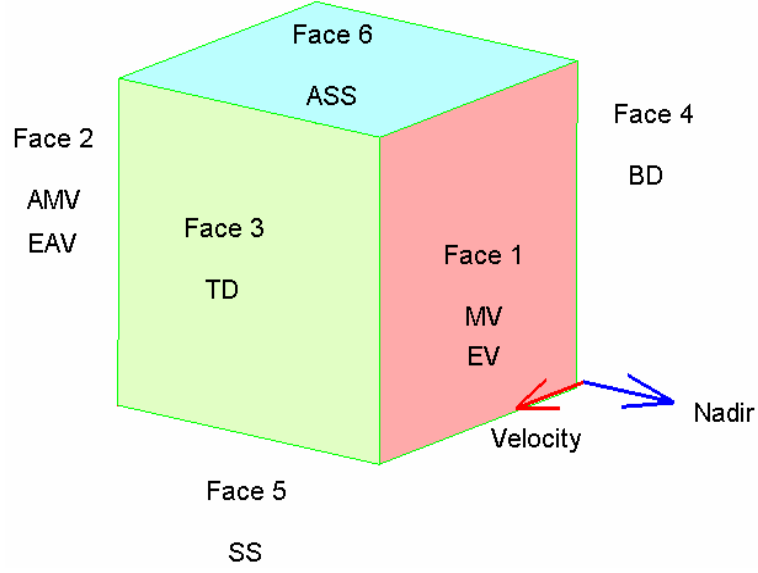
| ग्रह    | ग्रह की त्रिज्या (radius) | कक्षा (orbit)                 | तुंगता (altitude) |
|---------|---------------------------|-------------------------------|-------------------|
| पृथ्वी  | 6371 km                   | दोपहर-आधी रात (noon-midnight) | 900 km            |
| चंद्रमा | 1737.36 km                | दोपहर-आधी रात                 | 245.428 km        |



चित्र 1 पृथ्वी और चंद्रमा के लिए कक्षा

पृथ्वी और चंद्र कक्षा की तापीय वातावरण अलग हैं। पृथ्वी से अवरक्त (IR) उष्मा प्रवाह  $237 \text{ W/m}^2$  जो दोनों प्रकाशीत और अप्रकाशीत क्षेत्रों के लिए है। चंद्रमा से अवरक्त उष्मा प्रवाह  $1297 \text{ W/m}^2$  प्रकाशीत क्षेत्रों के लिए और  $6.5 \text{ W/m}^2$  अप्रकाशीत क्षेत्रों के लिए है। पृथ्वी का एल्बिडो (albedo) 0.3 और चंद्रमा का एल्बिडो 0.073 हैं। औसत सौर (solar) उष्मा प्रवाह पृथ्वी और चंद्रमा की कक्षा के लिए बहुत अंतर नहीं हैं। तुलना के लिए सौर उष्मा प्रवाह का मान  $1400 \text{ W/m}^2$  लिया जाता है।

इस अध्ययन में उपग्रह इकाई आयामों के एक घन के रूप में माना जाता है। हम पृथ्वी और चंद्रमा की कक्षाओं के लिए इन 6 सतह पर अलग उष्मा भार का अध्ययन करेंगे। इन अलग अलग सतह का नामकरण चित्रा 2 में दिखाया गया।



चित्र 2 उपग्रह के अलग सतह का नामकरण

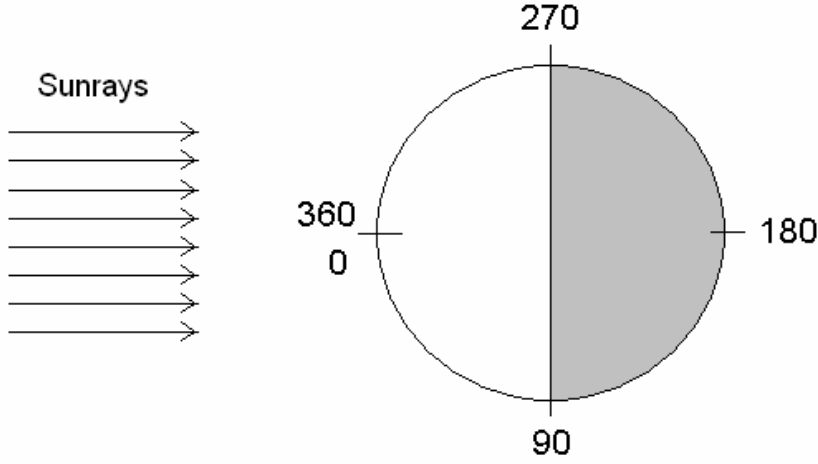
**नामकरण (Nomenclature):**

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| MV / EV   | - | चंद्रमा (Moon) / भू (Earth) दृष्टि(view)        |
| AMV / AEV | - | विरोधी (anti) चंद्रमा दृष्टि / विरोधी भू दृष्टि |
| TD        | - | उपर / टप डेक (top deck)                         |
| BD        | - | नीचे डेक (bottom deck)                          |
| SS        | - | सौर दृष्टि (Sun side)                           |
| ASS       | - | विरोधी सौर दृष्टि (Anti-Sun side)               |

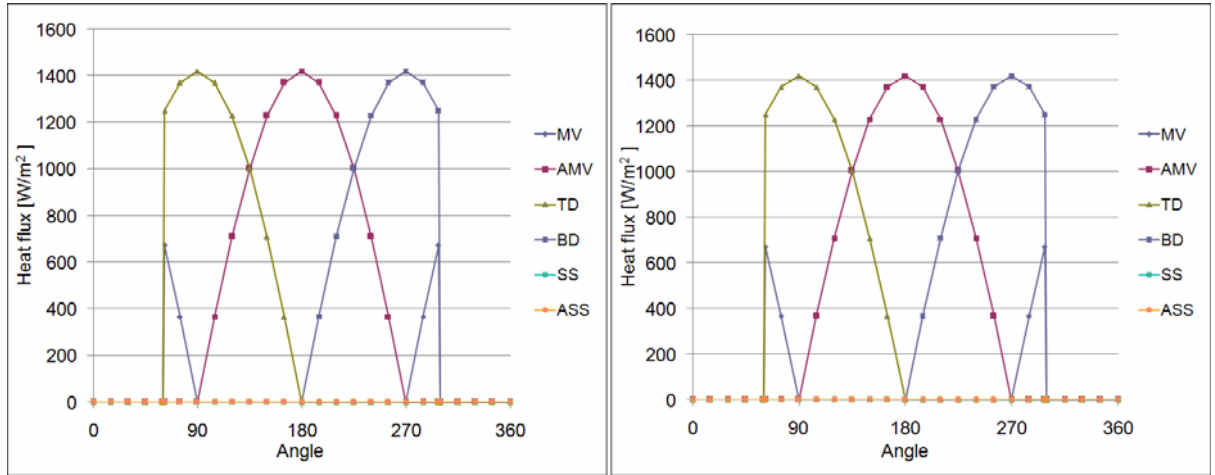
**परिणाम (Results) :**

पृथ्वी और चंद्रमा के कक्षा के लिए कक्षीय उष्मा प्रवाह का विवरण तापीय गणितीय मॉडल (thermal mathematical model) में जो I-deas TMG सॉफ्टवेयर के मदद से निर्माण किया गया है। पृथ्वी और चंद्रमा की कक्षा में उपग्रह तीन प्रकार के बाहरी उष्मा भार प्राप्त करता है। वे समांतरित (collimated) सौर उष्मा प्रवाह, एल्बिडो और ग्रहों अवरक्त उष्मा प्रवाह। यहाँ हम उपग्रह के 6 सतह पर विभिन्न उष्मा भार घटना और विकिरण प्रदर्शन पर उनके प्रभाव देखने जा रहे हैं।

उष्मा प्रवाह और तापमान वितरण के लिए परिभाषित कोण आगे चित्र में दिखाया गया है।

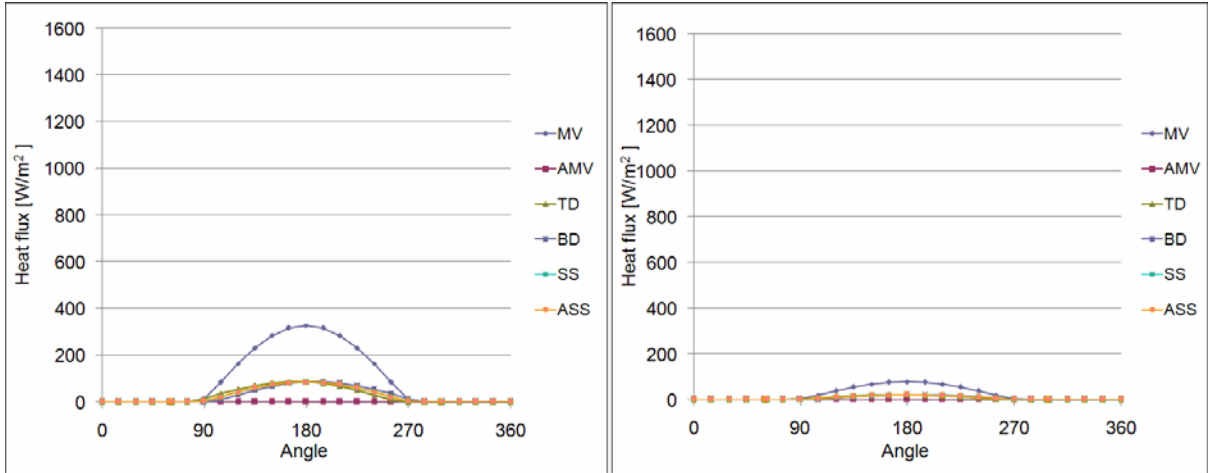


चित्र 3 उष्मा प्रवाह और तापमान वितरण के लिए कोण नामकरण

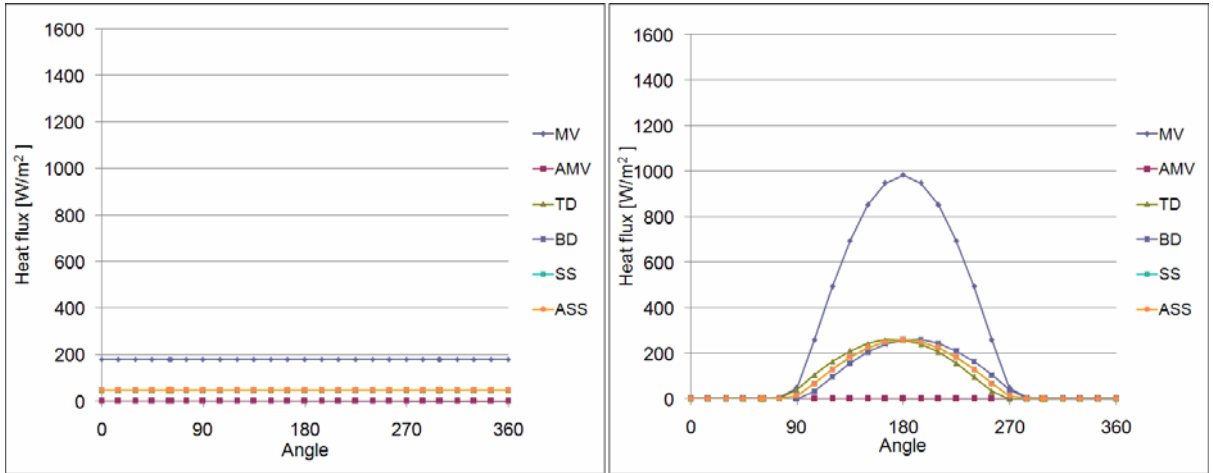


चित्र 4 पृथ्वी और चंद्र कक्षा में उपग्रह के सतह पर समांतरित सौर उष्मा प्रवाह का बदलाव

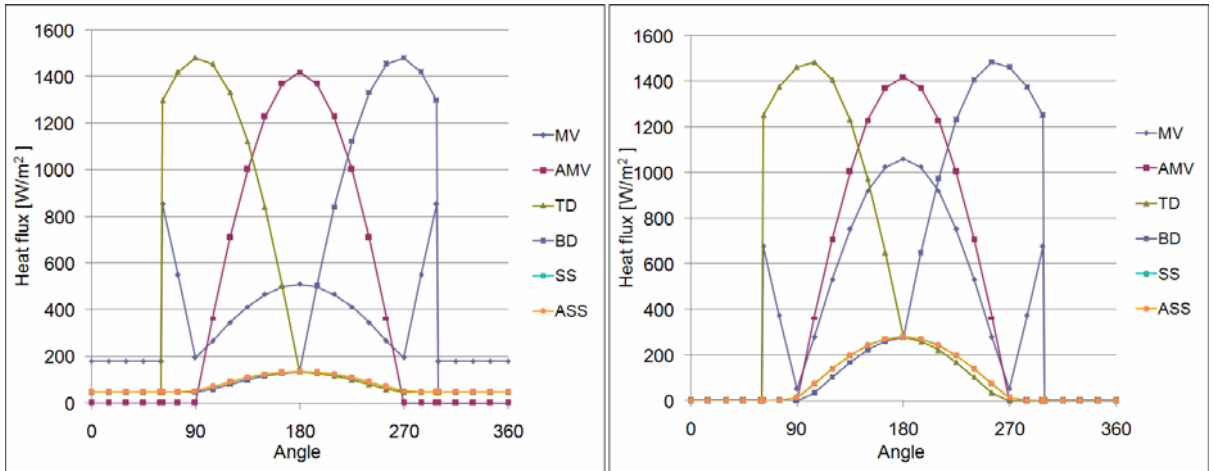




चित्र 5 पृथ्वी और चंद्र कक्षा में उपग्रह के सतह पर एल्विडो सौर उष्मा प्रवाह का बदलाव



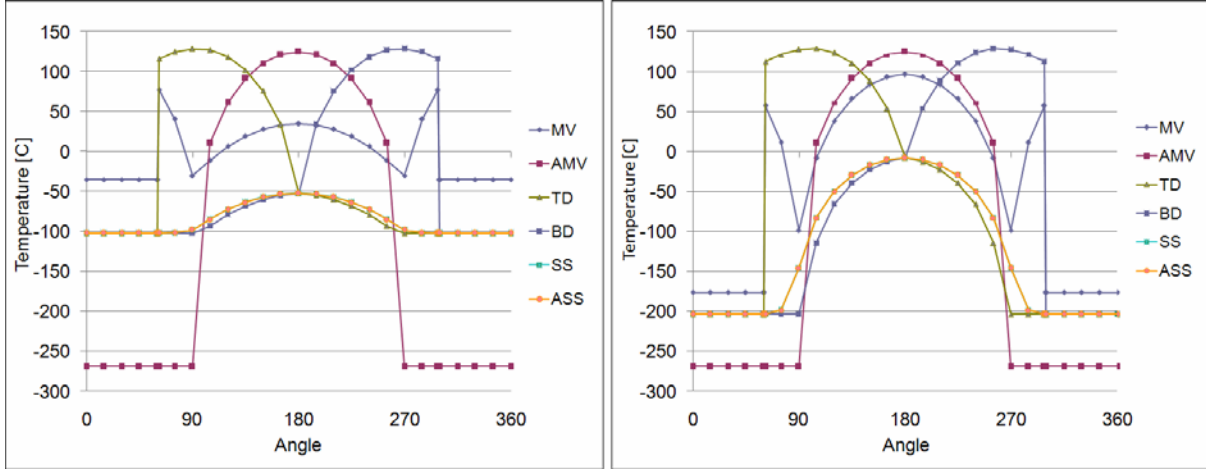
चित्र 6 पृथ्वी और चंद्र कक्षा में उपग्रह के सतह पर अवरक्त ग्रह उष्मा प्रवाह का बदलाव



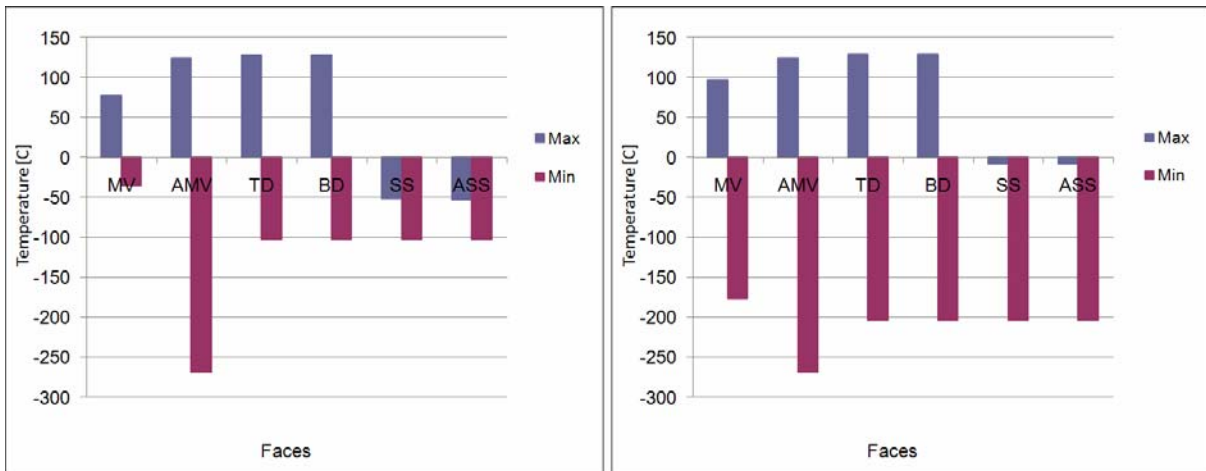
चित्र 7 पृथ्वी और चंद्र कक्षा में उपग्रह के सतह पर कुल उष्मा प्रवाह का बदलाव

प्रकरण 1 : कृष्णिका (Black body) सतह

उपग्रह के सभी छह सतहों को कृष्णिका गुणधर्म माना जाता है। उत्सर्जकता (emissivity) और अवशोषकता (absorptivity) का मान 1 लिया गया है। इसे सभी कक्षीय उष्मा प्रवाह पृथ्वी और चंद्रमा की कक्षा में उपग्रह के सतह पर अवशोषित होंगे। उपग्रह के सतह भी अंतरिक्ष के 4K तापमान पे उष्मा उत्सर्जन (emission) करता है। इस उष्मा प्रवाह और सतह के कृष्णिका गुणधर्म के लिए तापमान चित्र 8 में दिखाया गया है। अधिकतम और न्यूनतम तापमान चित्र 9 में दिखाया गया है।



चित्र 8 कक्षीय तापमान पृथ्वी और चंद्रमा के कक्षा में उपग्रह की अलग अलग सतह के कृष्णिका गुणधर्म के लिए

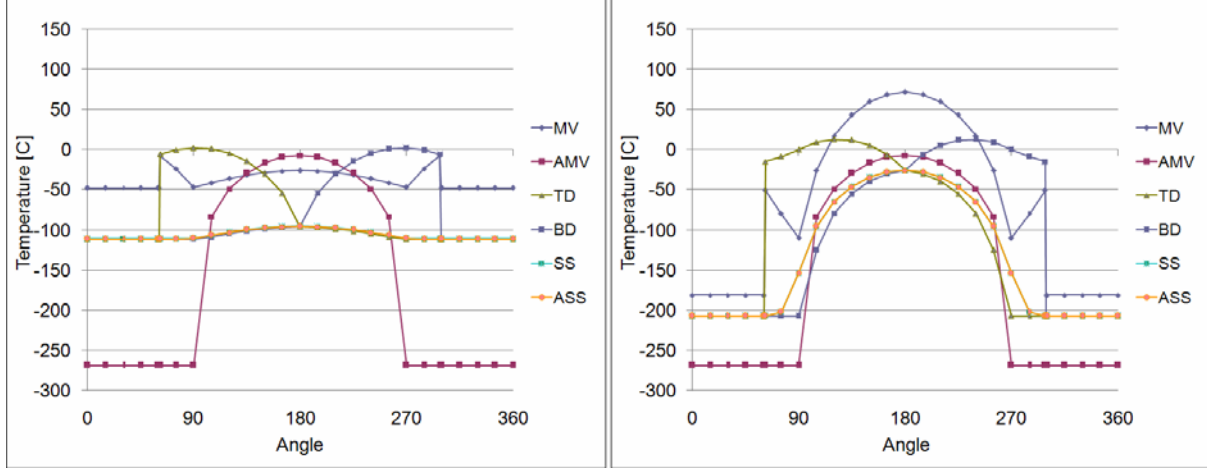


चित्र 9 अधिकतम और न्यूनतम तापमान पृथ्वी और चंद्रमा के कक्षा में उपग्रह की अलग अलग सतह के कृष्णिका गुणधर्म के लिए

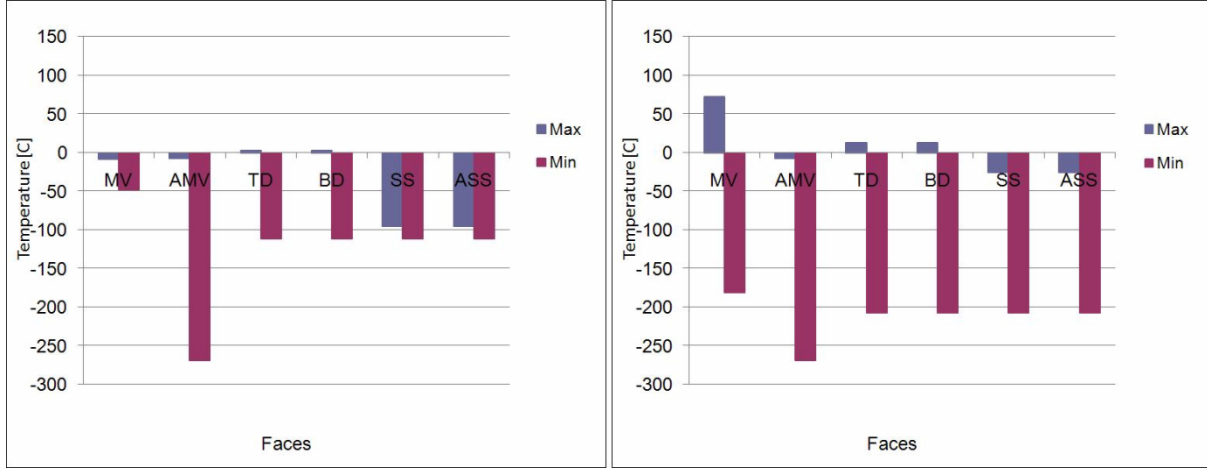
प्रकरण 2 : प्रकाशी सौर परावर्तक (OSR - Optical Solar reflector)

इस प्रकरण में उपग्रह के सभी छह सतहों को प्रकाशी सौर परावर्तक (OSR) गुणधर्म माना जाता है। उत्सर्जकता का मान 0.8 और अवशोषकता का मान 0.2 लिया गया है। इस गुणधर्म के अनुसार कक्षीय उष्मा प्रवाह पृथ्वी और चंद्रमा की कक्षा में उपग्रह के सतह

पर अवशोषित होंगे। उपग्रह के सतह भी अंतरिक्ष के 4K तापमान पे उष्मा उत्सर्जन करता है। इस उष्मा प्रवाह और सतह के प्रकाशी सौर परावर्तक गुणधर्म के लिए तापमान चित्र 10 में दिखाया गया है। अधिकतम और न्यूनतम तापमान चित्र 11 में दिखाया गया हैं।



चित्र 10 कक्षीय तापमान पृथ्वी और चंद्रमा के कक्षा में उपग्रह की अलग अलग सतह के प्रकाशी सौर परावर्तक गुणधर्म के लिए



चित्र 11 अधिकतम और न्यूनतम तापमान पृथ्वी और चंद्रमा के कक्षा में उपग्रह की अलग अलग सतह के प्रकाशी सौर परावर्तक गुणधर्म के लिए

प्रकरण 3 : प्रकाशी सौर परावर्तक गुणधर्म के लिए विकिरक के औसत तापमान

पिछले प्रकरण में हमने कृष्णिका और प्रकाशी सौर परावर्तक गुणधर्म के लिए उपग्रह के सतह के तापमान देखे हैं। यहाँ हम उपग्रह की अलग अलग सतह के तापमान 100mmX100mm विकिरक क्षेत्र, औसत उष्मा भार और 0, 1 और 2 वाट के लिए देखेंगे जो तालिका 2 में दिखाया गया हैं।

तालिका 2 विकिरक के औसत तापमान पृथ्वी और चंद्रमा कक्षा के लिए कक्षा

| उपग्रह के सतह | प्रकाशी सौर परावर्तक गुणधर्म के लिए उपग्रह के विभिन्न सतह पर अवशोषित औसत कक्षीय उष्मा प्रवाह [watt/m <sup>2</sup> ] | विकिरक के औसत तापमान 0 वाट भीतरी उष्मा उत्पन्न के लिए [C] | विकिरक के औसत तापमान 1 वाट भीतरी उष्मा उत्पन्न के लिए [C] | विकिरक के औसत तापमान 2 वाट भीतरी उष्मा उत्पन्न के लिए [C] |    |
|---------------|---|---|---|---|----|
| पृथ्वी        | EV  | 178   | -23   | 7   | 29 |
|               | AEV   | 90  | -62   | -19   | 10 |
|               | TD  | 111   | -51   | -12   | 15 |
|               | BD  | 111   | -51   | -12   | 15 |
|               | SS  | 45  | -96   | -36   | -2 |
|               | ASS   | 45  | -96   | -36   | -2 |
| चंद्रमा       | MV  | 271   | 5   | 28  | 46 |
|               | AMV   | 90  | -62   | -19   | 10 |
|               | TD  | 136   | -39   | -5  | 20 |
|               | BD  | 136   | -39   | -5  | 20 |
|               | SS  | 69  | -76   | -26   | 4  |
|               | ASS   | 69  | -76   | -26   | 4  |

प्रेक्षण (Observation):

1. पृथ्वी और चंद्र कक्षा में उपग्रह के अलग अलग सतह पर समांतरित सौर उष्मा प्रवाह एक समान हैं।
2. एल्विडो सौर उष्मा प्रवाह उपग्रह के पृथ्वी कक्षा के अलग अलग सतह पर चंद्र कक्षा से अधिक है। इसका वजह पृथ्वी का एल्विडो 0.3 और चंद्रमा का एल्विडो 0.073 हैं।
3. पृथ्वी कक्षा के लिए अवरक्त ग्रह उष्मा प्रवाह स्थिरांक है। चंद्र कक्षा के लिए अवरक्त ग्रह उष्मा प्रवाह बदलति रहिति है। उप सौर बिंदु पर चंद्र अवरक्त उष्मा प्रवाह लगभग 5 गुणन पृथ्वी अवरक्त उष्मा प्रवाह से अधिक है।
4. कुल कक्षीय उष्मा प्रवाह चंद्र की कक्षा का पृथ्वी की कक्षा से अधिक है।
5. उपग्रह के सतह कृष्णिका गुणधर्म के लिए अधिकतम और न्यूनतम कक्षीय तापमान परास चंद्र कक्षा का पृथ्वी कक्षा से विशाल है।
6. चंद्र कक्षा का उपग्रह के सतह पर प्रकाशी सौर परावर्तक गुणधर्म के लिए अधिकतम और न्यूनतम कक्षीय तापमान परास पृथ्वी कक्षा से विशाल है।

7. चंद्र कक्षा का उपग्रह के सतह पर प्रकाशी सौर परावर्तक गुणधर्म के लिए अधिकतम कक्षीय तापमान पृथ्वी कक्षा से अधिक है और न्यूनतम कक्षीय तापमान पृथ्वी कक्षा से कम है।
8. चंद्र कक्षा में अवशोषित औसत कक्षीय उष्मा प्रवाह उपग्रह के सभी सतह पर पृथ्वी कक्षा की तुलना में अधिक है, किन्तु AEV और AMV सतह पर समान हैं।
9. चंद्र कक्षा में अवशोषित औसत कक्षीय उष्मा प्रवाह पृथ्वी की कक्षा से अधिक होने के कारण चंद्र कक्षा में उपग्रह के सतह का तापमान पृथ्वी कक्षा से अधिक है।

### **निष्कर्ष (Conclusion):**

इस अध्ययन में, केवल एक ही कक्षा यानी, दोपहर-आधीरात कक्षा माना गया है। चंद्र कक्षा के लिए कक्षा दोपहर-आधीरात से भोर-शाम की कक्षा में बदलति रहिति हैं। दोपहर-आधीरात कक्षा में कक्षीय उष्मा प्रवाह अधिकतम और भोर-शाम कक्षा में कक्षीय उष्मा प्रवाह न्यूनतम होते हैं। उपग्रह को अधिकतम उष्मा प्रवाह में ठंडा रखना महत्वपूर्ण है इसीलिये इस अध्ययन में दोपहर-आधीरात कक्षा लिया गया है।

हमने देखा है कि चंद्र कक्षा पृथ्वी कक्षा के तुलना में चरम अधिकतम और न्यूनतम तापमान होते हैं। अगर अधिकतम तापमान हो तो कम तापमान बनाए रखने के लिए बड़ा विकिरक क्षेत्र आवश्यक हो जाएगा। अगर न्यूनतम तापमान हो तो निर्दिष्ट तापमान बनाए रखने के लिए ज्यादा हीटर पावार आवश्यक हो जाएगा।

चंद्र कक्षा में उष्मा प्रवाह उपग्रह के सतह पर पृथ्वी की कक्षा से परास विशाल है। विकिरक का संकीर्ण (narrow) तापमान परास के लिए और बड़ी परास के कक्षीय उष्मा प्रवाह के लिए मोटा विकिरक आवश्यक है। इसके अलावा, विकिरक के चयन क्षेत्र कम उष्मा प्रवाह साथ ही कम उष्मा प्रवाह रूपांतरों (variations) के लिए महत्वपूर्ण है।

उपर्युक्त सभी कारणों से निष्कर्ष निकाला है कि चंद्र कक्षा के लिए विकिरक अभिकल्पना पृथ्वी की कक्षा के तुलना में अधिक चुनौतीपूर्ण है। हालांकि, दोपहर-आधीरात चंद्र कक्षा के अलावा अन्य चंद्र कक्षा अर्थात् में, भोर-शाम चंद्र कक्षा में बहुत कम तापमान प्राप्त किया जा सकता है।

### **आभार (Acknowledgement):**

हम, ग्रुप प्रबन्धक एस. टी. ए. जी. एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी हैं, जिन्होंने हमें यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम हिन्दी के सभी सदस्यों का भी आभारी हैं जिनके मदद से लेख पूरा हो सका है।

### **संदर्भ (References):**

1. आइडियाज टी.एम.जी. रेफ्रन्स मेनुअल -2009, सिमेंस इनकोर्पोरेट
2. सेटेलाईट थारमेल कन्ट्रोल हेंडबुक 2002 - डेविड जी. गिलमोर



## अंतरिक्ष में जनहित एवं ग्रहीय अन्वेषण हेतु उपग्रहों का तापीय परिवेश

कमलेश कुमार बराया

वैज्ञानिक/अभियंता -एस ई

संरचना एवं तापीय विश्लेषण प्रभाग

अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (इसरो )अहमदाबाद

### सारांश

अंतरिक्ष में उपग्रहों को पृथ्वी एवं अन्य ग्रहों की कक्षाओं में मानव कल्याण तथा वैज्ञानिक अनुसंधान के कार्यों हेतु स्थापित किया जाता है। इन उपग्रहों को अंतरिक्ष के कर्कश तापीय वातावरण में भी इनके निर्दिष्ट कार्यों को श्रेष्ठतापूर्वक संपन्न करना पड़ता है। इन उपग्रहों की अभिकल्पना इस प्रकार की जाती है कि उनमें प्रयुक्त उपकरणों का तापमान उनके श्रेष्ठ प्रदर्शन के लिए निर्धारित तापमान की सीमाओं के अन्दर ही रहें। उपग्रहों तथा उनमें प्रयुक्त उपकरणों की अभिकल्पना पर उनके तापीय परिवेश का महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। इसलिए, उपग्रहों की अभिकल्पना के लिए उनके तापीय परिवेश तथा उस पर आने वाले तापीय भारों का विस्तार से अध्ययन आवश्यक होता है। इस पत्र में अंतरिक्ष में उपग्रहों के तापीय परिवेश पर प्रकाश डाला गया है।

### प्रस्तावना

पांच दशक पहले, सोवियत संघ द्वारा 1957में प्रथम मानव निर्मित कृत्रिम उपग्रह स्पूतनिक 1-के प्रमोचन से एक नए अंतरिक्ष अन्वेषण एवं मानव कल्याण के लिए अंतरिक्ष के उपयोग के युग का प्रारंभ हुआ। तब से आज तक, मनुष्य ने इस क्षेत्र में शानदार प्रगति की है। 1945में अंग्रेजी कथा-साहित्य के प्रसिद्ध लेखक अर्थर सी. क्लार्क ने उपग्रहों का जनसंचार के लिए उपयोग पर विस्तार से बताया था। उन्होंने उपग्रह प्रमोचन की सुविधाएं, उपग्रह की संभावित कक्षाएं, उपग्रहों के वैश्विक जाल के निर्माण के कई पहलुओं तथा मानव को संचार के क्षेत्र में उपग्रहों से होने वाले लाभों के बारे में विस्तार से चर्चा की थी।

अंतरिक्ष विज्ञान के संदर्भ में उपग्रह एक ऐसी वस्तु है, जो किसी खगोलीय पिण्ड की तय कक्षा में उस पिण्ड के चारों ओर एक निश्चित आवृत्ति पर चक्कर लगाने के लिए स्थापित की जाती है। खगोलीय पिण्ड के चारों ओर चक्कर लगाती हुई वस्तु के मार्ग को कक्षा कहते हैं। जब वेग से जाती हुई किसी वस्तु का जड़त्वीय बल, उस वस्तु एवं खगोलीय पिण्ड के बीच गुरुत्वाकर्षण बल के साथ संतुलन में होता है, तब वह वस्तु खगोलीय पिण्ड के चारों ओर उसकी कक्षा में घूमने लगती है। उपग्रह प्राकृतिक रूप से भी पाए जाते हैं, जैसे चन्द्रमा पृथ्वी का एक प्राकृतिक उपग्रह है। लेकिन हम यहाँ मानव कल्याण एवं अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए मानव द्वारा स्थापित कृत्रिम उपग्रहों के बारे में चर्चा करने जा रहे हैं। अब तक पृथ्वी की कक्षा में हजारों उपग्रहों का प्रमोचन हो चुका है, उनमें से सैकड़ों वर्तमान में क्रियाशील हैं जबकि हजारों उपग्रह एवं उनके अवशेष अंतरिक्ष कचरे के रूप में पृथ्वी का चक्कर लगा रहे हैं। कुछ अंतरिक्ष प्रयोगशालाएं एवं अन्वेषिकाएं अन्य खगोलीय पिण्ड जैसे चन्द्रमा, शुक्र, मंगल, गुरु एवं शनी ग्रहों की कक्षाओं में उनका चक्कर लगा रहे हैं। अमेरिका का चन्द्रमा पर मानव अभियान तथा उसकी पृथ्वी तक वापसी तो अब तक इतिहास बन चुका है। कई अंतरिक्षयानों को अन्य ग्रहों, जैसे मंगल एवं शुक्र पर उतारा गया है। वर्तमान में अंतर्राष्ट्रीय स्पेस स्टेशन (आई.एस.एस.) का पृथ्वी की कक्षा में निर्माण चल रहा है, जहाँ पर अंतरिक्षयात्री सक्रिय

रूप से कई दिनों तक काम करते हैं। इस स्पेस स्टेशन के निर्माण में अमेरिका, यूरोप, रूस, जापान, कनाडा शामिल हैं। यह इन देशों का बहुत महत्वाकांक्षी एवं लम्बी अवधि का अभियान है।

अंतरिक्ष में उपग्रह स्थापित करने की क्षमता अब विश्व के कई देशों के पास है। हमारे देश ने भी अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में शानदार प्रगति की है एवं अंतरिक्ष तकनीक के लाभों को जन-जन तक पहुंचाया गया है। हमारे देश में भारतीय अंतरिक्ष एवं अनुसंधान संगठन (इसरो) (अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में नए-नए आयाम छूने के लिए निरंतर प्रयासरत है। इसरो के चन्द्रयान 1-के प्रक्षेपण के साथ हमने ग्रहीय अन्वेषण के क्षेत्र में नया अध्याय प्रारंभ किया है। चन्द्रयान 1-से हमें चन्द्रमा के बारे में कई महत्वपूर्ण जानकारियां मिली हैं अंतरिक्ष में उपग्रहों का तापीय परिवेश पृथ्वी के वातावरण से बिल्कुल भिन्न होता है। किसी भी उपग्रह की अभिकल्पना पर उपग्रह के तापीय परिवेश का महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। उपग्रहों का तापीय परिवेश उपग्रह की कक्षा के विभिन्न प्राचलों, समय, स्थिति, अभिविन्यास इत्यादि के अतिरिक्त इस बात पर निर्भर करता है कि वह किस खगोलिय पिण्ड की कक्षा में स्थापित किया गया है। इस लेख में उपग्रहों के तापीय परिवेश के कुछ महत्वपूर्ण बिंदुओं पर प्रकाश डाला गया है।

### अंतरिक्ष में उपग्रहों के तापीय परिवेश के बारे में क्यों जानें ?

अंतरिक्ष में उपग्रहों के तापीय परिवेश के बारे में जानना क्यों आवश्यक है, इसके मुख्य कारण निम्न हैं -

1. अंतरिक्ष में उपग्रहों को पृथ्वी से बिल्कुल भिन्न तापीय परिस्थितियों का सामना करना पड़ता है।
2. पृथ्वी की तुलना में अंतरिक्ष में तापीय परिवेश बहुत अधिक उग्र होता है।
3. इन परिस्थितियों में उपग्रह के उपकरण अवांछनीय रूप से बहुत अधिक गर्म या ठंडे हो सकते हैं, जिससे उपग्रह की निर्दिष्ट कार्य करने की क्षमता बुरी तरह से प्रभावित हो सकती है या वह काम करना बंद भी कर सकता है।
4. इसलिए उपग्रह की अभिकल्पना एवं निर्माण इस प्रकार किया जाता है कि उसके सभी तंत्रों एवं उनके घटकों के तापमान अंतरिक्ष के कर्कश वातावरण में भी श्रेष्ठ कार्य निष्पादन के प्रदर्शन के लिए आवश्यक वांछनीय तापमान की सीमाओं में ही रहें। इस तरह उपग्रह के तापीय परिवेश का उसकी अभिकल्पना पर बहुत महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। इसलिए, उपग्रह की अभिकल्पना के लिए उसके तापीय परिवेश की मात्रात्मक जानकारी अनिवार्य होती है।

### अंतरिक्ष में उपग्रहों के तापीय परिवेश की मुख्य विशिष्टताएं

- वायुमण्डल की अनुपस्थिति अर्थात् निर्वात
- ठंडे अंतरिक्ष का तापमान 2.7 केल्विन
- उष्मा संचरण के लिए संवहन का अभाव
- उपग्रह और उसके परिवेश के बीच उष्मा का आदान-प्रदान केवल विकिरण द्वारा ही संभव
- सौर या अन्य ग्रह से उत्सर्जित विकिरणों का उपग्रह पर सीधा (प्रत्यक्ष) गिरना

## अंतरिक्ष का तापमान

अंतरिक्ष में उपग्रहों के तापीय परिवेश के बारे में जानने से पहले हमें अंतरिक्ष के तापमान के बारे में जानना आवश्यक है। अंतरिक्ष का तापमान लगभग 2.725केल्विन माना जाता है। इसे और गहराई से समझने के लिए हमें यह समझना होगा कि अंतरिक्ष वास्तव में क्या है, और तापमान वास्तव में क्या है। जब हम किसी वस्तु के

तापमान की बात करते हैं तो हम वास्तव में उस वस्तु के अणुओं में निहित उर्जा की मात्रा की बात करते हैं, अणुओं के द्वारा ही उर्जा का संचरण होता है, अगर अणु ही नहीं है तो उर्जा का संचरण भी संभव नहीं है।

अंतरिक्ष बहुत-बहुत रिक्त है। वहां एक स्थान में गिने-चुने अणु ही पाए जाते हैं, जो उर्जा संचरण के लिए नगण्य है। अगर हम यादृच्छिक रूप से अंतरिक्ष के किसी कण पर ध्यान केन्द्रित करें और उसके तापमान की गणना की कोशिश करें तो ऐसा हो सकता है कि उस कण का तापमान लाखों केल्विन हों, क्योंकि इस कण को किसी दूसरे कण से टकराने का मौका ही नहीं मिला, जिससे यह तापमान की साम्यावस्था को प्राप्त नहीं हो सका। हम जो अंतरिक्ष के 2.725केल्विन की बात करते हैं यह अंतरिक्ष का औसत तापमान है जो कि वास्तव में ब्रह्मांडीय पृष्ठभूमि विकिरण है, यह बिग बैंग की घटना के कारण अंतरिक्ष में अभी तक शेष छोड़ दी गई उर्जा है।

अगर हम अंतरिक्ष में एक थर्मोमीटर को इस तरह से रखते हैं कि उसके चारों ओर उष्मा या विकिरण का कोई स्रोत नहीं हो, तब साम्यावस्था में इसका पाठ्यांक 2.725केल्विन होगा। यह तापमान ब्रह्मांडीय सूक्ष्म तरंग पृष्ठभूमि विकिरण के कारण होगा, यह अंतरिक्ष में हमेशा रहेगा।

## अंतरिक्ष में उपग्रहों पर उष्मा भारों के मुख्य स्रोत

जब उपग्रह पृथ्वी या अन्य किसी खगोलिय पिण्ड की कक्षा में परिक्रमा करता है तब उसे विभिन्न प्रकार के उष्मा भारों का सामना करना पड़ता है, जिनमें से मुख्य निम्न हैं -

- .1 सौर विकिरण
- .2 भू-दीप्ति अर्थात् पृथ्वी द्वारा उत्सर्जित अवरक्त विकिरण
- .3 अल्बिडो विकिरण।

चित्र स 1. में उपग्रहों पर आने वाले विभिन्न उष्मा भारों को दर्शाया गया है।

## सौर विकिरण

सौर स्पेक्ट्रम को हम 5760केल्विन पर कृष्ण पिण्ड से उत्सर्जित विकिरण के समान मान सकते हैं। चित्र स 2. में सूर्य एवं तुल्य कृष्ण पिण्ड का स्पेक्ट्रमी विकिरण प्रवाह घनत्व दिखाया गया है। पृथ्वी के वायुमण्डल के बाहर वार्षिक औसत सौर उष्मा अभिवाह लगभग  $1353W/m^2$  होता है। इसे सौर स्थिरांक भी कहते हैं। सौर स्थिरांक सूर्य से दूरी के वर्ग के व्युत्क्रम के समानुपातिक होता है। पृथ्वी सूर्य के चारों ओर दीर्घवृत्ताकार कक्षा में चक्कर लगाती है, इसलिए सौर स्थिरांक भी पृथ्वी की सूर्य से दूरी के अनुसार परिवर्तित होता है। ऐसा चित्र स 3. में दिखाया गया है।



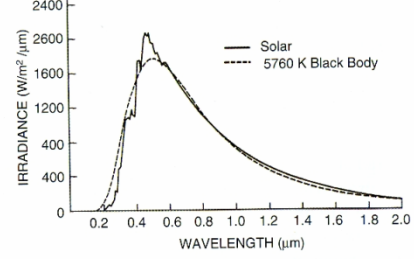
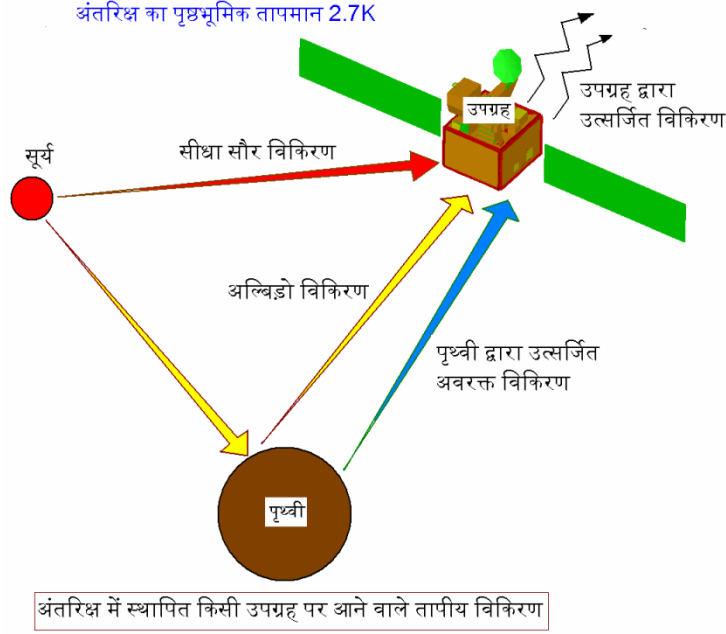


Figure 4.3.5: Solar spectrum and spectral radiation flux density of a black body at 5760 K of thermal control [4.3.5].

चित्र स 1 .उपग्रहों पर आने वाले विभिन्न उष्मा भार विकिरण

चित्र स 2 .सूर्य एवं तुल्य कृष्ण पिण्ड का स्पेक्ट्रमी प्रवाह घनत्व

उपग्रह की किसी सतह पर सौर अभिवाह की गणना निम्न समीकरण द्वारा की जाती है -

$$Q = S \cos\theta A$$

$Q$  = आपतित सौर उष्मा भार ;  $S$  = सौर अभिवाह,  $W/m^2$ ;  $\cos\theta$  = सौर सदिश एवं सतह के अभिलंब के बीच कोण;

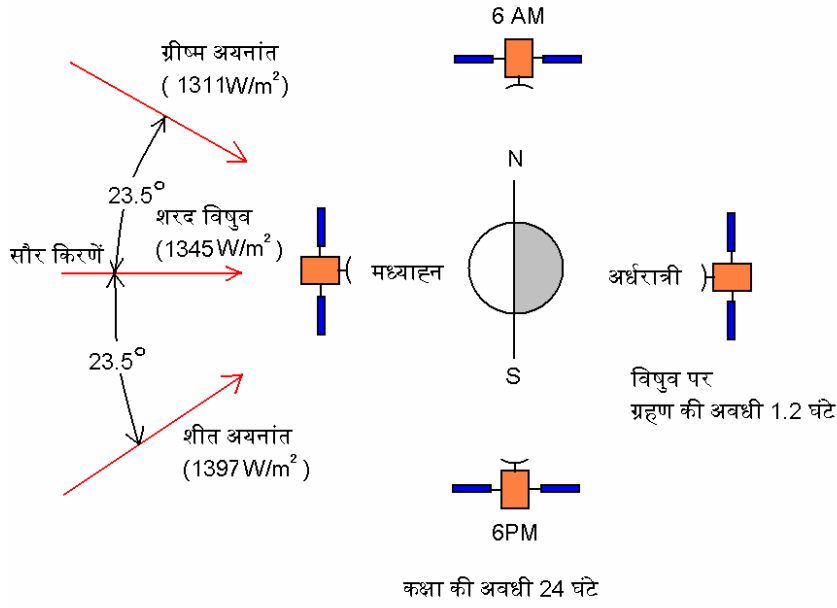
$A$  = सतह का कुल क्षेत्रफल;

**अल्बिडो एवं भू-दीप्ति अभिवाह**

अल्बिडो अभिवाह पृथ्वी पर आपतित कुल सौर अभिवाह का वह अंश है, जो पृथ्वी के वातावरण द्वारा प्रकीर्णन एवं बादलों द्वारा परावर्तन के कारण अंतरिक्ष में परावर्तित कर दिया जाता है। इस अंश को अल्बिडो गुणांक कहते हैं, जिसका औसत मान लगभग 0.3 माना जाता है। किसी उपग्रह पर अल्बिडो अभिवाह उपग्रह की स्थिति, सूर्य के विन्यास एवं उपग्रह की उंचाई पर निर्भर करता है, जैसा कि चित्र स 4. में दिखाया गया है।

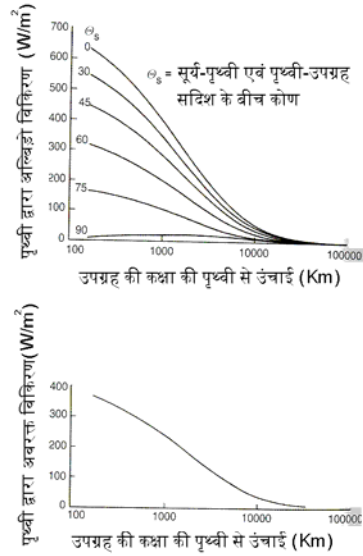
आपतित सौर विकिरण का एक अंश पृथ्वी एवं उसके वातावरण द्वारा उष्मा के रूप में शोषित कर लिया जाता है, पृथ्वी द्वारा इस उष्मा का स्टीफन-बोल्जमान के नियमानुसार वापस अवरक्त विकिरण के रूप में उत्सर्जन किया जाता है। इसे भू-दीप्ति अभिवाह भी कहते हैं, इसका वार्षिक औसत मान लगभग  $237W/m^2$  होता है।

भू-स्थिर कक्षा के उपग्रहों पर उनकी पृथ्वी से सतह की अधिक उंचाई के कारण अल्बिडो एवं भू-दीप्ति अभिवाह नगण्य होता है।



भू-स्थिर कक्षा में स्थापित उपग्रह पर वार्षिक सौर अभिवाह में परिवर्तन

चित्र स 3. भू-स्थिर कक्षा में सौर अभिवाह में वार्षिक बदलाव



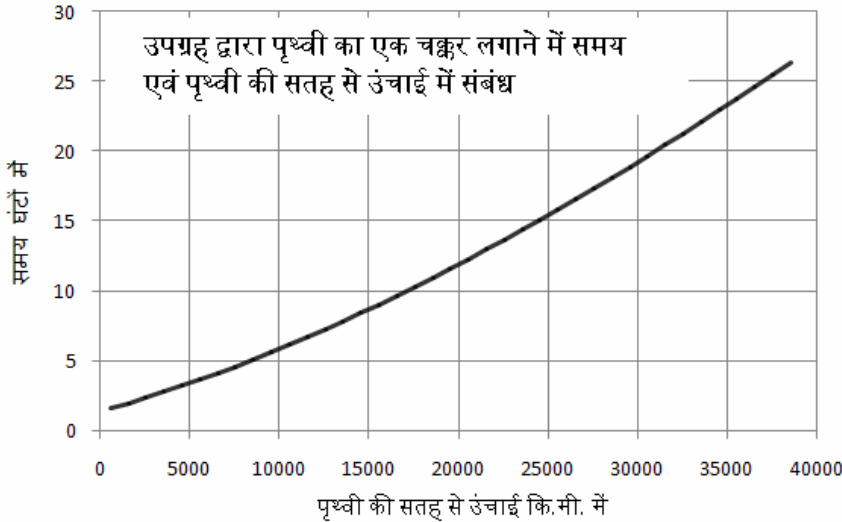
उपग्रह पर पृथ्वी द्वारा अल्बिडो एवं अवरक्त विकिरणों का कक्षा की उंचाई के साथ प्रभाव

चित्र स 4 . भू-दीप्ति एवं अल्बिडो अभिवाहों का उपग्रह की कक्षा की उंचाई के साथ परिवर्तन

### पृथ्वी के उपग्रहों की विभिन्न कक्षाओं में तापीय परिवेश

पृथ्वी अथवा अन्य खगोलिय पिण्ड के चारों ओर उपग्रहों के परिक्रमण मार्ग को कक्षा कहा जाता है। हमारे देश के उपग्रहों को हमारी आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए पृथ्वी की वृत्ताकार कक्षाओं में स्थापित किया जाता है। किसी उपग्रह की वृत्ताकार कक्षा को परिभाषित करने के लिए मुख्य प्राचल उसकी पृथ्वी से उंचाई, भू-मध्य रेखीय तल से झुकाव तथा भू-मध्य रेखीय तल को पार करते समय स्थानीय समय हैं। हमारे उपग्रह मुख्य रूप से दो कक्षाओं में स्थापित किए जाते हैं .1-भूस्थिर कक्षा .2सूर्य तुल्यकाली कक्षा

भूस्थिर कक्षा एक विशेष कक्षा है, जिसमें उपग्रह की कक्षा का तल भू-मध्य रेखीय तल में ही होता है एवं उपग्रह का पृथ्वी के चारों ओर घूर्णन काल पृथ्वी का अपने अक्ष पर घूर्णन काल अर्थात् लगभग 24घंटे के बराबर होता है। इसलिए, भूस्थिर कक्षा में भ्रमण करता हुआ उपग्रह पृथ्वी के किसी बिंदु से स्थिर दिखाई देता है। हमारे देश के विभिन्न संचार उपग्रहों जैसे इनसैट श्रेणी एवं जीसैट श्रृंखला के उपग्रहों को भूस्थिर कक्षा में स्थापित किया गया है। सूर्य तुल्यकाली कक्षा उपग्रहों की वो कक्षा है, जिसकी कक्षा का तल सूर्य एवं पृथ्वी को जोड़ने वाली रेखा के सापेक्ष वर्ष के दौरान लगभग समान अभिविन्यास बनाए रखता है। इसलिए, उपग्रह प्रत्येक चक्कर के दौरान पृथ्वी के उन क्षेत्रों के उपर से गुजरता है, जहां पर स्थानीय समय समान होते हैं एवं समान रूप से प्रदीप्त होते हैं। पृथ्वी उपग्रह की कक्षा के नीचे घूमती रहती है, इसलिए उपग्रह संपूर्ण पृथ्वी का प्रेक्षण करने में सक्षम होता है। इस कक्षा का अभिलक्षण भू-संसाधनों के सुदूर संवेदन एवं समुद्रविज्ञान जानकारी के लिए बहुत उपयोगी है। पृथ्वी की सतह से सूर्य तुल्यकाली कक्षाओं में स्थापित किए गए हमारे उपग्रहों की उंचाई लगभग 700से 800कि.मी. होती है। हमारे देश का उपग्रह IRS-P4 को 720कि.मी. एवं IRS-P6 को 817कि.मी. की उंचाई पर सूर्य तुल्यकाली कक्षा में स्थापित किया गया। वृत्ताकार कक्षा में उपग्रह के आवृत्त काल और पृथ्वी की सतह से कक्षा की उंचाई में संबंध चित्र स 5.में दिखाया गया है।



चित्र स 5. उपग्रह के आवृत्त काल में उसकी वृत्ताकारकक्षा की उंचाई से संबंध

उपग्रह का तापीय परिवेश उसकी कक्षा विशेष पर निर्भर करता है। उपग्रहों की कक्षाओं को परिभाषित कई प्राचलों द्वारा किया जाता है, उनमें से मुख्य प्राचलों का स्पष्टीकरण आगे किया गया है, चित्र स 6 में इन प्राचलों को दिखाया गया है।

**मुख्य प्राचलों का स्पष्टीकरण-**

**वसंत विषुव (Vernal Equinox) :** यह खगोल-मंडल पर वह बिंदु है जहां सूर्य कान्तिवृत्त तल पर दक्षिण से उत्तर की ओर वार्षिक आभासी गति के दौरान जाते हुए खगोलिय भूमध्यवर्ती तल को काटता है।

**भूमध्यवर्ती तल (Equatorial plane) :** यह एक काल्पनिक अनंत तल है जो पृथ्वी की भू-मध्य रेखा से होकर गुजरता है।

**कक्षीय तल (Orbital plane) :** यह वह अनंत तल है जिसमें उपग्रह की कक्षा का तल होता है।

**आरोही एवं अवरोही नोड (Ascending & Descending) :** जब उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर अपनी कक्षा में चक्कर लगाता है तब वह भूमध्यवर्ती तल के दो बिंदुओं में से होकर गुजरता है। उपग्रह की दक्षिण से उत्तर की ओर गति के दौरान भूमध्यवर्ती तल के जिस बिंदु से गुजरता है, उसे आरोही नोड कहते हैं। जब उपग्रह की उत्तर से दक्षिण की ओर गति के दौरान भूमध्यवर्ती तल के जिस बिंदु से गुजरता है, उसे अवरोही नोड कहते हैं।

**कक्षीय झुकाव (Orbit Inclination) :** यह उपग्रह की कक्षीय तल एवं भूमध्यवर्ती तल के बीच का कोण है।

**आरोही नोड का दाहिना आरोहण (Right Ascension of Ascending Node) :** भूमध्यवर्ती तल पर वसंत विषुव से मापा गया स्थिति कोण

**तुंगता (Altitude) :** यह उपग्रह की पृथ्वी का सतह से दूरी है।

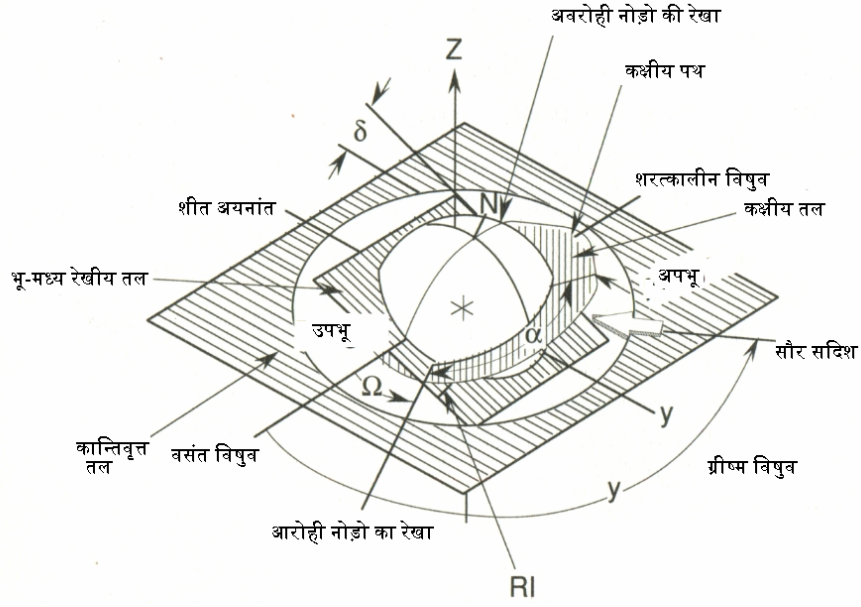
**अपभू एवं उपभू (Apogee and Perigee) :** अपभू उपग्रह की कक्षा का उच्चतम बिंदु है, तथा उपभू निम्नतम बिंदु है।

**दिक्पात कोण (Declination Angle) :** यह भूमध्यवर्ती तल से उपर या नीचे स्थिति कोण है।

**अर्ध दीर्घाक्ष (Semi Major Axis) :** यह दीर्घवृत्तीय कक्षा में अपभू और उपभू त्रिज्या के योग का आधा होता है।

**आवर्तकाल (Period) :** यह वह समय होता है जो उपग्रह पृथ्वी का एक चक्कर पूरा करने में लेता है।

**उत्केंद्रता (Eccentricity) :** इससे यह मालूम होता है कि कक्षा में कितना चपटापन है। यह कक्षा के अर्ध-अन्तर्फोकस दूरी तथा अर्धदीर्घाक्ष का अनुपात होता है।



- $\delta$  = भू-मध्य रेखीय तल का कान्तिवृत्त तल के साथ झुकाव  
 $\Omega$  = आरोही नोड का दाहिना आरोहण  
 $\alpha$  = उपभू का कोणांक  
 $\psi$  = सौर दिन कोण  
 $RI$  = भू-मध्य रेखीय तल के साथ कक्षीय झुकाव  
 $\theta$  = उपभू से कक्षीय स्थिति

वसंत विषुव के साथ कक्षीय प्राचल

### चित्र स 6. उपग्रह की कक्षाओं के मुख्य प्राचल

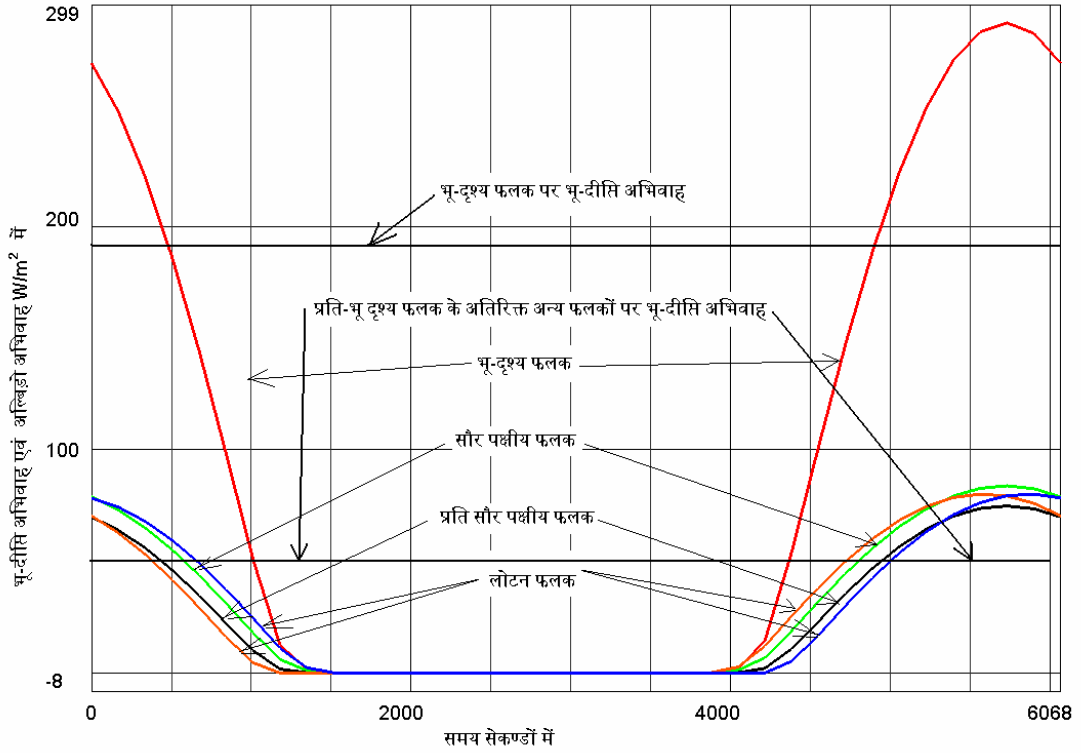
भू-स्थिर कक्षा में स्थापित उपग्रहों पर अल्बिडो एवं भू-दीप्ति अभिवाह नगण्य होता है, इस कक्षा की पृथ्वी की सतह से उंचाई लगभग 36000 कि.मी. होती है। इस कक्षा में उपग्रहों पर मुख्य रूप से सौर अभिवाह का ही प्रभाव पड़ता है। भारत के सुदूर संवेदी उपग्रहों को सूर्य-तुल्य काली कक्षा में स्थापित किया जाता है, इस कक्षा की पृथ्वी की सतह से उंचाई लगभग 800 कि.मी. होती है। इस कक्षा में भ्रमण करने वाले उपग्रहों पर सौर, अल्बिडो एवं भू-दीप्ति तीनों उष्मा अभिवाहों का महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है।

एक सुदूर संवेदी उपग्रह, जिसके कक्षीय प्राचलन नीचे दिए गए हैं, के विभिन्न फलकों पर आने वाले उष्मा भारों की गणना IDEAS-TMG सॉफ्टवेयर द्वारा की गई है। उपग्रह घनाभ आकृति का माना गया है

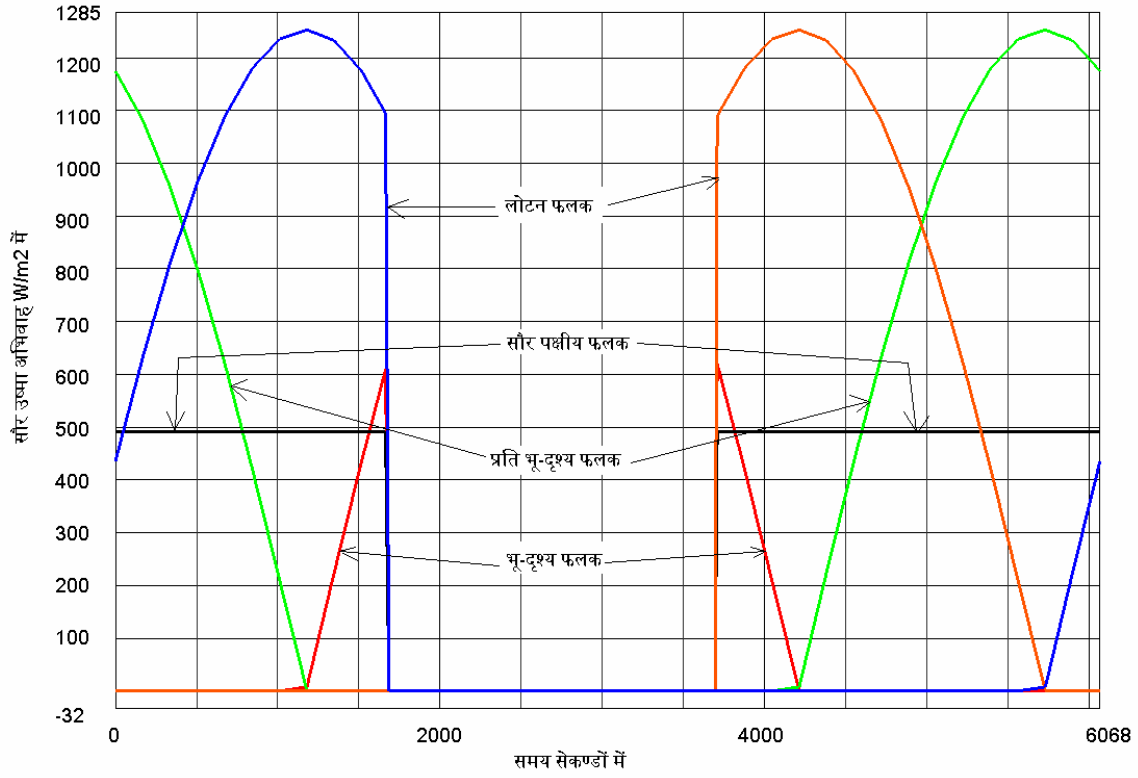
कक्षा -सूर्य तुल्य काली कक्षा, आवृत्त काल 6067 -सेकण्ड, भू-मध्य तल के साथ झुकाव, 98.72 -ग्रहण अवधि - 2031 सेकण्ड

कक्षा की उंचाई 817 -कि.मी ,.सूर्य का दिक्पात कोण ,°15 -स्थानीय मध्याह्न से आरोही नोड का कोण ° 154.8 - चित्र स 7 .एवं 8में एक सूर्य तुल्य काली कक्षा में घनाभ आकृति के उपग्रह के विभिन्न फलकों पर गिरने वाले अल्बिडो ,भू-दीप्ति एवं सौर अभिवाहों का कक्षा के एक पूर्ण आवृत्त-काल के लिए समय के साथ परिवर्तन दिखाया गया है। चित्र स7 . में हम देखते है कि विभिन्न फलकों पर गिरने वाले भू-दीप्ति अभिवाह समय के साथ स्थिर रहते हैं। चित्र स 9 .में भू-स्थिर कक्षा में घनाभ आकृति के उपग्रह के विभिन्न फलकों पर गिरने वाला सीधा सौर अभिवाह का एक पूर्ण आवृत्त काल के लिए समय के साथ परिवर्तन दिखाया गया है। इस स्थिति के

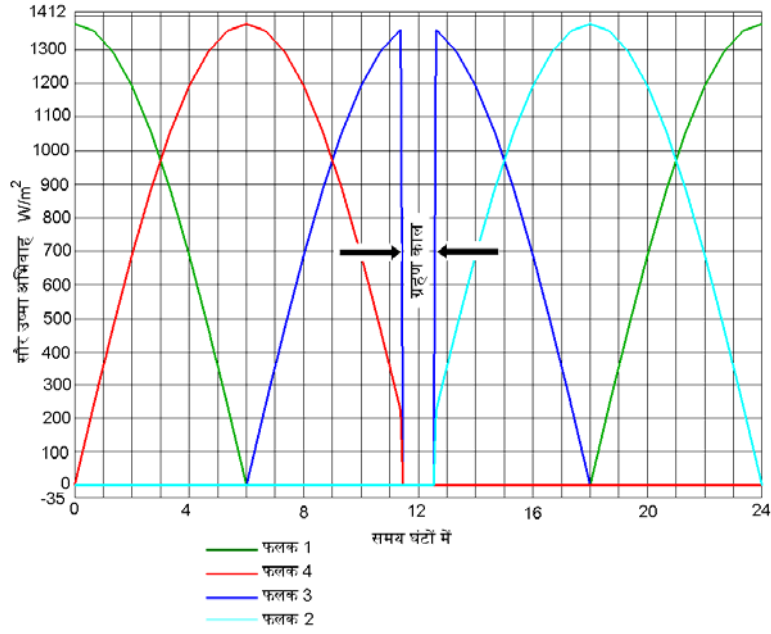
लिए सूर्य का दिक्पात कोण शून्य माना गया है। चित्र स 9 .में हम यह भी देखते हैं कि उपग्रह के ग्रहण काल के दौरान ,उपग्रह के किसी भी फलक पर सौर अभिवाह नहीं गिर रहा है। ग्रहण काल के दौरान उपग्रह पृथ्वी का छाया के क्षेत्र में आ जाता है।



चित्र स 7 .एक सूर्य तुल्य काली कक्षा में घनाभ आकृति के उपग्रह के विभिन्न फलकों पर गिरने वाले अल्बिडो एवं भू-दीप्ति अभिवाह



चित्र स 8 .एक सूर्य तुल्य काली कक्षा में घनाभ आकृति के उपग्रह के विभिन्न फलकों पर गिरने वाला सीधा सौर अभिवाह



भू-स्थिर कक्षा में स्थापित उपग्रह के फलकों पर उष्मा अभिवाह, जब सूर्य का दिक्पात कोण शून्य है, का समय के साथ परिवर्तन

चित्र स 9 .भू-स्थिर कक्षा में घनाभ आकृति के उपग्रह के विभिन्न फलकों पर गिरने वाला सीधा सौर अभिवाह

चन्द्रमा एवं अन्य ग्रहों की कक्षा में उपग्रहों का तापीय परिवेश - चन्द्रयान1- भारत का प्रथम चन्द्र अभियान था। इसे इसरो द्वारा 22 अक्तूबर 2008 को पी.एस.एल.वी सी 11-प्रमोचक यान द्वारा सतीश धवन अंतरिक्ष केन्द्र, श्री हरिकोटा से छोड़ा गया था। 12 नवंबर 2008 को चन्द्रयान 1-को चन्द्रमा की कक्षा में स्थापित किया गया था। इस यान ने चन्द्रमा की कक्षा में 312 दिन तक कार्य किया। चन्द्रमा के तापीय परिवेश के अध्ययन का महत्व इस बात से पता चलता है कि इस यान के प्रचालन के दौरान तापीय समस्याएं रही, जिनके कारण यान ने अपने तय कार्यकाल दो वर्ष से पहले ही काम करना बंद कर दिया था। चन्द्रमा की कक्षा में उपग्रह स्थापित करने के अभियान की तैयारी के लिए चन्द्रमा के तापीय परिवेश की सटीक जानकारी होना अनिवार्य है।

चन्द्रमा की कक्षा में उपग्रह पर मुख्यतया तीन प्रकार के उष्मा भार गिरते हैं (1) -सीधा सौर विकिरण (2) चन्द्रमा की सतह से अवरक्त विकिरणों का उच्च तीव्रता का उष्मा अभिवाह (3) अल्बिडो अभिवाह अर्थात् चन्द्रमा की सतह द्वारा परावर्तित सौर विकिरण

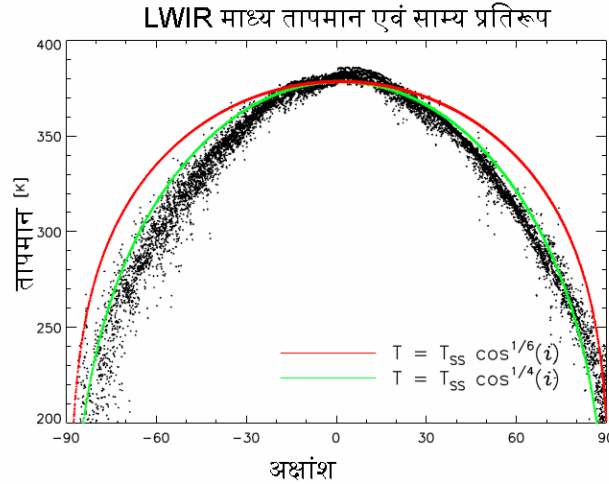
निम्न सारणी 1-में उपर्युक्त उष्मा अभिवाहों को संक्षिप्त में दर्शाया गया है



सारणी - 1-चन्द्रमा की कक्षा में उपग्रह को प्रभावित करने वाले विभिन्न उष्मा भार

|  | उपसौर बिन्दु                   | अपसौर बिन्दु                                | माध्य                                       |
|--|--------------------------------|---|---|
| सीधा सौर विकिरण                          | 1414W/m <sup>2</sup>           | 1323W/m <sup>2</sup>                        | 1367W/m <sup>2</sup>                        |
| अल्बिडो<br>)उपसौर शिखर (                 | 0.073                          | 0.073                                       | 0.073                                       |
| चन्द्रमा अवरक्त<br>)उपसौर शिखर ( न्यूनतम | 1314W/m <sup>2</sup><br>5.2W/m | 1226W/m <sup>2</sup><br>5.2W/m <sup>2</sup> | 1268W/m <sup>2</sup><br>5.2W/m <sup>2</sup> |

चन्द्रमा और बुध ग्रह के चारों ओर कक्षाओं में तापीय परिवेश में समरूपता है क्योंकि वहां पर वायुमण्डल की अनुपस्थिति है। चन्द्रमा के अप्रकाशित पक्ष पर तापमान लगभग 100केल्विन होता है, जबकि प्रकाशित पक्ष की ओर अधिकतम तापमान लगभग 400केल्विन तक होता है। चन्द्रमा की सतह के तापमान के फैलाव की विषमता का उसकी कक्षा में परिक्रमा करने वाले उपग्रहों की तापीय अभिकल्पना पर महत्वपूर्ण प्रभाव होता है।



अक्षांश के फलन के रूप में LWIR प्रतिबिंब औसतन तापमान एवं साम्य प्रतिरूप

चित्र स 10 .चन्द्रमा की सतह का अक्षांश के फलन के अनुसार औसत तापमान

1930में पेटिट एवं निकोलसन ने बताया कि चन्द्रमा की सतह का तापमान उसकी भूमध्यरेखा के समानान्तर  $\cos^{1/6}(i)$  के अनुसार परिवर्तित होता है जो कि लेंबरशियन सतह के अनुसार  $\cos^{1/4}(i)$  होता है ,यहां  $i$  सतह का अक्षांश है। 1994में क्लेमेंटाइन उपग्रह द्वारा चन्द्रमा की सतह के तापमान मापे गए हैं ,एवं ऐसा पाया गया है कि चन्द्रमा की सतह पर अक्षांश के समानान्तर तापमान वास्तव में  $\cos^{1/4}(i)$  के अनुसार ही परिवर्तित होता है। इसे चित्र स 10.में दिखाया गया है। चन्द्रमा की सतह का तापमान अक्षांश और देशांतर दोनों के समानान्तर परिवर्तित होता है। सतह का शिखर तापमान 380केल्विन तक तथा न्यूनतम तापमान 160केल्विन है। किसी भी कक्षीय यान की तापीय अभिकल्पना के दौरान तापमान के इन विषम फैलावों का ध्यान में रखना अनिवार्य होता है।

नासा के अपोलो अभियान से भी चन्द्रमा के कक्षीय तापीय परिवेश के बारे में महत्वपूर्ण तथ्य की जानकारी हुई। चन्द्रमा की सतह से अवरक्त विकिरणों का उत्सर्जन इतना तीव्र है कि कक्षीय यान के विकिरणों की सतह बुरी तरह से प्रभावित हो जाती है। विशेष रूप से कक्षीय यान की निष्क्रिय अवधि के दौरान उसका अभिविन्यास इस तरह से होना चाहिए कि विकिरक चन्द्रमा को कम से कम देखें। क्योंकि अधिकतर विकिरणों की सतहों का सौर अवशोषणांक अपेक्षाकृत कम एवं अवरक्त उत्सर्जनांक अधिक होता है ,इसलिए विकिरक की कुछ दृष्टि सूर्य की तरफ करना बेहतर हो सकता है जिससे चन्द्रमा की ओर विकिरक की दृष्टि कम से कम हो जाएं।

अन्य ग्रहीय अन्वेषण अभियानों हेतु उपग्रहों की अभिकल्पना के लिए ग्रहों के उन लक्षणों की जानकारी आवश्यक होती है जिनका उनकी कक्षा में परिक्रमा करते हुए उपग्रहों पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। हमारे सौर मंडल के अन्य ग्रहों के मुख्य लक्षण ,जिनसे उपग्रहों का तापीय परिवेश प्रभावित होता है ,निम्न सारणी 2-में संक्षिप्त रूप में दिखाए गए हैं: --सारणी 2-उपग्रहों को प्रभावित करने वाले विभिन्न ग्रहों के तापीय अभिलक्षण

| ग्रह का नाम | घूर्णन अवधि | माध्य त्रिज्या कि.मी .में | औसत सौर अभिवाह $W/m^2$ | अल्बिडो गुणांक | ग्रहीय अवरक्त उत्सर्जन $W/m^2$ | ग्रहीय तुल्य कृष्ण पिण्ड तापमान $^{\circ}C$ में |
|-------------|-------------|---------------------------|------------------------|----------------|--------------------------------|---|
| बुध         | 97.7दिन     | 2426.21                   | 9130.65                | 0.12           | 7279.23                        | 325.45  |
| शुक्र       | 119.18 दिन  | 6065.52                   | 2566.58                | 0.8            | 113.4                          | 61.65-  |
| मंगल        | 24.66घंटे   | 3383                      | 579.18                 | 0.29           | 124.53                         | 56.65-  |
| गुरु        | 9.9घंटे     | 71323.2                   | 49.63                  | 0.343          | 13.52                          | 148.85-   |
| शनि         | 10घ 40. मि  | 60045                     | 14.65                  | 0.342          | 4.58                           | 178.35-   |
| यूरेनस      | 23.9घंटे    | 25420                     | 3.63                   | 0.343          | 0.87                           | 210.55-   |
| वरुण        | 18घंटे      | 24780                     | 1.48                   | 0.282          | 0.73                           | 213.25-   |
| प्लूटो      | 6.39दिन     | 3884.1                    | 0.9085                 | 0.47           | 0.51                           | 218.35-   |

उपरोक्त सारणी में हम देखते हैं कि शुक्र का अल्बिडो गुणांक अधिकतम होता है ,ऐसा इसके घने वायुमण्डल के कारण होता है। बुध ग्रह का अल्बिडो गुणांक का मान 0.12 न्यूनतम होने के कारण इसका ग्रहीय अवरक्त उत्सर्जन अधिकतम है। ग्रहों के अल्बिडो गुणांक एवं ग्रहीय अवरक्त उत्सर्जन का उनकी कक्षा में चक्कर काटने वाले उपग्रहों के तापीय अभिकल्पना पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है।

**निष्कर्ष-** हमने देखा कि उपग्रहों का तापीय परिवेश परिक्रमण के दौरान समय के साथ बदलता रहता है। उपग्रहों का तापीय परिवेश कक्षीय प्रचालनों एवं ग्रहों के तापीय अभिलक्षणों पर बहुत निर्भर करता है। इनका उपग्रहों की तापीय अभिकल्पना पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। इसलिए उपग्रहों की अभिकल्पना के लिए उनके तापीय परिवेश का अध्ययन महत्वपूर्ण होता है।

**संदर्भ .1 -IDEAS-TMG** संदर्भ पुस्तिका

.2 सेटेलाइट थर्मल कंट्रोल हैन्डबुक , एरोस्पेस कार्पोरेशन प्रेस 1994 ,

**आभार-** मैं ,मेरे समूह प्रधान श्री पी.जे .सोनी एवं प्रभाग प्रधान डा .बी.एस .मुंजाल का अत्यंत आभारी हूं ,जिनकी प्रेरणा से यह लेख पूर्ण हो सका है। मैं ,हिंदी अधिकारी एवं हिंदी अनुभाग के सभी सदस्यों का भी आभारी हूं , जिन्होंने इस कार्य में सहयोग दिया।



## वाहक पट्टी के कार्यान्वयन की चुनौतियां एवं क्रांतिकता

### Criticalities and Challenges in Realization of Carrier Plate

जीगर गांधी, राजु निपाने, आशिष सोनी, जयेश शाह एवं आनंद पाठक  
jigargandhi@sac.isro.gov.in

#### सारांश

इन्सैट-2A (परीक्षण अवकाशयान) से शुरु करके आज की अति सूक्ष्म माप की अखंड सूक्ष्मतरंग समाकलन परिपथ (MMIC) चिप के संवेष्टन के विकास में कई नये पहलू सामने आये । तकनीकी विकास के साथ-साथ यांत्रिक संवेष्टन एवं संवेष्टन के अभिन्न घटक – वाहक पट्टी में भी कई प्रकार के परिवर्तन किये गये । अंतरिक्ष में उपग्रहों का सुगमता से संचालन करने में वाहक पट्टी की भूमिका अति महत्वपूर्ण है ।

इस तकनीकी लेख में वर्तमान एवं भविष्य के उपग्रह में वाहक पट्टी के लिये अब तक विकसित और विकसित की जानेवाली नई तकनीक का विस्तृत ब्यौरा दिया गया है ।

#### प्रस्तावना

वर्तमान में सामाजिक विकास के लिये उपग्रहों की अंतरिक्ष में उपस्थिति अपरिहार्य है । सुदूर संवेदी उपग्रहों का उपयोग प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंध, मानचित्रण इत्यादि के लिये किया जाता है, जब कि संचार उपग्रहों का उपयोग शिक्षा, स्वास्थ्य, संचार, दूरदर्शन जैसे सामाजिक विकास के महत्वपूर्ण क्षेत्रों में किया जा रहा है । चंद्रयान की सफलता से ग्रहीय अन्वेषण में भारत ने सफलतापूर्वक कदम रखा है । भारतीय ग्रहीय अन्वेषण का उद्देश्य अन्य ग्रहों पर जीवन एवं पानी के स्रोत की खोज, मानव बस्तियों का विकास एवं भारत की तकनीकी शक्ति का परिचय कराना है ।

एल्युमिनियम 6061-T6 की कम घनता एवं उत्तम यांत्रिक गुणवत्ता के कारण अंतरिक्ष उपयोग में संवेष्टन के लिये विशेषरूप से प्रयोग किया जाता है । अच्छी सुकरता, विमितीय स्थिरता, सामर्थ्य से वजन का उच्च अनुपात, उच्च उष्मा वहन क्षमता एवं संक्षारण प्रतिरोध क्षमता के कारण इस धातु की उपयोगिता बढ़ जाती है । किन्तु इसका उष्मीय प्रसरण गुणांक एल्युमिना सबस्ट्रेट से करीब-करीब चार गुना अधिक है । सीधे एल्युमिनियम संवेष्टन के साथ अगर सबस्ट्रेट को जोड़ा जाये तो उसमें उष्मीय प्रतिबल बढ़ जाता है, जिससे सबस्ट्रेट में दरार या जोड़ में वियोजन होने की संभावना है ।

सूक्ष्मतरंग समाकलन परिपथ (MIC) संचार उपग्रहों का एक महत्वपूर्ण घटक है । सूक्ष्मतरंग परिपथ एल्युमिना सबस्ट्रेट पर उत्कीर्ण किया जाता है । सूक्ष्मतरंग संवेष्टन के सज्जीकरण में सबस्ट्रेट का वाहक पट्टी पर जोड़ सबसे पहली आवश्यकता है । दो पदार्थों के जोड़ में यह देखना जरूरी है कि दोनों पदार्थों का उष्मीय प्रसरण गुणांक अनुरूप हो ।

#### वाहक पट्टी

विविध मापवाले सबस्ट्रेट को बिठाने के लिये, मुख्यतः निकल एवं कोबाल्ट के प्रभाववाली इस्पात की मिश्रधातु कोवार का उपयोग वाहक पट्टी के लिए किया जाता है । कोवार का प्रसरण गुणांक एल्युमिना के प्रसरण गुणांक के लगभग निकट है । जीओ-सेट कार्यक्रम के विभिन्न उपग्रहों में कोवार मिश्रधातु का उपयोग सफलतापूर्वक किया है । कोवार की मुख्य समस्या उसकी कम उष्मा वाहकता है । एल्युमिना (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) सबस्ट्रेट पर MIC परिपथ उत्कीर्ण किया जाता है । एल्युमिना

परम भंगुर सेरामिक पदार्थ है, जिसकी संरचना षटकोणीय संवृत संकुल स्फटिक जैसी है। सबस्ट्रेट को बिठाने के लिये वाहक पट्टी एक महत्वपूर्ण घटक है।

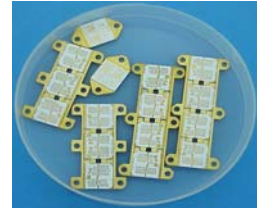
### वाहक पट्टी पदार्थ की आवश्यकताएँ

वाहक पट्टी के लिये उपयोगी पदार्थ में निम्नलिखित गुणधर्म इच्छनीय हैं।

- सबस्ट्रेट के अनुरूप उष्मीय प्रसरण गुणांक
- उच्च उष्मीय वाहकता (उष्मीय विसरण हेतु)
- निम्न घनत्व
- स्वर्ण लेपन (सबस्ट्रेट संयोजन हेतु)
- सरल प्रघाटन
- अच्छी सुकरता (Machinability)
- संक्षारण प्रतिरोध
- उष्मीय एवं यांत्रिक आवर्तन में स्थायीत्व
- गुणधर्म पुनरावर्तन

### वाहक पट्टी की अभिकल्पना

सबस्ट्रेट के आसंजन के लिये अवकाश अन्वायोजन जरूरी है। वाहक पट्टी का उपयोग एल्युमिना सबस्ट्रेट को आधार प्रदान करने के लिए होता है। एल्युमिना सबस्ट्रेट को आधार देनेवाले पदार्थ की मोटाई एक महत्वपूर्ण भूमिका अदा करती है। अगर आधार ज्यादा पतला हो तो प्रघाटन के समय उसमें मरोड़ विकसित हो सकता है। इससे पहले कोवार धातु की पट्टी पर एल्युमिना सबस्ट्रेट को पितलन द्वारा जोड़ने के प्रयास किये गये। कोवार पट्टी पर अंकन करके सबस्ट्रेट का सज्जीकरण किया गया। किन्तु अनियमित सोल्डर प्रवाह तथा परिशुद्ध संरेखण की कठिनाईयों का सामना करना पडा। विश्वसनीय परिशुद्ध संरेखण के अनुरक्षण के लिये एवं सोल्डर प्रवाह को रोकने के लिये, रिब की अभिकल्पना की गयी। यह रिब, सबस्ट्रेट को गाईड करती है एवं सोल्डर प्रवाह को फैलने से भी रोकती है। रिब की वजह से सोल्डर की मात्रा नियंत्रित की जा सकती है। रिब

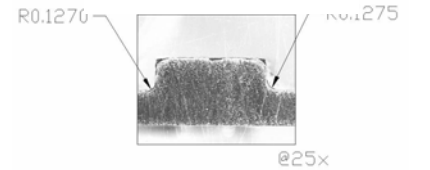


आकृति 1 वाहक पट्टी

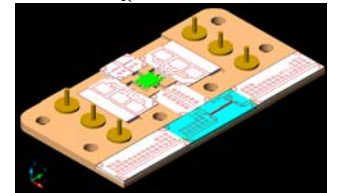
वाहक पट्टी को दृढता एवं विमितिय स्थिरता प्रदान करती है। रिब पर लेसर यंत्र द्वारा अनन्य एकरूप क्रमांक (UID) उत्कीर्ण किया जाता है, जिससे वाहक पट्टी का रेकोर्ड रखना आसान होता है।

वाहक पट्टी की अभिकल्पना में निर्माण एवं संयोजन हेतु अभिकल्पना का उपयोग किया गया। यंत्रकाट त्रुटि की वजह से उदभवित्र प्रतिबल का अभ्यास एवं वाहक पट्टीओं का सूक्ष्म छेदात्मक विश्लेषण किया गया।

आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक्स संवेष्टन की वाहक पट्टी को जिस पर MMIC चिप का इस्तमाल होता है, उसकी यांत्रिक अभिकल्पना एवं प्रघाटन की पद्धति में कई परिवर्तन किये गये। चिप के ग्राउन्डिंग की आवश्यकता को देखते हुए वाहक पट्टी पर चिप के आसंजन के लिये नई अभिकल्पना का विचार किया गया। सूक्ष्म अवलोकन



आकृति 2 वाहक पट्टी का सूक्ष्म छेदात्मक विश्लेषण



आकृति 3 अखंड सूक्ष्म समाकलन परिपथ (MMIC) वाहक पट्टी

से यह बात सामने आई की अखंड सूक्ष्म समाकलन परिपथ (MMIC)वाहक पट्टी की अभिकल्पना में पुरी सहिष्णुता प्रणाली बहुत महत्त्वपूर्ण भूमिका अदा करती है ।

### सबस्ट्रेट संयोजन

वाहक पट्टी के संयोजन में एल्युमिना सबस्ट्रेट को कोवार धातु के आधार पर 300<sup>0</sup> C तापमान तक गर्म करके **प्रीफोर्म** से बिठाया जाता है । संयोजन के दौरान **प्रीफोर्म** प्रवाही स्वरूप में परिवर्तित होता है और 280<sup>0</sup> C तापमान पर घनीकरण होता है ।

कोवार और एल्युमिना पदार्थों के अमीप प्रसरण गुणांक में थोड़ा अंतर होने की वजह से दोनों पदार्थों में विभिन्न विरूपण उत्पन्न होते हैं । वाहक पट्टी के कोने पर महत्तम कर्तन प्रतिबल उत्पन्न होता है । इस तापीय विरूपण की वजह से **किसी-किसी** वाहक पट्टी में मरोड़ पैदा होता है **एवं यह मरोड़ दिये गये भौमितिक सहिष्णुता से बढ जाता है** । यह प्रतिबल कई बार **सूक्ष्म दरार विकसित करता है या कभी-कभी सबस्ट्रेट को विभाजित कर देता है** । कोवार एवं एल्युमिना के अलग-अलग विरूपण दर की वजह से MIC सबस्ट्रेट में विकसित उष्णता तनाव का अभ्यास किया गया । कोवार वाहक पट्टी की मोटाई कम करने से सबस्ट्रेट पर स्थानांतरण होने वाले विरूपण को कम किया जा सकता है । इसके परिणामस्वरूप एल्युमिना सबस्ट्रेट में पैदा होने वाले उष्णता विरूपण **को कम किया जा** सकता है । कोवार धातु, **अच्छे सामर्थ्य** (Strength) और तन्यता (Ductivity) की वजह से वह तूटे बगैर उच्च विरूपण दर **सह** सकता है ।

### इलेक्ट्रोनिक्स यांत्रिक संगतता (Electro-Mechanical Compatibility)

इलेक्ट्रोनिक्स यांत्रिक संगतता **एक प्रभावशाली तकनीक है जिसका उपयोग अंतिम सज्जीकरण के दौरान आनेवाले समस्याओं को टालने के लिये होता है** । संवेष्टन में सभी पुर्जों का योग्य संरक्षण एवं उनके बीच अवकाश प्रतिपादन करना आवश्यक है । सभी पुर्जों की भौमितिक सहिष्णुता अलग-अलग होने के कारण एवं जटिल, परिधकी और यथार्थ संयोजन के लिये संगतता जाँच **जरूरी** है । संगतता अंतिम संयोजन पूर्व, संयोजन आलेखन के अनुसार की जानेवाला पूर्व संयोजन पद है । संगतता का उद्देश्य है कि कम से कम प्रतिक्रिया और वियोजन के साथ समाकलता को जाँचना ।

**घटकों का मरोड़ रहित तथा प्रतिबल रहित सज्जीकरण हेतु वाहक पट्टी के अनुरूप सबस्ट्रेट के साथ संगतता जाँच की जाती है ।**

### वाहक पट्टी के वैकल्पिक पदार्थ

वर्तमान वर्षों में अंतरिक्ष विज्ञान में संमिश्रित पदार्थों की भूमिका बहुत ही महत्त्वपूर्ण है । सूक्ष्मतरंग समाकलन परिपथ संवेष्टन में धातु आधात्री संमिश्र एक उमदा वैकल्पिक पदार्थ हो सकता है । यह इलेक्ट्रोनिक्स-यांत्रिक गुणधर्म का अद्वितीय संयोजन प्रदान करता है, जैसे कि उच्च उष्मीय एवं विद्युत वाहकता, निम्न एवं नियंत्रित उष्मीय प्रसरण गुणांक, **निम्न घनता**, सरल आकार में निम्न परिव्यय, इत्यादि । पदार्थ के आलोचनात्मक गुणधर्म की जानकारी निम्नलिखित तालिका-1 में दी गई है ।

तालिका-1 पदार्थ के आलोचनात्मक गुणधर्म

| पदार्थ          | प्रमाण              | घनता<br>ग्राम/से.मी. घन | उष्मीय प्रसरण गुणांक<br>x10 <sup>-6</sup> /K | उष्मीय संवाहकता W/m K |
|-----------------|---------------------|-------------------------|--|-----------------------|
| Cu-Mo           | Mo + 15-20 % Cu     | 10.0                    | 7.0 to 8.0                                   | 160 to 170            |
| Cu-W            | W + 15-20 % Cu      | 15-17                   | 6.5 to 8.3                                   | 180 to 200            |
| Al-SiC(MMC)     | Al + 50 to 60 % SiC | 3.0                     | 6.5 to 9.0                                   | 160                   |
| इन्वार + सिल्वर | इन्वार + 39% Ag     | 8.77                    | 6.2-7.2                                      | 110-160               |
| कोवार + सिल्वर  | कोवार + 28% Ag      | 8.8                     |  |                       |

इलेक्ट्रॉनिक्स संवेष्टन की घनता की निरंतर वृद्धि उष्मीय प्रबंधन पदार्थ के आविष्कार के लिये जवाबदार है ।

Cu-Mo, Cu-W जैसे पदार्थ उष्मीय वाहकता तथा प्रसरण गुणांक की आवश्यकता की पूर्ति करते हैं किन्तु उच्च घनता तथा उच्च यंत्रकाट परिव्यय जैसी मर्यादा विनियोग में बाधक है । Al-SiC कम घनत्व एवं उष्मीय वहन में अधिक प्रभावी होने के बावजूद कार्बाईड की चरम कठोरता रुढ़ (Conventional) यंत्रकाट पद्धति के नियंत्रण को मुश्किल बनाता है ।

इन पदार्थों के विश्वसनीय लेपन के लिये एल्युमिनियम की अविरत सतह अनिवार्य है । हाल ही में, पावडर स्प्रे पद्धति से निर्मित Al-Si पदार्थ जो कम घनत्व तथा आसान यंत्रकाट गुणधर्मों की वजह से आनेवाले वर्षों में प्रभावशाली पदार्थ के रूप में माना जायेगा ।

### सिल्वार

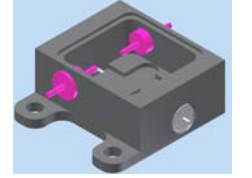
कोवार पदार्थ के विकल्प में, प्राथमिक अभ्यास के बाद, सिल्वार संमिश्र धातु का परीक्षण किया गया । परीक्षण नमूनों के निरीक्षण के बाद वाहक पट्टी का निर्माण किया गया । स्वर्ण लेपन के बाद सबस्ट्रेट संयोजन भी किया गया । इलेक्ट्रॉनिक्स परीक्षण के परिणाम काफी उत्साहवर्धक रहे । S-बैंड बहुद्वार प्रवर्धक, Ka-बैंड प्रवर्धक जैसे मोड्युल का निर्माण किया गया ।



आकृति 4 S-बैंड बहुद्वार प्रवर्धक (सिल्वार वाहक पट्टी )

### कुछ नये आयाम

- आकृति में दिखाया गया संवेष्टन C-बैंड LNA है । इस संवेष्टन में वाहक पट्टी का उपयोग न करते हुए सीधे कोवार धातु से ही संवेष्टन का निर्माण किया गया । इस नई तकनीक से सबस्ट्रेट को संवेष्टन के साथ पितलन किया जा सकता है एवं इस संवेष्टन को प्रतिरोध वेल्डन से वायुरुद्ध किया जा सकता है ।
- V एवं W बैंड संवेष्टन निर्माण में कम जाड़ाईवाली ड्युरोइड सबस्ट्रेट का उपयोग होता है, जिसको यांत्रिक आधार देने के लिये एल्युमिनियम वाहक पट्टी का उपयोग किया गया है ।
- दाब ढलाई, दाब रहित अंतःस्यंदन, केसिका प्रेरित अंतःस्यंदन कार्य पद्धति वास्तविक आकार घटकों के निर्माण हेतु उपलब्ध है । किन्तु यह मार्ग एक जैसे घटकों के बृहद संख्या में निर्माण के लिये लागत सार्थक है ।
- TMM पदार्थ के गुणधर्म से यह अनुमान लगा सकते हैं कि यह कोवार- एल्युमिना संयोजन का अच्छा विकल्प बन सकता है । हाइड्रो-कार्बन थर्मोसेट प्लास्टिक (सेरामिक पूरक) से बना यह पदार्थ नियत परावैद्युतांक, निम्न व्यय तथा उमदा तापीय स्थिरता प्रदान करता है । 100 W शक्ति प्रवर्धक संवेष्टन में TMM 10 का उपयोग किया गया है ।
- MIC-MMIC चिप का कोवार संवेष्टन के साथ प्रत्यक्ष संयोजन, अंतरा-पृष्ठ को नाबूद करते हुए ग्राउन्डिंग तथा वैद्युत कार्य सिद्धि में सुधार लाता है । यह तकनीक उच्च आवृत्ति बैंड तथा लघुरूप संवेष्टन के निर्माण में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती है ।



आकृति 5 C-बैंड LNA (कोवार संवेष्टन)

## निष्कर्ष

जीओ-सैट संचार नीतभार में संयोजित विविध प्रणाली और उपप्रणालीओं में वाहक पट्टी एक अभिन्न अंग है। तकनीकी विकास के साथ साथ वाहक पट्टी में कई प्रकार के परिवर्तन किये गये। उच्च शक्ति सामर्थ्य एवं आवृत्ति की आवश्यकता को पूर्ण करने हेतु वाहक पट्टी के लिये तकनीकी विकास के साथ साथ नये पदार्थों का प्रक्रमण, संविरचन एवं उत्पादन हेतु संभावनाओं की तलाश और प्रयास हमारे आनेवाले संचार उपग्रहों के लिए जारी है।

## आभार

इस लेख को लिखने की प्रेरणा एवं मार्गदर्शन के लिए हमारे केन्द्र के निर्देशक महोदय डॉ. आर. आर. नवलगुंद, सहकारी निर्देशक महोदय श्री किरनकुमार, श्री डी. सुब्रहमन्यम, श्री एच. आर. कंसारा, हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यों एवं हमारे सह कर्मचारी गण के आभारी है।

## संदर्भ सूची

1. आनंद पाठक, आशिष सोनी और आर. जी. निपाने " अखंड सुक्ष्मतरंग संवेष्टन का कार्यान्वयन" (सितम्बर- 2005)
2. आशिष सोनी, आर.जी. निपाने और आनंद पाठक, जीओ-सैट संचार नीतभार संवेष्टन में इलेक्ट्रॉनिक्स यांत्रिक संगतता का महत्त्व एवं आवश्यकता (जनवरी-2002)
3. माइकल पेच्ट : "हैंडबुक ऑफ इलेक्ट्रानिक्स पैकेज डिजाइन मार्शल डेक्कर इन., न्यूयार्क (1991)





## जी सेट 10 नीतभार के स्विच ब्रेकेट का निम्न द्रव्यमान हेतु इष्टतमीकरण( Optimization)

पुरुषोत्तम गुप्ता, वैज्ञानिक/अभियंता एसएफ

एस.टी.ए.डी / एस .टी .ए .जी

pgupta@sac.isro.gov.in

### सारांश

उपग्रह प्रमोचन की लागत उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर करती है। अतः उपग्रह और उसमें प्रयुक्त नीतभारों के द्रव्यमान को इष्टतमीकृत किया जाता है। इष्टतमीकरण के द्वारा हम नीतभारों का अभिकल्पन इस प्रकार करते हैं कि नीतभार कम से कम द्रव्यमान में अपना कार्य संतोषजनक रूप से सम्पन्न कर सकें। द्रव्यमान को न्यून करने की विधियों में मजबूत व अपेक्षाकृत कम घनत्व वाले पदार्थों का उपयोग एवं इष्टतमीकृत अभिकल्पन शामिल हैं। संरचना विश्लेषण द्वारा नीतभारों के द्रव्यमान को इष्टतमीकृत किया जाता है। प्रस्तुत लेख में जी-सेट 10 उपग्रह के नीतभार में प्रयुक्त स्विच ब्रेकेट की इष्टतमीकरण विधि पर विचार किया गया है।

### 1. प्रस्तावना

जी सेट 10 उपग्रह के नीतभार में इलेक्ट्रॉनिक स्विचों को जड़ित करने हेतु, कुल 20 ब्रेकेट का उपयोग किया जाना है। प्रत्येक ब्रेकेट पर 3 स्विचों को जड़ित किया गया है। एक स्विच का द्रव्यमान 300 ग्राम है। ब्रेकेट को एल्युमिनम धातु 6061 T 6 द्वारा निर्मित किया गया है। स्विच ब्रेकेट सज्जीकरण) Assembly) को 3.2 मिमी के आठ बोल्टों द्वारा उपग्रह के फलक पर जड़ित किया गया है।

### 2. द्रव्यमान के लिए इष्टतमीकरण

किसी संरचना का इष्टतमीकृत द्रव्यमान, वह निम्नतम द्रव्यमान है जिससे कि संरचना को निर्माण करके संतोषजनक रूप से कार्य लिया जा सके। इसमें संरचना पर उसके जीवनकाल के दौरान प्रयुक्त बलों की प्रतिरोधक क्षमता भी शामिल है।

### 3. इष्टतमीकरण की प्रक्रिया

प्राथमिक अभिकल्पन : संरचना विश्लेषण के मूलभूत सिद्धांतों के आधार पर प्राथमिक अभिकल्पन तैयार किया जाता है। इस गणना में अभिकल्पन में प्रयुक्त पदार्थ के गुणधर्म, संरचना का रेखाचित्र और संरचना पर उसके जीवनकाल में लगने वाले बलों का उपयोग किया जाता है।

#### 3.1 प्राथमिक अभिकल्पन का सीमित अवयव तकनीक द्वारा संरचना विश्लेषण

##### 3.1.1 संरचना विश्लेषण

उपग्रहों में प्रयुक्त नीतभारों पर निर्माण, परिवहन, प्रक्षेपण व कक्षा में भ्रमण के दौरान विभिन्न प्रकार के बल लगते हैं। नीतभारों को निर्मित करने से पूर्व इनका संरचना विश्लेषण किया जाता है। संरचना विश्लेषण द्वारा हम किसी संरचना में उसके कार्यकाल में लगने वाले बलों से उत्पन्न प्रतिबलों और विकृतियों की गणना करते हैं। इस गणना से हम यह पूर्वानुमान लगा

सकते हैं कि निर्माण के बाद संरचना संतोषजनक रूप से कार्य कर सकेगी अथवा नहीं। इस प्रकार हम संरचना के विकास की अवधि और धन की बचत कर सकते हैं।

### 3.1.2 सीमित अवयव तकनीक

संरचना विश्लेषण सीमित अवयव तकनीक द्वारा किया गया। इस तकनीक द्वारा जटिल संरचनाओं का विश्लेषण संख्यात्मक विधियों (numerical methods) द्वारा किया जाता है। सर्वप्रथम विश्लेषण की जाने वाली संरचना को एक निश्चित संख्या के अवयवों में विभक्त किया जाता है। इन अवयवों के गुण पूर्व में ज्ञात कर लिए जाते हैं। इस प्रकार संपूर्ण संरचना का एक गणितीय प्रतिमान (Mathematical model) आव्यूह के रूप में उपलब्ध होता है। इस गणितीय प्रतिमान को विभिन्न प्रकार की भार स्थितियों और सीमा अवस्थाओं (boundary conditions) के साथ हल किया जाता है। इसके द्वारा हमें संरचना में विकृतियों और प्रतिबलों का मान प्राप्त होता है। कंप्यूटरों द्वारा आव्यूह का हल निकालना व अन्य गणनाएं करणों आसान होता है। अतः सीमित अवयव विधि प्रचलित एवं लागत प्रभावी बन गई है। संरचना विश्लेषण के लिए निसा-III/डिस्प्ले-III एवं नास्ट्रान/पेट्रान सॉफ्टवेयरों का उपयोग किया गया।

### 3.1.3 पदार्थ के यांत्रिक गुणधर्म

| पदार्थ                 | यंग मापांक<br>(कि.ग्रा/वर्ग<br>मि.मी.) | घनत्व | स्थैतिक झुकाव<br>बिंदु<br>(कि.ग्रा/वर्ग<br>मि.मी.) | चरम तनन सामर्थ्य<br>(कि.ग्रा/वर्ग मि.मी.) |
|------------------------|--|-------|--|---|
| इस्पात 304A            | 2100                                   | 7.8   | 21   | 51  |
| एल्युमिनियम<br>6061-T6 | 7000                                   | 2.7   | 18   | 28  |
| मेग्नेशियम<br>zk61A    | 4500                                   | 1.7   | 18   | 27  |

### 3.1.4 वातावरणीय बल

स्विच ब्रेकेट के अभिकल्पन हेतु प्रयुक्त कंपन बल -

1. प्राकृतिक आवृत्ति 100 हर्टज से अधिक
2. ज्यावक्रीय कंपन - (sine vibration)

| स्थापन समतल के लम्बवत |             | स्थापन समतल के समानांतर |             |
|-----------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| आवृत्ति (हर्टज)       | स्तर        | आवृत्ति (हर्टज)         | स्तर        |
| 5-20                  | 12.4 मि.मी. | 5-18                    | 11.5 मि.मी. |
| 20-70                 | 20 जी       | 18-70                   | 15 जी       |
| 70-100                | 10 जी       | 70-100                  | 8 जी        |

### 3. यादृच्छिक कंपन (random vibration)

| स्थापन समतल के लम्बवत |                            | स्थापन समतल के समानांतर |                            |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| आवृत्ति (हर्टज)       | स्तर                       | आवृत्ति (हर्टज)         | स्तर                       |
| 20-100                | 3 डीबी/अष्टक               | 20-100                  | 3 डीबी/अष्टक               |
| 100-700               | 0.33जी <sup>2</sup> /हर्टज | 100-700                 | 0.1 जी <sup>2</sup> /हर्टज |
| 700-2000              | -6 डीबी/अष्टक              | 700-2000                | -3 डीबी/अष्टक              |
| समग्र जी              | 19.1 जी                    | समग्र जी                | 11.8 जी                    |

#### 3.1.5 सीमित अवयव प्रतिमान

इलेक्ट्रॉनिक स्विच की द्रढता) Rigidity) ब्रेकेट की अपेक्षा अत्याधिक है। इसलिए स्विच के द्रव्यमान को एक षट्फलक) box) के रूप में प्रतिरूपित किया गया। षट्फलक और स्विच के बाहरी मापों को समान रखा गया। प्रतिमान को जड़ित सीमा अवस्थाओं के साथ हल किया गया। प्रतिमान में पट्टसीपी (plate shell) अवयवों का उपयोग किया गया। इसमें कुल अवयवों की संख्या 2511 है।

#### 3.1.6 प्राथमिक अभिकल्पन की संरचना विश्लेषण के परिणाम

प्राकृतिक आवृत्ति

|         |           |                                       |
|---------|-----------|---------------------------------------|
| प्रथम   | 153 हर्टज | आधार दीवार का X अक्ष की धूरी पर घुमाव |
| द्वितीय | 252 हर्टज | आधार दीवार का Z अक्ष की धूरी पर घुमाव |
| तृतीय   | 305 हर्टज | आधार दीवार का Z अक्ष की धूरी पर घुमाव |

अधिकतम प्रतिबल : 6 किलोग्राम / वर्ग मि.मी.

अधिकतम झुकाव : 1मि.मी.

#### 4. इष्टतमीकृत संरचना का अभिकल्पन:

प्राथमिक अभिकल्पन की संरचना विश्लेषण के परिणामों द्वारा यह निष्कर्ष निकलता है कि स्विच ब्रेकेट की आधार दीवार का विरूपण संरचना के अन्य अवयवों की अपेक्षा अधिक है। अतः संशोधित अभिकल्पन में इस दीवार को उर्ध्व व अनुप्रस्थ शहतीरों द्वारा मजबूत बनाया गया। शहतीरों की आरंभिक अभिकल्पन की मोटाई 1 मि.मो.ली गई। इस संशोधित यांत्रिक अभिकल्पन को पुनः विश्लेषित किया गया। पुनरावृत्ति क्रमांक 1 (तालिका 1 (में इसके परिणाम दर्शाए गए हैं। प्राप्त परिणामों द्वारा यह

ज्ञात होता है कि शहतीर वाली संशोधित संरचना का द्रव्यमान जहां प्राथमिक अभिकल्पन से केवल 10 ग्राम अधिक है वहीं संशोधित संरचना की प्रथम प्राकृतिक आवृत्ति 153 हर्टज से बढ़कर 178 हर्टज हो गई।

तालिका 1

#### 4.1 इष्टतमीकरण की पुनरावृत्तियों के परिणाम -

| पुनरावृत्ति क्रमांक | उर्ध्व पट्टिका (मि.मी.) | आधार पट्टिका (मि.मी.) |     |     | उर्ध्व शहतीर (मि.मी.) | अनुप्रस्थ शहतीर (मि.मी.) | आवृत्ति (हर्टज) |     |     | कुल द्रव्यमान (कि.ग्राम) | ब्रेकेट का द्रव्यमान (ग्राम) |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|-----|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----|-----|--------------------------|------------------------------|
|                     |                         |                       |     |     |                       |                          |                 |     |     |                          |                              |
| 1                   | 3.0                     | 4.0                   |     |     | 1.0                   | 1.0                      | 178             | 286 | 350 | 1.222                    | 322                          |
| 2                   | 1.0                     | 4.0                   |     |     | 1.0                   | 1.0                      | 82              | 138 | 164 | 1.116                    | 216                          |
| 3                   | 1.5                     | 2.0                   |     |     | 3.0                   | 1.0                      | 147             | 258 | 315 | 1.108                    | 208                          |
| 4                   | 1.5                     | 2.0                   |     |     | 3.0                   | 3.0                      | 163             | 268 | 340 | 1.124                    | 224                          |
| 5                   | 1.5                     | 2.0                   | 3.0 | 2.0 | 3.0                   | 3.0                      | 175             | 280 | 358 | 1.132                    | 232                          |
| 6                   | 1.5                     | 2.0                   | 3.0 | 3.0 | 3.0                   | 3.0                      | 193             | 313 | 372 | 1.136                    | 236                          |
| 7                   | 1.5                     | 1.5                   | 3.0 | 3.0 | 1.0                   | 3.0                      | 181             | 287 | 321 | 1.112                    | 212                          |
| 8                   | 1.5                     | 1.5                   | 3.0 | 3.0 | 0.1                   | 3.0                      | 161             | 219 | 257 | 1.10                     | 200                          |
| 9                   | 1.5                     | 1.5                   | 3.0 | 3.0 | 3                     | 0.1                      | 105             | 115 | 202 | 1.082                    | 182                          |

अंतिम पुनरावृत्ति ( क्रमांक 7 उपरोक्त तालिका से) कोर संधि (hinged) सीमा अवस्थाओं के साथ

|    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| 10 | 1.5 | 1.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 167 | 269 | 319 | 1.112 | 212 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|

संरचना विश्लेषण के विकृति उर्जा चित्र) strain energy plot) द्वारा ज्ञात हुआ कि आधार पट्टिका) Base plate) और दीवार पर विकृति उर्जा अपेक्षाकृत न्यून है। अतः संरचना विश्लेषण की अगली आवृत्तियों में इन अवयवों को मोटाई को कम किया गया।

इसी प्रकार संरचना के अन्य अवयवों की मोटाई की, प्राकृतिक आवृत्ति के प्रति संवेदनशीलता) sensitivity) निकाली गई और अंतिम इष्टतमीकृत अभिकल्पन तैयार किया गया। इसे संशोधित अभिकल्पन तालिका में दर्शाया गया है।

#### 4.2 इष्टतमीकृत अभिकल्पन की संरचना विश्लेषण के परिणाम:

प्राकृतिक आवृत्ति

|         |           |                                       |
|---------|-----------|---------------------------------------|
| प्रथम   | 167 हर्टज | आधार दीवार का X अक्ष की धूरी पर घुमाव |
| द्वितीय | 263 हर्टज | आधार दीवार का Z अक्ष की धूरी पर घुमाव |
| तृतीय   | 319 हर्टज | आधार दीवार का Z अक्ष की धूरी पर घुमाव |

अधिकतम प्रतिबल :8 किलोग्राम प्रति वर्ग मि.मी.

अधिकतम झुकाव :1 मि.मी.

प्राथमिक व इष्टतमीकृत अभिकल्पन की संरचना विश्लेषण के परिणामों की तुलनात्मक तालिका:

|                           | प्राथमिक अभिकल्पन             | इष्टतमीकृत अभिकल्पन           |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| प्राकृतिक आवृत्ति) हर्टज( | 153, 252, 305                 | 178, 286, 350                 |
| अधिकतम प्रतिबल            | 6 किलोग्राम प्रति वर्ग मि.मी. | 8 किलोग्राम प्रति वर्ग मि.मी. |
| अधिकतम झुकाव              | 1 मि.मी.                      | 1 मि.मी.                      |
| द्रव्यमान                 | 313 ग्राम                     | 212 ग्राम                     |

उपरोक्त परिणामों से यह स्पष्ट है कि इष्टतमीकरण द्वारा ब्रेकेट के द्रव्यमान में कार्यक्षमता को प्रभावित किए बिना 101 ग्राम को कमी की जा सकती है। जी-सेट 10 उपग्रह में इस प्रकार के 20 ब्रेकेट उपयोग में लिए जाने वाले हैं। अतः नीतभार के द्रव्यमान में कुल 2020 ग्राम की कमी हुई है।

#### 5. निष्कर्ष:

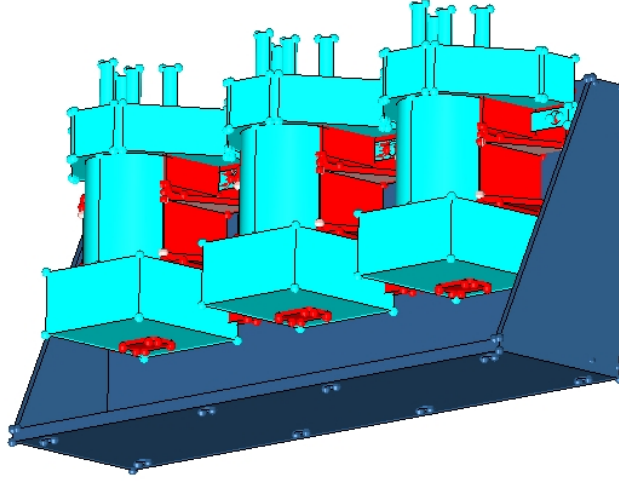
संरचना विश्लेषण के द्वारा नीतभारों की सुरक्षा व कार्यक्षमता को प्रभावित किये बिना इनके द्रव्यमान में कमी की जा सकती है। द्रव्यमान में हुई इस कमी का लाभ उपग्रह में और अधिक वैज्ञानिक उपकरण स्थापित करके लिया जा सकता है।

## 6. आभार:

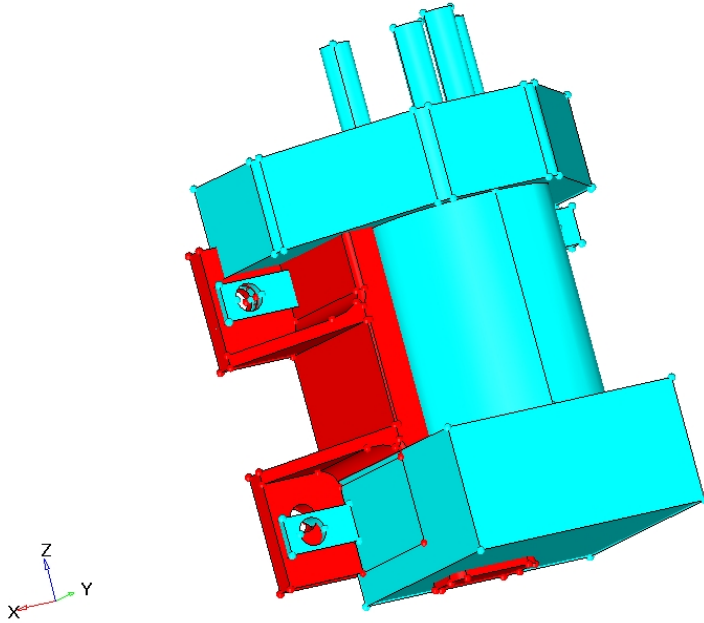
इस लेख को लिखने की प्रेरणा हेतु मैं, प्रभाग प्रधान, एस, टी .ए .डी का, संरचना विश्लेषण के लिए रेखाचित्र और आंकड़े उपलब्ध कराने के लिए श्री .विनोद शिंघाडिया व उनके सहयोगियों का तथा सुंदर एवं त्रुटिहीन टंकण हेतु हिंदी कक्ष का आभारी हूँ।

## 7. संदर्भ सूची:

1. रिपोर्ट ओन स्ट्रक्चरल एनेलिसिस ओफ स्विच ब्रेकेट असेम्बली फार जी सेट 10 प्रोजेक्ट, डाक्युमेन्ट नं . SAC/MESA/STAG/STAD/STR/2010/03, 10/12/2010.
2. पुरुषोत्तम गुप्ता एवं डा .पी .वी .बी .ए .एस . सर्मा, नीतभारों का प्रघात बल के लिए संरचना विश्लेषण, अंतर केंद्रीय हिन्दी सेमीनार, द्रव नोदन प्रणाली केन्द्र, वलियामाला, 2010.

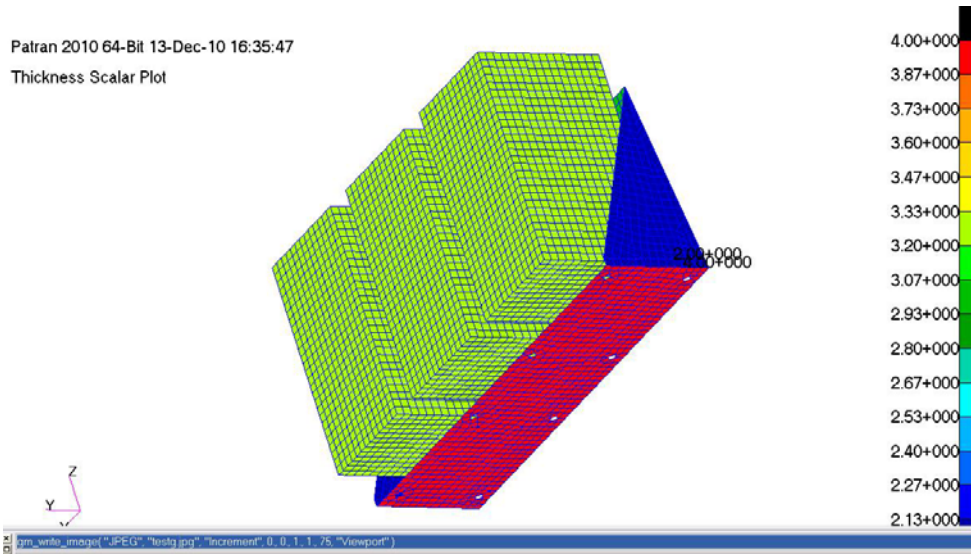


स्विच ब्रेकेट सज्जीकरण का त्रिआयामी चित्र



एक स्विच का त्रिआयामी चित्र

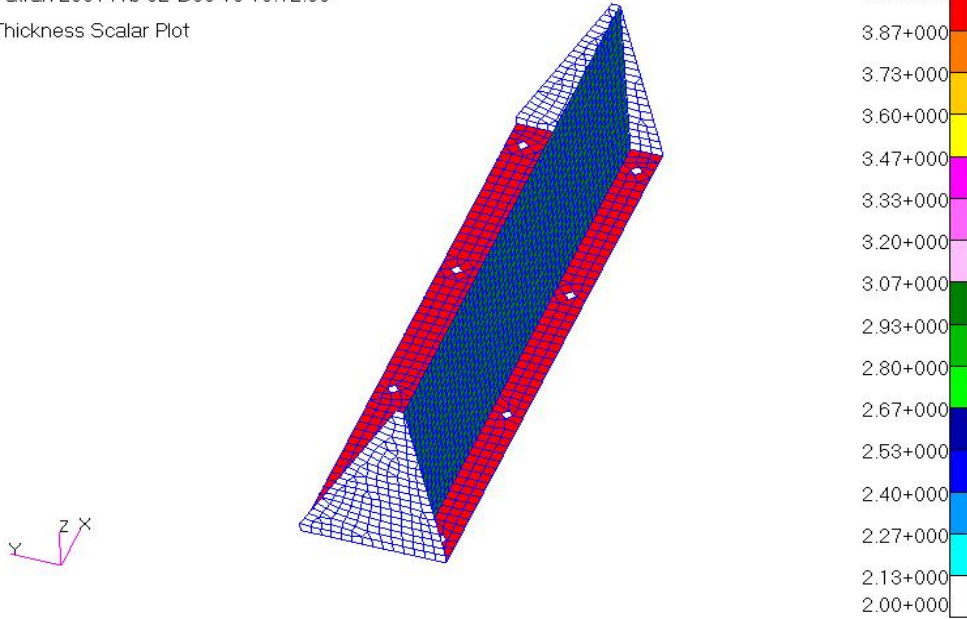
Patran 2010 64-Bit 13-Dec-10 16:35:47  
Thickness Scalar Plot



स्विच ब्रेकेट का प्राथमिक अभिकल्पन

स्विच ब्रेकेट सज्जीकरण का सीमित अवयव प्रतिमान

Patran 2007 r1b 02-Dec-10 10:12:06  
Thickness Scalar Plot

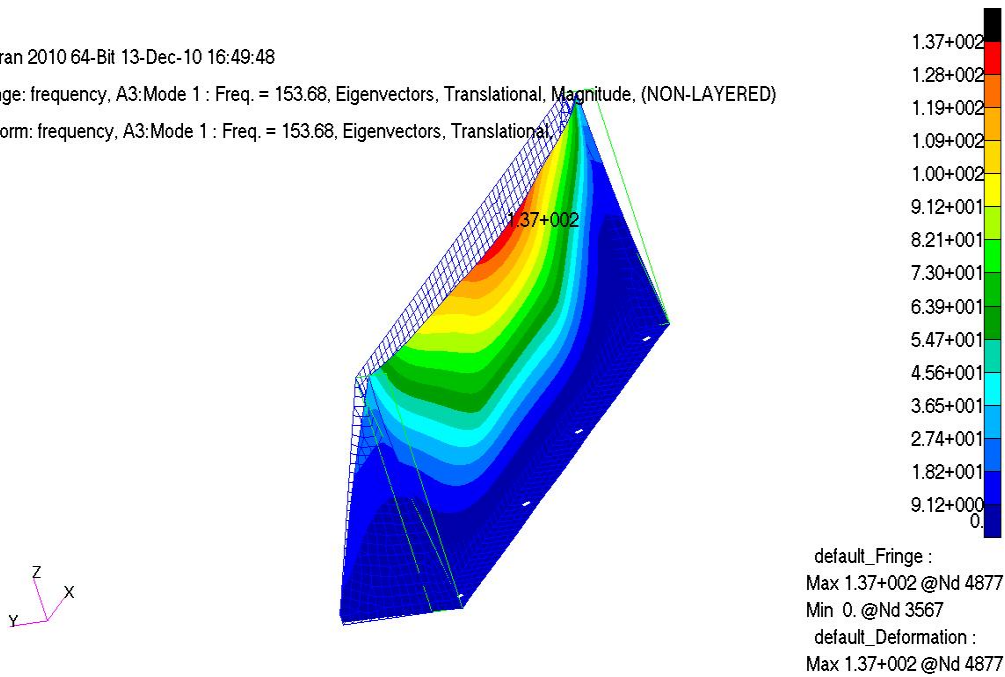


**स्विच ब्रेकेट का सीमित अवयव प्रतिमान (प्राथमिक अभिकल्पन)**

Patran 2010 64-Bit 13-Dec-10 16:49:48

Fringe: frequency, A3:Mode 1 : Freq. = 153.68, Eigenvectors, Translational, Magnitude, (NON-LAYERED)

Deform: frequency, A3:Mode 1 : Freq. = 153.68, Eigenvectors, Translational



default\_Fringe :  
Max 1.37+002 @Nd 4877  
Min 0. @Nd 3567  
default\_Deformation :  
Max 1.37+002 @Nd 4877

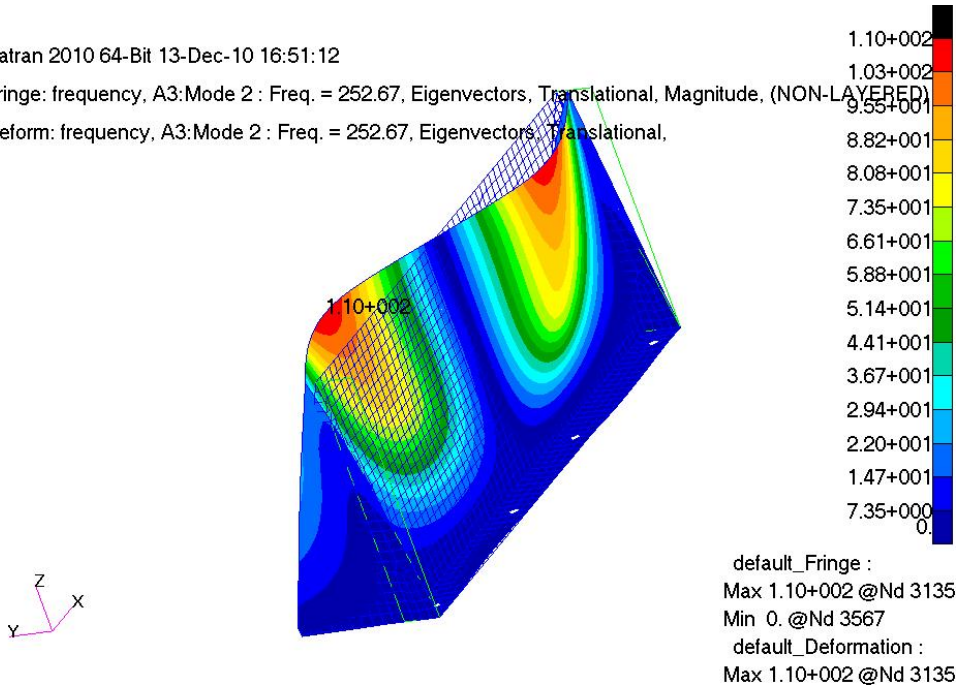
स्विच ब्रेकेट की प्रथम प्राकृतिक आवृत्ति : 153 हर्टज



Patran 2010 64-Bit 13-Dec-10 16:51:12

Fringe: frequency, A3:Mode 2 : Freq. = 252.67, Eigenvectors, Translational, Magnitude, (NON-LAYERED)

Deform: frequency, A3:Mode 2 : Freq. = 252.67, Eigenvectors, Translational,

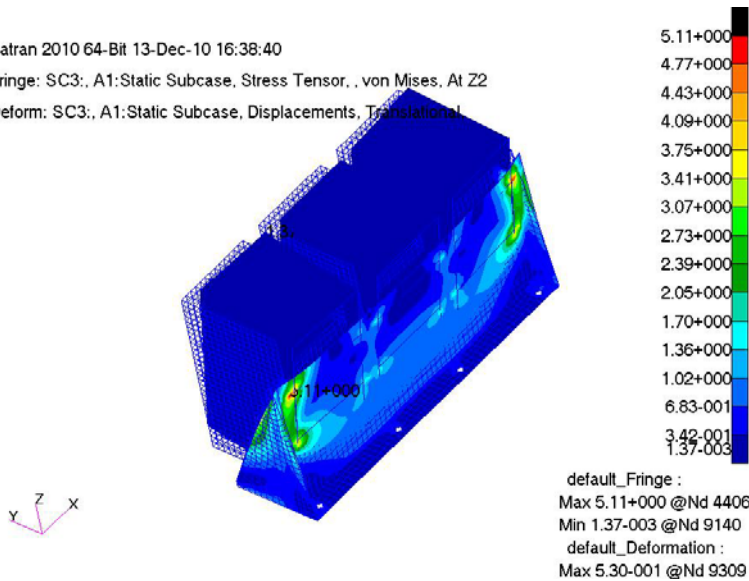


स्विच ब्रेकेट की द्वितीय प्राकृतिक आवृत्ति : 253 हर्टज

Patran 2010 64-Bit 13-Dec-10 16:38:40

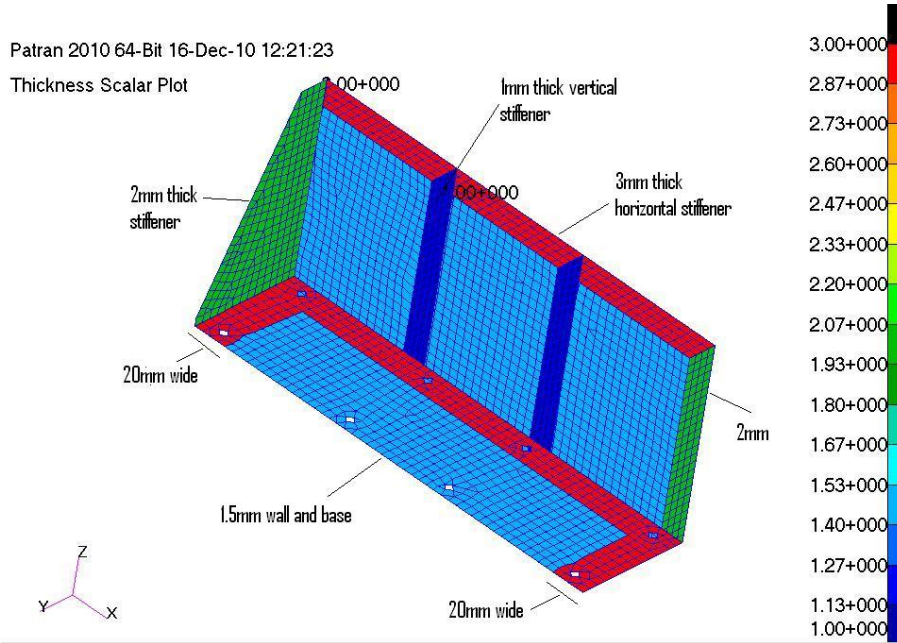
Fringe: SC3:, A1:Static Subcase, Stress Tensor, , von Mises, At Z2

Deform: SC3:, A1:Static Subcase, Displacements, Translational

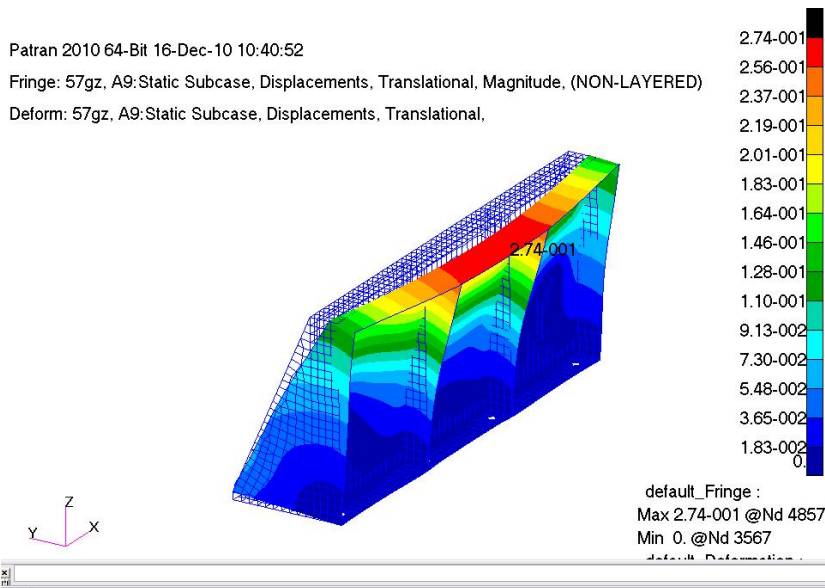


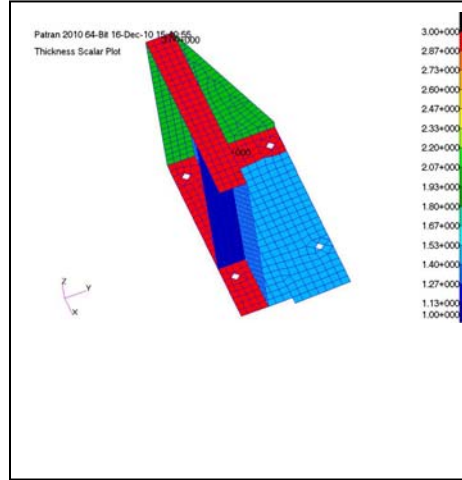
स्विच ब्रेकेट सज्जीकरण पर जड़त्व बलो से उत्पन्न प्रतिबलों का समोच्च नक्शा

## स्विच ब्रेकेट का इष्टतमीकृत अभिकल्पन

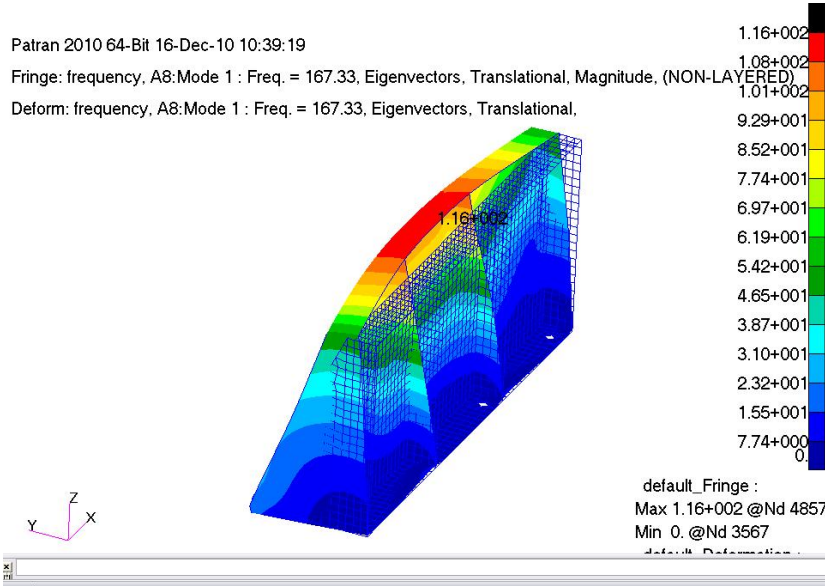


### स्विच ब्रेकेट के इष्टतमीकृत अभिकल्पन का सीमित अवयव प्रतिमान





इष्टतमीकृत अभिकल्पन पर जड़त्व बलों से उत्पन्न झुकाव का समोच्च नक्शा



इष्टतमीकृत अभिकल्पन की प्रथम प्राकृतिक आवृत्ति 16 हर्टज



## सी - बैंड 12 चैनल आउटपुट (निर्गत) बहुसंकेतक समुच्चय के तापीय संरचनात्मक विश्लेषण (Thermo-Structural Analysis of C-Band 12-Channel Output DR Multiplexer Assembly)

राकेश. आर. भावसार<sup>1</sup> / प्रशांतो दास<sup>2</sup> / योवन दवे<sup>3</sup>  
एस. टी. ए. जी<sup>12</sup>/एम. ई. एस. ए- सी. एस. एम. जी.<sup>3</sup> / एम. ई. एस. ए  
दूरभास 3932 / 3933 /5145

### सारांश (Abstract)

जी-सेट 10 संचार उपग्रह में सी-बैंड की 12 चैनल आउटपुट बहुसंकेतक (Multiplexer) प्रणालीको स्वदेशी तरीके से साकार किया गया है। संचार उपग्रह के सामान्य प्रचालन के लिए यह प्रणाली का अबाधित प्रचालन अपेक्षित है। "डाइ-इलेक्ट्रिक अनुनादक" इस प्रणाली का मुख्य घटक है और उसके सामान्य प्रचालन के लिए उसका तापीय नियंत्रण 200° से. तक सिमीत रखना है। "डाइ-इलेक्ट्रिक अनुनादक" को इपोटेक आसंजक से आबंध किया गया है। यह आबंधन प्रक्षयण भार और विभिन्न परिस्थिति में उत्पन्न तापीय भार में सुरक्षित रहना आवश्यक है। इस पेपर में तापीय और तापीय-संरचनात्मक विश्लेषण और उनसे प्राप्त परिणाम को विस्तृत तरीके से प्रस्तुत किया गया है। संपूर्ण समुच्चय का विश्लेषण करके डिजाइन वैधिकृतता (design validation) का अभ्यास किया गया है। यह विश्लेषण विधि सुस्थापित है और ईसरो के भविष्य के उपग्रह और अंतराग्रहीय अभियान में भी इस्तेमाल होती रहेगी।

### परिचय (Introduction)

आउटपुट बहुसंकेतक समुच्चय (Assembly) (संदर्भ - छबि-1) संचार उपग्रहों में ट्रांसपोडर (प्रेषानुकर) का एक महत्वपूर्ण घटक है। इसका मुख्य उद्देश्य, प्रेषण होनेवाले विभिन्न सिग्नलो को एक सूत्रीय दंड में संयुक्त करना है। यह कार्य डाइ-इलेक्ट्रिक अनुनादक से हाँसिल किया जाता है। डाइ-इलेक्ट्रिक अनुनादक को आयामहासी आयातकार गुहा में रखा जाता है (संदर्भ - छबि-2)। यह उन्नत प्रौद्योगिकी के इस्तेमाल से समग्र बहुसंकेतक प्रणाली : सुसंहित, उपयोग में अतिसरल और उसका प्रसामान्य निष्पादन, अधिक तापीय परिस्थिति से भी स्थायी रहता है।

डाइ-इलेक्ट्रिक अनुनादक उप-समुच्चय के मुख्य तीन उप-घटक है (1) डाइ-इलेक्ट्रिक अनुनादक (2) कॉवार पेडेस्टल (मंच) (3) एलुमिना सिलिंडर क्लोक (संदर्भ - छबि-4)। यह घटको एक दूसरे से इपोटेक नामक आसंजक से जोडे गये है। यह इपोटेक आसंजक के स्तर की मोटाई सिर्फ 0.1मि.मी ही है। यह डाइ-इलेक्ट्रिक अनुनादक उप-समुच्चय, एलुमिनियम मिश्र धातु से बनाये गये पेकेज में रखे गये है। यह प्रणालीमें, जब सुक्ष्मतरंग उर्जा का वहन होता है तब साथ में उर्जा का क्षय होता है। यह उर्जा का क्षय, तापीय उर्जा में रूपांतरण हो जाता है, जिससे उर्जा वहन करते घटको का तापमान बढ़ जाता है। तापीय विश्लेषण से हरेक घटक में संभवित तापमान का अनुमान किया जाता है (संदर्भ - छबि-10)।

जब कि तापीय-संरचनात्मक (Thermo-structural) विश्लेषण से अनुमानित तापमान पर प्रत्येक घटक में उत्पन्न प्रतिबल,(Stress) विकृति(Strain) और विस्थापन(Dispalcement) का अनुमान किया जाता है । यह विश्लेषण का मुख्य उद्देश्य संरचनात्मक डिज़ाइन को वैधिकृत करना है कि सभी घटक सुरक्षित है या नहीं?

### संरचनात्मक विश्लेषण और तापीय संरचनात्मक विश्लेषण (Structural & Thermo-Structural Analysis)

बहुसंकेतक समुच्चय का संरचनात्मक विश्लेषण, परिमिति अवयव (फाईनाईट एलीमेन्ट) विधि से किया गया है । संरचनात्मक डिज़ाइन को वैधिकृत करने के लिए तीन प्रकार के विश्लेषण किये गये है (1) स्थैतिक विश्लेषण (Static Analysis) (2) उष्माप्रत्यस्थिता विश्लेषण / तापीय संरचनात्मक विश्लेषण और (3) प्राकृतिक आवृत्ति निर्धारण विश्लेषण (Normal Mode Analysis) प्रस्तुत पेपर मे **सिर्फ तापीय संरचनात्मक** की विगतें सामिल की गइ है ।

फाईनाईट एलीमेन्ट विधि के अनुसार बहुसंकेतक समुच्चय के प्रत्येक घटक को अतिसुक्ष्म घटकों में विभाजित किया गया है (संदर्भ - छबि-3,5)। तापीय विश्लेषण से प्रत्येक घटक में तापमान के वितरण को **तालिका-1** में दिखाया गया है । काँवार पेडेस्टल के आरोपण स्थान में विस्थापक परिसीमाय शर्त (Dispalcement Boundary Condition) लागू किया गया है । यह परिस्थिति में स्थानिक विश्लेषण किया गया, जीसके फल स्वरुप उत्पन्न प्रतिबल और विस्थापन का अनुमान कर लिया गया, जो **तालिका - 2** में प्रस्तुत किये गये है ।

स्थानिय तापीय विश्लेषण : इस समग्र प्रणाली (समुच्चय) का तापीय विश्लेषण दो अलग अलग परिस्थितियों के लिए किया गया है 1. OOB (आउट ओफ बैंड) 2. Band Centre (बैंड सेंटर)

OOB परिस्थिति में उर्जा क्षय (**संदर्भ तालिका - 1**) अधिक होने पर प्रणाली के घटकों का तापमान अधिक मात्रा में बढ़ जाता है । घटक अनुसार तापमान की मात्रा परिणाम **तालिका - 2** में प्रस्तुत है । इसी प्रकार BC (बैंड सेंटर) परिस्थिति के लिए भी तापीय विश्लेषण करके, प्रत्येक घटक में तापमान की मात्रा का अनुमान किया गया है ।

### तापीय संरचनात्मक विश्लेषण (Thermo-Structural Analysis):

इन दोनों भिन्न परिस्थितियां में मिले अनुमानित तापमान को इनपुट लेकर संरचनात्मक विश्लेषण किया गया है। यह विश्लेषण फाईनाईट एलीमेन्ट्स विधि के अनुसार किया गया है । संरचनात्मक विश्लेषण मुख्यतः परावैध्युतीय अनुनादक और ईपोटेक स्तर पर केन्द्रित किया गया है, क्योकि यही दोनो घटक में तापीय भार से उत्पन्न प्रतिबल और विस्थापन, पूरी प्रणाली के सफल उपयोग में अहम भूमिका अदा करते है (संदर्भ - छबि-8 और 9) ।

संरचनात्मक विश्लेषण से अनुमानित परिणाम **तालिका - 3** में प्रस्तुत किये गये है ।

तालिका:1

| परिस्थिति         | उर्जा क्षय<br>(वाॅट) | तापमान सीमा<br>(° से.) |
|-------------------|----------------------|------------------------|
| आउट ओफ बैंड (OOB) | 487.30               | 200                    |
| बैंड सेन्टर (BC)  | 82.982               | 200                    |

तालिका:2- घटक अनुसार तापीय पुर्वानुमान

| घटक                    | परिस्थिति           |                     |
|------------------------|---------------------|---------------------|
|                        | आउट ओफ बैंड (° से.) | बैंड सेन्टर (° से.) |
| डाईलेक्ट्रोनिक अनुनादक | 204 to 160          | 98 to 82            |
| इपोटेक आसंजक           | 160                 | 82                  |
| एल्युमिना ब्लोक        | 160 to 137          | 81 to 77            |
| इपोटेक आसंजक           | 137                 | 77                  |
| क्लोक पेडस्टल          | 137 to 116          | 76 to 73            |

तालिका:3-घटक अनुसार पुर्वानुमान प्रतिबल और विस्थापन मूल्य

| घटक                    | परिस्थिति                               |                          |   |                          |
|------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|
|                        | आउट ओफ बैंड (° से.)                     |                          | बैंड सेन्टर (° से.)                     |                          |
|                        | प्रतिबल<br>(कीग्रा/मि.मी <sup>2</sup> ) | विस्थापन<br>(माईक्रोन्स) | प्रतिबल<br>(कीग्रा/मि.मी <sup>2</sup> ) | विस्थापन<br>(माईक्रोन्स) |
| डाईलेक्ट्रोनिक अनुनादक | 2.28                                    | 22.8                     | 1.05                                    | 10.0                     |
| इपोटेक आसंजक           | 3.19                                    | 8.40                     | 1.48                                    | 3.72                     |
| एल्युमिना ब्लोक        | 3.20                                    | 7.30                     | 1.50                                    | 3.40                     |
| इपोटेक ब्लोक आसंजक     | 2.88                                    | 3.56                     | 1.44                                    | 1.77                     |
| क्लोक पेडस्टल          | 6.50                                    | 3.38                     | 8.80                                    | 1.90                     |

### निष्कर्ष (Conclusions)

पूर्वानुमित प्राकृतिक आवृत्ति : 392 Hz  
निर्धारित प्राकृतिक आवृत्ति > 100 Hz

नट-बोल्ट में महत्व प्रतिबल मात्रा 13.4 कीग्रा/मि.मी<sup>2</sup>  
इस मात्रा के लिए सभी नट-बोल्ट सुरक्षित है ।

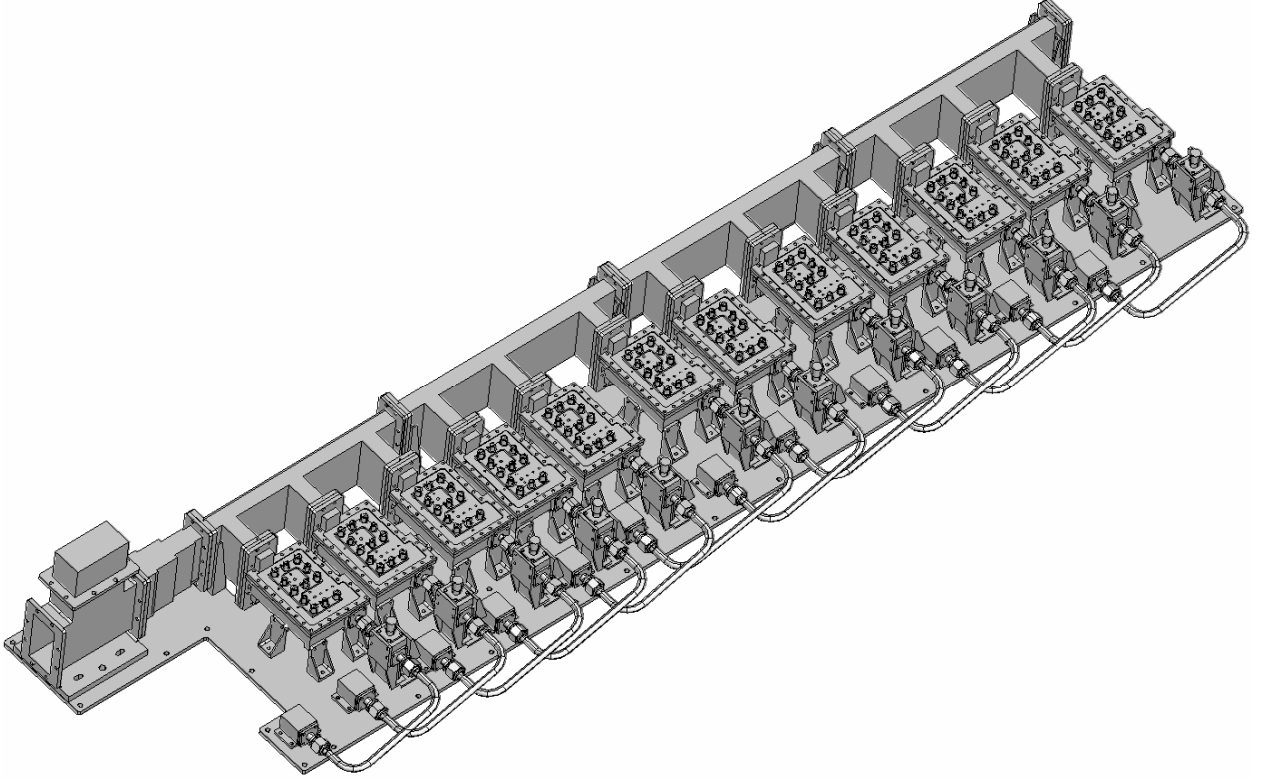
पूर्वानुमान वाद्वच्छिक अनुक्रिया

61.3 grms - डाईलेक्ट्रिक अनुनादक ओर इपोटेक स्तर में महत्व प्रतिबल 0.6 (कीग्रा/मि.मी<sup>2</sup>) इस मात्रा के लिए सभी घटक सुरक्षित है ।

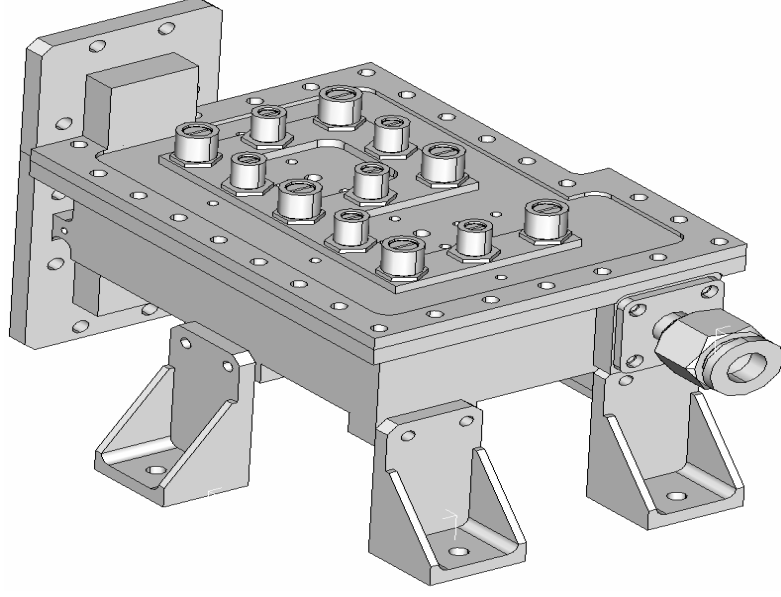
तापीय संरचना विश्लेषण पूर्वानुमान (Thermo-Structural Analysis Prediction)

प्रतिबल मात्रा : इपोटेक स्तर में  $3.2$  कीग्रा/मि.मी<sup>2</sup> आउट ओफ बैंड परिस्थिति में प्रतिबल की यह मात्रा इपोटेक के सुक्ष्मघर्षण अपरूपण सामर्थ्य से अधिक है, जिस में प्रणाली सुरक्षित नहीं है ।  
बैंड सेंटर परिस्थिति में इपोटेक स्तर में प्रतिबल की मात्रा  $1.6$  कीग्रा/मि.मी<sup>2</sup>, जिस में प्रणाली सुरक्षित है ।

यह विश्लेषण से पूर्वानुमान किया जाता है कि यह डिज़ाइन आउट ओफ बैंड परिस्थिति में नाकामियाब हो सकती है ।

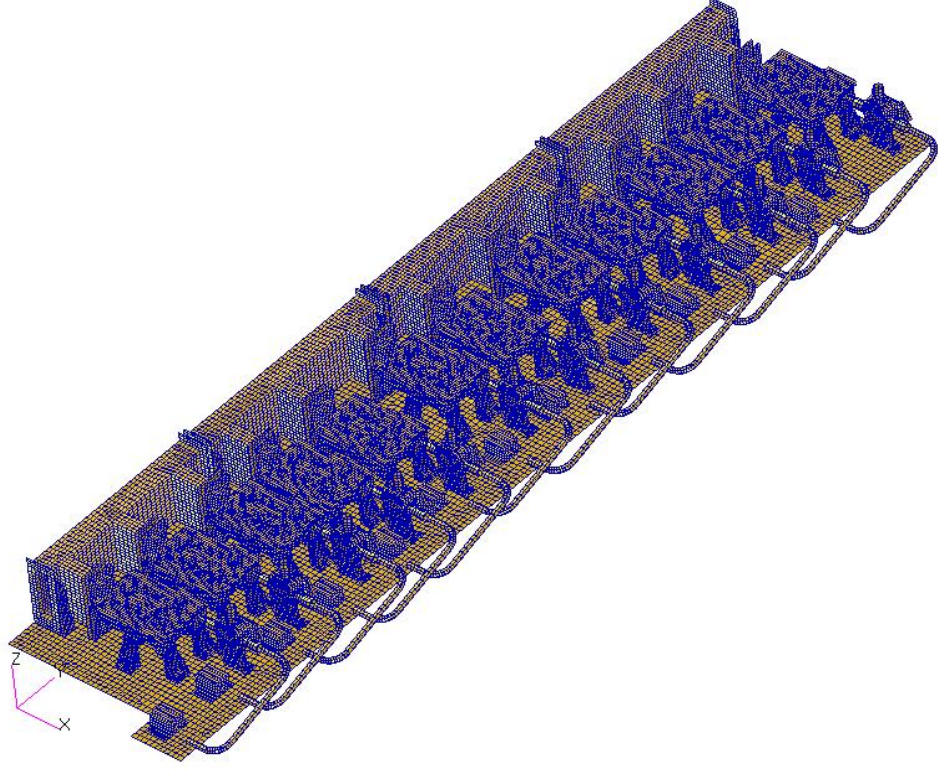


छवि : 1 बहुसंकेतक समुच्चय की रचना

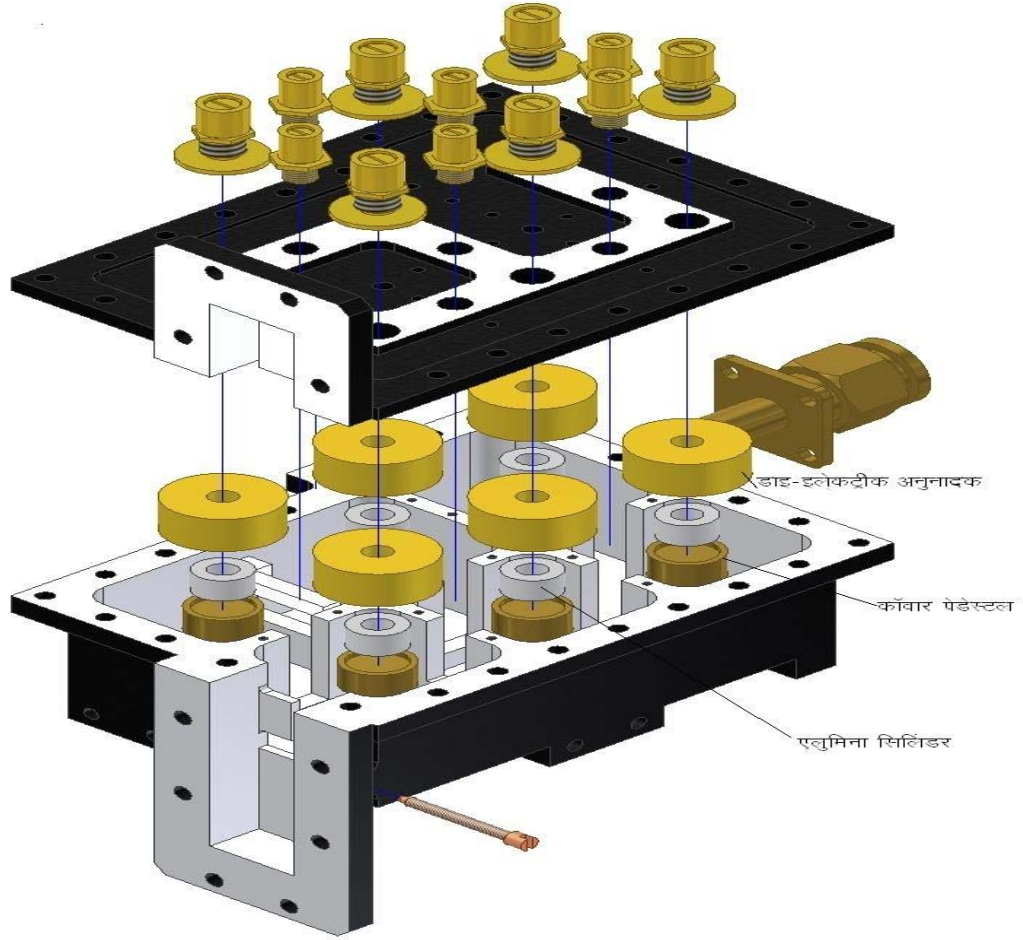


छबि : 2 एल्युमिनियम पेकेज रचना

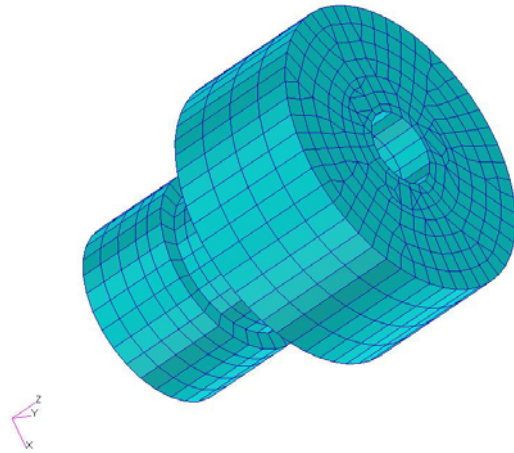




छबि : 3 बहुसंकेतक समुच्चय का फाईनाईट एलीमेन्ट्स मॉडल (119187 एलीमेन्ट्स)



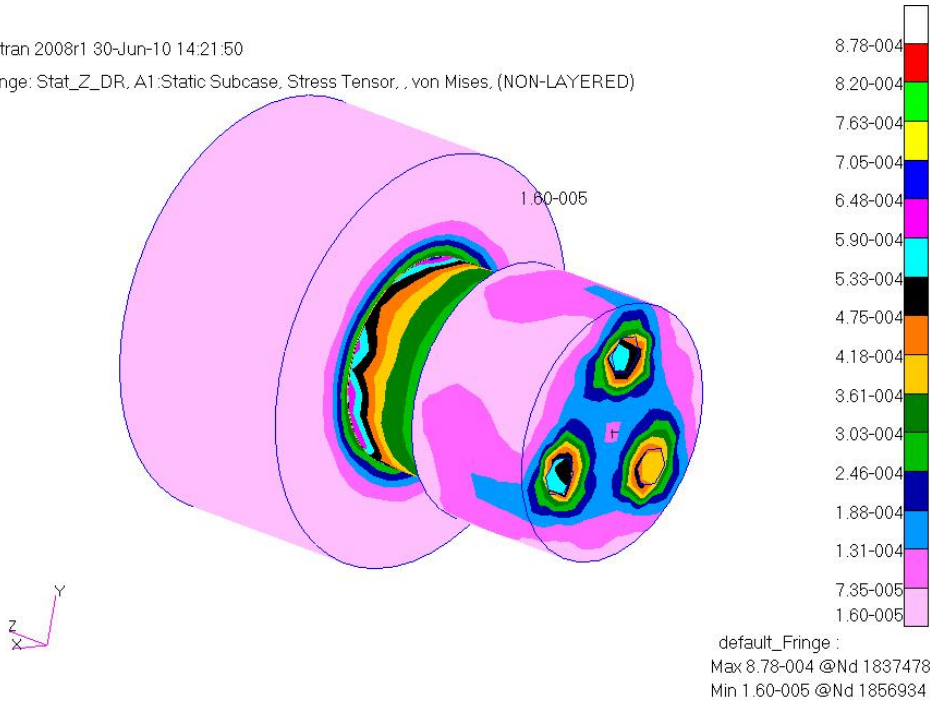
छबि : 4 बहुसंकेतक समुच्चय घटको का व्यवस्थापन छबि



छबि : 5 डाइ-इलेक्ट्रीक अनुनादक उप-समुच्चय का फाईनर्राईट एलीमेन्टस मॉडल (2243 एलीमेन्टस)

Patran 2008r1 30-Jun-10 14:21:50

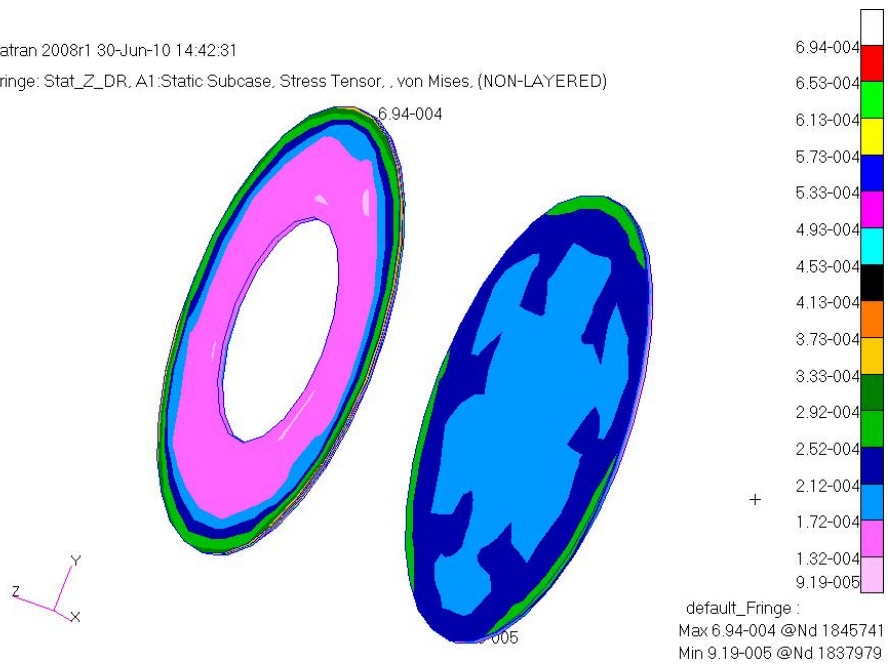
Fringe: Stat\_Z\_DR, A1:Static Subcase, Stress Tensor, , von Mises, (NON-LAYERED)



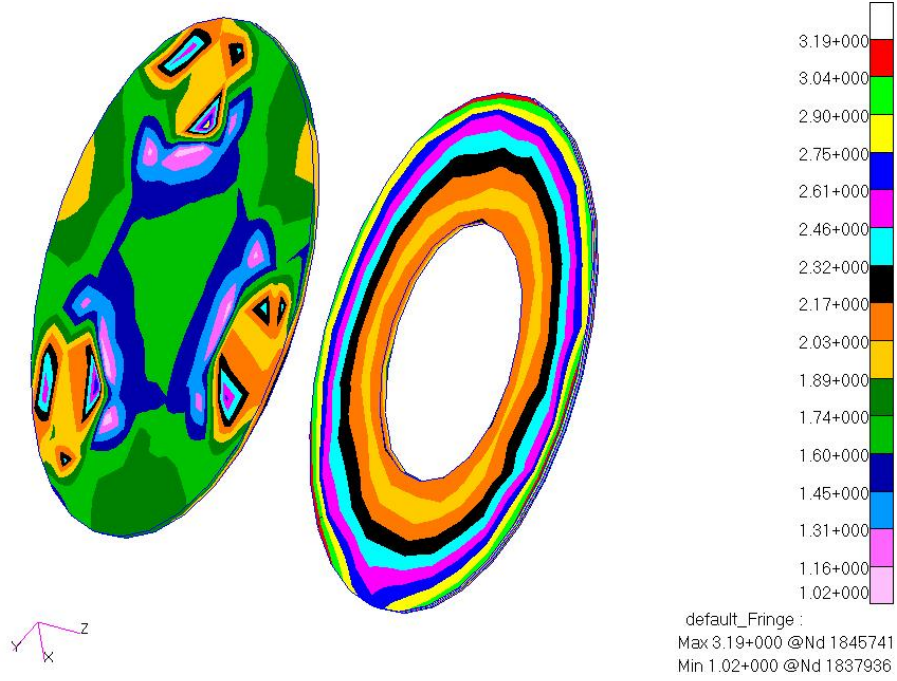
छवि : 6 1 g जडत्व भार पर उत्पन्न प्रतिबल

Patran 2008r1 30-Jun-10 14:42:31

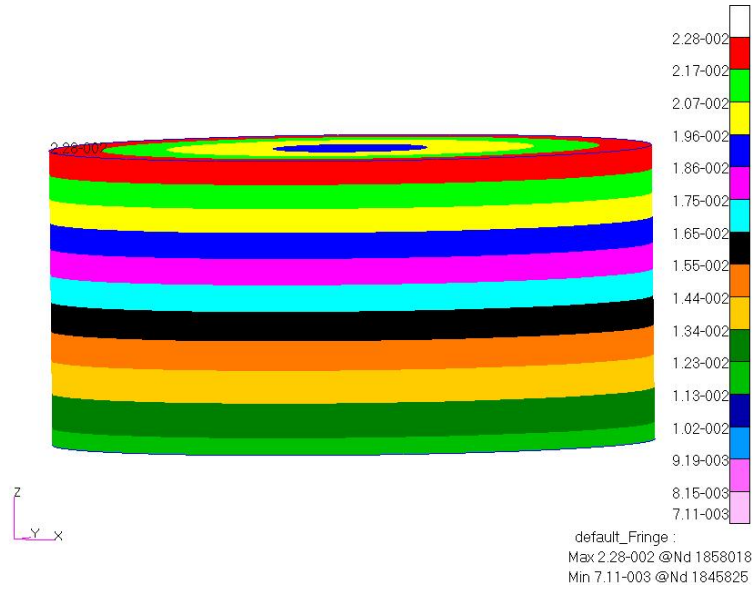
Fringe: Stat\_Z\_DR, A1:Static Subcase, Stress Tensor, , von Mises, (NON-LAYERED)



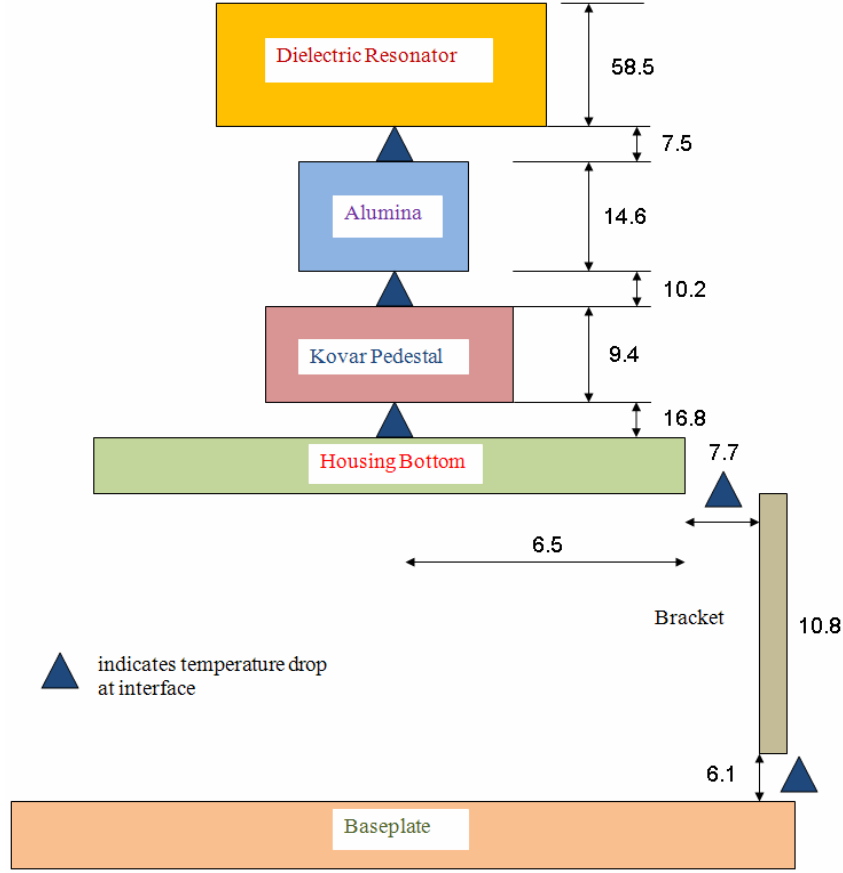
छवि : 7 1 g जडत्व भार पर इपोटेक स्तर में उत्पन्न प्रतिबल



छबि 8 तापीय भार से इपोटेक स्तर में उत्पन्न प्रतिबल (आउट ओफ बैंड परिस्थिति)



छबि - 9 तापीय भार से डाइ-इलेक्ट्रीक अनुनादक में उत्पन्न प्रतिबल (आउट ओफ बैंड परिस्थिति)



छबि - 10 तापमान वितरण (आउट ओफ बैंड परिस्थिति)

**संदर्भ (Reference):**

संरचनात्मक विश्लेषण रीपोर्ट नंबर : सैक / एम. ई. एस . ए / एस. टी. ए. जी / एस. टी. ए. डी. / एस . टी / 2010 / 02 : रचयिता : आर. आर. भावसार, अभियंता

तापीय विश्लेषण रीपोर्ट नंबर : सैक / एम. ई. एस . ए / एस. टी. ए. जी / एस. टी. ए. डी. / टी. एच / 2010 / 05 : रचयिता : प्रशांतो दास तथा के. के. बराया, अभियंता.

सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के. जे. बाथे, प्रेटिस हाल इंडिया, नई दिल्ली 1997।

स्पंदन की बुनियादी बातें, एल. मीरोविच, मैक. ग्रा हिल, सिंगापुर, 2001।



## उन्नत उपग्रहों के इलेक्ट्रानिकी संविचरन में केबल संयोजन तकनीक के नए आयाम

दिनेश अग्रवाल, वसंत पटेल

पीएक्सवीएफ एवं ईएफएफ, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र

### प्रस्तावना

इस लेख में लेखकगण ने अनुनादक (रेसोनेटर) हेतु आवश्यक अवयव क्रॉस पिन, उच्च शक्तिवर्धक प्रवर्धक हेतु बैलून एवं मल्टीफ्लेक्स केबिल 141 के संविचरन पर प्रकाश डाला है। इससे बहुमूल्य विदेशी मुद्रा की भी काफी बचत हुई है। साथ ही चिप ऑन बोर्ड जोकि उपग्रह इलेक्ट्रानिकी संविचरन में भविष्य में महत्वपूर्ण अवयव होगा, की चर्चा की है।

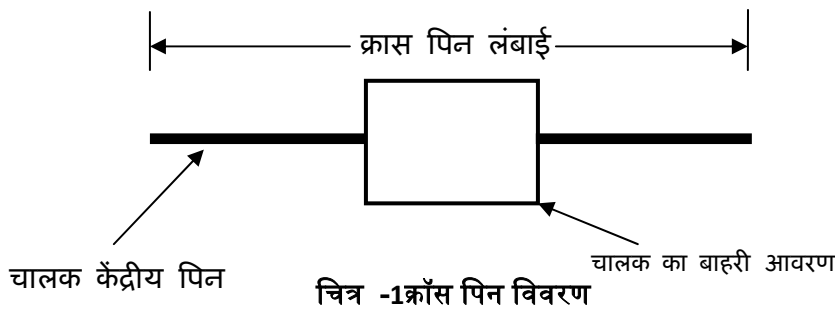
संचार उपग्रह इलेक्ट्रानिक नीतभार निर्माण में मुख्य रूप से दो घटक होते हैं 1) मुद्रित परिपथ अवयव संयोजन 2) सूक्ष्म तरंगीय एकीकृत परिपथ संयोजन मिक परिपथ। दूर संवेदी उपग्रह में प्रमुख रूप से मुद्रित परिपथ अवयव संयोजन होता है। रडार प्रतिबिंबक उपग्रह में प्रमुख रूप से टाइल का संयोजन होता है।

उच्च विभेदन क्षमता वाले मौसम जानकारी उपग्रह में मदर बोर्ड -डॉटर बोर्ड पद्धति में पैकेज को संयोजित किया है। इन सभी के संविचरन, संयोजन के लिए आवश्यकताएं जैसे-

1. स्वच्छ रूम (अ)मुद्रित परिपथ अवयव संयोजन  
(आ) मिक परिपथ संयोजन
2. स्थिर विद्युत विसर्जन (ESD) सावधानियां
3. आवश्यक पदार्थ एवं औजार
4. आरोहण एवं संयोजन हेतु विभिन्न अनुमोदित तकनीकें
5. लोकल पांटिंग एवं पोलीयूरेथिन लेपन
6. विकिरण (रेडिएशन) से बचाव हेतु सुरक्षा कवच
7. लचीले एवं अर्ध-दृढ़ रेडियो आवृत्ति केबिल समुच्चयन (flexible and Semi-rigid cable)

सभी प्रकार के उपग्रहों हेतु केबल समुच्चयन बहुत ही आवश्यक प्रक्रिया है। इस लेख में लेखकगण ने इस संदर्भ में अभिकल्पनानुसार केबिल संयोजन की तकनीकों के विस का विवरण दिया है। सभी प्रक्रियाएं बहुत सारे नमूनों को तैयार करने के पश्चात् गुणवत्ता की कसौटी पर खरी उतरी हैं और परीक्षणों के पश्चात् अनुप्रमाणित की गई हैं।

**(1) क्रॉस पिन-** इस अवयव का उपयोग भू-तुल्यकाली उपग्रह 6, 8, 10 (GSAT-6, 8, 10) में किया गया है। यह 0.141" पिन अर्ध-दृढ़ केबल से बनता है जिसका उपयोग आसन्न रिज़ोनेटर (डीआर 2-एवं डीआर) (5के बीच क्रॉस युग्मन उपलब्ध कराने के लिए किया जाता है। इसका बाह्य व्यास 3.6मिमी एवं आंतरिक व्यास 0.9मिमी होता है। इसको अनुमोदित आरेखानुसार संविचरित किया गया है। चित्र ए 1में दर्शाए अनुसार क्रॉस पिन लंबाई केंद्र चालक पिन के एक सिरे से दूसरे सिरे तक नापी जाती है।





क्रास पिन को बनाने हेतु 0.141" अर्ध-दृढ़ रेडियो आवृत्ति केबल के बाहरी जैकेट को दूर कर पिन ली जाती है। फिर ड्रिल मशीन एवं कटर की सहायता से 3 मिमी की बिड तैयार की जाती है। उसके पश्चात् पिन को बिड में घुसेड़कर प्रवेशित किया जाता है। यह सभी कार्य डिज़ाइनर के आवश्यकतानुसार लंबाई लेकर होता है। फिर एरल्डाइट (आसंजक) को बिड के दोनों ओर लगाकर स्थापित करते हैं।

### **बाह्य युग्मन**

ये बाह्य संसार एवं फिल्टर के बीच के युग्मन हैं। इन्हें चित्र में लाल गोल धब्बे से दर्शाया गया है। इन्हें इनपुट एवं आउटपुट युग्मन के नाम से नामित किया गया है जिसे एसएमए कनेक्टर का उपयोग कर अभिलक्षित किया गया है।

### **क्रॉस युग्मन**

ये अ-आसन्न रिज़ोनेटर के बीच के युग्मन हैं। इन्हें चित्र में काले गोल धब्बे से दर्शाया गया है। ये रिज़ोनेटर 2-एवं रिज़ोनेटर 5-के बीच में होते हैं, जिसे क्रॉस पिन का उपयोग कर अभिलक्षित किया जाता है तथा रिज़ोनेटर 6 एवं रिज़ोनेटर 9 के बीच टनेबल क्रॉस आइरिस का उपयोग कर अभिलक्षित किया जाता है।

### **अंतर रिज़ोनेटर युग्मन**

ये दो रिज़ोनेटर के बीच के युग्मन हैं। इन्हें टनेबल आइरिस के द्वारा अभिलक्षित किया जाता है। इन्हें चित्र में नीले गोल धब्बे से दर्शाया गया है। ये युग्मन क्रॉस पिन की उपस्थिति में अभिलक्षित होते हैं।

युग्मनों को दो भागों में अभिलक्षित किया जाता है -पहले हम इनपुट युग्मनों GD<sub>0125</sub> वाली प्रोब क्रॉस युग्मन के साथ ग्रुप डिले मूल्य GD<sub>01</sub> से GD<sub>56</sub> तत्पश्चात् आउटपुट भाग के युग्मनों GD<sub>691011</sub> वाली आइरिस क्रॉस युग्मन के साथ ग्रुप डिले मूल्य GD<sub>1011</sub> से GD<sub>67</sub> को अभिलक्षित करते हैं।

सभी युग्मनों को परावर्तन ग्रुप डिले विधि से अभिलक्षित करने के पश्चात्, हम फिल्टर को ट्यून करते हैं।

### **क्रास पिन का उपयोग**

स्वदेशी एवं स्व विकसित तकनीक से बने हुए क्रास पिनो को क्रास कपलिंग के रूप में उपयोग किया जाता है। जिससे ऋणात्मक जीरो उत्पन्न कर फलन अंतर को नगण्य किया जाता है।

### **(2) उच्च शक्ति वर्धक (एसएसपीए) 100 वाट शक्ति हेतु अर्ध दृढ़ रेडियो आवृत्ति केबिल समुच्चयन एवं संयोजन**

यह विधि ऑनबोर्ड इलेक्ट्रानिकी प्रवर्धक में बैलुन जैसे अवयव निर्माण के लिए अभिकल्पनानुसार विकसित की गई है। यह 100 वाट एसएसपीए उच्च ऊर्जा यूएचएफ एसएसपीए के लिए है। सबसे पहले केबिल को (अर्ध दृढ़ रेडियो आवृत्ति केबिल) सीधा करने वाले टूल से सीधा कर उष्मीय चक्रन के लिए भेज दिया जाता है। पश्चात् ड्राइंग के अनुसार टेम्प्लेट (साँचा) बनाए जाते हैं

। फिर केबिल को उष्मीय चक्रन के पश्चात् टेम्प्लेट के अनुसार मोड़ा जाता है। केबिल को अभिकल्पित आवश्यकतानुसार मोड़ने हेतु काफी मशक्कत करनी पड़ी। काफी विचार-विमर्श एवं नई सोच के पश्चात् विद्यमान टूल एवं हस्तकला का उपयोग कर संभव किया गया। पश्चात् पुनः उष्मीय चक्रन करते हैं। यह ध्यान रखने योग्य है कि प्रत्येक प्रक्रिया के पश्चात् दृश्य जाँच की जाती है और निर्धारित मापदंड के अनुसार प्राचल पाए जाने पर आगे की

प्रक्रिया करते हैं। अब केबिल के बाहरी आवरण को केबिल छोलक औजार से अलग करते हैं। सफाई के पश्चात् केंद्रीय चालक व बाहरी आवरण को निर्धारित परिपथानुसार सोल्डर करते हैं।

प्रक्रिया उपयोग के लिए योग्य पाई गई। यह प्रक्रिया हाथ से की जाती है तथा इसमें 0.085" व्यास वाले केबल को छीलने के लिए रेडियल उपकरण का उपयोग किया जाता है। बाह्य जैकेट गोल्ड प्लेटेड केबल को पीसीबी पर बाह्य जैकेट को सीधे पीसीबी पर सोल्डर किया जाता है तथा कॉपर ब्रेड रिस्ट बेन्ड को पीसीबी पैटर्न पर केंद्र पिन सोल्डर किया जाता है। 0.141" एसआर केबल के लिए भी समान प्रक्रिया को अनुसार हाथ से मोड़ा एवं सोल्डर किया जाता है। एसआर केबल आसन्न ट्रांसफार्मर हैं जोकि बैलुयून की तरह कार्य करते हैं। केबल का दृश्य परीक्षण किया जाता है। विभिन्न प्रकार के मुड़े हुए केबलों को सावधानीपूर्वक मुद्रित परिपथ पर सोल्डर किया जाता है। इसमें 50 ओम्स लाक्षणिक प्रतिरोध को 1 ओम्स लाक्षणिक प्रतिरोध तक अभिकल्पनानुसार परिवर्तित किया गया है। इस हेतु एसआर केबिल को बेलुन रूप में परिपथ में संयोजित किया गया है। सैक इसरो का प्रथम वह केंद्र है जहाँ इस प्रक्रिया को विकसित किया गया एवं उसकी योग्यता की जाँच की गई। विद्यमान उपकरणों को इस प्रकार रूपान्तरित किया गया है जिससे जटिल डिजाइन के निर्माण के लिए विशिष्ट आयामों को प्राप्त किया जा सके।

### **(3) मल्टीप्लेक्स 141 केबिल संयोजन (एमएफ 141 केबिल एसेंबली)**

हबर एवं शुनर कंपनी द्वारा निर्मित इस केबल संयोजन की तकनीक को वर्णित किया है। वर्तमान में इसे एल और सी बैंड आवृत्ति पर व्यूह तत्व हेतु उर्जा वितरण प्रेषक प्राप्क (Trans Receive) माड्युल हेतु उपयोग में इस तरह लाया गया है कि पथांतर को शून्य करे और पिको सेकेंड की सीमा में समूह अंतर प्राप्त हुए। यह निर्भर करता है केबल की उचित कटाई, पिन को डालना, फ्लक्स का कम उपयोग एवं सफाई युक्त कार्य एवं संयोजन ताकि प्रत्येक केबल की प्रतिगमन हानि करीबन 30-28 डीबी के आसपास मिले। इसके संयोजन के पश्चात् निरंतरता परीक्षण किया जाता है। तत्पश्चात् वेक्टर नेटवर्क विश्लेषक द्वारा प्रतिगमन हानि (रिटर्न लोस) एवं निवेषण हानि की माप करते हैं।

### **हबर-शुनर मल्टीप्लेक्स केबल**

हबर-शुनर मल्टीप्लेक्स केबल अतिसूक्ष्म तरंग प्रसारण में उपयोगी है जोकि व्यावसायिक एवं सैन्य आवश्यकताओं के उपयोग हेतु, तरंग एयरबोर्न तंत्र, चार तंत्रों एवं भू आधारित उपग्रह तंत्र में उपयोग में आता है। इसे सफलतापूर्वक करीबन 3000 मीटर रीसैट उपग्रह में उपयोग किया है। इसको संविरचन हेतु निम्न विधि होती है-



चरण 1 अ) केबल को काट कर टुकड़े काटिए आवश्यकतानुसार

ब) सोल्डर पाँट में  $250 \pm 10^\circ$  से .हों पर जिसकी शुद्धता  $\pm 5^\circ$  से.हों ,केबल पर थोड़ा सा फ्लक्स लगाकर ब्रुश की सहायता से टिनिंग प्रक्रिया करते हैं। यह सावधानी रखते हैं कि उर्ध्वाधर स्थिति में ताकि फ्लक्स या अन्य द्रव केबल में नहीं रहे।

इसके पश्चात् वायर छोलक से बाहरी सतह एवं आन्तरिक परावैद्युत को निकाला जाता है। यह मशीन सेटिंग एवं प्रोग्रामिंग तकनीक से संभव होता है।

इसके पश्चात् आंतरिक चालक की टिप को ट्रिमर की सहायता से 'कोन' आकार में किया जाता है। अन्य पदार्थों को अलग करने के पश्चात् केंद्रीय पिन क्रिम्पींग के लिए तैयार हो जाती है। क्रिम्पींग टूल को समायोजित करते हैं, सेट करते हैं और ,0.420 0.440 डायल वेल्यू के बीच कर क्रिम्पींग करते हैं और इसके पश्चात् लीनट टूल को रिलीज कर दिया जाता है। लेख के अंत में प्रवाह चित्र संलग्न है।

इसके अलावा हेलिक्स फिल्टर के निर्माण हेतु भी सोल्डरिंग तकनीक का प्रथम बार नमूने तैयार कर जीसैट उपग्रहों में उपयोग में ला रहे हैं। अतः निम्न संविरचन तकनीकें अंतरग्रहीय उपग्रह मिशन में निश्चित रूप से मील का पत्थर साबित होगी।

1. क्रासपिन रेसोनेटर का निर्माण कर
2. MF 141 लचीला केबल चरण मिलान का उपयोग
3. हेलिक्स फिल्टर 11AWG वायर को सोल्डर कर वर्तमान में हेलिक्स फिल्टर हेतु भी 11 गेज के वायर को सोल्डर करने की तकनीक का भी विकास किया है, जोकि बहुत उपयोगी है।

#### (4) चिप-आन बोर्ड तकनीक

आज के युग में जब लागत कीमत पर प्रतिस्पर्धा होती है अंतरिक्ष उपयोगी इलेक्ट्रानिक कलपुर्जों के निर्माण में सूक्ष्म से सूक्ष्मतर हार्डवेयर की अभिकल्पना व निर्माण, छोटे उपग्रहों के निर्माण में सहायक होता है जिसमें प्रक्षेत्रण कीमत में कमी आती है।

सूक्ष्मतर इलेक्ट्रानिक हार्डवेयर के लिए आवश्यक होता है अतिघनत्व वाली इलेक्ट्रानिक पैकेजिंग, डाय स्टैकिंग तकनीक चिप-आन बोर्ड तकनीक, त्रिआयामी डाय स्टैकिंग तकनीक को अब उपभोक्ता और संगणक इलेक्ट्रानिक उपयोग में बहुतायत से किया जा रहा है जहाँ विश्वसनीयता बहुत ज्यादा जटिल नहीं होती है।

इन सभी तकनीकों का विस्तार उपग्रह इलेक्ट्रानिक हार्डवेयर में उपयोग उपग्रहों के आकार को छोटा करने में सहायक होगा। चिप-आन बोर्ड तकनीक में महत्वपूर्ण पहलू है बेअर डाई का एवं बोर्ड अवलेपन पदार्थ का यह अवलेपन संविरचन ,परीक्षण एकीकरण समाकलन और उड़ान के दौरान सुरक्षा कवच का कार्य करती है। चिप आन बोर्ड तकनीक में डाई को जाता है और तंतु से बांड को डाई व सबस्ट्रेट अंतः स्थापन किया जाता है।

#### चिप आन बोर्ड तकनीक - (मुख्य बिंदु)

- बेअर डाई का सबस्ट्रेट ढांचे पर आरोहण
- डाई का चालक, कुचालक इपोक्सी द्वारा यांत्रिक स्थापन
- सबस्ट्रेट पर वायर बोन्डिंग उपयोग कर डाय को विद्युतीय विधि से जोड़ना
- डाई को अवलेपन द्वारा संपुटित करना

## उपसंहार

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी की ओर उठा हर कदम मानव जाति के लिए नए वरदान लाता रहा है। अंतरग्रहीय उपग्रह परियोजनाएं निश्चित रूप से चिकित्सा, उद्योग एवं जनकल्याण के लिए हैं। ये संविचन अनुभव हमें अन्य ग्रहों पर प्रमोचन के लिए उपग्रह नीतभार के संयोजन हेतु काफी उपयोगी रहेंगे। उचित मात्रा में एलपी का उपयोग कर काफी हद तक वजन में कमी की जा रही है। भविष्य हेतु क्रिम्पेबल मल्टी फ्लेक्स (Crimpable Multi flex) तकनीक का विकास इस दिशा में काफी मददगार होगा। भविष्य में उच्च शक्ति प्रवर्धकों की बहुतायत में आवश्यकता होगी। इनके संविचन के लिए हमें तकनीकी विकास सतत रूप से करते रहना होगा। अन्तरग्रहीय मिशनों के लिए उन्नत उपग्रहों इलेक्ट्रानिकी संविचन में विकास की आवश्यकता होगी जिसमें उच्च गुणवत्ता, हल्के वजन की प्रणालियों वगैरह पर ध्यान रखना अति आवश्यक होगा। अभिकल्पनानुसार क्रास पिन, बैलून अवयव, मल्टीफ्लेक्स केबिल 141 के संविचन की स्वदेशी तकनीक का इजाद किया है। इस संदर्भ में यह कहना आवश्यक होगा कि परंपरागत औजारों से आवश्यकतानुसार अभिकल्पित प्राचलों को प्राप्त करना काफी मुश्किल कार्य है। बार-बार नमूने बनाने एवं प्रक्रिया को परिष्कृत करने के पश्चात् ही आवश्यक परिणाम मिले हैं।

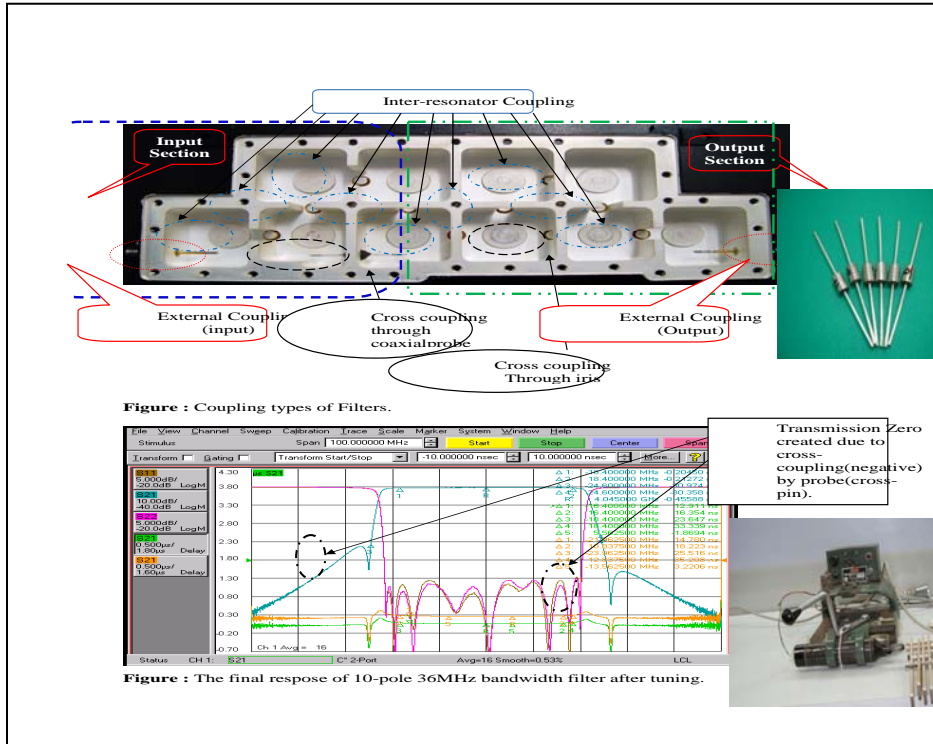
## संदर्भ

1. लेखक के अपने लेख 2005. 2006
2. एमएफ 141 प्रक्रिया पहचान प्रलेख 2008

## आभार

लेखकगण लेख को लिखने की प्रेरणा देने के लिए अपने महाप्रबंधक एवं उप निदेशक के आभारी हैं। हम हिंदी सदन के सभी सदस्यों के भी आभारी हैं।

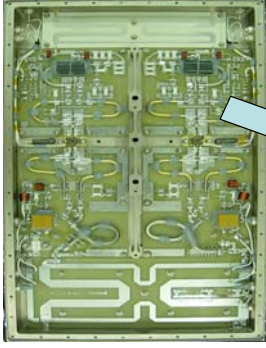
### क्रास पिन अवयव



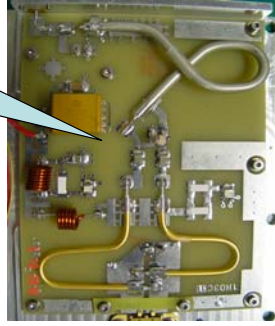
## चित्र-2

बेधन यंत्र एवं कर्तक

मुद्रित परिपथ पर अर्ध हृद रेडियो  
आवृत्ति केबिल सोल्डरिंग



प्रक्रिया को योग्यता जाँच के पश्चात् अनुप्रमाणित कर उच्च  
शक्ति प्रवर्धकों में अवयवों के रूप में प्रयोग

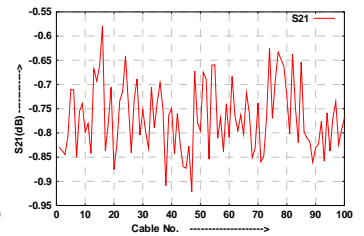
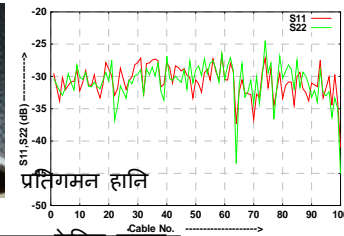


0.085" Semi-rigid cables

चित्र-3



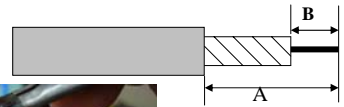
141



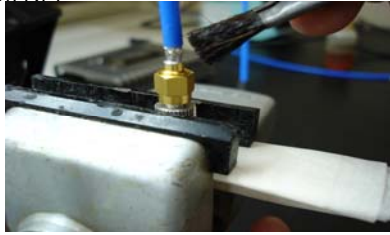
संबंधक के प्रवेश क्षेत्र एवं आंतरिक सतह की कलाईकारी

मल्टी फ्लेक्स 141 केबिल का जैकेट कर्तन एवं

फ्लेक्स का उचित मात्रा में उपयोग एवं केबिल छोर की फ्लक्सिंग



A = 10.00 + 1.00 mm  
B = 3.50 + 0.50 mm

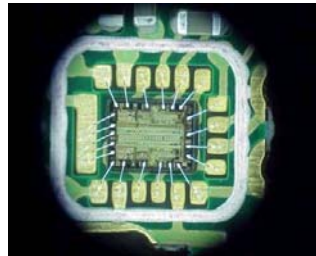


सफाई के दौरान केबिल की स्थिति

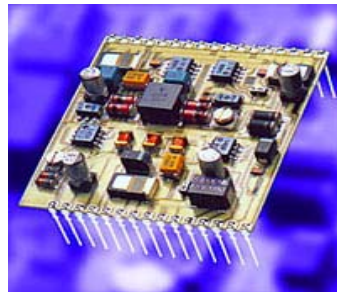


केबिल छोर की फ्लक्सिंग

चित्र-4



चिप ऑन बोर्ड COB



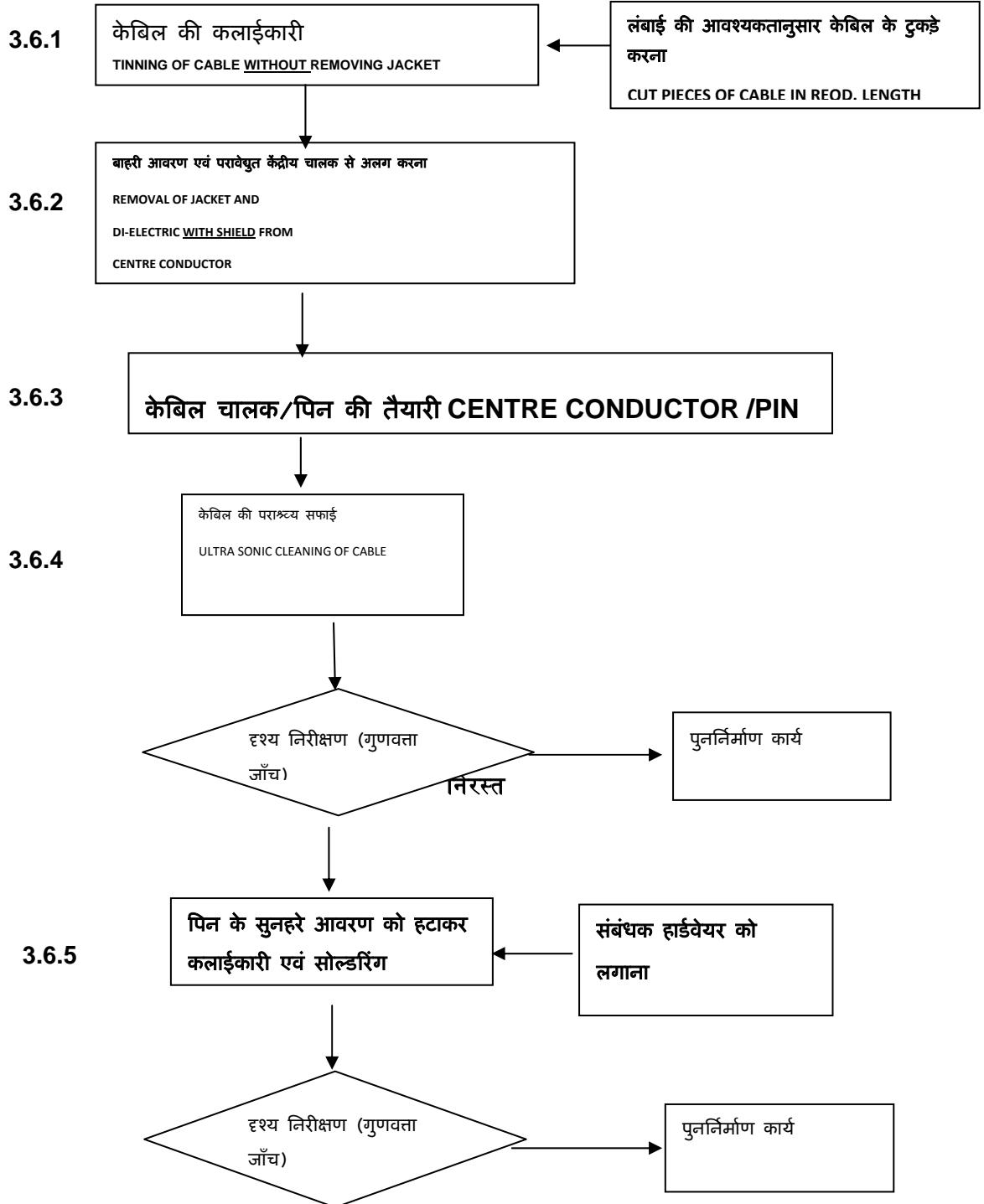
संकर एकीकृत परिपथ (HMC)

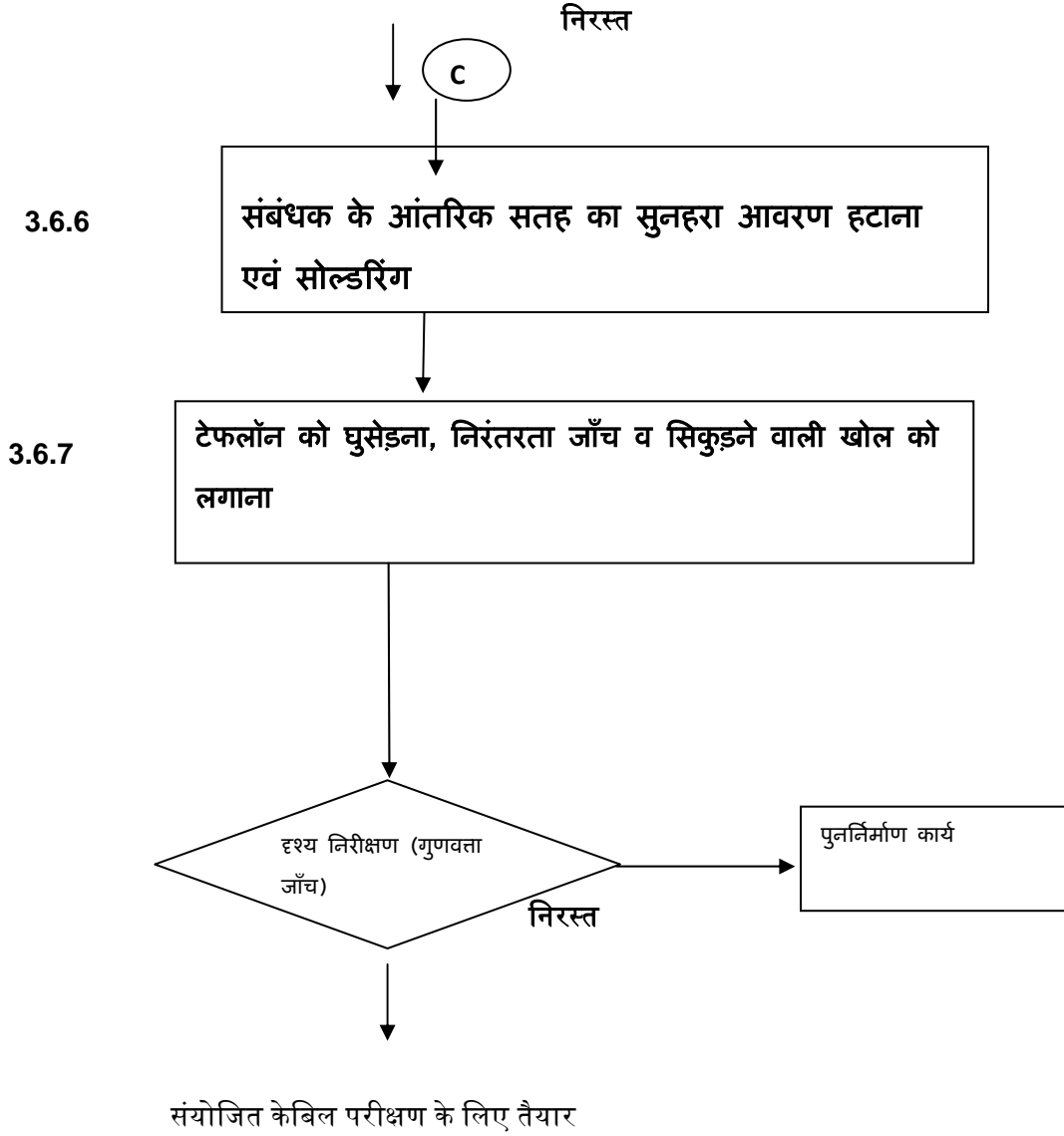
चित्र 7

प्रवाह चित्र-1

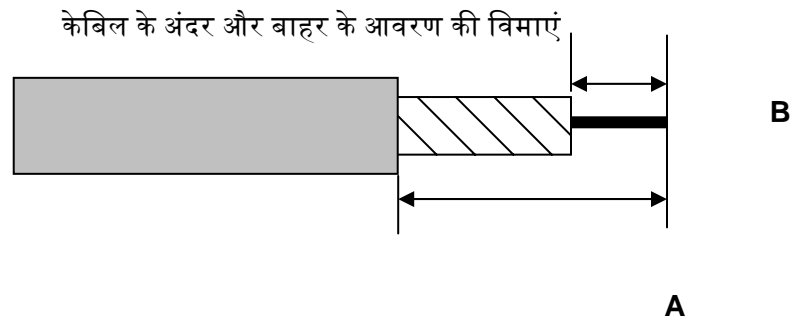
हबर शुनर एसएमए संबंधक की संयोजन प्रक्रिया

ASSEMBLY PROCEDURE OF Huber Suhner SMA SOLDERABLE CONNECTORS (11 SMA 50-3-15) ON MF - 141 CABLE





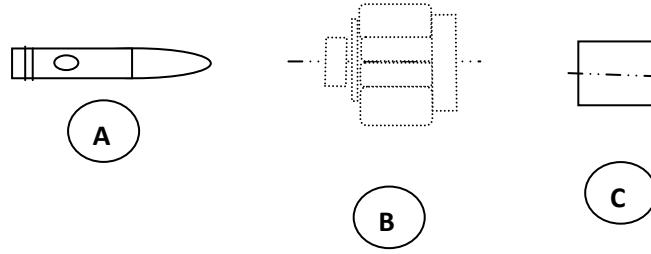
**DIMENSIONS OF INNER AND OUTER JACKET CUTTING OF MF 141 CABLE**



A =10.00+1.00 मिमी

B =3.50+0.50 मिमी

(FIG: SMA 50-3-15 HARDWARE PARTS



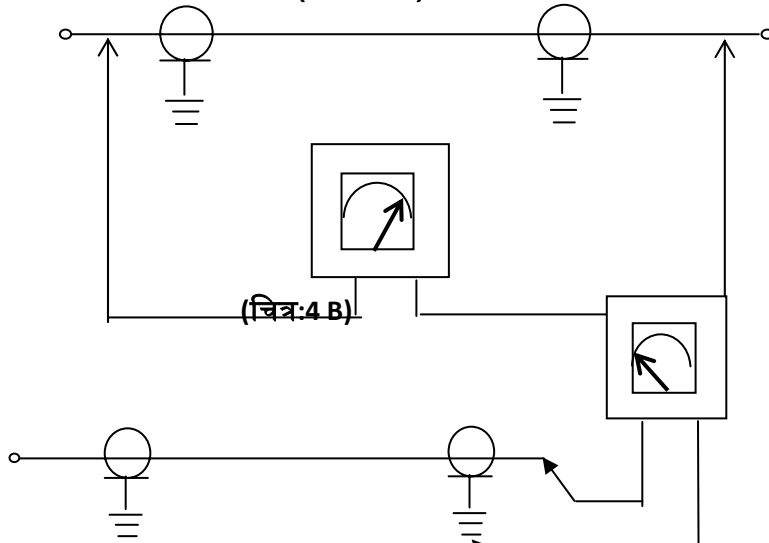
A : संबंधक की केंद्रीय पिन B: संबंधक निकाय

C : परावैद्युत (Teflon) insulator

केबिल की निरंतरता जाँच

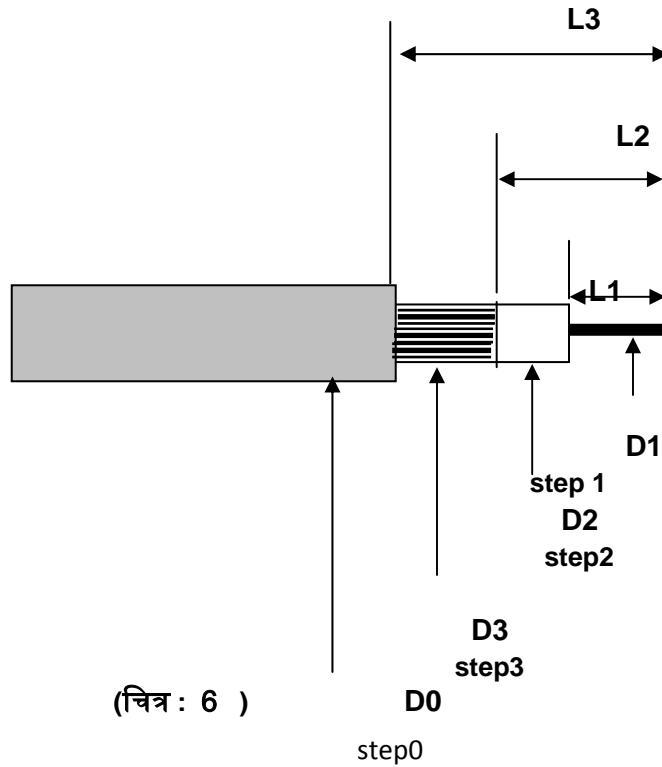
D.C. Testing of cable

(चित्र: 4A)



केबिल छीलने हेतु प्रोग्रामिंग

Programming Stripping Sequence  
Using Schleuniger MP257/HC207 machines



(चित्र : 6 )





## भूस्थरिय उपग्रह द्वारा पिक्सल पैमाने पर तात्कालिक वर्षा का आकलन

अतुल कुमार वर्मा  
भूभौतिकीय प्राचल पुनःप्राप्ति विभाग  
वायुमंडलीय एवं समुद्री विज्ञान समूह  
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र )इसरो(  
अहमदाबाद 380015 -  
)ई-मेल [avarma@sac.isro.gov.in](mailto:avarma@sac.isro.gov.in))

### सार

भूस्थरिय उपग्रह )जैसे-इन्सेट , कल्पना इत्यादि (द्वारा प्राप्त अवरक्त किरण आंकड़ों द्वारा वर्षा आंकलन सदैव अप्रत्यक्ष होता है। इसका मूल कारण यह है कि अवरक्त किरणों बादलों के ऊपरी सतह का ही अवलोकन कर सकती हैं जबकि वर्षा बादलों की निचली सतह के नीचे प्राप्त होती है। अप्रत्यक्ष आकलन के कारण वर्षा का विभिन्न समय और दूरी के अंतरालों तथा विभिन्न पृथ्वी सतहों के ऊपर )जैसे-सागर ,पहाड़ ,मैदान इत्यादि (आकलन अत्यंत कठिन समस्या बन जाता है। इस शोधपत्र में हम एक ऐसी विधि का वर्णन करने जा रहे हैं जो विभिन्न सतहों के ऊपर अत्यंत सूक्ष्म पैमाने )पिक्सल पैमाना (पर तात्कालिक )कल्पना द्वारा प्रति 30मिनट (वर्षा आकलन में सक्षम है। इस विधि में हम उपग्रह द्वारा प्राप्त अवरक्त किरण आंकड़ों को "गणितीय मौसम पूर्वानुमान प्रतिरूप" द्वारा प्राप्त वायुमंडलीय आंकड़ों तथा "सतह उन्नयन प्रतिरूप" के आंकड़ों के साथ सम्मिलित रूप में उपयोग करके पिक्सल पैमाने पर प्रति आधा घंटा वर्षा आंकलन करने में सफल हुए हैं। इस विधि को हाईड्रो-एस्टीमेटर अथवा वर्षा मापक )संक्षेप में वर्मा (विधि कहते हैं। इस विधि का उपयोग करते हुए कल्पना उपग्रह द्वारा प्राप्त आंकड़ों द्वारा वर्षा आंकलन के परिणामों को प्रस्तुत किया गया है। इस विधि द्वारा प्राप्त वर्षा आंकलन का अन्य सूत्रों से प्राप्त आंकड़ों से तुलना करके यह परिणाम निकाला गया है कि यह विधि वर्षा आंकलन के लिए कसौटी पर खरी उतरती है। यह विधि "इन्सेट मौसम विज्ञान आंकड़ा प्रसंस्करण प्रणाली" परियोजना के आधीन तैयार की गई है।

### प्रस्तावना

धरती पर पारंपरिक वर्षा आंकलन रेडार तथा वर्षा मापक द्वारा करते हैं। वर्षा-मापक एक बिंदु क्षेत्र के समान है अतः यह वर्षा का आंकलन एक विस्तृत क्षेत्र तथा वर्षा की परिवर्तनशीलता को दर्शाने में अक्षम होता है जिसका उपयोग अनेक घटनाओं/प्रक्रियाओं जैसे तत्क्षणिक बाढ़ ,बांध का टूटना ,नदी जल संग्रह आदि के अध्ययन में आवश्यक है। दूसरी तरफ यद्यपि रेडार विस्तृत क्षेत्र में वर्षा आंकलन में सहायक है परंतु रेडार मापन में परावर्तन तथा परावर्तन-वर्षा संबंध का सही आकलन एक समस्या हो सकती है। इसके अतिरिक्त रेडार का अति मूल्यवान होना उसके सर्वभूत होने में एक रूकावट है। रेडार की अन्य समस्याएं भी हैं ,जैसे -जमीन से परिवर्तन तथा विलक्षण प्रसारण इत्यादि। इतना ही नहीं अति खराब मौसम में प्रायः धरती स्थित यंत्र कार्य करने में असक्षम हो जाते हैं।

विशाल क्षेत्र में एक रूप से वर्षा मापन करने के लिए सबसे सरलतम यंत्र उपग्रह ही है। यद्यपि उपग्रहों के मापन में अनेक त्रुटियां सम्मिलित हो सकती हैं जैसे दृश्य/अवरक्त किरणों अप्रत्यक्ष रूप से वर्षा आंकलन करती हैं )बैरट तथा मारटिन 1981 ,; भंडारी और वर्मा ,(1995 ,जबकि सूक्ष्म तरंगों द्वारा आंकलन ,आंशिक-तरंग भराव ,वर्षा प्रकार ,जल-कण-वितरण ,जल-कण तापमान ,टपकने की गति ,आकृति ,अभिविन्यास ,इत्यादि से प्रभावित होता है )जैसे ,वर्मा इत्यादि 2004 ,2003 ,तथा वर्मा

एवं लियु ,2010 ,2006 ,मिश्रा इत्यादि (2010 ,। अवरक्त किरणों के लिए बादल अपारदर्शी होने के कारण हमें सिर्फ बादलों की ऊपरी सतह का तापमान प्राप्त होता है जो बादलों के नीचे गिरने वाली वर्षा से अप्रत्यक्ष रूप से

संबंधित होता है। इस अप्रत्यक्ष संबंध के कारण अनेक वैज्ञानिकों ने अवरक्त किरण मापन को अन्य सहायक ज्ञान अथवा मापन के साथ सम्मिश्रित रूप में उपयोग करने की चेष्टा की है। इस दिशा में सर्वप्रथम स्कोफील्ड (1987)ने तत्क्षणिक वर्षा आंकलन हेतु एक योजना प्रस्तुत की जिसे "इन्टरएक्टिव फ्लेश फ्लड ऐनेलाइज़र" का नाम दिया गया। यह योजना एक वर्षा-बादल वातावरण के काल्पनिक संरचना पर आधारित है जिसमें एक प्रशिक्षित मौसम वैज्ञानिक अपने कौशल तथा सहायक ज्ञान के साथ वर्षा आंकलन करता है। यह योजना काफी लाभदायक सिद्ध हुई परंतु यह कभी स्वयं स्वचलित नहीं हो सकती थी। इसे मानव-रहित बनाने के लिए विसेंट इत्यादि (1998)ने एक नई योजना प्रस्तुत की जिसे स्वचलित मापक )समा (नाम दिया गया। यह पाया गया कि समा बहुतायत सीरस बादलों द्वारा अवास्तविक वर्षा मापन कर देती है। इसके अतिरिक्त समा विधि में वर्षा क्षेत्र निर्धारित करने के लिए रेडार आंकड़े अनिवार्य होते हैं अतः इस विधि का प्रयोग ऐसे क्षेत्रों जहाँ रेडार उपलब्ध नहीं है ,संभव नहीं है। समा विधि की कमियों को सुधारने के लिए कुलगोवस्की इत्यादि ने एक नई प्रणाली प्रस्तुत करी जिसे हाइड्रो-एस्टीमेटर कहते हैं। हिंदी में इस विधि को वर्षा मापक )वर्मा (विधि के नाम से इस लेख में प्रस्तुत किया गया है। यह विधि अमेरिका के "राष्ट्रीय समुद्रीय तथा वायुमंडलीय प्रबंध" में नियमित सक्रिय रूप से कार्य कर रही है। इस विधि का वर्णन आगे किया गया है।

### वर्षा-मापक )वर्मा (विधि

स्कोफील्ड (1987)विधि समा तथा वर्मा विधि का आधार है। अमेरिका में यह तीनों विधियां एक विशेष रूप से समर्पित कंप्यूटर तथा सॉफ्टवेयर जिसे मानव-कंप्यूटर-परस्पर-क्रिया-आंकड़ा-मूल्यांकन-प्रणाली के नाम से जाना जाता है ,के प्रयोग से उपयोग में लाई जाती है। स्कोफील्ड विधि में एक प्रशिक्षित मौसम वैज्ञानिक उपग्रह चित्रों में तूफानी बादलों के सक्रिय क्षेत्र को खोज कर उपयुक्त वर्षा निर्धारित करता है। उन्होंने उपग्रह चित्रों और अन्य मौसम विज्ञान के आंकड़ों के आधार पर तूफानी बादलों में सक्रिय क्षेत्र खोजने के कुछ नियम भी बनाए। इसके अतिरिक्त उन्होंने अपनी विधि में अधिक ऊँचे बादल स्तंभ , आद्रता ,वर्षा योग्य-जल ,तटस्थ उच्छाल का स्तर ,इत्यादि का समावेश भी किया था। स्कोफाल्ड की विधि प्रयोगिक रूप में काफी मुश्किल थी तथा जिसके लिए व्यक्ति कौशल बहुत महत्वपूर्ण था।

स्कोफील्ड की विधि को )विसेंट (1998 ,ने स्वचालित बनाने के लिए समा विधि प्रस्तुत की जिसमें स्कोफील्ड विधि के अधिकांश पहलुओं को स्वचालित कर दिया गया। इस प्रणाली में वर्षा और विभा-तापमान के बीच धातिए संबंध है। इस विधि में आद्रता ,वर्षा-योग्य जल) , आद्रता X वर्षा योग्य जल ,(तटस्थ उच्छाल का स्तर तथा पृथ्वी के तलरूप का समावेश किया गया है। इस विधि में अधिक नमी के क्षेत्रों में वर्षा की कमी की जाती है। इसी प्रकार हवा के चढ़ाईयों पर ऊपर उठने के स्थानों में वर्षा की अधिकता तथा ढलानों में कमी की जाती है। इस विधि में रेडार का निरंतर प्रयोग तथा सीरस बादलों द्वारा अवास्तविक वर्षा मुख्य समस्याएं थीं।

समा विधि को वर्मा विधि में सुधार रूप से प्रस्तुत किया गया है )कोलिगोवस्की(2003 ,। इस विधि में सीरस बादलों को अलग करने के लिए प्रत्येक पिक्सल पर वर्षा उसके चारों तरफ उपस्थित पिक्सलों पर निर्भर करती है। इस विधि में सक्रिय तूफानी बादलों तथा अन्य बादलों के लिए अलग-अलग विभा तापमान-वर्षा के बीच संबंध प्रस्तुत किए गए हैं। सक्रिय बादलों के लिए-

$$\text{वर्षा )तूफानी (= } a \cdot \exp(-b \cdot T_b^{-1.2}) \dots\dots\dots(1)$$

जहाँ  $T_b$  -विभा ताप है , $a$  तथा  $b$  स्थिरांक है जिनका मान वर्षा योग्य जल की मात्रा पर निर्भर करता है । अर्थात् जहाँ वायुमंडल में वर्षा योग्य जल प्रचुर है वहाँ वर्षा अधिक संभव है ।  
अन्य प्रकार की वर्षा के लिए

$$\text{वर्षा )अन्य (= } -250) T_b (* )R_{\max} / 5) \dots\dots\dots(2)$$

जहाँ  $R_{\max}$  पुनः वर्षा योग्य जल पर निर्भर करता है और वर्षा )अन्य (हमेशा वर्षा )तूफानी (से कम अथवा 12मिमी/घंटा जो भी न्यूनतम हो उसे माना जाता है ।

वर्षा विधि में ,किसी भी एक पिक्सल पर वर्षा )तूफानी (तथा वर्षा )अन्य (का मिक्षण संभव है । इसे व्यवहारिकता में लागू करने के लिए जिस पिक्सल पर वर्षा मापन किया जाना है ,उस पिक्सल के चारों ओर 101 x 101पिक्सल का एक क्षेत्र उपयोग में लाया जाता है । इस क्षेत्र में विभा-तापमान के न्यूनतम ,औसत तथा मानक विचलन मान की गणना करी जाती है । सक्रिय/निष्क्रिय तथा तूफानी/अन्य बादलों को  $Z$  मापन से पृथक किया जाता है-

$$Z = (T_{\text{mean}} - T_b) / \sigma \dots\dots\dots(3)$$

जहाँ  $T_b$  पिक्सल का विभाताप , $T_{\text{mean}}$  क्षेत्र का औसत विभाताप था  $\sigma$  उस क्षेत्र में मानक विचलन है ।  $Z$  का अधिकतम मान 1.5संभव है अर्थात् यदि  $Z > 1.5$ ;  $Z = 1.5$  और यदि  $Z < 0$ , वर्षा = 0अर्थात् पिक्सल या तो सिरस या निष्क्रिय है । इसके अतिरिक्त मिश्रित वर्षा के लिए-

$$\text{कुल वर्षा} = [(वर्षा)तूफानी*(Z^2+वर्षा)अन्य-1.5)*( Z)^2]/ (Z^2+(1.5- Z)^2)] \dots\dots\dots(4)$$

जहाँ  $Z= 1.5$ पर वर्षा पूर्णतया: तूफानी तथा  $Z= 0$  पर पूर्णतया: अन्य प्रकार का हो जाती है ।

उपर्युक्त (4)वर्षा का प्रथम आंकलन प्रस्तुत करता है । इस अनुमान में वातावरण की नमी ,गरम वर्षा आदि के लिए संशोधन किया जाता है । मुख्य संशोधन निम्न प्रकार हैं।

**नमी संशोधन** -वर्षा के प्रथम अनुमान को नमी के अनुसार संशोधित करते हैं । अधिक नमी की स्थिति में वर्षा आंकलन को अधिक तथा कम नमी में कम किया जा सकता है।

**गरम वर्षा संशोधन-** वातावरण में तटस्थ उच्छाल का स्तर जो सामान्यतया: क्षोभ मंडल तथा समताप मंडल के मध्य पाया जाता है , यदि उस स्थिति से नीचे उतर आता है तो गरम-वर्षा संशोधन अनिवार्य है। इस संशोधन द्वारा वर्षा आंकलन की मात्रा बढ़ा दी जाती है।

**पृथ्वी तलरूप संशोधन** 850 -मि.बार वायुवेग तथा पृथ्वी के तलरूप की परस्पर क्रिया से यह संशोधन किया जाता है। जहाँ वायु तलरूप के साथ ऊपर को उठती है वहाँ वर्षा की अधिकता तथा जहाँ नीचे को उतरती है वहाँ वर्षा को कम किया जाता है।

### आंकड़े

इस अध्ययन में कल्पना उपग्रह से प्राप्त उष्मीय अवरक्त अवलोकन आंकड़ों का प्रयोग किया गया है। इसके अतिरिक्त अमेरिका स्थित राष्ट्रीय वातावरण पूर्वानुमान केंद्र द्वारा जारी प्रति 6घंटा तथा  $10 \times 10$  के विश्व स्तरीय ढांचे में पूर्वानुमान के आंकड़े जिनमें मुख्यतया: कुल बादलों में निहित जल 850 , मि.बार पर वायुवेग एवं उर्ध्वाधर में आद्रता एवं तापमान के आंकड़े सम्मिलित हैं , उपयोग में लाए गए हैं। इस अध्ययन में अमरीका के राष्ट्रीय भूभौतिकी आंकड़ा केंद्र द्वारा जारी 2" x 2" के ढांचे में पृथ्वी तलरूप संरचना के आंकड़े भी प्रयोग में लाए गए हैं।

### विश्लेषण और परिणाम

सर्वप्रथम उपग्रह से प्राप्त उष्मीय अवलोकन आंकड़े तथा संबंधित भूस्थिति और विभाताप-परिवर्तन आंकड़ों का निष्कर्षण किया गया है। तत्पश्चात् जैसा पूर्व विदित है , कल्पना विभाताप के आंकड़ों से वर्षा का प्रथम आंकलन किया गया है। इसके पश्चात् बादलों में निहित जल , आर्द्रता पृथ्वी तलरूप और तटस्थ उच्छाल स्तर आदि संशोधन करे जाते हैं। तटस्थल उच्छाल स्तर प्राप्त करने के लिए एक उष्मीय गतिकि संरचना का उपयोग किया गया है। यह संरचना वातावरण के ताप तथा जल कणिका ताप का उपयोग करते हुए अनुरूप विभा ताप  $\theta_e$  ( तथा अनुरूप विभा ताप-परिपूर्णता  $\theta_{es}$  ( का उर्ध्वाधर में गणन करता है।

चित्र 1-में कल्पना द्वारा प्राप्त पिक्सल स्तरीय प्रतिघंटा वर्षा दिखाई गई है। जबकि गुणात्मक तुलना के लिए अमेरिका के राष्ट्रीय समुद्रीय एवं वायुमंडलीय प्रबंध द्वारा जारी वर्षा चित्र भी दिखाया गया है। चित्र 2-में तत्क्षणिक तुलना के लिए निशा चक्रवातीय तूफान के दौरान वर्मा विधि द्वारा प्राप्त वर्षा के साथ-साथ रेडार द्वारा प्राप्त परिवर्तन आंकड़ों को दर्शाया गया है। इसी प्रकार चित्र 3-में तत्क्षणिक वर्षा की तुलना के लिए मई 2010में बंगाल की खाड़ी में स्थित लैला तूफान से प्राप्त वर्षा तथा चेन्नई रेडार द्वारा प्राप्त परिवर्तन आंकड़ों को प्रस्तुत किया गया है। अंत में अहमदाबाद की 8-7 अगस्त 2010की अतिवर्षा की घटना को दैनिक वर्षा चित्र में दिखाया गया है। यहाँ तुलना के लिए वर्षा मापक उपग्रह TRMM से प्राप्त उष्मीय अवरक्त तथा सूक्ष्म तरंग मिश्रित विधि द्वारा प्राप्त वर्षा (3B42) तथा भारतीय मौसम विज्ञान विभाग द्वारा निर्मित वर्षा चित्र भी दिखाया गया है।

यद्यपि चित्र 4-1में दर्शाए गए गुणात्मक तुलना काफी भरोसेमंद प्रतीत होती है , परंतु यह एक सत्य है कि लघु पैमाने पर वर्षा की संख्यात्मक तुलना कभी भी सटीक नहीं होती है। इसका मुख्य कारण वर्षा का समय तथा क्षेत्र स्तर पर अत्यधिक विचलन है जो बहुत कम अंतराल में भी सांख्यिकी को प्रभावित करने में सक्षम है। इस विचलन के कारण विभिन्न क्षेत्र पैमानों पर नापी गई वर्षा एक दूसरे से परस्पर भिन्न होती है। संपूर्णता की दृष्टि से हमने संख्यात्मक तुलना करने का प्रयास किया है तथा वर्मा तथा उपग्रहों/वर्षा मापक यंत्रों के बीच सहसंबंध गुणांक 0.3से 0.58के बीच प्राप्त किया है। संख्यात्मक तुलना में सीमाओं को ध्यान में रखते हुए ये आंकड़े उत्साहवर्धक हैं।

## उपसंहार

इस शोधपत्र में हमने भू स्थित उपग्रहों से प्राप्त अवरक्त किरण आंकड़ों की सहायता से पिक्सल पैमाने पर तत्क्षणिक वर्षा (कल्पना के लिए प्रति आधा घंटा (के आंकलन की विधि का निर्माण तथा सफल उपयोग दिखाया है। इस विधि में अवरक्त किरण आंकड़ों के साथ संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान तथा उष्मा गतिकी संरचनाओं तथा पृथ्वी तलरूप के आंकड़ों का प्रयोग किया है। वर्षा आंकलन की कुछ गुणात्मक तथा संख्यात्मक तुलनाएं भी करी गई हैं जिनसे इस बात को बल मिलता है कि यह विधि सफलतापूर्वक वर्षा आंकलन के योग्य है। इस वर्षा विधि को इन्सेट-मौसम-विज्ञान आंकड़ा संस्करण प्रणाली के अंतर्गत निर्मित किया गया है। यह विधि वर्तमान में नियमित वर्षा प्राप्त करने के लिए लागू करी जा रही है।

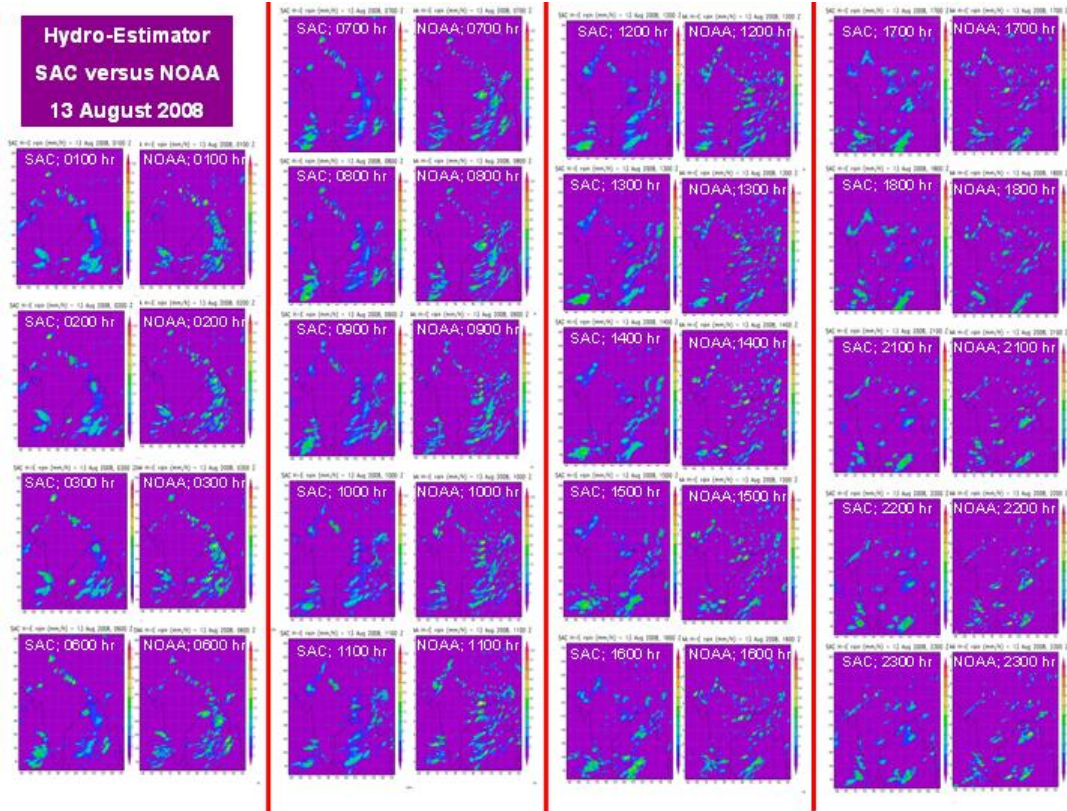
## धन्यवाद

लेखक डॉ. रोबर्ट कोलगवस्की, वैज्ञानिक, राष्ट्रीय समुद्रीय एवं वायुमंडलीय प्रबंध, अमरीका को विशेष धन्यवाद देना चाहता है जिनकी सहायता के बिना वर्षा विधि का निर्माण मुश्किल हो सकता था। लेखक अमेरिका के दो अन्य संस्थानों-राष्ट्रीय संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान केंद्र तथा राष्ट्रीय भूभौतिकी आंकड़ा केंद्र को उनके द्वारा प्रदान आंकड़ों के कारण धन्यवाद देना चाहता है। इसके अतिरिक्त अपने प्रधान, ग्रुप निदेशक तथा केंद्र निदेशक को भी यह कार्य मुझे सुपुर्द करने के लिए अति धन्यवाद देना चाहता हूँ।

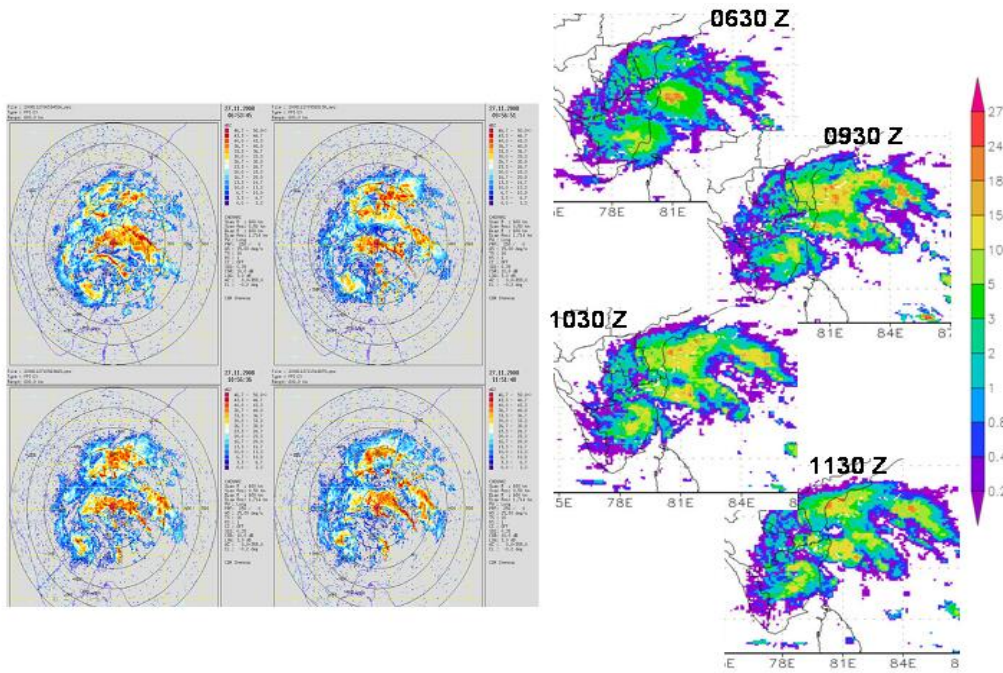
## संदर्भ

1. बरेट, ई.सी. एवं मार्टिन, डी.डब्ल्यू, 1981, 'द यूज़ ऑफ सेटेलाइट इन रेनफॉल मॉनीटरिंग', अकेडमी प्रेस, लंदन।
2. भंडारी, एस.एम. एवं ए.के. वर्मा, 1995, 'ऑन एस्टीमेशन फ लार्ज स्केल मंथली रेनफॉल एस्टीमेशन ओवर द इंडियन रीज़न यूज़िंग मिनिमल इन्सेट-वीएचआरआर डाटा', इंटरनेशनल जर्नल ऑफ रिमोट सेंसिंग 2030-2023, 16, 1।
3. जायसी, आर., जे. जानवायक एवं जी. हफमैन, 2001, 'लेटिच्यूडिनली एंड सीज़नली डिपेंडेंट जेनिथ-एंडल करेक्शनस फॉर जियोस्टेशनरी सेटेलाइट आईआर ब्राइटनेस टेम्परेचर्स। जे. एपल. मीटिओर 703-689, 40, 1।
4. क्युलिओवास्की, आर., जे.जे.सी. डेवेनपोर्ट, एवं आर.ए. स्कोफील्ड, 2003, 'द हाइड्रो-एस्टीमेटर टेकनीक फॉर हाइ-रिज़ोल्यूशन जियोस्टेशनरी सेटेलाइट रेनफॉल, सबमिटेड टू एप्लाइड मिटीयोराल', प्रीप्रिन्ट्स।
5. मिश्रा, ए, आर.एम. गैरोला, ए.के. वर्मा एवं वी.के. अग्रवाल, रिमोट सेंसिंग ऑफ प्रेसिपिटेशन ओवर इंडियन लैंड एंड ओशियनिक रीज़न बाई सिनरजिस्टिक यूज़ ऑफ मल्टी सेटेलाइट सेंसर्स, जर्नल ऑफ जियोफिज़िकल रिसर्च, 115, D06106, doi:10.1029/2009JD012157, 2010।
6. स्कोफील्ड, आर.ए., 1987, 'द नेसडिस ओपरेशनल कनवेक्टिव प्रेसिपिटेशन एस्टीमेशन टेकनीक', मॉन. विया रिब्यु 1792-1773, 115, 1।
7. वर्मा, ए.के., समीर पोखरेल, राकेश मोहन गैरोला, एंड विजय के. अग्रवाल, 2003, 'एन इम्पीरिकल एल्गोरिथ्म फॉर क्लाउड लिक्विड वाटर फ्राम एमएसएमआर एंड इट्स यूटिलाइजेशन इन रेन आइडेंटिफिकेशन', आईईईई ट्रांजेक्शनस ऑन जियोसाइंसेस एंड रिमोट सेंसिंग 1858-1853, (8) 41, 1।

- .8 वर्मा ,ए.के .,जी .लियु ,एंड वाई.जे .,नोह ,1994 ,सब पिक्सल स्केल वैरिएबिलिटी ऑफ रेनफॉल एंड इट्स एप्लीकेशन टू मिटिगेट द बीम-फिलिंग प्रोब्लम ,जर्नल ऑफ जियोफिजिकल रिसर्च ,109 ,D18210 , doi:10.1029/2004JD004968 ।
9. वर्मा ,ए.के .,जी .लियु ,2006 ,स्मॉल-स्केल हॉरिजोनटल रेनरेट वैरिएबिलिटी बाई सेटेलाइट ,मन्थली वेदर रिव्यू.2733-2722 ,(10) 134 ,
- .10 वर्मा ,ए.के .,जी .लियु ,ऑन क्लेसीफाइंग रेन टाइप्स यूज़िंग सेटेलाइट माइक्रोवेव ओब्ज़रवेशन्स ,जर्नल ऑफ जियोफिजिकल रिसर्च ,115 ,D07204, doi:10.1029/2009JD012058, 2010 ।
11. वाइसनटे ,जी.ए .,स्कोफील्ड ,आर.ए .,एंड मेनज़ेल डब्लू.पी ,1998 ,.द ओपरेशनल जीओईएस इन्फ्रारेड रेनफॉल एस्टीमेशन टेक्नीक । बुलेटिन ऑफ द अमेरिकन मिटियोरोलॉजिकल सोसाइटी 1898-1883 ,79 ,।
- .12 वाइसनटे ,जी.ए .,जे.सी .डेवेनपोर्ट ,एंड आर.ए .स्कोफील्ड ,2002 ,द रोल ऑफ ओरोग्राफिक एंड पेरेलेक्स करेक्शनस ऑन रियल टाइम हाई रिजोल्यूशन सेटेलाइट रेनफॉल रेट डिस्ट्रीब्यूशन ,इन्ट.जे .रिमो.सैं-221 ,(92 23 ,. 230।

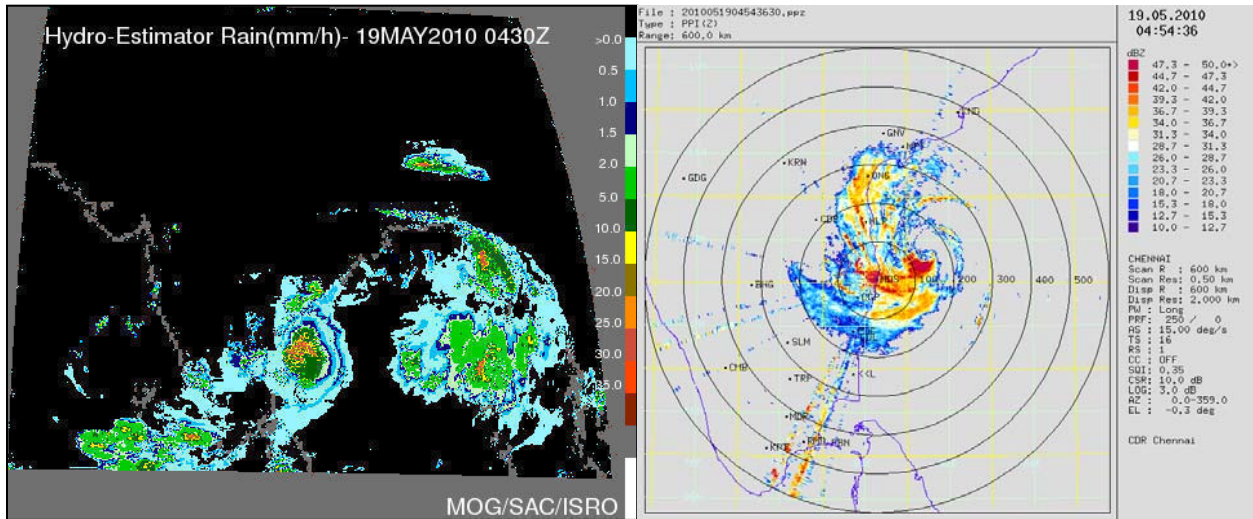


चित्र1- कल्पना द्वारा प्राप्त पिक्सल-स्तरीय प्रति घंटा वर्मा विधि द्वारा वर्षा तथा राष्ट्रीय समुद्रीय एवं वायुमंडलीय प्रबंध अमेरिका द्वारा प्राप्त वर्षा का आंकलन

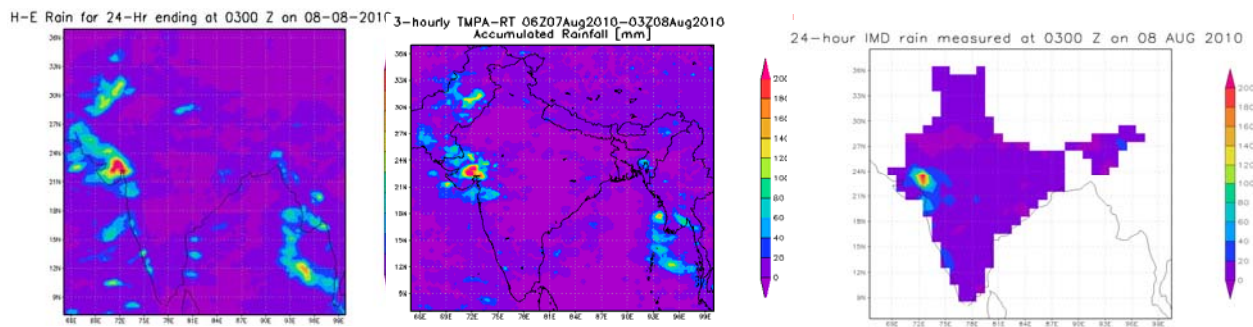


चित्र2- निशा चक्रवातीय तूफान के समय वर्मा विधि द्वारा प्राप्त तत्क्षणिक वर्षा तथा तटीय रेडार परिवर्तन का चित्र ।





चित्र3- लैला चक्रवातीय तूफान के समय वर्मा विधि द्वारा तत्क्षणिक वर्षा तथा चेन्नई स्थित तटीय रेडार परिवर्तन का चित्र ।



चित्र4- वर्मा विधि द्वारा 8-7अगस्त 2010की अहमदाबाद की अतिवर्षा का आंकलन )दैनिक वर्षा (तथा TRMM 3B42 और भारतीय मौसम विज्ञान द्वारा मापी गई वर्षा का चित्र ।





## इसरो/डेकू द्वारा उत्तर पूर्वी राज्यों के लिए तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र की स्थापना

जगदीश मूर्ति ,संदीप घोराई एवं विक्रम देसाई  
एसएनडीजी/डेकू/इसरो  
अहमदाबाद

ई-मेल:jagdismurthy@sac.isro.gov.in,  
sandip@sac.isro.gov.in  
vikram@sac.isro.gov.in

### प्रस्तावना

भारत का पहला तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र, उत्तरपूर्वीय राज्यों के लिए इसरो / डेकू द्वारा गुवाहाटी ,असम में स्थापित किया गया है। इसका मुख्य उद्देश्य, उत्तरपूर्वीय राज्यों में स्थापित एडयुसेट नेटवर्क का ओडिटिंग ,मोनिटरिंग, उपभोग और प्रशिक्षण करना है। यह सात उत्तरपूर्वीय राज्यों में से 4 राज्यों में (असम ,मेघालय ,अरुणाचल प्रदेश एवं त्रिपुरा (में कार्यरत है। ये सात राज्य निम्नलिखित हैं : असम ,मेघालय ,अरुणाचल प्रदेश ,त्रिपुरा, मिज़ोरम ,नागालैण्ड एवं सिक्किम। तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र की स्थापना 25दिसम्बर 2010 ,में गुवाहाटी ,असम में ,डेकू/ इसरो की पहल पर ,मेहदीबाग कम्प्यूटर प्राइवेट लिमिटेड द्वारा की गई। चित्र 1-में असम गुवाहाटी में स्थित तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र के कार्यकर्ता के साथ डेकू/इसरो के अभियंता को दर्शाया गया है।



चित्र 1-असम गुवाहाटी में स्थित तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र कार्यकर्ता के साथ डेकू/इसरो के अभियंता

### 1.0 एडयुसेट नेटवर्क

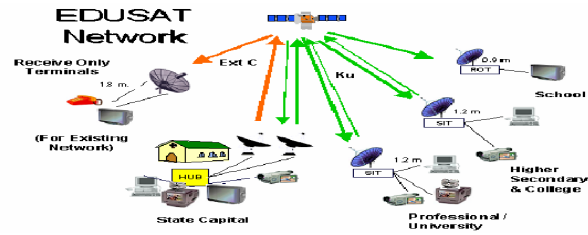
उत्तर-पूर्वीय राज्यों में स्थित एडयुसेट नेटवर्क के तहत हर राज्य में 50अन्योन्यक्रिया टर्मिनल प्रतिष्ठापित एवं अधिकृत किए गए हैं। केवल असम राज्य में 34अन्योन्यक्रिया टर्मिनल हैं। टीचिंग केंद्र हर राज्य की राजधानी में स्थापित किया गया है। चित्र 2-में उत्तरपूर्वीय राज्यों के लिए तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र को दर्शाया गया है। जैसे –

- असम में गुवाहटी में
- मेघालय में शिलॉंग में
- त्रिपुरा में अगरतला में
- अरुणाचल प्रदेश में इटानगर में
- मिज़ोरम में आईजॉल में
- नागालैंड में कोहिमा में एवं
- सिक्किम में गंगटोक में



चित्र 2-में उत्तरपूर्वीय राज्यों के लिए तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र

टीचर टीचिंग एंड में पढाएंगे। विभिन्न क्षेत्रों में विद्यार्थी टीचर को देख सकते हैं और उनके ज्ञान का लाभ उठा सकते हैं। अगर विद्यार्थी टीचर से प्रश्न पूछना चाहें तो ये सुविधा भी हाथ उठाने के जरिए (उपलब्ध है)। जितने विद्यार्थी प्रश्न पूछना चाहें, उनके नाम टीचिंग एंड में रजिस्टर हो जाएंगे। टीचर अपने अनुसार विद्यार्थियों का उत्तर दे सकते हैं। समय कम होने पर ई-मेल में भी प्रश्नों के उत्तर भेजे जा सकते हैं। बोर्ड शेरिंग जिसमें सफेद बोर्ड में टीचर क्या लिख रहा है, भी विद्यार्थी एक साथ देख सकते हैं। विद्यार्थी कार्यक्रम को रिकार्ड भी कर सकते हैं जिसे वह अपनी सुविधा के अनुसार भी देख सकते हैं। अन्योन्यक्रिया टर्मिनल में एक टीचर कई लोगों तक पहुँच सकता है। चित्र 3- में एडयुसेट नेटवर्क को दर्शाया गया है।



चित्र 3- एडयुसेट नेटवर्क

इंटरएक्टिव टर्मिनल लगाने का मुख्य उद्देश्य है:

- (1) वार्तालाप (ओडियो विडियो)
- (2) विडियो सम्मेलन
- (3) फाइल बदली
- (4) ई-मेल
- (5) सफेद बोर्ड शेरिंग
- (6) अध्यापक कक्षा की हाजिरी भी ले सकता है।

### 1.1.1 अन्योन्यक्रिया टर्मिनल/ सेटेलाइट इन्टरेक्टिव टर्मिनल )एस.आई.टी)

हब से प्रोग्राम को रिसिव करता है और कक्षा से सिग्नल को हब तक पहुँचाता है । एस.आई.टी.की संरचना में निम्नलिखित यंत्र होते हैं ।

- (1) आऊटडोर यूनिट
- (2) इन्डोर यूनिट

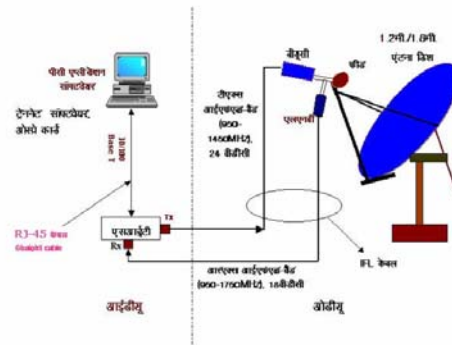
#### 1.1.2 आऊटडोर यूनिट (ओ.डी.यू)

1.2 मीटर एंटेना कु बैंड के लिए एवं 2w ब्लॉक कनवर्टर (बी.यू.सी.) लो नोइस ब्लॉक कनवर्टर (एल.एन.बी.सी) और फीड । 1.2 मीटर एंटेना डिश, सपोर्टिंग रोड, फीड, बीयूसी एवं एल एन बी की संयुक्त संरचना है । बीयूसी एवं एलएनबी फीड के साथ सीधा जुड़ा है । इन्टर फैसिलिटी लिंक केबल (आईएफएल) जो कि 30 मीटर लंबाई का है, बीयूसी एवं एलएनबी को आई डी यू के टी एक्स और आर एक्स पोर्टस से सीधा जोड़ता है ।

#### 1.1.3 इन्डोर यूनिट )आई.डी.यू)

- एस.आई.टी.
- पी सी
- क्लास रूम पेरिफेरल
- 1 के वी ए यू. पी. एस. 4 घंटे के बैक अप के साथ

चित्र.-4 में 1.2 मी. अन्योन्यक्रिया टर्मिनल, आऊटडोर यूनिट एवं इंडोर यूनिट को दर्शाया गया है।



चित्र.(4) में 1.2 मी. अन्योन्यक्रिया टर्मिनल, आऊटडोर यूनिट एवं इंडोर यूनिट

## 2.0 तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र का कार्यक्षेत्र

तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र का मुख्य कार्य हब के अन्योन्यक्रिया टर्मिनल के समन्वय के साथ मिलकर यह देखना है कि कितने अन्योन्यक्रिया टर्मिनल रोजाना कार्यशील है अथवा अगर वह कार्य नहीं कर रहे हैं तो ठेकेदार का क्षेत्र अभियंता सुदूर साइट का दौरा करके उस कमी को दूर करने की कोशिश करेगा। कमी दूर न होने पर क्षेत्र अभियंता हेल्प डेस्क में

शिकायत को दर्ज करा देगा एवं जब तक शिकायतें दूर नहीं हो जाती, तब तक अभियंता प्रभारी सेवा उपलब्ध कराने वाले की अनुवर्ती कार्रवाई करता रहेगा। क्षेत्र अभियंता /तकनीशियन, नेटवर्क की दूरस्थित अन्योन्यक्रिया टर्मिनल की कार्य स्थिति जानने के लिए समय-समय पर उनका दौरा करते रहते हैं। इन सभी कार्रवाई की रिपोर्ट अभियंता प्रभारी डेकू/इसरो का हर महीने भेजता है। तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र डेकू/इसरो की सहायता से वस्तुओं (जिनमें यू.पी.एस. बैटरी भी शामिल है) को उपलब्ध कराने नोडल एजेन्सियों की मदद करते हैं।

तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र का कार्यक्षेत्र निम्नलिखित है:

- (1) ओडिटिंग
- (2) मोनिटरिंग
- (3) उपभोग
- (4) प्रशिक्षण

### 2.1 ओडिटिंग

अन्योन्यक्रिया टर्मिनल की ओडिटिंग, मोनिटरिंग, उपभोग, एवं प्रशिक्षण को देखने के लिए ठेकेदार ने एक अभियंता प्रभारी एवं हर राज्य में एक क्षेत्र अभियंता को नियुक्त किया है। चित्र 5-में शिलांग में 3.8मी एन्टेना का परिक्षण दर्शाया गया है। ये क्षेत्र अभियंता निम्नलिखित चीजों की ओडिटिंग करेंगे:

1. एंटेना की नींव की गुणता
2. आर एफ कनेक्टर का जंग बचाव /पेंट/पानी से बचाव
3. एंटेना के पेंच, नट बोल्ट की ठीक से जांच
4. एंटेना की इलेक्ट्रिकल अर्थिंग
5. आउटडोर यंत्र में हारनैसिंग द्वारा केबल का बचाव
6. संस्थापन की गुणता
7. यू.पी.एस की क्रियाशीलता एवं बैटरी की स्थिति
8. अन्योन्यक्रिया टर्मिनल के उपभोग



चित्र 5-शिलांग में 3.8मी एन्टेना का परिक्षण

## 2.2 मॉनीटरिंग

एड्यूसैट उटलाइजेशन प्रोजेक्ट के अंतर्गत, दूर शिक्षा के तहत - हब, एस.आई.टी., को उत्तर पूर्वीय राज्यों के विभिन्न प्रांतों में संस्थापित एवं नियोजित किया गया है । एड्यूसैट प्रोग्राम का प्राथमिक लक्ष्य विद्यार्थियों के लिए संचार जाल को सुदृढ़ करना है । इसके लिए यंत्र विभिन्न जगहों पर संस्थापित किए गए हैं पर ये देखना है कि क्या वो ठीक तरह

से कार्यशील है एवं क्या विद्यार्थियों को इन प्रोग्राम से लाभ मिल रहा है ? अभी तक ये भी पूरी जानकारी नहीं है कि क्या विद्यार्थी विभिन्न अन्वोन्यक्रिया टर्मिनल पर ये प्रोग्राम देखते हैं या नहीं ? यह नेटवर्क क्रियाशील है एवं इसका उपयोग हो रहा है, ये देखने के लिए वहाँ जाना होगा एवं देखना होगा इसलिए ये प्रस्ताव रखा है कि एक ठेकेदार का चुनाव करें जो वहाँ की कार्यशैली देखे एवं पूरी कामगिरी की रिपोर्ट डेकू/इसरो को दे । इसके लिए हर उत्तरपूर्वीय राज्य में 50 अन्वोन्यक्रिया टर्मिनल कक्षाएं हैं । केवल असम राज्य में 34 अन्वोन्यक्रिया टर्मिनल हैं जहाँ पर ठेकेदार तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र के तहत मॉनीटरिंग करेंगे एवं रिपोर्ट डेकू इसरो में भेजेंगे । चित्र-6 में डेकू/इसरो के अभियंता द्वारा तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र की जाँच को दर्शाया गया है ।

ठेकेदार निम्नलिखित चीजों की मॉनीटरिंग करेंगे।

1. हर दिन कितने प्रोग्राम चलते हैं एवं कितने समय तक
2. एक महीने में कितने प्रोग्राम देखते हैं ।
3. यंत्र के लिए बिजली मिल रही है या नहीं ,
4. किस तारीख और कितने समय तक प्रोग्राम नहीं देखे जा सके ।
5. महीने में कितनी छुट्टियाँ हैं, जब प्रोग्राम बंद रहते हैं ।
6. पुर्जे की खराबी की वजह से कितने घंटे तक प्रोग्राम देखने को नहीं मिले?
7. विद्यार्थी जो प्रोग्राम देखते हैं उसमें उन्हें अध्यापकों से सलाह मिलती है या नहीं
8. प्रोग्राम के दौरान विद्यार्थियों की हाजिरी



चित्र 6-डेकू/इसरो के अभियंता द्वारा तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र की जांच

### 2.3 उपभोग

तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र को यह देखना है कि रोजाना नेटवर्क का उपयोग कितने समय तक हो रहा है। इसके अलावा तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र प्रसारण का परिक्षण भी करता है, जिससे नेटवर्क की कार्यशैली का पता चल सके) मुख्यतः अन्योन्यक्रिया टर्मिनल) तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र विषय वस्तु के बारे में जानकारी देता है। जो सामान, चोरी हो गया हो, उसे परिवर्तित करने का उपाय व सुझाव भी तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र द्वारा दिया जाता है। चित्र 7-- में 3.8 मी. हब एंटेना को दिखाया गया है।



चित्र 7 - 3.8 मी. हब एंटेना

### 2.4 प्रशिक्षण

जब भी जरूरी होता है, क्षेत्र अभियंता /तकनीशियन अन्योन्यक्रिया टर्मिनल के साइट समन्वय को टेलीफोन अथवा ई-मेल के माध्यम से " हैण्डस ऑन ऑपरेश्रल प्रशिक्षण" देते हैं। साइट समन्वय को साइट देखने के समय ऑपरेश्रल प्रशिक्षण भी दिया जाता है। क्षेत्र अभियंता/तकनीशियन, अन्योन्यक्रिया टर्मिनल के नेटवर्क एवं शिक्षा केंद्र की, एक छोर से दूसरी छोर तक कनेक्टिविटी को भी मॉनीटर करते हैं। इस प्रकार समन्वयकर्तों की निरंतर प्रशिक्षण योजना बनाई जाती है। चित्र 8-- में असम गुवाहाटी के शिक्षा केंद्र में सह-स्थापित कक्षा के बीच वार्तालाप।



चित्र 8-असम गुवाहाटी के शिक्षा केंद्र में सह-स्थापित कक्षा के बीच वार्तालाप

### 3.0 तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र के अंतरसंरचना

तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र हर कार्यदिवस पर कार्यरत रहेगा। छुट्टी के दिन भी जरूरत पड़ने पर तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र की सेवा मिल सकती है। इसके कार्यालय में टॉल फ्री टेलीफोन लाइन /लैंड लाइन /फैक्स एवं इंटरनेट की सुविधाएं हैं। कार्यालय के इन सभी प्रबंधनों के लिए अभियंता प्रभारी जिम्मेदार है।

अभियंता प्रभारी गुवाहाटी, असम में रहकर इन सब क्षेत्र अभियंता के कार्य को देखेगा। तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र में इंटरनेट कनेक्शन, टॉल फ्री टेलीफोन, फैक्स, स्पैक्ट्रम एनालायजर, लैपटॉप कम्प्यूटर एवं दो मोबाइलों की सुविधा है।

अगर अन्योन्यक्रिया टर्मिनल की कार्यशैली में कोई भी बाधा आ रही है, जो क्षेत्र अभियंता द्वारा ठीक नहीं हो पा रही है, तो वे टॉल फ्री टेलीफोन नंबर अथवा फैक्स या इमेल द्वारा उस शिकायत को दर्ज कर सकते हैं। अभियंता प्रभारी इन शिकायतों को भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लिमिटेड (बी.ई.एल.) के केन्द्रीय कार्यालय के टॉल फ्री टेलीफोन में दर्ज कर देगा। अब बी.ई.एल. के अभियंता इन शिकायतों को ठीक करेंगे। अन्योन्यक्रिया टर्मिनल की मोनिटरिंग गुवाहाटी के तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र में की जायेगी यहां पर 1.2मीटर का ऐन्टिना प्रतिष्ठापित किया जायेगा, जो हरेक राज्य के हब में दर्ज किया जाएगा।

### 4.0 उपसंहार

तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र उत्तर पूर्वीय राज्यों के एडयुसेट नेटवर्क के सुगम तरीके से कार्य, अनुवर्ती कार्रवाई, स्थिरता एवं भविष्य में टर्मिनलों की बढोत्तरी, के लिए सहयोग देगा, जिससे एडयुसेट नेटवर्क का उत्तर पूर्वीय राज्यों में अच्छी तरह से उपयोग किया जाए।

## 5.0 संदर्भ

- एडयूसैट कक्षा द्वारा क्षमता बढ़ोत्तरी नामक टेकनिकल पेपर श्री विक्रम देसाई एवं अन्य ने इंडियन नेशनल कार्टोग्राफिक एसोशियेशन (आई एन सी ए (में गाँधीनगर में वर्ष 2008 में प्रस्तुत किया था ।
- टेक्निकल पेपर 'एडयूसैट नेटवर्क के द्वारा शिक्षा एवं तकनीक की बढ़ोत्तरी' पर लेखक श्री विक्रम देसाई एवं अन्य ने यह पेपर अंतर्राष्ट्रीय कॉन्फ्रेंस अंतरिक्ष तकनीक एवं कार्यशैली के उभरते हुए रहस्य -2008 (ई एस एस टी ए (चेन्नई में प्रस्तुत किया था ।
- सुदूर संवेदन एवं संचार उपग्रहों के नए आयाम एवं उपयोग पर 'पश्चिम बंगाल का एडयूसैट नेटवर्क' द्वारा संदीप घोराई एवं विक्रम देसाई, जनवरी 29, 2009.
- टेलीएड्यूसैट पर संदीप घोराई एवं विक्रम देसाई का पत्र ,अभिव्यक्ति ) 2009तृतीय अंक(
- अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एडयूसैट का सामाजिक विकास में उपयोग ,तकनीकी हिंदी सेमिनार जनवरी 19एवं ,2010 ,20 लेखक संदीप घोराई एवं विक्रम देसाई ।





## क्या तीव्र कृषीकरण से भारतीय मानसून कमजोर हो रहा है ?

चन्द्रमोहन किष्टवाल, रणधीर सिंह, नीरु जयसवाल

वायुमंडलीय विज्ञान विभाग

वायुमंडल एवं समुद्र विज्ञान समूह

अन्तरिक्ष उपयोग केन्द्र

अहमदाबाद

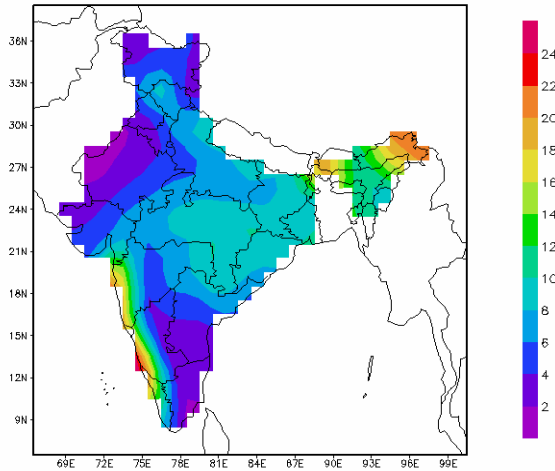
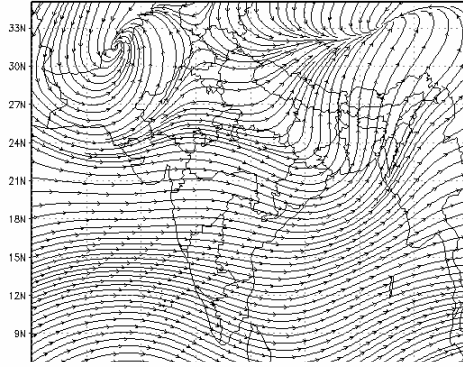
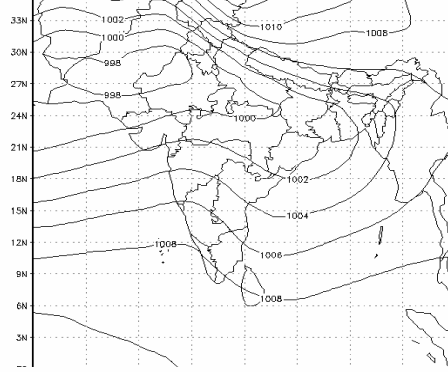
### सारांश

भारतीय मौसम विज्ञान विभाग द्वारा निर्मित दैनिक वर्षा के आँकड़ों व उपग्रह से प्राप्त भूसतह की समुक्तियों के विश्लेषण से अनुमान दूसरा शब्द होता है कि सम्भवतः उत्तर पश्चिमी भारत में हो रहे तीव्र कृषिकरण से उस स्थान पर होने वाली मानसूनी वर्षा में कमी आई है। कारणात्मक विश्लेषण भी दर्शाते हैं कि कुछ क्षेत्रों में मानसून से पहले होने वाली खेती, बाद में होने वाली वर्षा को प्रभावित कर सकती हैं। यह अध्ययन इंगित करता है कि मानवीकृत भूसतह परिवर्तन, जैसे शहरीकरण, वनों की कटाई या तीव्र कृषिकरण स्थानीय स्तर पर जलवायु को प्रभावित कर सकते हैं।

### प्रस्तावना

ग्रीष्मकालीन भारतीय मानसून, जो अक्सर जून से सितम्बर तक होने वाली वर्षा के मौसम का ही दूसरा नाम है, भारतीय उपमहाद्वीप के सामाजिक, आर्थिक और सांस्कृतिक जीवन को बहुत अर्थपूर्ण ढंग से प्रभावित करता है। अति प्राचीन काल से आज तक यदि भारतीय सभ्यता अपने प्रागैतिहासिक स्वरूप में बनी रह पाई है तो इसका एक कारण मानसून की निरन्तरता और अपरिवर्तनशीलता भी है। लेकिन हाल के वर्षों में मानवीय गतिविधियों की तीव्रता और मानव द्वारा भूसतहों में किये जा रहे अंधाधुंध परिवर्तनों का असर अब मानसून पर दिखने लगा है (गोस्वामी इत्यादि, 2006, किष्टवाल इत्यादि, 2009), हालांकि पूरे देश के स्तर पर देखा जाये तो औसत मानसूनी वर्षा में परिवर्तन लगभग नगण्य ही है (श्रीवास्तव इत्यादि, 1992), लेकिन स्थानीय स्तर पर ये परिवर्तन स्पष्ट रूप से दिखने लगे हैं। ऐसा नहीं है कि वर्षा में परिवर्तन सिर्फ मानवीय गतिविधियों का ही परिणाम हों। प्राकृतिक कारणों (जैसे सौर गतिविधियों में परिवर्तन (से भी वर्षा में बड़े परिवर्तन आ सकते हैं। जलवायु परिवर्तन पर अन्तर सरकारी पैनल) आई.पी.सी.सी. (की 2007 रिपोर्ट में इस बात पर बल दिया गया है कि वर्षा परिवर्तनों के प्राकृतिक एवं मानवजनित कारणों का पता लगाया जाय और इस बात का भी कौन सी गतिविधि कितने परिवर्तन के लिए जिम्मेदार है) आई.पी.सी.सी. (2007), अभी तक किये गये अध्ययनों में बहुत कम ऐसे हैं जिन्होंने इन तथ्यों का विश्लेषण स्थानीय कारकों के दृष्टिकोण से किया हो। भूसतह पर किये जा रहे तीव्र परिवर्तन एक ऐसा कारक है जो जलवायु को स्पष्ट रूप से प्रभावित करने की क्षमता रखता है। भारत में तेजी से बढ़ती जनसंख्या के लिये भोजन व आवास की आवश्यकताओं की पूर्ति कैसे की जा सकती है? इसके लिये लगातार कृषि सुधार की आवश्यकता होती है जिसका अर्थ है व्यापक पैमाने पर खेती व सिंचाई, एक ही खेत में साल-भर फसलें बदल बदल कर खेती करना और मौसम की निर्भरता में कमी लाना। साथ ही, आवास के लिये लगातार शहरीकरण भी आवश्यक है, जो कि विद्यमान शहरों की सीमाओं के विस्तार से या नये शहरों को बसा कर हासिल किया जाता है। ये सभी गतिविधियाँ एकीकृत रूप में भूसतह को अच्छे-खासे ढंग से प्रभावित करती हैं। लेकिन क्या भूसतह का परिवर्तन मानसून जैसे विशाल वायुचक्र को प्रभावित कर सकता है? इस पश्चात् उत्तर इस बात पर निर्भर करता है कि भूसतह परिवर्तन किस स्तर पर और किस स्थान पर किया जा रहा है। यह सर्वविदित है कि मानसूनी वायुचक्र का कारण है भूसतह और समुद्र के तापमान में अन्तर। गर्मी के मौसम में भूमि बहुत तेजी से तपती है, जबकि समुद्र धीरे-धीरे। इस प्रकार

जून के महीने तक उत्तर-पश्चिम भारतीय उपमहाद्वीप (राजस्थान, पंजाब व पाकिस्तान के सिंध-पंजाब का मिला जुला क्षेत्र) पर एक कम दबाव का क्षेत्र बन जाता है। यह माना जाता है कि मानसूनी वायुचक्र की शुरुआत इसी कम दबाव के क्षेत्र से होती है, क्योंकि यह समुद्र से आने वाली हवाओं की दिशा को चक्रवाती दिशा में मोड़ देता है (रेमेज, 1971, इसी कम दबाव वाले क्षेत्र के कारण मानसून उत्तर भारतीय क्षेत्रों तक भी पहुँचता है। यह प्रक्रिया चित्र 1-द्वारा समझी जा सकती है जो जून माह में सतह के औसत दबाव व वायु चक्रको प्रदर्शित कर रहा है। यदि इस कम दबाव वाले क्षेत्र में ऐसे परिवर्तन हो जायें जिससे यह सूर्य की ऊष्मा को सोखने में कम सक्षम हो, तो इससे दबाव की तीव्रता व क्षेत्रफल दोनों प्रभावित हो सकते हैं। कालान्तर में यह वायुचक्र को प्रभावित कर सकता है और तब स्थानीय स्तर पर वर्षा पर प्रभाव पड़ सकता है। इन्हीं तथ्यों का विश्लेषण इस लेख में किया गया है।

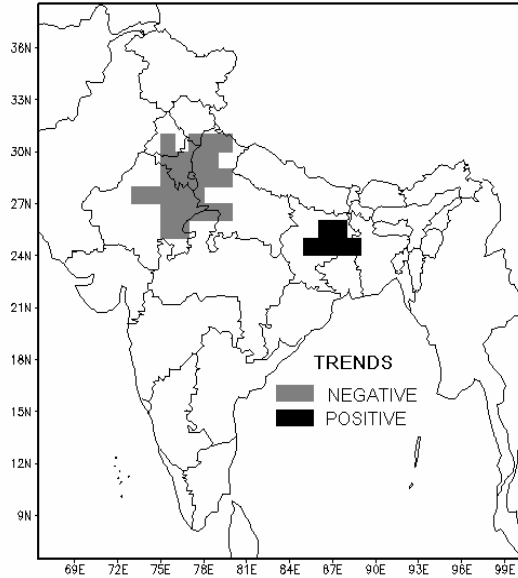


चित्र: 1- जून माह में सतह के औसत दबाव वायु चक्र व मानसूनी वर्षा.

**.2 आँकड़ें एवं विश्लेषण:-** इस अध्ययन के लिये हमने भारतीय मौसम विज्ञान विभाग द्वारा तैयार वर्षा आँकड़ों का प्रयोग किया (राजीवन इत्यादि (2006 ,सूक्ष्मतरंगों पर आधारित भू-आर्द्रता के )बसिस्त इत्यादि (1998आँकड़े ,एसएसएम/आई उपग्रह संवेदक के अवलोकनों द्वारा 1988और 2002के बीच उपलब्ध थे ,इनका भी प्रयोग किया गया । सामान्यीकृत वनस्पति सूचकांक )एनडीवीआई (के आँकड़े जो एवीएचआरआर )नोआ (के अवलोकनों पर आधारित थे ,प्रयोग में लाये गये । इन आँकड़ों के आधार पर हमें यह विश्लेषण करना था कि अ (क्या स्थानीय स्तर पर वर्षा में कुछ असामान्य परिवर्तन हुये हैं ? ब (क्या भू-सतह परिवर्तन इसके लिये जिम्मेदार है ? स (भू-सतह परिवर्तन किस प्रकार वर्षा को प्रभावित कर सकते हैं ?

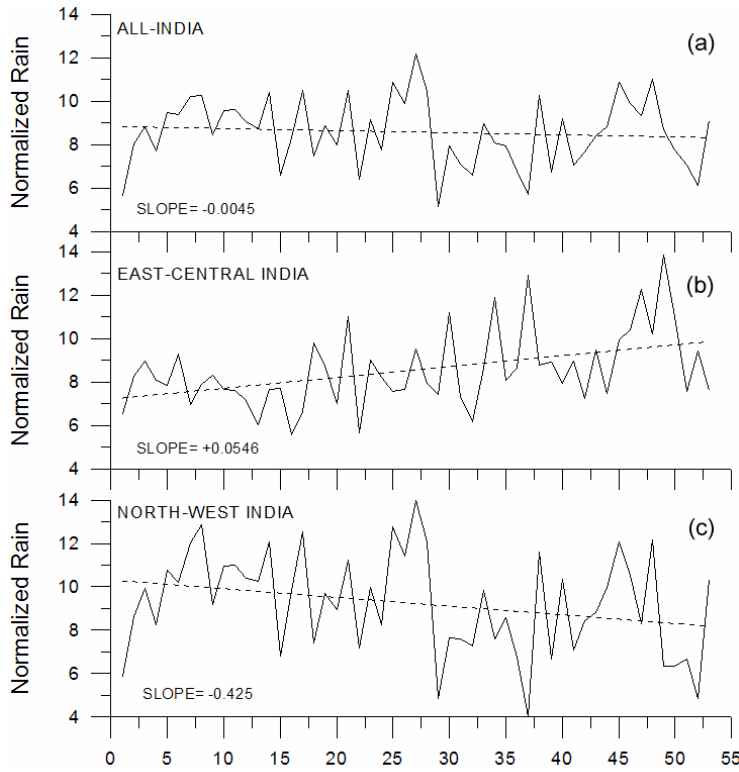
यहाँ पर कारणात्मक विश्लेषण की चर्चा करना उपयुक्त होगा । यदि दो घटनायें साथ-साथ हो रही हों और उनमें एक अच्छा सहसम्बन्ध भी हो )CORRELATION) तो क्या यह माना जा सकता है कि एक घटना के कारण दूसरी घटना हो रही है ? यह साबित करना आसान नहीं है । इसलिये हमने एक नई पद्धति का प्रयोग किया जिसे “कारणात्मक विश्लेषण” या कोज़ल एनालिसिस कह सकते हैं । यों तो कारणात्मक विश्लेषण शताब्दियों से आध्यात्मिक चर्चा का विषय रहा है ,किन्तु अब यह गुणनात्मक रूप से गणित के नियमों का पालन कर किया जा सकता है । यहाँ हमने कारणात्मक विश्लेषण के लिये जिस पद्धति का प्रयोग किया वह कुछ संरचनात्मक समीकरणों पर आधारित है जिसका नाम है “चक्रीय कारणात्मक अन्वेषण”) सायक्लिक कोज़ल डिस्कवरी) (रिचार्डसन (1996 ,पद्धति .उत्सुक पाठक इस लेख से इस पद्धति की पूरी जानकारी प्राप्त कर सकते हैं।

**परिणाम:** मानसूनी मौसम में भारत की औसत वर्षा 86सेमी पाई गई जिसका माध्य विचलन 9.5सेमी था । यदि हम ऐसे क्षेत्र ढूँढे जहाँ वर्षा में सर्वोच्च परिवर्तन देखने को मिला ,तो वह दो क्षेत्र हैं । एक उत्तर-पश्चिम भारत का क्षेत्र जहाँ वर्षा में लगभग 20% की कमी आई है ,और पूर्वी भारत क्षेत्र जहाँ यह लगभग 35% बड़ी है )चित्र .(2-उल्लेखनीय है कि सम्पूर्ण भारतीय क्षेत्र को एक साथ देखने पर यह परिवर्तन नजर नहीं आते )चित्र-3-अ .(ध्यान देने योग्य बात यह है कि जिन क्षेत्रों में पिछले 55वर्ष के दौरान (2005-1951)कमी पाई गई ,वे भारत के प्रमुख कृषि उत्पादक क्षेत्रों में आते हैं । हालांकि कृषि के आधुनिकीकरण से इन क्षेत्रों में सिंचाई की प्रधानता है और वर्षा पर निर्भरता कम है ,किन्तु यदि वर्षा में इसी प्रकार कमी जारी रहती है तो सिंचाई के श्रोत )मुख्यतः भूजल (संकट में पड़ सकते हैं ।

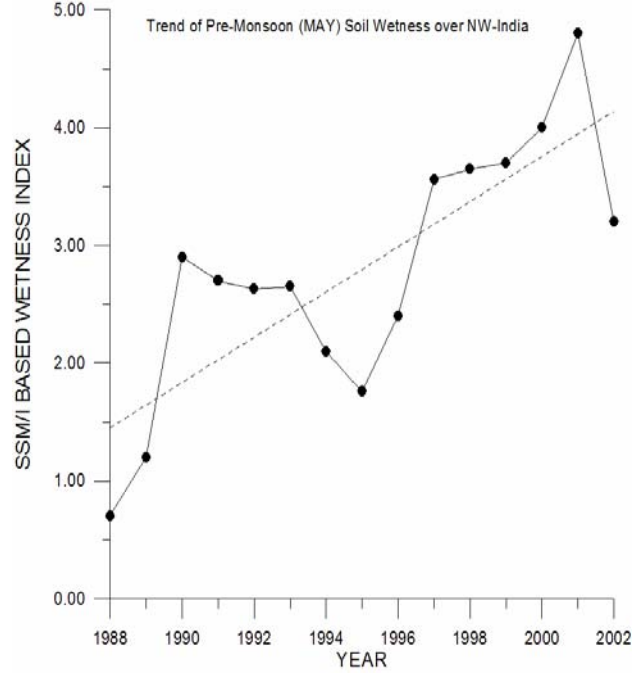


चित्र : 2-पिछले 55वर्ष के दौरान (2005-1951)मानसूनी वर्षा में सर्वोच्च परिवर्तन के क्षेत्र.

अब प्रश्न यह उठता है कि कहीं कृषि की तीव्रता ही तो वर्षा की कमी की जिम्मेवार नहीं? अन्य अध्ययनों से यह पाया गया कि उत्तर-पश्चिम भारत में मानसून से पहले के महीनों में चावल बोने का प्रचलन कुछ दशकों से बढ़ा है। साथ ही चावल की खेती सिंचाई माध्यमों से की जा रही है और विगत वर्षों में इस कारण इसकी बुआई का समय पहले हो गया है (सिंह इत्यादि, 2006) इसका अर्थ यह है कि चूँकि चावल एक जल अधिकता वाली फसल है, मानसून से पहले उत्तर-पश्चिमी भारत का एक बड़ा क्षेत्र पानी से भरा रहता है। यह एक सामान्य स्थिति नहीं है। जल की उपस्थिति भू-सतह को ठंडा रखती है, और सौर ऊष्मा के अवशोषण में बाधक है। उपग्रह के आंकड़े भी बताते हैं कि 1982 से 2002 के बीच उत्तर-पश्चिमी भारत के मई महीने की भू-आर्द्रता में पांच गुना (4-से अधिक वृद्धि पाई गई)। भू-सतह पर इतना तीव्र व इतना विस्तृत परिवर्तन, स्थानीय जलवायु के परिवर्तन का कारण हो सकता है। भू-सतह के परिवर्तन सौर ऊर्जा के अवशोषण व परावर्तन में भारी बदलाव ला सकते हैं जो लम्बे समय बाद वायुचक्र के परिवर्तन में परिलक्षित हो सकता है।

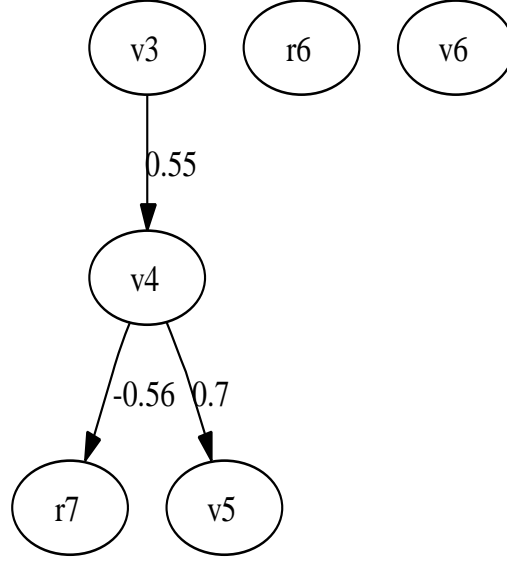


चित्र : 3- पिछले 55 वर्ष के दौरान (2005-1951) मानसूनी वर्षा में परिवर्तन.



चित्र : 4- पिछले 21 वर्ष के दौरान (2002-1982) उत्तर-पश्चिम भारत में मई महीने की भू-आद्रता में परिवर्तन.

**कारणात्मक विश्लेषण** – वनस्पति सूचकांक का विश्लेषण बताता है कि जनवरी से मार्च तक उत्तर-पश्चिम भारत में 1981 और 2003 के बीच स्पष्ट वृद्धि पाई गई। अप्रैल से जून के मध्य, दक्षिण भारत में यह वृद्धि देखने को मिली। चौकाने वाला तथ्य यह था कि दक्षिण भारतीय वनस्पति में वृद्धि (अप्रैल से जून माह तक (और जुलाई में होने वाली वर्षा में ऋणात्मक सहसम्बन्ध था। अर्थात् मानसून से पूर्व वनस्पति की अधिकता और वर्षा की कमी में स्पष्ट सम्बन्ध था। किन्तु इतने से यह नहीं कहा जा सकता कि वर्षा की कमी वनस्पति की अधिकता के कारण थी। “चक्रीय कारणात्मक विश्लेषण” का प्रयोग दक्षिण भारत में  $12^\circ$  से अधिक  $18^\circ$  अक्षांश के बीच के आंकड़ों पर किया गया क्योंकि इसी क्षेत्र में वनस्पति और कुछ माह होने वाली वर्षा के बीच सार्थक किन्तु ऋणात्मक सहसम्बन्ध पाये गये थे। चित्र 5-कारणात्मक विश्लेषण के परिणामों को दर्शाता है कि वनस्पति की अधिकता कालान्तर में होने वाली मानसून वर्षा को प्रभावित करता है। इस चित्र में ‘V’ वनस्पति को इंगित करता है व ‘r’ वर्षा को। ‘V’ और ‘r’ के साथ सूचकांक महीने के परिचायक है, जैसे  $V_4$  अप्रैल की वनस्पति और  $r_7$  जुलाई की वर्षा को दर्शाता है।



चित्र 5-कारणात्मक विश्लेषण के परिणाम

तीर की दिशा कारण की दिशा निर्देशित करता है , व तीर के साथ लगे अंक सहसम्बन्ध गुणांक है जो तीर के छोर पर दिखाये गये कारकों के बीच का सम्बन्ध दर्शाता है । यह चित्र दिखाता है कि मार्च की वनस्पति अप्रैल की वनस्पति को प्रभावित करती है जो कि एक स्वाभाविक वनस्पति जीवन चक्र से संबंधित प्रक्रिया है । रोचक परिणाम यह है कि कि अप्रैल की वनस्पति जुलाई यानी मानसून की वर्षा को विपरीत ढंग से ) ऋणात्मक सह सम्बन्ध (प्रभावित करती है । अर्थात् वनस्पति की अधिकता वर्षा में कमी लाती है । मई की वनस्पति और जुलाई की वर्षा में सहसम्बन्ध सार्थक नहीं पाया गया , न ही जून की वर्षा का सम्बन्ध किसी माह की वनस्पति से ।

### कारणों की चर्चा व निष्कर्ष

वनस्पति की अधिकता )पूर्व मानसून काल में (कैसे मानसूनी वर्षा को प्रभावित कर सकती है ? प्राकृतिक जलवायु चक्र में ग्रीष्म काल आते-आते वनस्पति का ह्रास होने लगता है और मिट्टी की पर्त उभर आती है जो सूर्य के विकीरण को अवशोषित कर तापमान को लगातार बढ़ने में सहायक होती है । गर्म भू-सतह मानसून के प्रादुर्भाव

व उसकी तीव्रता के लिये आवश्यक है । किन्तु यदि कृत्रिम रूप से सिंचाई द्वारा इस मिट्टी की पर्त को वनस्पति से ढक दिया जाये तो भू-सतह पर

विकीरण ऊर्जा के अवशोषण और परावर्तन में बदलाव आ जाता है और वनस्पति अधिक ऊर्जा को परावर्तित करने लगती है । परिणामतः कम ऊर्जा अवशोषित होती है , और भू-सतह कम गर्म होती है । इससे मानसून वायु चक्र कमजोर पड़ने लगता है , और वर्षा प्रभावित होती है । वनस्पति-जन्य वाष्पीकरण से पृथ्वी की सतह की कुछ ऊष्मा भी गुप्त ऊष्मा के रूप में बाहर निकल जाती है । अर्थात् भू-सतह पर ऊष्मा और विकीरण के सन्तुलन के बदल जाने से बड़े परिवर्तन देखने को मिलते हैं ।

क्या इसी प्रकार की कारणात्मक संरचना उत्तर-पश्चिम क्षेत्र में भी देखी गई जहाँ हमने क्षेत्रीय वर्षा में गिरावट के संकेत पाये थे ? नहीं , क्योंकि अप्रैल माह उन क्षेत्रों के लिये चावल बुआई का समय होता है , और वनस्पति का लगभग अभाव होता है । अतः

यह संबंध बू-आर्द्रता और वर्षा के बीच नापा जाना चाहिये। यह शोध अभी जारी है और कालान्तर में इस पर चर्चा हम अवश्य करेंगे। किन्तु अब तक के परिणाम यह स्पष्ट संकेत देते हैं कि कृषिकरण की तीव्रता और मानसून वर्षा में संबंध है। दक्षिण भारतीय क्षेत्रों के लिये यह स्पष्ट है कि वनस्पति की अधिकता वर्षा में कमी का कारण है। उत्तर-पश्चिमी क्षेत्रों में अभी यह संकेत है कि भू-आर्द्रता का बढ़ना (पूर्व-मानसून काल में (और मानसून वर्षा का कम होना एक ही क्षेत्र से संबंधित हैं। आगे आने वाले विश्लेषण ,खासकर कारणात्मक विश्लेषण यह साबित कर पायेंगे कि वास्तव में कृषि संबंधित भू-आर्द्रता वर्षा कम होने का कारण है अथवा नहीं। ध्यान देने योग्य बात है कि इस लेख में सिर्फ उस कृषि गतिविधि के बारे में चर्चा की गई है जो मानसून से पहले के महीनों (अप्रैल-जून (में होती है। बाकी महीनों की कृषि में होने वाले परिवर्तनों का जलवायु पर क्या प्रभाव है ,यह एक अध्ययन का विषय हो सकता है।

#### संदर्भ:-

- बसिस्ट ए .,एन.ग्रोडी ,टी.पीटरसन और सी .विलियम्स (1998): यूजिंग स्पेशल सेन्सर माइक्रोवेव इमेजर )एसएसएम/आई ( टु मॉनिटर लैंड सर्फेस टेम्परेचर ,सायल वेटेनेस ,एण्ड स्नो कवर .जरनल ऑफ एप्लाइड मेटिओरोलोजी911-881 ,37 ,1998 ,
- गोस्वामी बी.एन .,बी .वेनुगोपाल ,डी .सेनगुप्ता ,एम.एस .मधुसुदन, और पी.के.जेवियर (2006): इनक्रीजिंग ट्रेड ऑफ एक्सट्रीमरेन इवेन्टस ओवर इन्डिया इन ए वार्मिंग एनवायरनमेंट । साइंस.1445-1442 ,314 ,
- आइ.पी.सी.सी(2007) .: क्लाइमेट चेंज 2007: द फिजिकल साइंस बेसिस: कॉन्ट्रिब्यूशन टु वर्किंग ग्रुप I टु द फोर्थ असैसमेन्ट रिपोर्ट ऑफ द आइ.पी.सी.सी) .एस सोलोमन आदि द्वारा सम्पादित 1009 (पृष्ठ ,कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय प्रेस ,कैम्ब्रिज ,यू.के.
- किष्टवाल सी.एम .,डी .नियोगी ,एम .तिवारी ,आर.ए .पिल्की ,और एम .शेफर्ड (2010): अर्बनाइजेशन सिग्रेचर इन द ऑक्सर्वड हेवी रेनफाल क्लाइमेटोलोजी ओवर इन्डिया .इन्टरनेशनल जरनल ऑफ क्लाइमेटोलॉजी.1916-30,13,1908 ,
- रैमेज सी.एस(1971) .: मानसून मेटियोरोलोजी .एकेडेमिक प्रेस ,न्यूयार्क 296 .पृष्ठ.
- राजीवन एम .,जे.भाटे ,जे.डी.काले ,और बी .लाल(2006) .: हाइ रिजोल्यूशन डेली रेनफाल डाटा फॉर इंडियन रीजन . एनालिसिस ऑफ ब्रेक एण्ड एक्टिव मानसून स्पेल्स .करेन्ट साइन्स.306-91,3,296 ,
- रिचार्डसन टी(1996) .: ए डिस्कवरी एल्गोरिथ्म फोर डाइरेक्टेड साइक्लिक ग्राफ्स .प्रोसीडिंग्स ऑफ द 12th कान्फरेन्स ऑन अनसर्टेन्टी इन अर्टिफिसियल इन्टेलिजेन्स .पोर्टलेण्ड ,ओरेगोन
- श्रीवास्तव एच.एन .,बी.एन .दीवान ,एस.के .दीक्षित ,जी.एस .प्रकाश राव ,एस.एस .सिंह और के.आर .राव (1992): डिकेटल ट्रेन्ड्स इन क्लाइमेट ओवर इन्डिया .मौसम.20-7 ,43 ,
- सिंह आर.पी .,एस.आर .ओझा ,और एम.आर .पंडया (2006): आबसर्विंग लॉग-टर्म चेंजेज इन राइस फिनोलोजी यूजिंग नोआ-ए.वी.एच.आर.आर .एण्ड डी.एम.एस.पी .- एस.एस.एम.आई .सेटेलाइट सेन्सर मेजरमेन्ट्स इन पंजाब ,इंडिया . करेन्ट साइन्स.1221-1217 ,91,9 ,