ISSN : 1549-523-X
Formerly UGC-CARE Listed Peer Reviewed Journal
वर्ष : 23, अंक 4, अक्टूबर–दिसम्बर 2025
Vol. 23, No. 4, October-December 2025

आज़ादी का अमृत महोत्सव

भारत 2023 INDIA
वसुधैव कुटुम्बकम्
ONE EARTH • ONE FAMILY • ONE FUTURE

विज्ञान प्रकाश
VIGYAN PRAKASH

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल
Research Journal of Science & Technology

लोक हिताय विज्ञानम्

लोक विज्ञान परिषद, दिल्ली
एवं
विश्व हिन्दी न्यास, न्यूयॉर्क
का प्रकाशन

Formerly UGC-CARE Listed Peer Reviewed Journal, ISSN: 1549-523-X
विज्ञान प्रकाश – विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष : 23, अंक 4, अक्टूबर–दिसम्बर 2025
VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology, Vol. 23, No. 4, Oct. - Dec. 2025

संस्थापक मुख्य संपादक / Founder Chief Editor

- स्व. प्रो. राम चौधरी / Late Prof. Ram Chaudhari
  54, Perry Hill Raod, Oswego, NY, 13126, USA
- स्व. प्रो. ओम विकास / Late Prof. Om Vikas
  Founder, Lok Vigyan Parishad
  Formerly, Director, ABV-IIITM, Gwalior
  & Sr. Director, MEITy, Govt. of India.

सलाहकार मंडल / Advisory Board

- डॉ. विजय कुमार सारस्वत / Dr. V.K. Saraswat
  Member, NITI Aayog, Govt. of India &
  Chancellor, Jawaharlal Nehru University, New Delhi.
  Formerly, Secretary, Defence (R&D) & Scientific
  Adviser to Raksha Mantri & DG DRDO
  (Ministry of Defence)
  vk.saraswat@gov.in
- प्रो. जगदीश नारायण / Prof. Jagdish Narayan
  Distinguished Chair Professor & Director,
  NSF Center for Advanced Materials and Smart
  Structures, Dept. of Materials Science and
  Engineering Centennial Campus,
  North Carolina State University,
  Raleigh, NC 27695-7907.
  J_Narayan@ncsu.edu
- प्रो. अशोक झुनझुनवाला / Prof. Ashok Jhunjhunwala
  Institute Professor, IIT Madras
  E301 IITM Research Park, Chennai 600113
  ashok@tenet.res.in
- डॉ. श्याम कुमार शुक्ल / Dr. Shyam K. Shukla
  Executive Director, World Hindi Foundation
  44949 Cougar Circle, Fremont, CA 94539, USA
  shuklas@comcast.net
- प्रो. आलोक कुमार / Prof. Alok Kumar
  Department of Physics, State University of New York,
  Oswego, New York 13126
  Alok.kumar@oswego.edu

ऑनलाइन प्रदर्श / Online Presence (Website)

- दिव्या शर्मा / Divya Sharma
  Designer's Bliss, Sydney. NSW, Australia
  www.designersbliss.com

मुद्रण सहयोग / Printing Support

- अतुल भाटिया / Atul Bhatia
  Delta Print House, Jaipur - 302021
  deltaprinthouse@hotmail.com

मुख्य संपादक / Chief Editor

- प्रो. ओउम प्रकाश शर्मा / Prof. Oum Prakash Sharma
  General Secretary, Lok Vigyan Parishad
  Additional Director, NCIDE,
  Indira Gandhi National Open University
  Maidan Garhi, New Delhi-110068
  opsharma@ignou.ac.in, editorvigyanprakash@gmail.com

प्रबंध संपादक / Managing Editor

- डॉ. आदर्श मंगल / Dr. Adarsh Mangal
  Department of Mathematics,
  Engineering College Ajmer - 305025
  dradarshmangal@vigyanprakash.in

संपादक–मंडल / Editorial Board

- प्रो. अनुपम शुक्ल / Prof. Anupam Shukla
  Director, SVNIT, Surat, Gujarat-395007
  dranupamshukla@gmail.com
- प्रो. कृष्ण कुमार मिश्र / Prof. Krishna Kumar Mishra
  Homi Bhabha Centre for Science Education, TIFR,
  Mumbai - 400088
  kkm@hbcse.tifr.res.in
- प्रो. प्रतापानंद झा / Prof. Prataapanand Jha
  Dean (Academics) and Director (Cultural Informatics)
  IGNCA, New Delhi
  pjha@ignca.nic.in
- प्रो. अवनीश कुमार / Prof. Avanish Kumar
  Dept of Math Sc & Comp App
  Bundelkhand University, Jhansi - 284128
  dravanishkumar@gmail.com
- प्रो. विशेष विकास / Prof. Vishesh Vikas
  Associate Professor
  The University of Alabama
  Tuscaloosa, Alabama, United States
  vishesh.vikas@gmail.com
- श्री राम शरण दास / Mr. Ram Sharan Das
  49, Sector-4, Vaishali,
  Ghaziabad - 201010 (U.P.)
  rsgupta_248@yahoo.co.in
- डॉ. कुलवंत सिंह / Dr. Kulwant Singh
  Scientist H, Materials Science Division
  BARC, Trombay, Mumbai - 400085 (India)
  Professor, Homi Bhabha National Institute, Mumbai
  singhkw@barc.gov.in

सहायक संपादक / Assistant Editor

- डॉ. राहुल दीक्षित / Dr. Rahul Dixit
  Department of Artificial Intelligence
  SV National Institute of Information Technology
  Surat
  rahuldixit@aid.svnit.ac.in

विश्व हिन्दी न्यास से संस्थापित एवं लोक विज्ञान परिषद, दिल्ली द्वारा प्रकाशित
पूर्व में UGC-CARE समिति से अनुमोदित हिन्दी में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल – विज्ञान प्रकाश
• ISSN : 1549-523-X; www.VigyanPrakash.in

विज्ञान प्रकाश रिसर्च जर्नल में प्रकाशित लेख/सामग्री लेखकों के अपने निजी विचार हैं। विज्ञान प्रकाश के संपादक मंडल तथा प्रकाशक का कोई दायित्व नहीं है।

Formerly UGC-CARE Listed Peer Reviewed Research Journal ISSN: 1549-523-X
विज्ञान प्रकाश : विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष : 23, अंक 4, अक्टूबर – दिसम्बर 2025
VIGYAN PRAKASH: Research Journal of Science & Technology, Vol. 23, No. 4, Oct. – Dec. 2025
(www.VigyanPrakash.in)

विषय क्रम

- सलाहकार एवं सम्पादक मण्डल / **Advisory & Editorial Board** — Inner Cvr
- सम्पादकीय / **Editorial** — 2-3
  – प्रो. प्रतापानंद झा

लोकप्रिय वैज्ञानिक लेख / **Popular Science Article**

- **बायोनिक त्वचा : कृत्रिम संवेदनाओं की नई वैज्ञानिक क्रांति / Bionic Skin: A New Scientific Revolution of Artificial Sensations** — 4-5
  – डॉ दीपक कोहली

शोध आलेख / **Research Articles**

- **फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके मिट्टी के गणितीय मॉडल के माध्यम से फसल वृद्धि अनुकूलन / Crop Growth Optimization through Soil's Mathematical Model using Feed Forward Neural Networks (FNNs)** — 6-16
  – ब्रजेश कुमार मिश्र, रूचि पंवार एवं भगत सिंह
- **सौर चक्र 24 और 25 के दौरान सौर गतिविधि और ब्रह्मांडीय किरण मॉड्यूलेशन की सांख्यिकीय तुलना / Statistical Comparison of Solar Activity and Cosmic Ray Modulation during Solar Cycles 24 and 25** — 17-27
  – वी. के. मिश्र
- **विभिन्न ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स (Amazon, Flipkart, Myntra) पर सांख्यिकीय विश्लेषण के माध्यम से ग्राहक संतुष्टि का तुलनात्मक अध्ययन / Study of Consumer Satisfaction Through Consumer Analytics on Various E-commerce Platforms (Amazon, Flipkart, Myntra)** — 28-34
  – मधुलिका शुक्ला, रूचि जैन एवं कीर्ती वर्मा
- **यू–आकार धातु धौंकनी विस्तार जोड़ों का क्रांतिक विफलता विश्लेषण और प्राचलिक जांच / Critical Failure Analysis & Parametric Investigation of U-shape Metal Bellow Expansion Joint** — 35-55
  – पारेख विजय कुमार एवं डॉ. अनीश गांधी

भारतीय ज्ञान परम्परा / **Indian Knowledge Tradition**

- संस्कृत कैसे सीखें ? (समास) / **How to Learn Sanskrit ? (Samaas)** — 56-63
  – आकृति ठाकुर एवं योगेश शर्मा

List of Review Coordinators — 64
लेखकों के लिए निर्देश / **Instructions for Authors** — Back Inner Cvr
पृथ्वी — Back Cvr

विज्ञान प्रकाश रिसर्च जर्नल में प्रकाशित लेख/सामग्री लेखकों के अपने निजी विचार हैं।
विज्ञान प्रकाश के सम्पादक मंडल तथा प्रकाशक का कोई दायित्व नहीं है।

सम्पादकीय
Editorial

मनुष्य अपने मन में उठने वाले अनेक प्रश्नों को भिन्न–भिन्न प्रकार से समाहित करता है। इन प्रश्नों में कुछ उसके अस्तित्व से सम्बद्ध होते हैं, तो कुछ सृष्टि प्रक्रिया से सम्बद्ध होते हैं। इन प्रश्नों का कारण मनुष्यों का चिन्तनशील और विचारशील स्वभाव है। अपने प्रश्नों के समाधान हेतु वह अनेक प्रक्रियाओं और प्रविधियों से निकलता है। इन प्रक्रियाओं और प्राविधियों को दर्शन एवं विज्ञान के नाम से जाना जा सकता है। दर्शन में मुख्य रूप से तात्विक और ज्ञानात्मक सत्ता से सम्बद्ध प्रश्नों के उत्तरों का अन्वेषण देखने को मिलता है। इसी के आधार पर भारतीय दर्शन के लगभग सभी सम्प्रदायों में मूलभूत सैद्धान्तिकी प्रायशः प्राप्त होती है। यह सैद्धान्तिकी –

1. प्रमाण मीमांसा
2. तत्त्व मीमांसा
3. आचार मीमांसा के रूप में समझी जा सकती है

प्रमाण ज्ञान के साधन के रूप में व्याख्यात हैं। इन प्रमाणों के अधीन प्रमेय अर्थात् प्रकृति के तत्त्वों की सिद्धि आश्रित होती है। कहा भी गया है–

मानाधीना मेयसिद्धिः

अर्थात् इस सृष्टि, जगत् अथवा जीवन के आधारभूत एवं लक्ष्यभूत जितने भी तत्त्वों की संकल्पना दार्शनिक प्रस्थानों में की गई, उनके प्रमाणन हेतु ज्ञानात्मक प्रक्रिया की भूमिका अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है। जिस दर्शन में जितने तत्त्वों पर विचार किया जाता है, उनकी सिद्धि प्रत्यक्ष आदि प्रमाणों के द्वारा ही की जा सकती है। तत्त्व मीमांसा एवं प्रमाण मीमांसा की इसी संकल्पनात्मक प्रक्रिया में सभी दर्शनों में तत्त्वों और प्रमाणों की स्थिति भिन्न–भिन्न दिखती है। चार्वाक दर्शन प्रत्यक्ष को प्रमाण मानता है और इसी के आधार पृथ्वी, जल, वायु और अग्नि के रूप में इन चार तत्त्वों को स्वीकार करता है, अथवा ऐसे भी कहा जा सकता है कि इन चार तत्त्वों को प्रत्यक्ष से सिद्ध किया जा सकता है। वैशेषिक दर्शन में काल, दिक्, आत्मा आदि प्रत्यक्षेतर तत्त्वों की सिद्धि के लिए अनुमान की परिकल्पना दिखती है।

दर्शन की प्रक्रिया में तत्त्व–अनुसन्धान हेतु अनुमान एक महत्त्वपूर्ण प्रामाणिक प्रविधि है, जिससे अलक्षित पदार्थ की सत्ता को समझा जा सकता है। न्याय दर्शन में ईश्वर–सिद्धि का मूलभूत आधार अनुमान है। सृष्टि की प्रक्रिया में एक वस्तु का दूसरी वस्तु के साथ सम्बन्ध अथवा तत्त्वों की पारस्परिक सम्बद्धता उसकी भौतिक सत्ता का बोध कराती है। कोई भी तत्त्व अपनी विशुद्ध मूल अवस्था में जागतिक वस्तुओं में दृष्टिगोचर नहीं होता। तत्त्वों का सम्मिश्रण ही इह–लौकिक पदार्थों के रूप में परिलक्षित होता है। इसी से ही प्राकृतिक एवं मानवीय व्यवहार क्रियाशील रहता है। जैसे वेदान्त दर्शन के अनुसार पृथ्वी आदि पदार्थों के रूप में पञ्चमहाभूतों की पञ्चीकरण प्रक्रिया के परिणामस्वरूप भूमिज, वायुज आदि पदार्थों की प्राप्ति देती है।

द्विधा विधाय चैकैकं चतुर्धा प्रथमं पुनः।
स्वस्वेतरद्वितीयांशैर्योजनात् पञ्च पञ्च ते।।

(पञ्चदशी, 1/29)

तात्पर्य यह है कि प्रत्येक वस्तु दो या दो से अधिक तत्त्वों से मिलकर जीवन के व्यवहार में दिखती है। यह प्रक्रिया दर्शन और विज्ञान दोनों में समान रूप से प्रतिभासित होती है। इसीलिए एक तत्त्व के प्राधान्य के होने पर भी किसी भी पदार्थ में दूसरे तत्त्व के प्रभाव भी प्रतीत होते हैं। इसे पञ्चमहाभूतों की प्रक्रिया से समझा जा सकता है – पञ्चमहाभूतों में पृथ्वी, जल, अग्नि, आकाश और वायु परिगणित होते हैं। इन तत्त्वों के गुणों के आधार पर इन तत्त्वों का स्वरूप समझा जा सकता है। पृथ्वी का गुण है गन्ध, जल का गुण है रस, अग्नि का गुण है रूप,

आकाश का गुण है शब्द और वायु का गुण है स्पर्श। ये गुण तन्मात्र के नाम से भी जाने जाते हैं। इन गुणों के आधार पर ही पृथ्वी आदि महाभूतों का स्वरूप निश्चित होता है, किन्तु प्रकृति में ये महाभूत एक साथ मिलकर मिश्रित रूप में ही व्यवहार करते हैं। इसीलिए जल में गन्ध का आना पृथ्वी के कारण है।

मिट्टी का शीतल होना जल के कारण है, अग्नि में मिट्टी की गन्ध आना पृथ्वी के कारण होता है। इसी प्रकार सभी तत्त्वों में शब्द अथवा ध्वनि का आधार आकाश है। इन सभी तत्त्वों से मिलकर ही प्रकृति रंग–बिरंगी, गन्ध से सुरभित एवं लयात्मक रूप में दिखती है। आधुनिक विज्ञान भी इसी प्रकार प्राकृतिक तत्त्वों का विश्लेषण करता है। जैसे पानी को आधुनिक विज्ञानी हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन का सुमेल मानते हैं। पृथ्वी पर रंगों की स्थिति सूर्य के प्रकाश के अपवर्तन के कारण स्वीकार करते हैं। भारतीय दर्शन में सूर्य अग्नि के स्रोत के रूप में देखा जाता है। उपर्युक्त संकेत इस बात के प्रमाण हैं कि दर्शन और विज्ञान में विश्लेषणात्मक दृष्टि से महत्त्वपूर्ण सम्बन्ध है। दर्शन का आधार भी तर्क है तो विज्ञान का आधार भी तर्क है।

भारत में सभी शास्त्रों और विद्याओं के मूल में दार्शनिक दृष्टि ही महत्वपूर्ण रही है। चाहे वह विज्ञान हो, साहित्य हो, व्याकरण अथवा अन्य कोई भी शास्त्र। क्योंकि ज्ञान की सम्पूर्णता अन्तः अनुशासनात्मकता एवं पारस्परिक सम्बद्धता से ही प्राप्त होती है। आयुर्वेद के ग्रन्थों में प्राणियों के लक्षण, रोगों के लक्षण एवं उनके उपचारों का विवरण प्रस्तुत किया जाता है, किन्तु यह भी दार्शनिक पृष्ठभूमि के बिना सम्भव नहीं। यही कारण है कि चरकसंहिता आदि ग्रन्थों में तत्त्वों और प्रमाणों की मीमांसा की जाती है। सृष्टि की संरचना को समझने का प्रयास किया जाता है। आयुर्वेद में प्रतिपादित दर्शन को रसेश्वर दर्शन के नाम से जाना जाता है, जिसका उल्लेख चौदहवीं शताब्दी के विद्वान् माधवाचार्य ने सर्वदर्शनसंग्रह में किया है।

व्याकरणशास्त्र में दर्शन के समायोजन से शब्दब्रह्म की अवधारणा प्रकाशित होती है। सम्पूर्ण जगत् शब्दब्रह्म का विवर्त रूप ही है, और इसी के प्रभाव से इस जगत् में वैखरी के रूप में सम्पूर्ण वाग्व्यवहार होता है। वैखरी वाणी का एक रूप है। व्याकरण एवं तन्त्र दर्शन में वाणी के चार स्तर प्रतिपादित हैं। इनमें परा, पश्यन्ती, मध्यमा और वैखरी ये चार रूप सम्पूर्ण व्याकरण दर्शन की महत्त्वपूर्ण उपस्थापना हैं। इन चार रूपों में परा को साधना के स्तर पर परम लक्ष्य के रूप में देखा जाता है। इसी के अन्तर्गत अनाहत नाद की अवधारणा भी प्रकाश में आती है। यह अनाहत नाद कबीरदास के पदों में अनहद के रूप में व्याख्यात है। साहित्य में भी अनेक ऐसे पक्ष हैं, जिनमें दार्शनिक दृष्टि का उत्कर्ष स्थान–स्थान पर प्रतिबिम्बित होता सा परिलक्षित होता है। भारतीय काव्यशास्त्र में रस–विवेचन के अन्तर्गत मीमांसा, सांख्य, न्याय, वेदान्त और शैव आदि दर्शनों की दार्शनिक मीमांसा का प्रभाव देखने को मिलता है। इसी प्रकार भारत के सम्पूर्ण कला चिन्तन में भी अनेक ऐसे पक्ष हैं, जिनकी सैद्धान्तिक विवेचना दार्शनिक दृष्टि के बिना सम्भव नहीं है। वास्तु आदि कला चिन्तन में पञ्चमहाभूत, सूर्य और चन्द्रमा की खगोलीय स्थिति और सृष्टि की प्रक्रिया का उल्लेख आवश्यक अंग के रूप में देखने को मिलता है। वास्तु में भवन, मन्दिर, दुर्ग आदि की निर्मिति पृथ्वी आदि महाभूतों की ज्ञानात्मक पृष्ठभूमि के बिना सम्भव नहीं हो सकती।

जिस प्रकार दर्शन में विभिन्न प्रकार की जिज्ञासाओं के समाधान हेतु प्रत्यक्ष अनुमान आदि प्रमाणों के तर्कों की कसौटी पर तत्त्व–अनुसन्धान किया जाता है और यथार्थ अनुभवपरक ज्ञान की प्राप्ति की जाती है, ठीक उसी प्रकार विज्ञान भी विभिन्न प्रकार के प्रयोगों और तर्कों के माध्यम से एक निष्कर्ष पर पहुँचता है और प्राप्त ज्ञान की पुष्टि हेतु निरपेक्ष और निष्पक्ष माध्यमों का प्रयोग करता है। आज के युग में प्रयुक्त सॉफ्टवेयर के रूप में तकनीकी से सामग्री के परीक्षण की प्रक्रिया भी ठीक वैसी ही प्रतीत होती है, जैसी भारतीय दर्शन में प्रतिपादित तर्क आधारित प्रमाण की प्रक्रिया। इस आधार पर कहा जा सकता है कि दर्शन और विज्ञान की दृष्टि परस्पर अनुपूरक के रूप में दिखती है। दोनों में प्रश्न उठाने से लेकर समाधान की प्रक्रिया तक काफी समानताएँ दृष्टिगत होती हैं।

– प्रो. प्रतापानंद झा

लोकप्रिय वैज्ञानिक लेख / **Popular Science Article**

बायोनिक त्वचा : कृत्रिम संवेदनाओं की नई वैज्ञानिक क्रांति

Bionic Skin: A New Scientific Revolution of Artificial Sensations

डॉ दीपक कोहली

Dr. Deepak Kohli

Special Secretary, Uttar Pradesh Secretariat, Lucknow

https://doi.org/10.5281/zenodo.18442602

मानव शरीर की त्वचा केवल एक बाहरी आवरण नहीं, बल्कि एक ऐसा जीवंत और जटिल संरचनात्मक अंग है जो स्पर्श, ताप, दर्द, दबाव, नमी, संतुलन और बाहरी परिवर्तनों का अनुभव कर शरीर की सुरक्षा करता है। विज्ञान की प्रगति ने आज यह संभव बना दिया है कि इसी प्राकृतिक त्वचा के गुणों को कृत्रिम रूप में पुनः रचा जाए, और यही विचार बायोनिक त्वचा का मूल है। बायोनिक त्वचा एक ऐसी कृत्रिम परत है जो प्राकृतिक त्वचा की संवेदनाएँ, लचक, नाजुकता, खिंचाव–क्षमता, प्रतिक्रिया–दर और अनुभव–संवेदना को अपनाकर उससे भी अधिक सटीक और विस्तृत सूचना प्रदान कर सकती है। यह आधुनिक विज्ञान का वह क्षेत्र है जहाँ कृत्रिम पदार्थों, जैव–अनुकूल रेशों, सूक्ष्म संवेदकों, नन्हे ऊर्जा–घटकों और बुद्धिमान संकेत–तंत्रों को एक साथ जोड़कर एक जीवंत जैसी परत तैयार की जाती है।

बायोनिक त्वचा के निर्माण का सबसे महत्त्वपूर्ण आधार इसकी लचक और जीवंतता है। यह परत इतनी पतली, हल्की और मुलायम होती है कि इसे शरीर के किसी भी भाग पर चिपकाया जाए तो यह क्षण भर में प्राकृतिक त्वचा की तरह जुड़ जाती है। यह परत खिंचने, मुड़ने, मोड़ खाने और निरंतर गतियों को सहन करने में सक्षम रहती है। यदि इसे उँगलियों, कुहनियों, घुटनों या गर्दन जैसे अत्यधिक गतिशील भागों पर लगाया जाए तो भी यह न तो टूटती है, न सिकुड़ती है और न ही किसी प्रकार की कठोरता दिखाती है। इसकी नन्ही संवेदनशील रेखाएँ तथा सूक्ष्म परिपथ हर प्रकार की उत्तेजना को पकड़कर उसे संकेत में बदल देती हैं, जैसे प्राकृतिक त्वचा में उपस्थित तंत्रिकाएं करती हैं।

यह कृत्रिम परत स्पर्श की विविध अवस्थाओं को पहचान सकती है। यदि कोई वस्तु हल्के से छुए, तो यह परत अपनी संवेदक रेखाओं द्वारा उस स्पर्श की तीव्रता को पढ़ लेती है। यदि दबाव अधिक हो, कोई वस्तु कठोर हो या सतह खुरदरी हो– तो यह परत उसी अनुसार परिवर्तित संकेत भेजती है। यह तापमान को भी अत्यंत सटीकता से पकड़ सकती है, चाहे गर्म हो या ठंडा। प्राकृतिक त्वचा जहाँ कुछ सीमा तक ही ताप परिवर्तन सहन कर पाती है, वहीं बायोनिक त्वचा अत्यंत सूक्ष्म ताप–अंतर को भी पहचानकर सूचना प्रदान कर देती है। इस कारण इसे कृत्रिम भुजाओं–पैरों में लगाया जाए तो व्यक्ति वस्तुओं का ताप, कठोरता, आकार और वजन तक महसूस कर सकता है।

बायोनिक त्वचा का निर्माण जैव–अनुकूल बहुलक–पदार्थों, लचीले सूक्ष्म रेशों, कार्बन–आधारित संरचनाओं, नन्हे विद्युत–संवेदकों और अत्यंत कोमल परिपथों से होता है। ये पदार्थ इतने हल्के और लचीले होते हैं कि शरीर की स्वाभाविक बनावट के साथ बिना किसी संघर्ष के मिश्रित हो जाते हैं। वैज्ञानिक इस परत को बनाते समय दो बातों पर विशेष ध्यान देते हैं– पहली, प्राकृतिक त्वचा जैसी लचक; दूसरी, प्राकृतिक त्वचा जैसी संवेदनशीलता। यह परत जितना खिंच सकती है, उतना ही मुड़ भी सकती है, और निरंतर स्पर्श–अनुभवों को पढ़ते रहने के बावजूद ऊर्जा की अत्यल्प मात्रा का उपयोग करती है।

बायोनिक त्वचा का एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण उपयोग चिकित्सा के क्षेत्र में है। जब किसी व्यक्ति को कृत्रिम अंग लगाया जाता है, तो सामान्यतः वह अंग स्पर्श–अनुभव से वंचित रहता है। परंतु यदि वही कृत्रिम अंग बायोनिक

त्वचा से ढका हो, तो वह अंग वस्तुओं को छूकर संवेदना उत्पन्न कर सकता है। यह संवेदना वास्तविक तंत्रिका–रेखाओं तक भी पहुँचाई जा सकती है, जिससे व्यक्ति को ऐसा अनुभव होता है कि मानो उसका वास्तविक अंग ही स्पर्श कर रहा हो। यह न केवल मानसिक संतुलन और आत्मविश्वास बढ़ाता है, बल्कि व्यक्ति को दैनिक जीवन की क्रियाएँ सहजता से करने में भी सक्षम बनाता है।

इस कृत्रिम परत का एक और उपयोग शरीर–गतिविधियों की निगरानी में है। यह परत शरीर की नाड़ी–धड़कन, श्वसन–लय, मांसपेशीय तनाव, सूक्ष्म कंप, रक्त–प्रवाह और ताप–परिवर्तन को पढ़ सकती है। यदि किसी व्यक्ति के शरीर में किसी रोग के प्रारंभिक संकेत उभर रहे हों– जैसे नाड़ी की अनियमितता, ताप में हल्का बदलाव, मांसपेशी–संकुचन का असामान्य स्वरूप– तो यह परत तुरंत संकेत प्रदान कर सकती है। इससे चिकित्सक बिना भारी उपकरणों की आवश्यकता के शरीर की दशा को वास्तविक समय में समझ सकते हैं। यह विशेष रूप से वृद्धजन, नवजात शिशुओं और गंभीर रोगियों के लिए अत्यंत उपयोगी है।

बायोनिक त्वचा की तकनीक में वैज्ञानिकों ने स्वयं–मरम्मत क्षमता भी विकसित की है। यदि इसकी सतह पर किसी प्रकार की खरोंच, कट या दबाव से क्षति हो जाए, तो यह परत अपने भीतर उपस्थित जैव–अनुकूल पदार्थों की सहायता से अपने आप जुड़कर पुनः कार्यशील हो जाती है। यह क्षमता प्राकृतिक त्वचा की ही तरह है, जो चोट लगने पर समय के साथ ठीक हो जाती है। इसके कारण यह परत लंबे समय तक टिकाऊ और उपयोगी बनी रहती है, चाहे बाहरी परिस्थितियाँ कठोर हों या वातावरण परिवर्तित होता रहे।

इस कृत्रिम त्वचा का उपयोग सुरक्षा और रक्षा क्षेत्र में भी अत्यंत उपयोगी सिद्ध हो रहा है। सैनिकों के वस्त्रों में इसे शामिल कर शरीर की आंतरिक गतिविधियों की निगरानी की जा सकती है। यदि किसी सैनिक को अत्यधिक थकान हो, रक्त–संचार में कमी आए या शरीर पर विषैली गैस का प्रभाव पड़े– तो यह परत तत्काल संकेत भेजकर चेतावनी दे सकती है। यह सुरक्षा–उपकरणों, अग्निशमन–दलों और आपदा–राहत दलों के लिए भी अत्यंत महत्त्वपूर्ण सिद्ध हो सकती है।

खेल–कूद के क्षेत्र में बायोनिक त्वचा खिलाड़ियों की मांसपेशीय गति, थकान, संतुलन और ऊर्जा–उत्पादन का सटीक मूल्यांकन कर सकती है। इससे खिलाड़ी अपनी क्षमता के अनुरूप प्रशिक्षण ले सकते हैं और चोटों से बच सकते हैं। कृषि में यह परत हाथों में लगाकर मिट्टी की नमी, ताप और बनावट को महसूस करके वैज्ञानिक खेती की दिशा में मदद कर सकती है। वाहन–सुरक्षा, अंतरिक्ष–अनुसंधान और जल–अनुसंधान जैसे क्षेत्रों में भी इसका उपयोग तेजी से बढ़ रहा है।

भविष्य में बायोनिक त्वचा और भी अधिक बुद्धिमान, संवेदनशील और स्वायत्त हो सकती है। वैज्ञानिक इसका ऐसा रूप विकसित कर रहे हैं, जो स्वयं ऊर्जा उत्पन्न कर सके, स्वयं संकेतों का विश्लेषण कर सके, और शरीर से जुड़े यंत्रों को निर्देश भी दे सके। यदि यह तकनीक अपने पूर्ण रूप तक पहुँच गई, तो कृत्रिम अंगों में स्पर्श–अनुभव को प्राकृतिक स्तर तक पहुँचा देना संभव होगा। यह तकनीक मानवता के लिए न केवल चिकित्सा–क्रांति लाएगी, बल्कि एक ऐसे युग की शुरुआत करेगी जहाँ कृत्रिम और प्राकृतिक एक समान अनुभव प्रदान कर सकेंगे।

इस प्रकार बायोनिक त्वचा, आधुनिक विज्ञान की वह विलक्षण देन है जिसने मानव शरीर को कृत्रिम संवेदनाओं से जोड़कर एक नए अध्याय की शुरुआत की है। यह न केवल प्राकृतिक त्वचा की क्षमताओं की नकल करती है, बल्कि उन्हें और भी अधिक विकसित कर देती है। यह तकनीक आने वाले वर्षों में मनुष्य के जीवन–स्तर को बदल देगी– चिकित्सा, रक्षा, खेल, अनुसंधान, सुरक्षा और रोजमर्रा के कार्यों में इसका गहरा प्रभाव देखने को मिलेगा। बायोनिक त्वचा मानव–समर्थन तकनीक का भविष्य है, जहाँ विज्ञान और जीवन एक साथ मिलकर नई संभावनाओं का निर्माण करते हैं।

शोध पत्र / **Research Paper**

फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके मिट्टी के गणितीय मॉडल के माध्यम से फसल वृद्धि अनुकूलन

Crop Growth Optimization through Soil's Mathematical Model using Feed Forward Neural Networks (FNNs)

ब्रजेश कुमार मिश्र[1], रूचि पंवार[2] एवं भगत सिंह[3]

Brajesh Kumar Mishra[1], Ruchi Panwar[2] and Bhagat Singh[3]

[1,3]School of Engineering and Sciences, G D Goyenka University Gurgaon

[2]Department of ASH, PIET, Panipat

brajeshkumar.mishra@gdgu.org[1], ruchipanwar321@gmail.com[2], bhagat.singh@gdgu.org[3]

https://doi.org/10.5281/zenodo.18442687

सारांश

मृदा स्वास्थ्य और फसल उपयुक्तता; मिट्टी के प्रकार, पीएच, पर्णहरित और नमी के स्तर जैसे प्रमुख कारकों के माध्यम से जटिल रूप से जुड़े हुए हैं। पारंपरिक मृदा विश्लेषण विधियों में मैन्युअल नमूना संग्रह और प्रयोगशाला परीक्षण की आवश्यकता होती है, जो समय लेने वाली और महंगी हो सकती है। इसके अलावा सेंसर इस क्षेत्र में वांछित परिणाम नहीं दे रहे हैं। इस शोध पत्र में गणितीय मॉडलिंग और डेटा संचालित भविष्यवाणी को मिलाकर एक नया दृष्टिकोण प्रस्तावित किया गया है क्योंकि यह यांत्रिक मॉडल और डेटा संचालित भविष्यवाणी की ताकत का लाभ उठाएगा। विलंब विभेदक समीकरण (Delay Differential Equation (DDE)) मिट्टी मॉडलिंग जैसी समय–विलंबित प्रक्रियाओं को मॉडल करने के लिए एक मजबूत उपकरण प्रदान करते हैं, जबकि एआई का उपयोग करके डेटा संचालित भविष्यवाणी मिट्टी की छवियों से मिट्टी के प्रकार और पीएच मान को निकाल सकती है। अंत में, न्यूरल नेटवर्क (NN) मिट्टी के स्वास्थ्य स्कोर के आधार पर उपयुक्त फसलों जैसे परिणामों की भविष्यवाणी करने के लिए जटिल, गैर–रेखीय संबंधों को संसाधित कर सकते हैं।

Abstract

Soil health and crop suitability are intricately connected through key factors such as soil type, pH, chlorophyll and moisture levels. Traditional soil analysis methods require manual sample collection and laboratory testing, which can be time-consuming and expensive. Also the sensors are not giving the desired results in this field. In this paper, a new approach is proposed by combining mathematical modeling and data driven prediction because this will leverages the strength of mechanistic models and data-driven prediction. Delay Differential Equations (DDEs) provide a robust tool to model time-lagged processes like soil modelling, while data driven prediction using AI can be extracted soil type and pH value from soil images. Finally, Neural Networks (NNs) can process complex, nonlinear relationships to predict outcomes such as suitable crops based on soil health scores.

मुख्य शब्द : मृदा पोषक तत्व, तंत्रिका नेटवर्क, छवि प्रसंस्करण, मॉडलिंग।

Keywords : Soil Nutrients, Neural Network, Image processing, Modelling.

परिचय

मिट्टी के स्वास्थ्य, फसल की उपयुक्तता और पौधों के स्वास्थ्य को समझना और पूर्वानुमान लगाना टिकाऊ कृषि के लिए महत्वपूर्ण है। मिट्टी का स्वास्थ्य भौतिक (जैसे, मिट्टी का प्रकार), रासायनिक (जैसे, पीएच, पोषक तत्व सामग्री) और जैविक कारकों द्वारा नियंत्रित होता है, जबकि फसल की उपयुक्तता मिट्टी के गुणों और

पर्यावरणीय स्थितियों पर निर्भर करती है। ये प्राचल पोषक तत्वों की उपलब्धता, जड़ों की पैठ और पौधों की वृद्धि को निर्धारित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, जो अंततः किसी दिए गए क्षेत्र के लिए उपयुक्त फसलों के चुनाव को प्रभावित करते हैं। मिट्टी का प्रकार, जिसे रेतीली, दोमट या चिकनी मिट्टी के रूप में वर्गीकृत किया जाता है, जल प्रतिधारण, वातन और पोषक तत्व धारण क्षमता को नियंत्रित करता है। मिट्टी का पीएच पोषक तत्वों की घुलनशीलता और पौधों के लिए उनकी उपलब्धता निर्धारित करता है। मिट्टी की नमी जड़ों द्वारा पानी के अवशोषण और पोषक तत्वों के परिवहन को प्रभावित करती है। पोषक तत्व मूल्य (नाइट्रोजन, पोटेशियम, फॉस्फोरस) फसल के लिए आवश्यक कारक हैं।

विलंब विभेदक समीकरण (DDE) अंतर्निहित समय विलंब के साथ जैविक और पर्यावरणीय प्रक्रियाओं के मॉडलिंग के लिए एक मजबूत गणितीय ढांचा प्रदान करते हैं। विलंब विभेदक समीकरण पौधे–मृदा अंतःक्रियाओं में अंतर्निहित विलंब को मॉडल करने के लिए एक शक्तिशाली गणितीय ढांचा प्रदान करते हैं। संख्यात्मक सिमुलेशन निष्कर्षों को मान्य करते हैं, पौधे–मृदा अंतःक्रियाओं में विकास दक्षता और संरचनात्मक स्थिरता पर समय अंतराल के प्रभाव को उजागर करते हैं [11]। लेखकों ने विलंब विभेदक समीकरणों का उपयोग करके पौधे की वृद्धि गतिशीलता के लिए एक गणितीय मॉडल प्रस्तावित किया है। विचार किए गए अवस्था चर हैंः पौधे का बायोमास और पोषक तत्व सांद्रता। यह माना जाता है कि विलंबित पोषक तत्व सांद्रता, पौधे की वृद्धि को प्रतिकूल रूप से प्रभावित करती है [13]। विषाक्तता की उपस्थिति में पौधे की वृद्धि के लिए एक विलंब विभेदक गणितीय मॉडल की योजना बनाई गई है [12]।

कई अध्ययनों ने मृदा स्वास्थ्य आकलन के लिए डेटा–संचालित दृष्टिकोणों की खोज की है। निर्णय वृक्ष और सहायक वेक्टर मशीनों जैसी मशीन लर्निंग तकनीकों को मृदा गुणों की भविष्यवाणी करने के लिए लागू किया गया है। हुसैन एवं अन्य [1] ने छवि विश्लेषण और रिमोट सेंसिंग डेटा के आधार पर मिट्टी की बनावट की भविष्यवाणी करने के लिए एक कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क (CNN) मॉडल विकसित किया, जिससे विभिन्न प्रकार की मिट्टी में उच्च सटीकता प्राप्त हुई। मंडल एवं अन्य [2] द्वारा किए गए शोध में मिट्टी के प्रकारों को वर्गीकृत करने और नमी के स्तर की भविष्यवाणी करने के लिए न्यूरल नेटवर्क का उपयोग किया गया, जिससे सिंचाई शेड्यूलिंग में सहायता मिली। कन्वोल्यूशनल और रीकरंट न्यूरल नेटवर्क जैसी बहु–स्तरित वास्तुकलाओं ने जटिल मिट्टी और पर्यावरण डेटासेट को संसाधित करने की क्षमता दिखाई है [8]।

न्यूरल नेटवर्क सहित एआई मॉडल का उपयोग दी गई मिट्टी और जलवायु परिस्थितियों के लिए उपयुक्त फसलों का सुझाव देने के लिए किया गया है। चक्रवर्ती एवं अन्य [5] ने फसलों में पोषक तत्वों के अवशोषण पर मिट्टी के पीएच के प्रभाव का आकलन करने के लिए मशीन लर्निंग मॉडल विकसित किए। गुप्ता एवं अन्य [9] जैसे अध्ययनों ने मिट्टी के पीएच को फसल की उपज क्षमता में मैप करने के लिए फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क का उपयोग किया। सिंह एवं अन्य [3] ने पोषक तत्वों के स्तर और पर्यावरणीय परिस्थितियों के आधार पर मिट्टी की उर्वरता का अनुमान लगाने के लिए न्यूरल नेटवर्क का उपयोग किया। झोउ एवं अन्य [6] ने एक बहु–कार्य न्यूरल नेटवर्क मॉडल प्रस्तावित किया जो फसल की उपज का अनुमान लगाने और टिकाऊ खेती के तरीकों की सिफारिश करने के लिए मिट्टी और पर्यावरण डेटा को एकीकृत करता है। वांग एवं अन्य [10] द्वारा किए गए शोध में मिट्टी के स्वास्थ्य का पूर्वानुमान लगाने के लिए मल्टी–लेयर परसेप्ट्रॉन (एमएलपी) मॉडल में मिट्टी के प्रकार और पीएच को इनपुट विशेषताओं के रूप में जोड़ा गया। अध्ययन में इस बात पर प्रकाश डाला गया कि तटस्थ पीएच वाली दोमट मिट्टी ने चरम पीएच मान वाली चिकनी मिट्टी की तुलना में स्वास्थ्य मीट्रिक में लगातार उच्च स्कोर किया। न्यूरल नेटवर्क के साथ युग्मित उन्नत प्रतिगमन मॉडल का उपयोग मिट्टी की नमी की गतिशीलता का अनुमान लगाने, सिंचाई शेड्यूलिंग और फसल उपज की भविष्यवाणी में सुधार करने के लिए किया गया है [7]।

हालांकि, न्यूरल नेटवर्क मिट्टी की विशेषताओं और पौधों की उपयुक्तता के बीच गैर–रेखीय संबंधों को संभालने में बेहतर प्रदर्शन प्रदान करते हैं। हाल के शोध ने मिट्टी के स्वास्थ्य और फसल की सिफारिशों का एक साथ पूर्वानुमान लगाने के लिए मल्टी–आउटपुट न्यूरल नेटवर्क पर ध्यान केंद्रित किया है। पटेल एवं अन्य [4] द्वारा किए गए एक अध्ययन ने फसल अनुशंसा प्रणालियों के लिए मल्टीलेयर परसेप्ट्रॉन के उपयोग की खोज की। आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (न्यूरल नेटवर्क, सीएनएन) के साथ विलंब अंतर समीकरण मिट्टी के स्वास्थ्य स्कोर और उपयुक्त फसलों जैसे परिणामों की भविष्यवाणी करने के लिए जटिल, गैर–रेखीय संबंधों को संसाधित कर सकते हैं। इन तरीकों को मिलाने से मैकेनिस्टिक मॉडल और डेटा–संचालित भविष्यवाणी की ताकत का लाभ मिलता है। यह संकर ढांचा न केवल मृदा स्वास्थ्य और फसल उपयुक्तता की भविष्यवाणी करता है, बल्कि टिकाऊ और सटीक कृषि पद्धतियों का भी समर्थन करता है।

यह शोध पत्र मृदा स्वास्थ्य पूर्वानुमान और फसल अनुशंसाओं को बेहतर बनाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता के साथ विलंब विभेदक समीकरण को संयोजित करने वाला एक संकर दृष्टिकोण प्रस्तुत करता है। खंड 2 में, इस कार्य की कार्यप्रणाली को समझाया गया है, खंड 3 में इस कार्य के निष्कर्षों को प्रदर्शित किया गया है। निष्कर्ष खंड 4 में दिया गया है।

क्रियाविधि

मृदा पोषक तत्व गतिशीलता और पोषक तत्व गतिशीलता के लिए विलंब विभेदक समीकरण

मिट्टी में पानी और पोषक तत्वों की सांद्रता का अनुकरण अक्सर प्रथम–क्रम अंतर समीकरणों का उपयोग करके किया जाता है, जैसा कि वेरकोस्ट और वासेन [14] द्वारा वर्णित किया गया है। समय के साथ पानी की सांद्रता में परिवर्तन, Wc(t) कई कारकों द्वारा नियंत्रित होता है, जिसमें पानी की आवक, पत्ती का आकार और वाष्पीकरण शामिल है। दिया गया समीकरण जल स्तर में गतिशील परिवर्तन को दर्शाता है,

$$\frac{dWc(t)}{dt} = k_{Wc}\Delta_{Wc}(t) + k_{\bar{S}_{Wc}}\bar{S} - k_V W(t) + (k_{\bar{R}_{Wc}} R) + k_{\bar{T}_{Wc}}(T-10) - k_{\bar{P}_{Wc}}|P-7|,$$

जहाँ Wc(t) जल सांद्रता है, $\Delta_{Wc}(t)$ समय t पर मिलीलीटर में जल की आवक है, k_{Wc} जल की आवक के प्रभाव को विनियमित करने वाला प्राचल है। R वर्षा है, T तापमान है, pH मिट्टी का pH मान है।

$$S = \frac{1}{n_m(t)}\sum_{m=1}^{n_m(t)} S_i(t),$$

S किसी विशेष फसल की पत्तियों का औसत आकार है, और $k_{\bar{S}_W}$ पत्तियों के औसत आकार के प्रभाव को नियंत्रित करने वाला प्राचल है। $k_V W(t)$ शब्द मिट्टी में पानी के वाष्पीकरण को दर्शाता है। मिट्टी में पानी की मात्रा जितनी अधिक होगी वाष्पीकरण दर उतनी ही अधिक होगी।

मिट्टी में पोषक तत्व की सांद्रता में परिवर्तन को नीचे दिए गए मॉडल के अनुसार दर्शाया गया है

$$\frac{dNc(t)}{dt} = k_{Nc}\Delta_{Nc}(t) = k_{\bar{S}_{Nc}}\bar{S},$$

जहाँ Nc(t) पोषक तत्व सांद्रता है, समय t पर ml में पोषक तत्व आय है, और पोषक तत्व सांद्रता में पत्तियों के औसत आकार के प्रभाव को नियंत्रित करता है। ध्यान दें कि, पानी और पोषक तत्वों की सांद्रता में भिन्नता में, पत्तियों का औसत आकार जितना बड़ा होगा, पौधे द्वारा संसाधनों की खपत उतनी ही अधिक होगी और सांद्रता में कमी उतनी ही अधिक होगी।

विभिन्न फसलों के पर्णहरित गतिशीलता के लिए विलंब विभेदक समीकरण है

$$\frac{dCh(t)}{dt} = k_{Ch}\frac{Nc}{Nc+K} - \beta Ch(t) - \gamma s(t)$$

ds/dt = d t;

जहाँ β, γ, d परिवर्तन दर गुणांक हैं और s पौधों में तनाव का स्तर है।

मृदा प्रकार और पीएच मॉडलिंग

मिट्टी का प्रकार (जैसे, रेतीली, चिकनी, दोमट) इसके भौतिक और रासायनिक गुणों को निर्धारित करता है। रेतीली मिट्टी जल्दी सूख जाती है लेकिन उसमें कम पोषक तत्व होते हैं, जबकि चिकनी मिट्टी पोषक तत्वों को बनाए रखती है लेकिन जलभराव का कारण बन सकती है। दोमट मिट्टी अधिकांश फसलों के लिए एक आदर्श संतुलन प्रदान करती है। मिट्टी का pH पोषक तत्वों की घुलनशीलता और सूक्ष्मजीवी गतिविधि को प्रभावित करता है, जो दोनों ही पौधों द्वारा पोषक तत्वों के अवशोषण को प्रभावित करते हैं। अधिकांश फसलें तटस्थ से लेकर थोड़ी अम्लीय मिट्टी (pH 6.0–7.5) में बेहतर तरीके से उगती हैं। pH (अम्लीय या क्षारीय) में अत्यधिक मात्रा पोषक तत्वों की उपलब्धता को कम करती है। pH पोषक तत्वों के अवशोषण की क्षमता को नियंत्रित करता है। मिट्टी की उर्वरता, पोषक तत्वों की उपलब्धता और इष्टतम फसल चयन का निर्धारण करने के लिए सटीक कृषि में मिट्टी के प्रकार और pH मान की पहचान महत्वपूर्ण है। MATLAB छवि प्रसंस्करण और मशीन लर्निंग के लिए एक शक्तिशाली वातावरण प्रदान करता है, जो इसे मिट्टी के विश्लेषण को स्वचालित करने के लिए एक प्रभावी उपकरण बनाता है। MATLAB का उपयोग करके मिट्टी के प्रकार और pH मान की पहचान में छवि प्रसंस्करण और मशीन लर्निंग शामिल है। प्रक्रिया छवि अधिग्रहण से शुरू होती है, जहाँ मिट्टी की छवियों को कैप्चर या लोड किया जाता है। इसके बाद प्री–प्रोसेसिंग की जाती है, जिसमें छवियों को ग्रेस्केल में परिवर्तित किया जाता है, कंट्रास्ट को बढ़ाया जाता है और शोर को हटाया जाता है। बनावट, रंग और तीव्रता विश्लेषण का उपयोग करके फ़ीचर निष्कर्षण किया जाता है। मिट्टी का वर्गीकरण थ्रेशोल्ड–आधारित या SVM जैसी मशीन लर्निंग तकनीकों का उपयोग करके किया जाता है। pH अनुमान अनुभवजन्य या प्रतिगमन मॉडल का उपयोग करके pH मानों के लिए मिट्टी के रंग की विशेषताओं को मैप करता है।

यहाँ MATLAB में इमेज प्रोसेसिंग टूलबॉक्स का उपयोग करके मिट्टी के प्रकार और pH मान की पहचान के लिए विशेष रूप से एक फ़्लोचार्ट दिया गया है। इसमें मुख्य चरण शामिल हैं**:**

1. छवि अधिग्रहण – मिट्टी की छवि कैप्चर या लोड करें।

2. प्रीप्रोसेसिंग – छवि को ग्रेस्केल में बदलें, कंट्रास्ट बढ़ाएँ और शोर हटाएँ।

3. फ़ीचर एक्सट्रैक्शन – बनावट, रंग और तीव्रता जैसी प्रमुख विशेषताओं की पहचान करें।

4. मिट्टी के प्रकार का वर्गीकरण – मिट्टी के प्रकार को निर्धारित करने के लिए मशीन लर्निंग या थ्रेशोल्ड–आधारित वर्गीकरण लागू करें।

5. pH मान अनुमान – अनुभवजन्य या प्रशिक्षित मॉडल का उपयोग करके मिट्टी के रंग की विशेषताओं को pH मानों पर मैप करें।

6. परिणाम प्रदर्शन – पहचानी गई मिट्टी के प्रकार और अनुमानित pH मान दिखाएँ।

तंत्रिका नेटवर्क वास्तुकला (Neural Network Architecture)

न्यूरल नेटवर्क

मशीन लर्निंग मॉडल का एक प्रकार जो मानव मस्तिष्क की संरचना और संचालन से प्रेरणा लेता है, वह है न्यूरल नेटवर्क। प्रत्येक न्यूरॉन आने वाले संकेतों को ग्रहण करता है, उन्हें संसाधित करने के लिए एक सक्रियण फ़ंक्शन का उपयोग करता है, और फिर परिणाम को ऊपर की परत में न्यूरॉन्स को भेजता है। प्रशिक्षण के दौरान, न्यूरल नेटवर्क प्रशिक्षण डेटा के दिए गए बैच के लिए अपेक्षित और वास्तविक आउटपुट के बीच अंतर को कम करने के लिए न्यूरोनल कनेक्शन के भार को समायोजित करते हैं। इस प्रक्रिया के लिए, ग्रेडिएंट डिसेंट जैसे अनुकूलन एल्गोरिथ्म आमतौर पर नियोजित होते हैं। प्रशिक्षण में आगे के प्रसार द्वारा आउटपुट की गणना करना, हानि (यानी त्रुटि) की गणना करना और बैक प्रोपेगेशन अपडेट भार का उपयोग करना शामिल है।

फॉरवर्ड प्रोपेगेशनः नेटवर्क इनपुट डेटा को परत दर परत प्रोसेस करता है, और आउटपुट बनाने के लिए वेट और सक्रियण फलन का उपयोग करता है।

प्रत्येक परत 1 = 1, 2, 3 ..... L–1 के लिए,

इनपुट के वेट योग की गणना करें

$$Z^{(l)} = W^{(l)}\alpha^{(l-1)} + b^{(l)}$$

अब हम सक्रियण फलन लागू करते हैं

$$\alpha^{(l)} = \sigma(Z^{(l)})$$

जहाँ, 1 लेयर $W^{(l)}$ का वेट मैट्रिक्स है, σ सक्रियण फलन है, $\alpha^{(0)}$ न्यूरल नेटवर्क में इनपुट है

लेयर 1 का बायस वेक्टर $b^{(l)}$ है।

लागत फ़ंक्शनः C = नेटवर्क आउटपुट – सही आउटपुट

बैक प्रोपेगेशनः लॉस फ़ंक्शन को कम करने के लिए न्यूरल नेटवर्क के वेट को बैक प्रोपेगेशन के ज़रिए अपडेट किया जाता है।

आउटपुट परत में त्रुटि की गणना $\delta^{(L)} = \nabla_\alpha C * \sigma'(z^{(L)})$

प्रत्येक परत के लिए त्रुटि की गणना $\delta^{(L)} = \left((W^{(l+1)})^T \delta^{(l+1)}\right) * \sigma'\left(z^{(l)}\right) \quad 1 = 2,3.....L-1$

भार दिए गए समीकरण द्वारा μ सीखने की दर का उपयोग करके अद्यतन किया जाएगा

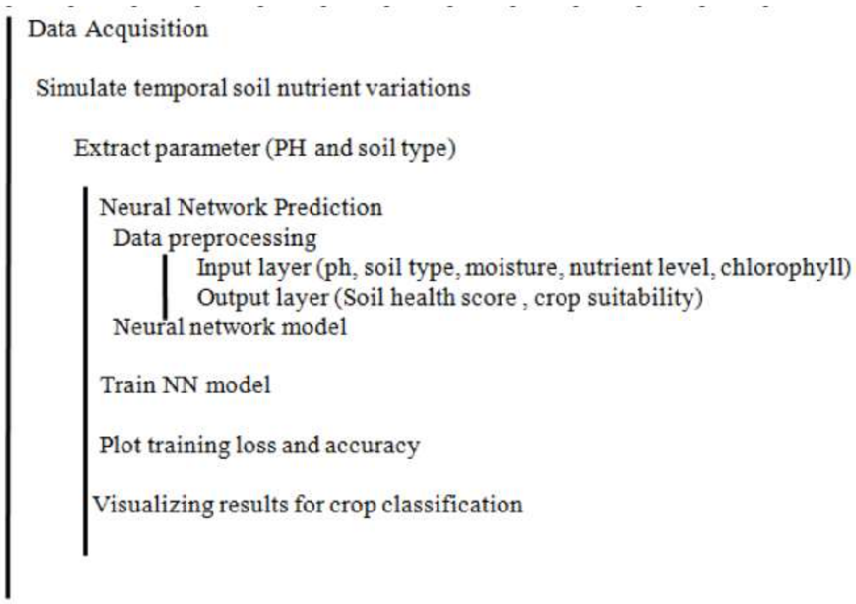
$$W^{(l)} \to W^{(l)} - \mu \frac{\partial C}{\partial W^{(l)}}$$

जहाँ * तत्ववार गुणन को दर्शाता है। $\nabla_\alpha C$ आउटपुट सक्रियण के संबंध में लागत फ़ंक्शन के ढाल को दर्शाता है। σ' सक्रियण फ़ंक्शन के व्युत्पन्न को दर्शाता है।

फसल अनुकूलन के लिए तंत्रिका नेटवर्क

मिट्टी के प्रमुख मापदंडों का उपयोग करके मिट्टी के स्वास्थ्य और फसल की उपयुक्तता का विश्लेषण करने के लिए एक न्यूरल नेटवर्क (NN) मॉडल तैयार किया गया है। इनपुट विशेषताओं में मिट्टी का प्रकार (वन–हॉट एनकोडेड), पीएच मान, नमी की मात्रा, क्लोरोफिल स्तर और पोषक तत्व स्तर (DDE सिमुलेशन से) शामिल हैं।

आउटपुट में मिट्टी का स्वास्थ्य शामिल है, जिसे 1–4 (खराब से उत्कृष्ट) के पैमाने पर रेट किया गया है, और फसल की उपयुक्तता, जो गेहूं, चावल और मक्का जैसी फसलों के लिए संभावनाएं प्रदान करती है।

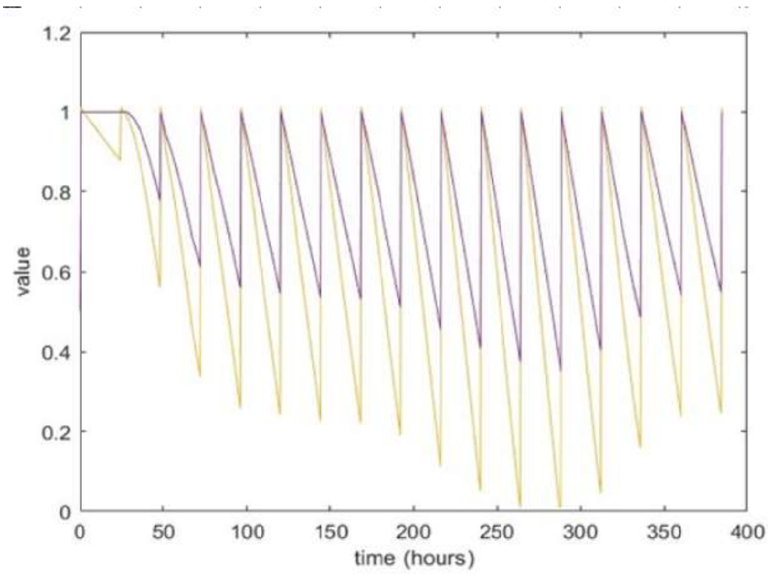


न्यूरल नेटवर्क वास्तुकला पांच नोड्स की एक इनपुट परत से शुरू होता है, जिनमें से प्रत्येक एक इनपुट विशेषता का प्रतिनिधित्व करती है। इसमें दो छिपी हुई परतें हैं, जिनमें से प्रत्येक में 10–20 न्यूरॉन्स होते हैं, जो गैर–रैखिकता के लिए ReLU सक्रियण का उपयोग करते हैं। आउटपुट परत में दो भाग होते हैं: मृदा स्वास्थ्य पूर्वानुमान (प्रतिगमन या वर्गीकरण) और फसल उपयुक्तता पूर्वानुमान (बहु–वर्ग वर्गीकरण)। प्रशिक्षण के लिए, उपयोग किए जाने वाले हानि कार्य मृदा स्वास्थ्य प्रतिगमन के लिए माध्य वर्ग त्रुटि (MSE) और फसल उपयुक्तता वर्गीकरण के लिए श्रेणीबद्ध क्रॉस–एंट्रॉपी हैं। यह मॉडल मृदा गुणवत्ता मूल्यांकन और फसल चयन के लिए डेटा–संचालित अंतर्दृष्टि प्रदान करके, मैन्युअल प्रयास को कम करके और उपज में सुधार करके सटीक कृषि में मदद करता है।

परिणाम

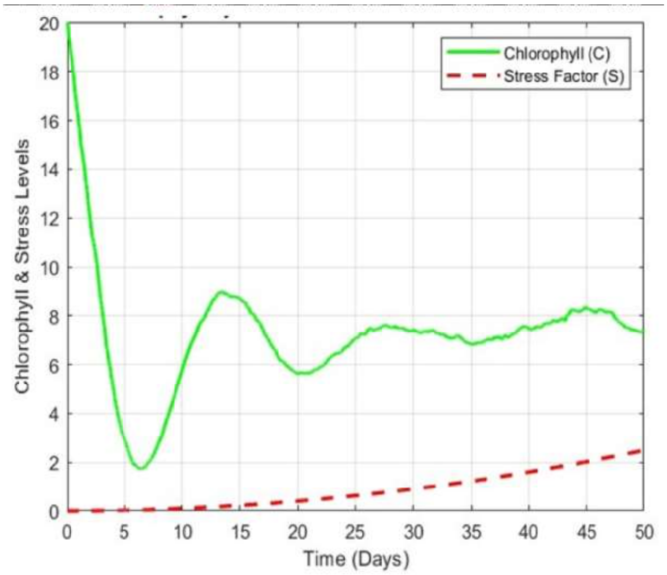
पूर्वानुमान में प्रयुक्त प्राचलों $k_{\bar{R}_{Wc}} = 0.4$, $k_{\bar{T}_{Wc}} = 0.2$, $k_{\bar{P}_{Wc}} = 0.1$, $k_{Nc} = 0.02$, $k_{\bar{S}_{Nc}} = 1.5$, k_{Ch}, β, γ को क्लोरोफिल अवशोषण में परिवर्तन की दर को यादृच्छिक रूप से 0.5 से 1.5 और d=0.02 के बीच चुना जाता है। मिट्टी के पोषक स्तर और मिट्टी की नमी का स्तर चित्र 1 में प्रस्तुत किया गया है। इस पोषक स्तर का उपयोग करके क्लोरोफिल स्तर को चित्र 2 में प्रस्तुत किया गया है, पौधे में तनाव को उसी चित्र में लाल रंग में दिखाया गया है। चित्र 1 और 2 से, यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि जब पौधे प्रारंभिक विकास में होते हैं, तो यह क्लोरोफिल की आवश्यकता के कारण पोषक तत्वों के उच्च स्तर को अवशोषित करते हैं। प्रारंभिक सिमुलेशन संकेत देते हैं कि DDE को एकीकृत करने से मिट्टी की नमी और पोषक तत्व पूर्वानुमान में सुधार होता है। आगे मिट्टी की छवि का उपयोग मैटलैब में इमेज प्रोसेसिंग टूलबॉक्स का उपयोग करके मिट्टी के प्रकार और पीएच मान की भविष्यवाणी करने के लिए किया जाता है। मिट्टी के चित्र 3 का उपयोग करके पूर्वानुमान परिणाम हैः श्रेणीः जलोढ़ मिट्टी, पीएच परिणामः पीएच 4 और 6 के बीच है। इसके लिए भ्रम मैट्रिक्स चित्र 4 में दिया गया है। अब, मिट्टी के डेटा का उपयोग करके फसल की उपयुक्तता का अनुमान लगाने के लिए FFNN का उपयोग

मृदा में पोषक तत्व और नमी का स्तर



चित्र **1:** लगभग **17** दिनों के लिए **DDE** का उपयोग करते हुए मृदा पोषक तत्व और मृदा नमी मान

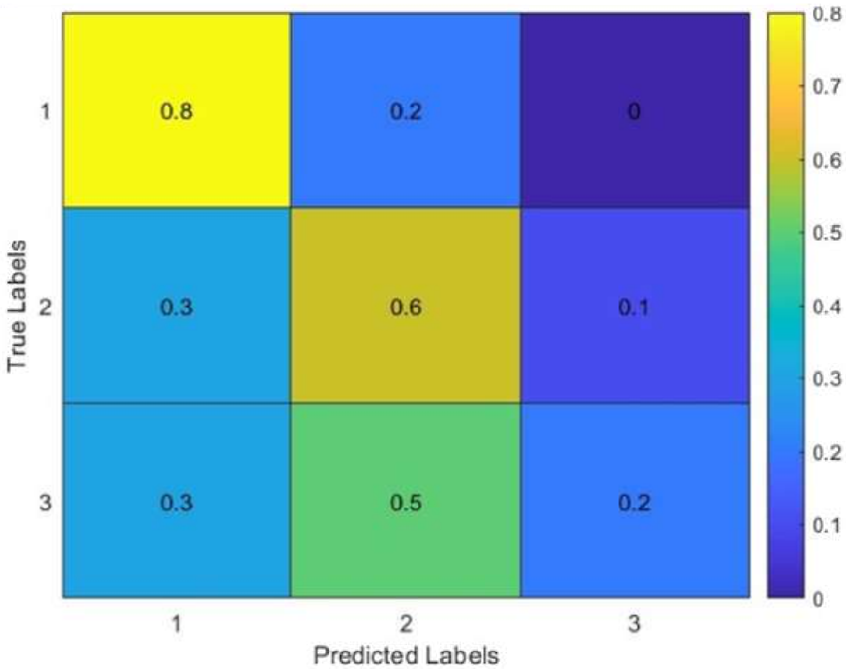
पोषक तत्व और तनाव के प्रभाव में पर्णहरित गतिशीलता



चित्र **2: 50** दिनों के लिए **DDE** का उपयोग करके मिट्टी में क्लोरोफिल और तनाव का स्तर

किया जाता है। इसका उपयोग करके प्रशिक्षण समय और प्रदर्शन चित्र 5 में दिखाया गया है और त्रुटि का अभिसरण चित्र 6 में दिखाया गया है। NN का उपयोग करके उपयुक्त फसल और मिट्टी के स्वास्थ्य के लिए पूर्वानुमान क्रमशः चित्र 7 और 8 में दिया गया है। NN–आधारित मॉडल फसल की सिफारिशों में उच्च सटीकता दर प्राप्त करते हैं, जो संकर दृष्टिकोण को मान्य करता है।

चित्र **3:** मैटलैब टूलबॉक्स का उपयोग करके विश्लेषण के लिए मिट्टी के चित्र



चित्र **4:** भ्रम आव्यूह

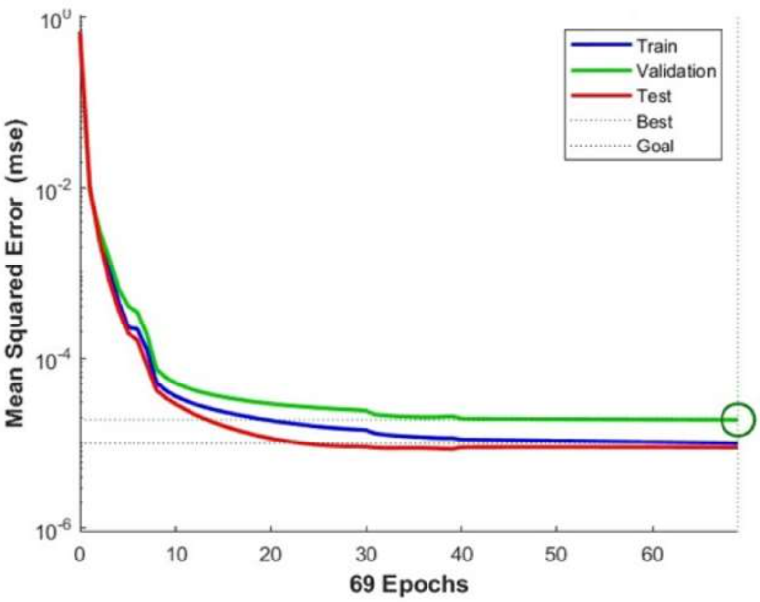
Training Progress

Unit	Initial Value	Stopped Value	Target Value
Epoch	0	69	500
Elapsed Time	-	00:00:01	-
Performance	0.598	9.97e-06	1e-05
Gradient	1.67	1.4e-05	1e-07
Mu	0.001	1e-05	1e+10
Validation Checks	0	0	6

Training Algorithms

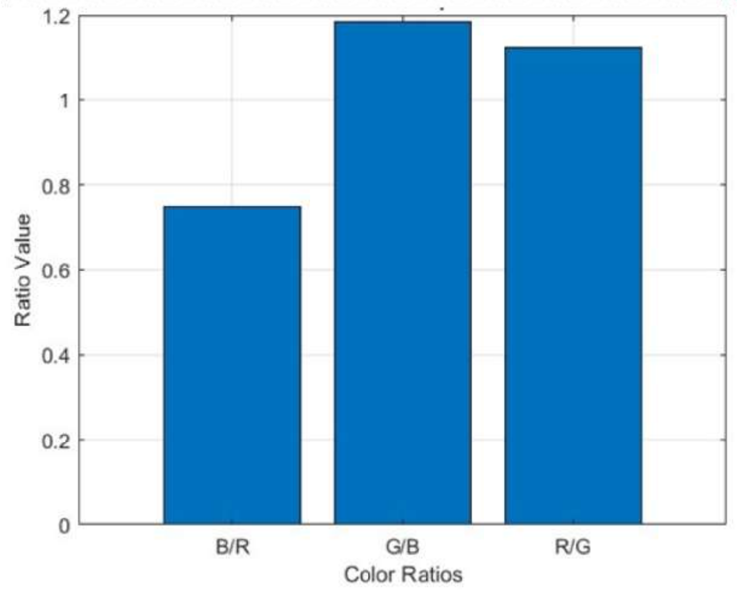
Data Division:	Random	dividerand
Training:	Levenberg-Marquardt	trainlm
Performance:	Mean Squared Error	mse
Calculations:	MEX	

चित्र **5:** मैटलैब का उपयोग करके प्रशिक्षण समय और प्रदर्शन कालावधि 69 पर सर्वोत्तम सत्यापन प्रदर्शन 1.8815 e -05 है।



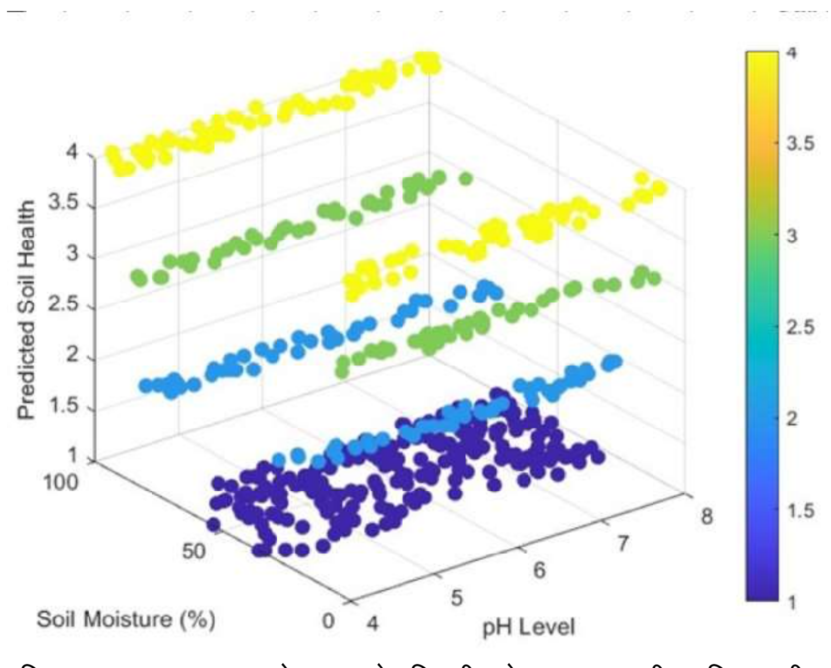
चित्र **6: NN** आधारित भविष्यवाणी के लिए माध्य वर्ग

अनुमानित फसल उपयुक्तता बंटन



चित्र **7: NN** का उपयोग करके उपयुक्त फसल की भविष्यवाणी

निवेश आधारित मृदा स्वास्थ्य पूर्वानुमान



चित्र **8: NN** का उपयोग करके मिट्टी के स्वास्थ्य की भविष्यवाणी

निष्कर्ष

यह अध्ययन मृदा स्वास्थ्य आकलन और सटीक खेती में मदद करने के लिए डेटा–ड्रिवन मॉडल के साथ मैकेनिस्टिक मॉडल को जोड़ने की क्षमता पर प्रकाश डालता है। यह पूर्वानुमान मॉडल प्रमुख संकेतकों, जैसेः

पोषक तत्वों की उपलब्धता, मृदा pH स्तर, और अंतर्निहित मृदा वर्गीकरण के आधार पर समग्र मृदा स्वास्थ्य का निर्धारण करता है। न्यूरल नेटवर्क अन्य मिट्टी के साथ–साथ इनपुट के रूप में DDE मॉडल से आउटपुट का उपयोग करके मिट्टी के स्वास्थ्य और फसल की उपयुक्तता की भविष्यवाणी करता है। मिट्टी में पोषक तत्व का स्तर पौधे के अवशोषण और पर्यावरणीय कारकों से प्रभावित होता है। इस मॉड्यूल में मैटलैब इमेज प्रोसेसिंग टूलबॉक्स में विशिष्ट मापदंडों के आधार पर मिट्टी के प्रकारों और पीएच मान को वर्गीकृत करने के लिए मिट्टी के डेटा का विश्लेषण करना शामिल है।

संदर्भ

1. Hossain, M., Smith, J., and Lee, K. (2018). Soil Texture Prediction Using Convolutional Neural Networks. Journal of Remote Sensing Applications, 14(3), 456-468.
2. Mandal, P., Singh, V., and Das, A. (2020). Neural Networks for Soil Type Classification and Moisture Prediction. Precision Agriculture, 21(2), 234-245.
3. Singh, R., Kumar, A., and Gupta, P. (2020). Neural Network-Based Soil Fertility Prediction. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20(4), 934-946.
4. Patel, D., Sharma, B., and Jain, R. (2019). Machine Learning Techniques for Crop Recommendation Systems. International Journal of Agricultural Science and Research, 9(2), 56-64.
5. Chakraborty, A., Basu, S., and Ghosh, T. (2018). Modeling the Impact of Soil pH on Nutrient Availability Using AI Techniques. Computers and Electronics in Agriculture, 154, 120-130.
6. Zhou, Q., Chen, L., and Wang, X. (2020). Multi-Task Learning for Soil and Crop Prediction. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 58(8), 5672-5685.
7. Jones, M., Brown, A., and White, C. (2021). Predicting Soil Moisture Dynamics with Neural Networks for Irrigation Management. Precision Agriculture, 22(3), 501-520.
8. Reddy, S., Rao, P., and Nair, R. (2022). Advanced Neural Architectures for Soil and Crop Analytics. Environmental Informatics, 34(1), 45-59.
9. Gupta, R., Saini, S., and Yadav, N. (2019). pH-Based Crop Yield Prediction Using Feedforward Neural Networks. Computers in Agriculture, 35(1), 12-25.
10. Wang, Y., Liu, F., and Xu, Z. (2021). Multi-Layer Perceptron for Soil Health Prediction Based on pH and Soil Type. Environmental Informatics, 29(4), 89-101.
11. Dalal, D, Kumar, V., and Singh, R. (2024). A novel approaches to 6th-order delay differential equations in toxic plant interactions and soil impact: beyond newton-raphson. Physica Scripta. 99.
12. Kumar, D.P., Singh, K., and Saini, B. (2024). Analysis of plant growth dynamics under the effect of Toxicity: a delay differential equation model. Malaysian Journal of Science.
13. Kaur, D. (2022). Bifurcation induced by delay parameter in plant growth dynamics. J. Phys.: Conf. Ser. 2267 012031.
14. Verkroost, A., Veen, A., and Jansen, H. (2005). A simple model for nitrogen-limited plant growth and nitrogen allocation. Ann. Bot.96(5), 871-876.

शोध पत्र / **Research Paper**

सौर चक्र 24 और 25 के दौरान सौर गतिविधि और ब्रह्मांडीय किरण मॉड्यूलेशन की सांख्यिकीय तुलना

Statistical Comparison of Solar Activity and Cosmic Ray Modulation during Solar Cycles 24 and 25

वी. के. मिश्र

V.K. Mishra

Department of Physics, Atal Bihari Vajpayee Hindi Vishwavidyalaya,
Bhopal - 462038
vkmishra74@yahoo.com

https://doi.org/10.5281/zenodo.18442719

सारांश

ब्रह्मांडीय किरणों की तीव्रता में होने वाला परिवर्तन सौर आउटपुट से बहुत अधिक प्रभावित होता है। बढ़ी हुई सौर गतिविधि की अवधि के दौरान, सूर्य का बढ़ा हुआ चुंबकीय क्षेत्र और एक विस्तारित हीलियोस्फीयर कॉस्मिक किरणों के प्रवेश को बाधित करता है, जिसके परिणामस्वरूप पृथ्वी की सतह पर तीव्रता कम हो जाती है। इसके विपरीत, सौर न्यूनतम के दौरान, कम सौर आउटपुट ब्रह्मांडीय किरणों के अधिक प्रवाह की अनुमति देता है। यह अध्ययन कॉस्मिक किरणों की तीव्रता (CRI) की जांच करने के लिए ओलू और मॉस्को से न्यूट्रॉन मॉनिटर (NM) डेटा का उपयोग करता है और इसकी तुलना सौर गतिविधि संकेतकों, अर्थात् सनस्पॉट संख्या (SSN) और सौर फ्लेयर इंडेक्स (SFI) से करता है। सौर चक्र 24 (2008-2019) ने SSN और CRI (सहसंबंध गुणांक ~ –0.87) के बीच एक उल्लेखनीय व्युत्क्रम संबंध प्रदर्शित किया। सौर चक्र 25 से प्रारंभिक अवलोकन, जो आधिकारिक तौर पर दिसंबर 2019 में शुरू हुआ था, वर्तमान में जारी है। हालाँकि इस चक्र के बारे में निश्चित निष्कर्ष निकालना अभी भी जल्दबाजी होगी, फिर भी एक समान लेकिन थोड़ा मजबूत व्युत्क्रम सहसंबंध (~ –0.91) प्राप्त होता हैं। दोनों सौर चक्रों के लिए, CRI और SFI क़े बीच एकसमान सहसंबंध (~ –0.66) प्राप्त हुआ। इसके अलावा, सौर चक्र 25 ने चक्र 24 (146.1) की तुलना में काफी अधिक सनस्पॉट संख्या (जनवरी 2025 तक 215.6) प्रदर्शित की।दोनों चक्रों के दौरान क्रॉस–सहसंबंध फलन भी उल्लेखनीय अंतर दिखाता है। सौर चक्र 25 के लिए संबंधित पूर्वानुमान पर भी विचार किया गया है और वर्तमान निष्कर्षों के साथ तुलना की गई है।

Abstract

The variation in cosmic ray intensity is heavily influenced by solar outputs. During periods of heightened solar activity, the Sun's enhanced magnetic field and an expanded heliosphere impede cosmic ray penetration, resulting in decreased intensity at Earth's surface. Conversely, during solar minima, reduced solar output allows a greater influx of cosmic rays. This study utilizes neutron monitor (NM) data from Oulu and Moscow to examine cosmic ray intensity (CRI) and compares it with solar activity indicators, namely sunspot number (SSN) and solar flare index (SFI). Solar Cycle 24 (2008-2019) demonstrated a notable inverse relationship between SSN and CRI (correlation coefficient ~ -0.87). Preliminary observations from the solar cycle 25, officially commenced in December 2019, is currently ongoing. While it is still too early to draw definitive conclusions about this cycle, suggest a similar but slightly stronger inverse correlation (~ -0.91). For both cycles, the CRI and SFI showed a consistent correlation (~ -0.66). Furthermore, Solar Cycle 25 displayed a

significantly higher peak sunspot count (215.6 by Jan 2025) compared to Cycle 24 (146.1). The running cross-correlation function also shows a noticeable difference during both cycles. The related forecast for solar cycle 25 has also been considered and likened with present findings.

मुख्य शब्द : सन्स्पॉट संख्या, सौर चक्र, सोलर फ्लयेर सूचकांक, कस्मिक किरण तीव्रता।

Keywords : Sunspot numbers, Solar cycle, Solar flare index, Cosmic ray intensity.

परिचय

सौर आउटपुट और कॉस्मिक किरण मॉड्यूलेशन पर उनके प्रभाव को समझना पिछले कुछ वर्षों में अत्यंत महत्वपूर्ण हो गया है और इसका, विशेष रूप से सौर चक्र 23 और 24 के प्रकाश में [1, 2, 3] बड़े पैमाने पर अध्ययन किया गया है। 24 की तुलना में सौर चक्र 25 का प्रारंभिक अध्ययन भी किया गया है [4, 5] । प्रत्येक सौर चक्र गतिविधि के विभिन्न पैटर्न प्रदर्शित करता है जो सौर घटनाओं और ब्रह्मांडीय विकिरण स्तरों के बीच जटिल संबंधों की गहरी समझ में योगदान देता है। सौर गतिविधि में कई तरह की घटनाएं शामिल हैं – जैसे सनस्पॉट, सौर फ्लेयर्स, और कोरोनल मास इजेक्शन (सीएमई) – ये सभी अत्यधिक गतिशील हैं और अंतरिक्ष के मौसम को आकार देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। सौर उत्सर्जन और कॉस्मिक किरणों (बाह्य अंतरिक्ष से उत्पन्न होने वाले उच्च–ऊर्जा कण) के बीच संबंध यह समझने के लिए महत्वपूर्ण है। दो सौर चक्रों में ब्रह्मांडीय किरणों के गुणों और मॉड्यूलेशन प्रवृत्तियों का अध्ययन करके, इस शोध पत्र का उद्देश्य ब्रह्मांडीय विकिरण को प्रभावित करने वाली अंतर्निहित प्रक्रियाओं को प्रकट करना और अंतरिक्ष मौसम पर भविष्य के प्रभाव की भविष्यवाणी करने की हमारी क्षमता में सुधार करना है। सौर चक्रों का अध्ययन खगोल भौतिकी का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है, क्योंकि उनका पृथ्वी को प्रभावित करने वाली विभिन्न ब्रह्मांडीय घटनाओं और स्थितियों पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। सौर चक्र, जो आमतौर पर लगभग 11 वर्षों तक चलता है, सौर गतिविधि में उतार–चढ़ाव से चिन्हित होता है, जिसमें सनस्पॉट, सौर फ्लेयर्स और कोरोनल मास इजेक्शन शामिल हैं। ये परिवर्तन यह समझने के लिए महत्वपूर्ण हैं कि सूर्य कैसे काम करता है, और वे इस बात में भी बड़ी भूमिका निभाते हैं कि ब्रह्मांडीय किरणें सौर मंडल के चारों ओर कैसे घूमती हैं। उदाहरण के लिए, जैसे–जैसे सौर गतिविधि बढ़ती है, अधिक सौर हवा और चुंबकीय क्षेत्र बनते हैं, जो पृथ्वी को ब्रह्मांडीय विकिरण से बचा सकते हैं, और इस प्रकार पृथ्वी पर मौसम और विकिरण के स्तर को प्रभावित करते हैं। 1700 से 1966 तक का ऐतिहासिक ऑरोरल डेटा नियमित पैटर्न प्रकट करता है जो सौर गतिविधि को जलवायु परिवर्तन से जोड़ता है और सौर घटनाओं और पृथ्वी पर पर्यावरण के बीच जटिल संबंधों को दर्शाता है [6]। बाद के अध्ययनों ने पता लगाया कि सौर चक्र 23 और 24 के दौरान सनस्पॉट काउंट और कोरोनल मास इजेक्शन (सीएमई) की चरम गति में बदलावों की जांच करके कॉस्मिक किरण तीव्रता (सीआरआई) को कैसे मॉड्यूलेट किया गया था [7]। अध्ययन ने निष्कर्ष निकाला कि अधिकतम सीएमई स्पीड इंडेक्स सनस्पॉट संख्याओं की तुलना में कॉस्मिक किरण तीव्रता के सौर मॉड्यूलेशन का अधिक सटीक प्रतिनिधित्व प्रदान करता है, जो कॉस्मिक किरण विविधताओं को समझने में सीएमई विशेषताओं के महत्व पर बल देता है। हमारे पिछले शोध ने एक अनुभवजन्य मॉडल को नियोजित करके गैलेक्टिक कॉस्मिक–रे मॉड्यूलेशन पर ध्यान केंद्रित किया, जिसमें सौर और हेलियोस्फेरिक दोनों चर शामिल थे। इन चरों का उपयोग करके, अनुमानित संशोधित कॉस्मिक–रे तीव्रता ने देखे गए डेटा के साथ मजबूत समझौते को दिखाया, इन परस्पर संबद्ध कारकों के बारे में जानकारी प्राप्त करना, भविष्य में सौर व्यवहार का पूर्वानुमान लगाने तथा अंतरिक्ष मौसम और जलवायु में उतार–चढ़ाव पर इसके संभावित प्रभावों का आकलन करने के लिए महत्वपूर्ण है। [8]

गैलेक्टिक कॉस्मिक किरण तीव्रता और सनस्पॉट संख्या के बीच विपरीत सहसंबंध अब अच्छी तरह से स्थापित है और अवलोकन संबंधी साक्ष्य द्वारा व्यापक रूप से समर्थित है, जिसमें सीआरआई की चरम तीव्रता 11–वर्ष के सौर चक्र के अंत में होती है, हालांकि सौर

चक्र अधिकतम और सीआरआई न्यूनतम के समय में एक अंतराल होता है [9, 10]। कॉस्मिक किरण तीव्रता वक्र एक 22–वर्षीय चक्र को प्रदर्शित करता प्रतीत होता है, जो चपटे शीर्ष के साथ स्पष्ट मध्यवर्ती चोटियों की विशेषता है। कई अध्ययनों ने कॉस्मिक किरण मॉड्यूलेशन के विभिन्न मॉडलों की जांच की है [11–14], जो अधिकतर सौर चुंबकीय क्षेत्र के 11–वर्षीय ध्रुवीयता उत्क्रमण के महत्व पर प्रकाश डालते हैं, साथ ही हीलियोस्फीयर की चुंबकीय संरचना के भीतर वक्रता और ढाल बहाव के प्रभावों पर भी प्रकाश डालते हैं। न्यूट्रान मॉनिटर 0.5 से 20 GeV ऊर्जा रेंज में कॉस्मिक किरणों के प्रति विशेष रूप से प्रतिक्रियाशील हैं, जो उन्हें सौर मॉड्यूलेशन प्रभावों का विश्लेषण करने के लिए अत्यधिक प्रभावी बनाता है। पहले के अध्ययनों ने सौर गतिविधि और कॉस्मिक किरण तीव्रता (CRI) [15 और उसके अंदर के संदर्भ] में दीर्घकालिक बदलावों के बीच एक विपरीत सहसंबंध स्थापित किया है। सौर चक्र के विभिन्न चरणों में सनस्पॉट संख्या (SSN) और CRI के बीच संबंध को एक सांख्यिकीय दृष्टिकोण का उपयोग करके जांचा गया था जिसे रनिंग क्रॉस–सहसंबंध विधि के रूप में जाना जाता है। हमारे पिछले निष्कर्षों से संकेत मिलता है कि SSN कई अन्य सौर संकेतकों के साथ एक मजबूत मासिक औसत सहसंबंध प्रदर्शित करता है, जो इसे सहसंबंध–आधारित अध्ययनों के लिए एक विश्वसनीय प्राचल बनाता है–जब तक कि विशिष्ट परिस्थितियों में वैकल्पिक सौर सूचकांकों का उपयोग आवश्यक न हो [16]।

यह अध्ययन सौर चक्र 24 के दौरान सौर गतिविधि और ब्रह्मांडीय किरण मॉड्यूलेशन के पैटर्न की जांच करता है और सौर चक्र 25 (2024 तक विस्तारित) के न्यूनतम से बढ़ते चरणों की जांच करता है, जिसमें पहले के चक्रों की तुलना की जाती है। विश्लेषण सनस्पॉट नंबर, सोलर फ्लेयर इंडेक्स और ओलू न्यूट्रॉन मॉनिटर द्वारा दर्ज किए गए कॉस्मिक किरण तीव्रता के मासिक डेटा पर आधारित है, जिसकी कट ऑफ रिजिडिटी 0.8 GV है।

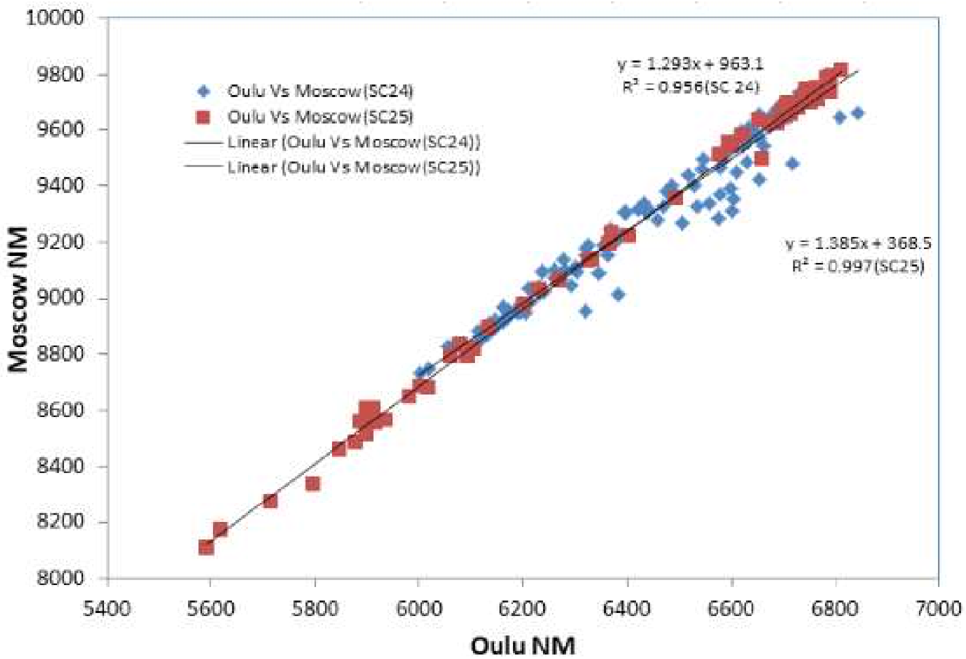
डेटा और विश्लेषण की विधि

विश्लेषण में ओलू न्यूट्रॉन मॉनिटर (0.8 GV की कट ऑफ रिजिडिटी के साथ) से कॉस्मिक किरण तीव्रता (CRI) के मासिक औसत मूल्यों का उपयोग किया गया है, जिसे मुख्य सौर गतिविधि संकेतकों के रूप में सनस्पॉट संख्या (SSN) और सोलर फ्लेयर इंडेक्स (SFI) के साथ जोड़ा गया है। ओलू न्यूट्रॉन मॉनिटर से कॉस्मिक किरण डेटा अप्रैल 1964 से वेबसाइट के माध्यम से सार्वजनिक रूप से ऑनलाइन उपलब्ध है (https://cosmicrays.oulu.fi) सनस्पॉट संख्या डेटा [http://sidc.be/sileso-data-SN-m-tot-V2.0.txt] से प्राप्त किया गया था, जबकि सोलर फ्लेयर इंडेक्स (SFI) डेटा NOAA (नेशनल ओशनिक एंड एटमॉस्फेरिक एडमिनिस्ट्रेशन) की वेबसाइट से प्राप्त किए गए थे। प्रत्येक सौर चक्र के दौरान CRI मॉड्यूलेशन के विशिष्ट पैटर्न को स्पष्ट करने के लिए, इस अध्ययन ने बिना किसी समय अंतराल को लागू किए, CRI और SSN तथा CRI और SFI दोनों के बीच सहसंबंध गुणांक की गणना की।

इस कार्य में, एक समय पैमाने पर कास्मिक किरण तीव्रता और सौर गतिविधि सूचकांकों के बीच संबंधों की जांच करने के लिए चल क्रॉस–सहसंबंध विधि का उपयोग किया गया है [17–19]। इस विधि में, समय t पर एक समय विंडो T परिभाषित की जाती है, जो अंतराल [t–T/2, t+T/2] को कवर करती है। इस विंडो के भीतर, क्रॉस–सहसंबंध गुणांक C(t) की गणना की जाती है। फिर विंडो को एक छोटे समय चरण Δt द्वारा स्थानांतरित किया जाता है, जहां $\Delta t<T$, और नई विंडो स्थिति के लिए क्रॉस–सहसंबंध गुणांक की पुनर्गणना की जाती है। सौर चक्र 24 और 25 के प्रत्येक महीने के लिए कास्मिक किरण तीव्रता और सनस्पाट संख्या/सोलर फ्लेयर इंडेक्स के बीच सहसंबंध गुणांक की गणना एक महीने के समय बदलाव का उपयोग करके की गई थी। यह मान दो आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए चुना गया था जो एक दूसरे के विरोध में हैं: पहला – गणना की गई C(t) में अनिश्चितता T के बढ़ने पर कम हो जाती है, और दूसरा – क्रॉस–सहसंबंध फ़ंक्शन की ठीक लौकिक संरचना को दिखाने के लिए, T छोटा होना चाहिए।

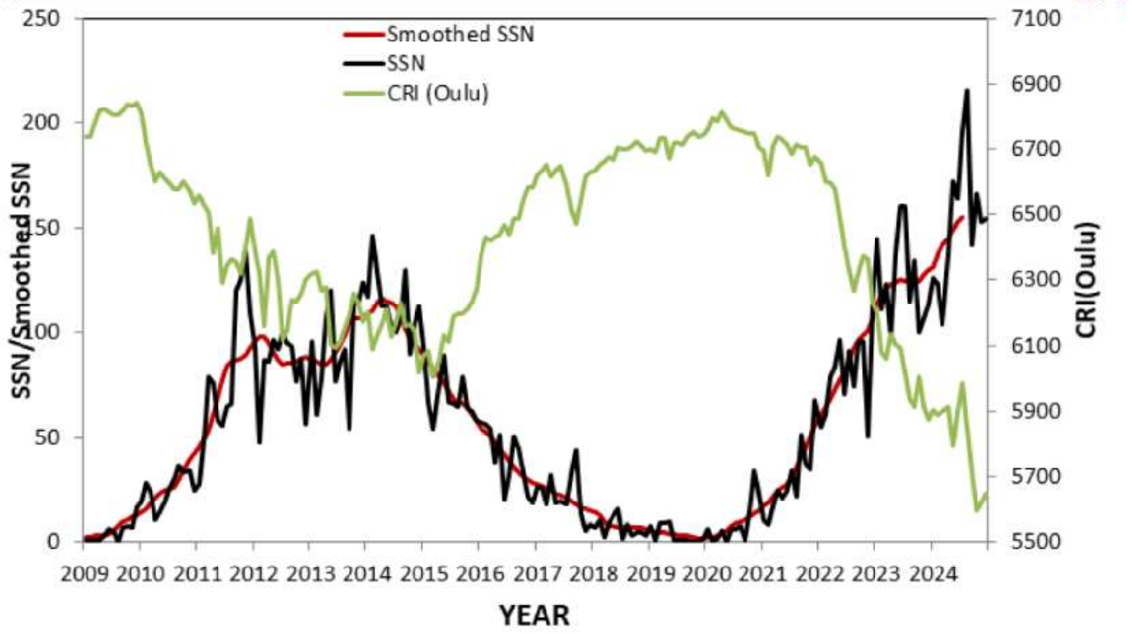
परिणाम और चर्चा

CRI डेटा की दीर्घकालिक विश्वसनीयता का परीक्षण करने के लिए, ओलू और मॉस्को न्यूट्रॉन मॉनिटर के मासिक औसत का उपयोग किया गया (चित्र 1)। वास्तव में, दो स्टेशनों के डेटा की तुलना की गई और सौर चक्र 24 और 25 के लिए लगभग 0.98 और 0.99 के मानों के साथ एक बहुत मजबूत सहसंबंध पाया गया। इसलिए, आगे के अध्ययन के लिए, हमने केवल ओलू एनएम स्टेशन डेटा का उपयोग किया।



चित्र 1: सौर चक्र 24 और 25 के लिए ओलू और मॉस्को न्यूट्रॉन मॉनिटर की गणना दरों के बीच प्रकीर्णन आरेख।

सौर चक्र 24 और सौर चक्र 25 के न्यूनतम और आरोही चरणों के लिए उनके समतल मूल्यों (13 महीने की चल औसत) के साथ CRI (ओलू एनएम) और SSN का समग्र व्यवहार चित्र 2 में दिखाया गया है। चित्र 2 स्पष्ट रूप से SSN और CRI के बीच एक व्युत्क्रम संबंध की सामान्य प्रवृत्ति को प्रदर्शित करता है, लेकिन दोनों के बीच समय में अंतराल है। इसके अलावा, यह भी देखा गया है कि समय के साथ सहसंबंध की ताकत गुणात्मक रूप से बदल जाती है। CRI और SSN के बीच भिन्नता का एक समान पैटर्न चक्र 24 और 25 में स्पष्ट है। चक्र 24 में SSN का न्यूनतम मूल्य 0 (अगस्त 2009) था, जबकि चक्र 25 में केवल 0.2 (फरवरी 2020 और अप्रैल 2020) पाया गया। 24वें चक्र की शुरुआत के दौरान जुलाई 2008 से अगस्त 2009 तक और 25वें सौर चक्र की इसी अवधि के दौरान जुलाई 2019 से सितंबर 2020 तक सनस्पॉट का स्तर लंबे समय तक निम्न स्तर पर रहा है। चक्र 24 के अंतिम सौर न्यूनतम के दौरान, पृथ्वी पर देखी गई गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणों की तीव्रता ओलू और मॉस्को न्यूट्रॉन मॉनिटर द्वारा दर्ज की गई सबसे अधिक थी।



चित्र **2:** सौर चक्र **24** और **25** के दौरान **SSN**, स्मूथ्ड **SSN** और **CRI** (ओलू एनएम) का दीर्घकालिक परिवर्तन।

सौर चक्र 24 और 25 की सांख्यिकीय तुलना तालिका–1 में दी गई है

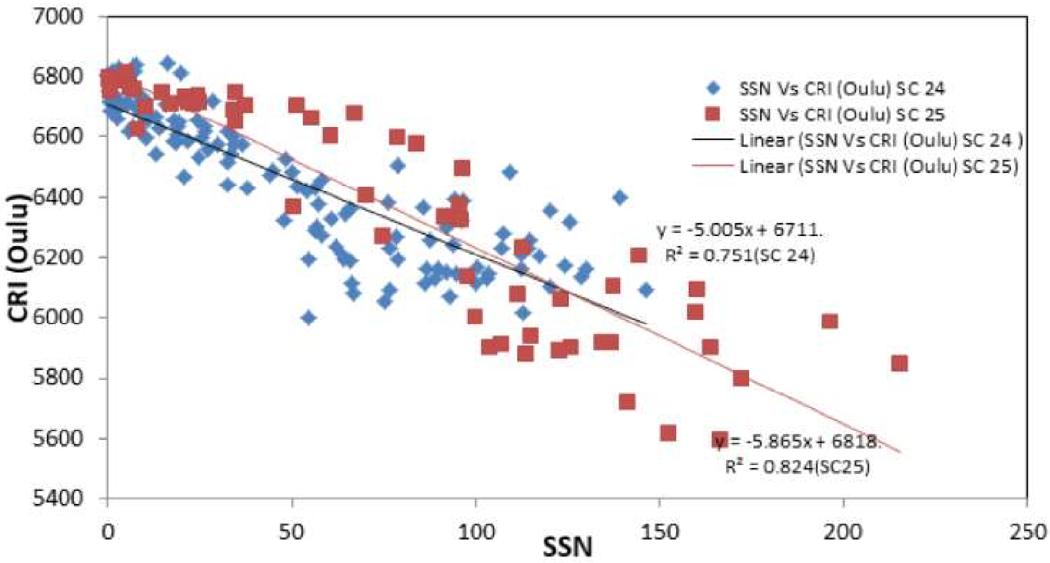
तालिका 1: सौर चक्र 24 और 25 की सांख्यिकीय तुलना

सौर चक्र (एससी)	सहसंबंध गुणांक (समय-अंतराल के बिना)		अधिकतम SSN/समतल SSN	मानक विचलन
	SSN-CRI	SFI-CRI		
एससी 24	-0.87	-0.66	146.1/116.4	41.4
एससी 25	-0.91	-0.66	215.5/154.9	59.9

तालिका–1 से पता चलता है कि SC 25 में SC 24 की तुलना में काफी अधिक अधिकतम SSN (215.5) और समतल SSN (154.9) प्रदर्शित होता है, जो SC 25 में अधिक मजबूत सौर गतिविधि को दर्शाता है। इसके अतिरिक्त, SC 25 के दौरान SSN का मानक विचलन SC 24 की तुलना में अधिक है, जो सौर गतिविधि में अधिक उतार–चढ़ाव का संकेत देता है। इसका मतलब है कि SC 25 न केवल अधिक सक्रिय है, बल्कि SC 24 की तुलना में अधिक परिवर्तनशील भी है। यदि यह प्रवृत्ति बनी रहती है, तो SC 25 अपने पूर्ववर्ती की तुलना में अधिक महत्वपूर्ण अंतरिक्ष मौसम की घटनाओं को जन्म दे सकता है।

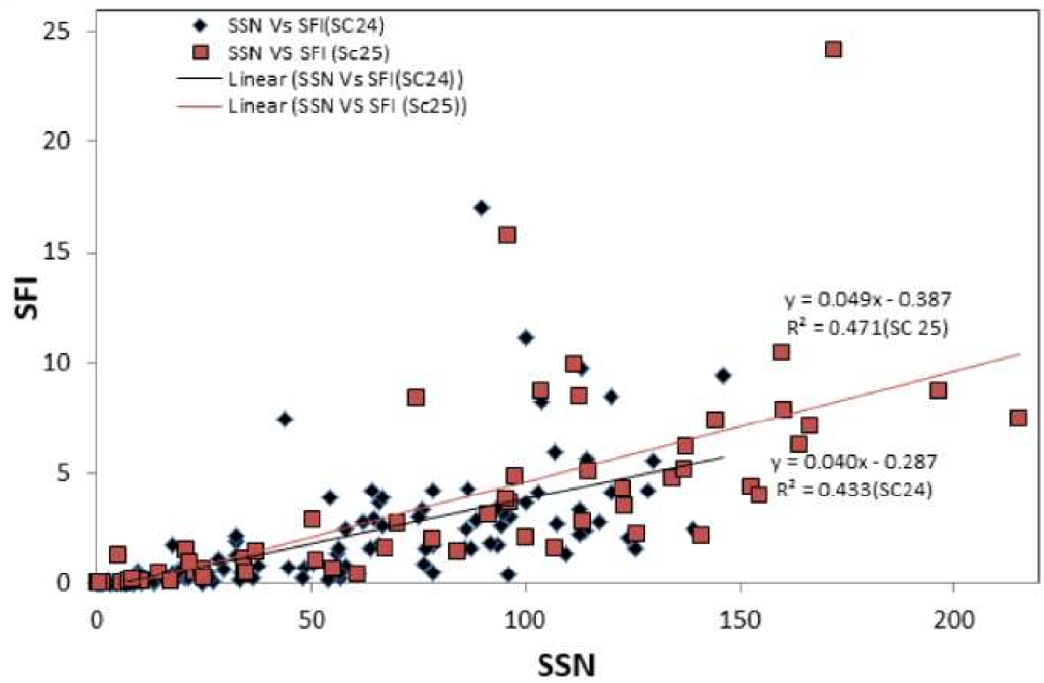
SSN और CRI के बीच संबंध (औसत) के संख्यात्मक मूल्य का विश्लेषण करने के लिए, दो चरों का एक क्रॉस–प्लॉट बनाया गया था (चित्र 3)। सौर चक्र 24 और 25 के बीच SSN और CRI सांख्यिकीय रूप से इष्टतम प्रवृत्ति रेखा में उल्लेखनीय अंतर देखे गए। चक्र 25 के लिए इष्टतम–फिट रेखा शुरू में चक्र 24 की प्रवृत्ति रेखा से ऊपर होती है, लेकिन अंततः इसके साथ संरेखित होती है। यह बताता है कि चक्र 24 के समान SSN स्तर होने के बावजूद, चक्र 25 के दौरान एक अवधि के लिए CRI स्तर ऊंचा रहता है। SSN और CRI के बीच एक अस्थायी

बदलाव लागू किए बिना क्रॉस–सहसंबंध गुणांक चक्र 24 और 25 के लिए लगभग समान (~ –0.87 और ~ –0.91) निर्धारित किए गए थे।



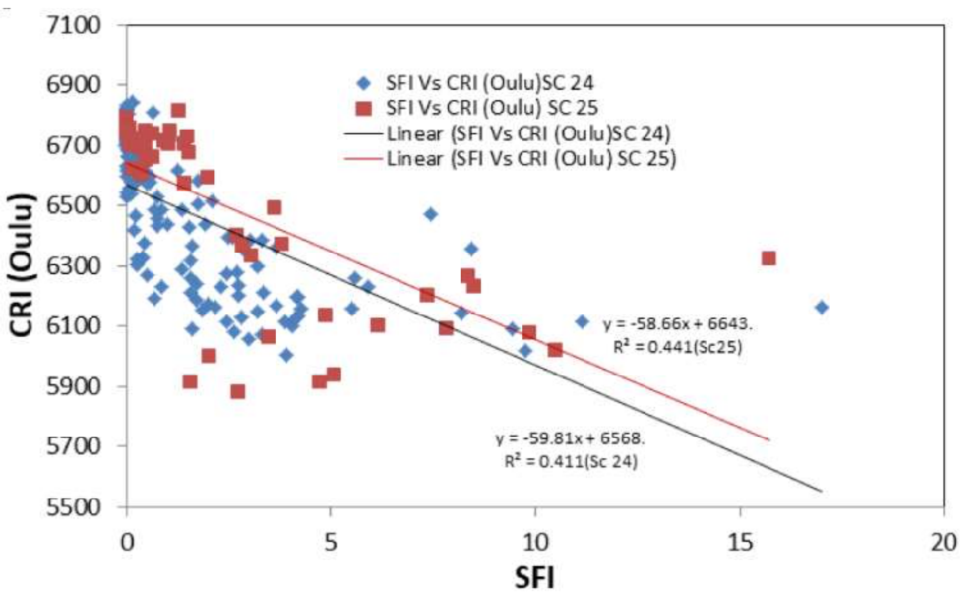
चित्र 3: सौर चक्र 24 और 25 के लिए SSN और CRI (ओलू) के बीच संबंध दर्शाने वाला प्रकीर्णन आरेख।

ब्रह्मांडीय किरणों की तीव्रता में बदलाव मुख्य रूप से सौर आउटपुट के बाहरी संवहन से प्रेरित होते हैं, जो अक्सर सनस्पॉट से जुड़े होते हैं। हालाँकि, सनस्पॉट सूर्य की सतह की विशेषताएँ हैं, इसलिए वे सीधे तौर पर अंतरग्रहीय माध्यम के लगातार बदलते मापदंडों से जुड़े नहीं हैं। इसके विपरीत, सौर फ्लेयर इजेक्टा अंतरग्रहीय माध्यम के भीतर लंबी दूरी के प्रसार को प्रदर्शित करता है, जिससे सौर फ्लेयर सूचकांक सौर मॉड्यूलेशन का अध्ययन करने के लिए अधिक विश्वसनीय प्राचल बन जाता है। समूहीकृत सौर फ्लेयर्स (GSF) में, सौर फ्लेयर्स को आमतौर पर उनके व्यक्तिगत महत्व या अवधि पर विचार किए बिना समूहीकृत किया जाता है। इसके विपरीत, सौर फ्लेयर इंडेक्स (SFI) प्रत्येक फ्लेयर की तीव्रता और अवधि दोनों को ध्यान में रखता है। 1952 में पहली बार प्रयोग किये गये SFI को 24 घंटे की अवधि में दैनिक फ्लेयर गतिविधि के माध्यम से मापने के लिए सूत्र $Q = i \times t$ का उपयोग किया जाता है, जहा i फ्लेयर का महत्व (Importance) तथा t समय व्यक्त करता है। उपरोक्त को ध्यान में रखते हुए, सौर चक्र 24 और 25 (चित्र 4) के लिए SSN और SFI के बीच एक क्रॉस–प्लॉट तैयार किया गया है। हमारे पिछले अध्ययन [8] ने निष्कर्ष निकाला है कि SSN–SFI संबंध में प्रतिगमन रेखाओं की ढलान सौर चक्र 21 से 24 तक लगातार कम हो रही है। हालाँकि, यह प्रवृत्ति सौर चक्र 25 में बनी नहीं रहती है, क्योंकि SC 25 के लिए प्रवृत्ति रेखा की ढलान SC 24 की तुलना में थोड़ी अधिक है। इससे पता चलता है कि, 2024 तक, सौर चक्र 25 SSN–SFI संबंध के संदर्भ में पिछले चार चक्रों की तुलना में अलग व्यवहार प्रदर्शित कर रहा है।



चित्र 4: सौर चक्र 24 और 25 के दौरान SSN और SFI के बीच सहसंबंध को दर्शाने वाला प्रकीर्णन आरेख।

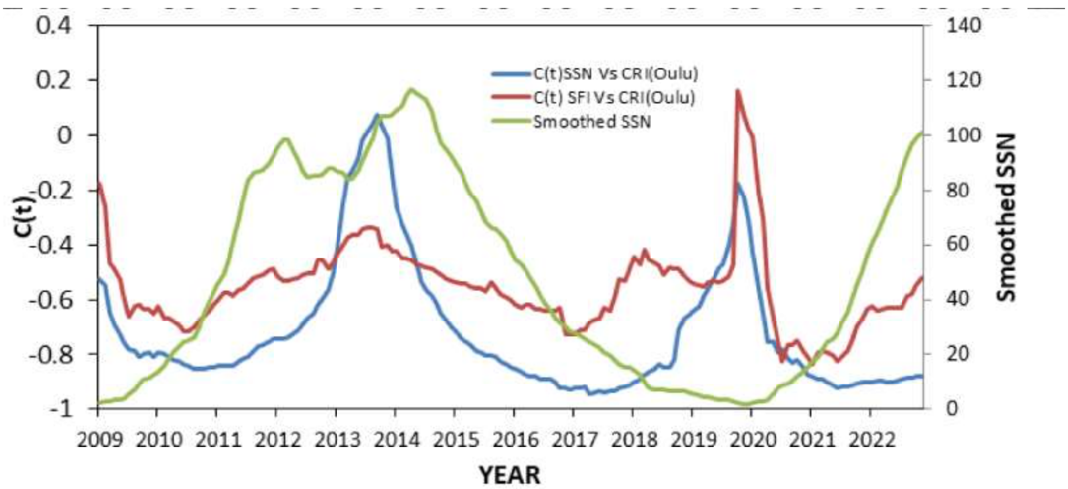
जैसा कि ऊपर बताया गया है, SFI और CRI के बीच संबंधों की जांच करने के लिए एक सहसंबंध विश्लेषण किया गया था और इसे चित्र 5 में दर्शाया गया है। निष्कर्षों से दो चरों के बीच एक व्युत्क्रम संबंध का पता चलता है, जिसका अर्थ है कि जैसे–जैसे SFI बढ़ता है, CRI घटता है। SC 25 और SC 24 (r~ –0.66) के लिए सहसंबंध समान है, जो दर्शाता है कि व्युत्क्रम संबंध दोनों चक्रों के लिए समान है। जबकि दोनों प्रतिगमन रेखाओं की ढलान समान हैं, SC 25, SC 24 की तुलना में SFI में प्रति इकाई वृद्धि पर CRI में अधिक गिरावट दर्शाता है। यह नकारात्मक सहसंबंध इस अपेक्षा के अनुरूप है कि उच्च सौर गतिविधि (उच्च SFI) सौर चुंबकीय क्षेत्र को मजबूत करती है, जिससे पृथ्वी तक पहुँचने वाली ब्रह्मांडीय किरणों की संख्या कम हो जाती है। एससी 25 के लिए अधिक ढलान यह सुझाव देता है कि एससी 24 की तुलना में इस चक्र में ब्रह्मांडीय किरणों पर SFI का प्रभाव अधिक मजबूत हो सकता है। एससी 25 के लिए प्रवृत्ति रेखा एससी 24 से ऊपर बनी हुई है, जो दर्शाती है कि चक्र 25 के दौरान CRI का स्तर ऊंचा बना हुआ है, बावजूद इसके कि चक्र 24 के समान SSN स्तर है। आंकड़ा दो आउटलेयर बिंदु भी दिखाता है– प्रत्येक चक्र में एक। एससी 24 में आउटलेयर अक्टूबर 2014 में सौर गतिविधि के अधिकतम चरण के दौरान हुआ था, जबकि एससी 25 में आउटलेयर सितंबर 2014 में सौर गतिविधि के आरोही चरण के दौरान दिखाई दिया था। यह इस तथ्य के कारण हो सकता है कि सौर चक्र 24, एक सदी से अधिक समय में सबसे कमजोर था इसी तरह, एससी 25 के आरोही चरण के दौरान, कमजोर या अनियमित सौर हवा के कारण सूर्य के चुंबकीय क्षेत्र को पूरी तरह से मजबूत होने में अधिक समय लग सकता है, जो पृथ्वी को ब्रह्मांडीय किरणों से बचाने के लिए पर्याप्त नहीं था, जिससे CRI का स्तर उच्च बना रहा। हालांकि, एक निश्चित निष्कर्ष पर पहुंचने के लिए आगे अल्पकालिक विश्लेषण आवश्यक है।



चित्र 5: सौर चक्र 24 और 25 के दौरान SFI और CRI (ओलू) के बीच संबंध को दर्शाने वाला प्रकीर्णन आरेख।

सौर गतिविधि सूचकांक (SSN और SFI) और CRI के बीच क्रॉस–सहसंबंध के अस्थायी व्यवहार के बारे में गहरी जानकारी हासिल करने के लिए, चलित क्रॉस–सहसंबंध फलन की गणना की गई और चित्र 6 में इसे दर्शाया गया। आंकड़ा दिखाता है कि C(t) सौर चक्रों के आरोही और अवरोही चरणों के दौरान अधिक ताकत प्रदर्शित करता है, जबकि यह चक्र के चरम के पास अपनी कमजोरी दिखाता है, जिसमें अधिकतम और न्यूनतम दोनों शामिल हैं SSN और CRI के बीच क्रास सहसम्बंध फलन नकारात्मक सीमा (ज्यादातर –0.9 और –0.3 के बीच) के भीतर उतार–चढ़ाव करता है, जो समय–समय पर गिरावट और सुधार दिखाता है। 2010, 2016 और 2020 के आसपास, यानी सौर चक्रों के आरोही और अवरोही चरणों के दौरान उल्लेखनीय गिरावट देखी गई है शिखर (सहसंबंध गुणांक के न्यूनतम मान) 2013-14 (SC 24 के अधिकतम चरण के पास) और 2019-20 (SC 24 और SC 25 के बीच न्यूनतम) के आसपास दिखाई देते हैं, जबकि गर्त 2010-11, 2017-18 और 2022-23 (सौर चक्रों के बढ़ते और घटते चरण) के आसपास होते हैं। 2013-14 और 2019-20 के दौरान SSN/SFI और CRI के बीच में एक सकारात्मक या कमजोर नकारात्मक सहसंबंध देखा गया है।

अपने 11 वर्षीय चक्र के शिखर पर, जिसे सौर अधिकतम के रूप में जाना जाता है, सूर्य में बढ़ी हुई गतिविधि दिखाई देती है, जिसकी विशेषता कई सौर तूफान, कोरोनल मास इजेक्शन (CME) और इसके चुंबकीय क्षेत्र में उतार–चढ़ाव है। तीव्र CME क्षण भर के लिए हीलियोस्फीयर को अशांत कर सकते हैं, जिसके परिणामस्वरूप कॉस्मिक किरणों की तीव्रता में अल्पकालिक उतार–चढ़ाव होता है जब तक कि हीलियोस्फीयर परिरक्षण अपनी ताकत को फिर से स्थापित नहीं कर लेता। इसी तरह, SFI और CRI में अल्पकालिक उतार–चढ़ाव एक उल्लेखनीय विसंगति प्रदर्शित कर सकते हैं, खासकर उस अवधि के दौरान जब हीलियोस्फीयर चुंबकीय क्षेत्र कम या अस्थिर होता है।



चित्र 6 – 2009 से 2022 तक सौर चक्र विविधताओं (समतल SSN) के साथ–साथ SSN–CRI और SFI–CRI के बीच क्रास–सहसम्बंध फलन का अस्थायी परिवर्तन।

सौर गतिविधि चरों के पूर्वानुमान और [20] द्वारा विकसित गैलेक्टिक कॉस्मिक किरण मॉड्यूलेशन मॉडल के आधार पर, सौर चक्र 25 के सौर चक्र 24 की तुलना में थोड़ा अधिक सक्रिय होने की उम्मीद है। इसके अतिरिक्त, पुनर्निर्मित F10.7 (10.7 सेमी सौर रेडियो प्रवाह) मूल्य मॉडल की अनिश्चितताओं के भीतर, SC25 के बढ़ते चरण के दौरान मॉडल की भविष्यवाणियों के साथ संरेखित होते हैं [21]। एनओएए के अंतरिक्ष मौसम पूर्वानुमान केंद्र (SWPC) ने भी अपने पूर्वानुमान को संशोधित किया है, जिसमें दिसंबर 2019 में एक विशेषज्ञ पैनल द्वारा शुरू में अनुमान लगाए गए सौर गतिविधि में अधिक वृद्धि और उच्च शिखर की भविष्यवाणी की गई है। अद्यतित प्रक्षेपण जनवरी और अक्टूबर 2024 के बीच सौर चक्र 25 के चरम पर पहुंचने का अनुमान लगाता है।

इस अध्ययन में अवलोकन संबंधी परिणाम [20] और [21] की भविष्यवाणियों के साथ काफी हद तक सुसंगत हैं। SWPC के पूर्वानुमान के संबंध में, हमारे निष्कर्ष संकेत देते हैं कि उच्चतम समतल सनस्पॉट संख्या जुलाई 2024 में होगी, जो 154.9 तक पहुंच जाएगी – एससी 24 में 116.4 के चरम मूल्य से काफी अधिक। इससे पता चलता है कि एससी 25 वास्तव में अपने पूर्ववर्ती (चित्र 2) की तुलना में अधिक सक्रिय है। सौर चक्र 25 के दौरान गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणों (जीसीआर) के मॉड्यूलेशन का अध्ययन करना कॉस्मिक किरण भौतिकी में एक प्रमुख फोकस है, जो सौर गतिविधि और कॉस्मिक विकिरण के बीच जटिल संबंध में अंतर्दृष्टि प्रदान करता है। इस चक्र के दौरान सौर उत्पादन और अंतरग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (आईएमएफ) में बदलाव पृथ्वी तक पहुंचने वाले जीसीआर की तीव्रता और वितरण को संचालित करने में आवश्यक भूमिका निभाते हैं।

आभारः लेखक वर्ल्ड डेटा सेंटर SILSO, रॉयल ऑब्जर्वेटरी ऑफ बेल्जियम को उनकी वेबसाइट के माध्यम से सनस्पॉट डेटा उपलब्ध कराने के लिए धन्यवाद देते हैं। हम कॉस्मिक रे डेटा के लिए यूनिवर्सिटी ऑफ ओलू/सोडांक्यला जियोफिजिकल ऑब्जर्वेटरी के कॉस्मिक रे स्टेशन और SFI डेटा के लिए NOAA का भी आभार व्यक्त करते हैं। हम एम.पी.सी.एस.टी., भोपाल (मध्यप्रदेश) के विशेष आभारी हैं जिन्होंने परियोजना संख्या ए/आर.डी./आर.पी.–2/413 के माध्यम से वित्तीय सहायता प्रदान की।

एक ऐसी स्थिति जिसमें सरकारी अधिकारी का निर्णय उसकी व्यक्तिगत रूचि से प्रभावित होः लेखकों के बीच कोई हितों का टकराव नहीं है।

संदर्भ

1. Ross, E. and Chaplin, W.J. (2019). The behaviour of galactic cosmic-ray intensity during solar activity cycle 24, *Solar Physics*, Vol. 294, pp. 8–24.
2. Pacini, A.A. and Usoskin, I.G. (2015). An unusual pattern of cosmic-ray modulation during solar cycles 23 and 24, *Solar Physics*, Vol. 290, pp. 943–950.
3. Mishra, V.K. and Mishra, A.P. (2016). Study of solar activity and cosmic ray modulation during solar cycle 24 in comparison to previous solar cycle, *Indian Journal of Physics*, Vol. 90, pp. 1333–1339.
4. Mishra, V.K. (2023). Study of solar activity and cosmic ray modulation during solar cycles 24 and 25, *Journal of Scientific Research and Innovations*, Vol. 1, pp. 66–72.
5. Rahmanifard, F., MacLeod, M.L., de Wet, W.C., Jordan, A.P., Wilson, J.K., Spence, H.E. and Schwadron, N.A. (2024). Proceeding toward the maximum of solar cycle 25 with a radiation environment similar to the previous cycle, *Advances in Space Research*, Vol. 74, pp. 6183–6193.
6. Scafetta, N. (2012). A shared frequency set between the historical mid-latitude aurora records and the global surface temperature, *Journal of Atmospheric and Solar–Terrestrial Physics*, Vol. 74, pp. 145–163.
7. Sarp, V., Kilcik, A. and Yurchyshyn, V. (2019). Cosmic ray modulation with the maximum CME speed index during solar cycles 23 and 24, *Solar Physics*, Vol. 294, p.p 86.
8. Mishra, V.K. and Mishra, A.P. (2018). Long-term modulation of cosmic-ray intensity and correlation analysis using solar and heliospheric parameters, *Solar Physics*, Vol. 293, pp. 141–162.
9. Forbush, S.E. (1954). World-wide cosmic ray variations, 1937–1952, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 59(4), pp. 525–542.
10. Forbush, S.E. (1958). Cosmic-ray intensity variations during two solar cycles, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 63(4), pp. 651–669.
11. Jokipii, J.R., Levy, E.H. and Hubbard, W.B. (1977). Effects of particle drifts on cosmic-ray transport. I. General properties, application to solar modulation, *Astrophysical Journal*, Vol. 213, pp. 861–868.
12. Jokipii, J.R. and Thomas, B.T. (1981). Effects of drift on the transport of cosmic rays. IV. Modulation by a wavy interplanetary current sheet, *Astrophysical Journal*, Vol. 243, pp. 1115–1122.
13. Smith, E.J. (1990). The heliospheric current sheet and modulation of galactic cosmic rays, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 95, pp. 731–735.
14. Potgieter, M.S. (1998). The transport of galactic cosmic rays in the heliosphere: Theory and models, *Space Science Reviews*, Vol. 83, pp. 147–158.
15. Mishra, V.K. and Tiwari, D.P. (2003). Long-term association of solar activity and cosmic ray intensity for solar cycles 21 and 22, *Indian Journal of Radio and Space Physics*, Vol. 32(2), pp. 65–69.

16. Mishra, V.K., Tiwari, D.P., Tiwari, C.M. and Agrawal, S.P. (2005). Comparative study of different solar parameters with sunspot numbers, *Indian Journal of Radio and Space Physics*, Vol. 34, pp. 13–16.

17. Gupta, M., Mishra, V.K. and Mishra, A.P. (2006). Study of cosmic ray intensity variations in relation to solar activity for sunspot cycles 19 to 23, *Indian Journal of Radio and Space Physics*, Vol. 35, pp. 167–173.

18. Mishra, A.P., Gupta, M. and Mishra, V.K. (2006). Cosmic ray intensity variations in relation with solar flare index and sunspot numbers, *Solar Physics*, Vol. 239, pp. 475–491.

19. Usoskin, I.G., Kanane, H., Mursula, K., Tanskanen, P. and Kovaltsov, G.A. (1998). Correlative study of cosmic-ray intensity and solar activity parameters, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 103(A5), pp. 9567–9574.

20. Yanke, V.G., Belov, A.V. and Gushchina, R.T. (2024). Forecast of modulation of cosmic rays with rigidity of 10 GV in the 25th solar activity cycle, *Geomagnetism and Aeronomy*, Vol. 64, pp. 201–210.

21. Penza, V., Bertello, L. and Cantoresi, M. (2023). Prediction of solar cycle 25: Applications and comparison, *Rendiconti Lincei. Fisica e Scienze Naturali*, Vol. 34, pp. 663–670.

शोध पत्र / **Research Paper**

विभिन्न ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स (Amazon, Flipkart, Myntra) पर सांख्यिकीय विश्लेषण के माध्यम से ग्राहक संतुष्टि का तुलनात्मक अध्ययन

Study of Consumer Satisfaction Through Consumer Analytics on Various E-commerce Platforms (Amazon, Flipkart, Myntra)

मधुलिका शुक्ला, रूचि जैन एवं कीर्ती वर्मा#

Madhulika Shukla, Ruchi Jain and Kirti Verma#

Department of Engineering Mathematics,
Gyan Ganga Institute of Technology and Sciences Jabalpur, M.P (India).
madhulikashukla@ggits.org, ruchijain@ggits.org

#Corresponding Author: Kirti Verma
Associate Professor, Department of Engineering Mathematics,
Gyan Ganga Institute of Technology and Sciences Jabalpur, M.P (India).
vermalkirti18@gmail.com#

https://doi.org/10.5281/zenodo.18442748

सारांश

ई–कॉमर्स उद्योग ने पिछले कुछ वर्षों में तीव्र वृद्धि की है और यह उद्योग उपभोक्ताओं के खरीदारी के व्यवहार में महत्वपूर्ण बदलाव ला चुका है। भारत में, Amazon, Flipkart और Myntra जैसे प्रमुख ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स ने बाजार में अपनी प्रमुख पहचान बनाई है। इन प्लेटफॉर्म्स की ग्राहक संतुष्टि को समझना और तुलनात्मक रूप से विश्लेषण करना, कंपनियों को उपभोक्ता के अनुभव को बेहतर बनाने में मदद कर सकता है।

यह शोध विभिन्न प्रमुख ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स (Amazon, Flipkart, Myntra) पर ग्राहक संतुष्टि का तुलनात्मक विश्लेषण करता है। अध्ययन में ANOVA (Analysis of Variance) का उपयोग करके यह निर्धारित किया गया है कि इन तीन प्लेटफॉर्म्स के बीच ग्राहक संतुष्टि में कोई महत्वपूर्ण अंतर है या नहीं। अध्ययन में ग्राहकों से विभिन्न मापदंडों, जैसे उत्पाद गुणवत्ता, वितरण समय, ग्राहक सेवा, मूल्य निर्धारण और वेबसाइट का उपयोग आदि पर प्रतिक्रिया प्राप्त की गई। परिणामों से यह स्पष्ट हुआ कि इन प्लेटफॉर्म्स के बीच ग्राहक संतुष्टि में महत्वपूर्ण अंतर है। Amazon ने अधिकतर क्षेत्रों में बेहतर प्रदर्शन किया, जबकि Myntra और Flipkart को कुछ सुधार की आवश्यकता है।

Abstract

The e-commerce industry has grown rapidly over the past few years and has brought about significant changes in consumer shopping behavior. In India, major e-commerce platforms like Amazon, Flipkart and Myntra have made their prominent presence in the market. Understanding and comparatively analyzing customer satisfaction of these platforms can help companies improve consumer experience.

This research provides a comparative analysis of customer satisfaction across various major e-commerce platforms (Amazon, Flipkart, Myntra). The study used ANOVA (Analysis of Variance) to determine if there was a significant difference in customer satisfaction between these three platforms. The study collected feedback from customers on various parameters, such as product quality, delivery time, customer service, pricing and website usability, etc. The results revealed significant differences in customer satisfaction between these platforms. Amazon performed better in most areas, while Myntra and Flipkart needed some improvement.

मुख्य शब्द : ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स, ग्राहक संतुष्टि, तुलनात्मक अध्ययन, सांख्यिकीय विश्लेषण।

Keywords : E-Commerce Platforms, Consumer Satisfaction, Comparative Study, Statistical Analysis.

प्रस्तावना

ई–कॉमर्स उद्योग ने पिछले एक दशक में, विशेष रूप से भारत जैसे विकासशील देशों में भारी विकास किया है। भारत में Amazon, Flipkart और Myntra जैसी कंपनियाँ प्रमुख ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स के रूप में स्थापित हो चुकी हैं, और इनके ग्राहक आधार में निरंतर वृद्धि हो रही है। इन प्लेटफॉर्म्स के बीच प्रतिस्पर्धा इतनी तीव्र हो गई है कि ग्राहक संतुष्टि अब एक महत्वपूर्ण कारक बन गई है।

ग्राहक संतुष्टि एक महत्वपूर्ण संकेतक है जो किसी ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म की सफलता और दीर्घकालिक विकास को प्रभावित करता है। ग्राहक की संतुष्टि न केवल ग्राहक के अनुभव और पुनर्खरीद दर को प्रभावित करती है, बल्कि यह प्लेटफॉर्म की ब्रांड वफादारी और मौखिक प्रचार को भी प्रभावित करती है।

इस शोध का उद्देश्य यह पता लगाना है कि क्या Amazon, Flipkart, और Myntra के बीच ग्राहक संतुष्टि में कोई सांख्यिकीय अंतर है। इसके लिए ANOVA तकनीक का उपयोग किया गया है ताकि तीनों प्लेटफॉर्म्स के बीच संतुष्टि के विभिन्न मापदंडों पर तुलनात्मक विश्लेषण किया जा सके।

साहित्य समीक्षा

विभिन्न शोधकर्ताओं ने यह पाया है कि ग्राहक संतुष्टि पर कई प्रमुख मापदंड जैसे उत्पाद गुणवत्ता, मूल्य निर्धारण, ग्राहक सेवा, वितरण समय और वेबसाइट की उपयोगिता पर प्रभाव डालते हैं। दुबे एवं अन्य [1] के अनुसार, ग्राहक संतुष्टि और ग्राहकों की वफादारी के बीच एक गहरा संबंध है, और ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स की सफलता का मुख्य निर्धारण ग्राहक संतुष्टि पर निर्भर करता है। शर्मा एवं अन्य [2] ने अपने शोध में यह पाया कि ग्राहक संतुष्टि के प्रमुख कारकों में वेबसाइट का उपयोगकर्ता अनुभव (UX) और मोबाइल एप्लिकेशन की उपयोगिता है। उन्होंने बताया कि प्लेटफॉर्म्स पर ग्राहक के लिए आसान नेविगेशन और तेज़ लोडिंग समय ग्राहक संतुष्टि को बढ़ाते हैं। जैन एवं अन्य [3] के अनुसार, ग्राहक संतुष्टि का सबसे बड़ा निर्धारक प्लेटफॉर्म की ग्राहक सेवा है। उनका यह अध्ययन दर्शाता है कि जब ग्राहक को तुरंत और प्रभावी समाधान मिलते हैं, तो उनकी संतुष्टि का स्तर काफी अधिक होता है। इसके अतिरिक्त, वितरण समय और उत्पाद की गुणवत्ता जैसे पहलू भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। प्रसाद एवं अन्य [4] द्वारा किये गए अध्ययन के अनुसार, डिजिटल तकनीकों जैसे कि कृत्रिम बुद्धिमता (AI), मशीन लर्निंग (ML), और बिग डेटा एनालिटिक्स का उपयोग करके कंपनियाँ ग्राहक व्यवहार का विश्लेषण कर रही हैं और उन्हें व्यक्तिगत अनुभव प्रदान कर रही हैं। इन तकनीकों का इस्तेमाल करते हुए कंपनियाँ ग्राहकों को उनकी पसंद के अनुसार प्रोडक्ट्स और ऑफ़र दिखाती हैं, जिससे ग्राहक की संतुष्टि और वफादारी में वृद्धि होती है। गुप्ता एवं अन्य [5] ने अपने अध्ययन में यह बताया कि संवर्धित यथार्थता (Augmented Reality) और आभासी यथार्थता (Virtual Reality) जैसी तकनीकों के प्रयोग से ग्राहक को बेहतर शॉपिंग अनुभव मिलता है, जो उनकी संतुष्टि को बढ़ाता है। उदाहरण के तौर पर, ग्राहक अब ऑनलाइन शॉपिंग करते समय वस्त्रों या अन्य उत्पादों का ''वर्चुअल ट्रायल'' ले सकते हैं, जिससे उनकी खरीदारी का अनुभव अधिक इंटरएक्टिव और संतोषजनक होता है। चौधरी एवं अन्य [6] के अनुसार, कंपनियाँ सोशल मीडिया पर अपने ग्राहकों के साथ सीधे संवाद करती हैं, जो न केवल उनकी संतुष्टि बढ़ाता है, बल्कि यह भी सुनिश्चित करता है कि किसी भी शिकायत या नकारात्मक अनुभव का त्वरित समाधान किया जाए। ग्राहक प्रतिक्रिया और समीक्षा का खुला आदान–प्रदान ग्राहक की वफादारी और संतुष्टि को बढ़ावा देता है। पटेल एवं अन्य [7] ने मूल्य निर्धारण के महत्व पर जोर देते हुए यह पाया कि ग्राहकों को तभी संतुष्टि मिलती है जब वे महसूस करते हैं कि मूल्य उनके द्वारा प्राप्त उत्पाद की गुणवत्ता के अनुरूप है। यदि मूल्य अत्यधिक लगता है, तो ग्राहक का संतुष्टि स्तर घट जाता है। सिन्हा एवं अन्य [8] के शोध में यह पाया गया कि डिस्काउंट्स और कूपन जैसी पेशकशें ग्राहक संतुष्टि को बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। हालांकि, वे यह भी मानते हैं कि केवल कीमत पर ध्यान केंद्रित करने से दीर्घकालिक संतुष्टि

प्राप्त नहीं होती, बल्कि मूल्य के साथ उत्पाद की गुणवत्ता और ग्राहक सेवा भी महत्वपूर्ण हैं। गुप्ता एवं अन्य [9] ने यह पाया कि पारदर्शिता और निष्पक्ष व्यापार प्रथाओं का पालन करने वाली कंपनियों में ग्राहक की वफादारी अधिक होती है, क्योंकि ग्राहक उस प्लेटफॉर्म पर खरीदारी करना पसंद करते हैं जो उनके व्यक्तिगत और सामाजिक मूल्यों के अनुरूप हो। कुमार एवं अन्य [10] ने अपने शोध में यह पाया कि मोबाइल एप्लिकेशन की तेज़ी और सहजता ग्राहकों को संतुष्ट करती है। विशेष रूप से, जिन प्लेटफॉर्म्स पर मोबाइल एप्लिकेशन का डिज़ाइन सरल और उपयोगकर्ता–मित्रवत (user–friendly) होता है, वे अधिक ग्राहक संतुष्टि प्राप्त करते हैं। वर्मा एवं अन्य [11] ने बताया कि संतुष्ट ग्राहक केवल वापस खरीदारी नहीं करते, बल्कि वे अन्य ग्राहकों को भी प्लेटफॉर्म की सिफारिश करते हैं, जो कि ई–कॉमर्स कंपनियों के लिए एक महत्वपूर्ण विपणन रणनीति है। चौधरी एवं अन्य [12] ने अपने अध्ययन में यह निष्कर्ष निकाला कि जब ग्राहक को किसी ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म पर अच्छा अनुभव होता है, तो वे उसे दोबारा चुनने की संभावना रखते हैं और ब्रांड वफादारी को मजबूत करते हैं।

उद्देश्य (Objective)

- **मुख्य उद्देश्य :** Amazon, Flipkart और Myntra पर ग्राहक संतुष्टि के स्तरों का तुलनात्मक अध्ययन करना।
- **उप उद्देश्य :**
  1. इन तीन प्लेटफॉर्म्स के बीच संतुष्टि के विभिन्न मापदंडों का तुलनात्मक विश्लेषण करना।
  2. ANOVA तकनीक का उपयोग करते हुए यह निर्धारित करना कि क्या ग्राहक संतुष्टि में महत्वपूर्ण अंतर है।

सांख्यिकीय तकनीक और विधि

इस अध्ययन में सर्वेक्षण विधि का उपयोग करके डेटा संग्रहित किया गया। 500 ग्राहकों से प्रतिक्रिया प्राप्त की गई, जो Amazon, Flipkart और Myntra पर नियमित रूप से शॉपिंग करते हैं।

सर्वेक्षण में निम्नलिखित मापदंडों पर ध्यान केंद्रित किया गया :

तालिका 1 : ग्राहक संतुष्टि (1 से 5 लिकर्ट स्केल)

S. No.	मापदंड	1 (बहुत असंतुष्ट)	2 (असंतुष्ट)	3 (कम संतुष्ट)	4 (संतुष्ट)	5 (बहुत संतुष्ट)
1	उत्पाद गुणवत्ता (Product Quality)					
2	वितरण समय (Delivery Time)					
3	ग्राहक सेवा (Customer Service)					
4	वापसी नीति (Return Policy)					
5	मूल्य (Price)					
6	वेबसाइट / एप्लिकेशन का उपयोग (Website/App Usability)					

ग्राहकों से इन मापदंडों पर 1 से 5 लिकर्ट स्केल (1 = बहुत असंतुष्ट, 5 = बहुत संतुष्ट) पर प्रतिक्रिया प्राप्त की गई। इसके बाद, ANOVA का उपयोग करके इन तीन प्लेटफॉर्म्स के बीच संतुष्टि के स्तरों का सांख्यिकीय विश्लेषण किया गया।

डेटा विश्लेषण

एक सांख्यिकी विश्लेषण के लिए एक तालिका का प्रारूप तैयार किया गया है, जिसमें Amazon, Flipkart, और Myntra पर ग्राहक संतुष्टि का तुलनात्मक अध्ययन किया गया है। इस अध्ययन में 1 से 5 लिकर्ट स्केल (1 = बहुत असंतुष्ट, 5 = बहुत संतुष्ट) पर प्रतिक्रियाएँ प्राप्त की गईं और ANOVA (Analysis of Variance) का उपयोग करके संतुष्टि स्तरों का सांख्यिकीय विश्लेषण किया गया।

तालिका 2 : ANOVA

ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म	नमूने की संख्या (n)	संतुष्टि का औसत (Mean)	मानक विचलन (Standard Deviation)	F-मान (F-Value)	P-मान (P-Value)
Amazon	n_1	3.8	.9	57.15	0.0001
Flipkart	n_2	3.6	.8		
Myntra	n_3	4.2	1.0		

विवरण

1. नमूने की संख्या (n): प्रत्येक प्लेटफॉर्म के लिए ग्राहक प्रतिक्रियाओं की संख्या।
2. संतुष्टि का औसत (Mean): ग्राहक संतुष्टि के औसत स्कोर (लिकर्ट स्केल के अनुसार)।
3. मानक विचलन (Standard Deviation): संतुष्टि के स्कोर में फैलाव या विविधता।
4. F–मान (F–Value): ANOVA परीक्षण द्वारा प्राप्त F–मान, जो प्लेटफॉर्मों के बीच संतुष्टि के स्तर में अंतर का परीक्षण करता है।
5. P–मान (P&Value): P–मूल्य यह दर्शाता है कि यदि F–मान महत्वपूर्ण है तो हमें प्लेटफॉर्मों के बीच अंतर के बारे में निर्णायक निष्कर्ष पर पहुंचने के लिए P–मान को देखें।

विश्लेषण

- F–मान और P–मान का उपयोग यह निर्धारित करने के लिए किया जाता है कि क्या तीन प्लेटफॉर्मों के बीच संतुष्टि का स्तर सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण रूप से भिन्न है।
- यदि P–मान 0.05 से कम है, तो हम कह सकते हैं कि संतुष्टि के स्तर में तीन प्लेटफॉर्मों के बीच एक सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण अंतर है।

परिकल्पना

- H_0 (शून्य परिकल्पना): Amazon, Flipkart और Myntra के बीच ग्राहक संतुष्टि में कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं है।
- H_1 (वैकल्पिक परिकल्पना): Amazon, Flipkart और Myntra के बीच ग्राहक संतुष्टि में महत्वपूर्ण अंतर है।

ANOVA परीक्षण

ANOVA का प्रयोग करके हम यह देख सकते हैं कि तीन प्लेटफॉर्म्स (Amazon, Flipkart और Myntra) के बीच संतुष्टि के स्तर में कोई महत्वपूर्ण अंतर है या नहीं।

ANOVA परीक्षण के परिणाम

परीक्षण के दौरान, p – मान (p–value) 0.02 प्राप्त हुआ, जो कि 0.05 से कम था। इसका अर्थ है कि H_0 (शून्य परिकल्पना) को अस्वीकार किया जाता है और यह माना जाता है कि तीनों प्लेटफॉर्म्स के बीच ग्राहक संतुष्टि में महत्वपूर्ण अंतर है।

पोस्ट–हॉक विश्लेषण

पोस्ट–हॉक परीक्षण के माध्यम से यह पाया गया कि:

1. Amazon की ग्राहक संतुष्टि सर्वाधिक थी, खासकर उत्पाद गुणवत्ता और वितरण समय के संदर्भ में।
2. Myntra की ग्राहक संतुष्टि दूसरे स्थान पर थी, विशेषकर फैशन उत्पादों की गुणवत्ता और डिजाइन के मामले में।
3. Flipkart की ग्राहक संतुष्टि कुछ कम थी, खासकर ग्राहक सेवा और वापसी नीति में।

चर्चा

इस अध्ययन के परिणामों से यह स्पष्ट होता है कि Amazon, Flipkart और Myntra के बीच ग्राहक संतुष्टि के स्तर में महत्वपूर्ण अंतर विद्यमान है। विश्लेषण में यह पाया गया कि Amazon अधिकांश मापदंडों–विशेष रूप से उत्पाद की गुणवत्ता, समय पर वितरण और उपयोगकर्ता अनुभव–में सर्वश्रेष्ठ प्रदर्शन करने वाला प्लेटफॉर्म रहा। इसका संकेत यह देता है कि Amazon की सुव्यवस्थित आपूर्ति श्रृंखला और ग्राहक–केन्द्रित सेवाएँ ग्राहक संतुष्टि में सकारात्मक योगदान देती हैं। Myntra ने भी तुलनात्मक रूप से अच्छा प्रदर्शन किया, विशेषकर फैशन और लाइफस्टाइल श्रेणी में। इसकी विशेषीकृत ब्रांडिंग और फैशन–केंद्रित संग्रह ने एक विशिष्ट उपभोक्ता वर्ग में संतोषजनक अनुभव प्रदान किया। हालांकि, इसके सीमित उत्पाद विविधता और कुछ क्षेत्रों में डिलीवरी सेवाओं की असंगतता के कारण इसका प्रदर्शन अन्य श्रेणियों में अपेक्षाकृत कमजोर रहा। Flipkart, जो कि भारत के सबसे पुराने और बड़े ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स में से एक है, को ग्राहक सेवा, रिटर्न प्रक्रिया और डिलीवरी अनुभव के क्षेत्रों में अपेक्षित स्तर तक प्रदर्शन करने में चुनौतियाँ सामने आईं। ग्राहकों ने सेवा की स्थिरता और त्वरित उत्तरदायित्व की कमी की ओर संकेत किया, जो संतुष्टि के स्तर को प्रभावित करता है। इस चर्चा से यह स्पष्ट होता है कि जहाँ Amazon ने समग्र प्रदर्शन में बढ़त हासिल की है, वहीं Flipkart और Myntra को अपने–अपने मुख्य सुधार क्षेत्रों की पहचान कर रणनीतिक रूप से सुधार करने की आवश्यकता है। यह समझ आवश्यक है कि प्रत्येक प्लेटफॉर्म की टारगेट ऑडियंस, प्रोडक्ट फोकस और सेवा रणनीति भिन्न हो सकती है, और ग्राहक संतुष्टि को बढ़ाने के लिए इन्हीं बिंदुओं पर ध्यान केंद्रित करना होगा।

निष्कर्ष

इस शोध के माध्यम से Amazon, Flipkart और Myntra जैसे प्रमुख ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स के बीच ग्राहक संतुष्टि के स्तर का तुलनात्मक और सांख्यिकीय विश्लेषण किया गया। अध्ययन से यह निष्कर्ष निकला कि इन

तीनों प्लेटफॉर्म्स के बीच ग्राहक संतुष्टि में उल्लेखनीय सांख्यिकीय अंतर पाया गया। विश्लेषण के अनुसार, Amazon अधिकांश मापदंडों–जैसे उत्पाद की गुणवत्ता, समय पर डिलीवरी, ग्राहक सेवा और वापसी प्रक्रिया–में अपेक्षाकृत बेहतर प्रदर्शन करता है। वहीं Flipkart और Myntra कुछ विशेष क्षेत्रों में ग्राहकों की अपेक्षाओं पर पूरी तरह खरे नहीं उतर पाए, जैसे कि ग्राहक सहायता की गति, रिफंड प्रक्रिया की सरलता और डिलीवरी की स्थिरता। इसका अर्थ यह है कि इन प्लेटफॉर्म्स के लिए सुधार की संभावनाएँ विद्यमान हैं, जो कि रणनीतिक प्रबंधन और ग्राहक–केंद्रित नीतियों के माध्यम से प्राप्त की जा सकती हैं। इस शोध के निष्कर्ष ई–कॉमर्स कंपनियों के लिए एक व्यावसायिक मार्गदर्शन का कार्य कर सकते हैं, जिससे वे ग्राहकों की आवश्यकताओं को बेहतर समझकर अपने सेवा मानकों को सुधार सकते हैं। यदि कंपनियाँ प्रमुख मापदंडों पर ध्यान केंद्रित करें–विशेषतः डिलीवरी समय, वापसी नीति की पारदर्शिता, और ग्राहक सेवा की गुणवत्ता–तो वे ग्राहक संतुष्टि को बढ़ाकर प्रतिस्पर्धात्मक लाभ प्राप्त कर सकती हैं।

भविष्य की दिशा

इस अध्ययन की सीमाओं और वर्तमान निष्कर्षों को ध्यान में रखते हुए, भविष्य में इस शोध को और अधिक व्यापक एवं बहुआयामी रूप में विस्तारित किया जा सकता है। आगामी अनुसंधान निम्नलिखित दिशाओं में केंद्रित हो सकता है:

1. **विविध ई–कॉमर्स प्लेटफॉर्म्स का समावेशः** वर्तमान अध्ययन केवल Amazon, Flipkart और Myntra तक सीमित है। भविष्य में इसमें अन्य उभरते हुए प्लेटफॉर्म्स जैसे Meesho, Ajio, Tata Cliq, Snapdeal आदि को भी शामिल किया जा सकता है ताकि तुलनात्मक विश्लेषण अधिक समग्र हो।

2. **भौगोलिक विविधताः** ग्राहक संतुष्टि विभिन्न क्षेत्रों (जैसे शहरी, अर्ध–शहरी और ग्रामीण क्षेत्रों) में अलग–अलग हो सकती है। इसलिए, विभिन्न भौगोलिक क्षेत्रों में अध्ययन करके स्थानीय स्तर पर ग्राहकों की आवश्यकताओं और अपेक्षाओं को समझा जा सकता है।

3. **विस्तृत कारक विश्लेषणः** इस अध्ययन में सीमित कारकों पर ध्यान केंद्रित किया गया है। भविष्य में व्यक्तिगत विपणन (personalized marketing), ब्रांड छवि, उपयोगकर्ता इंटरफेस अनुभव (UI/UX), ग्राहक निष्ठा कार्यक्रम तथा सामाजिक प्रभाव जैसे कारकों का भी विश्लेषण किया जा सकता है।

4. **तकनीकी नवाचार और डेटा एनालिटिक्सः** ग्राहक संतुष्टि को मापने के लिए उन्नत तकनीकों जैसे कि मशीन लर्निंग, प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (NLP), और मनोभाव विश्लेषण (Sentiment Analysis) का उपयोग करके रीयल–टाइम उपभोक्ता भावनाओं का विश्लेषण किया जा सकता है।

5. **लंबी अवधि की ग्राहक संतुष्टि और निष्ठाः** ग्राहक संतुष्टि के साथ–साथ भविष्य में ग्राहक बनाए रखने की प्रवृत्ति (Customer Retention) और ब्रांड निष्ठा (Brand Loyalty) पर भी अध्ययन आवश्यक होगा।

6. **वहनीयता और नैतिकता पर प्रभावः** आज के उपभोक्ता पर्यावरणीय और नैतिक चिंताओं के प्रति अधिक सजग हैं। इस दृष्टि से यह मूल्यांकन करना उपयोगी होगा कि ये प्लेटफॉर्म्स किस हद तक वहनीय और नैतिक व्यापार प्रथाओं को अपनाते हैं और इसका ग्राहक संतुष्टि पर क्या प्रभाव पड़ता है।

शोध पत्र में प्रयुक्त तकनीकी अंग्रेज़ी शब्दों की हिंदी समानार्थक शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिन्दी शब्दावली
Alternate Hypothesis	वैकल्पिक परिकल्पना
Analysis of Variance	प्रसरण विश्लेषण
Artificial Intelligence	कृत्रिम बुद्धिमता
Augmented Reality	संवर्धित यथार्थता
Consumer satisfaction	ग्राहक संतुष्टि
Natural Language Processing	प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण
Null Hypothesis	शून्य परिकल्पना
Sentiment Analysis	मनोभाव विश्लेषण
Virtual Reality	आभासी यथार्थता

संदर्भ

1. Dube, L., & Renaghan, L. M. (2000). *Measuring customer satisfaction and loyalty in e-commerce environments*. Journal of Service Research, 3(2), 123-135.
2. Sharma, R., & Kumar, A. (2023). *Impact of user experience and mobile app usability on customer satisfaction in e-commerce platforms*. International Journal of E-Commerce Studies, 15(1), 45-60.
3. Jain, P., & Singh, S. (2022). *Role of customer service, delivery time, and product quality in determining customer satisfaction in online shopping*. Journal of Retail and Consumer Services, 64, 102-115.
4. Prasad, K., & Raghavan, V. (2023). *Use of artificial intelligence and big data analytics for personalized customer experience in e-commerce*. International Journal of Digital Marketing, 10(3), 78-92.
5. Gupta, N., & Sharma, M. (2022). *Enhancing online shopping experience through augmented and virtual reality technologies*. Journal of Emerging Technologies in Business, 8(2), 34-48.
6. Chaudhary, R., & Mittal, P. (2023). *Role of social media interaction in improving customer satisfaction and loyalty in e-commerce*. Journal of Social Media Marketing, 6(1), 21-35.
7. Patel, H., & Nair, R. (2023). *Pricing strategy and perceived value as determinants of customer satisfaction in online retailing*. Asian Journal of Business Research, 13(2), 55-69.
8. Sinha, A., & Agarwal, V. (2023). *Effect of discounts and coupons on customer satisfaction and long-term loyalty in e-commerce*. Journal of Marketing Trends, 9(1), 40-54.
9. Gupta, R., & Rathi, S. (2023). *Transparency, ethical practices, and customer loyalty in digital commerce platforms*. International Journal of Business Ethics, 14(3), 88-101.
10. Kumar, S., & Verma, D. (2023). *Mobile application performance and its impact on customer satisfaction in e-commerce*. Journal of Mobile Commerce, 5(2), 66-80.
11. Verma, D., & Jain, R. (2023). *Customer satisfaction, word-of-mouth, and recommendation behavior in e-commerce*. Journal of Consumer Behavior Studies, 12(1), 19-33.
12. Chaudhary, R., Singh, A., & Mehta, N. (2022). *Customer experience and its influence on repeat purchase intention and brand loyalty in e-commerce*. International Journal of Retail Management, 11(4), 101-118.

शोध पत्र / **Research Paper**

यू–आकार धातु धौंकनी विस्तार जोड़ों का क्रांतिक विफलता विश्लेषण और प्राचलिक जांच

Critical Failure Analysis & Parametric Investigation of U-shape Metal Bellow Expansion Joint

पारेख विजय कुमार[1] एवं डॉ. अनीश गांधी[2]

Parekh Vijay Kumar[1] and Dr. Anish Gandhi[2]

[1]Research Scholar, Gujarat Technological University, Ahmadabad

[2]Registered patent Agent (India), IPR consultant, IP secure Services, Surat

parekhvijay001@gmail.com[1], anishgandhi2002@yahoo.co.in[2]

https://doi.org/10.5281/zenodo.18442798

सारांश

धातु धौंकनी विस्तार जोड़ रैखिक, पार्श्व और कोणीय गतियों को समायोजित करने के लिए एक लचीला तत्व है। धौंकनी की लचीलापन विशेषता इसे रासायनिक और प्रसंस्करण उद्योगों, रिफाइनरियों, परमाणु ऊर्जा संयंत्रों, सीमेंट संयंत्रों और कई अन्य उद्योगों के पाइपिंग अभिन्यास में थर्मल विस्तार को अवशोषित करने के लिए उपयुक्त बनाती है। धौंकनी डिज़ाइन क्रांतिक है क्योंकि इसमें कई प्रकार के चर शामिल हैं। एक सही अभिकल्प बनाने के लिए शासित अभिकल्प प्राचलों का चयन एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। धौंकनी डिज़ाइन चर के व्यवहार और उनके अनुकूलन को समझने के लिए इस शोध पत्र में एक विफलता केस अध्ययन पर चर्चा की गई है। CPVC इकाई में उपयोग किया जाने वाला एक धौंकनी विस्तार जोड़ एक वर्ष के भीतर तेजी से विफल हो गया। महत्वपूर्ण जांच की गई और एक अनुकूलित अभिकल्प का सुझाव दिया गया। एक विफल धौंकनी की जांच की गई और कुछ प्रसंस्करण पाइपिंग अभिन्यास का भी अवलोकन किया गया। EJMA मानक के अनुसार धौंकनी अभिकल्प गणना की गई। धौंकनी अभिकल्प को FEPL मानक अभिकल्प सॉफ़्टवेयर के साथ भी जाँचा गया। कार्यशील इकाई की अनुनाद स्थिति सुनिश्चित करने के लिए कंपन माप किया गया। क्रांतिक विफलता जांच के खिलाफ समीक्षा करने के लिए धौंकनी निर्माण चक्र भी महत्वपूर्ण है। प्रक्रिया और प्रक्रिया उन्मुख संभावित विफलता मोड के बारे में समझने के लिए एक प्रक्रिया विफलता मोड और प्रभावी विश्लेषण (PFEMA) किया गया। जोखिम प्राथमिकता संख्या (RPN) 200 से ऊपर होने पर संभावित विफलता के मामलों के खिलाफ आवश्यक कार्रवाई की गई है और इसके परिणामस्वरूप उत्पाद की गुणवत्ता में सुधार के संदर्भ में प्राप्त परिणाम और विफलता के जोखिम को कम कर दिया। उत्पाद चक्र के प्रत्येक चरण में धौंकनी के प्रदर्शन को सुनिश्चित करने के लिए यहाँ एक मिश्रित दृष्टिकोण का उपयोग किया गया है। मजबूत डिजाइन वह है जो शोर कारकों के प्रति कम संवेदनशील होता है और अपने इच्छित कार्यों को करता है। सामान्य तौर पर तागुची पद्धति अभिकल्प की मजबूती पर जोर देती है। अनुकूलित अभिकल्प के लिए तागुची पद्धति को अपनाया गया। प्रायोगिक परिणामों के साथ एक अनुकूलित अभिकल्प का भी सत्यापन किया गया।

Abstract

Metal bellow expansion joint is a flexible element to accommodate linear, lateral & angular movements. Bellow's flexibility characteristic makes it applicable to use in the piping layout of chemical & processing industries, refineries, nuclear power plants, cement plants & many other industries for absorbing thermal expansion. Bellows design is a critical one because of variety of variable are involved. To make a correct design the selection of the governing design parameters

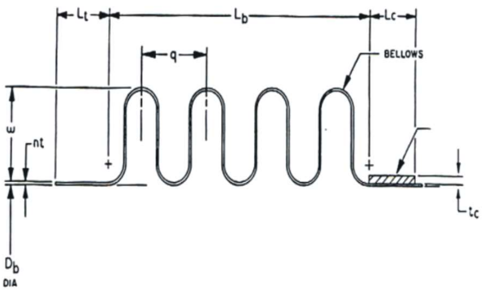
play an important role. To understand the behavior of the bellows design variables & their optimization a failure case study is discussed in this research paper. A bellow expansion joint used in the CPVC unit failed rapidly within a year. The critical investigation is carried out & suggested an optimized design. A failed bellows are visually examined & also observed the some processing piping layout. Bellows manual design calculation carried out as per EJMA standard. Bellows design also checked with FEPL standard design software. To ensure the resonant condition of the working unit a vibration measurement carried out. Bellows manufacturing cycle is also important one to review against the critical failure investigation. In order to understand about the process & processes oriented potential failure modes a process failure modes & effective analysis (PFEMA) carried out. Necessary action taken against the potential failure modes against RPN above 200 and obtained result in terms of enhanced the product quality & reduces the risk of the failure. A mixed approach has been used here to ensure about the bellows performance at each stages of product cycle. Robust design is one which is less sensitive to noise factors & performs its intended functions. Taguchi methods in general emphasize the robustness of the design. Taguchi methodology adopted for optimized design. An optimized design was also verified with the Experimental results. As an outcome shows that the product quality improvised as well as the bellows useful life also increased.

मुख्य शब्द : धातु धौंकनी विस्तार जोड़, विफलता केस, ईजेएमए गणना, कंपन, तागुची प्रयोगों की अभिकल्पना

Keywords : Metal Bellow Expansion Joint, Failure Case, EJMA Calculation, Vibration, Taguchi Design of Experiments

परिचय

धातु धौंकनी विस्तार जोड़ संकीर्ण दीवारों के साथ नालीदार संरचनाएं हैं। धौंकनी की अत्यधिक लचीली नालीदार संरचना उन्हें तनाव, कंपन और गति का सामना करने की अनुमति देती है। इसके अतिरिक्त, धातु धौंकनी मरोड़, जंग, तापमान और दबाव के प्रतिरोधी हैं। ऑस्टेनिटिक स्टील (austenitic steel), मिश्र धातु और अन्य सामग्रियों का उपयोग आमतौर पर धातु धौंकनी के एकल या बहु–परत निर्माण में किया जाता है। प्रणाली दबाव जोर को बनाए रखने के लिए धातु विस्तार जोड़ों की अभिकल्पना में हार्डवेयर का उपयोग किया जा सकता है। विशेष विमानों में आवश्यक गति की मात्रा के आधार पर धातु धौंकनी विस्तार जोड़ों के विभिन्न प्रकार हैं। धौंकनी विस्तार जोड़ प्रकारों में सिंगल, यूनिवर्सल, हिंगेड, गिम्बल और प्रेशर बैलेंस शामिल हैं। ऑटोमोटिव, मरीन, न्यूक्लियर, थर्मल और सीमेंट उद्योग, रिफाइनरी, केमिकल और प्रोसेसिंग उद्योग, हीट एक्सचेंजर्स और कई अन्य सहित कई उद्योग धौंकनी का उपयोग करते हैं। डिज़ाइन दबाव, डिज़ाइन तापमान, गति और प्रवाह माध्यम सभी धौंकनी के प्रकार और अभिकल्प के चुनाव को प्रभावित करते हैं। इसलिए, जब अनुप्रयोग विशेष रूप से महत्वपूर्ण होते हैं, तो धौंकनी अभिकल्प और अभिकल्प प्राचलों का चुनाव अधिक महत्वपूर्ण होता है।



Db = आंतरिक व्यास
n = प्लाई की संख्या
w = संवलन ऊंचाई
Lt = स्पर्शरेखा लंबाई
N = संवलन की संख्या

Do = बाहरी व्यास
q = पिच
t = प्लाई मोटाई
Lc = कॉलर लंबाई
r = रूट और शिखा की त्रिज्या

चित्र–1 धौंकनी का नामकरण

धौंकनी अभिकल्पना में कई प्राचल शामिल होते हैं । ज्यामितीय मापदंडों जैसे कि संवलन (convolution) की संख्या, संवलन की ऊँचाई, धौंकनी की मोटाई, धौंकनी की सामग्री आदि का प्रभाव धौंकनी के प्रदर्शन को प्रभावित करता है [1]। धौंकनी की पिच, गहराई, लंबाई, मोटाई, परतों की संख्या, संवलन की संख्या और बाहरी व्यास को नीचे दिए गए चित्र 1 के अनुसार निर्दिष्ट किया गया है।

धौंकनी सामान्यतः मैंड्रेल बनाने या हाइड्रोफॉर्मिंग तकनीक द्वारा बनाई जाती है। यह लेख कुछ शोधों पर चर्चा करता है जो धौंकनी की विशेषताओं के साथ अभिकल्पन स्थितियों के तहत धौंकनी के प्रदर्शन और विफलता के प्राचलों को समझने के लिए की गई है। किसी भी विधि का उपयोग करके धौंकनी बनाते समय डाई स्ट्रोक, अक्षीय फ़ीड और आंतरिक दबाव का सटीक नियंत्रण आवश्यक है। जब किसी भी प्राचल का मान अभिकल्प सीमा से ऊपर उठाया जाता है, तो नीचे दिए गए अनुभाग का प्रत्येक क्षेत्र अत्यधिक पतलेपन का अनुभव करता है। इसका प्राथमिक प्रभाव स्प्रिंग बैक, क्राउनपॉइंट और धौंकनी के व्यास पर पड़ता है [2]। फटने की संभावना के कारण, उच्च क्राउन से रूट व्यास अनुपात वाले धातु धौंकनी का निर्माण अभिकल्पन विचारों के प्रति बेहद संवेदनशील है। धातु धौंकनी बनाते समय एक ही समय में डाई स्ट्रोक और अक्षीय फीडिंग को नियंत्रित करना काफी महत्वपूर्ण है। उनका अतिरिक्त मान सभी धौंकनी क्षेत्रों में पतलेपन का कारण बनता है और धौंकनी के मुकुट पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालता है [3]। आयामी अनुपात हाइड्रोफॉर्मिंग प्रक्रिया के विफल होने के लिए अतिसंवेदनशील है। जबकि एक छोटे आयामी अनुपात के परिणामस्वरूप तह के माध्यम से धौंकनी विफलता होती है, एक बड़ा आयामी अनुपात फ्रैक्चर के माध्यम से धौंकनी विफलता का कारण बनता है [4]। धातु धौंकनी विस्तार, जोड़ों को डिजाइन करने का एक और महत्वपूर्ण घटक थकान पर विचार है। इन भागों में विस्थापन भार का अनुभव होता है, जो अक्सर चक्रीय तनावों की ओर जाता है। परिचालन और नियंत्रण डिजाइन विशेषताओं का धौंकनी चक्र जीवन पर प्रभाव पड़ता है।

थकान जीवन पर ज्यामितीय प्रभावों की जांच की गई, और यह पाया गया कि जैसे–जैसे धौंकनी की त्रिज्या बढ़ती है, विफलता के चक्रों की संख्या रैखिक रूप से गिरती जाती है [5]। एक धौंकनी विस्तार जोड़ का कार्य तापमान एक महत्वपूर्ण विचारणीय बिंदु है। कमरे के तापमान और उच्च तापमान पर धौंकनी कैसे व्यवहार करता है, इसके बारे में अधिक जानने के लिए, एक जीवन चक्र परीक्षण किया गया था। बार–बार स्पंदन (कंपन) के कारण धौंकनी परिवेश के तापमान पर विफल हो जाता है, जबकि एक पतला क्षेत्र उच्च तापमान पर धौंकनी को विफल कर देता है [6]। सामग्री के गुणों के कारण उच्च तापमान पर धौंकनी का जीवन चक्र अधिक होता है। जबकि दबाव में बदलाव से धौंकनी का जीवन चक्र कम हो जाता है [7]। संक्षारक प्रवाह विस्तार जोड़ों की विफलता के जीवन को छोटा कर देता है और दरारों के शुरू होने और फैलने की दरों को तेज कर कर देता है। कई परतें या मोटा बेलो तत्व संक्षारक पदार्थ के सीधे और निरंतर संपर्क में आने पर बेलो को अचानक विफल होने से रोक सकता है। इसके अतिरिक्त, मोटा बेलो तत्व संक्षारण थकान दरारों को रोक सकता है [8]।

ऊर्जा अवशोषण और कोणीय विस्थापन क्षमता को संवलन की संख्या में रैखिक वृद्धि के साथ बढ़ाया जा सकता है [9]। संवलन की संख्या में वृद्धि विक्षेपण तनाव में वृद्धि है, जबकि पिच में वृद्धि से विपरीत प्रभाव पैदा होता है [10]। दबाव और विक्षेपण आधार तनाव मूल्यांकन दोनों में दक्षिणी (meridional) झुकने वाले तनाव दक्षिणी झिल्ली तनाव से अधिक थे [11]। परिधीय झिल्ली तनाव एक महत्वपूर्ण झिल्ली तनाव है जो धौंकनी के चारों ओर परिधि में चलता है। धौंकनी की कार्यात्मक सुरक्षा के लिए, यह मान स्वीकार्य तनाव से कम होना चाहिए [12]। यह प्रयोगात्मक रूप से पाया गया कि सक्रिय दोषों को पार करने वाले पाइपों के साथ धौंकनी का उपयोग पाइप के अनुदैर्ध्य तनाव को विकसित करने के लिए कम हो गया था [13]।

तनाव संक्षारण दरार, निर्माण और निर्माण से लागू या अवशिष्ट तनाव और एक विशिष्ट पर्यावरणीय कारक की परस्पर क्रिया के परिणामस्वरूप मिश्र धातु का टूटना है। ऑस्टेनिटिक स्टेनलेस स्टील धौंकनी के तनाव संक्षारण का एक केस अध्ययन गोम्स एवं अन्य [14] द्वारा किया गया था। सूक्ष्म संरचनात्मक अध्ययन से पता चला है कि विस्तार जोड़ों के लिए उपयोग की जाने वाली विनिर्माण विधि गड्ढों और गुहाओं से दरारों के न्यूक्लियेशन और प्रसार के लिए आवश्यक धातुकर्म स्थितियों को प्रदान करने के लिए जिम्मेदार थी [14]। गतिशील सोडियम के साथ रेंगने वाले परीक्षण कक्ष में उपयोग किए जाने वाले धौंकनी के लिए एक और विफलता विश्लेषण प्रस्तुत किया गया था। अध्ययन के अनुसार, HAZ में संवेदनशील सूक्ष्म संरचना वेल्डिंग के दौरान तांबे के हीट सिंक के गलत उपयोग के परिणामस्वरूप हो सकती है।

इनकोलॉय 825 सामग्री से बनी एक फ्लेयर गैस लाइन घटक से जुड़ी धौंकनी विफलताओं की एक श्रृंखला की जांच की गई। एक सूक्ष्म संरचना अनुसंधान के अनुसार, स्थानीयकृत जंग संक्षारण गड्ढों के कारण होता है। स्थानीयकृत संक्षारण नमक स्प्रे, समुद्री जल के छींटों, उच्च जमा नमक, गर्म मिश्र धातु 825 धातु सतहों (50 डिग्री सेल्सियस से अधिक), और आकार देने की प्रक्रिया के दौरान धौंकनी सामग्री में जोड़े गए अवशिष्ट तनावों के साथ सीधे और चल रहे संपर्क के कारण हुआ है। स्थानीयकृत संक्षारण आमतौर पर थकान दरारों का कारण होता है [16]। बिजयनी पांडा एवं अन्य [17] ने एक पेट्रोलियम रिफाइनरी के प्रेशर सेफ्टी वाल्व (PSV) में इस्तेमाल की जाने वाली धौंकनी की विफलता की जांच की। विफल धौंकनी की धातुकर्म जांच से पता चला कि तनाव संक्षारण दरार (SCC) विफलता का कारण था उत्पाद अभिकल्पन प्रक्रिया के आरंभ में ही विफलता को रोका जा सकता है। किसी भी यांत्रिक घटक को अभिकल्पित करते समय लागू लोडिंग स्थितियों, बाहरी बलों और परिवेशीय चरों को ध्यान में रखना चाहिए।

केस अध्ययन

लुब्रीज़ोल दहेज में, रेजिन ट्रांसफर लाइन से जुड़े कई बेलो फेल हो रहे थे, जिसके परिणाम स्वरूप CPVC यौगिक का नुकसान हुआ। रेजिन लाइन का कार्य तापमान और दबाव क्रमशः 60°C और 0.5 kg/cm^2 था। संचालन के तीन महीने बाद, धौंकनी ने अपनी पहली विफलता का अनुभव किया। प्रारंभिक विफलता के छह महीने के भीतर धौंकनी को बदल दिया गया। फिर भी, विफलता बनी रही, और एक वर्ष के दौरान, तीन अलग–अलग विफलताएँ हुईं। स्थल पर जाँच करने पर, धौंकनी की मूल सतहों पर कई परिधीय दरारें पाई गईं। विफल धौंकनी को नीचे चित्र 2 में दर्शाया गया है। धौंकनी के अन्य सभी विवरण नीचे दी गई तालिका 1 में दिखाए गए हैं।

तालिका–1 धातु धौंकनी विवरण

धौंकनी विवरण (200NB)		
1	आंतरिक व्यास	219 मिमी
2	बाहरी व्यास	264 मिमी
3	सक्रिय लंबाई	136.5 मिमी
4	संवलन की संख्या	7
5	धौंकनी सामग्री	SA240 Gr.304
6	प्लाई मोटाई	0.6 मिमी
7	अक्षीय गति	20 मिमी
8	पार्श्व गति	3 मिमी

चित्र 2 अक्षीय धौंकनी

(i) दृश्य निरीक्षण

लुब्रीज़ोल दहेज का दौरा करते समय, कुछ चीजें देखी गईं। दोनों धौंकनी संवलन की जड़ में विफल हो गई थीं। साथ ही परिधिगत दिशाओं में दरारें फैल गई थीं। प्रवाह दिशा से पहले संवलन के तुरंत बाद, धौंकनी विफल हो गई। इसके अतिरिक्त, धौंकनी की बाहरी सतहों पर कुछ छोटे गड्ढे देखे गए, जो हवा में मौजूद नमक के प्रति धातु की भेद्यता को दर्शाते हैं। पैकिंग साइड पर पाइपिंग अभिन्यास व्यवस्था में अत्यधिक कंपन और झटके भी देखे गए। झटकों और असमर्थित लंबी लंबाई के साथ कंपन में वृद्धि के कारण विरूपण तनाव हो सकता है। ऐसी परिस्थितियों में इसकी निर्भरता का आकलन करने के लिए धौंकनी की अभिकल्पना का सत्यापन किया गया। पाइपों की संरचनात्मक अखंडता को सत्यापित करने के लिए कंपन माप का भी उपयोग किया गया।

(ii) अभिकल्प गणना (EJMA पर आधारित)

प्रत्येक अभिकल्प गणना EJMA 10 वें संस्करण के अनुसार की गई और परिणामों को एफईपीएल (FEPL) मानक अभिकल्प सॉफ्टवेयर का उपयोग करके सत्यापित किया गया।

1. धौंकनी स्पर्शज्या परिधीय झिल्ली तनाव S_1

$$S_1 = 2P(D_b + nt)^2 L_t E_b k / 2(ntL_t E_b (D_b + nt) + E_c L_c D_c t_c k) = 2.54(2.54)\text{MPa} \qquad ...(1)$$

2. कॉलर परिधीय झिल्ली तनाव S'_1

$$S'_1 = PD_c^2 L_t E_c k / 2(ntL_t E_b (D_b + nt) + E_c L_c D_c t_c k) = 2.6(2.59)\text{MPa} \qquad ...(2)$$

3. दबाव के कारण धौंकनी परिधीय झिल्ली तनाव S_2

$$S_2 = PD_m K_r q / 2A_c = 4(3.47)\text{MPa} \qquad ...(3)$$

4. दबाव के कारण धौंकनी मेरिडियन झिल्ली तनाव S_3

$$S_3 = Pw / 2nt_p = 0.94(0.94)\text{MPa} \qquad ...(4)$$

5. दबाव के कारण धौंकनी मेरिडियन झुकने का तनाव S_4

$$S_4 = P / 2n(w \mid t_p)^2 C_p = 24.68(24.78)\text{MPa} \qquad ...(5)$$

6. विक्षेपण के कारण धौंकनी मेरिडियन झिल्ली तनाव S_5

$$S_5 = E_b t_p^2 e / 2w^3 C_f = 9.908(9.88)\text{MPa} \qquad ...(6)$$

7. विक्षेपण के कारण धौंकनी मेरिडियन झुकने का तनाव S_6

$$S_6 = 5E_b t_p e / 3w^2 C_d = 1135(1124)MPa \quad ...(7)$$

8. कुल तनाव S_t

$$S_t = 0.7(S3 + S4) + (S5 + S6) = 1163(1152)MPa \quad ...(8)$$

9. एकल धौंकनी के लिए स्तंभ अस्थिरता के आधार पर आंतरिक अभिकल्प दबाव को सीमित करना

$$P_{sc} = 0.34\pi f_{iu}\ C_\theta / N^2 q = 0.94(0.93)MPa > 0.75MPa \quad ...(9)$$

10. रेंगना सीमा के नीचे के तापमान पर इन–प्लेन अस्थिरता और नमनीयता के आधार पर आंतरिक अभिकल्प दबाव को सीमित करना।

$$P_{si} = 1.3A_c S_y / K_r D_m q\alpha^{0.5} = 1.08(1.05)MPa > 0.75MPa \quad ...(10)$$

सभी अभिकल्प गणनाओं के परिणाम ऊपर प्रदर्शित किए गए हैं। दोनों परिणाम तुलनीय हैं; गणना की गई संख्या केवल मामूली भिन्न हैं। (ii) में उपरोक्त गणना FEPL सॉफ़्टवेयर–आधारित अभिकल्प के परिणाम प्रदर्शित करती है। इसलिए कोड के अनुसार धौंकनी अभिकल्प गणना सही है। धौंकनी की लंबाई से व्यास का अनुपात कॉलम स्क्विर्म और इन–प्लेन स्क्विर्म शब्दों से जुड़ा हुआ है। स्क्विर्म विफलता के परिणामस्वरूप आम तौर पर बकलिंग और प्लास्टिक टिका होता है। दोनों सीमित अभिकल्प दबावों के लिए गणना ऊपर प्रदर्शित की गई है। स्क्विर्म विफलता को रोकने के लिए सीमित अभिकल्प दबाव परीक्षण दबाव से अधिक होना चाहिए। EJMA [18] के अनुसार, धौंकनी परीक्षण दबाव धौंकनी अभिकल्प दबाव का 1.5 गुना होना चाहिए।

(iii) कंपन परीक्षण

प्लांट में दृश्य निरीक्षण के पहले दौर के दौरान कुछ अधिक गंभीर कंपन और झटके देखे गए। प्रसंस्करण उद्योगों के लिए, सिस्टम स्तर पर कंपन भी एक महत्वपूर्ण कारक है। अन्य पाइपिंग उपकरणों की आवृत्ति इस कंपन आवृत्ति के समान नहीं हो सकती है। कम आवृत्तियों पर, अनुनाद कंपन में चोट लगने की बहुत अधिक संभावना होती है। सामान्य तौर पर पाइपिंग सिस्टम डिज़ाइनर को यह सुनिश्चित करना चाहिए कि पाइपिंग सिस्टम का कंपन भार धौंकनी के कार्य को नुकसान न पहुंचाए। एक धातु धौंकनी विस्तार जोड़ उच्च अनुनाद के तहत प्रभावी ढंग से कार्य नहीं कर सकता है। इसे रोकने के लिए, धौंकनी की प्राकृतिक आवृत्ति EJMA [18] के अनुसार सिस्टम आवृत्ति से दोगुनी होनी चाहिए। अक्षीय और पार्श्व कंपन आवृत्तियों की गणना नीचे दिए गए समीकरण (11) और (12) का उपयोग करके की गई।

अक्षीय कंपनः (Axial Vibration)

$$f_n = C_n \sqrt{K_{sr} / m} = 37.67(Hz) > 10(Hz) \quad ...(11)$$

पार्श्व कंपनः (Lateral Vibration)

$$f_n = C_n D_m / L_b \sqrt{K_{sr} / m} = 168.74(Hz) > 10(Hz) \quad ...(12)$$

एक बहता हुआ माध्यम, प्रवाह प्रतिरूप और प्राचल भी निकाय के कंपन स्तर को प्रभावित करने के लिए महत्वपूर्ण हैं। जब वेग बहुत अधिक होता है तो धौंकनी अनुभाग के भीतर एक अशांत प्रवाह उत्पन्न होता है। धौंकनी में एक आंतरिक आस्तीन पेश करके एक अशांत प्रवाह को कम किया जाना चाहिए। जब आंतरिक आस्तीन प्रदान

नहीं की जाती है तो स्वीकार्य प्रवाह वेग 19.8 m/sec से अधिक नहीं होना चाहिए। प्रवाह वेग गणना की सभी आवश्यक सीमा नीचे दिए गए अनुभवजन्य संबंधों का उपयोग करके की जाती है।

स्वीकार्य प्रवाह वेग : $V_{alw} = 0.026qK_i\sqrt{K_{sr} / m_{eff} n} = 2.08m / sec < 19.8m / sec$ ...(13)

प्रायोगिक तौर पर स्वीकार्य प्रवाह वेग : $V_{alw} = 10.36m / sec < 19.8m / sec$ ...(14)

जब धारा–प्रतिकूल प्रवाह पर विचार किया जाता है, तो धौंकनी या आंतरिक आस्तीन के माध्यम से अधिकतम प्रवाह वेग की गणना समीकरण (15) का उपयोग करके की जाती है।

अधिकतम प्रवाह वेग : $V_{max} = K_t * V_{avg}$ ...(15)

जहाँ K_t प्रवाह त्वरण कारक है जिसे EJMA की तालिका 4.10-2 से लिया गया है। और Vavg धौंकनी या आंतरिक आस्तीन के अंदर औसत वेग है। इसे कंपन मापने वाले उपकरण वाइब्रोमीटर से मापा गया था। सभी मापे गए औसत वेग और अधिकतम वेग की गणना नीचे सारणीबद्ध रूप में की गई है।

इसके अतिरिक्त, EJMA के बताए गए प्रावधान के अनुसार, यदि Vmax, Valw से कम है, तो आंतरिक आस्तीन के बिना धौंकनी में अनुनाद की स्थिति को रोका जा सकता है [18]। समीकरण (13) और (14) द्वारा निर्धारित अधिकतम और अनुमेय वेगों की तुलना के अनुसार, किसी भी स्थान पर अधिकतम वेग अनुमेय वेग से अधिक नहीं है। उपरोक्त परिणामों के अनुसार, धौंकनी अनुनाद स्थितियों के तहत काम नहीं कर रही थी।

तालिका–2 विभिन्न स्थानों पर औसत एवं अधिकतम वेग

क्रम संख्या	स्थिति	औसत वेग V_{avg} m/sec (R.M.S.)	अधिकतम प्रवाह वेग $V_{max} = K_t*V_{avg}$ m/sec	औसत वेग V_{avg} m/sec (Peak)	अधिकतम प्रवाह वेग $V_{max} = K_t*V_{avg}$ m/sec
1	E-483 Piping System	0.012	0.018	0.75	0.11
2	E-483 Tank	0.01	0.015	0.47	0.07
3	Packaging Unit Piping layout Axial	0.013	0.02	0.57	0.085
4	Packaging Unit Tank	0.011	0.017	0.51	0.076

(iv) प्रक्रिया विफलता मोड और प्रभाव विश्लेषण (PFMEA)

अभिकल्पन के बाद दूसरा महत्वपूर्ण चरण विनिर्माण है, जिसमें किसी भी उत्पाद को कई प्रक्रियाओं से गुजरना पड़ता है। और केवल जब प्रसंस्करण पद्धति और प्राचलों को ठीक से नियंत्रित किया जाता है, तभी उत्पाद अपनी इच्छित भूमिका को पूरा करेगा। FMEA अनुभाग प्रदर्शित करता है कि उत्पाद की गुणवत्ता में सुधार के लिए प्रसंस्करण प्रक्रिया में या प्रमुख विफलता जांच के दौरान इन विधियों को कैसे लागू किया जाए। FMEA एक प्रक्रिया का आकलन करने के लिए एक सक्रिय एवं व्यवस्थित दृष्टिकोण है, ताकि यह निर्धारित किया जा सके कि यह कहाँ और कैसे विफल हो सकता है, साथ ही विभिन्न विफलताओं का सापेक्ष प्रभाव, यह निर्धारित करने के लिए कि किन प्रक्रिया घटकों को सबसे अधिक संशोधन की आवश्यकता है। संभावित मूल कारणों और विफलता मोड को व्यवस्थित रूप से पहचानने और उनके सापेक्ष जोखिमों का अनुमान लगाने के लिए, FMEA एक संहिताबद्ध लेकिन व्यक्तिपरक दृष्टिकोण है [19]। समस्याओं के कारणों और प्रभावों के बीच संबंध खोजना, साथ

ही उचित कार्रवाई के लिए सर्वोत्तम विकल्पों की पहचान करना, उनका समाधान करना और उन्हें तैयार करना, FMEA [20] के लक्ष्य हैं। विश्लेषण में ध्यान में रखे जाने वाले सभी पहलुओं में अनुभव रखने वाले अभिकल्प और रखरखाव पेशेवरों की एक टीम आम तौर पर FMEA करती है। FMEA लागू करने के लिए आम तौर पर निम्नलिखित प्रक्रिया का उपयोग किया जाता है।

(i) प्रक्रिया का चयन करें : प्रक्रिया के चयन के लिए संभावित विफलताएँ एक महत्वपूर्ण पैरामीटर है।

(ii) प्रक्रिया की समीक्षा करें : टीम के सदस्य प्रक्रिया के चरणों की समीक्षा करें और इसके काम करने के तरीके से परिचित हों।

(iii) संभावित विफलता मोड पर विचार करें : प्रक्रिया के संभावित रूप से विफल होने के तरीकों की पहचान करें।

(iv) प्रत्येक विफलता मोड के संभावित प्रभावों की सूची बनाएँ : प्रत्येक विफलता के संभावित प्रभावों की एक सूची तैयार करें।

(v) प्रत्येक प्रभाव के लिए एक गंभीरता रेटिंग निर्दिष्ट करें : 1 से 10 तक रेटिंग दें, सबसे गंभीर के लिए 10।

(vi) प्रत्येक विफलता मोड के लिए एक घटना रेटिंग निर्दिष्ट करें : विफलता होने की कितनी संभावना है और 1 से 10 तक रेटिंग निर्दिष्ट करें, सबसे अधिक संभावना के लिए 10।

(vii) प्रत्येक विफलता मोड और प्रभाव के लिए एक पहचान रेटिंग निर्दिष्ट करें : विफलता को होने से रोकने की कितनी संभावना है और 1 से 10 तक पहचान रेटिंग निर्दिष्ट करें, कम पहचान के लिए 10।

(viii) प्रत्येक प्रभाव के लिए जोखिम प्राथमिकता संख्या (RPN) की गणना करें : रेटिंग गंभीरता, घटना और पहचान के तीन के गुणन द्वारा।

(ix) कार्रवाई के लिए विफलता मोड को प्राथमिकता दें : उच्च RPN को पहले लक्षित करने की आवश्यकता है।

(x) उच्च जोखिम विफलता मोड को कम करने के लिए कार्रवाई करें।

(xi) विफलता मोड कम होने या समाप्त होने पर परिणामी RPN की गणना करें।

(xii) FMEA फॉर्म का उपयोग करें और उसे अपडेट करें : एक फॉर्म तैयार करें और प्रत्येक प्रभाव के खिलाफ की गई कार्रवाई की प्रभावशीलता की जांच करें। और उच्च विफलता के जोखिम को कम करने के लिए प्रक्रिया को फिर से दोहराएं।

नीचे दी गई तालिका 3 में धौंकनी निर्माण के प्रसंस्करण चरणों को सारणीबद्ध किया गया है। आलोचनात्मक समीक्षा के लिए प्रत्येक प्रक्रिया का विश्लेषण करने और सभी संभावित विफलता मोड को सूचीबद्ध करने की आवश्यकता है।

तालिका–3 धौंकनी निर्माण प्रक्रिया

क्रम संख्या	प्रक्रियाएँ (Processes)	क्रम संख्या	प्रक्रियाएँ (Processes)	क्रम संख्या	प्रक्रियाएँ (Processes)
1	कच्चे माल का चयन	7	टेंगेंट कटिंग	13	लाइनर बनाना/ असेंबली/ वेल्डिंग
2	शेल कटिंग (शियरिंग प्रक्रिया)	8	कॉलर बनाने की प्रक्रिया	14	सफाई
3	झुकने का कार्य	9	फ्यूजन वेल्डिंग	15	पेंटिंग
4	शेल वेल्डिंग	10	फ्लैंज असेंबली/वेल्डिंग	16	पैकेजिंग
5	फॉर्मिंग – धौंकनी एक्सपैंडर तकनीक	11	परीक्षण 1.डाई पेनेट्रेशन टेस्ट	17	डिस्पैच
6	रोलिंग	12	एयर जेट टेस्ट/हाइड्रो टेस्ट		

वैसे तो हर प्रक्रिया का अपना महत्व है लेकिन कुछ प्रक्रियाएँ बहुत महत्वपूर्ण होती हैं। सभी प्रक्रियाओं के लिए संभावित विफलता मोड की पहचान की गई और उन्हें गंभीरता, घटना और पता लगाने की रेटिंग दी गई और RPN की गणना की गई। 17 विभिन्न प्रक्रियाओं के लिए कुल 99 संभावित विफलता मोड की पहचान की गई। प्रत्येक संभावित विफलता मोड को गंभीरता, घटना और पता लगाने की रेटिंग दी गई। प्रदान की गई रेटिंग के आधार पर एक जोखिम प्राचलिक संख्या RPN निर्धारित किया गया था, जो 1 से 10 के स्केल पर आधारित था। 200 और उससे अधिक के RPN सूचकांकों को ध्यान में रखा गया और प्रतिक्रिया में उचित कार्रवाई की गई। नीचे दी गई तालिका 4 विवरण का सारांश प्रदान करती है। PFMEA प्रक्रियाओं को दोहराया गया और 100 से नीचे के RPN मानों की पुनर्गणना की गई। सुधारात्मक कार्रवाई से विफलता की संभावना कम हो गई, और निरंतर सुधार के परिणामस्वरूप विफलता हमेशा के लिए समाप्त हो सकती है।

तालिका–4 RPN 200 के साथ संभावित विफलता मोड की सूची और की गई कार्रवाई

	S	O	D	RPN		S	O	D	RPN
कच्चे माल का चयन					**कार्रवाई की (Action Taken)**				
ग़लत सामग्री का चयन	6	6	6	216	सामग्री का निरीक्षण मानक प्रयोगशाला में किया जाता है तथा परीक्षण के परिणाम का सत्यापन भी किया जाता है	4	4	4	64
झुकने की प्रक्रिया (Bending Process)									
अधिक संख्या में पास (More no of passes)	6	6	6	216	ऑपरेटर ने बेंडिंग मशीन के सभी नियंत्रणों की जांच की है, दिशानिर्देशों का पालन किया है, आवश्यक कार्य के अनुसार मापदंडों को सेटअप किया है, मशीनों की स्थितियों के अनुसार अंशांकन किया है	3	4	3	36
शैल वेल्डिंग									
इरेटिक आर्क (Erratic Arc)	7	6	6	252	1. वेल्डर ने छोटी आर्क लंबाई बनाए रखी है। 2. वेल्डर ने छोटे इलेक्ट्रोड का उपयोग किया है या करंट बढ़ाया है। 3. वेल्डर ने केवल वेल्डिंग ग्रेड गैस का उपयोग किया है	4	4	4	64
वेल्ड में जमा छिद्र Porosity in Weld Deposit	6	6	6	216	दरार निर्माण को रोकने के लिए वेल्डेबल मिश्र धातुओं का उपयोग किया जाता है	5	4	5	100

वेल्ड में दरारें Cracks in weld	5	5	6	210	1. वेल्ड के अंत में करंट को धीरे-धीरे कम करते हुए फिलर रॉड को फीड करना जारी रखें। 2. बैकफिलिंग तकनीक का उपयोग करके गर्मी इनपुट में कमी और वेल्ड को बहुत जल्दी ठंडा होने से रोकना। 3. वेल्डिंग से पहले बेस मटेरियल को पहले से गरम कर लें।	5	5	4	100
कार्बाइड अवक्षेपण Carbide precipitation	7	7	6	294	1. मशाल को घुमाएँ और फिलर धातु को ऐसी दर से डालें जिससे इस्तेमाल किए जा रहे टंगस्टन के आकार से लगभग दोगुना वेल्ड बन जाए। 2. उचित परिरक्षण के लिए उचित मात्रा में आर्गन गैस का इस्तेमाल करें और करंट 1 एम्पियर होना चाहिए।	4	4	5	80
धौंकनी बनाने की तकनीक (Bellows forming)									
पिच ठीक से परिभाषित नहीं है	6	6	6	216	ईजेएमए मानक के अनुसार गणना की गई तथा शैल पर अंकन के लिए रैखिक पैमाने का उपयोग किया गया	3	3	3	27
अधिक दबाव स्तर परिभाषित	7	6	6	252	ऑपरेटर ने डिजाइन सीमा के अनुसार दबाव निर्धारित किया	4	3	3	36
मशीन नियंत्रण ठीक से सेट नहीं है	7	5	6	210	ऑपरेटर ने मशीन पर कार्य निष्पादित किया तथा मानक नियमों के अनुसार प्राचल निर्धारित किए	4	3	4	48
मशीन का अंशांकन नहीं किया गया	7	5	7	245	ऑपरेटर ने मशीन के सभी नियंत्रण बिंदुओं की जांच की और साथ ही इसे अच्छी तरह से अंशांकित भी किया	5	4	4	80
रोलिंग (Rolling)									
दो डाइज़ के बीच दूरी ठीक से सेट नहीं की गई	6	6	6	216	ऑपरेटर ने प्रक्रिया के दौरान गहराई और पिच को मापने के लिए वर्नियर स्केल का उपयोग किया	5	4	4	80
डाई पेनेट्रेशन									
नमूना सतह का सुखाने का कार्य ठीक से नहीं किया गया	6	6	6	216	वेल्डर ने परीक्षण करने से पहले सतह के नमी के स्तर की जांच की है	4	4	4	64
हाइड्रो परीक्षण									
स्थिर और चलित डाई के बीच धौंकनी को ठीक से सील नहीं किया गया है	7	6	6	252	ऑपरेटर ने प्रारंभिक स्तर पर पानी के रिसाव की जांच करने के लिए समाधान का उपयोग किया और फिर ठीक से सील कर दिया	4	4	5	80

(v) तागुची पर एओफ अभिकल्पना

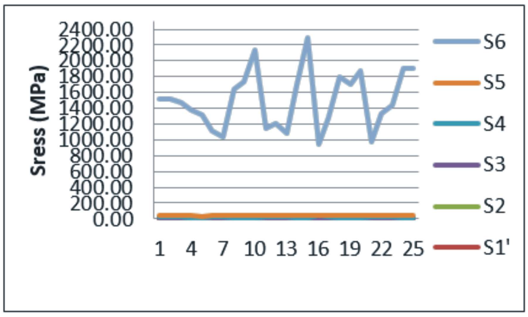
तागुची अभिकल्पना पद्धति प्रयोगात्मक अभिकल्पना के लिए एक सांख्यिकीय दृष्टिकोण है जो शोर के स्रोतों के लिए मजबूती को अनुकूलित करता है और प्रक्रियाओं और उत्पाद अभिकल्पनाओं में भिन्नता को कम करता है। इसलिए इस पद्धति को धौंकनी अभिकल्प की प्राचलिक परास का विश्लेषण और अनुकूलन करने के लिए अपनाया गया है। शुरुआत में विनिर्माण या सेवाओं में गुणवत्ता को प्रभावित करने वाले सभी महत्वपूर्ण कारकों की खोज सबसे पहले विचार–मंथन चरण के दौरान की जाती है। इसके अतिरिक्त, यह तय किया गया कि कौन से घटक शोर पैदा करते हैं और कौन से नियंत्रण योग्य हैं। विचार–मंथन प्रक्रिया के परिणामस्वरूप एक उपयुक्त ऑर्थोगोनल सरणी चुनी गई। ऑर्थोगोनल सरणी प्रयोगात्मक अभिकल्पना की नींव है। धौंकनी डिजाइन में सामग्री, बाहरी व्यास,

संवलन की संख्या, शेल की मोटाई और धौंकनी की लंबाई सबसे महत्वपूर्ण कारक हैं। प्रयोग डिजाइन के लिए L25 सरणी को चुना गया था। पांचों चरों में से प्रत्येक के लिए चुनी गई सीमा तालिका 5 में दर्शाई गई है।

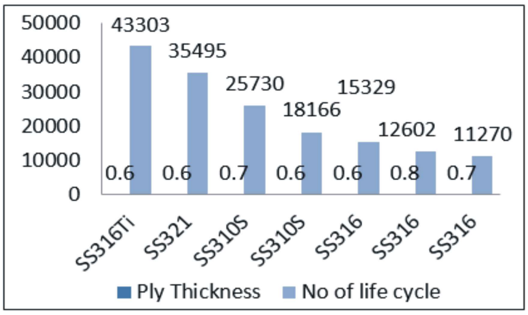
तालिका–5 – धौंकनी अभिकल्प प्राचल

अभिकल्प प्राचल (भाग-1)					
	P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**
स्तर (level)	**सामग्री (M)**	**मोटाई (t)**	**संवलन की संख्या (N)**	**धौंकनी की लंबाई (Lb)**	**बाहरी घेरा (Do)**
1	SS304	0.6	6	136	260
2	SS310	0.7	7	139	262
3	SS316	0.8	8	142	264
4	SS316 Ti	0.9	9	145	266
5	SS321	1	10	148	268

एक्सेल प्रोग्राम में तैयार कोड का उपयोग करके, 25 रन के लिए सभी डिज़ाइन गणनाएँ की गईं। 25 प्रायोगिक अभिकल्पनाओं में से प्रत्येक के लिए अलग–अलग परिणाम प्राप्त हुए। विरूपण तनाव, दबाव–प्रेरित तनाव, थकान जीवन चक्र और सीमित अभिकल्प दबाव सभी एक धौंकनी डिज़ाइन के लिए महत्वपूर्ण कारक हैं। 25 नो रन के सभी प्राप्त तनाव परिणाम नीचे चित्र 3 में प्लॉट किए गए हैं। आलेख से यह अनुमान लगाया जाना चाहिए कि विरूपण तनाव अन्य सभी तनावों की तुलना में अधिक है। यह इस तथ्य के कारण है कि विरूपण बलों का प्रभाव धौंकनी की मूल ज्यामिति पर अधिक जमा होता है। वक्रता वाला भाग तत्व के सीधे भाग की तुलना में अधिक तनाव का अनुभव करता है। इसलिए धौंकनी तत्व की शिखा और सीधी ज्यामिति की तुलना में मूल खंड पर धौंकनी की विफलता की संभावना अधिक है। मानक विनिर्माण प्रथाओं के अनुसार कम से कम 10,000 का अभिकल्प जीवन चक्र बेंचमार्क मान के रूप में स्थापित किया गया है। इसलिए सभी आलेख यहाँ प्लॉट किए गए हैं ताकि परिणाम 10,000 से अधिक जीवन चक्र हो। धौंकनी के जीवन चक्र पर सामग्री और मोटाई का प्रभाव चित्र 4 में दर्शाया गया है।



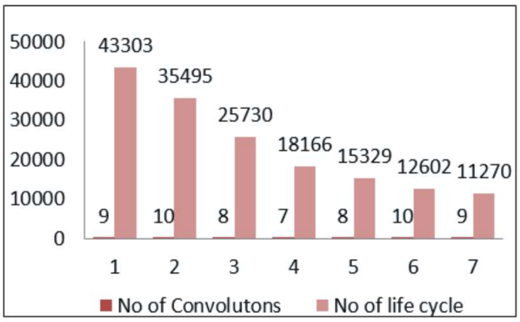
चित्र–3 – 25 रन के लिए तनाव परिणाम



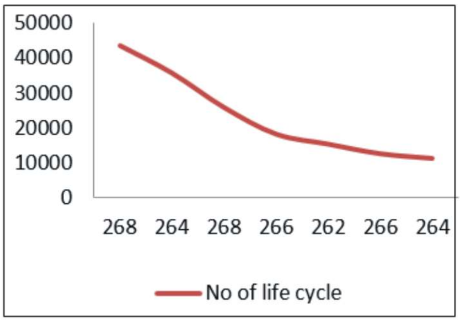
चित्र–4 – मोटाई बनाम जीवन चक्र

मोटाई के बारे में, यह स्पष्ट है कि जैसे–जैसे मोटाई बढ़ती है, जीवन चक्र घटता जाता है; हालाँकि, केवल कुछ ही रन 0.6 से 0.8 मिमी की मोटाई सीमा के साथ बेहतर जीवन चक्र प्रदर्शित करते हैं। साथ ही आलेख दर्शाता है कि SS 316Ti सामग्री के साथ अधिकतम जीवन चक्र प्राप्त किया गया है। नीचे चित्र 5 से यह देखा जा सकता है कि उच्च संवलन संख्या वाले धौंकनी ने उच्च जीवन चक्र प्राप्त किया। लेकिन यह धौंकनी की दी गई लंबाई द्वारा सीमित है। धौंकनी का बाहरी व्यास सीधे संवलन की चयनित गहराई पर निर्भर करता है। नीचे चित्र 6 में देखा गया है कि 268 मिमी और 264 मिमी बाहरी व्यास वाले धौंकनी के साथ उच्च जीवन चक्र प्राप्त किया गया।

यह इस तथ्य के कारण है कि समीकरण (6) और समीकरण (7) से धौंकनी की गहराई विरूपण तनाव के व्युत्क्रमानुपाती होती है।



चित्र–5 संवलन की संख्या बनाम जीवन चक्र



चित्र–6 धौंकनी बाहरी व्यास बनाम जीवन चक्र

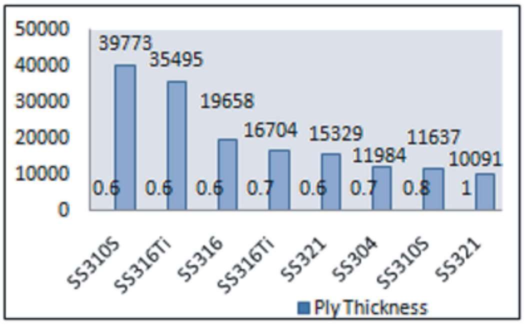
यद्यपि बड़े बाहरी व्यास के साथ उच्च जीवन चक्र प्राप्त होता है, लेकिन यह टूलींग क्षमता और बाहरी स्थान की अधिकतम उपलब्धता द्वारा सीमित है। उपरोक्त परिणाम पाँच चर के लिए प्राप्त किए गए हैं जिसमें सामग्री को नियंत्रण प्राचलों के रूप में माना गया था। अगले अध्ययन में सामग्री को अनियंत्रित प्राचल माना गया और तालिका–6 के अनुसार निर्धारित प्राचलों के साथ प्रयोग किया गया।

तालिका–6 – धौंकनी अभिकल्प प्राचल

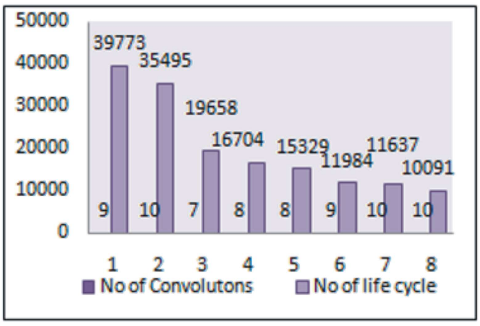
अभिकल्प प्राचल (भाग-2)					
	P1	P2	P3	P4	P5
स्तर (level)	धौंकनी की लंबाई (Lb)	संवलन की संख्या (N)	बहरी घेरा (Do)	मोटाई (t)	सामग्री (M)
1	136	6	260	0.6	SS304
2	139	7	262	0.7	SS310
3	142	8	264	0.8	SS316
4	145	9	266	0.9	SS316 Ti
5	148	10	268	1	SS321

चित्र 7 से पता चलता है कि प्लाई मोटाई 0.6 से 0.8 मिमी और सामग्री SS316 Ti और SS 310S के साथ उच्च जीवन चक्र प्राप्त किया गया है। चित्र 8 से यह भी पता चलता है कि 9 और 10 संवलन के साथ उच्च जीवन चक्र प्राप्त किया गया है। चित्र 9 से पता चलता है कि तनाव धौंकनी के थकान जीवन चक्र के व्युत्क्रमानुपाती होता है। जीवन चक्र की संख्या बढ़ने पर तनाव धीरे–धीरे कम होता जाता है। चित्र 10 से पता चलता है कि बड़े बाहरी व्यास के साथ जीवन चक्र की उच्च संख्या प्राप्त हुई है।

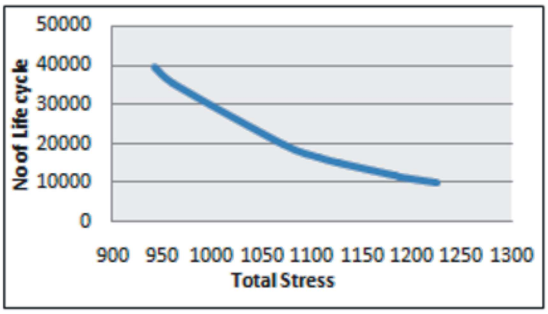
अधिकतम जीवन चक्र 268 मिमी बाहरी व्यास के साथ प्राप्त किया गया था। जीवन चक्र की संख्या के लिए प्राप्त परिणाम तुलनात्मक रूप से अनुकूलन अध्ययन के पहले भाग से प्राप्त परिणामों से कम है। दोनों अनुकूलन अध्ययनों से यह भी पता चलता है कि उनसे प्राप्त परिणाम बहुत समान हैं।



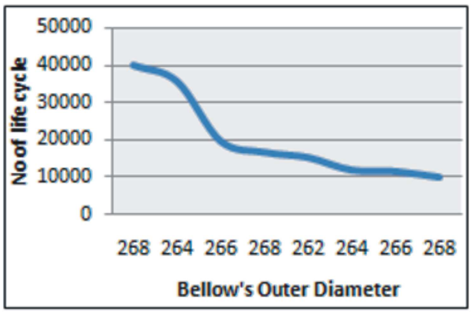
चित्र–7 मोटाई बनाम जीवन चक्र की संख्या



चित्र–8 संवलन की संख्या बनाम जीवन चक्र



चित्र–9 कुल तनाव बनाम जीवन चक्र



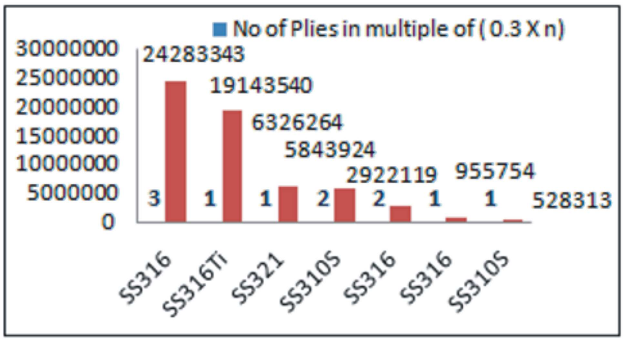
चित्र–10 धौंकनी बाहरी व्यास बनाम जीवन चक्र

धातु धौंकनी विस्तार जोड़ को बहु परत के साथ भी निर्मित किया जा सकता है। परतों की संख्या के प्रभाव की जांच और मूल्यांकन करने के लिए तालिका 7 में दिखाए गए प्राचल पर विचार करके अंतिम प्रयोग किया गया था। इस अध्ययन में अनुकूलन को एकल परतनिर्माण के बजाय बहु परत के साथ किया गया था।

तालिका–7 – धौंकनी अभिकल्प प्राचल

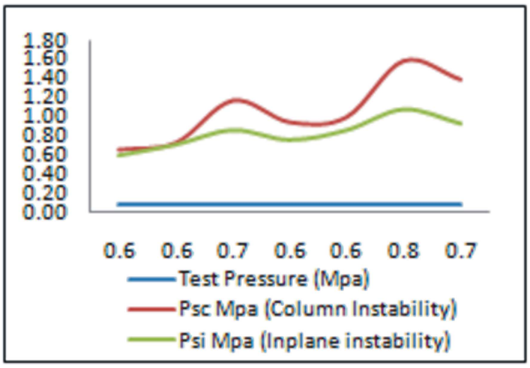
	अभिकल्प प्राचल (भाग–3)				
	P1	P2	P3	P4	P5
स्तर (level)	सामग्री (M)	परतों की संख्या (n) t = 0.3*n	संवलन की संख्या (N)	धौंकनी की लंबाई (Lb)	बाहरी घेरा (Do)
1	SS 304	1	6	136	260
2	SS 310	2	7	139	262
3	SS 316	3	8	142	264
4	SS 316Ti	4	9	145	266
5	SS321	5	10	148	268

चित्र 11 में दिखाए गए परिणाम से पता चलता है कि जीवन चक्र की बड़ी संख्या प्राप्त हुई है। साथ ही एक संशोधित प्लाई मोटाई (टीपी) समीकरण (6) के अनुसार विक्षेपण तनाव के सीधे आनुपातिक है। इसलिए प्लाई निर्माण के रूप में कम मोटाई विक्षेपण तनाव की कम मात्रा उत्पन्न करती है। अन्य सभी परिणाम लगभग वही थे जो भाग–1 अनुकूलन अध्ययन से प्राप्त हुए थे।

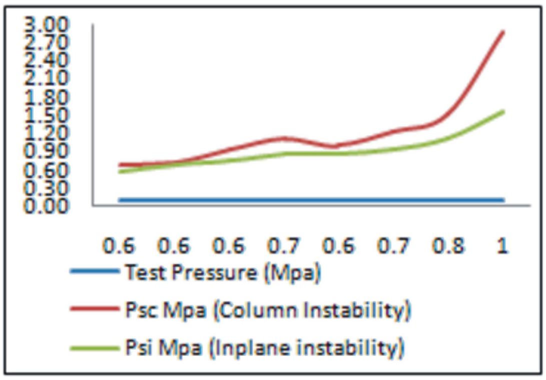


चित्र–11 मोटाई बनाम जीवन चक्र की संख्या

लेकिन इनलाइन स्क्विर्म (Psi) और इनप्लेन कॉलम स्क्विर्म (Psc) बहु परत निर्माण से प्रभावित होते हैं। इसलिए समीकरण (9) और समीकरण (10) का उपयोग करके दोनों स्क्विर्म दबावों का मूल्यांकन किया गया। इस तरह के परिणाम भाग–1, भाग–2 और भाग–3 अनुकूलन अध्ययनों के लिए प्राप्त किए गए थे जैसा कि नीचे चित्र–12, चित्र– 13 और चित्र–14 में दिखाया गया है। इसके अलावा EJMA के अनुसार सीमित अभिकल्प दबाव परीक्षण दबाव से अधिक होना चाहिए। सीमित अभिकल्प दबाव के साथ परीक्षण दबाव के संपीड़न को भी चित्र–12, चित्र–13 और चित्र–14 में दिखाया गया है।



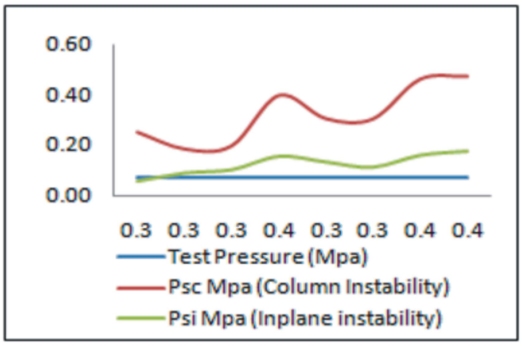
चित्र–12 भाग–1 अध्ययन के पीएससी, पीएसआई परिणाम



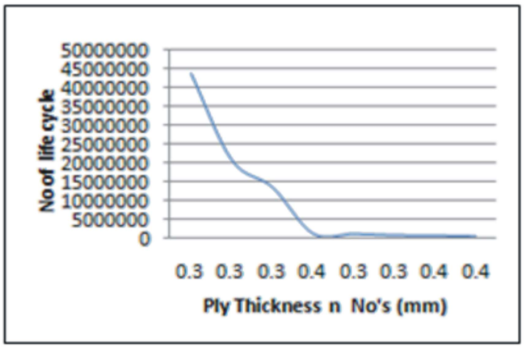
चित्र–13 भाग–2 अध्ययन के पीएससी, पीएसआई परिणाम

कॉलम स्क्विर्म आमतौर पर संपीड़न भार के तहत कॉलम के बकलिंग के लिए जिम्मेदार होता है जबकि इन–प्लेन स्क्विर्म ज्यादातर उच्च मेरिडियन झुकने वाले तनाव और संवलन के मूल शिखर पर प्लास्टिक–हिंग के गठन से जुड़ा होता है। इसलिए सीमित दबाव EJMA [11] के अनुसार परीक्षण दबाव से अधिक होना चाहिए।

बहु परत डिज़ाइन की तुलना में एकल परत डिज़ाइन के साथ सीमित डिज़ाइन दबाव अधिक था। बहु परत डिज़ाइन के साथ सीमित डिज़ाइन दबाव एकल परत डिज़ाइन की तुलना में 25% कम था। लेकिन यह परीक्षण दबाव की तुलना में अधिक था, जिससे यह अनुमान लगाया जाता है कि धौंकनी स्क्विर्म द्वारा विफल नहीं होगा। अनुकूलित धौंकनी विवरण नीचे दी गई तालिका 8 में दिखाया गया है।



चित्र–14 भाग–3 अध्ययन के P_{sc} व P_{si} परिणाम



चित्र–15 परतों की संख्या बनाम जीवन चक्र की संख्या

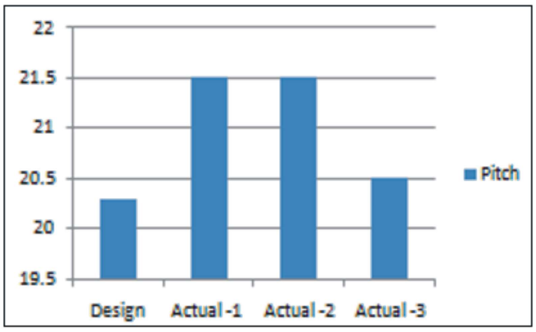
तालिका 8 – अनुकूलित अभिकल्प प्राचल

अनुकूलित अभिकल्प प्राचल (200NB)					
1	भीतरी व्यास	219 mm	5	धौंकनी सामग्री	SA240 Gr.316
2	बाहरी घेरा	266 mm	6	प्लाई की मोटाई	0.3 Thk X 2 ply
3	सक्रिय लंबाई	142 mm	7	अक्षीय गति	20 mm
4	संवलन की संख्या	7	8	पार्श्व गति	3 mm

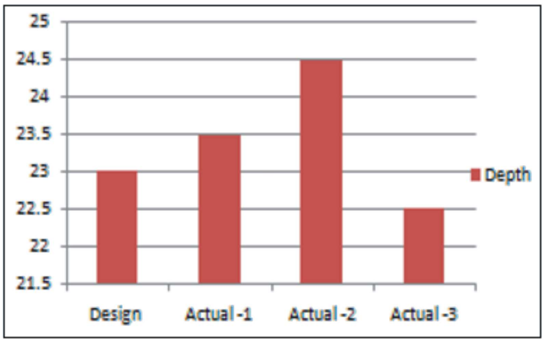
(vi) प्रायोगिक परीक्षण

अनुकूलन से भिन्न परिणाम प्राप्त हुए। परिणामों से पता चला कि एकल परत निर्माण के बजाय परतों की संख्या के साथ उच्च जीवन चक्र प्राप्त किए गए। परिणाम को सत्यापित करने के लिए एक प्रायोगिक परीक्षण करने की आवश्यकता थी । उपर्युक्त अनुकूलित अभिकल्प के लिए प्रायोगिक परीक्षण किया गया। तालिका–3 में उल्लिखित संचालन के अनुक्रम का पालन करके एक धौंकनी का निर्माण किया गया। विनिर्माण चक्र के कुछ महत्वपूर्ण निर्गम नीचे प्रस्तुत किए गए हैं।

1. आयामी रिपोर्ट



चित्र–16 पिच तुलना

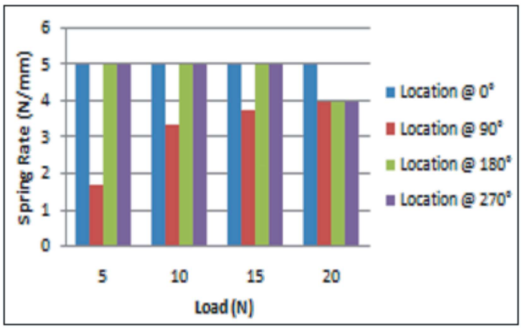


चित्र–17 गहराई तुलना

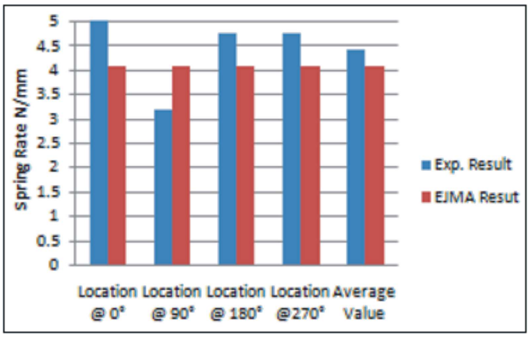
आयामी सत्यापन के लिए धौंकनी की पिच और गहराई दोनों सबसे महत्वपूर्ण प्राचल हैं। आम तौर पर सत्यापन के लिए सभी प्रकार की धौंकनी के लिए दोनों मानों को मापा जाता है। चित्र 16 और चित्र 17 में दिखाए

गए नीचे दिए गए ग्राफ़ अभिकल्प डेटा और वास्तविक माप के बीच गहराई और पिच मानों की तुलना को दर्शाते हैं। पिच और गहराई दोनों मान EJMA मानक के अनुसार विनिर्माण सहनशीलता सीमा के भीतर हैं।

2. स्प्रिंग दर परीक्षण



चित्र–18 लोड बनाम स्प्रिंग दर



चित्र–19 स्प्रिंग दर तुलना

एक स्प्रिंग दर आम तौर पर धौंकनी के इकाई विरूपण के लिए आवश्यक बल की मात्रा को दर्शाती है। धौंकनी के अभिकल्प में स्प्रिंग दर भी काफी महत्वपूर्ण प्राचल है। पाइपिंग अभिन्यास के भीतर विशिष्ट जंक्शन बिंदुओं पर विकसित बलों के अनुसार अंतिम उपयोगकर्ताओं द्वारा इस तरह के विवरण प्रदान किए जाने चाहिए। प्रयोगात्मक माप के साथ एक डिज़ाइन स्प्रिंग दर भी सत्यापित की गई थी। स्प्रिंग दर को चार अलग–अलग स्थानों पर मापा गया था जैसा कि ऊपर चित्र 18 में दिखाया गया है। माप 0, 90, 180 और 270 डिग्री पर किए गए थे। साथ ही विभिन्न स्थानों के औसत परिणाम की तुलना EJMA के अनुसार डिज़ाइन गणनाओं से की गई थी। EJMA डिज़ाइन और प्रयोग के माध्यम से प्राप्त स्प्रिंग दर दोनों मामूली भिन्नता के साथ समान थे जैसा कि चित्र 19 में दिखाया गया है।

3. हाइड्रो टेस्ट

हाइड्रो टेस्ट आमतौर पर रिसाव की जाँच करने के साथ–साथ धौंकनी के घूमने के लिए किया जाता है। यह एक ऐसा परीक्षण है जिसमें धौंकनी को परीक्षण दबाव तक तरल पदार्थ से दबाया जाता है और इसे 30 मिनट के लिए रखा जाता है। परिणाम से यह पता चलता है कि परीक्षण के दौरान कोई रिसाव, कोई दबाव में गिरावट और विकृति नहीं देखी गई। इसलिए दबाव परीक्षण के विरुद्ध अभिकल्प को स्वीकार किया जाता है।

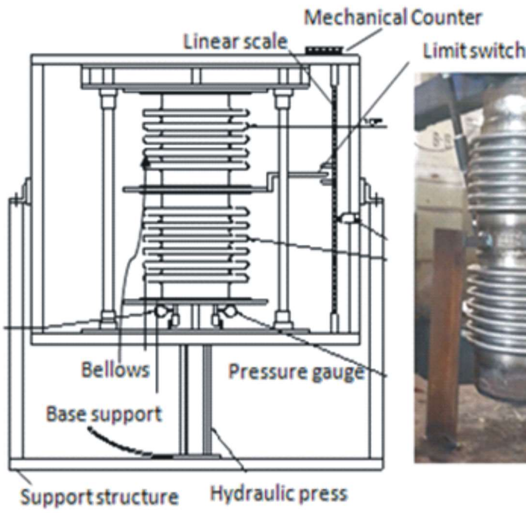
4. थकान जीवन चक्र परीक्षण

थकान जीवन चक्र परीक्षण एक तरह का विनाशकारी परीक्षण है। जीवन चक्र परीक्षण करने के लिए दो प्रोटोटाइप धौंकनी बनाने की आवश्यकता होती है जो वास्तविक धौंकनी के समान होती हैं। सभी प्रोटोटाइप धौंकनी को अन्य सभी परीक्षण प्रक्रियाओं से भी गुज़ारा जाता है। आम तौर पर थकान जीवन चक्र परीक्षण धौंकनी की कई फ्लेक्सिंग चक्रों को झेलने की क्षमता का सत्यापन होता है। EJMA यह भी सुनिश्चित करता है कि अत्यधिक जीवन चक्र आवश्यकता आवश्यक परिणाम स्थापित नहीं करेगी। अनुकूलित अभिकल्प को सत्यापित और मान्य करने के लिए जीवन चक्र परीक्षण किया गया। जीवन चक्र परीक्षण सेटअप के लिए मूल रेखा आरेख नीचे चित्र 20 में दिखाया गया है। थकान जीवन चक्र परीक्षण निम्नलिखित चरणों को अपनाकर किया गया था।

एक धातु की धौंकनी को अंतिम पाइपों के साथ वेल्डेड किया जाता है और अंत में परीक्षण की व्यवस्था की जाती है जैसा कि चित्र 20 में दिखाया गया है। विस्तार धौंकनी असेंबली में चक्र जीवन परीक्षण के लिए 2 अक्षीय धौंकनी तत्व होते हैं। विस्तार धौंकनी असेंबली को परीक्षण के लिए उपयुक्त स्थिरता के साथ वेल्डेड किया जाता

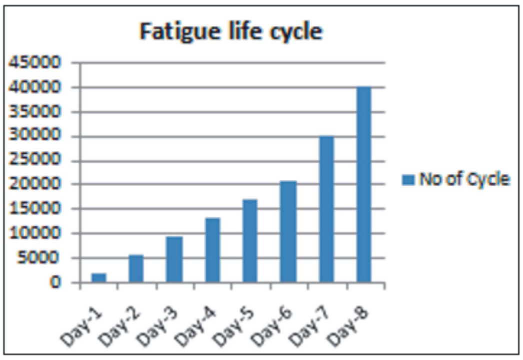
है, ताकि यह परीक्षण मशीन के साथ आसानी से फिक्स हो सके। दोनों धौंकनी तत्वों की संवलन लंबाई को शुरू में मापा जाता है। जिस स्थिति में धौंकनी तत्व की संवलन पर समान लंबाई होती है उसे तटस्थ बिंदु पर मुक्त लंबाई के रूप में लिया जाता है। थकान जीवन परीक्षण मशीन हाइड्रोलिक प्रणाली के साथ बिजली से संचालित होती है और गति को सीमा माइक्रो स्विच के साथ नियंत्रित किया जाता है। परीक्षण EJMA के अनुसार 60 इंच प्रति मिनट से अधिक नहीं की यात्रा गति के साथ किया जाता है।

नीचे चित्र 22 में दिखाए गए ग्राफ से यह स्पष्ट है कि धौंकनी 40,000 से अधिक जीवन चक्र को बनाए रख सकता है। धौंकनी द्वारा प्रतिदिन औसतन 5000 चक्र पूरे किए गए। जीवन चक्र परीक्षण के दौरान कोई रिसाव नहीं देखा गया। साथ ही परीक्षण के अंत तक अभिकल्प दबाव अपरिवर्तित बना रहा। इसलिए कोई दबाव गिरावट नहीं देखी गई। आयामी स्थिरता की जाँच करने के लिए परीक्षण के अंत में धौंकनी की पिच और गहराई को भी मापा गया। नीचे चित्र 24 और चित्र 25 में तुलना दिखाई गई है और अनुमान लगाया गया है कि प्राप्त मूल्य सीमा के भीतर हैं। यह स्पष्ट हो गया कि धौंकनी आयामी रूप से स्थिर हैं।



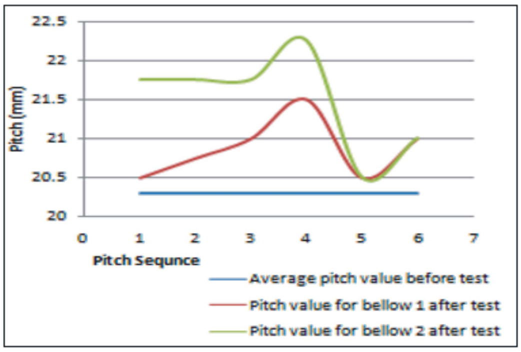
चित्र–20 थकान जीवन चक्र परीक्षण सेटअप **चित्र–21 धौंकनी मुक्त लंबाई और संपीड़न स्थिति**

प्रयोगों से प्राप्त समग्र परिणामों ने पुष्टि की कि धौंकनी का जीवन चक्र सुधारा गया है। प्राप्त जीवन चक्र पिछले डिज़ाइन की तुलना में 4 गुना अधिक है।

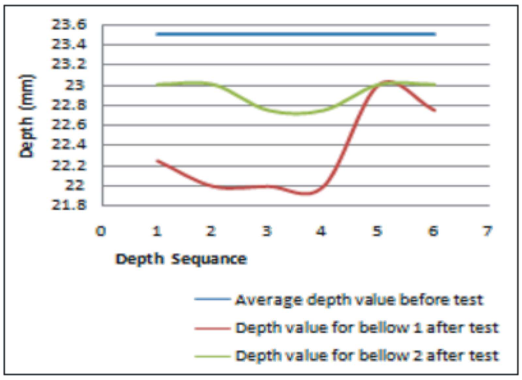


चित्र–22 थकान जीवन चक्र **चित्र–23 काउंटर रीडिंग @10,000 और @40,000**

विस्तार संयुक्त जीवन चक्र परीक्षण में परिणामों पर प्राचलिक चर के प्रभाव, थकान जीवन चक्र, सीमित अभिकल्प दबाव, दबाव और विक्षेपण तनाव के बारे में भी चर्चा की गई। बनाने से लेकर अंतिम प्रेषण तक एक धौंकनी विभिन्न प्रक्रिया चरणों से गुजरती है। उत्पाद के लिए कच्चा माल पहले खरीदा जाता है। खरीद के बाद सभी परीक्षण परिणामों, जैसे सामग्री परीक्षण प्रमाणपत्र, कठोरता परीक्षण, यांत्रिक परीक्षण और अन्य सभी प्रासंगिक दस्तावेजों को सत्यापित करने की आवश्यकता होती है। अगले चरण में नौकरी के निष्पादन के लिए एक योजना तैयार की जाती है। गुणवत्ता विभाग द्वारा सामान्य असेंबली ड्राइंग में दिए गए विवरण के अनुसार एक गुणवत्ता आश्वासन योजना तैयार की जाती है।



चित्र–24 पिच तुलना



चित्र–25 गहराई तुलना

परिणाम और चर्चा

किसी भी अनुप्रयोग के लिए धौंकनी का चयन और अभिकल्प केंद्रित गतिविधियाँ हैं क्योंकि इसमें विभिन्न प्रकार के चर शामिल होते हैं। धौंकनी डिजाइन में धौंकनी की पिच, गहराई, प्लाई की मोटाई, संवलन की संख्या और सामग्री महत्वपूर्ण चर हैं जैसा कि ऊपर चर्चा की गई है। अभिकल्प चरों के प्रभाव को समझने के लिए एक पूर्ण उत्पाद विकास चक्र के माध्यम से एक महत्वपूर्ण विफलता जांच की गई और थकान जीवन चक्र की उच्च संख्या के साथ एक उन्नत अभिकल्पना का प्रस्ताव दिया गया। प्रारंभिक जांच में यह अनुमान लगाया गया कि दरार गठन और प्रसार के कारण धौंकनी विफल हो गया। अन्य साइट अवलोकन भी उच्च प्रणाली स्तर के कंपन पर केंद्रित थे। EJMA मानक के अनुसार उपरोक्त अवलोकन के खिलाफ धौंकनी के अभिकल्प की जाँच और पुनः सत्यापन किया गया। सभी प्राप्त तनाव, सीमित अभिकल्प दबाव और जीवन चक्रों की संख्या मामूली बदलावों के साथ FEPL अभिकल्प सॉफ्टवेयर के अनुसार समान हैं। सभी संबंधित सिस्टम स्तर कंपन माप किए गए और पाया गया कि धौंकनी की प्राकृतिक आवृत्ति सिस्टम स्तर आवृत्ति से 2 गुना अधिक थी। इसके अलावा अधिकतम प्रवाह वेग स्वीकार्य प्रवाह वेग से पांच गुना कम था। कंपन अध्ययन से प्राप्त परिणाम से पता चला कि धौंकनी अनुनाद प्रतिक्रिया द्वारा विफल नहीं हुई। प्रक्रिया विफलता मोड और प्रभाव विश्लेषण (PFMEA) एक उपकरण है जो किसी प्रक्रिया में संभावित समस्याओं की पहचान करने और उन्हें संबोधित करने में मदद करता है। PFMEA पद्धति को अपनाया गया और सभी संभावित विफलता मोड और उसके खिलाफ सुधारात्मक कार्रवाई पर विचार–विमर्श किया गया। जोखिम प्राचल संख्या को 200 श्रेणियों से घटाकर 100 से कम कर दिया गया है, जिससे उत्पाद की गुणवत्ता में सुधार हुआ है और विफलता का जोखिम कम हो गया है।

मजबूत अभिकल्प वह है जो शोर कारक के प्रति कम संवेदनशील हो और अपना इच्छित कार्य करता हो। तागुची प्रयोगों की अभिकल्पना (DOE) मजबूती की अवधारणा पर काम करता है। DOE की तागुची विधि के अनुसार तीन अलग–अलग अनुकूलन अध्ययन किए गए। परत की मोटाई में वृद्धि से जीवन चक्र पर नकारात्मक

प्रभाव उत्पन्न होता है। संवलन की संख्या बढ़ाने के साथ धौंकनी का जीवन चक्र बढ़ता है लेकिन बकलिंग की विफलता और स्थान की उपलब्धता के कारण सीमित होता है। धौंकनी का जीवन चक्र धौंकनी के बाहरी व्यास को बढ़ाने के साथ भी बढ़ता है। लेकिन यह टूलींग सुविधाओं पर निर्भर करता है। कम परत की मोटाई से कम मात्रा में विक्षेपण तनाव उत्पन्न होता है जैसा कि विक्षेपण तनाव समीकरणों से दर्शाया गया है। इसलिए बहु परत धौंकनी निर्माण के साथ जीवन चक्र की उच्च संख्या प्राप्त की जाती है। इसके अलावा, विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए धौंकनी डिज़ाइन के लिए सामग्री एक महत्वपूर्ण पहलू है। SS316, SS316Ti और SS310S सामग्री वाले धौंकनी को सर्वश्रेष्ठ परिणाम प्राप्त हुए। साहित्य अध्ययन से यह भी पता चला कि धौंकनी तनाव संक्षारण दरार धौंकनी विफलता का एक सामान्य कारण है।

तनाव संक्षारण दरार, निर्माण, गठन और बाहरी कारकों के दौरान धौंकनी में विकसित लागू तनाव और अवशिष्ट तनाव की उपस्थिति में स्थानीयकृत संक्षारण का परिणाम है। उपरोक्त तीनों सामग्री अत्यधिक संक्षारण प्रतिरोधी सामग्री हैं। साथ ही ये तीनों सामग्री क्लोराइड वातावरण में तुलनात्मक रूप से सर्वश्रेष्ठ हैं। तालिका 10 में परिभाषित एक अनुकूलित अभिकल्प का निर्माण किया गया था। FEPL मानक गुणवत्ता योजना के अनुसार धौंकनी का परीक्षण किया गया था। अभिकल्प विवरण के अनुसार आयामी रूप से धौंकनी स्थिर हैं। धौंकनी का अभिकल्प स्प्रिंग दर 4.05 Kg/mm है जबकि प्रायोगिक परीक्षण के अनुसार 4.21 kg/mm है। इसके अलावा हाइड्रो टेस्ट के दौरान धौंकनी में रिसाव और विकृति नहीं थी। FEPL में उपलब्ध जीवन चक्र परीक्षण सेट अप पर थकान जीवन चक्र परीक्षण किया गया। मानक विनिर्माण अभ्यास के अनुसार, जीवन चक्र की ऐसी संख्या सभी अभिकल्प के लिए एक बेंचमार्क थी। इसके अलावा, 8 दिनों के निरंतर संचालन के दौरान कोई रिसाव, दबाव में गिरावट और विकृति नहीं देखी गई। विफल धौंकनी के खिलाफ सभी उपायों से यह संकेत मिलता है कि अनुकूलित अभिकल्प मज़बूत है और धौंकनी के जीवन चक्र को 4 गुना से अधिक बढ़ाता है।

निष्कर्ष

इस लेख में इस्तेमाल किया गया मिश्रित दृष्टिकोण न केवल समस्या की जांच करने के लिए बल्कि समुद्र क्षेत्र के निकट क्षेत्र में उपयोग किए जाने वाले धौंकनी के मापदंडों को अनुकूलित करने के लिए भी लक्ष्य रखता है। प्राप्त परिणाम समान प्रकार के अनुप्रयोगों और वायुमंडलीय स्थितियों में उपयोग किए जाने वाले धौंकनी के लिए भी सहायक है। किसी भी प्रणाली के लिए समय से पहले विफलता बहुत महत्वपूर्ण है। और विफलताएं सीधे उत्पाद की लागत को बढ़ाती हैं। अभिकल्पन के लिए सही प्राचलों के चयन से विफलताओं से बचा जा सकता है जो मजबूत होना चाहिए। EJMA आधारित अभिकल्प सत्यापन ने अभिकल्पन की शुद्धता के बारे में सुनिश्चित किया। एक धातु धौंकनी विस्तार जोड़ अनुनाद कंपन के खिलाफ असंगत हैं। धौंकनी की प्राकृतिक आवृत्ति के साथ मापी गई प्रणाली आवृत्ति के साथ अनुनाद कंपन की स्थिति सुनिश्चित की जानी चाहिए। सिस्टम के अधिकांश उपकरण ISO 1816–3 के अनुसार सामान्य परिचालन स्थितियों में थे। PFMEA पद्धति अभिकल्पन के शुरुआती चरण में सभी संभावित विफलता मोड की पहचान करने के लिए उपयोगी है ताकि परिचालन स्थितियों के तहत विफलताओं की संभावना को कम किया जा सके। PFMEA उपकरण धौंकनी निर्माण प्रक्रिया वृद्धि और धौंकनी की गुणवत्ता में योगदान देता है। तागुची प्रयोगात्मक डिजाइन उत्पाद प्राचलिक अनुकूलन के लिए सर्वोत्तम पद्धतियों में से एक है। धौंकनी की गहराई, संवलन की संख्या और बहुविध निर्माण धौंकनी के जीवन चक्र को बढ़ाते हैं। सभी ऑस्टेनिटिक स्टेनलेस स्टील धौंकनी बनाने के लिए अच्छे हैं, लेकिन अनुकूलन परिणामों के अनुसार SS316, SS316Ti और SS321 संक्षारक वातावरण के खिलाफ सबसे अच्छे हैं। विनाशकारी परीक्षण से पहले धौंकनी को सभी गुणवत्ता परीक्षणों में उत्तीर्ण होना चाहिए। जीवन चक्र परीक्षण ने गणना की गई धौंकनी अभिकल्प जीवन को सत्यापित किया। इसके अलावा, 40000 बेंचमार्क थकान जीवन चक्र धौंकनी द्वारा प्राप्त किया गया था

जो कंपनी के मानक अभ्यास के अनुसार धौंकनी के लिए अधिक था। विफलता के खिलाफ सभी महत्वपूर्ण उपायों को सत्यापित किया गया और प्रयोगात्मक परीक्षण के साथ इष्टतम अभिकल्प को भी मान्य किया गया। इसलिए प्राप्त अभिकल्प संक्षारक वातावरण में काम करने के लिए पर्याप्त मजबूत है।

आभार : लेखक पारेख विजयकुमार, अपने मार्गदर्शक, डॉक्टरेट प्रगति समिति के सदस्यों और फ्लेक्सथर्म की टीम के प्रति हार्दिक आभार व्यक्त करता है जिन्होंने इस शोध परियोजना को पूरा करने में योगदान दिया। इसके अतिरिक्त, लेखक इस परियोजना के लिए आवश्यक संसाधन और सहायता प्रदान करने के लिए फ्लेक्सथर्म एक्सपैनलो प्राइवेट लिमिटेड का आभारी है।

हितों का टकराव हमारे पास प्रकट करने के लिए कोई हित संघर्ष नहीं है।

संदर्भ

1. Wankhede, S.D. and Gawande, S.H. (2023). Design and analysis aspect of metal expansion bellows: A review. Forces in Mechanics; Vol.13, pp: 100244.
2. Faraji, Gh., Mashhadi, M. Mosavi and Norouzifard, V, V. (2009). Evaluation of effective parameters in metal bellows forming process, Journal of Materials Processing Technology; Vol. 209, Issue 7, pp: 3431-3437.
3. Faraji, G., Besharati, M. K., Mosavi M. and Kashanizadeh, H. (2008). Experimental and finite element analysis of parameters in manufacturing of metal bellows, International Journal of Advance Manufacturing Technology; 38, pp: 641-648.
4. Lin, S. Y., Hsu, Y. C., Shih, J. C. and Lin, J. C. (2010). Investigation of Forming Characteristics in Bellows Hydroforming, 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology; Vol.6, pp: 623-627. IEEE.
5. Kim, Jinbong (2012). The Effect of Geometry on Fatigue Life for Bellows, Advanced Materials Development and Performance, International Journal of Modern Physics: Conference Series; Vol. 6, pp: 343-348.
6. Pavithra, E., Senthil Kumar, V.S. (2016). Microstructural Evolution of Hydroformed Inconel 625 bellows, Journal of Alloys and Compounds; Vol. 669, pp: 199 -204.
7. Pavithra, E. and Senthil Kumar, V.S. (2018). Experimental Investigation and Numerical Analysis on Fatigue Life of Bellows, Materials Today: Proceedings, Volume 5, Issue 9, Part 3,pp: 18848-18856.
8. Zhu, Y.Z., Wang, H.F. and Sang, Z.F. (2006). The Effect of Environmental Medium on Fatigue Life for U-Shaped Bellows Expansion Joints, International Journal of Fatigue, Volume 28, Issue 1, pp: 28-32.
9. Xiang, X.M., Lu, G., Li, Z.X. and Lv, Y. (2017). Finite Element Analysis and Experimental Study on a Bellows Joint, Engineering Structures, Volume 151, pp: 584-598.
10. Pagar, N. D. And Gawande, S.H.(2020). Parametric Design Analysis of Meridional Deflection Stresses in Metal Expansion Bellows Using Gray Relational Grade, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering; 42, pp: 256.

11. Pagar, Nitin D., Gawande, S.H. (2019). Experimental Investigations on Meridional and Circumferential Stresses of Bellows due to Internal Pressure , Proceedings of the ASME 2019 Gas Turbine India GTINDIA 2019-2771, : 1- 12.
12. Gawande, S.H. (2018). A Combined Numerical and Experimental Study on Metal Expansion Bellows for STHE, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering; 40, pp: 465.
13. Melissianos, Vasileios E., Lignos, Xenofon A., Bachas, Konstantinos K., Gantes, Charis J. (2017). Experimental Investigation of Pipes with Flexible Joints Under Fault Rupture, Journal of Constructional Steel Research; 128, pp: 633-648.
14. Gomes, M.J. da Silva, Fragoso, H.A.P., Barrio, R.C.A.G. and Cardoso, J.L. (2019). Stress Corrosion of An Austenitic Stainless-Steel Expansion Joint, A Case Study, Engineering Failure Analysis; 97, pp: 300-310.
15. Ravi, S., Parameswaran, P., Ganeshkumar, J., Sakty, S. and Laha, K. (2016). Failure Analysis of 316L Austenitic Stainless-Steel Bellows Used Under Dynamic Sodium in a Creep Testing Chamber, Engineering Failure Analysis; 59, pp: 366-376.
16. Elshawesh, F., Elhoud, A., Zeglam, W., Abusowa, K. and Mesalem, A. (2015). Corrosion Fatigue of Incoloy 825 Flare Gas Line Bellows of Expansion Joints, Journal of Failure Analysis and Prevention; 15(1), pp: 7-14.
17. Panda, B., Sujata, M., Madan, M. and Bhaumik, S.K. (2014). Stress Corrosion Cracking in 316L Stainless Steel Bellows of a Pressure Safety Valve, Engineering Failure Analysis; 36, pp: 379-389.
18. Standards of The Expansion Joints Manufacture Association, INC. 10th Edition, pp:1-306.
19. Hoseynabadi, Arabian H., Oraee, H. and Tavner, P.J. (2010). Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) For Wind Turbines, International Journal of Electrical Power and Energy Systems; Vol. 32, Issue 7, pp: 817-824.
20. Parsana, Tejaskumar S. and Patel Mihir T. (2014). A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry, Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science; Vol. 4, No. 3, pp: 145-152.

संस्कृत कैसे सीखें? (समास)
How to Learn Sanskrit? (Samaas)

आकृति ठाकुर[1] एवं योगेश शर्मा[2]
Aakriti Thakur[1] and Yogesh Sharma[2]

[1]शोधच्छात्रा, संस्कृत, दर्शन एवं वैदिक अध्ययन विभाग, वनस्थली विद्यापीठ, राजस्थान
[2]सह आचार्य, कलाकोश विभाग, इन्दिरा गाँधी राष्ट्रीय कला केन्द्र, नई दिल्ली
aakritithakur2@gmail.com[1], ycsharma2000@yahoo.co.in[2]
https://doi.org/10.5281/zenodo.18442843

'सम्'

जैसा कि पूर्व के लेख में प्रतिपादित किया गया है कि समास पाँच प्रकार के होते हैं। उनमें से केवल समास एवं अव्ययीभाव समास का प्रतिपादन किया जा चुका है। प्रस्तुत लेख में तत्पुरुष समास का प्रतिपादन किया जा रहा है। जिस प्रकार अव्ययीभाव समास में पूर्व पद का अर्थ प्रधान होता है, ठीक उसी प्रकार तत्पुरुष समास में उत्तरपद का अर्थ प्रधान होता है, अर्थात् दो पदों में से बाद वाले पद की आकांक्षा महत्त्वपूर्ण होती है। तत्पुरुष समास सामान्यतः दो रूपों में देखा जाता है – (1) व्यधिकरण तत्पुरुष – इसके अन्तर्गत दोनों पदों (पूर्वपद एवं उत्तरपद) में असमान विभक्ति का प्रयोग होता है, (2) समानाधिकरण तत्पुरुष – इसके अन्तर्गत दोनों पदों (पूर्वपद एवं उत्तरपद) में समान विभक्ति का प्रयोग होता है। समानाधिकरण तत्पुरुष को ही कर्मधारय कहते है। कर्मधारय का एक भेद द्विगु है – जब संख्या पूर्वपद में हो तो द्विगु हो जाता है। व्यधिकरण तत्पुरुष के द्वितीया, तृतीया, चतुर्थी, पञ्चमी, षष्ठी एवं सप्तमी, ये छः भेद होते हैं। सर्वप्रथम व्याधिकरण तत्पुरुष को इस प्रकार देखा जा सकता है –

द्वितीया तत्पुरुष

द्वितीया विभक्ति से अन्त होने वाले सार्थक पदों का श्रित, अतीत, पतित, गत, अत्यस्त, प्राप्त, आपन्न, गामी आदि सार्थक पदों के साथ समास होता है। जैसे – नगरं गामी = नगरगामी (नगर को जाने वाला)।

तृतीया तत्पुरुष

तृतीया विभक्ति से अनत होने वाले सार्थक पद का तृतीया विभक्ति के द्वारा किये गए गुणवाचक शब्द तथा अर्थ शब्द के साथ समास होता है। जैसे – सुधया धवलः = सुधाधवलम् (सुधा से धवल)। इसी प्रकार, तृतीया विभक्ति से अन्त होने वाले कर्ता अथवा करण के साथ कृदन्त पद का तृतीया तत्पुरुष समास होता है। जैसे – हरिणा त्रातः = हरित्रातः (हरि से रक्षित)।

चतुर्थी तत्पुरुष

चतुर्थी विभक्ति से अन्त होने वाले सार्थक पद का उसी के अर्थ, अर्थ, बलि, हित, सुख और रक्षित शब्द के साथ समास होता है। जैसे – यूपाय दारुः = यूपदारुः (यूप के लिए लकड़ी)।

पञ्चमी तत्पुरुष

पञ्चमी विभक्ति से अन्त होने वाले सार्थक पदों का भय, भीतः, भीतिः, भी, अपेत, अपोढ, मुक्त, पतित आदि सार्थक पदों के साथ समास होता है। जैसे – चोराद् भयम् = चोरभयम् (चोर से भय)।

षष्ठी तत्पुरुष

षष्ठी विभक्ति से अन्त होने वाले सार्थक पदों का सार्थक पदों के साथ विकल्प से समास होता है। जैसे –

राज्ञः पुरुषः = राजपुरुषः। षष्ठी विभक्ति से अन्त होने वाले सार्थक पदों का याजक, पूजक, परिचारक, परिवेषक, स्नातक, अध्यापक, उत्पादक, होतृ, पोतृ, भर्तृ आदि शब्दों के साथ षष्ठी तत्पुरुष समास होता है। जैसे – देवानां पूजकः = देवपूजकः (देवताओं की पूजा करने वाला)।

सप्तमी तत्पुरुष

सप्तमी विभक्ति से अन्त होने वाले सार्थक पदों का शौण्ड आदि (शौण्ड, अघि, धूर्त, कितव, प्रवीण, संवित्, चतुर, पण्डित, कुशल, निपुण, चपल, पटु) शब्दों के साथ सप्तमी तत्पुरुष समास होता है। जैसे – अक्षेषु शौण्डः = अक्षशौण्डः (पासे खेलने में चतुर)। इसके अतिरिक्त सप्तमी विभक्ति से अन्त होने वाले सार्थक पदों का सिद्ध, शुष्क, पक्व और बन्ध आदि सार्थक पदों के साथ समास होता है। जैसे – रसे सिद्धः = रससिद्धः।

इस प्रकार, उपर्युक्त विवेचन से स्पष्ट होता है कि व्यधिकरण तत्पुरुष में दोनों पदों में असमान विभक्ति का प्रयोग होता है और उसी के आधार पर समस्त पद के अर्थ का निर्धारण होता है।

क्रम सं.	लौकिक विग्रह	सामासिक शब्द	अर्थ
1.	कृष्णं श्रितः	कृष्णश्रितः	कृष्ण की शरण में आया हुआ
2.	दुःखम् अतीतः	दुःखातीतः	दुःख से परे
3.	कूपं पतितः	कूपपतितः	कुएँ में गिरा हुआ
4.	मार्गम् अत्यस्त	मार्गात्यस्तः	मार्ग में व्याप्त
5.	प्रलयं गतः	प्रलयगतः	प्रलय में गया हुआ
6.	भयम् आपन्नः	भयापन्नः	भय से आपन्न
7.	शाला प्राप्तः	शालाप्राप्तः	शाला को प्राप्त
8.	सशंयम् आपन्नः	संशयापन्नः	संशय से आपन्न
9.	ग्राम गतः	ग्राम गतः	ग्राम में गया हुआ
10.	अरण्यम् अतीतः	अरण्यातीतः	अरण्य से अतीत
11.	आपदां गतः	आपदागतः	आपदा में गया हुआ
12.	ग्रामं गमी	गामगमी	ग्राम को जाने वाला
13.	अन्नं बुभुक्षुः	अन्नबुभुक्षुः	अन्न के लिए भूखा
14.	सुखम् ईप्सुः	सुखेप्सुः	सुख के लिए इच्छुक
15.	प्राप्तः जीवनम्	प्राप्तजीवनः	प्राप्त हुआ जीवन
16.	क्षणं स्थायी	क्षणस्थायी	क्षण के लिए स्थायी
17.	शंकुलया खण्डः	शंकुलाखण्डः	सरौते से काटा हुआ टुकड़ा
18.	पुण्येन अर्थः	पुण्यार्थः	पुण्य के लिए अर्थ

19.	तेन कृतम्	तत्कृतम्	उसके द्वारा किया हुआ
20.	कालिदासेन रचितम्	कालिदासरचितम्	कालिदास द्वारा रचित
21.	प्रज्ञया हीनः	प्रज्ञाहीनः	प्रज्ञा से हीन
22.	आचरेण निपुणः	आचारनिपुणः	आचार से निपुण
23.	मात्रा सदृशः	मातृसदृशः	माता के सदृश
24.	क्षीरेण ओदनः	क्षीरौदनः	क्षीर के साथ ओदन
25.	शुना लेह्यः	श्वलेह्यः	ऐसा कुआ जिसका पानी कुत्ता जिह्वा से चाट ले
26.	कुण्डलाय हिरण्यम्	कुण्डलहिरण्यम्	कुण्डल के लिए सोना
27.	द्वाराय काष्ठम्	द्वारकाष्ठम्	द्वार के लिए लकड़ी
28.	इन्द्राय इयम्	इन्द्रार्था (हविः स्त्रीलिंग)	इन्द्र के लिए यह
29.	पित्रे इदम्	पित्रर्थम् (पयः नपुंसकलिंग)	पितरों के लिए यह
30.	शिशवे इदम्	शिश्वर्थम् (पयः नपुंसकलिंग)	शिशु के लिए यह
31.	द्विजाय अयम्	द्विजार्थः (सूपः पुलिंग)	ब्राह्मण के लिए दाल
32.	गवे रक्षितम्	गोरक्षितम्	गो के लिए रक्षित
33.	राष्ट्राय हितम्	राष्ट्रहितम्	राष्ट्र के लिए हितकर
34.	व्याघ्राद् भीतः	व्याघ्रभीतः	व्याघ्र से डरा हुआ
35.	ग्रामाद् निर्गतः	ग्रामनिर्गतः	गाँव से निकला हुआ
36.	अधर्माद् जुगुप्सुः	अधर्मजुगुप्सुः	अधर्म से जुगुप्सा करने वाला
37.	सुखाद् अपेतः	सुखापेतः	सुख से दूर
38.	स्वर्गात् पतितः	स्वर्गपतितः	स्वर्ग से गिरा हुआ
39.	तरंगाद् अपत्रस्तः	तरंगापत्रस्तः	तरंग से अपत्रस्त
40.	स्तोकाद् मुक्तः	स्तोकान्मुक्तः	स्तोक से मुक्त
41.	अभ्याशाद् आगतः	अभ्याशादागतः	अभ्यास से आया हुआ
42.	आत्मनो ज्ञानम्	आत्मज्ञानम्	आत्मा का ज्ञान
43.	मनसः स्थितिः	मनःस्थिति	मन की स्थिति
44.	भुवः पतिः	भूपतिः	भूमि का स्वामी

45.	देवस्य आलयः	देवालयः	देवता का आलय
46.	अर्थस्य गौरवम्	अर्थगौरवम्	अर्थ का गौरव
47.	संस्कृतस्य अध्यापकः	संस्कृताध्यापकः	संस्कृत का अध्यापक
48.	अर्धं वेद्याः	अर्धवेदिः	वेदी का आधा
49.	घटश्च उत्पादकः	घटोत्पादकः	घट का उत्पादक
50.	पणस्य अर्धम्	अर्धपणम्	आधा पर्ण
51.	पूर्वः अह्नः	पूर्वाह्णः	दिन का पूर्व भाग
52.	वीणायां प्रवीण	वीणा प्रवीणः	वीणावादन में प्रवीण
53.	काव्ये कुशलः	काव्य कुशलः	काव्य में कुशल
54.	पात्रे समिताः	पात्रेसमिताः	भोजनभट्ट
55.	गेहेशूरः	गेहेशूरः	घर का शूर
56.	कूपे मण्डूकः	कूपमण्डूकः	स्वल्पज्ञानी
57.	नगरे काकः	नगरकाकः	बातूनी
58.	भारते सिद्धः	भारतसिद्धः	भारत का सिद्ध
59.	वेदे पण्डितः	वेदपण्डितः	वेदों का ज्ञाता
60.	तीर्थे काकः इव	तीर्थकाकः	तीर्थ में काक के सदृश

समानाधिकरण तत्पुरुष को ही कर्मधारय कहा जाता है। समानाधिकरण की प्रक्रिया में विशेषण–विशेष्य एवं उपमान–उपमेय आदि के रूप देखने को मिलते हैं। इसके अन्तर्गत विशेष्य में प्रयुक्त होने वाली विभक्ति का प्रयोग विशेषण पद में भी आवश्यक माना जाता है। ठीक वैसे ही, उपमेय में प्रयुक्त होने वाली विभक्ति का प्रयोग उपमान में भी समान रूप से देखा जाता है। जैसे – नीलम् उत्पलम् = नीलोत्पलम् (नीला कमल), घन इव श्यामः = घनश्यामः (मेघ के समान श्याम) आदि।

इसके अतिरिक्त, पूर्वकाल, एक, सर्व, जरत्, पुराण, नव, केवल आदि सार्थक पदों का समानाधिकरण सार्थक पदों के साथ समास होता है। जैसे – एका बालिका = एकबालिका (एक लड़की), पुराणः पुरुषः = पुराणपुरुषः (प्राचीन पुरुष) आदि।

इसके अतिरिक्त, पूर्व, अपर, प्रथम, चरम, जघन्य, समान, मध्य, मध्यम और वीर आदि विशेषण शब्दों का समानाधिकरण विशेष्य शब्दों के साथ कर्मधारय समास होता है। जैसे – पूर्वः पुरुषः = पूर्वपुरुषः (पहले का पुरुष)।

कर्मधारय समास सन्, महत्, परभ, उत्तम, उत्कृष्ट आदि पूजावाची विशेषण पदों का पूज्यवाची समानाधिकरण विशेष्य पदों के साथ संयोग होने पर भी होता है। जैसे – उत्तमः पुरुषः = उत्तमपुरुषः (श्रेष्ठ पुरुष)।

उपमानवाचक पदों का समान धर्म को धारण करने वाले सार्थक पदों के साथ कर्मधारय समास होता है। जैसे– कर्पूर इव गौरः = कर्पूरगौरः (कर्पूर के समान गौर वर्ण)। इसके अतिरिक्त, उपमेयवाचक पद का व्याघ्र आदि

उपमानवाचक पद के साथ तत्पुरुष समास हो जाता है, यदि साधारण धर्मवाचक पद का प्रयोग न हुआ हो तो। जैसे – पुरुषः व्याघ्रः इव = पुरुषव्याघ्रः (पुरुष जो व्याघ्र के समान है)।

व्यधिकरण एवं समानाधिकरण तत्पुरुष के अतिरिक्त तत्पुरुष समास के अन्तर्गत प्रादि तत्पुरुष भी महत्त्वपूर्ण समास है। इसके अन्तर्गत 'कु', 'गतिसंज्ञक शब्द' एवं 'प्र' आदि शब्द का समर्थ सार्थक शब्द के साथ नित्य समास होता है। जैसे – कुत्सितः पुरुषः = कुपुरुषः (बुरा व्यक्ति)।

क्रम सं.	लौकिक विग्रह	सामासिक शब्द	अर्थ
1.	वृद्धश्चासौ व्याघ्रः	वृद्धव्याघ्रः	वृद्ध बाघ
2.	वृद्धश्च स व्याघ्रः	वृद्धव्याघ्रः	वृद्ध बाघ
3.	वृद्धश्च यो व्याघ्रः	वृद्धव्याघ्रः	वृद्ध बाघ
4.	सर्वाश्चामूः कलाः	सर्वकलाः	सभी कलाएँ
5.	सर्वाश्चताः कलाः	सर्वकलाः	सभी कलाएँ
6.	सर्वाश्च याः कलाः	सर्वकलाः	सभी कलाएँ
7.	सकलाश्च ताः कलाः	सकलकलाः	सकल कलाएँ
8.	नीलश्चाद् उत्पलम्	नीलोत्पलम्	नीला कमल
9.	नीलश्चा तद् उत्पलम्	नीलोत्पलम्	नीला कमल
10.	नीलश्च यद् उत्पलम्	नीलोत्पलम्	नीला कमल
11.	रक्तश्च तदुत्पलम्	रक्तोत्पलम्	लाल कमल
12.	पुण्यं च तत् तीर्थम्	पुण्यतीर्थम्	पुण्य तीर्थ
13.	विद्वांश्चासौ जनः	विद्वज्जनः	विद्वान् लोग
14.	निर्मलाश्च ते गुणाः	निर्मलगुणाः	निर्मल गुण
15.	पूर्वश्च तद् अर्धम्	पूर्वाधम्	पूर्व आधा भाग
16.	परश्च तद् अर्धम्	परार्धम्	पर आधा भाग
17.	नवश्चासौ अवतारः	नवावतारः	नौ अवतार
18.	सन्तश्च ते पुरुषाः	सत्पुरुषाः	सज्जन पुरुष
19.	महांश्चासौ वृक्षः	महावृक्षः	महान् वृक्ष
20.	दीर्घा रज्जुः	दीर्घरज्जुः	लम्बी रस्सी
21.	उन्नतः वृक्षः	उन्नतवृक्षः	ऊँचा पेड़

22.	केवलाः वैयाकरणाः	केवलवैयाकरणाः	केवल वैयाकरण
23.	जघन्यः श्लोकः	जघन्यश्लोकः	जघन्य श्लोक
24.	अपरः मीमांसकः	अपरमीमांसकः	अपर मीमांसक
25.	वीरा बालिका	वीरबालिका	बहादुर लड़की
26.	महान् वैयाकरणः	महावैयाकरणः	महान् वैयाकरण
27.	सती नारीः	सन्नारीः	सज्जन स्त्री
28.	सन् पुरुषः	सत्पुरुषः	सज्जन पुरुष
29.	सन्तः जनाः	सज्जनाः	सज्जन लोग
30.	उत्कृष्टः वैधः	उत्कृष्टवैधः	अच्छे वैध
31.	कृतम् अकृतम्	कृताकृतम्	कृत और अकृत
32.	भुक्तम् अभुक्तम्	भुक्ताभुक्तम्	भुक्त और अभुक्त
33.	उदितम् अनुदितम्	उदितानुदितम्	उदित और अनुदित
34.	वज्रम् इव कठोरम्	वज्रकठोरम्	वज्र के समान कठोर
35.	शैलः इव उन्नतः	शैलोन्नतः	पहाड़ के समान उन्नत
36.	पण्डितः पुण्डरीक इव	पण्डितपुण्डरिकः	पुरुष जो पुण्डरिक के समान है
37.	पुरुषः ऋषभ इव	पुरुषर्षभः	पुरुष जो ऋषभ के समान है
38.	पञ्च च ते महायज्ञाः	पञ्चमहायज्ञाः	पाँच महायज्ञ
39.	सप्त च ते ऋषयः	सप्तऋषयः	सात ऋषियों का समूह
40.	पर्णनिर्मिता शाला	पर्णशाला	पर्ण से निर्मित शाला
41.	परशु प्रहरणो रामः	परशुरामः	परशु से युक्त राम
42.	अश्वयुक्तो रथः	अश्वरथः	अश्व से युक्त रथ
43.	न ब्राह्मणः	अब्राह्मणः	ब्राह्मण से इतर
44.	न धर्मः	अधर्मः	धर्म से विपरीत
45.	न आत्मा	अनात्मा	आत्मा से इतर
46.	न ईश्वर	अनीश्वर	ईश्वर से इतर
47.	न स्त्री न पुमान्	नपुंसक	न स्त्री न पुरुष

48.	कुत्सिता दृष्टिः	कुदृष्टिः	कुत्सित दृष्टि
49.	विरुद्धः पक्षः	विपक्षः	विपरीत पक्ष
50.	अनुगतः स्वारम्	अनुस्वारः	स्वर के पीछे जाने वाला

तत्पुरुष समास के अन्तर्गत ही द्विगु समास भी अत्यन्त महत्त्वपूर्ण विषय है। द्विगु समास में पूर्वपद संख्यावाचक होता है और वही द्विगु समास की विशेषता होती है। द्विगु समास समूहवाची अर्थ में एकत्व के प्रतिपादन हेतु प्रयुक्त होता है और सामान्यतः यह नपुंसकलिंग में प्रयोग होता है।

क्रम सं.	लौकिक विग्रह	सामासिक शब्द	अर्थ
1.	षण्णां मातृणाम् अपत्यम्	षाण्मातुरः	छः माताओं की सन्तति
2.	पञ्च गावः धनम्	पञ्चगवधनः	पाँच गायों वाला धन
3.	त्रयणां भुवनानां समाहारः	त्रिभुवनम्	तीन भुवनों का समूह
4.	पञ्चनां गवां समाहारः	पञ्चगवम्	पाँच गायों का समूह
5.	त्रयाणां लोकानां समाहारः	त्रिलोकी	तीन लोकों का समूह
6.	सप्तानाम् अह्नां समाहारः	सप्ताहः	सात दिनों का समूह
7.	पञ्च सखायः प्रियाः	पञ्चसखप्रियः	पाँच प्रिय मित्र
8.	पञ्चानां पात्राणां समाहारः	पञ्चपात्रम्	पाँच पात्रों का समूह
9.	चतुर्णां युगानां समाहारः	चतुर्युगम्	चार युगों का समूह
10.	अष्टानाम् अध्यायानां समाहारः	अष्टाध्यायी	आठ अध्यायों का समूह
11.	पञ्चानां वटानां समाहारः	पञ्चवटी	पाँच वृक्षों का समूह
12.	दशानां अब्दानां समाहारः	दशाब्दी	दश वर्ष
13.	पञ्चानां धेनूनां समाहारः	पंचधेनु	पाँच धेनुओं का समूह
14.	सप्तानां खटवानां समाहारः	सप्तखट्वम्/सप्तखट्वी	सात खाटों का समूह
15.	अष्टानां तक्ष्णां समाहारः	अष्टतक्षम्/अष्टतक्षी	आठ तराशा हुए पत्थरों का समूह
16.	अहंश्च रात्रिश्चानयोः समाहारः	अहोरात्रः	दिन और रात्रि
17.	सर्वा च आसौ रात्रिः	सर्वरात्रः	सभी रात्रियों का समूह
18.	पुण्या च आसौ रात्रिः	पुण्यरात्रः	पुण्य रात्रि
19.	तिसृणां रात्रीणां समाहारः	त्रिरात्रम्	तीन रात्रियों का समूह
20.	नवानाम् रात्रीणां समाहारः	नवरात्रम्	नौ रात्रियों का समूह

21.	परमः चासौ राजा	परमराजः	परम राजा
22.	महान् चासौ राजा	महाराजः	महान् राजा
23.	राज्ञः सखाः	राजसखः	राजा का मित्र
24.	कृष्णस्य सखाः	कृष्णसखः	कृष्ण का मित्र
25.	द्वे अंगुली प्रमाणस्य	द्वयंगुलम्	दो अंगुल प्रमाण वाली लकड़ी

इस प्रकार प्रस्तुत लेख में समास के स्वरूप, प्रकार एवं विशेषतः तत्पुरूष समास और उसके कर्मधारय एवं द्विगु आदि भेदों के प्रयोग पर विचार किया गया है। इसी प्रकार आगामी लेख में शेष बहुव्रीहि और द्वन्द्व समास–प्रकारों के स्वरूप एवं प्रयोग पर विचार किया जाएगा।

अनुवाद

1. नगरगामी लोकयानेन नगरं गच्छति।
   (नगरगामी लोकवाहन से नगर जाता है।)
2. सः शंकुलाखण्डः अस्ति।
   (वह सरौते से काटा हुआ टुकड़ा है।)
3. सर्वेषु राष्ट्रहितं प्रधानम्।
   (सभी में राष्ट्रहित प्रधान है।)
4. अत्र चोरभयमस्ति।
   (यहाँ चोर का भय है।)
5. महाराजः अत्र आगच्छति।
   (महाराज यहाँ आते हैं।)
6. भगवान् विष्णुः त्रिषु लोकेषु परमपुरुषः अस्ति।
   (भगवान् विष्णु तीनों लोकों में परम पुरुष हैं।)
7. अस्य महाविद्यालयस्य प्राचार्यः संस्कृतज्ञः अस्ति।
   (इस महाविद्यालय के प्राचार्य संस्कृत के ज्ञाता हैं।)
8. अष्टाध्यायी व्याकरणस्य प्रधानग्रन्थो अस्ति।
   (अष्टाध्यायी व्याकरण का प्रधान ग्रन्थ है।)
9. अर्जुनः जनमेजयस्य प्रपितामहो अस्ति।
   (अर्जुन जनमेजय के प्रपितामह हैं।)
10. सः सप्ताहपर्यन्त कार्यं करोति।
    (वह सप्ताहपर्यन्त कार्य करता है।)

List of Review Coordinators

(Excellently Coordinated with Reviewers for Critical Review)

- **Dr. Deepak Joshi**
  Department of Electronics & Communication Engineering
  SVNIT, Surat
  d.joshi@eced.svnit.ac.in

- **Dr. Rahul Dixiti**
  Department of Artificial Intelligence
  SVNIT, Surat
  rahuldixit@aid.svnit.ac.in

- **Dr. Amit Sharma**
  Department of Management Studies
  Engineering College, Ajmer
  dramitsnsharma@ecajmer.ac.in

भाषा सुधार (Language Comprehension)

- **Dr. Adarsh Mangal**
  Department of Mathematics,
  Engineering College Ajmer (Rajasthan)
  dradarshmangal@vigyanprakash.in

- **Dr. M.K. Gandhi**
  dr.m.k.gandhi@gmail.com

• • • List of Reviewers • • •

- **Dr. Sumit Khare**
  Department of Mechanical Engineering
  SVNIT, Surat
  sumitkhare@med.svnit.ac.in

- **Dr. Rajesh Choudhary**
  Department of Mechanical Engineering
  SVNIT, Surat
  rchoudhary@med.svnit.ac.in

- **Dr. Jayesh M. Dhodiya**
  Department of Mathematics
  SVNIT, Surat
  imd@mhd.svnit.ac.in

- **Dr. Sonia Sharma**
  Department of Political Science
  H.H. Maharaja Hanwant Singh Memorial-
  Girls College, Jodhpur
  soniarbsharma@gmail.com

- **Dr. Saurabh Sharma**
  Department of Commerce
  Manipal University
  Jaipur
  drsaurabh.sharmajaipur.manipal.edu

विज्ञान प्रकाश – विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल
Formerly UGC-CARE Listed Peer Reviewed Journal, ISSN: 1549-523-X

लेखकों के लिए निर्देश (Instructions for Authors)

(क) संपादन नीति, समीक्षा प्रक्रिया एवं स्वीकृति (Editorial Policy, Review Process and Acceppance)

विज्ञान प्रकाश ISSN: 1549–523–X हिंदी में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी का रिसर्च जर्नल है। जिसका मुख्य उद्देश्य विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी, विज्ञान शिक्षा तथा विज्ञान संचार के क्षेत्रों में हो रहे शोध अध्ययन एवं आलेखों को हिंदी में प्रकाशित करना है। इस शोध जर्नल में प्रकाशित किए जाने वाले सभी शोध पत्रों को कम से कम तीन विशेषज्ञों से रिव्यू कराया जाता है तथा इसका मूल्यांकन मुख्यतः लेख की मौलिकता, इसकी सामग्री, लेखन की स्टाइल, संरचना तथा सुस्पष्टता के आधार पर किया जाता है। लेख में तथ्यों एवं जानकारी की स्पष्ट एवं तर्कसंगत प्रस्तुति आवश्यक है। यदि आवश्यक हुआ तो लेखक को लेख में सुधार/संशोधन के लिए भेजा जा सकता है। शोध पत्र/आलेख में दिए गए प्रत्येक कथन, तथ्य एवं जानकारी की सत्यता आदि के लिए लेखक ही पूरी तरह जिम्मेदार होगा।

(ख) शोध पत्र/लेख की संरचना एवं फॉर्मेट (Structure and Format of the Research Papers/Articles)

1. विज्ञान लेखकों, वैज्ञानिकों तथा शोध छात्र/छात्राओं से वैज्ञानिक विषयों पर शोधपरक लेख एवं नवाचार संबंधी हिंदी में रोचक एवं ज्ञानवर्धक सामग्री आमंत्रित है।
2. लेख लगभग 2000 से 5000 शब्दों के बीच हिंदी में होने चाहिए। लेख के साथ लगभग 100 शब्दों का सारांश भी आवश्यक है। लेख यूनिकोड फॉन्ट में जिसमे संपादन में आसानी हो। लेख में दिए गए चित्र, ग्राफ, तालिका आदि स्पष्ट हों, ताकि प्रकाशन में बाधा न हो।
3. लेख का शीर्षक, लेखक का नाम–पता, मुख्य शब्द (की–वर्ड्स) तथा इसका सारांश हिंदी तथा अंग्रेजी दोनों में होना अनिवार्य है। इससे इंटरनेट पर खोजने में यह लेख भी मिल सकेगा।
4. सभी लेख तकनीकी लेखन के मानकों के आधार पर होने चाहिए, जिसमें प्रत्येक संदर्भ का लेख में यथोचित क्रॉस रेफरेंसिंग किया गया हो।
5. सभी संदर्भो की सूची लेख के अंत में निम्नलिखित फॉर्मेट में दी जानी चाहिए:
   a. पुस्तकों के लिए लेखक/कों का नाम, पुस्तक का नाम, प्रकाशक का नाम एवं पता, प्रकाशन वर्ष तथा पृष्ठ संख्या, इसी क्रम में होनी चाहिए।
   b. शोध पत्रों के लिए अंग्रेजी लेखों का संदर्भ अंग्रेजी में तथा हिंदी लेखों का संदर्भ हिंदी में होना चाहिए, जैसा कि नीचे उदाहरण दिए गए हैं।
      - Om Vikas, and S K Basandra, “Dada Algebra and its Application in Database Design”, Information Processing Letters, Vol 23, 1986, pp 47–54.
      - ओम विकास, “वैदिक संगणना प्रविधि–प्रतिमान”, विज्ञान प्रकाश, 2012, वर्ष–12 अंक–1–2
   c. हिंदी पत्रिकाओं के संदर्भ हिंदी में तथा अंग्रेजी पत्रिकाओं/जर्नल के संदर्भ अंग्रेजी में ही दें। उनका लिप्यांतरण न करें। वेबसाइट के रेफरेंस में यूआरएल (URL) भी दिया जाए।
6. लेखक शोध विषय के आधार पर तीन या अधिक विशेषज्ञ रिव्यूअर (समीक्षकों) के नाम, पद नाम, संस्था, पता, ई–मेल और फोन नंबर भी दें। सभी रिव्यूअर अलग–अलग संस्थानों के हों।
7. लेख की फाइल के साथ दूसरी फाइल में लेखकों और विशेषज्ञ रिव्यूअरों के नाम, पदनाम, संस्था का नाम व पता, ई–मेल तथा संपर्क फोन नंबर/मोबाइल नंबर भी दें।
8. लेखक का शैक्षिक एवं शोध रुचियों का संक्षिप्त परिचय (लगभग 50 शब्दों में) उपलब्ध कराएं तो अच्छा होगा। तकनीकी शब्दावली csttpublication.mhrd.gov.in/english/ पर उपलब्ध है।
9. नवोदित तकनीकी लेखक अपनी विशेषज्ञता के क्षेत्र में नए विषय क्षेत्र को आरंभ करने वाले मौलिक लेखों (सेमीनल पेपरों) को आधार बनाकर अनुसृजन लेखन कर सकते हैं।
10. इन्नोवेशन और रिसर्च को प्रोत्साहित करने वाले प्रोग्राम तथा प्रतियोगिता आदि की संक्षिप्त रिपोर्टों का भी स्वागत है।
11. शोध पत्र कैसे भेजें? 'विज्ञान प्रकाश' में प्रकाशन हेतु शोधपरक लेख ईमेल द्वारा editorvigyanprakash@gmail.com पर भेज सकते हैं। देखिए Website: www.VigyanPrakash.in

VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology :
Formerly UGC-CARE listed Peer Reviewed Journal, ISSN:1549-523-X

Vision: High-Tech research to reach out widely promoting inclusive innovation and entrepreneurship.

Mission: Publication of quality research articles in Hindi in Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics, Bio-science, Medical Science, Agriculture and Environment), Engineering and Technology, and promoting creative ideas for innovation, incubation and entrepreneurship.

Submission: Title, Author affiliation, abstract and keywords be in both Hindi and English, and references as they are originally referred to. Overview Articles and research papers must be **original without plagiarism**. Authors need to mention three or more subject experts also from different institutions to review the submitted article. Articles may be submitted to editorvigyanprakash@gmail.com

पृथ्वी

भारतीय दर्शन में पृथ्वी पञ्चमहाभूतों में से एक प्रधान तत्त्व है, जिसको स्थिरता, घनता और ठोसत्व के लिए जाना जाता है। पृथ्वी तत्त्व वह भी है, जिसमें गन्ध समवाय सम्बन्ध से रहती है, जिससे उसके स्वभाव का निर्धारण होता है। इस लोक में जितने भी पदार्थों में गन्ध का अनुभव किया जाता है, चाहे वह पुष्प की गन्ध हो या फिर वर्षा होने पर मिट्टी की गन्ध हो या फिर किसी भी वस्तुमात्र में गन्ध का अनुभव हो, वह सब पृथ्वी के कारण ही होता है।

पृथ्वी के दो रूप हैं – 1. नित्यरूप पृथ्वी और 2. अनित्यरूप पृथ्वी। नित्य परमाणुरूप (सूक्ष्मतम) है। अनित्य कार्य (घटादि स्थूल) रूप है। यही स्थूलरूप पृथ्वी तीन प्रकार के रूपों में इस लोक में देखी जाती है– शरीर, इन्द्रिय और विषय। पृथ्वी का शरीररूप लोक के समस्त प्राणियों और पदार्थों को आकार प्रदान करता है, इसीलिए प्राणियों के शरीर को पार्थिव भी कहा जाता है। इन्द्रिय गन्ध को ग्रहण करने वाली घ्राणेन्द्रिय है, जिससे पृथ्वी तत्त्व का अनुभव किया जाता है और जिससे पृथ्वी के होने की पुष्टि भी होती है । यह नासिका के अग्रभाग में स्थित है। विषय मिट्टी, पत्थर आदि समस्त प्रकार के स्थावर रूप हैं, जो पर्वत, पठार, मैदान आदि के रूप में दृष्टिगोचर होते हैं।

अथर्ववेद के पृथ्वी सूक्त में पृथ्वी के लिए कहा गया है कि

सत्यं बृहदृतमुग्रं दीक्षा तपो ब्रह्म यज्ञः पृथिवीं धारयन्ति।

सा नो भूतस्य भव्यस्य पत्न्युरुं लोकं पृथिवी नः कृणोतु।।

(अथर्ववेद, 12/1/1)

सत्य, बृहदृत, दीक्षा, परम रहस्य के ज्ञान में सहायक कर्म, तप और यज्ञ पृथ्वी को धारण करते हैं। हमारे भूत और भविष्य का पालन करने वाली वह पृथिवी (पृथ्वी) हमारे लिए इस लोक में विस्तृत स्थान प्रदान करे।

तीनों कालों में रहने वाले सत्य, महान् ऋत, ब्रह्म (परमेश्वर) नियम, उग्र तप और अग्निष्टोमादि श्रौतस्मार्त यज्ञ – ये सभी पृथिवी को धारण करते हैं। सर्वबाधारहित मनुष्यों के समक्ष पृथ्वी के उन्नत, निम्न और सम प्रदेश हैं। यह पृथ्वी नाना प्रकार की शक्तियों और औषधियों को धारण करती है।

इस पृथ्वी में समुद्र, नदियाँ, जल, अन्न और मनुष्य उत्पन्न हुए हैं और इसी में यह स्थावर–जंगम जगत् प्राण धारण करता है और समस्त प्रकार का व्यवहार करता है। इसी पृथ्वी से पूर्व आदि चारों दिशाएँ, व्रीहि–यव आदि अन्न उत्पन्न हुए हैं। पृथ्वी नाना प्रकार से चेष्टमान प्राणियों का धारण तथा पोषण करती है। यही पृथ्वी गौओं, घोड़ों और पक्षिगण की प्रतिष्ठा एवं आधाररूपा है। यह पृथ्वी सम्पूर्ण विश्व को धारण करने वाली, हिरण्य आदि धन को धारण करने वाली, सबको आश्रय देने वाली, सुवर्ण आदि की खानों को अपने वक्षःस्थल में रखने वाली, स्थावर–जंगम जगत् को यथोचित स्थान में रखने वाली तथा वैश्वानर अग्नि को धारण करने वाली है। यह पृथ्वी सम्पूर्ण संसार को आश्रय देने वाली अत्यन्त विस्तीर्ण है।