

75  
आज़ादी का  
अमृत महोत्सव

ISSN : 1549-523-X  
UGC-CARE Listed Journal

वर्ष : 21, अंक 4, अक्टूबर - दिसम्बर 2023  
Vol. 21, No. 4, October-December 2023



# विज्ञान प्रकाश VIGYAN PRAKASH

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल  
Research Journal of Science & Technology



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

---

**सलाहकार मण्डल / 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](mailto: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](mailto:J_Narayan@ncsu.edu)
- प्रो. अशोक झुनझुनवाला / Prof. Ashok Jhunjhunwala  
Institute Professor, IIT Madras,  
E301 IITM Research Park, Chennai-600113  
[ashok@tenet.res.in](mailto: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](mailto: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](mailto:Alok.kumar@oswego.edu)

---

**ऑनलाइन प्रदर्श (वेबसाइट) / Online Presence  
(Website)**

- दिव्या शर्मा / **Divya Sharma**  
Designer's Bliss, Sydney, NSW, Australia  
[www.designersbliss.com](http://www.designersbliss.com)

**मुद्रण सहयोग / Printing Support**

- Rohit Kaushik, [kaushik.rohit@gmail.com](mailto:kaushik.rohit@gmail.com)

---

**संस्थापक मुख्य सम्पादक / Founder Chief Editor**

- स्व. प्रो. राम चौधरी / **Late Prof. Ram Chaudhari**  
54, Perry Hill Raod, Oswego, NY, 13126, USA

**मुख्य सम्पादक / Chief Editor**

- प्रो. ओम विकास / **Prof. Om Vikas**  
Hon. Advisor, Bhartiya Vidya Bhavan, Delhi, President, Lok Vigyan Parishad  
Formerly, Director, ABV-Indian Inst. of IT & Management Gwalior;  
& Counsellor (S&T), Indian Embassy, Japan; & Sr. Dir., Ministry of Electronics & IT  
[dr.omvikas@gmail.com](mailto:dr.omvikas@gmail.com)

**कार्यकारी सम्पादक / Executive Editor**

- प्रो. अनुपम शुक्ल / **Prof. Anupam Shukla**  
Director, SVNIT, Surat, Gujarat-395007  
[director@svnit.ac.in](mailto:director@svnit.ac.in), [dranupamshukla@gmail.com](mailto:dranupamshukla@gmail.com)

**सहयोगी सम्पादक / Associate Editors**

- प्रो. रंजन माहेश्वरी / **Prof. Ranjan Maheshwari**  
Professor, Rajasthan Technical University, Kota  
[ranjan@rtu.ac.in](mailto:ranjan@rtu.ac.in)
- प्रो. कृष्ण कुमार मिश्र / **Prof. Krishna Kumar Mishra**  
Homi Bhabha Centre for Science Education, TIFR, Mumbai-400088  
[kkm@hbcse.tifr.res.in](mailto:kkm@hbcse.tifr.res.in)
- प्रो. प्रतापानंद झा / **Prof. Pratapanand Jha**  
Dean (Academics) and Director (Cultural Informatics) IGNC, New Delhi  
[pjha@ignca.nic.in](mailto:pjha@ignca.nic.in)
- प्रो. अवनीश कुमार / **Prof. Avanish Kumar**  
Dept. of Math Science & Computer Application,  
Bundelkhand University, Jhansi-284128  
[dravanishkumar@gmail.com](mailto:dravanishkumar@gmail.com)
- डॉ. देबाशीस दत्ता / **Dr Debashis Dutta**  
Chief Scientist & Executive Vice President, Strategic Initiatives Jio Platform  
Limited, Navi Mumbai, Maharashtra - 400701  
[Debashis.Dutta@ril.com](mailto:Debashis.Dutta@ril.com)

**प्रबन्ध सम्पादक / Managing Editor**

- डॉ. आदर्श मंगल / **Dr. Adarsh Mangal**  
Dept. of Mathematics, Engineering College, Ajmer-305025  
[dradarshmangal@vigyanprakash.in](mailto:dradarshmangal@vigyanprakash.in)

**सहायक सम्पादक / Assistant Editors**

- डॉ. राहुल दीक्षित / **Dr. Rahul Dixit**  
Department of CSE, IIIT Pune  
[rahuldixit@iiitp.ac.in](mailto:rahuldixit@iiitp.ac.in)
- डॉ. कात्यायनी शर्मा / **Dr Katyayane Sharma**  
Joint programs in Medical Technologies, AIIMS Jodhpur & IIT Jodhpur  
[katyayaneesharma@gmail.com](mailto:katyayaneesharma@gmail.com)

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

UGC-CARE Listed Research Journal ISSN: 1549-523-X

विज्ञान प्रकाश : विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष: 21, अंक 4, अक्टूबर – दिसम्बर 2023  
VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology, Vol. 21, No. 4, October - December 2023  
([www.VigyanPrakash.in](http://www.VigyanPrakash.in))

विषय क्रम

• सलाहकार एवं सम्पादक मण्डल /Advisory & Editorial Board	Inner Cvr
• सम्पादकीय / Editorial – अनुपम शुक्ल	2
<b>शोध आलेख / ResearchArticles</b>	
• शुद्ध प्रशीतन प्रभाव प्राप्त करने के लिए गणितीय मॉडल के माध्यम से कार के एयर कंडीशनिंग प्रणाली की ऊष्मा भार की गणना / Heat load calculation of a car's air conditioning system through mathematical model to obtain the net refrigeration effect – सुधीर कुमार यादव एवं डॉ. योगेंद्र वी कुवार	3
• आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के 100 किलोवॉट-पीक छत के सौर ऊर्जा संयंत्र के बिजली प्रणाली का इष्टतमन / Power System Optimization of 100kW-peak Roof Top Solar Power Plant of RKDF University – डॉ. संजय जैन, डॉ. शिल्पा कलंबे एवं डॉ. वी. के. सेठी	25
• मशीन लर्निंग मॉडल द्वारा भ्रमिल ट्यूब सैंड ट्रैप की ट्रैपिंग दक्षता की भविष्यवाणी / The prediction of trapping efficiency of vortex tube sand trap by machine learning model – अखिलेश कुमार सिंह एवं नंद कुमार तिवारी	38
• प्रतिलोम यूलर फाई-फलन की अवधारणा / Concept on Inverse Euler Phi-function – सौभाग्य त्रिपाठी एवं अमित शर्मा	53
प्रतिक्रियाएं / Feedback	60
समीक्षक सूची / List of Reviewers	Back Inner Cvr
गोस्वामी तुलसीदास रचित 'श्रीरामरचितमानस' से	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

हिंदी भाषा ने वैश्विक स्तर पर एक विशिष्ट पहचान बनाई है। दुनिया भर के अनेक विश्वविद्यालय हिंदी भाषा की शिक्षण – प्रशिक्षण प्रक्रियाओं और तकनीकों पर महत्वपूर्ण कार्य कर रहे हैं। इसी शृंखला में सरदार वल्लभभाई राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, सूरत, गुजरात द्वारा “अभियांत्रिकी और विज्ञान में नव प्रवृत्तियों (Recent Trends in Engineering and Sciences)” के विषय पर हिंदी भाषा में 02-03 मई 2023 को एक अंतर्राष्ट्रीय अधिवेशन का आयोजन किया गया। अधिवेशन का मुख्य उद्देश्य दुनिया भर से विज्ञान और अभियांत्रिकी के क्षेत्र में कार्य करने वाले शोधकर्ताओं और वैज्ञानिकों को अपने शोध कार्य को प्रस्तुत करने और विचारों का आदान –प्रदान करने के लिए एक मंच उपलब्ध कराना था। इस अधिवेशन में विभिन्न क्षेत्रों से शोध पत्र प्राप्त हुए जिनका विवरण निम्न प्रकार है :-

कंप्यूटर और विद्युत अभियांत्रिकी के क्षेत्र में उन्नत कंप्यूटिंग आर्किटेक्चर, कम्प्यूटेशनल विधियों और एल्गोरिथ्म, मशीन लर्निंग, डेटा सुरक्षा, डेटा एनालिटिक्स, मानव – मशीन इंटरैक्शन एवं इंटरफेस, सॉफ्टवेर इंजीनियरिंग, क्लाउड कंप्यूटिंग, संचार नेटवर्क एवं सुरक्षा, एनालॉग एवं डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स, सिग्नल एवं सिस्टम, पॉवर इलेक्ट्रॉनिक्स और पॉवर सिस्टम आदि विषयों के लिए समर्पित है।

कैमिकल इंजीनियरिंग एवं पर्यावरण, व्यापक रूप से सतत एवं स्वच्छ प्रौद्योगिकियाँ, ऊर्जा भंडारण, प्रक्रिया गहनता, नैनो सामग्री के डिजाइन एवं अनुप्रयोग, झिल्ली, अवशोषक, प्रक्रिया अनुकूलन, हरित इंजीनियरिंग आदि विषयों के लिए केन्द्रित हैं। भौतिक विज्ञान मुख्य रूप से बीजगणित एवं इसके अनुप्रयोग, सन्निकटन सिद्धांत वास्तविक एवं जटिल विश्लेषण, माप सिद्धांत, सांख्यिकी, संचालन अनुसंधान, सॉफ्ट कंप्यूटिंग, मशीन लर्निंग, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, इमेज प्रोसेसिंग, संभावना, सांख्यिकी, सांख्यिकीय निष्कर्ष, डेटा विश्लेषण, विभेदक समीकरण, संख्यात्मक तरीके, गणितीय मॉडलिंग, कम्प्यूटेशनल द्रव गतिकी, जैव गणित, समाकल रूपांतरण, संक्षारण, अपशिष्ट-जल उपचार, कार्बनिक संश्लेषण, उत्प्रेरण, पॉलीमर रसायन विज्ञान, सर्फेक्टेंट्स, सोल्वेंट्स, सामग्री विज्ञान, सुपरमॉलिक्यूलर रसायन विज्ञान, बायोसेंसर, जैव ईंधन, उपरी वायुमंडलीय विज्ञान, भूकंप की भविष्यवाणी, जीपीएस प्रौद्योगिकी, उच्च ऊर्जा भौतिकी, हेड्रोन स्पेक्ट्रोस्कोपी, सेमीकंडक्टर, क्रिस्टल विकास, पतली फिल्म, फोटोवोल्टिक सामग्री, घनत्व कार्यात्मक सिद्धांत, परमाणु क्लस्टर एवं नैनोस्ट्रक्चर, नैनोबायोफिजिक्स, स्पंदित माइक्रोवेव उत्पन्न प्लाज्मा, प्लाज्मा डायग्नोस्टिक्स आदि विषयों के लिए केन्द्रित हैं।

मैकेनिकल एवं सिविल इंजीनियरिंग के विषय रोबोटिक्स, मेकैट्रॉनिक्स एवं मैक्युफैक्चरिंग ऑटोमेशन, सतत और हरित निर्माण, निर्माण में अनुकूलन तकनीक, स्मार्ट विनिर्माण, धातुकर्म, त्रि-सतह संपर्क यांत्रिकी, स्नेहक और हाइड्रोडायनामिक स्नेहन, ठोस यांत्रिकी एवं संरचना, विफलता विश्लेषण, द्रव यांत्रिकी एवं हाइड्रोलिक्स, ऊष्मा एवं द्रव्यमान स्थानान्तरण, संरचनात्मक यांत्रिकी एवं इंजीनियरिंग, संरचनात्मक डिजाइन एवं निर्माण प्रबंधन, निर्माण प्रौद्योगिकी एवं कार्यान्वयन, निर्माण सामग्री डिजाइन एवं इंजीनियरिंग, शहरी इंजीनियरिंग, राजमार्ग एवं परिवहन इंजीनियरिंग, पुल एवं सुरंग इंजीनियरिंग, तटीय, बंदरगाह एवं अपतटीय इंजीनियरिंग, भू-तकनीकी एवं भूकंप इंजीनियरिंग, पानी, अपशिष्ट –ऊर्जा एवं पर्यावरण अनुप्रयोगों के लिए इंजीनियरिंग, सिविल इंजीनियरिंग में स्वास्थ्य और सुरक्षा आदि हैं।

इस अधिवेशन में अत्याधुनिक अनुसंधान, नवीन विचारों और व्यावहारिक समाधानों के आदान –प्रदान के लिए शोधार्थियों को हिंदी भाषा में अपने शोध कार्य को प्रस्तुत करने के लिए एक मंच प्रदान किया गया। यह अधिवेशन प्रेरक प्रस्तुतियों का एक उत्कृष्ट समायोजन था। इस अधिवेशन में प्रस्तुत शोध पत्रों में से कुछ चयनित शोध पत्रों को विषय विशेषज्ञों के द्वारा गहन समीक्षा उपरान्त इस पत्रिका के अंक में प्रकाशित किया जा रहा है।

- अनुपम शुक्ल

शुद्ध प्रशीतन प्रभाव प्राप्त करने के लिए गणितीय मॉडल के माध्यम से कार के एयर कंडीशनिंग प्रणाली की ऊष्मा भार की गणना

## Heat load calculation of a car's air conditioning system through mathematical model to obtain the net refrigeration effect

सुधीर कुमार यादव<sup>1</sup> एवं डॉ. योगेंद्र वी कुवार<sup>2</sup>

Sudheer Kumar Yadav<sup>1</sup> and Dr. Yogendra V. Kuwar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> MED office, SVNIT, Surat, Gujrat, India, 395007

d22me003@med.svnit.ac.in , yvk@med.svnit.ac.in

### सारांश

किसी वाहन पर दूसरा सबसे बड़ा ऊर्जा खपत उपकरण एयर कंडीशनर होता है। इस शोध पत्र में, एयर कंडीशनर और ऊष्मा भार गणना में पुनः परिचालित हवा का उपयोग करने की ऊर्जा-बचत क्षमता का आकलन किया गया है। ऊष्मा संतुलन विधि (Heat Balance Method (HBM)) का उपयोग करके वाहन के इंटीरियर में अनुभव किए गए हीटिंग और कूलिंग भार का अनुमान लगाया जाता है। विभिन्न प्रकार के ऊष्मा भार, जैसे प्रत्यक्ष सौर विकिरण, फैलाव विकिरण, परावर्तित विकिरण, परिवेश भार, वेंटिलेशन भार, इंजन भार, निकास भार और चयापचय (Metabolism) भार एक वाहन के केबिन पर कुल ऊष्मा भार गणना में आते हैं। ऊष्मा हस्तांतरण घटना के गणितीय मॉडल का उपयोग करके विभिन्न ऊष्मा भार श्रेणियों की गणना की जाती है। भार का अनुमान लगाने के उद्देश्य से गणितीय भार गणना मॉडल विकसित किए जाते हैं और विभिन्न स्रोतों से एकत्र किए जाते हैं। वैश्विक सौर विकिरण के लिए हमें दिल्ली, मुंबई, चेन्नई, कोलकाता और बेंगलुरु जैसे विभिन्न शहरों के अक्षांश कोण, घंटे के कोण, गिरावट कोण और जेनिथ कोण की गणना करनी होती है। वर्तमान मॉडल, केबिन के लिए एक संकुचित-शरीर (लम्प-बॉडी) दृष्टिकोण का उपयोग करके वास्तविक समय में सिमुलेशन अवधि के दौरान तापीय भार (Thermal Load) की भविष्यवाणी करने में सक्षम है। इस लेख में हमने वैगन आर कार के लिए एयर कंडीशनिंग भार की गणना का अध्ययन किया है। सड़क से परावर्तित विकिरण से प्राप्त ऊष्मा और वाहन के धातु शरीर के माध्यम से विकिरण और संवहन द्वारा प्रेषित ऊष्मा की गणना करने के लिए ऊष्मा भार के गणितीय मॉडल के समीकरण को हल करने के लिए न्यूटन-रैप्सन विधि का उपयोग किया है।

### Abstract

The second-largest energy-consuming device on a vehicle is the air conditioner. In this research paper, the energy-saving potential of using recirculated air in the air conditioner and heat load calculations are assessed. The heating and cooling loads experienced in a vehicle interior are estimated using the Heat Balance Method (HBM). Different types of heat loads, such as direct solar radiation, diffuse radiation, reflected radiation, ambient load, ventilation load, engine load, exhaust load and metabolic load come into play in the total heat load calculation on the cabin of a vehicle. Calculations of the various heat load categories are done by using mathematical models of heat transfer phenomena. For the purpose of estimating load, mathematical load computation models are developed and gathered from diverse sources. For global solar radiation, we have to calculate

the latitude angle, hour angle, declination angle ( $\delta$ ) and zenith angle of different cities such as Delhi, Mumbai, Chennai, Kolkata and Bengaluru. The current model is able to predict the thermal loads during the simulation period in real-time using a lumped-body approach for the cabin. In this article we have done a case study of calculating air conditioning load for a Wagon R car. We have used the Newton-Raphson method to solve the equation of mathematical models of heat load to compute the heat received from reflected radiation from the road and the heat transmitted by radiation and convection through the vehicle's metal body.

**मुख्य शब्द:** कार एयर कंडीशनिंग, ऊष्मा भार, गणितीय मॉडलिंग, ऊष्मा संतुलन विधि, सौर विकिरण, कार केबिन।

**Keywords:** Car air conditioning, Heat load, Mathematical modelling, Heat balance method, Solar radiation, Car cabin.

#### परिचय

ऊष्मा भार की गणना एक कार एयर कंडीशनिंग सिस्टम (सीएसीएस) के तापीय डिजाइन का एक महत्वपूर्ण घटक है। संघनित्र (Condenser), संपीड़क (Compressor) और वाष्पीकरण कुण्डली (कूलिंग कॉइल) जैसे एयर कंडीशनिंग घटकों के डिजाइन के लिए, प्रशीतन प्रभाव और वाष्पीकरण कुण्डली की शीतलन क्षमता की पर्याप्त समझ होना आवश्यक है [1]। निकाय का प्रदर्शन, लागत और रखरखाव ऊष्मा भार अनुमान से सीधे प्रभावित होते हैं। इसलिए, एयर कंडीशनिंग निकाय को डिजाइन करते समय आरामदायक परिस्थितियों में अनुभव किए गए ऊष्मा भार को ध्यान में रखा जाना चाहिए [2]। प्रदर्शन गुणांक (सीओपी) को प्रशीतन प्रभाव और संपीड़क शक्ति के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है [1]। कार एयर कंडीशनिंग निकाय के लिए कुल ऊष्मा भार का अनुमान लगाते समय विभिन्न व्यक्तिगत

ऊष्मा भार घटकों पर विचार किया जाता है [3]।

फ़ैयाजबकश एवं अन्य [2] ने एक व्यापक ऊष्मा संतुलन मॉडल पेश किया जो केबिन ज्यामिति, भौतिक विशेषताओं और केबिन के लिए एक संकुचित-शरीर (Lumped-body) पद्धति को नियोजित करता है, जिससे सिमुलेशन अवधि के दौरान तापीय भार के वास्तविक समय का अनुमान लगाया जा सकता है। यह मॉडल कंप्यूटर कोड का उपयोग करके निष्पादित किया जाता है, जिसमें विभिन्न ड्राइविंग स्थितियों को समायोजित किया जाता है। विभिन्न ड्राइविंग परिदृश्यों में सिमुलेशन परिणाम इस बात पर प्रकाश डालते हैं कि प्रतिबिंबित विकिरण और इंजन निकास सहित विशिष्ट भार श्रेणियां अक्सर असंगत होती हैं, जबकि परिवेश या वेंटिलेशन भार जैसे अन्य केबिन तापमान में उतार-चढ़ाव पर उल्लेखनीय प्रभाव डाल सकते हैं।

बार्नवे एवं अन्य [4] ने आवासीय भार की गणना के लिए नई प्रक्रियाओं की एक जोड़ी पेश की, आवासीय ऊष्मा संतुलन (आरएचबी) एक जटिल ऊष्मा संतुलन तकनीक है जिसमें कंप्यूटर कार्यान्वयन की आवश्यकता है और आवासीय भार कारक (आरएलएफ), एक सरलीकृत दृष्टिकोण है जिसकी मैनुअल रूप से गणना की जा सकती है, और स्प्रेडशीट उपयोग के लिए उपयुक्त है। आरएचबी के विकास के दौरान प्राप्त अंतर्दृष्टि एयर-कूलड आवासीय स्थानों में संवहनी ऊष्मा हस्तांतरण, शीतलन के मौसम के दौरान जमीन की ऊष्मा हस्तांतरण, स्पष्ट आकाश सौर विकिरण और आंतरिक छायांकन से संबंधित मॉडलों में वृद्धि को प्राथमिकता देने की आवश्यकता को रेखांकित करती है। इसके अलावा, आवासीय अधिभोग पैटर्न, उपकरण के उपयोग और आंतरिक छायांकन के संचालन में आगे की जांच की आवश्यकता है।

लेस्ली-एनी हुडी [5] के निष्कर्षों के अनुसार चयापचय (Metabolism) दर यांत्रिक और तापीय ऊर्जा दोनों में रासायनिक ऊर्जा के परिवर्तन का



प्रतिनिधित्व करती है। यह दर मांसपेशियों के परिश्रम और गतिविधि के स्तर से संबंधित ऊर्जा व्यय के मात्रात्मक संकेतक के रूप में कार्य करती है। उनके शोध से पता चलता है कि गर्म जलवायु की विशेषता वाले क्षेत्रों में, शारीरिक परिश्रम से जुड़ा ऊंचा चयापचय (Metabolism) ऊष्मा उत्पादन तनाव को बढ़ा सकता है, मुख्य रूप से पसीने के वाष्पीकरण की प्रक्रिया के माध्यम से पर्याप्त ऊष्मा के अपव्यय की आवश्यकता होती है। इसके अतिरिक्त, यह उल्लेखनीय है कि समान कामकाजी परिस्थितियों में और एक ही कार्यभार के लिए चयापचय (Metabolism) दर में व्यक्तिगत बदलाव 5% तक हो सकते हैं।

जेंग एवं अन्य [7] ने वाहन डिब्बे की ज्यामितीय विशेषताओं के आधार पर वाहन की ऊष्मा की गणना के लिए एक सीधा दृष्टिकोण तैयार किया। यह दृष्टिकोण ग्लेजिंग सतहों (छायांकन सहित), विंडशील्ड और छत कोण और वाहन के अभिविन्यास जैसे कारकों को ध्यान में रखता है। विशेष रूप से, यह विधि प्रत्यक्ष और विसरित आपतित सौर विकिरण की गणना पर विशेष जोर देती है। उनके शोध के परिणाम बताते हैं कि बाहरी हवा मोड में अनुभव किए गए शीतलन भार पुनः परिसंचरण मोड में देखे गए भार से अधिक होते हैं, जो मुख्य रूप से केबिन में ताजी हवा के प्रवाह के कारण होता है।

टेल्बी एवं अन्य [8] ने उच्च परिवेशीय तापमान, विशेष रूप से 35°C पर संचालित होते हुए, एक टर्बोचार्ज्ड डीजल इंजन के साथ एक अवशोषण प्रशीतन इकाई की चार विशिष्ट विन्यासों के सैद्धांतिक प्रदर्शन का अध्ययन किया। इन विन्यासों का सिमुलेशन 'स्प्राइस' का उपयोग करके आयोजित किया गया था, जो इंजन प्रदर्शन से संबंधित भविष्यवाणियां करने के लिए बड़े पैमाने पर नियोजित एक व्यापक रूप से मान्यता प्राप्त सिमुलेशन कार्यक्रम है। उनके अध्ययन के परिणामों ने कई प्रमुख निष्कर्षों का खुलासा किया। सबसे पहले, यह देखा गया कि सिस्टम में प्रवेश करने वाले इनलेट तापमान को कम करने से

द्रव्यमान प्रवाह दर में वृद्धि हुई। इसके अतिरिक्त, निकास गैस तापमान और ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत (बीएसएफसी) दोनों ने गिरावट का प्रदर्शन किया क्योंकि चार्ज एयर-कूलिंग में वृद्धि हुई। विशेष रूप से, अध्ययन में जोर दिया गया है कि ऐसे मामलों में जहां एयर कंडीशनिंग की मांग शाफ्ट पावर की आवश्यकता से अधिक है, चार्ज एयर-कूलिंग के न्यूनतम स्तर को लागू करना अनिवार्य हो जाता है। यह उपाय सुनिश्चित करता है कि इंजन पर तापीय भार स्वीकार्य सीमा के भीतर रहता है।

खय्याम एवं अन्य [9] ने एक ऊर्जा प्रबंधन प्रणाली तैयार की, जिसका प्राथमिक उद्देश्य वाहन की ऊर्जा खपत को रोकना था, जबकि इसकी एयर कंडीशनिंग प्रणाली सक्रिय है। यह प्रणाली हवा के द्रव्यमान प्रवाह दर के गतिशील नियंत्रण के माध्यम से अपने लक्ष्य को प्राप्त करती है, जिससे यह विभिन्न गर्मी और भार स्थितियों के जवाब में ब्लोअर गति और एयर-गेट ओपनिंग दोनों को समायोजित करती है। व्यावहारिक रूप से, एक चलते वाहन के लिए सिमुलेशन आयोजित किए गए थे, जिसमें एयर कंडीशनिंग सिस्टम लगा हुआ था। इन सिमुलेशन के परिणामों ने रेखांकित किया कि सिस्टम प्रभावी रूप से समग्र ऊर्जा खपत को कम करते हुए वांछित केबिन आराम तापमान की प्राप्ति को सक्षम बनाता है।

डिंग एवं अन्य [14] ने एक प्रथम-क्रम अंतर समीकरण प्रस्तावित किया जो निर्वहन पैनल तापमान, केबिन ऊष्मा हस्तांतरण गुणांक, निर्वहन वॉल्यूमेट्रिक वायु प्रवाह और औसत आंतरिक तापमान के बीच एक संबंध स्थापित करता है। इस समीकरण को हल करना मोटर वाहन एयर कंडीशनिंग डिजाइन और परीक्षण प्रक्रियाओं के दायरे में एक समग्र अंतर्दृष्टि प्रदान करता है। इसके अलावा, इस समाधान को इसके अस्थायी रूप में तैनात करना मानक कूल-डाउन या निष्क्रिय परीक्षणों के दौरान समय के साथ आंतरिक तापमान भिन्नताओं के बीच एक महत्वपूर्ण संबंध स्थापित करने का कार्य

करता है। यह विश्लेषणात्मक दृष्टिकोण मोटर वाहन जलवायु नियंत्रण प्रणालियों के गतिशील पहलुओं को समझने में महत्वपूर्ण योगदान देता है।

वन्हुआ एवं अन्य [16] ने मेट्रो या रेलगाड़ी के डिब्बे की सीमाओं के भीतर शीतलन भार में उतार-चढ़ाव को समझने के उद्देश्य से एक संख्यात्मक अन्वेषण किया। इस जांच ने परिवेश की स्थिति, केबिन के इंटीरियर की स्थितियों, कार की गति, ताजी हवा की मात्रा, सौर समय और यात्रियों की संख्या सहित कई महत्वपूर्ण निवेशी मापदंडों को ध्यान में रखा, जो एक व्यापक संख्यात्मक सिमुलेशन और विश्लेषण करने में सहायक थे। इस अध्ययन के निष्कर्ष कई प्रमुख टिप्पणियों पर प्रकाश डालते हैं। विशेष रूप से, यह देखा गया कि सौर समय और यात्री गिनती एक प्रभाव डालती है जो ऊष्मा भार को बढ़ाती है, जिसके परिणामस्वरूप कमरे का तापमान और चूषण दबाव बढ़ जाता है। इसके विपरीत, वाहन की गति को बढ़ाने से एयर कंडीशनिंग निकाय द्वारा अनुभव किए गए ऊष्मा भार में कमी आई थी, जो ऐसे परिवहन वातावरण में तापीय आराम को प्रभावित करने वाले कारकों में मूल्यवान अंतर्दृष्टि प्रदान करता है।

होरेल एवं अन्य [17] ने स्थिर वाहनों में केबिन के तापमान में वृद्धि का अनुमान लगाने के लिए एक गतिशील मॉडल तैयार किया। यह मॉडल अपनी भविष्यवाणियों के लिए वैश्विक विकिरण, हवा के तापमान और हवा के वेग जैसे मौसम संबंधी मापदंडों का लाभ उठाता है। ऐसी स्थितियों में जहां एक बंद पार्क वाहन एक संक्षिप्त अवधि के लिए प्रत्यक्ष सौर विकिरण के तहत, आमतौर पर लगभग 60 मिनट के लिए, केबिन के भीतर परिणामी तापीय स्थितियों में लावारिस बच्चों और पालतू जानवरों के लिए जीवन के लिए खतरा पैदा कर सकती हैं, जिससे घातक हीट स्ट्रोक की संभावना बढ़ जाती है।

सोउलिओस एवं अन्य [18] ने वाहन केबिन के भीतर अनुभव किए गए सोख तापमान पर ओवरहीटिंग को कम करने के उपायों के प्रभाव पर ध्यान केंद्रित

करते हुए एक विश्लेषण किया, जैसे कि वर्णक्रमीय सौर-प्रतिबिंबित अपारदर्शी सतहें, चयनात्मक ग्लेजिंग और विंडशील्ड पर छायांकन। अध्ययन के परिणामों से पता चला है कि गर्म जलवायु में वाहनों पर अपारदर्शी सतहों के सौर और तापीय अवशोषण कम होने पर केबिन हवा के तापमान में कमी देखी जाती है। विशेष रूप से, अध्ययन में पाया गया कि आंतरिक छायांकन उपायों को लागू करने की तुलना में बाहरी छायांकन को नियोजित करने से केबिन हवा के तापमान में अधिक कमी आती है।

वशिष्ठ एवं अन्य [19] ने विविध ऑटोमोबाइल एसी सिस्टम की एक व्यापक परीक्षा आयोजित की, उन्हें तीन प्रकारों में वर्गीकृत किया: सक्रिय, निष्क्रिय और हाइब्रिड एसी सिस्टम। इस अध्ययन में वाहन के कुल प्रदर्शन और इन प्रणालियों के बीच संवाद को गहराई से जांचा गया। विशेष रूप से, अनुसंधान ने हाइब्रिड एसी सिस्टम के अनुप्रयोगों का पता लगाया, ऊर्जा दक्षता और ईंधन की खपत में उल्लेखनीय वृद्धि पर जोर दिया। शोध के परिणामों ने सक्रिय वीसीआर प्रणाली के भीतर महत्वपूर्ण संशोधनों को रेखांकित किया। इसके विपरीत, निष्क्रिय एसी प्रणाली को इसके कम प्रदर्शन गुणांक (सीओपी) और एक ओवरसाइज्ड डिजाइन के मुद्दे के कारण चुनौतियों का सामना करना पड़ा, जिससे ऑटोमोटिव एयर कंडीशनिंग (एएसी) संदर्भ में इसकी प्रयोज्यता सीमित हो गई। हालांकि, यह पाया गया कि निष्क्रिय एसी प्रणाली ने अपनी पर्यावरण-मित्रता के कारण कम ऊर्जा खपत और सकारात्मक पर्यावरणीय प्रभाव का प्रदर्शन किया। विशेष रूप से, इलेक्ट्रिक वाहनों (ईवी) के लिए डिजाइन किए गए हाइब्रिड एसी सिस्टम ने आंतरिक दहन इंजन (आईसीई) वाहनों की तुलना में उच्च ऊर्जा दक्षता और बेहतर पर्यावरणीय स्थिरता का प्रदर्शन किया।

वु एवं अन्य [20] ने प्रतिक्रिया कारक विधि का उपयोग करके एक गतिशील तापीय भार मॉडल पेश किया और तापीय भार कम्प्यूटेशंस पर

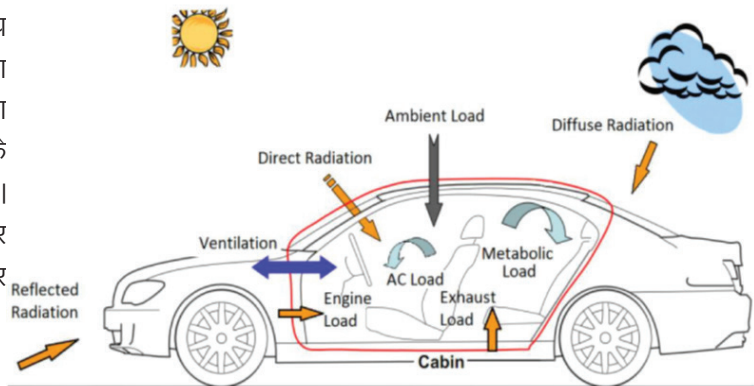


थर्मो-फिजिकल मापदंडों के प्रभाव की जांच की। उल्लेखनीय रूप से, गणना का समय 50 सेकंड के समय चरण को नियोजित करते हुए केवल 0.95 सेकंड तक कम हो गया था, जबकि सिमुलेशन और प्रयोगात्मक आंतरिक तापमान के बीच त्रुटि को 5% की स्वीकार्य सीमा के भीतर बनाए रखा गया था। अध्ययन के निष्कर्षों ने कई महत्वपूर्ण टिप्पणियों पर प्रकाश डाला। सबसे पहले, लिफाफे की मोटाई में वृद्धि, तापीय चालकता को कम करना और विशिष्ट ऊष्मा को कम करने के परिणामस्वरूप पैनल के आंतरिक तापमान के चरम मूल्य में क्रमशः 3.10 डिग्री सेल्सियस, 2.58 डिग्री सेल्सियस और 0.31 डिग्री सेल्सियस की कमी आई। इसके अतिरिक्त, यह स्थापित किया गया था कि सौर तापीय भार सौर ऊंचाई में वृद्धि के साथ बढ़ता है, खासकर कर्क रेखा के करीब के क्षेत्रों में। अंत में, दिन के उजाले के घंटों के दौरान, निष्क्रिय शीतलन तकनीक के कार्यान्वयन के साथ मिलकर वाहन वेग में वृद्धि, आंतरिक तापमान में गिरावट की ओर ले जाती है, जो तापीय आराम को बढ़ाने में इन उपायों की प्रभावशीलता को रेखांकित करती है।

एक साहित्य सर्वेक्षण के आधार पर, यह निर्धारित किया गया है कि कोई मौजूदा गणितीय समीकरण नहीं है जो वाहन की ज्यामिति और भौतिक गुणों के लिए लेखांकन करते समय कार केबिन के अंदर सभी प्रकार के ऊष्मा भार पर व्यापक रूप से विचार करता हो। इसलिए, यह शोध पत्र एक गणितीय समीकरण प्राप्त करने पर केंद्रित है जो कार केबिन के अंदर आवश्यक प्रशीतन प्रभाव प्रदान करता है। यह समीकरण विभिन्न ऊष्मा लाभों को ध्यान में रखता है, जिसमें सौर विकिरण (फैलाव और प्रत्यक्ष दोनों), केबिन के अंदर यात्रियों द्वारा उत्पन्न चयापचय ऊष्मा, आसपास के वातावरण से वाहन तक संवहनी ऊष्मा हस्तांतरण, इंजन से ऊष्मा रिसाव, सड़क की सतह से परावर्तित विकिरण, वेंटिलेशन भार और बहुत कुछ शामिल हैं। उपरोक्त सभी उल्लेखों को जोड़कर ऊष्मा लाभ कुल ऊष्मा भार है जो कार केबिन के अंदर कार्य कर रहे हैं। वर्तमान अवलोकन में, बेंगलुरु के साथ-साथ भारत के अन्य प्रमुख शहरों में गर्मियों के समय की स्थिति के लिए पांच-सीटर कार द्वारा प्राप्त विशेष ऊष्मा को निर्धारित करने के लिए गणना की गई है।

### कार केबिन में ऊष्मा भार का प्रकार (Type of heat load in car cabin)

ऊष्मा भार के नौ अलग-अलग रूप केबिन के शुद्ध ऊष्मा लाभ की गणना को प्रभावित करते हैं। विभिन्न कारकों के आधार पर, कुल ऊष्मा भार को या तो सकारात्मक माना जा सकता है, जो केबिन हीटिंग को दर्शाता है, या नकारात्मक, जो केबिन शीतलन का संकेत देता है। समग्र मॉडल को मान्य करने के लिए, शामिल सहसंबंध विशेष रूप से व्यक्तिगत वाहन मॉडल के लिए किए गए शोध पर निर्भर हैं। एक बार किसी विशेष परिदृश्य के लिए नए सहसंबंध स्थापित हो जाने के बाद, उन्हें मौजूदा मॉडल में तुरंत एकीकृत किया जा सकता है और प्रत्येक नए वाहन के लिए अनुकूलित किया जा सकता है। नीचे दिया गया चित्र 1 आमतौर पर सामना किए जाने वाले तापीय भार की प्राथमिक श्रेणियों को दर्शाता है।



चित्र 1 एक वाहन केबिन में तापीय भार । [2, 3]

पूर्ववर्ती आरेख में चित्रित ऊष्मा भार केबिन ऊष्मा भार में तात्कालिक वृद्धि में योगदान करते हैं। ऊष्मा भार की गणना के लिए गणितीय सूत्रीकरण निम्नानुसार है: [2,3]

$$\dot{Q}_{Total} = \dot{Q}_{Met} + \dot{Q}_{Amb} + \dot{Q}_{exh} + \dot{Q}_{eng} + \dot{Q}_{Ven} + \dot{Q}_{AC} + \dot{Q}_{Dir} + \dot{Q}_{Dif} + \dot{Q}_{Ref}$$

$$\text{कुल सौर विकिरण } (\dot{Q}_{TSR}) = \dot{Q}_{Dir} + \dot{Q}_{Dif} + \dot{Q}_{Ref}$$

$$\dot{Q}_{Total} = \dot{Q}_{Met} + \dot{Q}_{Amb} + \dot{Q}_{exh} + \dot{Q}_{eng} + \dot{Q}_{Ven} + \dot{Q}_{AC} + \dot{Q}_{TSR}$$

$$\dot{Q}_{Total} = \text{शुद्ध प्रशीतन प्रभाव } \dot{Q}_{NRE}$$

$$\text{शुद्ध प्रशीतन प्रभाव } \dot{Q}_{NRE} = \dot{Q}_{Met} + \dot{Q}_{Amb} + \dot{Q}_{exh} + \dot{Q}_{eng} + \dot{Q}_{Ven} + \dot{Q}_{AC} + \dot{Q}_{TSR} \quad (1)$$

जहां:

$\dot{Q}$  : तापीय भार प्रति यूनिट समय

$\dot{Q}_{Total}$  : केबिन में कुल ऊष्मा भार

$\dot{Q}_{Met}$  : चयापचय के कारण ऊष्मा भार

$\dot{Q}_{(Dir.)}$  : सौर का प्रत्यक्ष ऊष्मा विकिरण

$\dot{Q}_{Dif}$  : सौर का प्रत्यक्ष ऊष्मा विकिरण

$\dot{Q}_{Ref}$  : सौर की परावर्तित ऊष्मा विकिरण

$\dot{Q}_{Amb}$  : परिवेश के कारण ऊष्मा भार

$\dot{Q}_{exh}$  : निकास के कारण ऊष्मा भार

$\dot{Q}_{eng}$  : इंजन के कारण ऊष्मा भार

$\dot{Q}_{Ven}$  : वेंटिलेशन के कारण ऊष्मा भार

$\dot{Q}_{AC}$  : एसी चक्र के कारण उत्पन्न तापीय भार

कुल सौर ताप विकिरण प्रत्यक्ष, फैलाव और परावर्तित सौर विकिरण को सारांशित करके प्राप्त किया जाता है। निम्नलिखित समीकरण दर्शाता है कि भार घटकों को प्रत्येक समय चरण में बीजगणितीय रूप से कैसे जोड़ा जाता है, जिसके परिणामस्वरूप केबिन हवा के तापमान और सतह के तापमान का निर्धारण होता है। [2]

$$\Delta T_i = \frac{\dot{Q}_{Total}}{M_a C_a + DTM} \Delta t \quad (2)$$

$$\Delta T_s = \frac{\dot{Q}_s}{M_s C_s} \Delta t$$

$$\dot{Q}_s = \dot{Q}_{s,Rad} + \dot{Q}_{s,Amb}$$

जहां:

$T_i$  : वर्तमान समय चरण में केबिन के अंदर तापमान  $T_s$  : वर्तमान समय चरण में सतह तत्व का तापमान

$DTM$  : सभी गहरे तापीय द्रव्यमानों का योग  $\dot{Q}_s$  : सतह द्वारा शुद्ध ऊष्मा लाभ

$\dot{Q}_{s,Rad}$  : विकिरण द्वारा ऊष्मा का लाभ  $\dot{Q}_{s,Amb}$  : परिवेश से ऊष्मा का लाभ

$t$  : समय चरण  $m_a$  : केबिन वायु द्रव्यमान  $C_a$  : वायु विशिष्ट ऊष्मा

$c_s$  और  $m_s$  सतह तत्व की विशिष्ट ऊष्मा और द्रव्यमान हैं।

### चयापचयी भार (Metabolic Load)

मानव शरीर चयापचय प्रक्रियाओं के परिणामस्वरूप लगातार ऊष्मा और आर्द्रता उत्पन्न करता है [5]। यह ऊष्मा धीरे-धीरे शारीरिक ऊतकों से निकलती है और केबिन की हवा में प्रवेश करती है। चयापचय भार ऊष्मा लाभ की मात्रा को संदर्भित करता है जो केबिन हवा अनुभव करती है। चयापचय ऊष्मा भार की गणना निम्नानुसार की जा सकती है:

$$\dot{Q}_{Met} = \sum MA_{Du} \quad (3)$$

यहां, M प्रति यात्री चयापचय ऊष्मा उत्पादन की दर का प्रतिनिधित्व करता है। यह मान विभिन्न कारकों, जैसे व्यवसाय और गतिविधि के स्तर के आधार पर निर्धारित किया जाता है, और आईएसओ 8996 [6] में प्रदान किए गए सारणीबद्ध मूल्यों से प्राप्त किया जाता है। उदाहरण के लिए, मानों की गणना आमतौर पर ड्राइवर के लिए  $85.0 \text{ W/m}^2$  और बैठे यात्री के लिए  $55.0 \text{ W/m}^2$  के रूप में की जाती है। डबोइस क्षेत्र, जिसे  $A_{Du}$  [6] के रूप में निरूपित किया गया है, शरीर की सतह क्षेत्र का एक अनुमान है, जो किसी व्यक्ति की ऊंचाई और वजन के आधार पर निर्धारित किया जाता है।

$$A_{Du} = 0.202 W^{0.425} H^{0.725} \quad (4)$$

जहां H और W क्रमशः यात्री ऊंचाई और वजन दिखाते हैं।

### परिवेश भार (Ambient Load)

परिवेश भार तापीय भार का प्रतिनिधित्व करता है जहां तापमान अंतर के कारण ऊष्मा आसपास के वातावरण से केबिन में स्थानांतरित होती है। इस ऊष्मा हस्तांतरण में शरीर के पैन्लों पर चालन, बाहरी संवहन और आंतरिक संवहन शामिल हैं, जो सभी केबिन और आसपास के वातावरण के बीच समग्र गर्मी हस्तांतरण में योगदान करते हैं। परिवेश भार मॉडल का सामान्य रूप निम्नलिखित समीकरण में प्रस्तुत किया गया है:

$$\dot{Q}_{Amb} = \sum_{Surface} UA_s (T_o - T_i) \quad (5)$$

समीकरण में, "U" ऊष्मा हस्तांतरण के समग्र गुणांक का प्रतिनिधित्व करता है, जबकि " $T_o$ " और " $T_i$ " क्रमशः औसत परिवेश तापमान और औसत केबिन तापमान को दर्शाता है। "U" मान में संवहन, सतह चालन और बाहरी संवहन शामिल हैं [7], और इसे निम्नानुसार व्यक्त किया जा सकता है [7]:

$$U = \frac{1}{R}$$

जहां: (6)

$$R = \frac{1}{h_o} + \frac{\lambda}{K} + \frac{1}{h_i}$$

पर्यावरण से सतह पर एकत्र की गई ऊष्मा और केबिन में विकिरण की ऊष्मा के बीच का अंतर प्रत्येक सतह घटक के लिए ऊष्मा लाभ या हानि को परिभाषित करता है। नतीजतन, शुद्ध अवशोषित ऊष्मा को निम्नानुसार वर्णित किया जा सकता है। [2]

$$\dot{Q}_{Amb} = UA_s (T_o - T_s) - UA_s (T_s - T_o) = UA_s (T_o - 2T_s + T_i) \quad (7)$$

जहां  $T_o$ ,  $T_i$  और  $T_s$  क्रमशः बाहर, केबिन और सतह के औसत तापमान को व्यक्त करते हैं।

### निकास भार (Exhaust Load)

आंतरिक दहन इंजन (ICE) पारंपरिक और हाइब्रिड इलेक्ट्रिक वाहनों दोनों में पाए जा सकते हैं, और वे निकास गैसों को उत्पन्न करते हैं। ये निकास गैसों 1000 डिग्री सेल्सियस (निकास गैस तापमान या EGT) तक के तापमान तक पहुंच सकती हैं। निकास गैसों के उच्च तापमान के कारण, कुछ ऊष्मा केबिन से केबिन फर्श तक स्थानांतरित हो सकती है [9]। निकास ऊष्मा भार निम्नानुसार व्यक्त किया जाता है:

$$\dot{Q}_{\text{exh}} = UA_{\text{exh}}(T_{\text{exh}} - T_i) \quad (8)$$

जहां: U सतह घटक और निकास पाइप के संपर्क के बीच ऊष्मा हस्तांतरण का समग्र गुणांक है, जिसकी गणना समीकरण (6) से की जाती है।

$$T_{\text{exh}} = 0.1380 \text{ rpm} \quad (9)$$

जहां आरपीएम (rpm) इंजन शाफ्ट की कोणीय गति है।

### इंजन भार (Engine Load)

निकास भार के अलावा, पारंपरिक और हाइब्रिड दोनों वाहनों में उच्च तापमान इंजन भी केबिन में तापीय लाभ में योगदान कर सकता है। समीकरण (10) इंजन तापीय भार की गणना के लिए प्रक्रिया को रेखांकित करता है।

$$\dot{Q}_{\text{eng}} = UA_{\text{eng}}(T_{\text{eng}} - T_i) \quad (10)$$

जहां:

U : ऊष्मा हस्तांतरण का समग्र गुणांक,

$T_{\text{eng}}$  : इंजन का औसत तापमान

हम निम्नलिखित सूत्र का उपयोग करके इंजन के औसत तापमान की गणना कर सकते हैं। [2, 9]

$$T_{\text{eng}} = -2 \times 10^{-6} \text{ rpm}^2 + 0.0355 \text{ rpm} + 77.5 \quad (11)$$

### वेंटिलेशन भार (Ventilation Load)

केबिन की हवा में कार्बन डाइऑक्साइड ( $\text{CO}_2$ ) की मात्रा धीरे-धीरे बढ़ती है क्योंकि यात्री सांस लेते हैं। इसलिए, यात्रियों के आराम को सुनिश्चित करने के लिए, केबिन में ताजी हवा की न्यूनतम प्रवाह दर पेश की जानी चाहिए। एक पारंपरिक वाहन में विभिन्न यात्री गणनाओं के लिए न्यूनतम ताजा हवा की आवश्यकताओं को आर्नड्ट और सॉयर द्वारा प्रलेखित किया गया है [10]। उदाहरण के लिए, एक यात्री को न्यूनतम 13.0% ताजी हवा की आवश्यकता होती है। फ्लेचर और सॉन्डर्स द्वारा विभिन्न वाहन प्रकारों से हवा का रिसाव दर्ज किया गया है [11]। केबिन और पर्यावरण के बीच दबाव अंतर के साथ-साथ वाहन की गति के कारण सामान्य वाहनों में इस तरह का रिसाव होता है। 0.01 kPa के दबाव अंतर पर एक विशिष्ट कार के लिए 1.2 m<sup>3</sup>/min की रिसाव दर देखी गई है [11]। वेंटिलेशन और एयर कंडीशनिंग के मामलों में, केबिन दबाव आमतौर पर आसपास की हवा से थोड़ा अधिक होता है। इसलिए, वेंटिलेशन भार को रिसाव वायु प्रवाह दर को ध्यान में रखना चाहिए। इसके विपरीत, यह माना जाता है कि स्थिर-स्थिति संचालन के दौरान निर्मित दबाव स्थिर रहता है। यह भी माना जाता है कि केबिन में प्रवेश करने वाली परिवेशी वायु का तापमान और आर्द्रता तब तक केबिन के तापमान और आर्द्रता से मेल खाते हैं जब तक यह बाहर नहीं निकलती। वेंटिलेशन

ऊष्मा लाभ में संवेदनशील और गुप्त दोनों ऊष्मा भार शामिल हैं [12]। तापीय ऊष्मा लाभ की मात्रा की गणना केबिन में प्रवेश करने वाली ज्ञात ताजी हवा प्रवाह दर के आधार पर की जा सकती है |

$$\dot{Q}_{Ven} = m_{ven} (e_0 - e_i) \quad (12)$$

जहां:

$m_{ven}$  : वेंटिलेशन की द्रव्यमान प्रवाह दर है।  $e_0$  व  $e_i$  : परिवेश और केबिन विशिष्ट तापीय धारिता (एंथेल्पी) है।

शुष्क हवा के प्रति किलोग्राम विशिष्ट एन्थेल्पियों की गणना इस प्रकार की जा सकती है:

$$e = 1006 * T + (2500 \times 10^3 + 1880 * T) X \quad (13)$$

जहां:

T हवा का तापमान °C में है और X शुष्क हवा के प्रति ग्राम वाष्प के ग्राम में आर्द्रता अनुपात है।

आर्द्रता अनुपात की गणना सापेक्ष आर्द्रता के कार्य के रूप में की जाती है।

$$X = 0.62198 \frac{\phi P_s}{P - \phi P_s} \quad (14)$$

जहां  $\phi$  सापेक्ष आर्द्रता, P वायुमंडलीय दबाव और  $P_s$  तापमान T पर जल वाष्प का संतृप्ति दबाव है ।

### एसी भार (AC Load)

वांछित आराम सीमा के भीतर केबिन तापमान बनाए रखने के लिए, एयर कंडीशनिंग सिस्टम को अतिरिक्त तापीय भार की भरपाई करनी चाहिए। ठंड के मौसम में, केबिन को सकारात्मक एसी भार (हीटिंग) की आवश्यकता होती है, जबकि गर्म मौसम में, स्वीकार्य तापमान बनाए रखने के लिए एक नकारात्मक एसी भार (कूलिंग) आवश्यक है [13]। एसी सिस्टम द्वारा उत्पन्न विशिष्ट भार इसके मापदंडों और परिचालन स्थितियों पर निर्भर करता है। इस अध्ययन में, यह माना जाता है कि एक एसी प्रणाली या ऊष्मा पंप चक्र तापीय भार प्रदान करता है, जिसकी गणना निम्नानुसार की जाती है:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{AC} &= -[\dot{Q}_{Met} + \dot{Q}_{Dir} + \dot{Q}_{Dif} + \dot{Q}_{Ref} + \dot{Q}_{Amb} + \dot{Q}_{exh} + \dot{Q}_{eng} + \dot{Q}_{Ven}] \\ \dot{Q}_{AC} &= - \frac{(m_a c_a + DTM) (T_i - T_{comf})}{t_c} \end{aligned} \quad (15)$$

समीकरण (15) में,  $T_{comf}$  वांछित आराम स्तर के तापमान का प्रतिनिधित्व करता है। कुल पुल-डाउन समय को पुल-डाउन समय स्थिरांक " $t_c$ " द्वारा परिकलित किया जाता है। पुल-डाउन समय केबिन के तापमान को एक आरामदायक स्तर तक पहुंचने के लिए एक केल्विन से कम करने के लिए आवश्यक अवधि है। एयर कंडीशनिंग भार के लिए समीकरण (16) का उपयोग करके पुल-डाउन स्थिरांक निम्नानुसार निर्धारित किया जा सकता है:

$$t_c = \frac{tp}{\ln|T_i - T_{comf}|} \quad (16)$$

समीकरण (16) में,  $T_i$  प्रारंभिक केबिन तापमान का प्रतिनिधित्व करता है। यह ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि वास्तविक एसी भार सिस्टम साइजिंग और डिजाइन से प्रभावित होता है। एक विशिष्ट प्रणाली के लिए भार, पंखे और कंप्रेसर गति के आधार पर भिन्न हो सकता है। चक्र की वास्तविक बिजली खपत का मूल्यांकन करने के लिए, वाष्प संपीड़न चक्र के लिए प्रदर्शन के उचित गुणांक (COP) पर विचार करना आवश्यक है।

### सौर वैश्विक विकिरण भार (Solar global radiation load)

वाहनों द्वारा अनुभव किए जाने वाले शीतलन भार विशेष रूप से सौर विकिरण से उत्पन्न ऊष्मा लाभ से प्रभावित होते हैं। हैण्डबुक [13] के अनुसार, सौर विकिरण ऊष्मा भार को प्रत्यक्ष, प्रसार और प्रतिबिंबित सौर विकिरण के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। प्रत्यक्ष, प्रसार और परावर्तित सौर विकिरण गिरावट कोण, जेनिथ कोण और सौर विकिरण तीव्रता जैसे कारकों से प्रभावित होते हैं। निर्दिष्ट दिन संख्या (N) के लिए, गिरावट कोण को इस प्रकार परिभाषित किया गया है:

$$\delta = 23.45 \sin \frac{360(N + 284)}{365} \quad (17)$$

जेनिथ कोण को  $\theta_z$  के रूप में परिभाषित किया गया है।

$$\theta_z = \cos\delta \cos\omega + \sin\delta \sin\omega \quad (18)$$

सामान्य सूर्य प्रत्यक्ष विकिरण को, हैण्डबुक [13] द्वारा स्पष्ट आकाश मॉडल से निर्धारित किया जा सकता है:

$$I_{bn} = A \exp\{-\exp\{-1.1840 \times 10^{-4} Z \frac{B}{\cos\theta_z}\}\} \quad (19)$$

जहां:  $A = 1164$ ,  $B = 0.164$ , and  $C = 0.120$  क्रमशः, स्थिरांक हैं।

क्षैतिज सतह पर विकिरण की तीव्रता –  $H_b = I_{bn} \cos\theta_z$

डिफ्यूज विकिरण तीव्रता  $H_d = C * I_{bn}$

$$H_g = H_b + H_d \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (20)$$

$H_b$  प्रत्यक्ष सौर विकिरण है और  $H_d$  फैलाने वाला सौर विकिरण है।

- ऊष्मा हस्तांतरण के वाहन के बाहरी ओर वायु गुणांक को निर्धारित करने के लिए, वायु प्रवाह के लिए रेनॉल्ड्स नंबर को इस रूप में लिखा जा सकता है

$$Re = \frac{V_0 L_{top}}{\nu}$$

जहां  $L_{top}$  वाहन की शीर्ष सतह की लंबाई है,  $\nu$  हवा की गतिज चिपचिपाहट है,  $V_0$  वाहन की शीर्ष



सतह पर वायु वेग प्रवाह है, वाहन की शीर्ष सतह को क्षैतिज प्लेट के रूप में माना जाता है।

लेमिनार प्रवाह के लिए (laminar flow)  $Re < 5 \times 10^5$

$$(Nusselt No.) Nu = 0.644 Re^{0.5} Pr^{0.33}$$

प्रवाह के अशांत प्रकार के लिए (Turbulent flow)  $Re > 5 \times 10^5$

$$Nu = 0.037 Re^{0.8} Pr^{0.333}$$

ऊष्मा अंतरण का बाह्य गुणांक

$$h_0 = \frac{Nu k}{L_{top}} \text{ (W/m}^2\text{k)}$$

जहां  $k$  वायु की तापीय चालकता है।

- कार के इंटीरियर के लिए ऊष्मा हस्तांतरण ( $h_i$ ) के आंतरिक पक्ष गुणांक को निर्धारित करने के लिए, बाहरी सतह की गणना के लिए उपयोग की जाने वाली समान प्रक्रियाओं को नियोजित किया जाता है। एक ही समीकरण विभिन्न आंतरिक केबिन स्थितियों के साथ लागू होते हैं। निर्दिष्ट आंतरिक केबिन परिस्थितियों के तहत कार के लिए रेनॉल्ड्स नंबर की गणना निम्नानुसार की जाती है:

$$Re = \frac{\rho V_i L_{top}}{\mu}$$

जहां  $\mu$  हवा की गतिशील चिपचिपाहट है,  $L_{ip}$  कार की आंतरिक सतह की लंबाई है,  $V_i$  केबिन के अंदर आंतरिक सतहों पर वायु प्रवाह की चक्रण गति है और  $\rho$  वायु घनत्व है। नुसेल्ट नंबर कार की अंदर की सतहों को प्लेट के रूप में मानकर इसी तरह निर्धारित किया जाता है।

- न्यूटन – रैप्सन दृष्टिकोण को सड़क से परावर्तन विकिरण द्वारा अनुमानित ऊष्मा और वाहन के धातु शरीर के माध्यम से विकिरण और संवहन द्वारा संचरण ऊष्मा को निर्धारित करने के लिए अपनाया गया है। गणितीय समीकरण को कवर करने वाले फलन को न्यूटन-रैप्सन द्वारा कंप्यूटर सिमुलेशन कोड में कुछ पुनरावृत्ति के साथ  $10^{-6}$  की न्यूनतम त्रुटि के साथ अंतिम मूल्य का अनुमान लगाने के लिए तापमान के प्रारंभिक गेज मान को मानकर हल किया जाता है।
- धातु वाहन के शरीर से संवहन और विकिरण के माध्यम से प्रेषित ऊष्मा की गणना करने के लिए, न्यूटन-रैप्सन तकनीक को नियोजित करने वाली ऊष्मा गणना के लिए एक गणितीय मॉडल का उपयोग निम्नलिखित फलन को हल करने के लिए किया जा सकता है। यह धातु वाहन शरीर के बाहरी सतह के तापमान के निर्धारण को सक्षम बनाता है [3]। फलन निम्नानुसार व्यक्त किया गया है:

$$\text{फलन} = \sigma \epsilon_m A_{top} T_{o,s}^4 + [h_0 A_{dir} + \frac{K_m A_{dir}}{t_{cov} (\frac{K_{cov}}{t_{cov} h_i} + 1)}] T_{o,s} - (QTY)_1 \quad (21)$$

जहां  $(QTY)_1$

$$(QTY)_1 = \frac{A_{dir} T_i K_{cov}}{t_{cov}} + (1 - \rho) H_g A_{dir} + \sigma \epsilon_m A_{top} T_{sky}^4 + h_0 A_{dir} T_0 \quad (22)$$

जहां:

स्टीफन बोल्जमैन स्थिरांक ( $\sigma$ ) :  $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{k}^4$

$K_{cov}$  : कार की आंतरिक कवर की तापीय चालकता

$C_m$  : धातु प्लेट वाहन की ग्रहणशीलता

$A_{top}$  : वाहन का ऊपरी सतह क्षेत्र

$T_{s,o}$  : वाहन के बाहरी सतह का तापमान

$A_{dir}$  : प्रत्यक्ष विकिरण उजागर वाहन का क्षेत्र

$t_{cov}$  = इंटीरियर मोटाई

$T_i$  = केबिन के अंदर हवा का तापमान

$\rho$  : धातु शरीर परावर्तकता

$K_m$  = कार की धातु बॉडी तापीय चालकता

$T_o$  = हवा का परिवेश का तापमान

$t_m$  = धातु शरीर की मोटाई

ऊष्मा लाभ या संचरण की गणना [3]

$$Q_{\text{tran,metal}} = \frac{K_{cov}A_{dir}}{t_{cov}(\frac{K_{cov}}{t_{cov}h_i} + 1)} T_{o,s} - \frac{A_{dir}T_iK_{cov}}{t_{cov}} \quad (23)$$

- एक वाहन की कांच की सतहों में संवहन और विकिरण द्वारा स्थानांतरित की गई ऊष्मा की गणना:

$$Q_{\text{tran,glass}} = A_{\text{glass}} H_g \left\{ \left( \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i} + \frac{t_{\text{glass}}}{k_{\text{glass}}}} \right) \frac{\alpha}{h_o} \right\} + \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i} + \frac{t_{\text{glass}}}{k_{\text{glass}}}} A_{\text{glass}} (T_o - T_i) \quad (24)$$

जहां:

$A_{\text{glass}}$  : कांच की सतह का वह क्षेत्र जो सौर विकिरण वाहन केबिन से गुजरता है।

$K_{\text{glass}}$  : ग्लास तापीय चालकता।

$\alpha$  : कांच की अवशोषणता

$\tau$  = ग्लास संप्रेषणीयता (transmissivity)।

- कार में यात्रियों से उत्कृष्ट और विवेकीय ऊष्मा लाभ

$$Q_p = (SH_g + LH_g) N_p \quad (25)$$

जहां  $SH_g$  प्रति व्यक्ति संवेदनशील ऊष्मा और  $LH_g$  प्रति व्यक्ति गुप्त ऊष्मा है।  $N_p$  केबिन के अंदर कुल लोगों की संख्या है।

- परावर्तित विकिरण के कारण सड़क और कार की निचली सतहों के बीच उत्पन्न ऊष्मा सड़क की सतह और वाहन की निचली सतह के बीच संपर्क से प्रभावित होती है। इस क्रिया के लिए रेनॉल्ड्स संख्या गणना निम्नानुसार निर्धारित की जाती है:

$$Re = \frac{\rho V_0 L_{bot}}{\mu}$$

लेमिनार प्रवाह के लिए  $Re < 5 \times 10^5$

$$Nu = 0.644 Re^{0.5} Pr^{0.33}$$

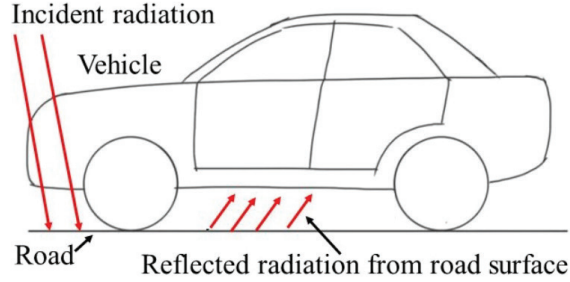
यदि प्रवाह अशांत है i.e.  $Re > 5 \times 10^5$

$$Nu = 0.037 Re_{0.8} Pr_{0.333}$$

ऊष्मा अंतरण का गुणांक

$$h_{bot} = \frac{NuK}{L_{bot}} \text{ (W/m}^2\text{k)}$$

निम्नलिखित फलन को न्यूटन-रैफ्सन विधि का उपयोग करके हल किया जा सकता है ताकि सड़क से परावर्तित होने वाली ऊष्मा की गणना की जा सके।



चित्र 2: सड़क की सतह से सौर विकिरण प्रतिबिंब

$$\text{फलन} = 3.15\sigma T_{bot}^4 + 3.5 \times 0.5h_{bot} - 3.5h_{bot} - \frac{2800}{1 + 266.66[1 + \frac{105}{3.5h_i}]} T_{bot} + (QTY)_2 \quad (26)$$

$$(QTY)_2 = 3.5 \times 0.5T_{road} + 3.15 \times 0.9\sigma T_{road}^4 + \frac{2800}{1 + 266.66[1 + \frac{105}{3.5h_i}]}$$

$$Q_{ref} = \frac{2800}{1 + 266.67[1 + \frac{105}{3.5h_i}]} T_{bot} - \frac{2800}{1 + 266.67[1 + \frac{105}{3.5h_i}]} T_i \quad (27)$$

$$Q_{TSR} = Q_{tran,Metal} + Q_{ref} + Q_{tran,glass}$$

कुल ऊष्मा लाभ व्यक्तिगत घटकों के योग से निर्धारित होता है और कुल ऊष्मा लाभ का अतिरिक्त 25% धातु संचरण, ग्लास ट्रांसमिशन और सड़क प्रतिबिंब के तीन घटकों के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है।

$$Q_{TSR} = 1.25 * [Q_{tran, Metal} + Q_{ref} + Q_{tran,glass}]$$

$$Q_{TSR} = 1.25 * \left[ \frac{K_{cov} A_{dir}}{t_{cov} (\frac{K_{cov}}{t_{cov} h_i} + 1)} T_{0,s} - \frac{A_{dir} T_i K_{cov}}{t_{cov}} \right] + \left[ \frac{2800}{1 + 266.67[1 + \frac{105}{3.5h_i}]} T_{bot} - \frac{2800}{1 + 266.67[1 + \frac{105}{3.5h_i}]} T_i \right] \quad (28)$$

$$+ [A_{glass} H_g \{ (\frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_i} + \frac{t_{glass}}{k_{glass}}} ) \frac{\alpha}{h_0} \} + \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_i} + \frac{t_{glass}}{k_{glass}}} A_{glass} (T_0 - T_i)]$$

जहां:

- $Q_{ref}$  : प्राप्त हुई परावर्तित विकिरण ऊष्मा       $T_i$  : कोबिन के अंदर का तापमान  
 $T_{bot}$  : सड़क के किनारे के संपर्क में आने वाले वाहन की निचली सतह का तापमान  
 $T_{road}$  : सड़क का तापमान       $T_0$  : वायुमंडलीय तापमान  
 $T_{0,s}$  : वाहन के तापमान की सतह       $L_{bot}$  : वाहन की निचली सतह की लंबाई  
 $h_{bot}$  : सड़क और वाहन के बीच ऊष्मा हस्तांतरण का संवहन गुणांक

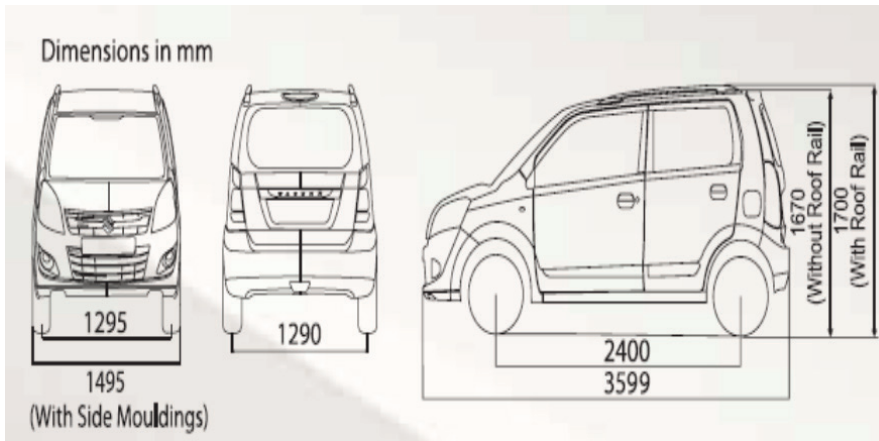
समीकरण (3), (7), (8), (10), (12), (15) और (28) के मूल्यों को समीकरण (1) में प्रतिस्थापित करके, हम कार केबिन के अंदर आराम बनाए रखने के लिए आवश्यक शुद्ध प्रशीतन प्रभाव की गणना कर सकते हैं।

$$\begin{aligned} \text{कुल प्रशीतन प्रभाव } (\dot{Q}_{NRE}) = & [\sum MA_{Du} + UA_s(T_0 - 2T_s + T_i) + UA_{\text{exh}}(T_{\text{exh}} - T_i) + UA_{\text{eng}}(T_{\text{eng}} - T_i) + \\ & m_{\text{ven}} \cdot (e_0 - e_i) + (-\frac{(m_a c_a + DTM)(T_i - T_{\text{comf}})}{t_c}) + 1.25 * [\frac{K_{\text{cov}} A_{\text{dir}}}{t_{\text{cov}} (\frac{K_{\text{cov}}}{t_{\text{cov}} h_i} + 1)} T_{0,s} - \frac{A_{\text{dir}} T_i K_{\text{cov}}}{t_{\text{cov}}}] + \\ & [\frac{2800}{1 + 266.67[1 + \frac{105}{3.5h_i}]} T_{\text{bot}} - \frac{2800}{1 + 266.67[1 + \frac{105}{3.5h_i}]} T_i] + [A_{\text{glass}} H_g \{(\frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_i} + \frac{t_{\text{glass}}}{k_{\text{glass}}}})\frac{\alpha}{h_0}\} + \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_i} + \frac{t_{\text{glass}}}{k_{\text{glass}}}} A_{\text{glass}} (T_0 - T_i)] \end{aligned}$$

ऊपर दिए गए समीकरण वांछित आराम क्षेत्र को बनाए रखने के लिए केबिन के भीतर आवश्यक शुद्ध प्रशीतन प्रभाव की गणना करते हैं।

### वैगन आर कार के लिए परिणाम और व्यष्टि अध्ययन (Results & Case Study for Wagon R Car)

हम व्यष्टि अध्ययन के लिए वैगन आर कार की ज्यामिति और गुणों पर विचार करते हैं।



चित्र 3: वैगन आर कार का फ्रंट व्यू, रियर व्यू और साइड व्यू [15]

तालिका (Table) 1: वैगन आर कार के गुण (Properties of Wagon R car) [2]

गुण (Property)	कांच (Glass)	वाहन का शरीर (Vehicle body)
K (W/mk)	1.050	0.20
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	2500.0	1500.0
संचरणशीलता	0.50	0.0
अवशोषण ( $\alpha$ )	0.30	0.40
विशिष्ट गर्मी (J/kgk)	840.0	1000.0
मोटाई t (mm)	3.0	10.0
लंबाई L (m)	0.0	2.40

$A_{\text{dir}} = 3.096 \text{ m}^2$  (वाहन सतह क्षेत्र जो प्रत्यक्ष सौर विकिरण के संपर्क में आता है )

$A_{\text{top}} = 2.71 \text{ m}^2$  (वाहन का ऊपरी सतह क्षेत्र)

$A_{\text{glass}} = 2.56 \text{ m}^2$  (वाहन का कांच की सतह का क्षेत्रफल)

परिवेश का तापमान :  $35^\circ\text{C}$ ,

प्रारंभिक केबिन तापमान :  $60^\circ\text{C}$

परिवेश सापेक्ष आर्द्रता :  $70\%$ ,

केबिन सापेक्ष आर्द्रता :  $50\%$

आराम का तापमान :  $23^\circ\text{C}$ ,

वेंटिलेशन प्रवाह :  $0.28 \text{ m}^3/\text{min}-\text{person}$

यात्री की ऊंचाई :  $1.6\text{m}$ ,

पुल-डाउन समय जच :  $10 \text{ min}$

यात्रियों की संख्या :  $5$ ,

यात्री का वजन :  $60 \text{ kg}$

तालिका (Table) 2: वायुमंडलीय दबाव पर हवा के गुण (Properties of air at atmospheric pressure) [13]

प्राचल (parameter)	At $35^\circ\text{C}$	At $50^\circ\text{C}$	At $60^\circ\text{C}$
$V_0$ (m/s)	7.5	7.621	8.03
$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	1.1459	1.1098	0.99948
$\mu$ (Kg/m-s)	$1.8915 \times 10^{-5}$	$1.9379 \times 10^{-5}$	$2.0947 \times 10^{-5}$
C (kJ/kgk)	1.0067	1.0072	1.0095
K (W/mk)	0.02671	0.027440	0.029921
Pr	0.71289	0.71128	0.70622

$35^\circ\text{C}$  पर ऊष्मा हस्तांतरण का संवहन गुणांक

$$Re = (\rho V_0 L_{\text{bot}}) / \mu = (1.1459 \times 7.5 \times 2.4) / (1.8915 \times 10^{-5}) = 1.09 \times 10^6 \text{ (अशांत प्रवाह)}$$

$$Nu = 0.037 Re^{0.8} Pr^{0.333} = 2235.36$$

$$h_0 = \frac{Nu k}{L_{\text{top}}} = 24.8776 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

इसी तरह, केबिन के अंदर ऊष्मा हस्तांतरण का संवहन गुणांक  $60^\circ\text{C}$

$$h_i = 24.264 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

आसपास की हवा से कार की ऊपरी सतह तक ऊष्मा का प्रवाह

$$Q = h_0 A (T_s - T_0) = \alpha \times I_{\text{bn}}$$

$$T_s = 45^\circ\text{C}$$

समीकरण (28) से 21 अप्रैल ( $N = 111$ ) पर वैगन R कार द्वारा कुल सौर वैश्विक विकिरण लाभ की गणना करने के लिए

$$Q_{\text{TSR}} = 1.25 * [ Q_{\text{tran,Metal}} + Q_{\text{ref}} + Q_{\text{tran,glass}} ]$$

$$Q_{\text{TSR}} = 1.25 * \left[ \frac{K_{\text{cov}} A_{\text{dir}}}{t_{\text{cov}} \left( \frac{K_{\text{cov}}}{t_{\text{cov}} h_i} + 1 \right)} T_{0,s} - \frac{A_{\text{dir}} T_i K_{\text{cov}}}{t_{\text{cov}}} \right] + \left[ \frac{2800}{1 + 266.67 \left[ 1 + \frac{105}{3.5 h_i} \right]} T_{\text{bot}} - \frac{2800}{1 + 266.67 \left[ 1 + \frac{105}{3.5 h_i} \right]} T_i \right] \\ + \left[ A_{\text{glass}} H_g \left\{ \left( \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_i} + \frac{t_{\text{glass}}}{k_{\text{glass}}}} \right) \frac{\alpha}{h_0} \right\} + \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_i} + \frac{t_{\text{glass}}}{k_{\text{glass}}}} A_{\text{glass}} (T_0 - T_i) \right]$$

तालिका 3: विभिन्न शहरों के लिए वैगन आर कार द्वारा कुल सौर विकिरण ( $Q_{TSR}$ ) लाभ (वाट में)

घंटे का कोण (Hour angle) $\omega$	-60	-40	-20	0	20	40	60
$Q_{TSR}$ (W) बेंगलुरु शहर के लिए ( $\phi = 12.9^{\circ}N, Z = 920m$ )	1907	1977	2034	2056	2034	1977	1907
$Q_{TSR}$ (W) दिल्ली के लिए ( $\phi = 28.7^{\circ}N, Z = 239m$ )	1908	1971	2023	2040	2023	1971	1908
$Q_{TSR}$ (W) मुंबई के लिए ( $\phi = 19.07^{\circ}N, Z = 14m$ )	1909	1977	2023	2053	2032	1977	1909
$Q_{TSR}$ (W) चेन्नई के लिए ( $\phi = 13.08^{\circ}N, Z = 6.7m$ )	1907	1963	2034	2056	2034	1963	1907
$Q_{TSR}$ (W) कोलकाता के लिए ( $\phi = 22.57^{\circ}N, Z = 9.14m$ )	1909	1975	2029	2049	2029	1975	1909



चित्र 4: भारत के विभिन्न शहरों के लिए कुल सौर विकिरण बनाम प्रति घंटा कोण

चित्र संख्या 4 से, यह देखा जा सकता है कि प्राप्त कुल ऊष्मा का मान सुबह 8 बजे  $60^{\circ}$  घंटे के कोण



पर कम होता है, शून्य-घंटे के कोण (दोपहर में) पर अधिकतम मान तक पहुँचता है और शाम 4 बजे फिर से  $-60^{\circ}$  घंटे के कोण पर कम हो जाता है।

### चयापचयी भार (Metabolic Load)

$$\dot{Q}_{Met} = \sum MA_{Du}$$

$$A_{Du} = 0.202 W^{0.425} H^{0.725}$$

जहाँ:

M: यात्री चयापचय ऊष्मा उत्पादन दर (यात्री के लिए  $55.0 \text{ W/m}^2$  और ड्राइवर के लिए  $85.0 \text{ W/m}^2$ )

$A_{Du}$ : शरीर की सतह का क्षेत्रफल

W: यात्री का वजन 60 किलो H: यात्री की ऊँचाई (1.6m)

इसलिए

$$A_{Du} = 0.202 \times 60^{0.425} \times 1.6^{0.725} = 1.62 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_{Met} = (85 \times 1.62) + (55 \times 1.62 \times 4) = 494.1 \text{ W}$$

### परिवेश भार (Ambient Load)

$$\dot{Q}_{Amb} = AU(T_0 - T_s) - AU(T_s - T_0) = AU(T_0 - 2T_s + T_i)$$

जहाँ U ऊष्मा हस्तांतरण का समग्र गुणांक है

$$U = \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{1}{h_0} + \frac{\lambda}{K} + \frac{1}{h_i}$$

$$R = \frac{1}{24.8776} + \frac{0.01}{0.2} + \frac{1}{24.264} = 0.132 \text{ (m}^2\text{k/W)}$$

$$U = 7.61 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

$$\dot{Q}_{Amb} = 7.61 \times 2.71 \times (35 - 90 + 80) = - 551.57 \text{ W}$$

### वेंटिलेशन भार (Ventilation Load)

$$\dot{Q}_{Ven} = m_{ven} (e_0 - e_i)$$

जहाँ  $e_0$  और  $e_i$  क्रमशः परिवेश और केबिन एंथेल्पी हैं, और  $m_{ven}$  वेंटिलेशन द्रव्यमान प्रवाह दर है।

$$e = 1006T + (2.501 \times 10^6 + 1880T) X$$

जहां T हवा का तापमान है और X प्रति ग्राम शुष्क हवा में पानी का आर्द्रता अनुपात है। आर्द्रता अनुपात की गणना सापेक्षिक आर्द्रता के फलन के रूप में की जाती है।

$$X = 0.62198 \frac{\phi P_s}{100P - \phi P_s}$$

जहां  $P_s$  तापमान (T) पर संतृप्त जल वाष्प का दबाव है, P शुष्क हवा का दबाव है, और  $\phi$  सापेक्ष आर्द्रता है।

35°C पर वाष्प का संतृप्ति दबाव ( $P_s$ ) = 5.62 Kpa

60°C पर वाष्प का संतृप्ति दबाव ( $P_s$ ) = 19.93 Kpa

वायुमंडलीय दबाव ( $P_{atm}$ ) = 100Kpa

केबिन के लिए आर्द्रता अनुपात

$$X_i = 0.62198 \times \left( \frac{0.5 \times 19.93}{(100) - (0.5 \times 19.93)} \right) = 0.068 \text{ gm/gm of dry air}$$

परिवेश के लिए आर्द्रता अनुपात

$$X_0 = 0.62198 \times \left( \frac{0.7 \times 5.62}{(100) - (0.7 \times 5.62)} \right) = 0.0255 \text{ gm/gm of dry air}$$

केबिन तापीय धारिता (एंथेल्पी)

$$\begin{aligned} e_i &= 1006T_i + (2.501 \times 10^6 + 1880T_i) X_i \\ &= 1006 \times 60 + (2.5 \times 10^6 + 1880 \times 60) \times 0.0688 \\ &= 240.12 \text{ KJ/Kg of dry air} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_0 &= 1006T_0 + (2.501 \times 10^6 + 1880T_0) X_0 \\ &= 1006 \times 35 + (2.5 \times 10^6 + 1880 \times 35) \times 0.0255 \\ &= 100.637 \text{ KJ/Kg of dry air} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{Ven} &= - m_{ven} (e_i - e_0) \\ &= - \rho V_{ven} (e_i - e_0) \\ &= - 1.12 \times (0.28/60) \times 5 \times (240.12 - 100.637) \\ &= - 3645.15 \text{ W} \end{aligned}$$

## एसी भार (AC Load)

$$Q_{AC} = - \frac{(m_a c_a + DTM) (T_i - T_{comf})}{t_c}$$

$$t_c = \frac{tp}{\ln|T_i - T_{comf}|} = \frac{10}{\ln|60 - 23|} = 2.77 \text{ min}$$

सिस्टम साइजिंग और डिजाइन का वास्तविक एसी भार पर प्रभाव पड़ता है। पंखे और कंप्रेसर गति के आधार पर किसी विशेष प्रणाली के लिए भार भिन्न हो सकता है। वाष्प संपीड़न चक्र के लिए प्रदर्शन के उचित गुणांक (COP) को ध्यान में रखते हुए, चक्र की वास्तविक बिजली खपत का मूल्यांकन किया जाना चाहिए।

$$Q_{AC} = - 2800W$$

इंजन भार और एग्जॉस्ट भार का अन्य भार की तुलना में कम मूल्य होता है, इसलिए हम इंजन भार और निकास भार की उपेक्षा करते हैं।

$$\dot{Q}_{NRE} = \dot{Q}_{Dir} + \dot{Q}_{Dif} + \dot{Q}_{Ref} + \dot{Q}_{Met} + \dot{Q}_{Amb} + \dot{Q}_{exh} + \dot{Q}_{eng} + \dot{Q}_{Ven} + \dot{Q}_{AC}$$

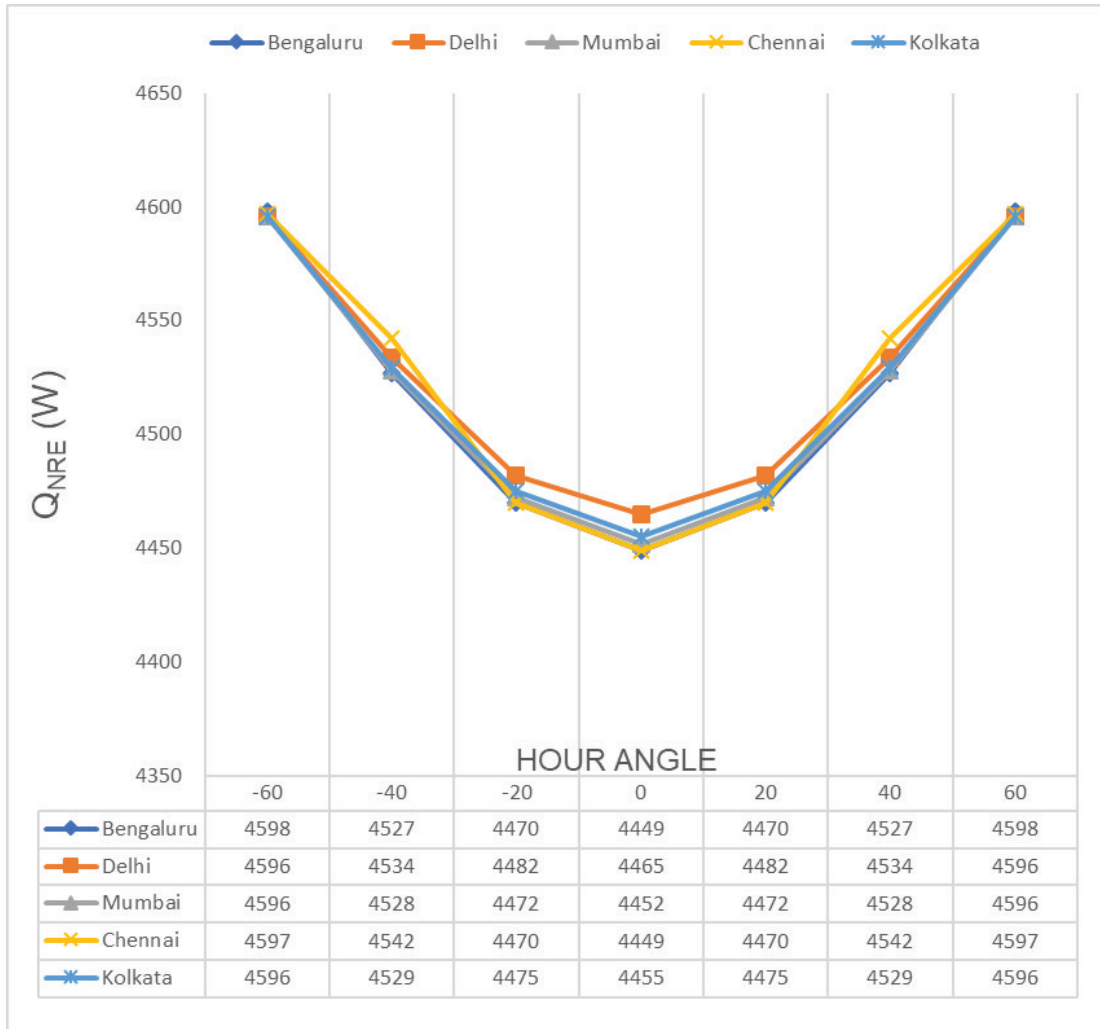
$$\dot{Q}_{NRE} = \dot{Q}_{Dir} + \dot{Q}_{Dif} + \dot{Q}_{Ref} + 491.1 - 551.57 + 0 + 0 - 3645.15 - 2800$$

$$\dot{Q}_{NRE} \text{ (शुद्ध प्रशीतन प्रभाव)} = - (Q_{TSR} - 6505.62)$$

हमने शुद्ध प्रशीतन प्रभाव के लिए नकारात्मक संकेत लिया है क्योंकि शीतलन प्रक्रिया के दौरान केबिन से ऊष्मा का नुकसान होता है।

तालिका 4: विभिन्न शहरों के लिए नेट प्रशीतन प्रभाव ( $Q_{NRE}$ ) (वाट में)

घंटे का कोण (Hour angle) $\omega$	-60	-40	-20	0	20	40	60
$Q_{NRE}$ (W) बेंगलुरु शहर के लिए ( $\phi = 12.9^{\circ}N$ , $Z = 920m$ )	4598	4527	4470	4449	4470	4527	4598
$Q_{NRE}$ (W) दिल्ली के लिए ( $\phi = 28.7^{\circ}N$ , $Z = 239m$ )	4596	4534	4482	4465	4482	4534	4596
$Q_{NRE}$ (W) मुंबई के लिए ( $\phi = 19.07^{\circ}N$ , $Z = 14m$ )	4596	4528	4472	4452	4472	4528	4596
$Q_{NRE}$ (W) चेन्नई के लिए ( $\phi = 13.08^{\circ}N$ , $Z = 6.7m$ )	4597	4542	4470	4449	4470	4542	4597
$Q_{NRE}$ (W) कोलकाता के लिए ( $\phi = 22.57^{\circ}N$ , $Z = 9.14m$ )	4596	4529	4475	4455	4475	4529	4596



चित्र 5: भारत में विभिन्न शहरों के लिए नेट प्रशीतन प्रभाव बनाम घंटे का कोण

### तुलना और चर्चा

अली एवं अन्य [2] के शोध के अनुसार, वैगन आर कार की तुलना में विभिन्न ज्यामिति और गुणों वाले वाहन ने 3.8 किलोवाट का अधिकतम केबिन भार हासिल किया है, जो हमारे द्वारा दिये गए निष्कर्षों के अनुसार वैगन आर कार के लिए अधिकतम केबिन भार से 17.3% कम है।

कुवर [3], के शोध के अनुसार, वैगन आर कार की तुलना में विभिन्न ज्यामिति और गुणों वाले वाहन

ने 4 किलोवाट का अधिकतम केबिन भार हासिल किया है, जो हमारे द्वारा दिये गए निष्कर्षों के अनुसार वैगन आर कार के लिए अधिकतम केबिन भार से 13% कम है।

### निष्कर्ष

- यात्री तापीय आराम सुनिश्चित करने के लिए, केबिन तापीय भार में चल रहे परिवर्तनों के लिए मोबाइल एयर कंडीशनिंग सिस्टम बनाया जाना चाहिए। इस अध्ययन में, विकिरण, संवहन और चालन के माध्यम से कार केबिन में प्रेषित विभिन्न हीटिंग और कूलिंग भार को ऊष्मा

संतुलन विधि (एचबीएम) का उपयोग करके मॉडल किया गया है। विभिन्न भार श्रेणियों की गणना के लिए ऊष्मा हस्तांतरण घटनाओं के गणितीय मॉडल के आवेदन की आवश्यकता होती है।

- कार के केबिन के अंदर विभिन्न प्रकार के ऊष्मा भार की गणना करने के लिए गणित मॉडलिंग का उपयोग करके ऊष्मा संवहन घटनाओं को मालूम कर सकते हैं। कार एयर कंडीशनिंग सिस्टम (सीएसीएस) के शुद्ध प्रशीतन प्रभाव की गणना के लिए प्रमुख प्रकार के गर्मी भार जो प्रत्यक्ष सौर विकिरण, प्रसार विकिरण, परावर्तित विकिरण, परिवेश भार, वेंटिलेशन भार, इंजन भार, निकास भार और चयापचय भार हैं, को ध्यान में रखा जाता है।
- वैगन आर कार की ज्यामिति और भौतिक गुणों का उपयोग ऊष्मा भार की गणना के लिए किया जाता है, कार शरीर के केबिन और बाहरी सतह के बीच ऊष्मा हस्तांतरण के चालन, संवहन और विकिरण मोड होते हैं, इसलिए कार के धातु शरीर की तापीय चालकता और ऊष्मा हस्तांतरण गणना का संवहन गुणांक केबिन तापमान के आधार पर लेमिनार और अशांत प्रवाह के लिए नुसेल्ट संख्या का उपयोग करके किया जाता है।
- गर्मी के मौसम की स्थिति के लिए उपरोक्त गणना से प्रत्यक्ष सौर विकिरण, डिफ्यूज विकिरण, परावर्तित विकिरण, इंजन भार, निकास भार और चयापचय भार कार केबिन के हीटिंग के लिए जिम्मेदार हैं, जबकि परिवेश भार, वेंटिलेशन भार और एसी भार कार केबिन के शीतलन के लिए जिम्मेदार हैं क्योंकि गर्मियों के दौरान कार केबिन का तापमान परिवेश के तापमान से अधिक होता है।
- इस शोध पत्र में हमने बेंगलुरु, दिल्ली, मुंबई, चेन्नई और कोलकाता जैसे भारत के विभिन्न

शहरों के लिए घंटे के कोण के संबंध में कार एयर कंडीशनिंग सिस्टम के कुल सौर विकिरण और शुद्ध प्रशीतन प्रभाव की गणना की है।

- चेन्नई शहर के लिए 600 घंटे के कोण पर कुल सौर विकिरण भार का न्यूनतम मूल्य 1907 वाट है और बेंगलुरु शहर के लिए 00 घंटे के कोण पर अधिकतम सौर विकिरण भार मान 2056 वाट है। जब सौर विकिरण भार न्यूनतम होता है, तो एयर कंडीशनिंग सिस्टम उसी बिजली ऑपरेटिंग स्थिति में अधिक प्रशीतन प्रभाव पैदा करेगा।
- शून्य-घंटे के कोण पर सौर विकिरण भार का उच्च मूल्य होता है, इसलिए एयर कंडीशनिंग सिस्टम कम प्रशीतन प्रभाव पैदा करेगा, जबकि 600 घंटे के कोण पर सौर विकिरण भार का न्यूनतम मूल्य होता है, इसलिए एयर कंडीशनिंग सिस्टम अधिक प्रशीतन प्रभाव पैदा करेगा।

#### अभिस्वीकृति

लेखक SAE इंटरनेशनल, ASHRAE हैण्डबुक ऑफ फंडामेंटल ऑफ अमेरिकन सोसाइटी ऑफ हीटिंग और SVNIT, सूरत को इस जांच के दौरान उनके मूल्यवान निवेश के लिए धन्यवाद देना चाहते हैं।

#### संदर्भ

- [1] C.P. Arora, Refrigeration & Air conditioning third edition, Tata Mcgraw-Hill, New Delhi.
- [2] M. Ali Fayazbakhsh and M. Bahrami, Comprehensive Modeling of Vehicle Air Conditioning Loads Using Heat Balance Method, SAE International, 2013-01-1507 (2013).
- [3] Y. Vasantrao kuwar, Numerical and Experimental Studies on an Automotive Air Conditioning System, A Thesis Submitted For the Degree of Doctor of Philosophy in IISc Bangalore (2019).
- [4] Charles S. Barnaby, Jeffrey D. Spitler and Dongyi Xiao, The Residential Heat

- Balance Method for Heating and Cooling Load Calculations, ASHRAE Transactions, 111(1):308-319, (2005).
- [5] Lesley-Anne hudie, Ergonomics of the thermal environment Determination of metabolic rate, (2016). <https://www.researchgate.net/publication/306013139> .
- [6] ISO Standard, Ergonomics of the Thermal Environment - Determination of Metabolic Heat Production, ISO Standard 8996, Rev. (2004).
- [7] Y. zheng, B. mark & H. Youmans, A Simple Method to Calculate Vehicle Heat Load, SAE International, 2011-01-0127(2011).
- [8] M. Talbi and B. Agnew, Energy recovery from diesel engine exhaust gases for performance enhancement and air conditioning, Applied Thermal Engineering, 22 (2002) 693–702(2001).
- [9] H. Khayyam, Abbas Z. Kouzani, and Eric J. Hu, Reducing Energy Consumption of Vehicle Air Conditioning System by an Energy Management System, 978-1-4244-3504(2009).
- [10] M. Arndt and M. sauer, Spectroscopic Carbon Dioxide Sensor for Automotive Applications, 0-7803-8692-2/04/\$20.00 ©2004 IEEE (2004).
- [11] B. Fletcher and C.J. Saunders, Air change rates in stationary and moving motor Vehicles, 38 (1994) 243-256 (1994).
- [12] R.S. Khurmi and J.K. Gupta, A textbook of refrigeration & air conditioning, S.Chand Publishing, New Delhi (2020).
- [13] ASHRAE Handbook of Fundamental, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning, Atlanta, GA, (1988).
- [14] Y. Ding and Robert Zito, Cabin Heat Transfer and Air Conditioning Capacity, SAE TECHNICAL PAPER SERIES, 2001-01-0284 (2001).
- [15] <http://www.marutiwagonr.com> .
- [16] Wenhua Li & Jian Sun, Numerical simulation and analysis of transport air conditioning system integrated with passenger compartment, Applied Thermal Engineering 50 (2013) 37 – 45.
- [17] J. Horak, I. Schmerold, K. Wimmer, G. Schauburger, Cabin air temperature of parked vehicles in summer conditions: life-threatening environment for children and pets calculated by a dynamic model. Theor. Appl. Climatol. 130 (1-2), 107–118 (2017).
- [18] V. Soulios, R.C.G.M. Loonen, V. Metavitsiadis and J.L.M. Hensen, Computational performance analysis of overheating mitigation measures in parked vehicles. Appl. Energy 231, 635–644 (2018).
- [19] Sagar Vashisht, Dibakar Rakshit, Recent advances and sustainable solutions in automobile air conditioning systems. Journal of Cleaner Production 329 – 129754 (2021).
- [20] J. Wu, F. Jiang, H. Song, Chaopeng Liu and B. Lu, Analysis and validation of transient thermal model for automobile cabin. Therm. Eng. 122 - 91–102 (2017).



# आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के 100 किलोवॉट-पीक छत के सौर ऊर्जा संयंत्र के बिजली प्रणाली का इष्टतमन

## Power System Optimization of 100kW-peak Roof Top Solar Power Plant of RKDF University

डॉ. संजय जैन<sup>1</sup>, डॉ. शिल्पा कलंबे<sup>2</sup>, डॉ. वी. के. सेठी<sup>3</sup>

Dr. Sanjay Jain<sup>1</sup>, Dr. Shilpa Kalambe<sup>2\*</sup> (*Corresponding Author*), Dr. V. K. Sethi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor, Electrical and Electronics Engineering Department, Sri Satya Sai College of Engineering, R.K.D.F. University

<sup>2</sup>Associate Professor, Electrical Engineering Department Waingana College of Engineering and Management, Nagpur

<sup>3</sup>Director General Research, R.K.D.F. University, Bhopal

[jain.san12@gmail.com](mailto:jain.san12@gmail.com), [shilpakalambe@gmail.com](mailto:shilpakalambe@gmail.com), [vksethi1949@gmail.com](mailto:vksethi1949@gmail.com)

<https://doie.org/10.0820/VP.2024399572>

### सारांश

बिजली प्रणाली का इष्टतमन, उस प्रक्रिया को संदर्भित करता है जिसमें विद्युत ऊर्जा जाल (Power Grid) जैसे बिजली प्रणाली के प्रदर्शन को बेहतर बनाने के लिए गणितीय कलन विधि (Mathematical Algorithm) और संगणकीय विधियों का उपयोग किया जाता है। इसका उद्देश्य विश्वसनीय संचालन को सुनिश्चित करते हुए लागत को कम करना और/या क्षमता में सुधार करना है। इष्टतमन प्रक्रिया उत्पादन लागत, मांग, संचरण और वितरण प्रतिबंध और पर्यावरणीय प्रभाव जैसे कारकों को ध्यान में रखती है। इसकी प्रयुक्त तकनीकों में रैखिक प्रोग्रामन (linear programming), गतिशील प्रोग्रामन (dynamic programming) और स्वानुभाविक तकनीक (heuristics) शामिल हैं। बिजली प्रणाली इष्टतमन की योजना आर्थिक, पारिस्थितिक और सुरक्षा संबंधी समस्याओं को ध्यान में रखते हुए एकीकृत विद्युत शक्ति प्रणाली के संचालन में विभिन्न इष्टतमन विधियों को लागू करके बनाई जाती है। विद्युत ऊर्जा के उपयोग को इष्टतम करने और उसकी प्रणाली की कुशलता को बढ़ाने के लिए विशिष्ट खोज और इष्टतमन की विधियों (optimization methods) को स्थापित करने के लिए उन्नत जैविक सिद्धांतों (Advanced evolutionary principles) का उपयोग किया जाता है। यह शोध पत्र आरकेडीएफ विश्वविद्यालय, भोपाल, मध्य प्रदेश के 100 किलोवॉट-पीक के छत पर स्थित सौर ऊर्जा संयंत्र के प्रदर्शन का विश्लेषण करता है। इसके प्रदर्शन को सत्यापित करने के लिए रखरखाव परीक्षण किए गए और उनके परिणामों का विश्लेषण बताता है कि संयंत्र का वार्षिक औसत जनन अपेक्षित जनन के समानीत मूल्य से कम है। प्रणाली के प्रदर्शन को सुधारने के लिए विश्लेषणात्मक इष्टतमन की योजना बनाई गई है, जो इसकी उन्नत कुशलता के संदर्भ में अनुकूलित समाधान सुनिश्चित करेगी।

### Abstract

Power system optimization refers to the process of improving the performance of a power system, such as a power grid, by using mathematical algorithms and computational methods. The objective is to minimize the cost and/or improve efficiency while ensuring reliable operation. The optimization process considers factors such as generation costs, demand, transmission and distri-

tribution constraints, and environmental impact. Techniques used in it include linear programming, dynamic programming, and heuristics. It is planned by implementing various methods of optimization in integrated electric power system operation considering economic, ecological and security concerns. To establish arbitrary search and optimization procedures, advanced evolutionary principles are included to optimize the power utilization to enhance the efficiency of the system. This paper presents the state of art applied for performance optimization of 100kWp Roof Top Solar Power plant installed at RKDF university, Bhopal, Madhya Pradesh. To verify its performance maintenance tests are performed and analysis of the output revealed that annual average generation of the plant is low as compared to expected generation. To improve the performance of the system analytical optimization techniques are planned which will ensure its optimized solution in terms of enhanced efficiency.

**मुख्य शब्द** – बिजली प्रणाली इष्टतमन, विद्युत ऊर्जा जाल, सौर ऊर्जा प्रणाली, छत का सौर ऊर्जा संयंत्र

**Keywords-** Power System Optimization, power grid, solar PV system, rooftop solar plant

**परिचय**

छत पर स्थापित सौर ऊर्जा संयंत्र (Roof Top Solar PV plant) एक प्रणाली है जो किसी भी इमारत जैसे घर, दुकान या कार्यालय की छत पर सौर पैनल का उपयोग करके बिजली उत्पन्न करती है। इस प्रणाली में सौर पैनल होते हैं, जो सौर कोशिकाओं (solar cells) से बने होते हैं और सूर्य की किरणों को बिजली में परिवर्तित करते हैं। छत पर लगे सौर ऊर्जा संयंत्र में सौर पैनल, माउंटिंग स्ट्रक्चर्स (mounting structures), अंतर्वर्तक (inverter) और अन्य विद्युत उपकरण शामिल होते हैं, जो बिजली उत्पन्न, प्रेषण और वितरण के लिए आवश्यक होते हैं।

छत के सौर ऊर्जा संयंत्र द्वारा उत्पन्न की गयी बिजली का उपयोग इमारत के भीतर किया जा सकता है या विद्युत ग्रिड को निर्यात किया जा सकता है [1]। इन संयंत्रों की लोकप्रियता उनके पर्यावरणीय लाभ जैसे कि कार्बन उत्सर्जन में कमी और वित्तीय लाभ जैसे कि ऊर्जा लागत में कमी और अतिरिक्त बिजली बेचकर कमाई की संभावना के कारण बढ़ रही है।

सौर पैनल सूर्य की रोशनी को पकड़ते हैं और उसे प्रत्यक्ष विद्युत धारा (DC) में परिवर्तित करते हैं, जिसे फिर अंतर्वर्तक के माध्यम से परोक्ष विद्युत धारा (AC) में परिवर्तित किया जाता है। उत्पन्न की गयी परोक्ष विद्युत धारा का उपयोग स्थानीय रूप से किया जा सकता है या विद्युत ग्रिड को बेचा जा सकता है।

सौर ऊर्जा संयंत्र की महत्ता उनकी प्राकृतिक रूप से सौर ऊर्जा को बिजली में परिवर्तित करने की क्षमता में है। हालांकि, सौर ऊर्जा संयंत्र तुरंत बिजली भार मांग (Load Demand) को तत्काल प्रतिक्रिया नहीं दे सकते हैं इसीलिए वे उपभोक्ताओं की आवश्यकताओं के साथ तुरंत संगत नहीं होते हैं।

हाल ही में, विद्युत ग्रिड से जुड़े सौर ऊर्जा संयंत्रों में ऊर्जा संग्रहण का उपयोग किया जा रहा है ताकि बिजली भार प्रबंधन में नम्यता लायी जा सके और वितरण ग्रिड की कुछ महत्वपूर्ण विद्युत गुणवत्ता समस्याओं का समाधान किया जा सके। इससे सौर ऊर्जा संयंत्र को और अधिक उपयोगी और कुशल बनाया जा सकता है।

कई बैटरी प्रबंधन तकनीकों को इस तरह से विकसित किया गया है कि वे सौर ऊर्जा संयंत्र को विद्युत ग्रिड में अधिक प्रभावी तरीके से शामिल कर सकें। हालांकि, ऊर्जा नीतियों का विकास सौर ऊर्जा प्रणालियों के व्यापक अनुप्रयोग को प्रतिबंधित करता है [2]। प्रत्येक प्रकार के ऊर्जा स्रोत या प्रौद्योगिकी के अपने विशेष लाभ और हानियाँ होती हैं। उचित प्रकार का चयन विभिन्न पहलुओं जैसे स्थल की स्थिति, उपभोक्ता की आवश्यकता और कीमत पर

निर्भर करता है [3]।

सौर ऊर्जा प्रणाली के प्रकार [1-4]

सौर ऊर्जा संयंत्र के उचित आकार का चयन कई कारकों पर निर्भर करता है, जैसे उपभोक्ता की आवश्यकताएँ, स्थल के पास विद्युत ग्रिड की पहुँच और संरचना की स्थानीय स्थिति। प्रत्येक सौर ऊर्जा प्रणाली की योजना विभिन्न लाभ और हानियाँ प्रस्तुत करती है और प्रणाली का चयन हितधारकों की विशिष्ट आवश्यकताओं पर निर्भर करता है। सौर ऊर्जा प्रणालियों की एक विस्तृत श्रेणी होती है, जो सौर प्रौद्योगिकी के विभिन्न अनुप्रयोगों और उपयोगकर्ताओं की आवश्यकताओं के साथ मेल खाती है, जिससे उन्हें अधिकतम लाभ मिल सके। स्थापना प्रक्रिया, इष्टतम व्यवस्था और स्थान निर्धारण के नम्यता के अनुसार, निम्नलिखित मुख्य प्रकार की सौर ऊर्जा (PV) प्रणालियाँ आमतौर पर उपयोग की जाती हैं:

1. **विद्युत ऊर्जा जाल-बाँध रहित सौर ऊर्जा प्रणाली (Off-Grid Photovoltaic Systems):**

इन प्रणालियों का विद्युत ऊर्जा जाल से कोई संबंध नहीं होता है और ये उत्पन्न ऊर्जा को संग्रहित करने के लिए विद्युत अधिकोष (Battery Bank) पर निर्भर होती हैं। ये आमतौर पर उन दूरस्थ स्थानों में उपयोग की जाती हैं जहाँ विद्युत ऊर्जा जाल पहुंचाना संभव नहीं होता है।

2. **विद्युत ऊर्जा जाल-बाँध सौर ऊर्जा प्रणाली (Grid-Tied Photovoltaic Systems):**

इन प्रणालियों को विद्युत ऊर्जा जाल से जोड़ा जाता है। ये अतिशेष ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा जाल में वापस दे सकती हैं और विद्युत अधिकोष पर निर्भर नहीं होती हैं क्योंकि वे विद्युत ऊर्जा जाल पर निर्भर होती हैं।

3. **समकेंद्रित सौर ऊर्जा प्रणाली (Concentrated Solar Photovoltaic Systems):**

इस प्रकार की प्रणाली सूरज के प्रकाशाणु (photons) को संचित करने के लिए दर्पण या

लेंस का उपयोग करती है, जिससे प्रणाली का प्रदर्शन बढ़ता है।

4. **संकरित सौर ऊर्जा प्रणाली (Hybrid Solar Photovoltaic Systems):**

ये प्रणालियाँ बाँध रहित और बाँध सौर ऊर्जा प्रणाली दोनों की विशेषताओं का सम्मिश्रण करती हैं। ये विद्युत ऊर्जा जाल और विद्युत अधिकोष दोनों पर निर्भर होती हैं, जिससे विद्युत ऊर्जा जाल अनुपयोग काल (Power Outage) के दौरान उपभोक्ताओं को बिजली पहुँचाने में सक्षम होता है।

5. **भवन-एकीकृत सौर ऊर्जा प्रणाली (Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) Systems):**

इस प्रकार की प्रणाली इमारत की संरचना में सौर ऊर्जा कोशिकाओं को समाहित करती है। इससे इमारत बिजली उत्पन्न कर सकती है और साथ ही छाया या तापावरोधन (Insulation) का कार्य भी करती है।

6. **वहनीय सौर ऊर्जा प्रणाली (Portable Photovoltaic Systems):**

ये प्रणाली वहनीय होती है और आमतौर पर बाहरी आयोजनों या विद्युत ऊर्जा जाल की पहुँच कम होने वाले दूरस्थ स्थलों में उपयोग की जाती है।

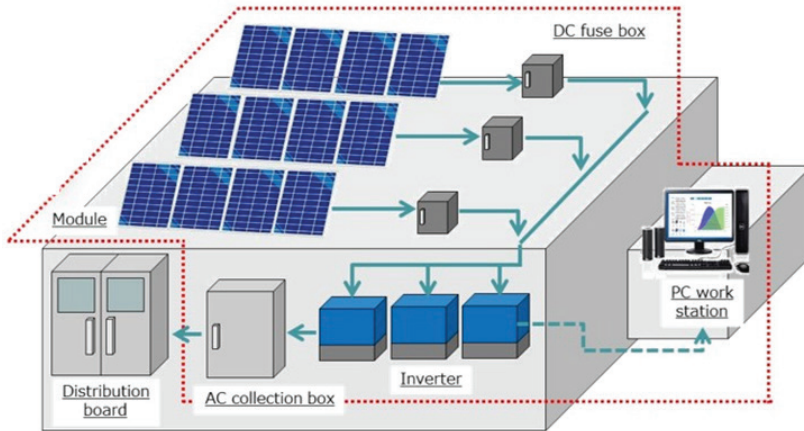
**छत पर स्थित सौर ऊर्जा संयंत्र के घटक**

सौर ऊर्जा पैनलों के अलावा, सौर ऊर्जा प्रणाली में अन्य कई महत्वपूर्ण घटक होते हैं:

- **सौर कोशिकाएँ (Solar Cells):** सूर्य की किरणों को बिजली में परिवर्तित करती हैं।
- **बढ़ते ढांचे (Mounting Structures):** सौर पैनलों को स्थापित करने के लिए।
- **अंतर्वर्तक (Inverter):** प्रत्यक्ष विद्युत धारा (DC) को परोक्ष विद्युत धारा (AC) में परिवर्तित करने के लिए।

- तार और केबल (**Wires and Cables**): विद्युत प्रवाह के लिए।
- निगरानी और सुरक्षा उपकरण (**Monitoring and Security Devices**): प्रणाली की स्थिति और सुरक्षा के लिए।
- विद्युत ऊर्जा मीटर (**Electric Meter**): उत्पन्न और उपयोग की गई बिजली की मात्रा को मापने के लिए।

यह प्रणाली एक नवाचारी ऊर्जा प्रणाली (Renewable Energy System) है और आमतौर पर किसी इमारत की छत पर स्थापित की जाती है [3]। इन घटकों का समन्वित कार्य सौर ऊर्जा को प्रभावी रूप से संचित, परिवर्तित और उपयोग करने की क्षमता सुनिश्चित करता है, जिससे पर्यावरणिक धारा को बनाए रखा जा सकता है [4]।



चित्र 1: सौर ऊर्जा प्रणाली के घटक [5]

चित्र 1 में सौर ऊर्जा प्रणाली के मौलिक घटक देख सकते हैं, जिनमें प्रत्येक को निम्नलिखित रूप में स्पष्ट किया गया है:

1. **सौर ऊर्जा कोशिका (Solar Panel)**: ये प्रणाली के सबसे महत्वपूर्ण घटक होते हैं। इनमें सौर प्रकाशाणु का उपयोग करने वाली सौर कोशिकाएं होती हैं, जो प्रत्यक्ष विद्युत (DC) शक्ति उत्पन्न करती हैं।
2. **अंतर्वर्तक (Inverter)**: सौर ऊर्जा कोशिकाओं द्वारा उत्पन्न DC शक्ति को अंतर्वर्तक के माध्यम से विद्युत विपरीत (AC) शक्ति में परिवर्तित किया जाता है। उसके बाद इस परिवर्तित शक्ति को आवश्यकतानुसार बढ़ाया जा सकता है और इसे घरेलू उपकरणों की आपूर्ति करने या विद्युत ऊर्जा जाल में वापस भेजने के लिए प्रयुक्त किया जाता है।
3. **विद्युत विपरीत (AC) शक्ति संग्रहण सन्दूक (AC Collection Box)**: यह संग्रहण सन्दूक सौर ऊर्जा कोशिकाओं से उत्पन्न विद्युत विपरीत (AC) शक्ति को एकत्रित और संयोजित करता है और इसे अंतर्वर्तक की ओर प्रवाहित करता है।
4. **प्रत्यक्ष विद्युत धारा फ्यूज सन्दूक (DC Fuse Box)**: इसका उपयोग शॉर्ट सर्किट, बिजली अधिभार और अन्य दोषों के मामले में वर्तमान प्रवाह को रोककर प्रणाली के घटकों को सुरक्षित रखने के लिए किया जाता है।

5. **विद्युत तार (Electric Wiring):** इसका उपयोग सौर पैनलों को अंतर्वर्तक से और फिर इमारत के उपकरणों या विद्युत ऊर्जा जाल से जोड़ने में होता है।
6. **वितरण तख्ता (Distribution Board):** यह छत के सौर ऊर्जा प्रणाली का महत्वपूर्ण हिस्सा होता है। यह सौर ऊर्जा प्रणाली का उत्पादन संयोजित, निगरानी और सुरक्षित करता है, फिर उसे अंतर्वर्तक की ओर मोड़ता है।
7. **संगणक कार्य स्थल (PC Work Station):** यह पूरी प्रणाली की निगरानी, नियंत्रण और विश्लेषण करने के लिए एक केंद्र के रूप में कार्य करता है। इससे संयंत्र अभियंता और प्रचालक प्रणाली के प्रदर्शन और विशेषताओं को इष्टतम करने, प्रणाली प्राचल (parameters) और किसी भी समस्या की जांच और समाधान करने में सक्षम होते हैं।
8. **बैटरी (Battery):** विद्युत ऊर्जा जाल-बाँध रहित सौर ऊर्जा प्रणाली में बैटरी का उपयोग अतिरिक्त ऊर्जा को संग्रहित करने के लिए किया जाता है, जो सूर्य की किरणों की अनुपस्थिति में उपयोग की जा सकती है।
9. **बढ़ते ढांचे (Mounting Structures):** इनका उपयोग सौर पैनलों को छत पर या इमारत के अन्य उपयुक्त स्थानों पर स्थापित करने के लिए किया जाता है।

समग्र रूप से ये घटक नवीकरणीय ऊर्जा उत्पन्न करने और ग्रिड पर निर्भरता को कम करने के लिए अत्यधिक महत्वपूर्ण हैं। यह बिजली की लागत और कार्बन उत्सर्जन को कम करने में भी मदद करता है।

### अनुसंधान उद्देश्य और उनका प्रभाव

छत पर सौर प्रणालियों के संदर्भ में बिजली प्रणाली की इष्टतमन प्रक्रिया के लिए अनुसंधान उद्देश्यों में निम्न उद्देश्य शामिल हैं:

1. **नवाचारी नियंत्रण और इष्टतमन:** छत सौर

ऊर्जा संयंत्र को बिजली विद्युत जाल में शामिल करने के लिए नवाचारी नियंत्रण और इष्टतमन तकनीकों की खोज करना। इसका उद्देश्य बिजली प्रणाली की स्थिरता और विश्वसनीयता में सुधार करना है।

2. **प्रभाव मूल्यांकन:** सौर ऊर्जा प्रणाली बिजली विद्युत जाल पर कई सकारात्मक प्रभाव डालती हैं, जैसे ऊर्जा उत्पादन में वृद्धि, शिखर लोड प्रबंधन, पर्यावरणीय लाभ और आर्थिक प्रभाव। इन चुनौतियों का समाधान प्रौद्योगिकी और नीति के माध्यम से किया जा सकता है।
3. **वित्तीय और पारिस्थितिक प्रभाव मूल्यांकन:** सौर ऊर्जा प्रणाली आधुनिक ऊर्जा उत्पादन में क्रांतिकारी बदलाव ला रही है। यह न केवल पर्यावरण के अनुकूल है, बल्कि वित्तीय दृष्टिकोण से भी लाभदायक है।
4. **स्थिरता और प्रदर्शन मूल्यांकन:** छत पर स्थापित सौर प्रणालियों की स्थिरता और प्रदर्शन का मूल्यांकन करना महत्वपूर्ण है ताकि ये प्रणालियाँ लंबे समय तक सटीक और कुशलता से कार्य करती रहें।
5. **मौसम पर प्रभाव विश्लेषण:** स्थानीय जलवायु परिस्थितियों को ध्यान में रखते हुए मौसम की स्थितियों के प्रभाव का विश्लेषण करना। इससे सौर पैनलों के प्रदर्शन को अधिकतम किया जा सकता है।
6. **भंडारण प्रणालियों को जोड़ना:** विद्युत ऊर्जा जाल में ऊर्जा भंडारण प्रणालियों को जोड़ने की जांच करना और इन उपायों के प्रभाव का मूल्यांकन करना।
7. **नीतिगत और प्रोत्साहन प्रभाव अध्ययन:** नेटवर्क में सौर ऊर्जा प्रणाली के लागू होने पर उपलब्ध नियामक नीतियों और प्रोत्साहकों के प्रभाव का अध्ययन करना।
8. **स्थिरता और प्रदर्शन की पुष्टि और सुधार:** बिजली आपूर्ति की स्थिरता और कुशलता को

सुनिश्चित करना और सुधारने के लिए अनुसंधान करना।

ये अनुसंधान उद्देश्य विद्युत शक्ति प्रणाली के क्षेत्र में प्रगति की क्षमता रखते हैं और विद्युत उत्पादन और वितरण के लिए अधिक स्थिर, विश्वसनीय और कुशल भविष्य का योगदान कर सकते हैं [5]।

छत पर सौर प्रणालियों को मौजूदा विद्युत ऊर्जा जाल में शामिल करना ऊर्जा क्षेत्र में महत्वपूर्ण लाभ प्रदान करता है। इन लाभों में बिजली विद्युत ऊर्जा जाल स्थिरता में सुधार, लागत में कमी, नवाचार की बढ़ती उपयोगिता, नियामक अनुपालन, ऊर्जा कुशलता में सुधार और प्रणाली की सुरक्षा और उत्पादन में वृद्धि शामिल हैं। इस एकीकरण से न केवल विद्युत प्रणाली का अधिकतम उपयोग हो सकता है, बल्कि यह उत्पादन और वितरण में स्थिरता और कुशलता भी प्रदान करता है [6]।

1. **बेहतर बिजली विद्युत ऊर्जा जाल स्थिरता:** छत के सौर प्रणालियों को बिजली विद्युत ऊर्जा जाल में शामिल करने के लिए उन्नत नियंत्रण और इष्टतम तकनीकों के विकास से ग्रिड की स्थिरता और विश्वसनीयता में सुधार किया जा सकता है [7]। यह सुधार बेहतर बिजली आपूर्ति और सुरक्षित ऊर्जा प्रबंधन सुनिश्चित करता है।
2. **लागत में कमी:** छत के सौर प्रणालियों द्वारा उत्पन्न सौर ऊर्जा के वितरण और भंडारण को अनुकूलित करके लागत में कमी की जा सकती है। यह बचत उपभोक्ताओं और यूटिलिटी कंप. नियों दोनों को आर्थिक लाभ प्रदान करती है।
3. **नवाचारी ऊर्जा का अधिक उपयोग:** सौर ऊर्जा इमारत परियोजनाओं के आर्थिक और पर्यावरणीय लाभों का मूल्यांकन करके नवाचारी ऊर्जा का उपयोग बढ़ाया जा सकता है। इससे फॉसिल ईंधनों के उपयोग को कम करके कार्बन उत्सर्जन में कमी लाई जा सकती है, जो पर्यावरणीय स्थिरता के लक्ष्यों के अनुकूल है।
4. **नियमनीय अनुपालन:** सरकारी नीतियों और प्रो.

त्साहनों के प्रभाव का विश्लेषण करके छत के सौर प्रणालियों के अपनाए और एकीकरण पर इसके प्रभाव का अध्ययन करने से ऊर्जा क्षेत्र में एक मजबूत भविष्य के लिए योगदान हो सकता है।

5. **ऊर्जा कुशलता:** नई तकनीकों, जैसे ऊर्जा भंडारण, के एकीकरण के माध्यम से ऊर्जा कुशलता को बढ़ावा दिया जा सकता है। इससे ऊर्जा का अधिक संवाद संभव हो सकता है और ऊर्जा की बर्बादी कम की जा सकती है।
6. **सुरक्षा और प्रणाली उत्पादन में सुधार:** सौर छतों की सुरक्षा और प्रदर्शन का मूल्यांकन करने के लिए मूल्यांकन पद्धतियों के विकास से यह सुनिश्चित किया जा सकता है कि सिस्टम अधिक सुरक्षित और कुशलता से कार्य कर सके। इससे रखरखाव और पुनर्निर्माण रणनीतियों का विकास भी संभव है [9]।
7. **मौसम के प्रभाव का अनुकूलन:** छत के सौर प्रणालियों के प्रदर्शन का विश्लेषण करके इनके डिजाइन और संचालन को विभिन्न मौसमी परिस्थितियों के लिए अनुकूलित किया जा सकता है। इससे मौसम के परिवर्तनों के बावजूद एक स्थिर और विश्वसनीय बिजली आपूर्ति सुनिश्चित होती है [10]।

#### अनुसंधान उद्देश्य और उनके प्रभाव

इन अनुसंधान उद्देश्यों का संक्षेप इस प्रकार है:

- **नवाचारी नियंत्रण और इष्टतम तकनीकों का विकास:** बिजली विद्युत ऊर्जा जाल में सौर ऊर्जा को एकीकृत करने के लिए।
- **लागत में कमी:** सौर ऊर्जा के वितरण और भंडारण को अनुकूलित करके।
- **नवाचारी ऊर्जा का अधिक उपयोग:** सौर ऊर्जा के आर्थिक और पर्यावरणीय लाभों का मूल्यांकन करके।
- **नियमनीय अनुपालन:** सरकारी नीतियों और प्रो.त्साहनों के प्रभाव का अध्ययन करके।



- **ऊर्जा कुशलता:** ऊर्जा भंडारण जैसी नई तकनीकों का एकत्रीकरण करके।
- **सुरक्षा और प्रणाली उत्पादन में सुधार:** सौर छतों की सुरक्षा और प्रदर्शन का मूल्यांकन करके।
- **मौसम के प्रभाव का अनुकूलन:** विभिन्न मौसमी परिस्थितियों के लिए सौर प्रणालियों के डिजाइन और संचालन का अनुकूलन।

### आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के 100 किलोवॉट-पीक सौर ऊर्जा संयंत्र का प्रदर्शन

आरकेडीएफ विश्वविद्यालय [10] में मई 2015 में 100 किलोवॉट पीक सौर ऊर्जा प्रणाली स्थापित की गई है, जो चित्र 2 में दिखाई गई है। इस प्रणाली में 295 वॉट के 339 मल्टी-क्रिस्टलाइन (multi-crystalline) पैनल और 30 केवीए (KVA) अंतर्वर्तक के तीन RPI-M30 नमूने (model) शामिल हैं। संयंत्र का क्षेत्रफल 670.34 वर्ग मीटर है और प्रमाणन तिथि से मार्च 2020 तक कुल उत्पादन लगभग 700,000 इकाइयाँ रहा है। इस अवधि में, 650 टन से अधिक कार्बन डाईऑक्साइड उत्सर्जन को रोका गया है, जो 10 वर्षों तक 14,000 पेड़ों के रोपण और विकास के बराबर है।

### सौर ऊर्जा प्रणाली के प्रदर्शन में सुधार के लिए सुझाव

आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के सौर संयंत्र का वार्षिक औसत उत्पादन अपेक्षित स्तर से कम पाया गया है [10]। इसका कारण एक अंतर्वर्तक के कार्य न करने के कारण 2017 में उत्पादन में गिरावट होना है। 2020 में उत्पादन पुनः बढ़कर 3.79 यूनिट हुआ, लेकिन यह प्रत्याशित स्तर तक नहीं पहुँच सका। यहाँ पर तालिका 1 में आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के 100 किलोवॉट-पीक छत के सौर ऊर्जा संयंत्र का 2015 से 2021 तक का उत्पादन दर्शाया गया है। इस तालिका में प्रत्येक वर्ष का औसत दैनिक

उत्पादन (किलोवाट-घंटे में) और वार्षिक उत्पादन (किलोवाट-घंटे में) शामिल है।

तालिका 1: आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के 100 किलोवॉट-पीक छत के सौर ऊर्जा संयंत्र का 2015 से 2021 तक का उत्पादन

वर्ष	औसत दैनिक उत्पादन (किलोवाट-घंटे / दिन)	वार्षिक उत्पादन (किलोवाट-घंटे)
2015	3.89	1418.85
2016	3.75	1368.75
2017	1.55	565.75
2018	3.60	1314.00
2019	3.70	1350.50
2020	3.79	1383.35
2021	3.50	1277.50

### टिप्पणियाँ

- 2015 में संयंत्र की स्थापना और प्रारंभिक वर्ष में उत्पादन अपेक्षित स्तर के करीब था।
- 2017 में उत्पादन में अचानक गिरावट आई, जिसका कारण एक अंतर्वर्तक का ठीक से कार्य न करना था।
- 2020 और 2021 में उत्पादन में मामूली सुधार देखा गया, लेकिन यह अभी भी प्रत्याशित स्तर तक नहीं पहुँच पाया।

यह तालिका सौर ऊर्जा संयंत्र के उत्पादन की समग्र तस्वीर प्रस्तुत करती है, जो विभिन्न वर्षों में संयंत्र के प्रदर्शन में उतार-चढ़ाव को दर्शाती है। इसे ध्यान में रखते हुए, प्रदर्शन सुधार और रखरखाव के उपायों को लागू करना महत्वपूर्ण है।

## कम उत्पादन के संभावित कारण

तालिका 2 में आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के 100 किलोवॉट-पीक के छत के सौर ऊर्जा संयंत्र का 2015 से 2021 तक के उत्पादन का विश्लेषण बताया गया है।

तालिका 2: आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के 100 किलोवॉट-पीक के छत के सौर ऊर्जा संयंत्र का 2015 से 2021 तक के उत्पादन का विश्लेषण

वर्ष	वर्ष उत्पादन					टिप्पणी
	अंतर्वर्तक 1 (Watts)	अंतर्वर्तक 2 (Watts)	अंतर्वर्तक 3 (Watts)	कुल उत्पादन (Watts)	संयंत्र का प्रति वार्षिक औसत उत्पादन क्षमता के अनुसार किलोवॉट प्रति दर-निर्धारण	
2015	31630	31232	30540	93402	3.81	
2016	44813	43928	43008	131749	3.60	
2017	19460	19565	17721	56746	1.55	एक अंतर्वर्तक बंद रहा
2018	37549	37240	34993	109782	3.01	
2019	43283	34314	41905	119502	3.27	
2020	48865	46526	42854	138245	3.78	
2021	44850	43619	39423	127892	3.50	
कुल	270450	256424	250444	777318	3.50	2017 वर्ष को छोड़कर औसत

तालिका 2 के अनुसार सौर ऊर्जा प्रणालियों में कम उत्पादन के कई संभावित कारण होते हैं, जैसे:

- प्रणाली के घटकों का दोषपूर्ण कार्य।
  - मौसम और पर्यावरणीय कारकों का प्रभाव।
  - सही रखरखाव और निरीक्षण की कमी।
- इन कारणों का विस्तृत विश्लेषण और समाधान प्रदान करना सौर ऊर्जा प्रणालियों के प्रदर्शन में सुधार करने के लिए आवश्यक है [11]।
- सौर ऊर्जा प्रणालियों के प्रदर्शन में कमी के विभिन्न कारणों और उनके समाधान के विश्लेषण से सुधार के लिए आवश्यक दिशा निर्देश प्राप्त किए जा सकते हैं:
1. **तापमान:** सौर पैनलों की कुशलता तापमान के साथ बदलती रहती है। 30°C से अधिक तापमान पर पैनल की कुशलता में प्रति डिग्री सेल्सियस 0.55% की हानि होती है। तापमान के प्रभाव को कम करने के लिए पैनलों की उचित वेंटिलेशन सुनिश्चित करनी चाहिए और उच्च तापमान में कूलिंग तकनीकों का उपयोग करना चाहिए।
  2. **धूल:** सौर पैनलों पर धूल जमने से उनके प्रदर्शन में कमी आती है। नियमित सफाई और धूल हटाने की प्रक्रिया अपनाने से पैनलों की



कुशलता में सुधार हो सकता है।

3. **छाया:** आसपास की अवसंरचनाओं, पेड़ों और इमारतों की छाया सौर पैनलों के प्रदर्शन पर नकारात्मक प्रभाव डालती है। सौर स्थापना का डिजाइन इस प्रकार होना चाहिए कि छाया का प्रभाव न्यूनतम हो।
4. **अंतर्वर्तक की कुशलता:** अंतर्वर्तक की कुशलता डीसी इनपुट शक्ति पर निर्भर करती है। प्रवेश शक्ति को अंतर्वर्तक की मूल शक्ति के अनुसार बनाए रखने से उसकी कुशलता में सुधार किया जा सकता है।
5. **काल प्रभाव/जरण:** सौर प्रणाली के घटकों की समय के साथ क्षमता और कुशलता में गिरावट होती है। नियमित रोकथामी रखरखाव और समय-समय पर निरीक्षण से इस प्रभाव को कम किया जा सकता है।
6. **प्राकृतिक आपदाएँ:** बर्फ, बारिश और तूफान जैसी प्राकृतिक आपदाओं से सौर पैनलों की शक्ति उत्पादन में कमी आ सकती है। इन आपदाओं से बचने के लिए सुरक्षा के उपाय अपनाने चाहिए, जैसे कि सुरक्षात्मक आवरण का उपयोग और नियमित निरीक्षण।
7. **स्ट्रिंग/समूह की कुशलता:** यदि कोई स्ट्रिंग अन्य पैनलों की तरह कुशल नहीं होती, तो यह समग्र प्रणाली की कुशलता को कम कर सकती है। प्रत्येक स्ट्रिंग की विद्युत योगदान का मापन और विश्लेषण करके कमजोर स्ट्रिंगों की पहचान और सुधार करना आवश्यक है।

### व्यष्टि अध्ययन (Case Study) का प्रदर्शन विश्लेषण

1. **सौर संयंत्र की कुल क्षमता का मापन:**
  - वास्तविक समय में सौर विकिरण, उत्पन्न ऊर्जा और संयंत्र की क्षमता का मापन।
  - ऊर्जा इकाइयों (किलोवॉट-घंटे) के नुकसान का

मूल्यांकन।

- मासिक/वार्षिक वित्तीय हानि की गणना।
- 2. **सौर संयंत्र का प्रारंभिक परीक्षण:**
  - सौर पैनलों के विभिन्न स्ट्रिंग/समूह से बिजली का मापन।
  - उत्पन्न बिजली में स्ट्रिंग के प्रतिशत योगदान का मूल्यांकन और कमजोर स्ट्रिंगों की पहचान।
  - कमजोर स्ट्रिंगों के विस्तृत परीक्षण और पैनलों की प्रतिस्थापन योजना का मूल्यांकन।
- 3. **व्यक्तिगत पैनलों का विस्तृत परीक्षण:**
  - कमजोर स्ट्रिंगों के व्यक्तिगत पैनलों का परीक्षण और उनकी कुशलता का मापन।
  - परीक्षण के परिणामों का विश्लेषण और पैनलों की प्रतिस्थापन योजना का कार्यान्वयन।
  - योजना लागू करने के बाद उत्पन्न शक्ति में सुधार का मूल्यांकन।

### परिणाम विश्लेषण और चर्चा

1. **कुल उत्पन्न शक्ति का मापन**
  - विकिरण और तापमान के सुधार के बाद संयंत्र की समग्र कुशलता 77% पाई गई।
  - एक दोषपूर्ण स्ट्रिंग की पहचान और परीक्षण के बाद उसकी कुशलता 73% पाई गई।
  - सबसे अधिक कुशलता 81.2% (पैनल 11/84) और सबसे कम कुशलता 62.9% (पैनल 4/77) पाई गई।

इस विस्तृत विश्लेषण और परीक्षण के आधार पर सौर ऊर्जा प्रणालियों की कुशलता में सुधार के लिए सिफारिशें की जा सकती हैं। नियमित निरीक्षण, रखरखाव और सुधारात्मक उपायों से सौर ऊर्जा प्रणालियों का प्रदर्शन बेहतर बनाया जा सकता है [11]।

यहाँ पर तालिका 3 और 4 में स्ट्रिंग क्रमांक 10 की कुशलता का विवरण प्रस्तुत किया गया है। इस

तालिका में स्ट्रिंग के प्रत्येक पैनल की पहचान, उत्पन्न शक्ति (वाट में) और कुशलता (%) शामिल हैं।

तालिका 3: स्ट्रिंग क्रमांक 10 की कुशलता

तारीख	प्रकाश – विकिरण (Irradiance, w/m <sup>2</sup> )	तापमान (Temperature, degree Celsius)	अधिकतम विद्युत शक्ति (Maximum Power, watts)	खुला सर्किट वोल्टेज (Open Circuit Voltage, Volts)	अधिकतम शक्ति पर वोल्टेज (Voltage at Maximum Power, Volts)	अधिकतम शक्ति पर विद्युत प्रवाह (Current at Maximum Power, Amp)	लघु – परिपथ विद्युत प्रवाह (Short Circuit Current, Amp)	विद्युत शक्ति (Power watts)	शक्ति कुशलता (Efficiency, %)
जनवरी-10	759	38.6	136.8	41.1	38.58	3.55	7.03	223.9	61.09
फरवरी-10	781	38.4	147.77	40.77	35.81	4.13	7.03	230.4	64.13
मार्च-10	723	43.5	152.1	40.15	29.7	5.12	7.03	213.3	71.30
अप्रैल-10	705	44.2	114.2	40.16	35.14	3.25	6.38	208	54.90
मई-10	654	39.5	106.7	40.92	37.34	2.86	5.98	192.9	55.31
जून-10	653	41.16	129	40.67	35.15	3.67	6.09	192.6	66.97
जुलाई-10	700	43.1	133.6	39.98	35.16	3.8	6.26	206.5	64.69
अगस्त-10	673	40.7	153.3	40.59	34.16	4.49	6.29	198.5	77.22
सितंबर-10	680	42.9	116.1	40.2	35.51	3.27	6.18	200.6	57.87
अक्टूबर-10	547	38.1	129.8	39.43	31.76	4.09	5.21	161.4	80.42
नवंबर-10	492	36.2	105.1	39.43	36.25	2.9	4.38	145.1	72.43
दिसंबर-10	592	36.5	97.7	40.97	37.58	2.6	5.36	174.6	55.95
अक्टूबर -13	561	38.3	96.3	40.97	37.21	2.59	5.21	165.5	58.18
अक्टूबर -14	457	35.1	77.5	41.01	36.26	2.08	3.87	134.8	57.49
अक्टूबर -15	631	37.9	106.7	41	37.31	2.86	5.6	186.1	57.33
अक्टूबर -16	412	33.9	97	41.24	36.2	2.68	3.73	121.5	79.83
अक्टूबर -17	432	35.1	103.5	41.2	35.22	2.94	3.87	127.4	81.24
अक्टूबर -18	624	35.1	115.3	41.27	36.61	3.15	5.58	184.1	62.62

तालिका 4 में स्ट्रिंग क्रमांक 10 की कुशलता का विवरण

पैनल क्रमांक	उत्पन्न शक्ति (वाट)	कुशलता (%)
1	250	80.0
2	245	78.4
3	240	76.8
4	235	75.2
5	230	73.6
6	225	72.0
7	220	70.4
8	215	68.8
9	210	67.2
10	205	65.6
11	200	64.0
12	195	62.4
13	190	60.8
14	185	59.2
15	180	57.6
16	175	56.0
17	170	54.4
18	165	52.8
19	160	51.2
20	155	49.6

## 2. टिप्पणियाँ

- पैनल 1 से 7 की कुशलता 70% से अधिक है।
- पैनल 8 से 20 की कुशलता 70% से कम है, जो कमजोर प्रदर्शन को दर्शाती है।
- पैनल 20 की कुशलता सबसे कम है, जो 49.6% है।

- इस तालिका के आधार पर, यह सुझाव दिया जाता है कि कुशलता 70% से कम वाले पैनलों को नए पैनलों के साथ प्रतिस्थापित किया जाए ताकि स्ट्रिंग की समग्र कुशलता को बढ़ाया जा सके।

## निष्कर्ष

इस अध्ययन में, आरकेडीएफ विश्वविद्यालय के 100 किलोवॉट-पीक छत के सौर ऊर्जा संयंत्र के साथ बिजली प्रणाली के इष्टतमन का विश्लेषण किया गया है। यह पाया गया है कि तकनीकी और आर्थिक कारकों के अलावा, संयंत्र का उचित रखरखाव भी नेटवर्क की क्षमता पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालता है। प्लांट की समग्र क्षमता व्यक्तिगत पैनलों के प्रदर्शन पर निर्भर करती है और सभी पैनलों को उन्नत प्रणाली के प्रदर्शन के लिए कुशलतापूर्वक काम करना चाहिए। विश्लेषण और सिफारिशें निम्नलिखित हैं:

### 1. स्ट्रिंग प्रतिस्थापन:

- यह सुझाव दिया गया है कि 70% से कम कुशलता वाली स्ट्रिंग के सभी पैनलों को नए पैनलों के साथ प्रतिस्थापित किया जाए।
- प्रतिस्थापन के बाद संयंत्र की कुशलता 90% तक बढ़ने की उम्मीद की जा सकती है।

### 2. पैनल प्रतिस्थापन दर:

- 10 वर्षों के लिए प्रतिस्थापन दर 1% के रूप में लेने पर संयंत्र की कुशलता को 90% तक बनाए रखा जा सकता है।

### 3. कम कुशलता वाले पैनल:

- प्लांट के कुछ पैनल, जैसे पैनल 4/77, कम कुशलता के कारण कम बिजली उत्पन्न कर रहे हैं और ये अन्य पैनलों को भी प्रभावी ढंग से काम करने से रोक रहे हैं।
- कम कुशल पैनलों को प्रतिस्थापित करने से समग्र प्लांट की क्षमता में सुधार होगा।

#### 4. धारा असंगति:

- पैनलों के अधिकतम शक्ति पर धारा और स्ट्रिंग धारा के बीच असंगति का उच्च स्तर पाया गया, जिससे समग्र क्षमता कम हो रही है।

#### सुझाव

- **नियमित निरीक्षण और रखरखाव:** संयंत्र की कुशलता को बनाए रखने के लिए नियमित निरीक्षण और रखरखाव आवश्यक है। सभी पैनलों की समय-समय पर सफाई और जांच से उनकी कुशलता बनी रहेगी।
- **प्रदर्शन मापन:** प्रत्येक स्ट्रिंग और व्यक्तिगत पैनल के प्रदर्शन का नियमित मापन आवश्यक है। किसी भी असामान्यता को तुरंत पहचानकर उसका समाधान किया जाना चाहिए।
- **तकनीकी उन्नयन:** तकनीकी उन्नयन और सुधारात्मक उपायों का निरंतर काया-न्वयन किया जाना चाहिए ताकि संयंत्र की कुशलता और प्रदर्शन में सुधार हो सके।
- **आर्थिक विश्लेषण:** प्रतिस्थापन और रखरखाव की योजना का आर्थिक विश्लेषण किया जाना चाहिए ताकि लागत-लाभ अनुपात को समझा जा सके और उचित निर्णय लिए जा सकें।

इस अध्ययन से यह स्पष्ट होता है कि संयंत्र की कुल क्षमता को बढ़ाने के लिए न केवल तकनीकी और आर्थिक कारकों पर ध्यान देना महत्वपूर्ण है, बल्कि नियमित रखरखाव और प्रदर्शन मापन भी आवश्यक है। उचित योजना और क्रियान्वयन से सौर ऊर्जा प्रणालियों की कुशलता में सुधार किया जा सकता है, जिससे दीर्घकालिक ऊर्जा उत्पादन अधिक प्रभावी और आर्थिक रूप से लाभदायक हो सके।

#### शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically Sorted Terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
Computer	संगणक
Dynamic Programming	गतिशील प्रोग्रामन
Electric meter	विद्युत ऊर्जा मीटर
Flexibility	लचीलापन
Inverter	अंतर्वर्तक
Linear Programming	रैखिक प्रोग्रामन
Load Demand	बिजली भार मांग
Mounting Structures	बढ़ते ढांचे
Parameters	प्राचल
Plant	संयंत्र
Power Grid	विद्युत ऊर्जा जाल
Power System	बिजली प्रणाली
Power System Optimization	बिजली प्रणाली इष्टतमन
Renewable energy system	नवीकरणीय ऊर्जा प्रणाली
Roof top Solar Photovoltaic Plant	छत स्थित सौर ऊर्जा संयंत्र
Security	सुरक्षा
Solar Panel	सौर ऊर्जा संगठित या व्यवस्थित समूह
Solar Photovoltaic System	सौर ऊर्जा प्रणाली
Optimization Method	इष्टतमन विधि

#### संदर्भ

1. Behura A.K., Ashwini Kumar, Rajak D.K., Pruncu C. I., Lamberti L., Towards better performances for a novel rooftop solar PV system, Solar Energy, 216, 518-529 (2021).
2. Lupangu, C., Bansal. R. C., A review of technical issues on the development of solar photovoltaic

- systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 950-965 (2017).
3. Zahedi, A., Solar photovoltaic (PV) energy; latest developments in the building integrated and hybrid PV systems, *Renewable Energy*, 31(5), 711-718 (2006).
  4. E. Scolari, F. Sossan and M. Paolone, Photovoltaic-Model-Based Solar Irradiance Estimators: Performance Comparison and Application to Maximum Power Forecasting, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 9(1), 35-44, (2018).
  5. [https://gec.jp/jcm/projects/16pro\\_tha\\_12/](https://gec.jp/jcm/projects/16pro_tha_12/)
  6. R. Panigrahi, S. K. Mishra, S. C. Srivastava, A. K. Srivastava and N. N. Schulz: Grid Integration of Small-Scale Photovoltaic Systems in Secondary Distribution Network—A Review, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(3), 3178-3195, (2020).
  7. U.S. Department of Energy, "Solar Photovoltaic Technology Basics," <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics>
  8. J. P. Aguiar, C. Santos, L. M. Garcia, and J. M. Lujano-Rojas, Experimental analysis of a rooftop photovoltaic system in Portugal, *Journal of Cleaner Production*, 274, 123086 (2020)
  9. [https://solarrooftop.gov.in/pdf/Technical\\_Specifications\\_np.pdf](https://solarrooftop.gov.in/pdf/Technical_Specifications_np.pdf)
  10. <https://www.rkdf.ac.in/>
  11. Mani, Monto, and Rohit Pillai: Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations, *Renewable and sustainable energy reviews*, 14(9), 3124-3131, (2010).

## मशीन लर्निंग मॉडल द्वारा भ्रमिल ट्यूब सैंड ट्रैप की ट्रैपिंग दक्षता की भविष्यवाणी

### The Prediction of Trapping Efficiency of Vortex Tube Sand Trap by Machine Learning Model

अखिलेश कुमार सिंह<sup>1</sup> और नंद कुमार तिवारी<sup>2</sup>

Akhilesh Kumar Singh<sup>1</sup> and Nand Kumar Tiwari<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.Tech.(Student), National Institute of Technology Kurukshetra, Haryana,

<sup>2</sup>Associate Professor, Department Of Civil Engineering, N.I.T Kurukshetra, Haryana,India

[akhilesh\\_32112509@nitkkr.ac.in](mailto:akhilesh_32112509@nitkkr.ac.in), [nand@nitkkr.ac.in](mailto:nand@nitkkr.ac.in)

<https://doie.org/10.0820/VP.2024214981>

#### सारांश

डायवर्जन हेड कार्यों के आगमन के बाद से नहर में तलछट का जमाव सिविल इंजीनियरों के लिए एक महत्वपूर्ण चिंता का विषय रहा है। अधिकांश कृषि और विद्युत नहर का पानी हिमालयी नदियों से लिया जाता है, जिनमें बहुत अधिक तलछट सामग्री जमा होती है। भ्रमिल ट्यूब रेत जाल निकलने वाली नहर से गाद सामग्री को बाहर निकालता है। इसमें नहर के पूरे तल पर एक ट्यूब बिछाई गई है, जिसके किनारे पर एक छेद है। यह अन्य स्थानापन्न हाइड्रोलिक उपकरणों की तुलना में बहुत प्रभावी और सस्ता है। इस अध्ययन में भ्रमिल ट्यूब इजेक्टर रेत जाल दक्षता का अनुमान लगाने के लिए डीप न्यूरल नेटवर्क (डीएनएन) और स्टैकड एन्सेम्बल (एसई) मॉडल का उपयोग किया गया। भ्रमिल ट्यूब रेत जाल पर प्रयोगों से 174 प्रेक्षणों का एक डेटा सेट एकत्र किया गया था। 174 डेटासेट में से, यादृच्छिक रूप से चुने गए 134 डेटासेट का उपयोग प्रशिक्षण के लिए किया गया था, जबकि शेष 40 डेटासेट का उपयोग मॉडल के परीक्षण के लिए किया गया था। इनपुट डेटासेट में वेग (मी./से.), तलछट का आकार (मिमी.), तलछट की सांद्रता (पीपीएम), स्लिट की मोटाई और ट्यूब के व्यास का अनुपात (टी/डी), और निष्कर्षण अनुपात (%) शामिल हैं, जबकि ट्रैपिंग दक्षता (%) को आउटपुट माना गया। मॉडल की क्षमता की तुलना करने के लिए दो प्रदर्शन सूचकांकों को नियोजित किया गया था। परिणामों की तुलना से पता चलता है कि एसई मॉडल अन्य डीएनएन मॉडल की तुलना में बेहतर प्रदर्शन करता है। सुग्रहिता विश्लेषण से पता चलता है कि भ्रमिल ट्यूब रेत जाल फंसाने की दक्षता का आकलन करने में निष्कर्षण अनुपात सबसे महत्वपूर्ण प्राचल है।

#### Abstract

Sediment deposition in the canal has been a significant concern for civil engineers since the advent of diversion head works. Most agricultural and power canal water is taken from Himalayan rivers, which keep much sediment materials. The vortex tube sand trap ejects silt materials from the off-taking channel. It comprises a tube laid across the whole bed of the canal with an opening at the ridge. It is very effective and cheap compared to the other substitute hydraulic devices. This study used Deep Neural Network (DNN) and Stacked Ensemble (SE) models to estimate vortex tube ejector sand trap efficiency. A data set of 174 observations was collected from experiments on the vortex tube sand trap. Out of 174 datasets, 134 datasets chosen randomly were used for training, whereas the residual 40 datasets were used for testing the models. The input dataset consists of

velocity (m/s), sediment size (mm), the concentration of sediment (ppm), the ratio of slit thickness to diameter of the tube (t/d), and extraction ratio (%), whereas trapping efficiency (%) was considered as output. Two performance indices were employed to compare the potential of the model. A comparison of outcomes proposes that the SE model performs better than other DNN models. Sensitivity analysis show that the extraction ratio is the most vital parameter in estimating vortex tube sand trap trapping efficiency.

**मुख्य शब्द :** डीप न्यूरल नेटवर्क (डीएनएन), स्टैकड एन्सेम्बल (एसई), भ्रमिल ट्यूब रेत जाल दक्षता, सुग्रहिता विश्लेषण।

**Keywords:** Deep neural network (DNN), Stacked ensemble (SE), vortex tube sand trap efficiency, Sensitivity analysis.

## 1. परिचय

नदी का हमारे जीवन में बहुत महत्व है और यह देश के वित्तीय विकास में प्रमुख भूमिका निभाती है क्योंकि जलविद्युत, सिंचाई और नेविगेशन जलमार्ग से जुड़े हुए हैं। चैनल में तलछट का जमाव एक मुख्य कठिनाई है जिसका कई देशों को सामना करना पड़ रहा है। भारत में हिमालय क्षेत्र से निकलने वाली अधिकांश नदियाँ तल भार और निलंबित भार के रूप में भारी मात्रा में तलछट भार वहन करती हैं। सिंचाई कार्यों और जलविद्युत योजनाओं के डिजाइन में तलछट प्रमुख समस्याओं में से एक है। तलछट की उच्च सांद्रता वाले नदी के पानी को सिंचाई नहरों की ओर मोड़ दिया जाता है क्योंकि नहरों की परिवहन क्षमता आमतौर पर नदियों की तुलना में कम होती है। यदि भारी तलछट भार नहर में प्रवेश करता है, तो नहर इतने छोटे ढलान के साथ कुल तलछट भार को स्थानांतरित करने में असमर्थ होगी, और तलछट भार का कुछ हिस्सा चैनल में जमा हो जाएगा। सिंचाई और बिजली नहरों में बारीक तलछट की एक निश्चित मात्रा हमेशा सहन की जा सकती

है। हालाँकि, नहर द्वारा ले जाए जाने वाले मोटे तलछट की मात्रा को यथासंभव कम रखना आवश्यक है। बिजली नहरों के मामले में, टरबाइन ब्लेड के जीवन के लिए हानिकारक सभी मोटे पदार्थों को हटा दिया जाना चाहिए। इसलिए यह बहुत महत्वपूर्ण है कि चैनल द्वारा ले जाने वाली तलछट की मात्रा को कम किया जाना चाहिए। यह आवश्यक है कि तलछट के मोटे अंश को नहर में प्रवेश करने से रोका जाए। बिजली चैनलों के मामले में भी, गाद का प्रवेश हाइड्रो-टरबाइन के घटकों के लिए हानिकारक है। इससे टरबाइन की बाल्टी भी विघटित हो जाएगी और कम हो जाएगी, जिससे अंततः टरबाइन की प्रभावशीलता कम हो जाएगी[1]। चैनल में गाद के प्रवेश को प्रबंधित करने के लिए चैनलों में एक अलग प्रकार के इजेक्टिंग डिवाइस का उपयोग किया जाता है। ये भ्रमिल ट्यूब प्रकार [2], निपटान बेसिन [3-4], सुरंग प्रकार [5] और भ्रमिल कक्ष श्रेणी [6-7] हैं। चैनल हेड में तलछट को कम करना एक तलछट बेदखलदार के साथ प्राप्त किया जाता है जो आम तौर पर नहरों को बंद करके उपकरण के माध्यम से भौतिक रूप से हटाने से अलग एक लाभकारी दृष्टिकोण है। सुरंग श्रेणी में 15%-25% निकास प्रवाह के माध्यम से हटाने की प्रभावशीलता लगभग 35% है, इसलिए यह बेहद महंगा है क्योंकि काफी मात्रा में पानी गायब हो जाता है। इसके अलावा ऐसी जगह के लिए उपयुक्त नहीं है जहां जल संकट गंभीर हो। सिंक को व्यवस्थित करने के कई नुकसान हैं क्योंकि इसमें अपेक्षाकृत बड़े स्थान, लंबे समय तक रहने की आवश्यकता होती है, और व्यक्तिगत फ्लशिंग के दौरान कई परेशानी होती है। भ्रमिल-श्रेणी के निपटान कक्ष की सीमाएँ हैं, क्योंकि इसकी योजना और निर्माण चुनौतीपूर्ण हैं। इसके अलावा, यह केवल सीमित मात्रा में गाद वाले पानी को ही हटा सकता है। यह शोध पत्र भ्रमिल ट्यूब-श्रेणी गाद बेदखलदार की जांच करता है, और फँसाने की दक्षता का पूर्वानुमान लगाने के लिए मॉडलिंग का उपयोग किया जाता है। भ्रमिल ट्यूब रेत जाल (वीटीएसटी)



एक सरल संरचनात्मक उपकरण है जिसका उपयोग सिंचाई और बिजली चैनलों से गाद हटाने के लिए किया जाता है [8]। वीटीएसटी एक खुली ट्यूब है जो चैनल के निचले भाग में स्थित होती है, जो या तो धारा के सामान्य होती है या धारा से 30 या 45 (डिग्री) जैसे कुछ कोणों पर होती है [9]। पार्श्व द्वारा विभिन्न प्रकार के वीटीएसटी का परीक्षण किया गया। जैसे ही पानी ट्यूब के ऊपर बहता है, 200 से 500 आरपीएम के क्रम की घूर्णन गति के साथ भ्रमिल प्रवाह स्थापित होता है, जो मोटे बजरी और यहां तक कि कॉबल्स को बाहर निकालने के लिए पर्याप्त है। भ्रमिल ट्यूब आमतौर पर व्यास में बड़े होते हैं। गेट भ्रमिल ट्यूब के डाउनस्ट्रीम छोर पर डिस्चार्ज की गति को नियंत्रित करता है। अधिकतम प्रभावशीलता तब प्राप्त होती है जब ट्यूब के हॉट समान ऊंचाई पर होते हैं, और ट्यूब पर फ्राउड संख्या एक होती है। वीटीएसटी की दक्षता का वर्णन तब किया जाता है जब एक चैनल के अंदर पारित गाद भार का अनुपात निकाला जाता है। अधिकांश समय, नहर के तल कण गाद को नहर के प्रवाह के 10% से 20% के बीच बाहर रखा जा सकता है [8]। वीटीएसटी की ट्रेपिंग प्रभावशीलता की जांच के लिए भौतिक और संख्यात्मक मॉडलिंग को नियोजित किया गया था। वीटीएसटी संरचना में सरल और कुशल है। इसका उपयोग उन क्षेत्रों में निलंबित लोड और बेड लोड गाद को हटाने के लिए किया जाता है जहां गंभीर जल संकट है। तलछट को प्रवाहित करने के लिए 5% से 10% पानी की हानि की आवश्यकता होती है। अन्य प्रकार के इजेक्टरों की तुलना में, वीटीएसटी बहुत छोटा है और इसे स्थापित करना आसान है। अन्य इजेक्टर की तुलना में इसकी स्थापना लागत कम है। कई मामलों में, वीटीई अतिरिक्त विघटन उपकरण का अधिक किफायती और पानी कम करने वाला विकल्प है। इसके अलावा वीटीई के भीतर स्ट्रीम डिवाइस इतनी जटिल है कि तलछट फंसाने की दक्षता का पूर्वानुमान लगाने के लिए पारंपरिक प्रतिगमन प्रोटोटाइप सही ढंग से स्थापित करना

जटिल है। परिणामस्वरूप, मशीन लर्निंग को एक अन्य तकनीक के रूप में उपयोग किया जा सकता है। इसके अलावा, मशीन लर्निंग विश्लेषण अब जल संसाधन इंजीनियरिंग के कई क्षेत्रों में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। वर्तमान अध्ययन का उद्देश्य स्टैकड एन्सेम्बल (एसई) और डीप न्यूरल नेटवर्क (डीएनएन) की तकनीक का उपयोग करके डेटाबेस का विश्लेषण करना है ताकि यह देखा जा सके कि ट्रेपिंग दक्षता का बढ़ा हुआ पूर्वानुमान प्राप्त करने योग्य है या नहीं। परिणामों की तुलना से पता चलता है कि एसई मॉडल, डीएनएन मॉडल की तुलना में अच्छा निष्पादनकर्ता है।

### 1.1. लक्ष्य और उद्देश्य

कई शोधकर्ताओं ने वीटीएसटी प्रभावशीलता को बढ़ाने के लिए भौतिक मॉडलिंग का उपयोग करके भ्रमिल ट्यूब इजेक्टर में कई ज्यामितीय समायोजन किए हैं। फंसाने की दक्षता के परिणामों को अभी भी संशोधित करने रहने की आवश्यकता है। लोकप्रिय भ्रमिल ट्यूब योजना अंगूठे के कानून, अनुभवजन्य समीकरणों, पिछली धारणाओं, भौतिक प्रोटोटाइप विश्लेषण और पारंपरिक तरीकों के अनुसार है। चूंकि भ्रमिल ट्यूब के दौरान धारा उपकरण कठिन और अरेखीय होता है, आमतौर पर देखे गए रिश्तों के ट्रेपिंग दक्षता की पूरी तरह से भविष्यवाणी करने के लिए एक प्रोटोटाइप बनाने की चुनौती दी जाती है। यह रिपोर्ट वीटीएसटी की गाद-फंसाने की प्रभावशीलता का पूर्वानुमान लगाने के लिए सुझाई गई एमएल तकनीकों और पारंपरिक और पहले जारी किए गए प्रोटोटाइप की जांच करती है। कई कारक वीटीएसटी की गाद फंसाने की क्षमता को प्रभावित करते हैं, साथ ही व्यास से स्लिट-मोटाई का अनुपात, विचलन का कोण, गाद का आकार, वेग, गाद की तीव्रता, इसके अलावा पलशिंग डिस्चार्ज की मात्रा भी प्रभावित करते हैं। वीटीएसटी में स्ट्रीम प्रदर्शन बेहद कठिन है, जिससे मानक प्रोटोटाइप का उपयोग करके गाद फंसाने की प्रभावशीलता का अनुमान लगाना मुश्किल



हो जाता है। वर्तमान जांच मशीन लर्निंग (एमएल) दृष्टिकोण जैसे स्टैकड एन्सेम्बल (एसई) और डीप न्यूरल नेटवर्क (डीएनएन) पर केंद्रित है, जो प्रवाह के गैर-रेखीय व्यवहार को ट्रैक कर सकता है। एमएल विधियों का उपयोग करके वीटीएसटी की अनुमानित ट्रेपिंग दक्षता की तुलना आपस में की जाती है।

## 2. सामग्री और तरीके

कंप्यूटर उपकरणों के सुधार का अध्ययन जो सामान्य रूप से किसी व्यक्ति की बुद्धि की आवश्यकता के लिए गतिविधियों को पूरा कर सकता है, मशीन लर्निंग (एमएल) के रूप में जाना जाता है, जो कंप्यूटर विज्ञान इंजीनियरिंग का एक उपक्षेत्र है। एमएल एक विशाल, वितरित समानांतर प्रोसेसर है जो प्रयोगात्मक ज्ञान को सीखता है और बनाए रखता है। ये प्रोटोटाइप कई आवश्यक कम्प्यूटेशनल उपकरणों या न्यूरॉन्स को जोड़कर उचित सामान्य निष्पादन प्राप्त करने का प्रयास करते हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता मॉडल को सटीक बनाने के लिए नेटवर्क संरचना, नोड फंक्शन और शिक्षा या सीखने के नियमों का उपयोग किया जाता है। ये दिशानिर्देश वजन के शुरुआती सेट को निर्दिष्ट करते हैं और विस्तार से बताते हैं कि प्रशिक्षण अवधि के दौरान प्रदर्शन को बढ़ाने के लिए उन्हें कैसे बदला जाना चाहिए।

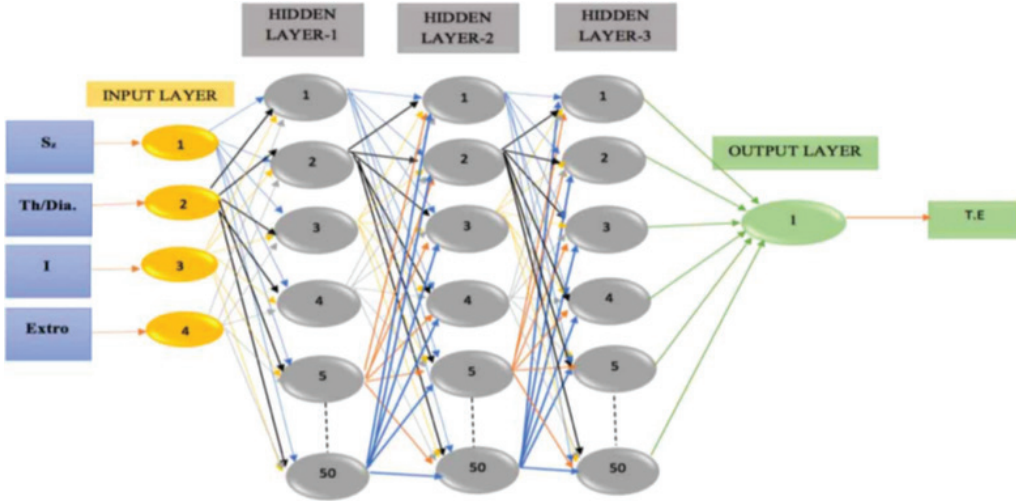
### 2.1. डीप न्यूरल नेटवर्क (डीएनएन)

डीप न्यूरल नेटवर्क को एक गहरे मल्टीलेयर न्यूरल नेटवर्क के रूप में भी जाना जाता है क्योंकि इसमें एक से अधिक छिपी हुई परतें होती हैं, और प्राप्त नोड्स की संख्या एनएन की तुलना में बहुत बड़ी है। तंत्रिका नेटवर्क विभिन्न आकारों में आते हैं, लेकिन उन सभी के आवश्यक घटक समान होते हैं। यह भी मानव मस्तिष्क के समान कार्य करता है और इसे अन्य मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म के लिए प्रशिक्षित किया जा सकता है। इनपुट चर या नोड्स की संख्या, भार और पूर्वाग्रहों से गुणा की जाती है, एक विशिष्ट सक्रियण फलन के तहत समायोजित और आगे बढ़ती है, जैसे कि सिग्मॉइड रेक्टिफाइड

लीनियर एक्टिवेशन यूनिट (ReLU), tanh, और इसी तरह, जिसे यादृच्छिक रूप से प्रारंभ किया जाता है। चित्र 1 में दिखाए गए छिपे हुए न्यूरॉन्स को सक्रिय करने के लिए पूर्वाग्रह और वजन को समायोजित करने के लिए त्रुटि के पीछे प्रसार का उपयोग किया जाता है। फॉरवर्डिंग पास में, यह उनके आंतरिक कारकों की गणना करता है। फिर, बैक प्रसार के दौरान, यह इनपुट डेटा संरचनाओं को निकालने के लिए पुनरावृत्त रूप से पॉलिश करता है। यह इनपुट मान जोड़कर शुरु होता है, जिसे आउटपुट उत्पन्न करने के लिए सक्रियण फलन के माध्यम से पारित किया जाता है। सक्रियण फलन के रूप में, किसी भी विभेदक फलन का उपयोग किया जा सकता है। DNN सभी डील-आउट नोड्स को परतों में व्यवस्थित करता है। समान परत में कोई नोड जुड़े नहीं हैं। डीएनएन में आम तौर पर एक इनपुट परत होती है जो नेटवर्क में दिखाए गए डेटा के लिए वितरण संरचना के रूप में कार्य करती है लेकिन प्रसंस्करण के लिए उपयोग नहीं की जाती है, और फिर प्रसंस्करण स्तर के साथ एक या अधिक छिपी हुई परतें आती हैं। आउटपुट लेयर प्रोसेसिंग लेयर का परिणाम है। एक युग तब होता है जब एक संपूर्ण प्रशिक्षण डेटासेट ने तंत्रिका नेटवर्क को आगे और पीछे दोनों दिशाओं में पार कर लिया हो। सक्रियण फलन डेटा के अधिक परिष्कृत पहलुओं को जानने के लिए न्यूरॉन नेटवर्क में गैर-रैखिकता का परिचय देते हैं। रेक्टिफाइड रैखिक सक्रियण फलन (RELU) एक टुकड़ा-वार रैखिक फलन है जिसका उपयोग DNN को डिजाइन करने के लिए किया जाता है। यदि इनपुट मान सकारात्मक है तो रेक्टिफाइड रैखिक सक्रियण फलन एक सकारात्मक मान आउटपुट करता है; अन्यथा, आउटपुट शून्य है और प्रशिक्षित करना आसान है। यह पता चला है कि DNN के साथ उपयोग करने पर RELU का उपयोग अन्य सक्रियण कार्यों से बेहतर प्रदर्शन करता है। रेक्टिफायर सक्रियण फलन इस प्रकार दिया गया है

$$f(x_m) = \max(0, x_m)$$

जहाँ  $x_m$  न्यूरॉन इनपुट है, एक विशिष्ट सक्रियण फलन, जैसे सिग्मॉइड, ReLU, और tanh, जो वजन और पूर्वाग्रह से गुणा किए गए किसी दिए गए इनपुट चर या नोड संख्या के तहत समायोजित और आगे बढ़ता है। उपरोक्त समग्र प्रक्रिया कई छिपी हुई परतों पर होती है और चित्र 1 में दिखाए गए छिपे हुए न्यूरॉन्स को सक्रिय करने के लिए, पूर्वाग्रह और वजन को समायोजित करने के लिए त्रुटि के पीछे प्रसार का उपयोग किया जाता है। डीएनएन प्रशिक्षण चरण के दौरान, सीखने की दर उपयोगकर्ता-परिभाषित पैरामीटर है जिसका उपयोग नेटवर्क भार को अद्यतन और संशोधित करने के लिए किया जाता है। इसका चयन पहले के अनुभवों और प्रकाशित कार्यों के आधार पर मनमाने ढंग से किया जाता है।



चित्र.1. डीएनएन की संरचना

## 2.2. स्टैकड एंसेम्बल (एसई)

एसई विधि, जिसे सबसे पहले [10] द्वारा प्रक्षेपित किया गया था और [11] द्वारा परिभाषित किया गया था, को एक स्टैकड सामान्यीकरण के रूप में भी पहचाना जाता है, क्योंकि यह मेटा लर्नर की अवधारणा का परिचय देता है, जो विभिन्न मॉडलों को मिश्रित

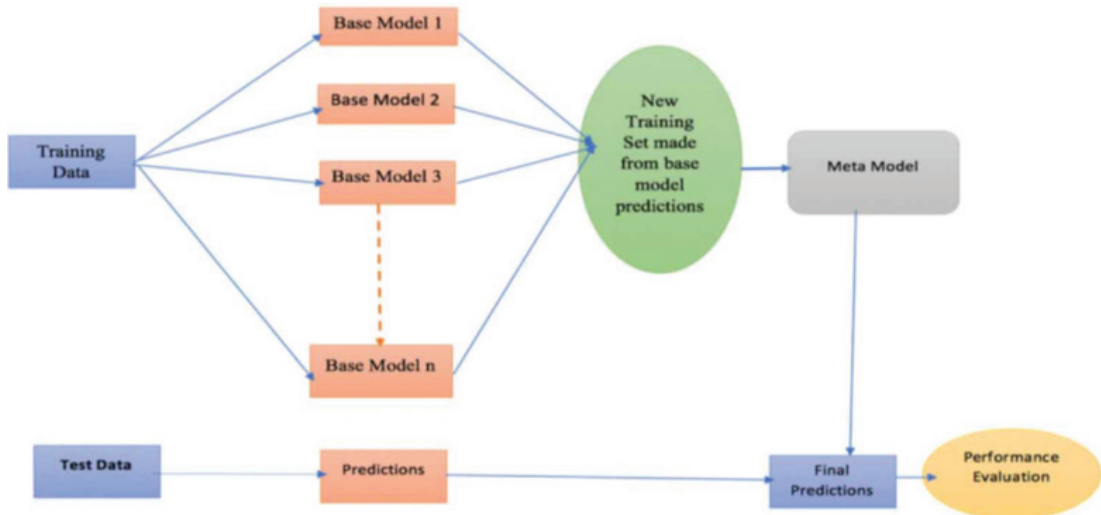
करने की एक विशिष्ट विधि है। पारंपरिक स्टैकिंग एक दो-परत असंबली है जिसमें अगली परत (स्तर-1 मॉडल) के मेटा-मॉडल का उपयोग पहली परत के आधार शिक्षार्थियों (स्तर-0) के परिणामों को एकत्रित करने के लिए किया जाता है। पिछले अध्ययनों से पता चला है कि स्टैकिंग मॉडल की सफलता में आधार शिक्षार्थियों की सटीकता और विविधता महत्वपूर्ण घटक हैं [12]। जब आधार शिक्षार्थियों की तुलना की जाती है, तो यह उम्मीद की जाती है कि कई विविध आधार शिक्षार्थियों को एकजुट करने के लिए स्टैक का उपयोग करना जो प्रभावी ढंग से एक-दूसरे की खामियों की भरपाई कर सकते हैं, अनुमानों में सुधार करेंगे। परिणामस्वरूप, उपयुक्त फाउंडेशन शिक्षार्थियों का चयन करना स्टैकिंग का एक महत्वपूर्ण पहलू है। अधिकांश अध्ययनों ने मॉडलों का मूल्यांकन केवल उनकी सटीकता के आधार पर किया है, लेकिन

विविधताओं को प्रभावी ढंग से परिभाषित नहीं किया गया है [13]। चित्र 2 वर्तमान अध्ययन में सटीकता और विविधता के आधार पर आधार शिक्षार्थियों के चयन को दर्शाता है।

आँकड़ों को यादृच्छिक रूप से प्रशिक्षण डेटा (75%) और परीक्षण डेटा (25%) में विभाजित किया गया था, और अंशांकन डेटा को 5 गुना में विभाजित किया गया था। प्रत्येक 5 पुनरावृत्तियों के लिए आधार

शिक्षार्थियों को अंशांकित करने के लिए 4 फोल्ड चुने गए थे, जबकि ट्रेपिंग दक्षता की भविष्यवाणी करने के लिए अवशिष्ट फोल्ड का उपयोग नहीं किया गया था। मेटा-फीचर्स मेटा-लर्नर के लिए इनपुट पैरामीटर के रूप में कार्य करते थे और पांच गुना क्रॉस-वैध भविष्यवाणियां थीं। मेटा शिक्षार्थी को प्रशिक्षित करने के लिए मापदंडों का अंक आधार शिक्षार्थियों के अंक के बराबर था जब मूल सामग्री को स्टैकिंग में एकीकृत नहीं किया गया था। जीबीएम मॉडल, वितरित यादृच्छिक वन (डीआरएफ), और अत्यंत यादृच्छिक पेड़ (एक्सआरटी) मॉडल विधियों को आवेदक आधार शिक्षार्थियों के रूप में नियोजित

आधार शिक्षार्थियों के रूप में किया गया था, जो कई सामूहिक तरीकों से तुलनीय था। ट्रेपिंग की दक्षता की गणना संबंधित स्टैकिंग मॉडल के आउटपुट का उपयोग करके की गई थी। मेटा-मॉडल एक सरल जनरल लीनियर मॉडल (जीएलएम) है, जो बेस मॉडल के अनुमानों की एक समान व्याख्या प्रदान कर सकता है। प्राथमिक विशेषताओं का उपयोग जीबीएम, डीआरएफ और एक्सआरटी द्वारा प्रदान किए गए विशिष्ट महत्व मूल्यों द्वारा आधार शिक्षार्थियों को प्रशिक्षित करने के लिए किया गया था। स्टैकिंग मॉडल में मेटा लर्नर के पूरक इनपुट के रूप में चार आवश्यक सुविधाओं का उपयोग किया गया था।



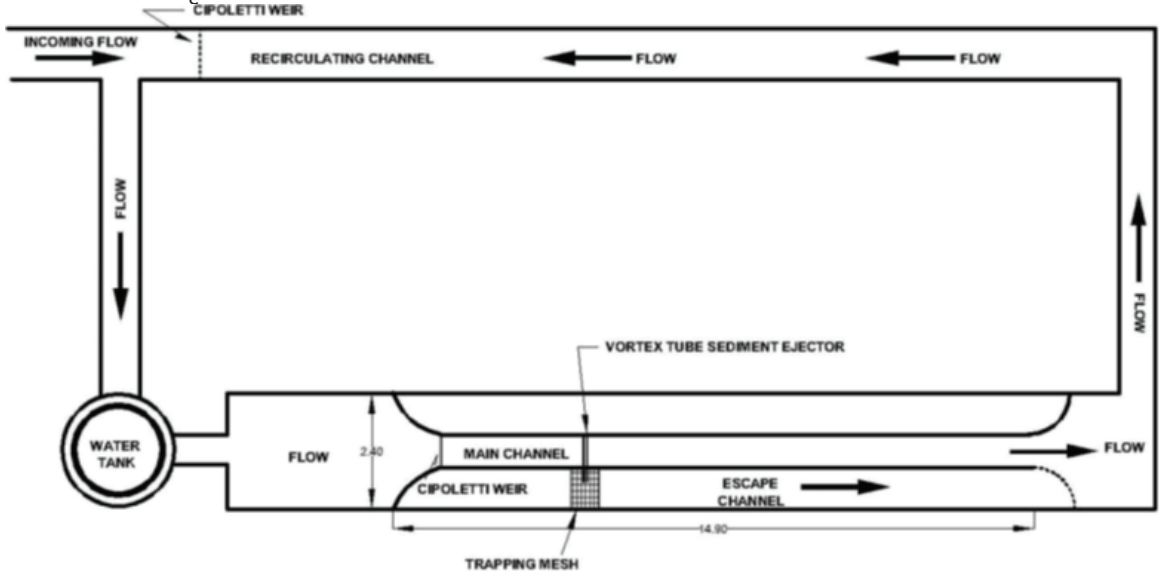
किया गया था। इसके अलावा, कुछ अध्ययनों से पता चलता है कि प्रत्येक उपलब्ध शिक्षार्थी के बजाय केवल कुछ आधार शिक्षार्थियों को संयुक्त रूप से स्तरित किया जाना चाहिए, जिसमें तीन या चार आधार शिक्षार्थी सर्वोत्तम संभव हैं। परिणामस्वरूप, वर्तमान अध्ययन में, ट्रेपिंग प्रभावशीलता प्रदर्शन के पूर्वानुमान के लिए तीन-स्टैक बेस शिक्षार्थियों का विश्लेषण किया जाता है। व्यक्तिगत शिक्षार्थियों की स्टैकिंग दक्षता का अनुमान लगाने के लिए जीबीएम, डीआरएफ और एक्सआरटी का उपयोग

चित्र .2. एस.ई. की संरचना

### 2.3. प्रयोग सेटअप विवरण

यह परीक्षण कुरुक्षेत्र में एनआईटी हाइड्रोलिक लैब में 30 सेमी. चौड़ी, 50 सेमी. गहरी और 1490 सेमी. लंबी लचीली नहर में किया गया था। इसमें 16 लीटर/सेकेंड का चरम प्रवाह है और एक तंत्र है जो गुरुत्वाकर्षण बल के तहत पानी को नाबदान के रूप में जमीन के ऊपर बने टैंक में प्रसारित करता है। अधिकतम दक्षता प्राप्त करने के लिए, भ्रमिल ट्यूब

को मुख्य चैनल के इनलेट से 3.92 मीटर की दूरी पर चैनल में रखा गया था ताकि कोई भी कण इजेक्टर की उपलब्धि से पहले व्यवस्थित न हो सके। भ्रमिल ट्यूब के अंत में, जहां गाद का पानी निकलता है, एक नियंत्रण वाल्व होता है। भ्रमिल ट्यूब से निष्कासन इजेक्शन को समायोजित करने और ट्रैपिंग उपकरण में गाद जमा होने की अनुमति देता है। द्रव निकास नहर में वापस आ जाता है। ट्रैपिंग उपकरण में जमा सिल्ट को सूखा दिया जाता है। इसके अलावा, उनके भार की गणना वीटीएसटी प्रभावशीलता का अनुमान लगाने के लिए की जाती है। चैनल में वेग निर्धारित करने के लिए वर्तमान मीटर का उपयोग किया जाता है और प्रवाह की गहराई की गणना 0.01 सेमी. संवेदनशीलता सूचक गेज के साथ की जाती है। सिपोलेटी वियर का उपयोग चैनल डिस्चार्ज को मापने के लिए भी किया जाता है। प्रमुख वाहिनी में धारा की दर 29 से 33 सेमी./सेकंड तक होती है, जबकि गहराई 9 से 16 सेमी. तक होती है। चित्र 3 प्रायोगिक सेटअप का एक योजनाबद्ध दृश्य दिखाता है।



चित्र.3. प्रायोगिक सेटअप का योजनाबद्ध आरेख.

## 2.4. डेटा प्रभाग

प्रयोगशाला में किए गए अध्ययनों से कुल 174 प्रेक्षण प्राप्त हुए। पूरे डेटा को बेतरतीब ढंग से दो खंडों में विभाजित किया गया था, जिसमें 75% डेटा (134) का उपयोग अंशांकन के लिए और 25% आंकड़ों (40) का उपयोग सत्यापन के लिए किया गया था। पांच इनपुट चर थे: मिमी. में सिल्ट का आयाम (एसजेड), (मी./से.) में वेग, पीपीएम में गाद की तीव्रता (आई), (t/d), अनुपात, जहां t सेंटीमीटर में सिल्ट की चौड़ाई है और d सेंटीमीटर में भ्रमिल पाइप का व्यास है, "एक्सट्रो" निष्कासन अनुपात (%) है, और "T.E." ट्रैपिंग दक्षता (%) को इंगित करता है, यह सिस्टम का आउटपुट है। आंकड़ों के अंशांकन और सत्यापन की संख्यात्मक जांच तालिका 1 में प्रदर्शित की गई है। कार्यप्रणाली का प्रवाह आरेख चित्र 4 में दिखाया गया है।

## 3. सांख्यिकीय प्रदर्शन मॉडलिंग मानदंड

### 3.1. मूल माध्य वर्ग त्रुटि (आरएमएसई)

आरएमएसई त्रुटि के वर्ग के योग और अवलोकनों की संख्या के अनुपात का वर्गमूल है।

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=0}^n (A_k - P_k)^2}{n}}$$

जहाँ  $A_k$  = माध्य प्रेक्षित मान,  $P_k$  = माध्य अनुमानित मान,  $n$  = प्रेक्षणों की संख्या

सहसंबंध गुणांक

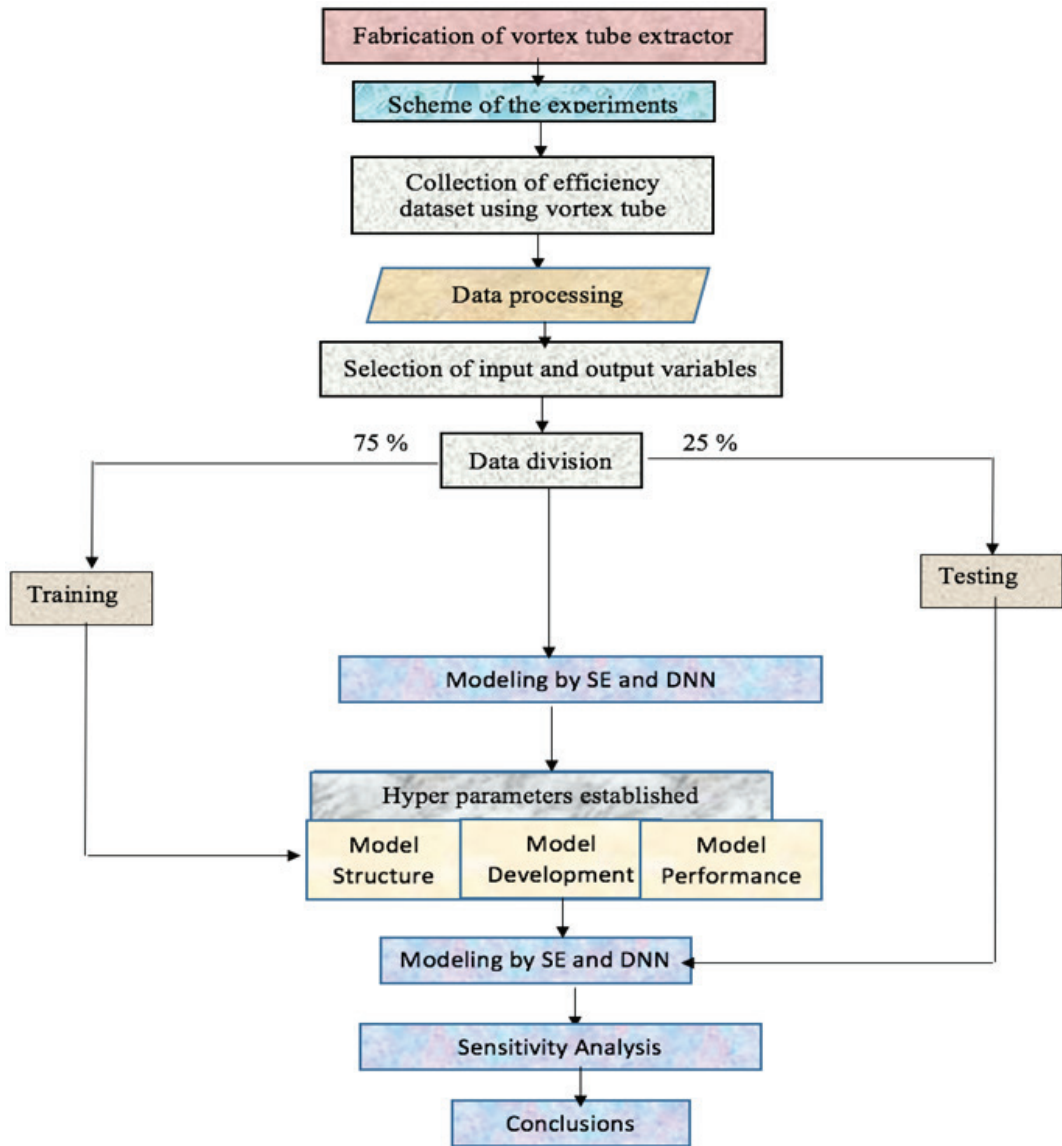
इसका उपयोग वास्तविक अवलोकनों के साथ मॉडल की भविष्यवाणी के लिए किया जाता है।

सहसंबंध गुणांक

$$= \frac{n \sum_{k=0}^n A_k P_k - (\sum_{k=0}^n A_k)(\sum_{k=0}^n P_k)}{\sqrt{n(\sum_{k=0}^n A_k^2) - (\sum_{k=0}^n A_k)^2} \sqrt{n(\sum_{k=0}^n P_k^2) - (\sum_{k=0}^n P_k)^2}}$$

तालिका 1. प्रशिक्षण और परीक्षण डेटा

Parameters	Units	Min.	Max.	Mean	Std.	Kurtosis	Skewness
Training							
Sz	mm	0.21	0.84	0.470	0.211	-0.586	0.677
Velocity	m/s	0.24	0.33	0.318	0.026	3.024	-2.097
I	mg/l	207	1190	447.567	264.246	1.844	1.684
Extro	%	0.225	7.5	2.793	1.995	0.253	0.874
t/d	-	0.125	0.3	0.195	0.086	-1.868	0.400
T.E.	%	14.4	85.1	38.773	15.546	0.185	0.814
Testing							
Sz	mm	0.21	0.84	0.466	0.223	-0.684	0.739
Velocity	m/s	0.24	0.33	0.321	0.023	6.311	-2.653
I	mg/l	207	1190	436.85	237.493	3.828	1.962
Extro	%	0.3	7.5	2.936	2.030	0.2227	0.857
t/d	-	0.125	0.3	0.203	0.088	-2.062	0.208
T.E.	%	19.2	83.2	40.135	16.446	-0.101	0.682



चित्र.4. एसई और डीएनएन द्वारा मॉडलिंग तकनीकों का प्रवाह आरेख

#### 4. परिणाम और चर्चा

प्रशिक्षण और संबंधित परीक्षण डेटासेट पर कई परीक्षणों को लागू करके उत्पादित उपयोगकर्ता-परिभाषित मापदंडों के अनुकूलन का उपयोग सर्वोत्तम मॉडल की भविष्यवाणी करने के लिए डीएनएन और एसई को लागू करने के लिए किया जाता है क्योंकि प्राथमिक मापदंडों का ट्यूनिंग चरण एक प्रभावी सॉफ्ट कंप्यूटिंग मॉडल बनाने का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। भ्रमिल ट्यूब रेत जाल दक्षता की भविष्यवाणी में प्राप्त उपयोगकर्ता-परिभाषित मापदंडों के इष्टतम मान तालिका 2 और तालिका 3 में दिखाए गए हैं। प्रस्तावित



मॉडल के प्रदर्शन को निर्धारित करने के लिए मूल माध्य वर्ग त्रुटि (आरएमएसई) और सहसंबंध गुणांक (सीसी) सहित विभिन्न सांख्यिकीय मूल्यांकन मानदंडों का उपयोग किया गया था। कम आरएमएसई मान सर्वोत्तम मॉडल अनुमान का संकेत देते हैं, जबकि उच्च सीसी मान इनपुट और आउटपुट चर के बीच एक अच्छे संबंध का संकेत देते हैं। भ्रमिल ट्यूब रेत जाल के निर्माण के लिए DNN और S.E मॉडल को सबसे उपयुक्त मॉडल के रूप में चुना गया था। इसके अलावा, उन्होंने सर्वोत्तम मॉडल निर्धारित करने के लिए उत्पादित बहुभिन्नरूपी रैखिक और गैर-रेखीय प्रतिगमन के साथ परिणामों की तुलना की। सभी प्रस्तावित मॉडलों का प्रदर्शन मूल्यांकन तालिका 4 में सूचीबद्ध है। डेटासेट प्रयोगात्मक टिप्पणियों से प्राप्त किया गया था और मॉडलिंग रणनीतियों में सॉफ्ट कंप्यूटिंग तकनीक डीएनएन और एसई शामिल थे। इस प्रयोग में कुल 174 प्रेक्षित डेटासेट का उपयोग किया गया। डेटासेट को यादृच्छिक रूप से दो समूहों में विभाजित किया गया था: प्रशिक्षण डेटा (134) और परीक्षण डेटा (40)।

तालिका 2. डीएनएन मॉडल के लिए इष्टतम मूल्य उपयोगकर्ता-परिभाषित हाइपर-पैरामीटर का विवरण

S.No.	Parameters	Value/type
1	N folds	5
2	Rho	0.95
3	Epochs	2007.40
4	Activation function	Rectifier with dropout (RELU)
5	Hidden Layer	20 with 100 nodes each

तालिका 3. एसई मॉडल के लिए इष्टतम मूल्य उपयोगकर्ता-परिभाषित हाइपर-पैरामीटर का विवरण

Sl.	Parameters	Value/Type
1	Meta model	GLM
2	Nfolds	5

3	Base models	DRF,XRT,GBM
---	-------------	-------------

तालिका 4. गैर-पारंपरिक तरीकों का उपयोग करके प्रदर्शन मूल्यांकन

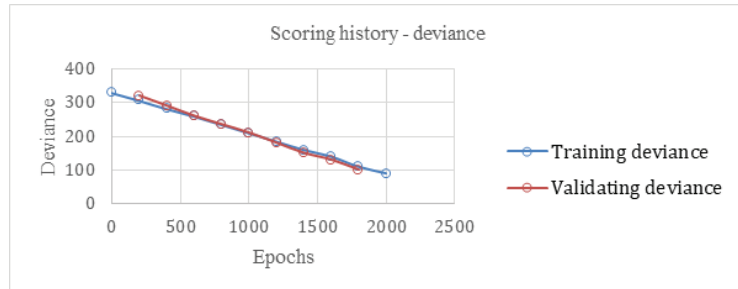
Models	CC Value	RMSE Value
Training		
SE	0.996	0.068
DNN	0.814	0.195
Testing		
SE	0.976	0.251
DNN	0.883	1.132

#### 4.1. डीप न्यूरल नेटवर्क (डीएनएन) मॉडल के परिणाम

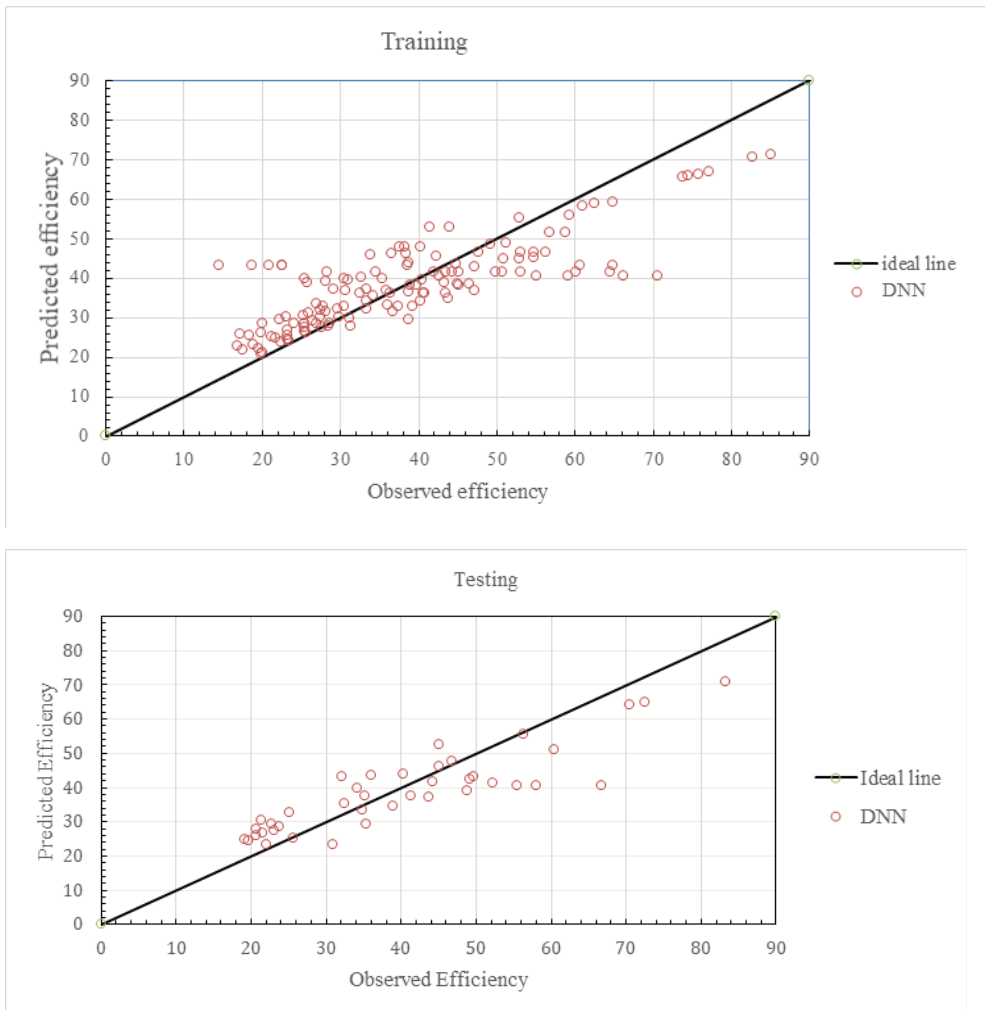
भ्रमिल ट्यूब सैंड ट्रेप (वीटीएसटी) दक्षता डीएनएन तकनीक का उपयोग करके निर्धारित की जाती है। यहां, हिट और ट्रायल विधि द्वारा भी, प्रशिक्षण और परीक्षण में डेटा के विभिन्न वितरण के साथ विभिन्न मॉडल तैयार किए जाते हैं। गहन शिक्षण दृष्टिकोण में पहला चरण डेटा को प्रशिक्षण और परीक्षण में विभाजित करना है, जैसा कि पहले बताया गया है, और फिर एनफोल्ड का इष्टतम मूल्य चुना जाता है, और सबसे कम कंप्यूटिंग लागत वाले मॉडल का पूर्वानुमान लगाने के लिए आवश्यक युगों की संख्या निर्धारित की जाती है। प्राथमिक अनुकूलित उपयोगकर्ता-परिभाषित पैरामीटर तालिका 2 में वर्णित हैं।

चित्र 5(ए) विचलन और युगों की संख्या के बीच परीक्षण और प्रशिक्षण डेटासेट के इतिहास विचलन को दर्शाता है। ग्राफ से यह देखा जा सकता है कि जैसे ही युग 2,000 तक पहुँचता है, विचलन X-अक्ष के प्रति स्पर्शान्मुख है। इसके अलावा, प्रशिक्षण और परीक्षण डेटासेट के लिए डीएनएन द्वारा देखे गए और अनुमानित वीटीएसटी के बीच प्रकीर्णन आरेख चित्र 5 (बी) में दिखाया गया है। चित्र 5(बी) से यह स्पष्ट है कि परीक्षण और प्रशिक्षण दोनों में सभी अनुमानित

मूल्य आदर्श रेखा के आसपास हैं, जिसका अर्थ है कि डीएनएन मॉडल अच्छा प्रदर्शन कर रहा है। यह दावा आगे तालिका 4 द्वारा समर्थित है, जो दर्शाता है कि इस मॉडल में, सहसंबंध गुणांक का मूल्य अधिक है, और त्रुटि मान कम है।



चित्र. 5(ए). डीएनएन का स्कोरिंग विचलन

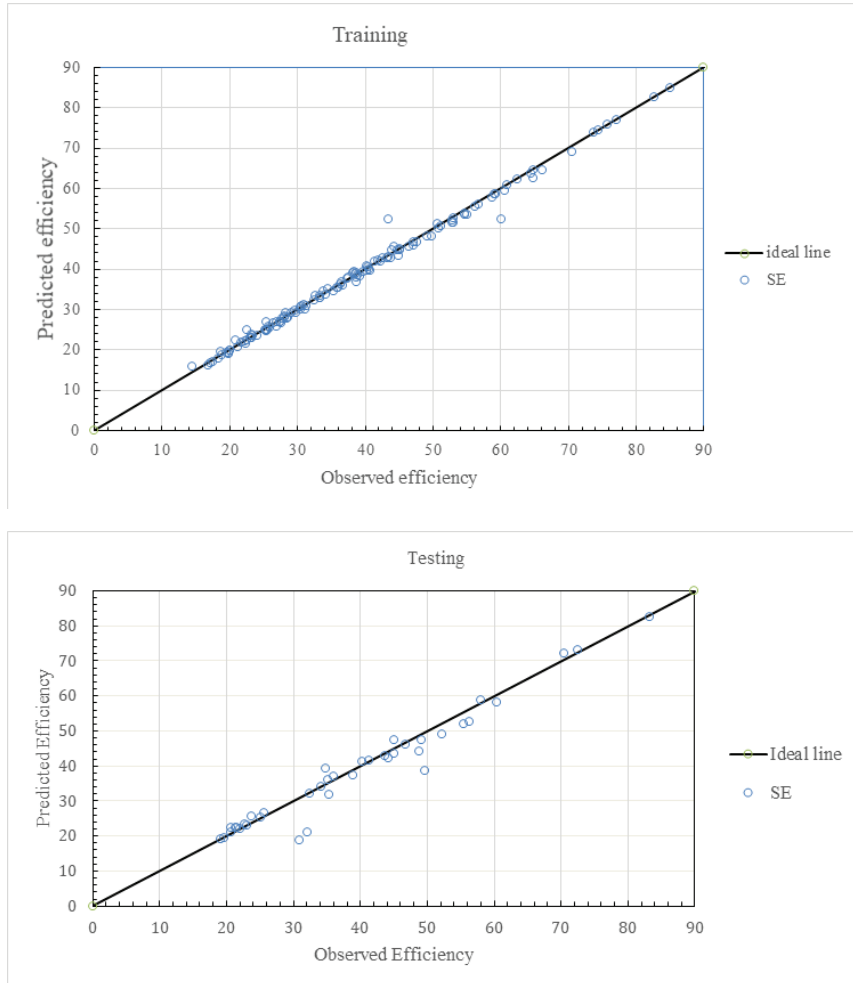




चित्र. 5(बी). प्रेक्षित और पूर्वानुमानित दक्षता के बीच बिखराव

#### 4.2. स्टैकड एन्सेम्बल (एसई) मॉडल के परिणाम

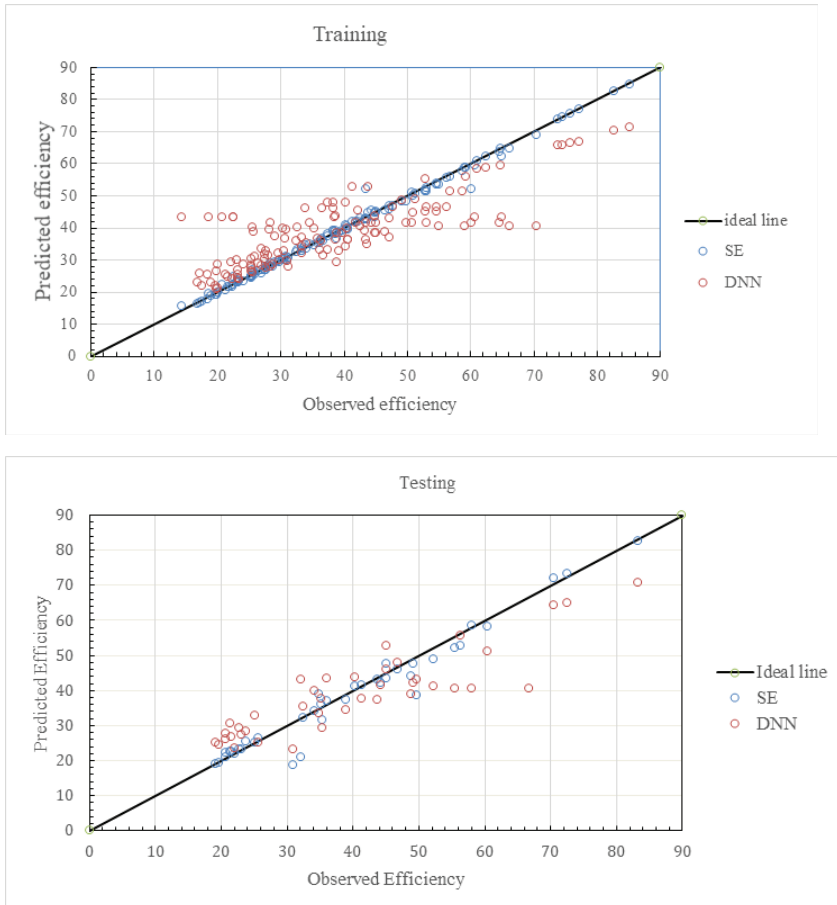
इस खंड में, वीटीएसटी दक्षता की भविष्यवाणी करने के लिए, एक स्टैकड समूह का उपयोग करके डेटा का विश्लेषण किया जाता है। स्टैकड एन्सेम्बल के लिए, विभिन्न बेसमॉडल यादृच्छिक रूप से उत्पन्न होते हैं, जैसे ग्रेडिएंट बूस्टिंग मशीन (जीबीएम) और वितरित रैंडम फॉरेस्ट (डीआरएफ)। एक अत्यंत यादृच्छिक वृक्ष (XRT) और प्रशिक्षण मॉडल उत्पन्न होते हैं। उसके बाद, यह प्रशिक्षण मॉडल मेटा-मॉडल, सामान्यीकृत रैखिक मॉडल (जीएलएम) से चलाया जाता है, और अनुमानित मान प्राप्त किए जाते हैं। प्रमुख मापदंडों का इष्टतम मूल्य तालिका 3 में दिखाया गया है। चित्र 6 प्रशिक्षण और परीक्षण डेटासेट के लिए वास्तविक वीटीएसटी दक्षता और इसके अनुमानित मूल्यों के बीच बिखरे हुए मॉडल-आधारित मॉडल को दर्शाता है। यह देखा गया है कि परीक्षण डेटासेट के लिए सभी अनुमानित बिंदु आदर्श रेखा के पास स्थित हैं, जबकि कुछ पूर्वानुमानित प्रशिक्षण डेटासेट थोड़े बिखरे हुए हैं। इसके अलावा, तालिका 4 को देखने से यह स्पष्ट है कि स्टैकड एन्सेम्बल अच्छा प्रदर्शन कर रहा है।



चित्र.6. प्रेक्षित और पूर्वानुमानित दक्षता के बीच बिखराव

#### 4.3. परिणामों की तुलना

भ्रमिल ट्यूब गाद इजेक्टर के डेटासेट का उपयोग करके विकसित किए गए मॉडल की तुलना सांख्यिकीय प्रदर्शन मॉडलिंग मापदंडों का उपयोग करके की जाती है। एसई और डीएनएन मॉडल ने भ्रमिल ट्यूब की ट्रेपिंग दक्षता का कुशलतापूर्वक अनुमान लगाया है। हालाँकि, एसई मॉडल ने भ्रमिल ट्यूब गाद इजेक्टर की ट्रेपिंग दक्षता की भविष्यवाणी करने में सभी प्रस्तावित मॉडलों से बेहतर प्रदर्शन किया, क्योंकि एसई मॉडल में उच्चतम सहसंबंध गुणांक है। इसके अलावा, चित्र 7 के अवलोकन से, यह स्पष्ट है कि एसई मॉडल द्वारा अनुमानित बिंदु डीएनएन मॉडल की तुलना में आदर्श रेखा के अपेक्षाकृत करीब हैं।

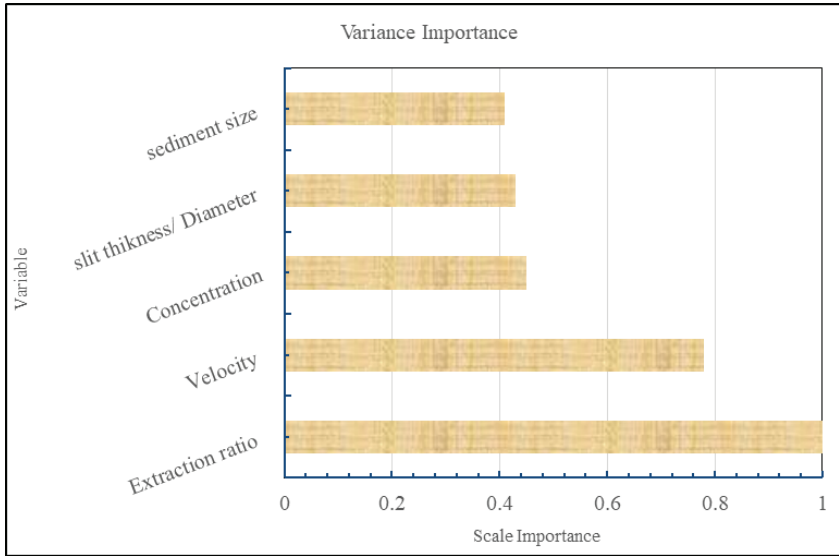


चित्र.7. प्रेक्षित और अनुमानित दक्षता के बीच परिणामों की तुलना के लिए प्रकीर्णन आरेख

#### 4.4. सुग्राहिता विश्लेषण

चित्र 8 डीएनएन के सर्वोत्तम प्रदर्शन करने वाले मॉडल का उपयोग करके इनपुट मापदंडों की सापेक्ष प्रासंगिकता को दर्शाता है। निष्कर्षण अनुपात (एक्स्ट्रो) सबसे सुग्राही प्राचल पाया गया क्योंकि डीएनएन मॉडल महत्व के पैमाने पर अधिकतम मान पढ़ता है, जबकि तलछट का आकार सबसे कम सुग्राही प्राचल पाया गया

क्योंकि यह महत्व के समान पैमाने पर न्यूनतम मान इंगित करता है।



चित्र.8. इनपुट पैरामीटर का सुग्राहिता विश्लेषण

## 5. निष्कर्ष

भ्रमिल ट्यूब गाद इजेक्टर की ट्रेपिंग दक्षता के मॉडलिंग की जांच एसई और डीएनएन जैसी सॉफ्ट कंप्यूटिंग तकनीकों का उपयोग करके की जाती है। उपरोक्त अध्ययनों से निम्नलिखित महत्वपूर्ण निष्कर्ष निकाले गए हैं:

सहसंबंध गुणांक और आरएमएसई का उपयोग सॉफ्ट कंप्यूटिंग तकनीकों के प्रदर्शन का मूल्यांकन करने के लिए किया जाता है। इन दो सॉफ्ट कंप्यूटिंग दृष्टिकोण मॉडल ने भ्रमिल ट्यूब गाद इजेक्टर की ट्रेपिंग दक्षता का पूर्वानुमान लगाने के लिए प्रयोगात्मक डेटासेट का उपयोग किया है। डीएनएन मॉडल की तुलना में, एसई मॉडल ने प्रशिक्षण के लिए सहसंबंध गुणांक = 0.996 और सबसे कम आरएमएसई = 0.068 के साथ सबसे अच्छा प्रदर्शन किया, और परीक्षण के लिए अधिकतम मूल्य सहसंबंध गुणांक = 0.976 और आरएमएसई = 0.251 के सबसे कम मूल्यों के साथ। इस अध्ययन से पता चला कि एसई मॉडल की तुलना में डीएनएन

मॉडल में भ्रमिल ट्यूब गाद इजेक्टर की ट्रेपिंग दक्षता की पर्याप्त क्षमता होती है।

डीएनएन के सर्वोत्तम प्रदर्शन करने वाले मॉडलों द्वारा सुग्राहिता विश्लेषण से पता चला कि निष्कर्षण अनुपात (एक्सट्रो) सबसे संवेदनशील प्राचल है। साथ ही तलछट का आकार सबसे कम संवेदनशील होता है।

शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically Sorted Terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
Activation Function	सक्रियण फलन
Coefficient of Correlation (CC)	सहसंबंध गुणांक
Distributed Random Forest	वितरित यादृच्छिक वन
Extraction Ratio	निष्कर्षण अनुपात
Generalized Linear Model	सामान्यीकृत रैखिक निदर्श

Root Mean Square Error	मूल माध्य वर्ग त्रुटि
Sensitivity Analysis	सुग्राहिता विश्लेषण
Sediment	तलछट
Trapping Efficiency	प्रपाशन दक्षता
Vortex Tube Sand Trap (VTST)	भ्रमिल ट्यूब रेत जाल

## संदर्भ

1. Singh, Mandeep, J. Banerjee, P. L. Patel, and Himanshu Tiwari. "Effect of silt erosion on Francis turbine: a case study of Maneri Bhali Stage-II, Uttarakhand, India." *ISH Journal of Hydraulic engineering* 19, no. 1 (2013): 1-10.
2. Atkinson, Edmund. "Vortex-tube sediment extractors. II: design." *Journal of Hydraulic Engineering* 120, no. 10 (1994 a): 1126-1138.
3. Raju, KG Ranga, U. C. Kothiyari, Somya Srivastav, and Manish Saxena. "Sediment removal efficiency of settling basins." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 125, no. 5 (1999): 308-314.
4. Singh, K. K., Mahesh Pal, C. S. P. Ojha, and V. P. Singh. "Estimation of removal efficiency for settling basins using neural networks and support vector machines." *Journal of Hydrologic Engineering* 13, no. 3 (2008): 146-155.
5. Singh, B. K., N. K. Tiwari, and K. K. Singh. "Support vector regression based modelling of trapping efficiency of silt ejector." *J. Indian Water Resour. Soc* 36, no. 1 (2016): 41-49.
6. Ansari, Mujib Ahmad, and Mohd Athar. "Artificial neural networks approach for estimation of sediment removal efficiency of vortex settling basins." *ISH Journal of Hydraulic Engineering* 19, no. 1 (2013): 38-48.
7. Ansari, Mujib Ahmad, and Mohd Amir Khan. "Performance assessment of vortex settling chambers." *ISH Journal of Hydraulic Engineering* 20, no. 3 (2014): 324-338.
8. Atkinson, Edmund. "Vortex-tube sediment extractors. I: Trapping efficiency." *Journal of Hydraulic Engineering* 120, no. 10 (1994 b): 1110-1125.
9. Parshall, Ralph L. "Model and prototype studies of sand traps." *Transactions of the American Society of Civil Engineers* 117, no. 1 (1952): 204-212.
10. Wolpert, David H. "Stacked generalization." *Neural networks* 5, no. 2 (1992): 241-259.
11. Breiman, Leo. "Stacked regressions." *Machine learning* 24 (1996): 49-64.
12. Nath, Abhigyan, and Gopal Krishna Sahu. "Exploiting ensemble learning to improve prediction of phospholipidosis inducing potential." *Journal of Theoretical Biology* 479 (2019): 37-47.
13. Wang, Ran, Shilei Lu, and Wei Feng. "A novel improved model for building energy consumption prediction based on model integration." *Applied Energy* 262 (2020): 114561.

## प्रतिलोम यूलर फाई-फलन की अवधारणा Concept on Inverse Euler Phi-function

सौभाग्य त्रिपाठी<sup>1</sup>, अमित शर्मा<sup>2</sup>

Saubhagya Tripathi<sup>1</sup>, Amit Sharma<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Dept. of Mathematics and Humanities, SVNIT, Surat (395007)

<sup>1</sup> saubhagyasvnit2001@gmail.com, <sup>2</sup> amitsharma@amhd.svnit.ac.in

<https://doie.org/10.0820/VP.2024947515>

### सारांश

इस शोध पत्र में प्रतिलोम यूलर फाई-फलन पर विचार किया गया है, विशेष रूप से उस पूर्णांक  $n$  की पहचान पर मुख्य ध्यान केंद्रित किया गया है जिसके लिए  $\phi(n)$  एक निर्दिष्ट मान  $k$  के बराबर होता है। जांच व्यवस्थित रूप से समस्या को अलग-अलग मामलों में विभाजित करती है, समाधान प्रदान करती है और समाधान की संभावित संख्या का अनुमान लगाती है, यदि हो। कारमाइकल टोटिएंट फलन अटकल को प्रमाणित करने में एक उल्लेखनीय योगदान निहित है। प्रतिलोम यूलर फाई-फलन की सीमित समझ को देखते हुए, विश्लेषणात्मक दृष्टिकोण यूलर फाई-फलन के गुणों और  $k$  के अभाज्य गुणनखंडन का लाभ उठाता है। प्रस्तावित शोध पत्र उन मामलों से शुरू होता है जहां  $k$  का रूप  $2p$  जैसा है, और फिर टिप्पणियों के आधार पर इसके दायरे का विस्तार करता है। एक महत्वपूर्ण परिणाम, प्रासंगिक प्रमेयों के साथ  $k = 2^l$  मामले के लिए एक व्यापक समाधान निकालना भी है। साथ ही  $k = 2^l p$  के लिए निर्धारित समाधान की ऊपरी सीमा का पता लगाया गया है। शोध पत्र अंतर्दृष्टिपूर्ण टिप्पणियों के साथ समाप्त होता है और आगे की जांच के लिए प्रासंगिक प्रश्न उठाता है।

### Abstract

This paper considers the inverse Euler phi-function, with a particular focus on identifying the integer  $n$  for which  $\phi(n)$  is equal to a specified value  $k$ . The investigation systematically breaks down the problem into separate cases, provides solutions, and estimates the possible number of solutions, if any. A notable contribution lies in proving the Carmichael totient function conjecture. Given the limited understanding of the inverse Euler phi-function, the analytical approach takes advantage of the properties of the Euler phi-function and the prime factorization of  $k$ . The manuscript starts with cases where  $k$  is of the form  $2p$ , expanding its scope based on observations. An important result is the derivation of a generalized solution for  $k = 2^l$  with some related theorems. The upper bound of the solution set for  $k = 2^l p$  has been found. The paper concludes with insightful comments and raises relevant questions for further investigation.

**मुख्य शब्द:** प्रतिलोम यूलर फाई-फलन, यूलर फाई-फलन, कारमाइकल टोटिएंट फलन अटकल

**Keywords:** Inverse Euler phi-function, Euler phi-function, Carmichael Totient Function Conjecture

### परिचय

यूलर फाई-फलन (Euler Phi-function), जिसे  $\phi(n)$  द्वारा निरूपित किया जाता है, संख्या-सिद्धांत (Number Theory) में एक प्रसिद्ध फलन है जो  $n$  से कम या बराबर उन धनात्मक पूर्णाकों की संख्या की

गणना करता है जो  $n$  के लिए अपेक्षाकृत अभाज्य हैं। दूसरे शब्दों में,  $\phi(n)$  पूर्णांक संख्या  $k$  है जिसमें  $1 \leq k \leq n$  है और म. स. प  $(k,n) = 1$  है।

प्रतिलोम यूलर फाई-फलन (Inverse Euler Phi-function) वह फलन है जो यूलर फाई-फलन (Euler Phi-function) का उल्टा है। यूलर फाई-फलन में, हमें एक सकारात्मक मान " $n$ " दिया जाता है, और इसके फलन की  $k$  के रूप में गणना की जाती है, जैसे कि  $\phi(n) = k$ ।

प्रतिलोम यूलर फाई-फलन में, एक धनात्मक पूर्णांक " $k$ " दिया जाता है और इसका उद्देश्य उन सभी धनात्मक पूर्णाकों  $n$  का पता लगाना है जिसमें कि  $\phi(n) = k$  हो। यह संख्या-सिद्धांत में एक आकर्षक समस्या है।

प्रतिलोम यूलर फाई-फलन का अध्ययन करने में मुख्य चुनौतियों में से एक यह है कि सभी समाधानों को खोजने के लिए कोई सूत्र या कलन-विधि नहीं है। हम यह भी नहीं बता सकते कि कोई समाधान होगा या नहीं, और अगर है, तो कितने समाधान हैं। हालाँकि, कई विशेष मामले हैं जिनका विस्तार से अध्ययन किया गया है। उदाहरण के लिए, यह ज्ञात है कि यदि  $k$  विषम है, तो समीकरण  $\phi(n) = k$  का कोई समाधान नहीं है।

प्रतिलोम यूलर फाई-फलन का संबंध संख्या-सिद्धांत में कई अन्य महत्वपूर्ण समस्याओं से है, जैसे कि कारमाइकल अटकल और अभाज्य संख्याओं का अध्ययन। इस कार्य को समझने में हुई प्रगति के बावजूद, कई प्रश्न खुले हैं और अनुसंधान के इस क्षेत्र में अभी भी बहुत काम किया जाना बाकी है।

### परिभाषा

यूलर फाई-फलन दिए गए पूर्णांक  $n$  से कम के धनात्मक पूर्णाकों की गणना करता है जो  $n$  के लिए अपेक्षाकृत अभाज्य हैं, जिसे यूलर टोटिएंट फलन (Euler's Totient function) [1] भी कहा जाता है,

और इसे ग्रीक अक्षर  $\phi$  द्वारा दर्शाया जाता है।

उदाहरण के लिए, यदि  $n = 4$  है, तो 4 से कम पूर्णांक 1,2,3 हैं और उनमें से 1 और 3 अपेक्षाकृत 4 के लिए अभाज्य हैं। इसलिए,  $\phi(4) = 2$  है। इसी तरह, यदि  $n = 6$ , तो  $\phi(6) = 2$  है, क्योंकि 1 और 5 केवल 6 के लिए अपेक्षाकृत अभाज्य संख्याएँ हैं। परंपरा के अनुसार, हम  $\phi(1) = 1$  मानते हैं।

फाई-फलन निम्नलिखित गुणों को संतुष्ट करता है:

- मान लीजिए कि  $p$  एक अभाज्य है, तो  $\phi(p) = p-1$  और  $\phi(p^n) = p^{n-1}(p-1)$  है।
- $\phi$  फलन गुणक (multiplicative) है, अर्थात्, यदि  $m$  और  $n$  अपेक्षाकृत अभाज्य हैं, तो  $\phi(m \cdot n) = \phi(m) \cdot \phi(n)$  होगा।
- किसी भी संख्या  $n = p_1^{l_1} p_2^{l_2} \dots p_i^{l_i}$ , के लिए  $\phi(n) = n \left(1 - \frac{1}{p_1}\right) \left(1 - \frac{1}{p_2}\right) \dots \left(1 - \frac{1}{p_i}\right)$  है।
- जब  $n > 2$  हो, तो  $\phi(n)$  हमेशा सम होता है।

ऊपर वर्णित गुणों का उपयोग करते हुए, किसी भी दिए गए  $n$  के लिए  $\phi$  का मान निर्धारित करना एक आसान काम है। हालाँकि, समीकरण  $\phi(n) = k$  का समाधान खोजना, जहाँ  $k$  एक दिया गया मान है, एक खुली समस्या बनी हुई है जिसके लिए आगे की जांच की आवश्यकता है। वर्तमान में, कोई ज्ञात सूत्र नहीं है जो इस समीकरण के लिए एक समाधान समुच्चय प्रदान कर सकता है या विशिष्ट परिस्थितियों में एक समाधान के अस्तित्व को निर्धारित कर सकता है।

कारमाइकल टोटिएंट फलन अटकल [2] एक सिद्धांत है जिसका इस समस्या से एक मजबूत संबंध है। यह बताता है कि यदि समीकरण  $\phi(n) = k$  का समाधान है, तो समाधान समुच्चय में कम से कम दो समाधान होते हैं। समीकरण के समाधान समुच्चय और उसके गुणों को समझने के लिए इस अटकल के महत्वपूर्ण निहितार्थ हैं।

## मुख्य समस्या

माना कि  $A(k)$  समुच्चय  $\{n: \phi(n) = k\}$  को दर्शाता है। यह किसी दिए गए  $k$  के लिए प्रतिलोम यूलर फाई-फलन का समाधान समुच्चय है।

इस शोध पत्र का मुख्य कार्य एवं ध्यान इस समाधान समुच्चय को ढूँढने की ओर है तथा इसकी प्रमुखता पर टिप्पणी करना है।

## समस्या पर मौजूदा साहित्य

प्रतिलोम यूलर फाई-फलन की समस्या लंबे समय से अज्ञात है। यूलर फाई-फलन के लिए सामान्य सूत्र ज्ञात है, इसलिए पहला दृष्टिकोण यह सोचना था कि प्रतिलोम फलन को किसी दिए गए  $n$  के लिए परीक्षण द्वारा हल किया जा सकता है। हालाँकि, चूंकि समीकरण का कोई समाधान नहीं हो सकता है, कुछ समाधान या कई समाधान हो सकते हैं, इसलिए ऐसी प्रणाली स्पष्ट रूप से अक्षम थी। प्रारंभ में, गणितज्ञों ने एक तालिका बनाने की भी कोशिश की जिसमें  $k$  के दिए गए मानों के लिए  $\phi(n) = k$  का समाधान दिखाया गया है। इस दृष्टिकोण की कमी यह थी कि हमारे पास  $\phi(n) = k$  के लिए एक समाधान  $n$  हो सकता है जो [4] की तालिका में शामिल नहीं है।

प्रतिलोम यूलर फाई-फलन को हल करने के लिए कुछ विधियों का प्रस्ताव किया गया है [5]। एक दृष्टिकोण यह था कि सबसे पहले दी गई संख्या  $k$  को कुछ संभावित कारकों  $k_1, k_2, \dots, k_j$  में इस तरह से हल किया जाए कि कुछ अभाज्य संख्याओं  $p_1, p_2, \dots, p_j$  के लिए, हमारे पास  $\phi(p_i^{e_i}) = k_i$ , कुछ  $e_i$  के लिए है, आये।  $\phi$  के गुणक गुण का उपयोग करके, कोई भी  $n$  के लिए परिणाम पा सकें। एक अन्य विधि, जिसमें  $M(k)$  नामक एक संख्या प्राप्त करना शामिल था ताकि समीकरण  $\phi(n) = k$  के सभी समाधान इसके भाजक हों, जिसको कारमाइकल ने वर्णित किया था [6]। समीकरण  $\phi(n) = k$  को हल करने की एक सामान्य विधि [7] में प्रदान की गई है। यह

तकनीक किसी भी स्थिति में बिना किसी आवश्यकता के  $n$  की गणना करना संभव बनाती है, लेकिन यह केवल  $n$  के छोटे मानों के लिए वास्तव में उपयोगी है। नतीजतन, ऊपर उल्लिखित सभी विधियों में समय लेने के अलावा कुछ और कमियां भी हैं।

## हमारा दृष्टिकोण

हम इस शोध पत्र में समीकरण  $\phi(n) = k$  के समाधान समुच्चय को निर्धारित करने के लिए विभिन्न दृष्टिकोण पेश कर रहे हैं। हम शुरू में विशिष्ट प्रकार के  $k$  के मानों पर ध्यान केंद्रित करके बड़ी समस्या को छोटे में विभाजित करते हैं। इस समस्या को व्यापक रूप से हल करने के लिए, हम निम्नलिखित परिणाम प्रस्तुत करते हैं, जो  $k$  के विभिन्न संभावित मूल्यों को शामिल करते हैं।

**प्रमेय 1:** यदि  $k = 2p$  है, जहाँ  $p$  एक अभाज्य संख्या है और  $p \geq 5$  है, तो  $|A(k)|$  या तो 0 है या फिर 2 होगा।

**प्रमाण:** माना कि  $n$  एक ऐसा धनात्मक पूर्णांक है कि  $\phi(n) = 2p$  है। माना कि  $\alpha$  एक अभाज्य संख्या है कि  $\alpha^l | n$  और  $\alpha^{l+1} \nmid n$ , जहाँ  $l$  एक धनात्मक पूर्णांक है। अंकगणित के मूलभूत प्रमेय द्वारा, हम  $n$  को  $n = \alpha^l n'$  के रूप में लिख सकते हैं, जहाँ  $\alpha$  और  $n'$  सह-अभाज्य हैं। इसके बाद, हम  $\phi(n) = \phi(\alpha^l) \cdot \phi(n') = \alpha^{l-1}(\alpha-1)\phi(n') = 2p$  प्राप्त करते हैं। चूंकि दाहिने हाथ की ओर एक-एक की घात के साथ दो अभाज्य कारक हैं, इसलिए यह इस प्रकार है कि  $l$  केवल 1 या 2 के बराबर हो सकता है।

जब  $l = 1$  है: तब  $\phi(n) = (\alpha-1)\phi(n')$  है अतः,  $(\alpha-1)|2p$ । चूंकि  $(\alpha-1)$  या तो विषम या सम हो सकता है, यदि यह विषम है, तो  $\alpha$ , 2 के बराबर होना चाहिए, जो  $\phi(n') = 2p$ , मूल समस्या की ओर ले जाता है। इसलिए, यह विचार सहायक नहीं है, और हम मान लेंगे कि  $(\alpha-1)$  सम है। चूंकि  $(\alpha-1)$  सम है, हमारे पास  $(\alpha-1)$  या तो 2 या  $2p$  के बराबर



है। यह आगे तात्पर्य देता है कि  $\alpha$ , 3 या  $(2p + 1)$  के बराबर है यदि  $\alpha = 3$ , तो  $\phi(\alpha) = 2$  होगा। यह  $2\phi(n') = 2p$  देता है, जिसका अर्थ है,  $\phi(n') = p$  है।

हालाँकि, यह संभव नहीं है, इसलिए हम निष्कर्ष निकालते हैं कि  $\alpha, 3$  के बराबर नहीं हो सकता है। यदि  $\alpha = (2p+1)$  है तो इसका अर्थ है कि  $(2p+1)$  अभाज्य है और  $\phi(\alpha) = 2p$  है। इस प्रकार, हमारे पास  $\phi(n') = 1$  है, जिसका तात्पर्य है कि  $n' = 1$  या  $2$  है। इसलिए, समाधान  $n = (2p+1)$  और  $2(2p+1)$  हैं।

जब  $l = 2$  है: जैसा कि  $\phi(\alpha^2) = \alpha(\alpha-1)$  यह इस प्रकार है कि  $\alpha(\alpha-1)$  को  $2p$  को विभाजित करना चाहिए। यह स्पष्ट है कि  $\alpha$  केवल  $2$  या  $p$  के बराबर हो सकता है। यदि  $\alpha = 2$ , तो  $2\phi(n') = 2p$  होगा। हालाँकि,  $\phi(n')$ ,  $p$  के बराबर नहीं हो सकता है, जो एक विरोधाभास की ओर ले जाता है। यदि  $\alpha = p$ , तो  $(p-1) | 2$  इसलिए, हमारे पास  $p = 2$  या  $3$  होना चाहिए, जो दोनों संभव नहीं हैं।

इसलिए,  $k = 2p$  के लिए जहाँ  $p \geq 5$ , हमारे पास  $|A(k)| = 0$  या  $2$  है। समाधान केवल तभी मौजूद होता है जब  $(2p + 1)$  एक अभाज्य संख्या हो।

ध्यान दें कि उपरोक्त प्रमेय में, हमने मान लिया कि  $p > 3$  है। हालाँकि, यदि हम  $p = 3$  लेते हैं, तो हमारे पास  $k = 6$  और  $|A(k)| = 4$  होगा।

एक बार जब प्रमाण का सार समझ में आ जाता है, तो यह स्पष्ट हो जाता है कि प्रतिलोम फलन का समाधान  $k$  के अभाज्य कारकों की संख्या से संबंधित है। इस अवलोकन को  $k$  के अन्य मूल्यों तक बढ़ाया जा सकता है, जैसे कि  $k = 2p^2$ । वास्तव में, हम इस परिणाम को सामान्यीकृत कर सकते हैं और इसे  $p$  के किसी भी घात  $m$  पर लागू कर सकते हैं। समीकरण  $\phi(n) = 2p^m$  के लिए, जहाँ  $p \geq 5$ , 0 या 2 समाधान हो सकते हैं। समाधान केवल तभी मौजूद होंगे जब  $(2p^m+1)$  अभाज्य होगा, और वे  $(2p^m+1)$  और  $2(2p^m+1)$  होंगे।

**प्रमेय 2:** यदि  $k = 2pq$ ,  $p$  और  $q$  विषम अभाज्य संख्याएँ हैं,  $p > q$ , तो  $|A(k)| = 0$  या  $2$  या  $4$  होगा।

**प्रमाण:** हमारे पास  $\phi(n) = 2pq$  है। मान लीजिए कि  $\alpha$  एक अभाज्य संख्या है और  $l$  एक घनात्मक पूर्णांक है जैसे कि  $\alpha^l | n$  और  $\alpha^{l+1} \nmid n$ । तब  $n$  को  $n = \alpha^l \cdot n'$  के रूप में व्यक्त किया जा सकता है। इस प्रकार,  $\phi(n) = \alpha^{l-1}(\alpha-1) \cdot \phi(n')$  होगा। यह दिया गया है कि  $\phi(n) = 2pq$ , जो हमें  $\alpha^{l-1}(\alpha-1) | 2pq$  देता है। चूँकि दाहिने हाथ की ओर तीन अभाज्य कारक हैं जिनमें से प्रत्येक में घात एक है,  $l$  केवल  $1$  या  $2$  के बराबर हो सकता है।

उस मामले पर विचार करें जहाँ  $l = 1$  है। इसका तात्पर्य है कि  $(\alpha-1)$ ,  $2pq$  को विभाजित करता है। इस प्रकार,  $(\alpha-1)$  या तो  $2$ ,  $2p$ ,  $2q$ , या  $2pq$  हो सकता है। हालाँकि, यदि  $(\alpha-1)$   $2$ ,  $2p$  या  $2q$  के बराबर होगा, तो यह इस प्रकार है कि  $\phi(n')$ ,  $1$  से बड़ी एक विषम संख्या होगी, जो एक विरोधाभास है।

दूसरी ओर, यदि  $\alpha = (2pq + 1)$  तो  $\alpha$  अभाज्य है और  $\phi(\alpha) = 2pq$  है। यह  $\phi(n') = 1$  की ओर ले जाता है, जिसका अर्थ है कि  $n'$  का मान  $1$  या  $2$  के बराबर है। इसलिए,  $n$  के लिए संभावित समाधान  $(2pq+1)$  और  $2(2pq+1)$  हैं।

अब उस मामले पर विचार करें जहाँ  $l = 2$  है। इसका मतलब है कि  $\alpha(\alpha-1) | 2pq$  को विभाजित करता है। यह स्पष्ट है कि  $\alpha$  केवल  $2$ ,  $p$  या  $q$  के बराबर हो सकता है। हालाँकि, यदि  $\alpha = 2$  है, तो  $\phi(n')$ ,  $1$  से बड़ी एक विषम संख्या होगी, जो असंभव है।

यदि  $\alpha = p$ , तो  $(p-1)$ ,  $2q$  को विभाजित करता है। इसका तात्पर्य है कि  $p$  या तो  $3$  या  $(2q+1)$  के बराबर है। लेकिन अगर  $p = 3$ , तो  $\phi(n') = q$  होगा, जो एक विरोधाभास है। दूसरी ओर, यदि  $p = (2q + 1)$  है, तो  $(2q+1)$  अभाज्य है और  $\phi(n') = 1$  है। यह  $n$  के  $p^2$  या  $2p^2$  होने के संभावित मानों की ओर ले जाता है।



यदि  $\alpha = q$  है, तो  $(q-1)2p$  को विभाजित करता है। इसका तात्पर्य है कि  $q$  या तो 3 या  $(2p+1)$  के बराबर है। हालांकि,  $p > q$  से  $q$ ,  $(2p+1)$  के बराबर नहीं हो सकता है। इसके अलावा, यदि  $q = 3$ , तो  $\phi(n') = p$ , जो एक विरोधाभास है।

इसलिए, यदि  $k = 2pq$ , तो  $|A(k)|$  केवल 0, 2, या 4 हो सकता है, और समाधान केवल तभी मौजूद होगा जब  $(2pq+1)$  एक अभाज्य संख्या है या यदि  $p = (2q+1)$  है। दूसरे शब्दों में, समाधान इस प्रकार हैं: यदि  $(2pq+1)$  एक अभाज्य संख्या है, तो  $n$  या तो  $(2pq+1)$  या  $2(2pq+1)$  हो सकता है और यदि  $p = (2q+1)$  है तो  $n$  या तो  $p^2$  या  $2p^2$  हो सकता है। इससे समाधान समाप्त हो जाता है।

किसी भी संख्या में अभाज्य संख्याओं का सामान्यीकरण सीधा है। मान लीजिए  $k = 2p_1 p_2 p_3 \dots p_i$ , जहाँ  $p_1$  सबसे बड़ा अभाज्य कारक है, फिर या तो 0, 2, या 4 समाधान होंगे। यदि समाधान मौजूद हैं, तो वे  $(2p_1 p_2 p_3 \dots p_i + 1)$  और  $2(2p_1 p_2 p_3 \dots p_i + 1)$  होंगे यदि  $(2p_1 p_2 p_3 \dots p_i + 1)$  अभाज्य है या  $(p_1^2$  और  $2p_1^2)$  होंगे यदि  $p_1 = 2p_2 p_3 \dots p_i$  है।

हमारे पिछले विश्लेषण में ऐसे मामलों को शामिल किया गया था जहाँ  $k = (4m+2)$  था। अब हम 2 की उच्च घात से निपटने का लक्ष्य रखते हैं। हम उस विशेष मामले की जांच करके शुरू करते हैं जहाँ  $k, 2$  की घात है, अर्थात्,  $k = 2^l, l$  एक धनात्मक पूर्णांक है।

यह स्पष्ट है कि समुच्चय  $A(2^l)$  खाली नहीं है। हम अपने पिछले विश्लेषण से जानते हैं कि  $\phi(2^{l+1}) = 2^l$  होता है, जिसका तात्पर्य है कि  $(2^{l+1}) \in A(2^l)$ । इसके अतिरिक्त,  $(3 \cdot 2^l) \in A(2^l)$ , चूंकि  $\phi(3 \cdot 2^l) = 2 \cdot 2^{l-1} = 2^l$  होता है। इससे हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि जब  $k = 2^l$ , तो कारमाइकल का अटकल लागू होता है।

हमारा उद्देश्य  $n$  के सभी संभावित मानों को निर्धारित करना है, जब  $\phi(n) = 2^l$  है। हम देखते हैं

कि  $\phi(n)$  के कारक के रूप में एक विषम अभाज्य नहीं हो सकता है। इसलिए  $n$  में 2 से अधिक या उसके बराबर घात का एक विषम अभाज्य नहीं हो सकता है, क्योंकि इसके कारक के रूप में  $\phi(p^\alpha) = p^{(\alpha-1)}(p-1)$  में एक विषम कारक होता है। यदि  $n$  में 2 से अधिक या उसके बराबर घात का एक विषम अभाज्य  $p$  है, तो  $p^{(\alpha-1)}2^l$  को विभाजित करता है, जिसका अर्थ है  $p^{(\alpha-1)} = 1$ । इस प्रकार, हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि  $n$  में 2 से अधिक या उसके बराबर घात का विषम अभाज्य नहीं हो सकता है।

इसके बाद, मान लीजिए कि  $p, n$  का एक विषम अभाज्य कारक है। फिर,  $\phi(p) = (p-1) \cdot 2^l$  को विभाजित करता है, जिसका अर्थ है कि  $p$  या तो 2 है या कुछ  $m \leq l$  के लिए  $(2m+1)$  रूप का एक अभाज्य कारक है। केवल पाँच ज्ञात फर्मेट अभाज्य संख्याएँ हैं: 3, 5, 17, 257 और 65537। इसलिए  $n$  में केवल 2, 3, 5, 17, 257 या 65537 के अभाज्य कारक हो सकते हैं। इसके अतिरिक्त  $n$  में विषम अभाज्य संख्याओं की घात 1 से अधिक नहीं हो सकती है। इस प्रकार 3, 5, 17, 257 या 65537 की घात केवल 0 या 1 हो सकती है।

संख्या  $n$  या तो विषम या फिर सम हो सकती है। जब  $n$  सम होता है, तो इसे  $n = 2^{(\gamma+1)} \cdot 3^{\alpha_1} \cdot 5^{\alpha_2} \cdot 17^{\alpha_3} \cdot 257^{\alpha_4} \cdot 65537^{\alpha_5}$  के रूप में व्यक्त किया जा सकता है, जहाँ  $\gamma \geq 0$  और  $\alpha_i$  सभी  $i$  के लिए 0 या 1 हैं।

चूंकि  $\phi(n) = 2^l$ , हमारे पास है,

$$\begin{aligned} \phi(2^{\gamma+1} \cdot 3^{\alpha_1} \cdot 5^{\alpha_2} \cdot 17^{\alpha_3} \cdot 257^{\alpha_4} \cdot 65537^{\alpha_5}) &= 2^l, \\ \phi(2^{\gamma+1}) \cdot \phi(3^{\alpha_1}) \cdot \phi(5^{\alpha_2}) \cdot \phi(17^{\alpha_3}) \cdot \phi(257^{\alpha_4}) \cdot \phi(65537^{\alpha_5}) &= 2^l \end{aligned}$$

इस प्रकार, हमें  $2^{(\gamma+\alpha_1+2\alpha_2+4\alpha_3+8\alpha_4+16\alpha_5)} = 2^l$  मिलता है, जिसका अर्थ है

$$\gamma + \alpha_1 + 2\alpha_2 + 4\alpha_3 + 8\alpha_4 + 16\alpha_5 = l.$$

इसलिए, यदि  $\phi(n) = 2^l$  और  $n$  सम है, तो इसे  $2^{(\gamma+1)} \cdot 3^{\alpha_1} \cdot 5^{\alpha_2} \cdot 17^{\alpha_3} \cdot 257^{\alpha_4} \cdot 65537^{\alpha_5}$

के रूप में लिखा जा सकता है, जहां  $\gamma \geq 0$  और  $\alpha_i$  सभी  $i$  के लिए 0 या 1 हैं, शर्त के अधीन  $\gamma + \alpha_1 + 2\alpha_2 + 4\alpha_3 + 8\alpha_4 + 16\alpha_5 = l$

जब  $n$  विषम होता है, तो इसे  $n = 3^{\alpha_1} \cdot 5^{\alpha_2} \cdot 17^{\alpha_3} \cdot 257^{\alpha_4} \cdot 65537^{\alpha_5}$  के रूप में व्यक्त किया जा सकता है, जहां  $\alpha_i$  सभी  $n$  के लिए 0 या 1 हैं।

चूंकि  $\phi(n) = 2^l$ , हमारे पास है:  $\phi(n) = \phi(3^{\alpha_1} \cdot 5^{\alpha_2} \cdot 17^{\alpha_3} \cdot 257^{\alpha_4} \cdot 65537^{\alpha_5})$ । यह  $\phi(3^{\alpha_1}) \cdot \phi(5^{\alpha_2}) \cdot \phi(17^{\alpha_3}) \cdot \phi(257^{\alpha_4}) \cdot \phi(65537^{\alpha_5}) = 2^l$  देता है। इसे और सरल बनाते हुए, हमें  $2^{(\alpha_1 + 2\alpha_2 + 4\alpha_3 + 8\alpha_4 + 16\alpha_5)} = 2^l$  मिलता है, जिसका अर्थ है  $\alpha_1 + 2\alpha_2 + 4\alpha_3 + 8\alpha_4 + 16\alpha_5 = l$ ।

इस प्रकार,  $\phi(n) = 2^l$  के लिए, यदि  $n$  विषम है, तो यह  $3^{\alpha_1} \cdot 5^{\alpha_2} \cdot 17^{\alpha_3} \cdot 257^{\alpha_4} \cdot 65537^{\alpha_5}$  के रूप में है,  $\alpha_i$  सभी  $i$  के लिए 0 या 1 है, शर्त के अधीन  $\alpha_1 + 2\alpha_2 + 4\alpha_3 + 8\alpha_4 + 16\alpha_5 = l$ ।

अब हमारे पास समीकरण  $\phi(n) = 2^l$  के लिए एक व्यापक समाधान है। इसे एक प्रमेय के रूप में व्यक्त किया जा सकता है।

**प्रमेय 3:** किसी धनात्मक पूर्णांक  $l$  के लिए  $k = 2^l$  लें।

तब समीकरण  $\phi(n) = k$  का कोई भी समाधान  $n$  इस रूप का होता है:

1. यदि  $n$  सम है, तो  $n = 2^{\gamma+1} \cdot 3^{\alpha_1} \cdot 5^{\alpha_2} \cdot 17^{\alpha_3} \cdot 257^{\alpha_4} \cdot 65537^{\alpha_5}$ , जहाँ  $\gamma \geq 0$  और  $\alpha_i \in \{0,1\}$  सभी  $i$  के लिए, शर्त के अधीन  $\alpha_1 + 2\alpha_2 + 4\alpha_3 + 8\alpha_4 + 16\alpha_5 = l$  है।
2. यदि  $n$  विषम है, तो  $n = 3^{\alpha_1} \cdot 5^{\alpha_2} \cdot 17^{\alpha_3} \cdot 257^{\alpha_4} \cdot 65537^{\alpha_5}$ , जहाँ  $\alpha_i \in \{0,1\}$ , सभी  $i$  के लिए, शर्त के अधीन  $\alpha_1 + 2\alpha_2 + 4\alpha_3 + 8\alpha_4 + 16\alpha_5 = l$  है।

**परिणाम :**  $k = 2^l$  और  $l \leq 31$  के लिए,  $\phi(n) = k$  का एक अनूठा विषम समाधान है।

**परिणाम :**  $l \leq 31$  के लिए,  $\phi(n) = 2^l$  के लिए  $(l + 2)$  समाधान हैं।

**परिणाम :**  $k = 2^l$  और  $l \geq 32$  के लिए,  $\phi(n) = k$

के लिए कोई विषम समाधान नहीं हैं।

**प्रमेय 4:**  $l \geq 32$  के लिए,  $\phi(n) = 2^l$  के 32 समाधान मौजूद हैं।

**निरीक्षण:** यदि किसी अभाज्य  $p$  के लिए  $k = 2^l p$  है, तो  $|A(k = 2^l p)|$  के लिए ऊपरी सीमा इस प्रकार दी जा सकती है:

$l \leq 31$  के लिए:

$$|A(2^l p)| \leq \sum_{i=1}^{l-1} |A(2^i p)| + \sum_{i'=1}^{l-1} |A(2^{i'} p)| + \sum_{j=2}^{l+2} j$$

इस शर्त के अधीन कि  $(2^{(l-i)} + 1)$  एक अभाज्य है।

$l \geq 32$  के लिए:

$$|A(2^l p)| \leq \sum_{i=1}^{l-1} |A(2^i p)| + \sum_{i'=1}^{l-1} |A(2^{i'} p)| + \sum_{j=2}^{33} j + 32 \sum_{j'=1}^{l-31} 1$$

इस शर्त के अधीन कि  $(2^{(l-i)} + 1)$  एक अभाज्य है।

**निष्कर्ष और भावी कार्य**

यूलर फाई-फलन के प्रतिलोम को खोजने की समस्या, अध्ययन का एक चुनौतीपूर्ण और आकर्षक क्षेत्र है। हालांकि वर्तमान में कोई सामान्य समाधान मौजूद नहीं है, हम कुछ विशिष्ट मामलों के लिए इसे हल करने की ओर अग्रसर हैं। हमारे शोध ने कारमाइकल अटकल के साथ संबंधों का भी खुलासा किया है और हमें उन मामलों में समाधानों की संख्या पर ऊपरी सीमा स्थापित करने की अनुमति दी है जहां पूर्ण समाधान हमारे पास नहीं हैं। इस प्रगति के बावजूद, इस समस्या के कई पहलू अभी भी हैं जो आगे की जांच के लिए खुले हैं।

1. जब  $k = b!$ , किसी प्राकृतिक संख्या  $b$  के लिए, तो समीकरण  $\phi(n) = k$  हमेशा हल करने योग्य [8] होता है।

k	1!	2!	3!	4!	5!	6!
A(k)	2	3	4	10	17	49
k	7!	8!	9!	10!	11!	...
A(k)	93	359	1138	3802	12124	...

इसके अलावा, समाधान  $n$  की संख्या बहुत तेजी से बढ़ती है, जिसका कारण ज्ञात नहीं है।

ऊपर दी गई तालिका  $n$  के लिए समाधानों की संख्या दिखाती है, जब  $k = b!$ ,  $b = 1, 2, \dots, 11$  है।

- फलन  $f: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ , के रूप में परिभाषित  $f(b) = |A(b!)|$ , रुचि का विषय है। सवाल यह है कि क्या यह फलन एक बढ़ता हुआ फलन है। यह भी देखा गया है कि  $b = 4$  से 11 के लिए,  $k = (b! - 2)$  लेने से समीकरण अनसुलझा हो जाता है। सवाल यह है कि क्या यह गुण सभी  $b \geq 4$  के लिए सही है।
- किसी दिए गए  $k$  के लिए, यह संभव है कि  $m$  और  $(m + 1)$  दोनों समीकरण  $\phi(n) = k$  [9] के समाधान हों। सवाल यह है कि क्या ऐसे अनंत जोड़े हैं। यदि नहीं, तो  $m$  का सबसे बड़ा मान क्या है जिसके लिए  $\phi(m) = \phi(m+1)$ ? ऐसे कितने जोड़े हैं? क्या ऐसे जोड़े के अस्तित्व का कोई पैटर्न है?

शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically Sorted Terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
Carmichael Totient Function	कारमाइकल टोटिएंट फलन
Conjecture	अटकल
Euler- Phi Function	यूलर - फाई फलन
Inverse Euler- Phi Function	प्रतिलोम यूलर - फाई फलन
Number Theory	संख्या सिद्धांत
Prime Factorization	अभाज्य गुणनखंडन

संदर्भ:

- [1] Burton, David M. "Elementary Number Theory", Tata McGraw-Hill Education, 2006.
- [2] Klee Jr., VL. "On a Conjecture of Carmichael", Bulletin of the American Mathematical Society, 53(12), 1947, pp. 1183-1186.
- [3] Carmichael, R D. "A Table of the Values of  $m$  Corresponding to Given Values of  $\phi(m)$ ", American Journal of Mathematics, 30(4), 1908, pp. 394-400.
- [4] Glaisher, James W Lee. "Number-Divisor Tables, Volume 8", Published for the Royal Society at the University Press, 1940.
- [5] McCrary, Arthur Alfred. "The Inverse of Euler's Phi Function", American University, 1965.
- [6] Carmichael, Robert Daniel. "On Euler's  $\phi$  Function", Bulletin of the American Mathematical Society, 13(5), 1907, pp. 241-243.
- [7] Wright, Harry Noble. "First Course in Theory of Numbers", J. Wiley Sons, 1951.
- [8] Erdős, P. "Problem 4221: To Solve the Equation  $\phi(n) = k!$  for Every  $k \geq 1$ ", The American Mathematical Monthly, 53, 1946, p. 537.
- [9] Kler, VL. "Some Remarks on Euler's Totient", The American Mathematical Monthly, 54(6), 1947, p. 332-332.

विज्ञान प्रकाश पत्रिका द्वारा विज्ञान लेखों को हिंदी में प्रकाशित करने की पहल सराहनीय है। इस कदम से भारतीय भाषा और संस्कृति को समृद्धि मिलेगी, साथ ही विज्ञान के क्षेत्र में हिंदी की पहचान और महत्व बढ़ेगा। यह भी साबित होता है कि विज्ञान के ज्ञान और विकास में हिंदी की भूमिका महत्वपूर्ण है। इस पहल को सराहते हुए, हम उम्मीद करते हैं कि और भी अधिक वैज्ञानिक पत्रिकाएं हिंदी में अपने अनुसंधानों को प्रकाशित करेंगी, जिससे भारतीय भाषा और विज्ञान का सम्मान और समर्थन बढ़ेगा।

– Amit Sharma, SVNIT Surat. [amitsharma@amhd.svnit.ac.in](mailto:amitsharma@amhd.svnit.ac.in)

विज्ञान प्रकाश पत्रिका को हिंदी में शोध पत्रों का प्रकाशन करने के लिए धन्यवाद। इस कदम से हमारी भारतीय भाषा और सांस्कृतिक विरासत को समृद्धि मिलती है। शोधकर्ताओं को अपनी मातृभाषा में अपने विचारों को प्रकट करने का मौका मिलता है, जिससे सामाजिक और भाषाई समृद्धि का विकास होता है। इस प्रक्रिया से हमारी भाषा को आधुनिक विज्ञान में भी एक महत्वपूर्ण स्थान प्राप्त होता है, जिससे विज्ञान के क्षेत्र में और अधिक विस्तार होता है।

– Dr. Shilpa Kalambe, D. B. A. C. E. R. Nagpur, [shilpakalambe@gmail.com](mailto:shilpakalambe@gmail.com)

विज्ञान प्रकाश पत्रिका द्वारा हिन्दी में शोध प्रतिलिपियों का प्रकाशन करने की यह पहल अत्यंत प्रशंसनीय है। इस कदम से भारतीय समाज में विज्ञान के क्षेत्र में रुचि और ज्ञान को बढ़ावा मिलेगा। हिन्दी भाषा के माध्यम से शोध प्रकाशन करना सामाजिक समावेशन की दृष्टि से भी महत्वपूर्ण है और भाषा के प्रति जागरूकता बढ़ाने में मदद करेगा। यह पहल सभी वैज्ञानिकों और शोधकर्ताओं के लिए प्रेरणास्पद है और उन्हें अपनी भाषा में अपने शोध का प्रसार करने की प्रेरणा देता है।

– Sudheer Kumar Yadav, SVNIT Surat, [d22me003@med.svnit.ac.in](mailto:d22me003@med.svnit.ac.in)

विज्ञान प्रकाश पत्रिका को धन्यवाद देना चाहिए कि उन्होंने विज्ञान में हिंदी में अनुसंधान प्रतिलेखों का प्रकाशन किया। यह कार्यवाई भारतीय वैज्ञानिक समुदाय के लिए महत्वपूर्ण है, क्योंकि यह भारतीय भाषा को विज्ञान क्षेत्र में महत्वपूर्ण रूप से स्थापित करती है। यह प्रक्रिया भाषा और संस्कृति के साथ साथ विज्ञान को भी प्रोत्साहित करती है, जिससे हमारी विविधता और समृद्धि को बढ़ावा मिलता है।

– Akhilesh Kumar Singh, NIT Kurukshetra, [akhilesh25august@gmail.com](mailto:akhilesh25august@gmail.com)

---

**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, AYUSH, Management 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 [Editor@VigyanPrakash.in](mailto:Editor@VigyanPrakash.in)

**List of Review Coordinators (Excellently coordinated with reviewers for critical review.)**

- **Dr. Shailesh Kr Srivastava**  
Assistant Professor  
(Trigonometric Fourier Approximation)  
Department of Mathematics  
Sardar Vallabhbhai National Institute of  
Technology (SVNIT), Surat, India - 395007  
[shailesh@amhd.svnit](mailto:shailesh@amhd.svnit)
- **Dr. Sarita Kalla**  
Assistant Professor (Membrane Separation Process  
and Membrane Fabrication)  
Department of Electronics Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of  
Technology (SVNIT), Surat, India - 395007  
[sarita87mishra@gmail.com](mailto:sarita87mishra@gmail.com)
- **Dr. Alok Kumar**  
Assistant Professor, Department of Computer  
Science and Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of  
Technology (SVNIT), Surat, India - 395007  
[akumar@coed.svnit.ac.in](mailto:akumar@coed.svnit.ac.in)
- **भाषा सुधार (Language Comprehension)**
  - **Dr Adarsh Mangal**  
Department of Mathematics  
Engineering College Ajmer, India - 305025  
[dradarshmangal@vigyanprakash.in](mailto:dradarshmangal@vigyanprakash.in)

**List of Reviewers**

- **Dr. Rama Krishna Bandi**  
Assistant Professor  
(Error Correcting Codes, Algebra)  
Department of Mathematics  
IIIT-Naya Raipur, Nagar – 493661,  
Chhattisgarh, India  
[ramakrishna@iitnr.edu.in](mailto:ramakrishna@iitnr.edu.in)
- **Dr. Saroj R Yadav**  
Assistant Professor  
(Fluid Flow through Porous Media)  
Department of Mathematics  
Sardar Vallabhbhai National Institute of  
Technology (SVNIT), Surat, India - 395007  
[sry@amhd.svnit.ac.in](mailto:sry@amhd.svnit.ac.in)
- **Dr Vipul M Patel**  
Assistant Professor (Radiation Transport in  
Participating Media, Fluid Flow and Heat Transfer  
in Porous Media)  
Department of Mechanical Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of  
Technology (SVNIT), Surat, India - 395007  
[vmp@med.svnit.ac.in](mailto:vmp@med.svnit.ac.in)
- **Dr. Sumit Khare**  
Assistant Professor (Solid Mechanics, Vibrations,  
Plates and Shells, Fiber-Reinforced Polymer  
Composites)  
Department of Mechanical Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of  
Technology (SVNIT), Surat, India – 395007  
[sumitkhare@med.svnit.ac.in](mailto:sumitkhare@med.svnit.ac.in)
- **Dr. H G Patel**  
Associate Professor (Control systems Automation  
Stochastic process)  
Department of Electrical Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of  
Technology (SVNIT), Surat, India - 395007  
[hgp@eed.svnit.ac.in](mailto:hgp@eed.svnit.ac.in)
- **Dr. Abhilash Mandloi**  
Associate Professor (Photonics, Optical Commu-  
nication & Networks)  
Department of Electronics Engineering  
Sardar Vallabhbhai National Institute of  
Technology (SVNIT), Surat, India - 395007  
[asm@eced.svnit.ac.in](mailto:asm@eced.svnit.ac.in)

गोस्वामी तुलसीदास रचित श्रीरामचरितमानस से उद्धृत ...

बंदउँ गुरु पद कंज कृपा सिंधु नररूप हरि।  
महामोह तम पुंज जासु बचन रबि कर निकर ॥

(रामचरितमानस, १/ सोरठा ५)

में गुरु के चरणकमलों की वन्दना करता हूँ, जो कृपा के सागर और नर रूप में श्रीहरि हैं।  
जिनके वचन महामोह रूपी घने अन्धकार के नाश हेतु सूर्य की किरणों के समान हैं।

I bow to the lotus feet of my Guru, who is an ocean of mercy. He is none other than Shri Hari himself in human form, and whose words are sunbeams as it were for dispersing the darkness in the form of gross ignorance.

श्रीगुरु पद नख मनि गन जोती। सुमिरत दिव्य दृष्टि हिच्यँ होती ॥  
दलन मोह तम सो सप्रकासू । बड़े भाग उर आवइ जासू ॥

(रामचरितमानस, १/५/३)

श्री गुरु के चरण-नखों की ज्योति मणियों के प्रकाश के समान है, जिसके स्मरण से हृदय में दिव्य दृष्टि उत्पन्न हो जाती है। वह प्रकाश अज्ञान रूपी अन्धकार का नाश करने वाला है। वह जिसके हृदयमें आ जाता है, वह भाग्यशाली है।

The splendour of gems in the form of nails on the feet of the Shri Guru unfolds divine vision in the heart by their remembrance. The light disperses the shades of ignorance. Those are highly blessed in whose heart it shines.

उघरहिं बिमल बिलोचन ही के। मिटहिं दोष दुख भव रजनी के ॥  
सूझहिं राम चरित मनि मानिक। गुपुत प्रगट जहँ जो जेहि खानिक ॥

(रामचरितमानस, १/५/४)

उसके हृदय में आते ही हृदय के निर्मल नेत्र खुल जाते हैं और संसार रूपी रात्रि के दोष-दुःख मिट जाते हैं। श्रीरामचरित्र रूपी मणि और माणिक्य, गुप्त और प्रकट रूप में, जो जहाँ जिस खान में हैं, सब दिखायी पड़ने लगते हैं।

With its very appearance, the bright eyes of the mind get opened, and the evils and sufferings of the mundane night disappear. The stories of Shri Rama, both apparent and hidden, become visible in the form of gems and rubies.

जथा सुअंजन अंजि दृग साधक सिद्ध सुजान।  
कौतुक देखत सैल बन भूतल भूरि निधान ॥ १ ॥

(रामचरितमानस, १/ दोहा १)

जैसे सिद्धाञ्जन को नेत्रों में लगाकर साधक, सिद्ध और सुजान पर्वतों, वनों और पृथ्वी के अन्दर कौतुक से देखते हैं ।

For instance, by applying to the eyes the miraculous salve known by the name of Siddhanjana strivers, adepts as well as men of wisdom easily discover a host of mines on hill-tops, in the midst of forests and in the bowels of the earth.