आज़ादी का अमृत महोत्सव

G20 भारत 2023 INDIA
वसुधैव कुटुम्बकम्
ONE EARTH • ONE FAMILY • ONE FUTURE

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

वर्ष : 23, अंक 1, जनवरी–मार्च 2025
Vol. 23, No. 1, January-March 2025

# विज्ञान प्रकाश
# VIGYAN PRAKASH

## विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल
## Research Journal of Science & Technology

लोक हिताय विज्ञानम्

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

UGC-CARE Peer Reviewed Listed Journal, ISSN: 1549-523-X

विज्ञान प्रकाश – विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष : 23, अंक 1, जनवरी–मार्च 2025

VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology, Vol. 23, No. 1, Jan. - Mar. 2025

संस्थापक मुख्य संपादक / Founder Chief Editor

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

सलाहकार मंडल / Advisory Board

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

ऑनलाइन प्रदर्श / Online Presence (Website)

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

मुद्रण सहयोग / Printing Support

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

मुख्य संपादक / Chief Editor

- प्रो. ओम विकास / Prof. Om Vikas
  Hon. Advisor, Bhartiya Vidhya Bhavan, Delhi
  President, Lok Vigyan Parishad
  Formerly, Director, ABV-IIITM, Gwalior
  & Counsellor (S&T), Indian Embassy, Japan;
  & Sr. Director, Ministry of Electronics & IT
  dr.omvikas@gmail.com

कार्यकारी संपादक / Executive Editor

- प्रो. अनुपम शुक्ल / Prof. Anupam Shukla
  Director, SVNIT, Surat, Gujarat-395007
  dranupamshukla@gmail.com

सह संपादक / Associate Editor

- प्रो. रंजन माहेश्वरी / Prof. Ranjan Maheshwari
  Professor, Rajasthan Technical University, Kota
  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
- प्रो. प्रतापानंद झा / Prof. Prataapanand Jha
  Dean (Academics) and Director (Cultural Informatics)
  IGNCA, New Delhi
  pjha@ignca.nic.in
- प्रो. अवनीश कुमार / Prof. Avanish Kumar
  Dept of Math Sc & Comp App
  Bundelkhand University, Jhansi - 284128
  dravanishkumar@gmail.com
- डॉ. देबाशीस दत्ता / Dr Debashis Dutta
  Chief Scientist & Executive Vice President
  Strategic Initiatives Jio Platform Limited
  Navi Mumbai, Maharashtra - 400701
  Debashis.Dutta@ril.com

प्रबंध संपादक / Managing Editor

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

सहायक संपादक / Assistant Editor

- डॉ. राहुल दीक्षित / Dr Rahul Dixit
  Department of Artificial Intelligence
  SV National Institute of Information Technology, Surat
  rahuldixit@aid.svnit.ac.in
- डॉ. कात्यायनी शर्मा / Dr Katyayanee Sharma
  Joint programs in Medical Technologies
  AIIMS Jodhpur & IIT Jodhpur
  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

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

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

**विज्ञान प्रकाश : विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष : 23, अंक 1, जनवरी – मार्च 2025**

**VIGYAN PRAKASH: Research Journal of Science & Technology, Vol. 23, No. 1, January – March 2025**

(www.VigyanPrakash.in)

**विषय क्रम**


- सलाहकार एवं सम्पादक मण्डल / **Advisory & Editorial Board** — Inner Cvr
- सम्पादकीय / **Editorial** – विविधता संग विकास एवं वैश्विक शान्ति / **Development with Diversity and Global Peace** – ओम विकास — 2

**आमंत्रित आलेख / Invited Article**

- कुम्भ की आध्यात्मिक, सांस्कृतिक, वैज्ञानिक व खगोलीय प्रासंगिकता / **The Spiritual, Cultural, Scientific and Astronomical Significance of Kumbh** — 4
  – ओम प्रकाश पाण्डेय

**शोध आलेख / Research Articles**

- **प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण और प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान प्रक्रियाओं का उपयोग कर एंकर निर्धारण द्वारा विभिन्न इनवॉइस छवियों से स्वचालित डेटा अभिग्रहण तथा डेटा निष्कर्षण / Automatic Data Capture and Data Extraction from Different Invoice Images by Anchor Determination using NLP and OCR Processes** — 7
  – डॉ. विनायक डी. शिंदे एवं स्वरांजली संदीप जगताप
- चंडीगढ़ (उत्तरी भारत) क्षेत्र में इमारतों की त्वरित दृश्य जांच और भूकंप भेद्यता आकलन / **Rapid Visual Screening and Earthquake Vulnerability Assessment of Buildings in Chandigarh (Northern India) Region** — 17
  – पूनम, अनिल कुमार एवं डॉ. राजेश कुमार
- **फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके जल शुद्धिकरण प्रकल्प में इष्टतम कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी / Prediction of Optimum Coagulant Dosage in Water Treatment Plant by using Feed Forward Neural Network** — 35
  – डॉ डी वी वाडकर, डॉ जी सी चिकुटे, श्रीमती पी डी वाडकर, श्रीमती एम जी चिकुटे एवं डॉ पी एस पाटिल
- डुओ–बाइनरी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूप पर आधारित **1-Tera Bit/s** डीडब्ल्यूडीएम प्रकाशीय संचरण प्रणाली के प्रदर्शन का अनुमानः एक अनुरूपण अंतर्दृष्टि / **Performance Estimation of 1-Tera Bit/s DWDM Optical Transmission System Based on Duo-Binary and DPSK Modulation Formats: A Simulative Insight** — 45
  – कुलदीप सिंह एवं संदीप कुमार आर्य

**भारतीय ज्ञान परम्परा / Indian Knowledge Tradition**

- संस्कृत कैसे सीखें ? / **How to Learn Sanskrit ?** — 57
  – आकृति ठाकुर एवं योगेश शर्मा

विशिष्ट व्यक्तित्व / **Prominent Personalities** — 66

प्रतिक्रियाएं / **Feedback** — 68

समीक्षक सूची / **List of Reviewers** — Back Inner Cvr

भारतीय दृष्टि से विज्ञान शब्द का समन्वय — Back Cvr


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

सम्पादकीय / **Editorial**

# विविधता संग विकास एवं वैश्विक शान्ति

# Development with Diversity and Global Peace

https://doie.org/10.10427/VP.2025447513

शांति के आधार हैं कल्याण वृत्ति के संस्कार, आवासीय संसाधन, संचार संसाधन, पेय जल, पोषण। भारत में लगभग 70% आबादी गांव में है। समाज, प्रांत, और राष्ट्र के सेवक शासकों का कर्तव्य है कि वे उत्तरोत्तर विकासशील तकनीकी की मदद से जल शोधन, जल संचयन, मल मुक्त नदी, यातायात साधनों को सुगम सुखद बनाने की दिशा में काम करें। कर्मशील संस्कारित युवा निर्माण में परिवार और स्कूल अच्छे संस्कार और विद्या प्रदान करें। शासक जनता से संपर्क साधते रहें। समस्याओं का समाधान करते रहें। उच्च शिक्षा रोजगार परक हो, विश्वस्तरीय हो।

भारत में बहुतेरे नवीन कार्य बड़े पैमाने पर हुए हैं। परमाणु परीक्षण, हरित क्रांति, कोरोना काल में अपनी वैक्सीन बनाना, आदि उल्लेखनीय हैं। भारत के करीब 100 करोड़ लोगों को भारत निर्मित वैक्सीन लगवायी गई, और अन्य पिछड़े देशों को भी मुफ्त भेजी गई। बाढ़, तूफान, भूकम्प की विनाशकारी परिस्थितियों में गरीब, अमीर सभी देशों की हर संभव मदद की।

भारत में गरीबों को राशन, मकान बनवाकर देने की, कृषि क्षेत्र में मूल्य बढ़ोतरी, उर्वरक, ड्रोन से कीटनाशक, जल आदि के छिड़काव, डिजिटल ऐप पर फसल भाव लेने, किसान सम्मान निधि पाने की विविध योजनाएं चल रहीं हैं। रेल में उच्चस्तरीय सुविधाओं से आम आदमी को भी विकास का सुख मिलता है। गांव गांव तक सड़कें बन गई हैं। स्वास्थ्य सुधार की दिशा में भारतीय जन औषधि परियोजना, आयुष्मान भारत प्रमुख परियोजनाएं हैं।

रक्षा क्षेत्र में, आयुध आयात से निर्यात मार्ग पर तेजी से बढ़ चले हैं।

अंतरिक्ष में चंद्रयान, आदित्य L1 उल्लेखनीय हैं। अब अंतरिक्ष टेक्नोलॉजी करीब 98% आत्मनिर्भर है। ISRO कमाने वाली संस्था बन गया है। SpaDex (Space Docking Experiment) सफल रहा। गगनयान मिशन पर का हो रहा है।

NEP 2020 के कार्यान्वयन से स्कूल शिक्षा में सुधार हो रहे हैं। सभी स्नातक कोर्स चार वर्ष के होंगे। स्नातकोत्तर शिक्षा में सभी रिसर्च जर्नल का यूजीसी की One Nation, One Subscription योजना से देश के सरकारी, गैर सरकारी संस्थानों में शोधार्थी लाभान्वित होंगे। सभी स्नातक (graduation) 4 वर्षीय पाठ्यक्रम से उच्च शिक्षा में एकरूपता रहेगी।

हिन्दी में भी गुणवत्तापूर्ण रिसर्च जर्नल प्रकाशित हो रहे हैं। उल्लेखनीय है हिन्दी में गुणावत्तापूर्ण रिसर्च जर्नल ugc-care लिस्टेड विज्ञान प्रकाश (www.vigyanprakash.in) है।

इनोवेशन और रिसर्च के क्षेत्र में समय समय पर महत्वपूर्ण आविष्कार होते रहे हैं। कई शिक्षा संस्थान विश्वस्तरीय बने, विश्व में रिसर्च पब्लिकेशन तीसरे पायदान पर है। वैश्विक इनोवेशन सूचकांक 39 हो गया है। यूनिकॉर्न भी बढ़ रहे हैं। 1.5 लाख से अधिक स्टार्टअप रजिस्टर कर चुके हैं। अनुसंधान को बढ़ाने में भी योजनाएं उल्लेखनीय है। अनुसंधान राष्ट्रीय अनुसंधान फाउंडेशन (ANRF) के सीईओ के कार्यभार संभालने के बाद विश्वविद्यालयों, कॉलेजों में रिसर्च एवं विकास कार्यों को प्रोत्साहन एवं गति मिलेगी।

वैश्विक शान्ति आसान नहीं है। देशों के बीच तनाव और युद्ध के बादल मंडरा रहे हैं। भारत के प्रयासों से 21 जून को अंतर्राष्ट्रीय योग दिवस और 21 दिसम्बर को अंतर्राष्ट्रीय ध्यान दिवस घोषित किए गए हैं।

वैश्विक शान्ति की दिशा में ये परोक्ष प्रयास उल्लेखनीय हैं। विश्व शान्ति की दिशा में कई देश भारत की ओर देख रहे हैं क्योंकि भारत सभी से उभरती तकनीकी और व्यापार विनिमय प्रोत्साहन के क्षेत्रों में मैत्री बनाए रखता है।

प्रयागराज महा कुंभ आस्था का शान्तिमय, सद्भावमय, एकता एवं संस्कृतियों के संगम का प्रतीक है। प्रशासन के सहयोग से सभी को सुविधा होती है और इसके सनातन महत्व को समझने में भी मदद मिलती है। महा कुम्भ 13 जनवरी से 26 फरवरी में 66 करोड़ श्रद्धालुओं ने अमृत स्नान किए। प्रशासन ने तकनीकी और प्रबंध कौशल से इसे भव्य बनाया। विश्वस्तर पर इसकी चर्चा हो रही है।

उभरती टैक्नोलॉजी ने सूक्ष्मतर और बृहत्तर कार्य सम्पादन की सीमाओं को उत्तरोत्तर विस्तार दिया है। आर्टिफिशियल इंटेलीजेंस (AI) से नई क्रान्ति का उद्भव हुआ है। बहुत तेजी से जटिल कार्यों को करना, प्रश्नों के सही और सुबोध नीतिपरक उत्तर पाना आसान हो गया है। Chatbot बड़े भाषा मॉडल पर आधारित है जिससे मानव भाषा की समझ और अभिव्यक्ति मानव के समान है, बहुत तेजी से और सटीक। Open AI का ChatGPT, माइक्रोसॉफ्ट का Copilot, गूगल का Gemini उल्लेखनीय हैं। इसके परिणाम स्वरूप कोडिंग के जॉब तो कम होंगे, लेकिन नए नवाचार पथ भी प्रशस्त होंगे। नवाचार के साथ नए स्किल सैट की ट्रेनिंग की व्यवस्था आवश्यक होगी। उद्यमिता की ललक, टीम सहयोग वृत्ति, नेतृत्व क्षमता जैसे गुण अपेक्षित हैं।

चीन में विकसित मानव संवाद AI Chatbot DeepSeek चर्चा में है। तकनीकी शुद्धता अधिक है, सटीक, सुबोध, उत्तर देता है, ओपन सोर्स भी उपलब्ध है। भारत भी India AI Mission के अंतर्गत अपना संदर्भ परक, बहुभाषी मानव संवाद AI Chatbot बनाने जा रहा है। 10 फरवरी 2025 को पेरिस में AI Action Summit में भारत ने सह–अध्यक्षता की। AI मानवता, सुरक्षा, समाज, समृद्धि के क्षेत्रों में कोडिंग कर विश्वस्तरीय समस्याओं का समाधान देने में समर्थ होगा। सतत विकास लक्ष्यों (SDGs) को पाने में आसानी होगी। जॉब के प्रकार बदलेंगे जिनके लिए नए कौशल संवर्धन हेतु ट्रेनिंग प्रोग्राम की व्यवस्था आवश्यक होगी। इसके लिए वैश्विक स्तर पर अंतर्राष्ट्रीय सहयोग की आवश्यकता होगी।

भारत ने डिजिटल इंफ्रास्ट्रक्चर मजबूत बनाया है। UPI से देश विदेश में लेन देन आसान होगा।

नवीकरणीय एवं हरित ऊर्जा के सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, बायोगैस आदि क्षेत्रों में भी अन्तर्राष्ट्रीय सहयोग से अनुसंधान और प्रयोग पर बल दिया जा रहा है। 2016 में हरियाणा में International Solar Alliance की स्थापना की गई। कोशिश है कि विश्व स्तर पर अंधेरा न रहे। हाइपरलूप ट्रेन, हाइड्रोजन ट्रेन के विकास से नए कीर्तिमान भी स्थापित होंगे।

भारत सांस्कृतिक मूल्यों के संरक्षण के साथ नवाचारमय तकनीकी से समृद्धि की ओर बढ़ रहा है, और अन्य देशों की भी मदद कर रहा है। स्वच्छता जन अभियान से बेहतर स्वास्थ्य, और साइबर सुरक्षा जागरूकता से सुरक्षित कमाई संभव है।

वैज्ञानिकों का नैतिक दायित्व है कि नवाचार विश्व कल्याण और शान्ति की दिशा में हो।

ओम विकास

dr.omvikas@gmail.com

आमंत्रित आलेख / **Invited Article**

# कुम्भ की आध्यात्मिक, सांस्कृतिक, वैज्ञानिक व खगोलीय प्रासंगिकता
# The Spiritual, Cultural, Scientific and Astronomical Significance of Kumbh

ओम प्रकाश पाण्डेय

**Om Prakash Pandey**

वैज्ञानिक एवं प्राचीन भारतीय ज्ञान के ज्ञाता

https://doie.org/10.10427/VP.2025835358

महाकुम्भ मेला। यह कोई साधारण मेला या धार्मिक आयोजन मात्र ही नहीं हो सकता है जहाँ करोड़ों श्रद्धालु इतने भाव से प्रति बारह वर्ष के लम्बे अन्तराल के पश्चात् एक निश्चित समय पर एकत्रित होकर माह भर के साधना द्वारा दिव्य उर्जा से आप्लावित हो उठते हों। निश्चित रुप से इस सहस्त्राब्दियों पुरानी परम्परा के पीछे जरुर कोई Strong Hidden Mystery या Scientific Reasoning होनी चाहिये। इस परम्परा के प्रति अपार जन समूह की दृढ़ आस्था के पीछे छिपे गहरे वैज्ञानिक व आध्यात्मिक कारणों से आज की पीढ़ी को भी अवगत होना चाहिए। आज हम इसी सन्दर्भ में चर्चा करेंगे।

सर्वप्रथम तो हम समझेंगे इस पर्व को कुम्भ क्यों कहा जाता है और यह महान पर्व प्रति बारह वर्ष पश्चात ही क्यों लगता है? कुम्भ का अर्थ होता है घड़ा या कलश। पौराणिक आख्यानों के अनुसार जब देवता व असुर, अमृत के लिए समुद्र मन्थन कर रहे थे तब समुद्र मथने से अमृत कलश निकला। परन्तु देवताओं व असुरों द्वारा इस कलश को हस्तगत करने की 12 दिनों की रस्साकसी में अमृत की कुछ बूंदें छिटक कर पृथ्वी पर गिर गई व जिन स्थानों पर यह गिरी उन्हीं स्थान पर कुम्भ का आयोजन प्रति बारह वर्षों के अन्तराल पर किया जाता है। अब 12 वर्षों का तर्क इस आधार पर सुनिश्चित किया गया कि देवताओं का एक दिन भारतीय काल गणना के अनुसार मानवी एक वर्ष का होता है। यहाँ व्याख्यित हुये देवता व असुर दोनों ही शब्द एक रुपक (Metafor) है, जिसका आशय प्रकृति के दैवी तत्व (Positve Elements) व आसुरी तत्व (Negative Elements) से जुड़ा है। इसी प्रकार समुद्र व अमृत कलश भी एक रुपक है, जिसका आशय ब्रह्माण्डीय भँवर (Cosmic Vortex) व ब्रह्माण्डीय ऊर्जा केन्द्र (Cosmic Energy Center) से जुड़ा है। इसी तरह बूंदो का आशय ऊर्जा अमृत के प्रवाह (Flow of Energy Necter) से है। अब Astral conditioning के अनुसार 12 वर्षों के अन्तराल पर आयोजित किये जाने वाले कुम्भ पर्व का संबंध बृहस्पति, सूर्य व चन्द्र के विशेष खगोलीय alienment से भी दिखता है। जिसमे प्रधान भूमिका बृहस्पति की होती है जिसका एक नाक्षत्रिक परिभ्रमण काल बारह वर्ष की अवधि में पूर्ण होता है, अतः कुम्भ का पर्व भी बारह वर्ष के अन्तराल पर घटित होता है। बृहस्पति की स्थिति जब वृष, सिंह व कुम्भ राशि में हो और सूर्य भी उसी समय मकर, मेष व सिंह राशि में स्थित हों तब कुम्भ पर्व होता है।

इस खगोलीय स्थिति के अनुरुप जब बृहस्पति वृष राशि में और सूर्य मकर राशि में हो तब माघ महीने में प्रयागराज के गंगा–यमुना के संगम तट पर, जब बृहस्पति कुम्भ राशि में व सूर्य मेष राशि में हो तब बैशाख महीने में हरिद्वार के गंगा तट पर कुम्भ पर्व का आयोजन होता है। इसी प्रकार जब बृहस्पति सिंह राशि में व सूर्य कर्क राशि में हो तो भाद्रपद मास में नासिक के गोदावरी नदी के तट पर तथा इसके ठीक नौ महीने पश्चात जब सूर्य मेष राशि में आ जाए व बृहस्पति सिंह राशि में ही रहें तब बैसाख के ही महीने में उज्जैन के शिप्रा नदी के तट पर सिंहस्थ कुम्भ का आयोजन होता है। अब इन चारों पवित्र स्थलों पर प्रत्येक 3 वर्ष के अंतरालों पर क्रमानुसार कुम्भ मेले का आयोजन होता रहता है।

कुम्भ के आयोजन के लिए इन सभी कारकों के अतिरिक्त रेखांश का भी महत्व होता है। पुरातन काल में मानचित्रों के सटीक निर्माण व समुद्री यात्राओं के माध्यम से गन्तव्य तक पहुँचने के लिए ध्रुव के अतिरिक्त अक्षांशो (Latitudes) व रेखांशो (Longitudes) के निर्धारण की भी परिकल्पना की गई। ध्रुव के सहयोग से अक्षांशों व विषुव दिवस में एक ही समय घट रहे मध्यरात्र, सूर्योदय, मध्याह्न व सूर्यास्त के विन्दुओं को क्रमशः 0°, 90°, 180° व 270° मानकर रेखांशों का निर्धारण किया गया। अब आकलन के उस क्षण सूर्यीदय होने के कारण 90° रेखांश अपने आप महत्वपूर्ण हो गया। भारत के नासिक, उज्जयिनी, हरिद्वार व प्रयागराज इसी 90° रेखांश के निकट अर्थात क्रमशः 90°, 92°, 94°, 96° पर पड़ते हैं, जिसके कारण इन स्थानों का सीधा सम्पर्क बृहस्पति, सूर्य और चन्द्रमा की भी विशेष स्थिति में आकाशगंगा के Super assive Black Hole से हो जाता है। भारतीय शास्त्रों में आकाशगंगा के इस केन्द्र को "विष्णु नाभि" कहा गया है और यही क्षेत्र ब्रह्माण्डीय उर्जा का अजस्र स्रोत (Ultimate Source) भी है। इसी कारण कुम्भ के काल में इन ग्रहों की विशेष स्थिति ब्रह्माण्डीय उर्जा के प्रवाह को अदृश्य उर्जा पथ (Lay Line) के माध्यम से इन स्थानों पर बने Energy Vortex (उर्जा भँवर) जैसे बिन्दुओं पर केन्द्रित (Concentrate) कर देते हैं।

Quantum Physics में Energy Vortex उसे माना गया है जहाँ Time & Space की Singularity घटती है। यह Singularity वहाँ घटती है जहाँ Time & Space दोनों एक साथ विलीन हो जाते हैं। इस स्थिति में गुरुत्व (Gravity) इतना अधिक हो जाता है कि भौतिकी के सभी नियम निरर्थक हो जाते हैं क्योंकि इस विन्दु पर समय की गति (Speed of Time) व स्थान का माप (Measure of Space) एकदम से बदल जाता है। Time व Space का यह विरुपण (Distortion), श्रद्धालुओं के आत्मबोध को अध्यात्मिकता की श्रेष्ठता से अवगत कराने में सहयोगी होता है। इसका कारण यह है कि इस बिन्दु पर प्रवाहित हो रही जल की धारा इससे विशिष्ट रुप से प्रभावित हो उठती है, अतः ब्रह्माण्डीय उर्जा से अप्लावित उस जलराशि के सम्पर्क में आये लोगों के शारीरिक, मानसिक व वैचारिक चेतना जागृत हो अध्यात्मिकता की ओर उन्मुख होने लगती है।

हमारा शरीर पंचतत्वों से ही बना है। पंचतत्वों में से एक जल की मात्रा, हमारे शरीर में सबसे अधिक है। जल में एक विलक्षण क्षमता होती है कि वह उर्जा व ध्वनियों के कंपन को ग्रहण कर अपनी संरचना को बदलने के साथ सम्पर्क में आये लोगों की भावनाओं (Emotions) को भी प्रभावित कर सकती है। जापान के शोधकर्ता "स्वर्गीय मशारु इनोटा" (Late Masaru Enota) ने अपने शोध में जल को अलग अलग ध्वनियों व संगीत से intract (अंतःक्रिया) कर जमाने (Freezing) पर बने बर्फ के crystal को Microscope से देखने पर यह पाया कि मधुर व सकरात्मक ध्वनियों से यह क्रिस्टल सुन्दर आकार के बने, जबकि कर्कश व नकरात्मक ध्वनियों से क्रिस्टल बेढ़ंगे व विद्रूपों में परिवर्तित हो जाते हैं। इसके अतिरिक्त उन्होनें अपने रिसर्च में यह भी पाया कि पवित्र ध्वनियों व मंत्रोच्चार से जल में वह शक्ति आ जाती है कि वह सम्पर्क में आये व्यक्तियों के स्वास्थ्य को पुष्ट करने के साथ ही उसके मन को निर्मल कर भावनाओं को भी दिव्यता प्रदान कर सकती है। नदी स्त्रोत में भी यह उल्लेखित है – "काया पवित्रो कुरुयात् मनसा निर्मलं शुचि"। इन सभी विषय पर उनकी बहुचर्चित पुस्तक "Hidden Mystery of Water" में उन्होंने विस्तार से वर्णन किया है। इस तथ्य के भी अनेक प्रमाण पाये गये हैं कि विशिष्ट सिद्ध पुरुष द्वारा मंत्र संस्कार से पूरित किये गये जल को ग्रहण करने से रूग्ण लोगों को भी स्वास्थ्य लाभ हुआ। इस आधार पर यदि अनुभूत किया जाय तो यह सहज समझ में आता है कि कुम्भ के पवित्र स्थल पर नियमित आराधना, अनुष्ठान व मंत्रोच्चार से वहाँ प्रवाहित हो रही नदियों के जल में शुद्धता, नवीनीकरण व प्रत्यावर्तन के दिव्य गुणों का समावेश सम्पर्क में आये व्यक्ति की भावनाओं को अध्यातमिकता से ओतप्रोत करने की क्षमता से परिपूर्ण होती है।

मानव चेतना, उर्जा प्रवाह व आध्यात्मिकता के सूत्र पर आश्चर्यजनक शोध के लिए विख्यात हुये अमेरिकी विज्ञानी Greg Barden (ग्रेग बार्डेन) अपनी बहुचर्चित पुस्तक Transcendence – a Powerful Fusion of Scienc & Spiritulity में मानवीय डीएनए व ऊर्जा के मध्य संभव संबंध की बात करते हैं। उनका मानना है कि कुछ विशेष ऊर्जा आवृत्ति के प्रभाव से मानवीय डीएनए में भी बदलाव आ सकता है। उनके अनुसार इस स्थिति में व्यक्ति के जैविक जीन में छिपे आध्यात्मिक, भावनात्मक व क्रियाशील गुण सक्रिय हो सकते हैं या उसमें गुणात्मक परिवर्तन हो सकता हैं। यह भी वैज्ञानिक तथ्य है कि डीएनए का 98% हिस्सा जंक डीएनए के रुप में जाना जाता है, कारण इनकी कार्यविधि निश्चित रुप से अभी तक उद्घाटित नहीं हो पायी है। इस पर शोध कर रहे वैज्ञानिकों का भी यह मानना है कि इसमे छिपे गहरे व रहस्यमय तथ्य के डोरमैट कूट किसी विशेष परिस्थिति में ऊर्जा आवृत्ति के प्रभाव में सक्रिय हो कर विलक्षण अनुभूति के अवसर उपलब्ध करा सकते हैं। डीएनए के इस उन्नयन (upgradation) से मानवी चेतना अपने उच्चतर स्तर पर पहुँचने में सफल हो सकती है। ऊँ के गहरे उच्चारण पर हुये शोध से भी यह स्पष्ट हो गया है कि इसके ध्वनि तरंग मस्तिष्क के न्यूरान्स को विशेष रुप से सक्रिय कर व्यक्ति को ध्यान में केन्द्रित कर देते हैं। क्वाण्टम यांत्रिकी के संलिप्तता सिद्धान्त (Entanglement Theory) के अनुसार आपसी दूरी के उपरान्त भी अदृश्य रुप से प्रकृति के सभी कण एक दूसरे से जुड़े हुये ही नहीं है बल्कि तत्क्षण ही सूचनाओं का आदान–प्रदान भी करते रहते है। इस द्रुत संचार प्रक्रिया की हाइजनबर्ग ने अनिश्चितता का सिद्धान्त (Uncertainty Principle) के रुप में व्याख्या की जबकि अल्बर्ट आइंसटीन ने इसे दूरी पर पिशाच – सदृश कार्यवाही (Spooky action at distance) कह कर चिन्हित किया। इस वैज्ञानिक सिद्धान्त के अनुसार कुम्भ के अवसर पर ध्यान–साधना का वातावरण स्वतः ही वहाँ उपस्थित सभी श्रद्धालुओं को बिना किसी प्रत्यक्ष क्रिया के आध्यात्मिकता के भाव से आप्लावित कर सकता है।

''अम्बितमे नदीतमे देवितमे सरस्वति। अप्रशस्ता इवस्मसि प्रशस्तिमम्ब नस्कृधि।।''

||ऋग्वेद 2/41/16||

**अर्थात** :– माताओं, नदियों व देवियों में श्रेष्ठतम सरस्वती, हम अप्रशस्त है, हम सभी को प्रशस्त करें माता।

इस प्रार्थना का आशय व उद्देश्य यह है कि ज्ञान शुद्ध और पूर्ण हो तो अव्यक्त ही रहता है, क्योंकि सामूहिक चेतना प्रशस्त हो तो अभिव्यक्ति की आवश्यकता नहीं और वेद का ऋषि यह याचना करता है कि अदृश्य ही सही परन्तु सामूहिक चेतना के रुप में, ज्ञान की अधिष्ठात्री, सरस्वती की उपस्थिति हम सभी पर बनी रहे। अनंत काल से ऋषि–मुनि, साधु–सन्त व श्रद्धालु गण कुम्भ के विशिष्ट काल में जिस पवित्र तट पर एकाग्रभाव से सामूहिक स्नानादि द्वारा साधना–अनुष्ठान करते चले आये हों, उस भाव भूमि में प्रवाहित जल धारा में ग्रहण करने की विशिष्ट क्षमताओं के कारण ज्ञान दायिनी सरस्वती अनायास ही अदृश्य भाव से प्रवाहमान रहती हैं। इस आधार पर गंगा–यमुना की प्रकट संगम स्थली, प्रयागराज का कुम्भ इसलिये विशेष महत्वपूर्ण हो जाता है की श्रद्धालुओं को यहाँ सरस्वती का अदृश्य उपस्थिति, वैदिक मंत्र "तिस्रो देव्या:" (अर्थात गंगा, यमुना व सरस्वती के त्रिवेणी) का सामीप्य प्रदान कर उनकी चेतना को दिव्य अनुभूति के उच्चतर स्तर की ओर प्रेरित कर देती है।

वस्तुतः कुम्भ की यह भारतीय परम्परा, उस खगोलीय ज्ञान से प्रेरित है जो ब्रह्माण्डीय उर्जा व मानवी चेतना के दुर्लभ संयोग को सुलभ कराती है। यह मात्र धार्मिक प्रथा तक सीमित नहीं है बल्कि यह खगोल विज्ञान, उर्जा भँवर, चेतना को जागृत कर आत्मा को उर्ध्वरेता करने की वह महायात्रा है, जो व्यष्टि को समष्टि से जोड़कर सृष्टि के विराटत्व को आत्मसात करने के साथ परमेष्ठी से एकाकार होने का विलक्षण संयोग सभी श्रद्धालुओं को उपलब्ध कराती है। अतः कुम्भ के इस महत्व को भारत के अबालवृद्ध नर–नारी ही नहीं बल्कि पूरे विश्व को, मानव से महामानव में रूपान्तरित होने का अमूल्य अवसर समझ कर गहराई से आत्मसात कर धन्य होना चाहिए।

शोध पत्र / **Research Paper**

# प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण और प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान प्रक्रियाओं का उपयोग कर एंकर निर्धारण द्वारा विभिन्न इनवॉइस छवियों से स्वचालित डेटा अभिग्रहण तथा डेटा निष्कर्षण

# Automatic Data Capture and Data Extraction from Different Invoice Images by Anchor Determination using NLP and OCR Processes


**डॉ. विनायक डी. शिंदे[1] एवं स्वरांजली संदीप जगताप[2]**

**Dr. Vinayak D. Shinde[1] and Swaranjaly Sandeep Jagtap[2]**

[1]Associate Professor, Shree L.R. Tiwari College of Engineering, Thane, India -401107

[2]Shree L. R. Tiwari College of Engineering, Thane, India

vdshinde@gmail.com, jagtap41swara@gmail.com



https://doie.org/10.10427/VP.2025527105



## सारांश

आज के गतिशील कारोबारी माहौल में, इनवॉइस के भीतर डेटा का प्रभावी प्रसंस्करण और हैंडलिंग किसी भी संबंधित संचालन के अनुकूलन के लिए आवश्यक है। यह शोध पत्र एक ऐसे दृष्टिकोण को प्रस्तुत करता है जिसमें हम प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (Optical Character Recognition (OCR)) और प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (Natural Language Processing (NLP))) तकनीकों को नियोजित करके इनवॉइस छवियों से निकालने के बाद डेटा कैप्चरिंग को स्वचालित करते हैं। प्रारंभ में, OCR का उपयोग इनवॉइस छवि को TSV (टैब–सेपरेटेड वैल्यू) फ़ाइल में परिवर्तित करने के लिए किया जाता है, आगे इसे व्यवस्थित विश्लेषण के उद्देश्य से JSON ऑब्जेक्ट में परिवर्तित किया जाता है। इनवॉइस के भीतर प्रासंगिक डेटा फ़ील्ड की सटीक पहचान करने के लिए हम रेगेक्स (नियमित अभिव्यक्ति) के माध्यम से एंकर निर्धारण का उपयोग करते हैं। संगठनों, स्थानों, लोगों जैसे पूर्वनिर्धारित संस्थाओं के साथ निकाले गए डेटा को मान्य करने के लिए compromise.js प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण लाइब्रेरी का उपयोग किया जाता है। इसके अलावा हम इस डेटा को एक इकाई सेट में निकालते हैं और फ़िल्टर करते हैं। इस डेटा को CSV फ़ाइल में सहेजा जा सकता है ताकि निकट भविष्य में इसका उपयोग कुछ डेटाबेस के साथ एकीकृत करने के लिए किया जा सके। यह पद्धति दो इनवॉइस लेआउट के लिए लागू की जाती है, ताकि न म्निलिखित मापदंडों के आधार पर इसकी सटीकता की जांच की जा सके। जब हम बड़ी संख्या में इनवॉइस का उपयोग करते हैं तो ये प्रतिशत भिन्न हो सकते हैं। चरित्र स्तर सटीकता: 99%, शब्द–स्तर सटीकता: 98.5%, लाइन–स्तर सटीकता: 97%। हालांकि, सीमा रेगेक्स पैटर्न में निहित है जो विशिष्ट है और सामान्य नहीं है। इसलिए, केवल उन इनवॉइस के लिए प्रभावी है जिनका एक विशेष प्रारूप है। इससे पता चलता है कि भविष्य में मशीन लर्निंग और प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण तकनीकों के साथ अधिक चर या चौतरफा रेगेक्स पैटर्न लागू किए जा सकते हैं ताकि विभिन्न प्रारूपों और लेआउट से इनवॉइस डेटा के लिए सटीक परिणाम प्राप्त किए जा सकें।

## Abstract

In today’s dynamic business environment, effective processing and handling of data within invoices is essential for optimizing any related operations. This research paper presents an approach where we automate data capturing followed by extracting from invoice images by employing Optical Character Recognition (OCR) and Natural Language Processing (NLP) techniques. Initially, OCR is utilized for converting the invoice image into a TSV (Tab-Separated Values) file, further it is

converted to a JSON object for the purpose of systematic analysis. For accurately identifying relevant data fields within the invoice, we use anchor determination through Regex (regular expressions). In order to validate the data extracted with predefined entities like organizations, places and people ensuring the compromise.js NLP library is used. Further, we extract and filter this data into an entity set. This data can be saved in a CSV file so that it can be used in the near future to be integrated with some databases. This methodology is applied for two invoice layouts, to examine its accuracy based on the following parameters. These percentages may vary when we use large number of invoices. Character level accuracy: 99%, Word-level accuracy: 98.5%, Line-level accuracy: 97%.However, the limitation lays in the Regex pattern, which is specific and not general. Hence, only effective for invoices which have a particular format. This suggests that in future, more variable or all-round regex patterns can be implemented along with Machine learning and Natural language processing techniques so that accurate results can be achieved for invoice data from varied formats and layouts.

**मुख्य शब्दः** इनवॉइस छवियाँ, प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR), डेटा अभिग्रहण, डेटा निष्कर्षण, प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (NLP), डेटा रूपांतरण, एंकर निर्धारण, नियमित अभिव्यक्ति आकृति।

**Keywords :** Invoice Images, Optical Character Recognition (OCR), Data capture, Data extraction, Natural Language Processing (NLP), Data transformation, Anchor determination, Regular Expression Pattern.

## परिचय

एक इनवॉइस ऐसा दस्तावेज है जो एक विक्रेता द्वारा खरीदार को जारी किया जाता है जिसमें उसी के लिए भुगतान का अनुरोध करने के दृष्टिकोण के साथ प्रदान की गई सेवाओं या सामानों के बारे में विशिष्टताएं होती हैं। यह भुगतान के संबंध में एक औपचारिक अनुरोध की तरह काम करता है, यह रिकॉर्ड रखने और अन्य व्यवसाय प्रबंधन कार्यों के लिए उपयोगी है। इनवॉइस, कंपनियों और संगठनों के लिए महत्वपूर्ण दस्तावेज हैं क्योंकि वे खरीद के बारे में सबूत/प्रमाण के रूप में कार्य करते हैं, तथा कर और लेखांकन के उद्देश्य के लिए आवश्यक हैं। इन दिनों इनवॉइस अक्सर अधिकांश संगठनों में होते हैं, जिससे उत्पन्न होने वाले कई इनवॉइस को कुशलतापूर्वक संभालने की आवश्यकता होती है [3]। एक इनवॉइस प्रसंस्करण की मैनुअल हैंडलिंग स्पष्ट रूप से समय लेने वाली है और मानवीय त्रुटि के लिए प्रवण है। इसलिए, इनवॉइस से डेटा को पकड़ने और निकालने और भविष्य में उपयोग के लिए इस उपयोगी जानकारी को उपलब्ध कराने के लिए एक स्वचालित प्रणाली की आवश्यकता उत्पन्न होती है। डिजिटल दस्तावेजों के आगमन से प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) जैसी विभिन्न महत्वपूर्ण तकनीकों का उदय हुआ। प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) तकनीक का उपयोग करके डिजिटल दस्तावेजों को मशीन पठनीय प्रारूप में बदलना संभव है। प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) पाठ्य डेटा में अनुक्रम की भविष्यवाणी के लिए चरित्र दीर्घ अल्पकालिक स्मृति (Long Short Term Memory (LSTM)) और आवर्तक तंत्रिका जालतंत्र (Recurrent Neural Network (RNN)) के उद्देश्य से संवलयी तंत्रिका जालतंत्र (Convulsive Neural Network (CNN)) जैसे गहन शिक्षण मॉडल का उपयोग करता है [8][10]। प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (NLP) मशीनों को प्राकृतिक या मानवीय भाषा में डेटा का विश्लेषण और प्रसंस्करण करने में सक्षम बनाता है। यह शोध एक ऐसे दृष्टिकोण को प्रस्तावित करता है जो इनवॉइस डेटा को पकड़ने और निकालने के लिए एंकर निर्धारण के साथ–साथ प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) और प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (Natural Language Processing) का उपयोग करता है और इस डेटा को एक्सेल शीट में संग्रहीत करता है जहां इसे विश्लेषण या रिकॉर्ड बनाए रखने के उद्देश्य के लिए आगे इस्तेमाल किया जा सकता है। इसके अलावा, इसका उपयोग डेटाबेस और अन्य व्यावसायिक प्रक्रियाओं के साथ एकीकरण के

लिए किया जा सकता है। एंकर उस डेटा से पहले के मुख्य शब्द या वे शब्द हैं जिन्हें हम निकालना चाहते हैं। वे दस्तावेज़ के भीतर आवश्यक डेटा का पता लगाने में मदद करते हैं। पैटर्न मिलान कार्यों के लिए नियमित अभिव्यक्ति (रेगेक्स) का प्रभावी ढंग से उपयोग किया जा सकता है। रेगेक्स, नियमित अभिव्यक्तियों के लिए छोटा, स्ट्रिंग मिलान और स्ट्रिंग हेरफेर के लिए एक व्यापक उपकरण है। इस शोध पत्र का संगठन निम्नानुसार है: परिचय अनुभाग, साहित्य समीक्षा, प्रस्तावित सिस्टम एल्गोरिथ्म तथा अंतिम खंड निष्कर्ष और भविष्य के दायरे के साथ कार्यान्वयन और परिणाम हैं।

## संबंधित कार्य

बेयर एवं अन्य [1] ने एक ऐसी प्रणाली प्रस्तुत की जो विभिन्न डोमेन में अलग–अलग लेआउट के साथ इनवॉइस से डेटा के निष्कर्षण को स्वचालित करती है। सिस्टम में दस्तावेज़ों को डिजिटाइज़ करने के लिए एक OCR टूल और FRESCO शामिल है, जो डोमेन–विशिष्ट नियमों के आधार पर मॉडलिंग और सामग्री निकालने की भाषा है। यह प्रणाली स्वास्थ्य बीमा इनवॉइस के लिए 1% से कम त्रुटि के साथ 50% से अधिक स्वचालन प्राप्त करती है, उच्च दक्षता और अनुकूलन क्षमता का प्रदर्शन करती है। रेड्डी एवं अन्य [2] ने गहरी शिक्षण तकनीकों का उपयोग करके हस्तलिखित पाठ पहचान की आवश्यकता को संबोधित किया। दृष्टिकोण शब्द वर्गीकरण के लिए सीएनएन और चरित्र विभाजन के लिए लॉन्ग शॉर्ट टर्म मेमोरी (LSTM) नेटवर्क का उपयोग करता है, ईएमएनआईएसटी (EMNIST) डेटासेट के साथ उच्च सटीकता प्राप्त करता है। प्रस्तावित प्रणाली डेटा सुरक्षा और पहुंच में सुधार के लिए, विशेष रूप से ऐतिहासिक दस्तावेज़ संरक्षण और बड़े पैमाने पर डिजिटलीकरण प्रयासों में महत्वपूर्ण क्षमता प्रदर्शित करती है। शि एवं अन्य [3] ने अधिक स्पष्ट चित्र प्राप्त करने के लिए बैचों में स्कैन किए गए इनवॉइस को, स्थान जानकारी टेम्पलेट मिलान एल्गोरिथ्म के लिए उपयोग किया था, चरित्र पहचान सीएनएन का उपयोग करके किया गया था जिसने मान्यता दर में सुधार किया जो 99.8% तक पहुंच सकता है। स्वयं निर्णय और हस्तनिर्देश सुधार की एक प्रक्रिया, मान्यता सटीकता के निर्धारण के लिए वैट (VAT) इनवॉइस के अंदर जानकारी के सहसंबंध का उपयोग करके जोड़ा जाता है। औदिच्य एवं अन्य [4] ने डिजिटल रूप से टाइप की गई मुद्रित छवियों से वर्णों को पहचानने के लिए टेसरैक्ट द्वारा प्रदान किए गए अंतर्निहित प्रशिक्षित परीक्षण डेटा के साथ टेसरैक्ट प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) इंजन का उपयोग करके गुजराती वर्ण पहचाना। विभिन्न स्थितियों जैसे कि विभिन्न फ़ॉन्ट शैलियों, फ़ॉन्ट आकार आदि का उपयोग करना, के लिए अवलोकन किया गया था। यह कुछ जटिल पात्रों और समान दिखने वाले पात्रों की अस्पष्टता के साथ मामलों के अलावा अच्छा प्रदर्शन करने वाला पाया गया था। औंग एवं अन्य [5] ने छवि पहचान प्रणाली में फीचर निष्कर्षण और वर्गीकरण कार्यों के लिए दृढ़ तंत्रिका नेटवर्क (CNN) के साथ एक प्रणाली का प्रस्ताव दिया। अनुक्रम–से–अनुक्रम कार्यों के लिए आवर्तक तंत्रिका नेटवर्क (RNN), जैसे इनवॉइस छवियों से पाठ्य जानकारी को पहचानना और निकालना। डेटासेट के रूप में वास्तविक दुनिया के इनवॉइस की एक विस्तृत विविधता का उपयोग किया गया था, सिस्टम ने इनवॉइस छवियों से प्रासंगिक जानकारी निकालने में 95% की उच्च स्तर की सटीकता का प्रदर्शन किया। हालांकि, इनवॉइस के लिए मामूली प्रदर्शन गिरावट देखी गई थी जिसमें अपरंपरागत लेआउट और खराब छवि गुणवत्ता थी। सातव एवं अन्य [6] ने एक वेब आधारित अनुप्रयोग विकसित किया। यह विकसित अनुप्रयोग एक तीन चरण प्रक्रिया का पालन करता है जहां विभिन्न ओपनसीवी तकनीकों का उपयोग करके पूर्व प्रसंस्करण किया जाता है, फिर प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) तकनीक का उपयोग करके डेटा निष्कर्षण किया जाता है और प्रसंस्करण के बाद नियमित अभिव्यक्ति आकृति का उपयोग किया जाता है। सिस्टम खुदरा विक्रेताओं और थोक विक्रेताओं के लिए विकसित किया गया है ताकि वे अपने व्यावसायिक डेटा को अधिक कुशलता से प्रबंधित कर सकें।

सिधवा एवं अन्य [7] ने पता लगाने के उद्देश्य से पायथन में एक वेबएप विकसित किया। एज डिटेक्शन कैनी एज डिटेक्शन एल्गोरिथ्म का उपयोग करके किया जाता है, कंटूर डिटेक्शन के लिए ओपनसीवी के कंटूर () फ़ंक्शन का उपयोग किया जाता है, इसके बाद चार पॉइंट पर्सपेक्टिव ट्रांसफॉर्म का उपयोग किया जाता है। छवि को सीमाओं के साथ क्रॉप किया गया है और प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) के माध्यम से पारित किया गया है। मल्लाधी एवं अन्य [8] ने एआई–प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) के साथ आरएल के समामेलन का सुझाव दिया है | इनवॉइस के विभिन्न बदलते प्रारूपों के लिए आरएल की अनुकूलन क्षमता के विभिन्न लाभों को इंगित करके इनवॉइस प्रसंस्करण में आरएल के उपयोग पर जोर देता है, लगातार पुरस्कार या दंड के आधार पर अपनी रणनीतियों को परिष्कृत करता है इसलिए डेटा के साथ विकसित करने में सक्षम होने के कारण प्रक्रिया, स्केलेबिलिटी के रूप में कंपनी बड़ी संख्या में इनवॉइस संसाधित करने के लिए बढ़ेगी। यह प्रणाली प्रभावी रूप से स्केल कर सकती है और बड़े डेटासेट और इससे भी अधिक विविध स्वरूपों के अनुकूल है। दोषी एवं अन्य [9] ने UiPath का उपयोग करके एक प्रणाली विकसित की है। प्रारंभिक चरण डेटा स्क्रैपिंग है | इनवॉइस फ़ाइलों को ईमेल से पुर्नप्राप्त किया जाता है और एक फ़ोल्डर में संग्रहीत किया जाता है। इनवॉइस डेटा फ़ील्ड UiPath से पुर्नप्राप्त किए जाते हैं और डेटाबेस में एप्लिकेशन स्टोर में इनपुट होते हैं। वाक् पहचान वाला चैटबॉट वेबसाइट में एकीकृत है। लीं एवं अन्य [10] ने हस्तलिखित रसीदों और मुद्रित रसीदों दोनों के लिए एक प्रणाली विकसित की। हस्तलिखित रसीदों के लिए, रसीदों और सीएनएन की टेम्पलेट मिलान और निश्चित सुविधाओं का उपयोग किया जाता है। हस्तलिखित रसीद वर्णों के लिए सिस्टम की पहचान सटीकता दर 80.93% थी जबकि मुद्रित रसीद के लिए 99.39% थी।

**प्रस्तावित एल्गोरिथ्म**

इस अध्ययन का उद्देश्य एक स्वचालित प्रणाली को लागू करना है जो एक इनवॉइस छवि से डेटा को प्राप्त करती है और इसे एक्सेल शीट में सटीक रूप से संग्रहीत करती है, इस प्रकार इसे डेटाबेस के साथ आगे एकीकरण के लिए उपयोग करने योग्य बनाती है। हम एंकर निर्धारण और प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (NLP) और प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) को नियोजित करते हैं। प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) के साथ, इनवॉइस से मुद्रित या हस्तलिखित पाठ मशीन–पठनीय डेटा में परिवर्तित हो जाता है, एनएलपी निकाली गई जानकारी को सही ढंग से समझने और वर्गीकृत करने में मदद करता है। इस प्रणाली के विकास को बढ़ाने के लिए, हमने जावास्क्रिप्ट पुस्तकालयों का उपयोग किया है। जावास्क्रिप्ट और Node.js रनटाइम वातावरण के रूप में उपयोग किए जाते हैं। सिस्टम एक इंटेल i3 प्रोसेसर, 7 वीं पीढ़ी, 8GB रैम के साथ संचालित है। चित्र 1 प्रस्तावित सिस्टम फ्रेमवर्क दिखाता है। इसमें निम्नलिखित चरण शामिल हैं: i) इनवॉइस छवि, ii) प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) प्रणाली, iii) डेटा परिवर्तन, iv) फ़ाइल सफाई, v) प्रासंगिक डेटा फ़ील्ड की पहचान, vi) डेटा सत्यापन, vii) निकाली गई जानकारी को सहेजना, viii) एक्सेल शीट में स्टोर करना। निम्नलिखित चरण प्रस्तावित सिस्टम फ्रेमवर्क को दर्शाते हैं:

**(1) छवि (इनपुट):**

एक इनवॉइस एक विक्रेता द्वारा एक खरीदार को जारी किया गया एक विस्तृत दस्तावेज है, जो प्रदान की गई वस्तुओं या सेवाओं, उनकी मात्रा, कीमतों, करों और कुल देय राशि को रेखांकित करता है। इस प्रणाली में, इनवॉइस छवि को इनपुट के रूप में पारित किया जाता है जिस पर आगे की कार्रवाई की जाती है।

**(2) प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) प्रणाली (runOcr()):**

tesseract.js पैकेज का उपयोग प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) के लिए किया जाता है। फ़ंक्शन runOcr() इनवॉइस छवि को संसाधित करता है और संगत TSV (टैब–सेपरेटेड वैल्यू) फ़ाइल जनरेट करता है। यह रूपांतरण शब्द और चरित्र विभाजन के

बाद शोर में कमी, बिनाराइजेशन, डेस्कविंग जैसे चरणों की एक श्रृंखला को शामिल करता है। यह TSV प्रारूप सारणीबद्ध डेटा फ़ाइल संग्रहीत करने के लिए पाठ–आधारित फ़ाइल स्वरूप है। यह सारणीबद्ध डेटा को स्पष्ट रूप से प्रस्तुत करने में मदद करता है।

**(3) डेटा परिवर्तन (tsvtotext(), fs मॉड्यूल):**

फ़ंक्शन tsvtotext() TSV फ़ाइल को संभालता है, जिसमें एक संरचित, सारणीबद्ध प्रारूप में छवि से निकाला गया डेटा होता है और इस डेटा को एक पाठ फ़ाइल में परिवर्तित करता है, यह सुनिश्चित करता है कि यह पठनीय बना रहे और मूल छवि डेटा के समान प्रारूप बनाए रखे। यह फ़ंक्शन TSV डेटा को सादे पाठ प्रारूप में परिवर्तित करने के लिए Node.js fs मॉड्यूल का उपयोग करता है।

**(4) डेटा परिवर्तन (tsvtojsonobject(), fs मॉड्यूल):**

TSV फ़ाइल को JSON (JavaScript Object Notation) फॉर्मेट में बदला जाता है। tsvtojsonobject() फंक्शन के अंदर, आवश्यक जानकारी छवि–पाठ फाइल से निकाली जाती है। इसमें प्रमुख विवरण जैसे इनवॉइस संख्या, खरीद आदेश संख्या, बिलिंग पता, शिपिंग पता और कुल राशि शामिल है।

**(5) प्रासंगिक डेटा फ़ील्ड (एंकर निर्धारण) की पहचान करनाः**

एंकर निर्धारण की मदद से इनवॉइस छवि के भीतर प्रासंगिक डेटा फ़ील्ड की पहचान करता है। यह स्ट्रिंग मिलान का उपयोग करता है। स्ट्रिंग मिलान के लिए नियमित अभिव्यक्तियों का उपयोग एक प्रभावी उपकरण के रूप में किया जाता है।

**(6) फाइल सफाई (रेगेक्स):**

इस प्रक्रिया में अनावश्यक वर्णों को हटाना, प्रारूपों को मानकीकृत करना और सटीक विश्लेषण और प्रसंस्करण के लिए डेटा अखंडता सुनिश्चित करना शामिल है। रेगेक्स अवांछित वर्णों को हटाने में मदद करता है, जैसे गैर–अल्फान्यूमेरिक प्रतीक और पाठ स्थिरता सुनिश्चित करते हुए अतिरिक्त रिक्त स्थान को साफ करते हैं। यह त्रुटियों को कम करना और दक्षता बढ़ाना सुनिश्चित करता है।

**(7) डेटा सत्यापन (एनएलपी प्रक्रियाएं):**

डेटा के प्रत्येक टुकड़े को क्रमिक रूप से निकालने पर, यह सफाई से गुजरता है और मुख्य इकाई सेट में एकीकृत होता है। डेटा निष्कर्षण प्रक्रिया के दौरान, compromise.js एनएलपी लाइब्रेरी का उपयोग विशिष्ट डेटा श्रेणियों जैसे व्यक्तियों, स्थानों और संगठनों को मान्य करने के लिए किया जाता है। Compromise.js एक Node.js और ब्राउज़र–आधारित प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण लाइब्रेरी है। यह अंग्रेजी पाठ को पार्स करने, समझने और हेरफेर करने के लिए उपकरणों का एक सेट प्रदान करता है। यह सत्यापन निकाली गई जानकारी की सटीकता सुनिश्चित करता है। निकाले गए और फ़िल्टर किए गए डेटा को एक निकाय सेट में समेकित किया जाता है |

**(8) निकाली गई जानकारी सहेजना (CSV फाइल में सम्मिलन):**

निकाले गए डेटा को संसाधित और मान्य करने के बाद, इसे एक एकल इकाई सेट में संकलित किया जाता है, जो इनवॉइस छवि से निकाली गई सभी महत्वपूर्ण जानकारियों को एक संरचित प्रारूप में समेकित करता है। यह संरचित डेटा एक CSV (अल्पविराम से अलग मान) में संग्रहीत किया जाता है, यह सुनिश्चित करता है कि संसाधित इनवॉइस डेटा भविष्य के संदर्भ और विश्लेषण के लिए सुलभ और उपयोग करने योग्य बना रहे।

**(9) आउटपुट (एक्सेल शीट में सहेजें):**

मान्य और संरचित इनवॉइस डेटा एक एक्सेल शीट में संग्रहीत किया जाता है जो विभिन्न व्यावसायिक कार्यों के साथ व्यापक विश्लेषण, रिपोर्टिंग और सहज एकीकरण को सक्षम करता है। यह क्षमता सुनिश्चित करती है कि निकाली गई जानकारी वित्तीय ऑडिट, पूर्वानुमान और अनुपालन उद्देश्यों के लिए आसानी से सुलभ है।

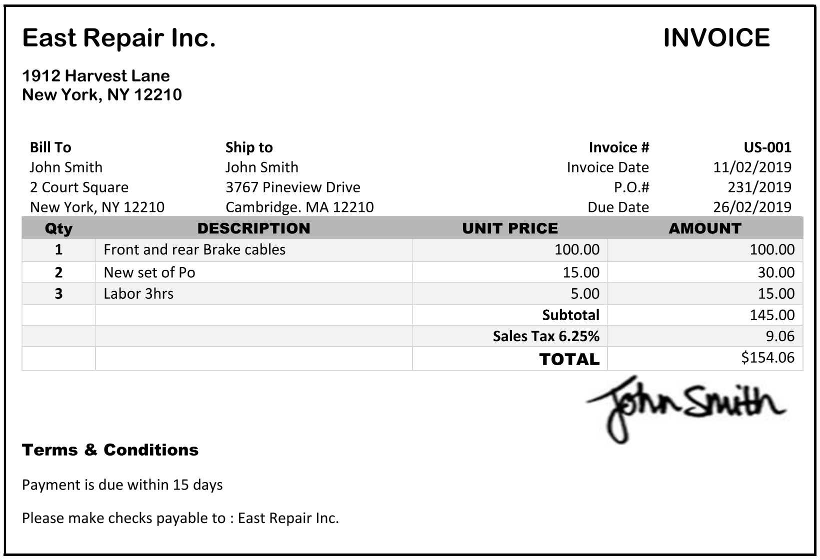
**चित्र 1: प्रस्तावित प्रणाली पद्धति**

| **एल्गोरिथ्म** | | |
|---|---|---|
| निवेश | : | इनवॉइस छवि |
| आउटपुट | : | इनवॉइस डेटा को Excel पत्रक में संग्रहीत करें |
| चरण 1 | : | छवि को TSV फ़ाइल में बदलें |
| चरण 2 | : | TSV फ़ाइल स्वरूप को पाठ फ़ाइल स्वरूप में बदलें |
| चरण 3 | : | पिछले चरण में प्राप्त टेक्स्ट फ़ाइल को JSON ऑब्जेक्ट में बदलें। |
| चरण 4 | : | एंकर निर्धारण का उपयोग करके प्रासंगिक डेटा फ़ील्ड की पहचान करें। |
| चरण 5 | : | नियमित अभिव्यक्ति आकृति (रेगेक्स) का उपयोग करके डेटा सफाई करें। |
| चरण 6 | : | एनएलपी प्रक्रिया का उपयोग करके डेटा सत्यापन करें। |
| चरण 7 | : | इस निकाय सेट डेटा को CSV फ़ाइल में डालें। |
| चरण 8 | : | आगे उपयोग के लिए इस डेटा को एक्सेल शीट में स्टोर करें। |

## कार्यान्वयन और परिणाम

प्रस्तावित प्रणाली में, डेटा को इनवॉइस से निकाला जाता है और निकालने के बाद इस डेटा को आगे उपयोग और प्रसंस्करण के लिए एक्सेल शीट में संग्रहीत किया जाता है। चित्र 2 एक नमूना इनवॉइस छवि दिखाता है। इनवॉइस इमेज इनपुट होने के बाद, पहला कदम OCRing का उपयोग करके इनवॉइस इमेज को TSV फ़ाइल में बदलना है। इसके लिए tesseract.js पैकेज का उपयोग किया जाता है। runOcr() विधि एक TSV (टैब–सेपरेटेड वैल्यू) फ़ाइल स्वरूप बनाने के लिए इनवॉइस छवि को संसाधित करती है, जो सारणीबद्ध डेटा को संग्रहीत करने के लिए उपयोग किया जाने वाला एक साधारण पाठ फ़ाइल स्वरूप है। चित्र 3 इनपुट इनवॉइस के द्वारा उत्पन्न संबंधित TSV फ़ाइल दिखाता है। इस फ़ाइल स्वरूप में पाठ की स्थिति और पदानुक्रमित लेआउट के बारे में जानकारी होती है। इसके अलावा आत्मविश्वास स्कोर की गणना की जाती है। जिसका मान 0 और 100 के बीच होता है,जो मान्यता प्राप्त छवि की सटीकता के बारे में निश्चितता की सीमा को इंगित करता है। उदाहरण, कुछ छवि 'ईस्ट रिपेयर इंक' के लिए आत्मविश्वास स्कोर 97 निकलता है, तो इसका मतलब है कि प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR) इंजन इस पाठ की मान्यता की सटीकता के बारे में 97% आश्वस्त है। इनवॉइस में पाठ का स्थानिक लेआउट बनाए रखा जाता है जो तालिकाओं और सूचियों का सटीक प्रतिनिधित्व करने के लिए महत्वपूर्ण है। छवि फ़ाइल से TSV फ़ाइल में रूपांतरण को पाटना चरणों की एक श्रृंखला है जैसे कि छवि प्रीप्रोसेसिंग जिसमें शोर में कमी जैसे विभिन्न चरण शामिल हैं, जो पाठ पहचान प्रक्रिया में बाधा डाल सकते हैं। बाइनरीकरण, जो छवि को काले और सफेद में परिवर्तित कर रहा है। डेस्क्यूइंग

जो छवि में किसी भी झुकाव को ठीक कर रहा है। अगले चरण में, यह TSV फ़ाइल एक टेक्स्ट फ़ाइल में कनवर्ट हो जाती है। फ़ंक्शन tsvtotex(), TSV फ़ाइल का उपयोग करता है। जिसमें पिछले चरण से सारणीबद्ध प्रारूप में छवि से निकाला गया डेटा होता है और इसे संरचित प्रारूप के साथ टेक्स्ट फ़ाइल में परिवर्तित करती है। यहां fs (फाइल सिस्टम) लाइब्रेरी का उपयोग फाइलों को पढ़ने और लिखने के लिए किया जाता है। ऐसा इसलिए किया गया ताकि TSV फ़ाइल की सामग्री को अधिक पठनीय टेक्स्ट प्रारूप में परिवर्तित किया जा सके। चित्र 4 उत्पन्न संबंधित पाठ फ़ाइल दिखाता है।



East Repair Inc. INVOICE

1912 Harvest Lane
New York, NY 12210

| Bill To | Ship to | Invoice # | US-001 |
|---|---|---|---|
| John Smith | John Smith | Invoice Date | 11/02/2019 |
| 2 Court Square | 3767 Pineview Drive | P.O.# | 231/2019 |
| New York, NY 12210 | Cambridge. MA 12210 | Due Date | 26/02/2019 |

| Qty | DESCRIPTION | UNIT PRICE | AMOUNT |
|---|---|---|---|
| 1 | Front and rear Brake cables | 100.00 | 100.00 |
| 2 | New set of Po | 15.00 | 30.00 |
| 3 | Labor 3hrs | 5.00 | 15.00 |
| | | Subtotal | 145.00 |
| | | Sales Tax 6.25% | 9.06 |
| | | TOTAL | $154.06 |

John Smith

Terms & Conditions

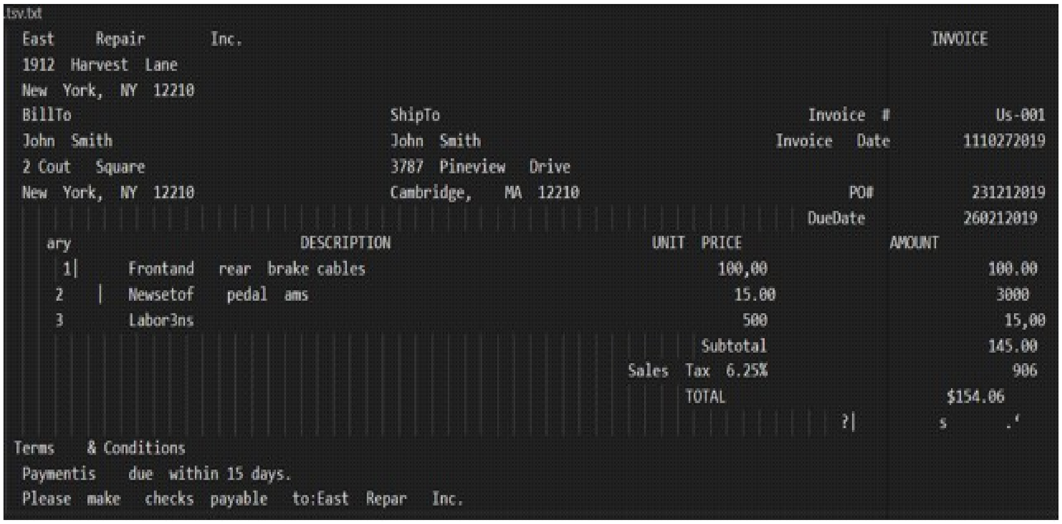
Payment is due within 15 days

Please make checks payable to : East Repair Inc.

**चित्र 2: नमूना इनवॉइस छवि (इनपुट)**

```
files > invoice.png.tsv
1	1	0	0	0	0	0	0	750	1061	-1
2	1	1	0	0	0	54	72	642	919	-1
3	1	1	1	0	0	54	72	642	919	-1
4	1	1	1	1	0	56	72	638	20	-1
5	1	1	1	1	1	56	73	41	15	92.319328	East
5	1	1	1	1	2	104	73	62	19	91.892830	Repair
5	1	1	1	1	3	172	73	33	15	88.638100	Inc.
5	1	1	1	1	4	613	72	81	16	92.179382	INVOICE
4	1	1	1	2	0	56	115	105	10	-1
5	1	1	1	2	1	56	115	26	10	93.212112	1912
5	1	1	1	2	2	87	115	42	10	82.004639	Harvest
5	1	1	1	2	3	134	115	27	10	91.880775	Lane
4	1	1	1	3	0	55	133	117	11	-1
5	1	1	1	3	1	55	133	25	10	92.515610	New
5	1	1	1	3	2	83	133	29	11	72.773911	York,
5	1	1	1	3	3	117	133	17	10	90.714806	NY
5	1	1	1	3	4	138	133	34	10	90.122070	12210
4	1	1	1	4	0	55	243	639	13	-1
5	1	1	1	4	1	55	243	38	10	53.891293	BillTo
5	1	1	1	4	2	282	243	46	13	33.965225	ShipTo
5	1	1	1	4	3	538	243	43	10	54.111404	Invoice
5	1	1	1	4	4	584	243	8	10	92.367500	#
5	1	1	1	4	5	654	243	40	10	78.898384	Us-001
4	1	1	1	5	0	55	265	641	14	-1
5	1	1	1	5	1	55	265	26	10	82.970634	John
5	1	1	1	5	2	86	265	31	10	84.745361	Smith
```

**चित्र 3: इनपुट इनवॉइस के द्वारा उत्पन्न संबंधित TSV फ़ाइल**

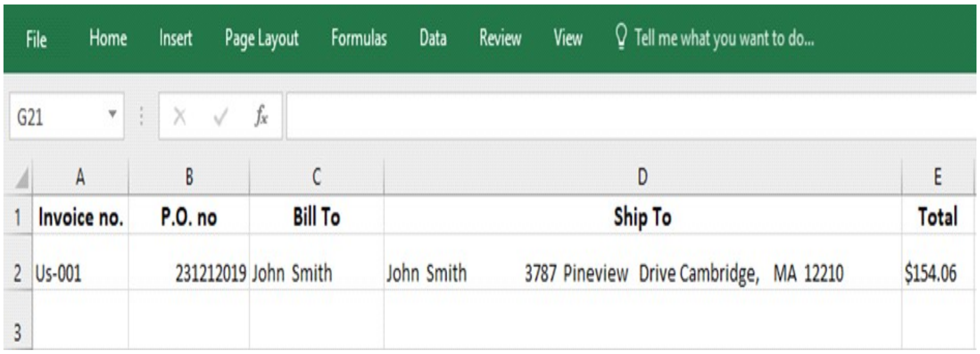


```
tsv.txt
East     Repair       Inc.                                                        INVOICE
1912  Harvest  Lane
New  York,  NY  12210
BillTo                         ShipTo                           Invoice  #       Us-001
John  Smith                    John  Smith                      Invoice  Date    1110272019
2 Cout   Square                3787  Pineview   Drive
New  York,  NY  12210          Cambridge,    MA  12210          PO#              231212019
                                                                DueDate          260212019
  ary              DESCRIPTION                    UNIT  PRICE         AMOUNT
   1|    Frontand   rear  brake cables               100,00                      100.00
   2   |   Newsetof    pedal  ams                     15.00                      3000
   3     Labor3ns                                     500                        15,00
                                                 Subtotal                        145.00
                                          Sales  Tax  6.25%                      906
                                                 TOTAL                  $154.06
                                                           ?|        s       .'
Terms    & Conditions
 Paymentis    due  within 15 days.
 Please  make   checks  payable   to:East  Repar    Inc.
```

**चित्र 4: उत्पन्न संबंधित पाठ फ़ाइल**

इसके बाद, tsvtojsonobject() फ़ंक्शन छवि–पाठ फ़ाइल का उपयोग करता है और उपयोगी डेटा जैसे इनवॉइस संख्या, क्रय आदेश संख्या, बिल का पता, शिप का पता, एंकर टेक्स्ट पर आधारित कुल राशि निकालता है। एंकर पाठ के भीतर भरोसेमंद मार्कर के रूप में काम करता है। एंकर निर्धारण का उपयोग महत्वपूर्ण डेटा फ़ील्ड जैसे इनवॉइस नंबर, खरीद ऑर्डर नंबर, बिलिंग टू, शिपिंग एड्रेस और कुल राशि की पहचान करने के लिए किया जाता है। यह JSON ऑब्जेक्ट पंक्ति पाठ और रेगेक्स पैटर्न के बीच स्ट्रिंग मिलान के साथ किया जाता है। पैटर्न मैच होते ही एंकर की पहचान कर ली गई है। इस एंकर के बाद इस एंकर से संबंधित वास्तविक मूल्य होगा, यानी इनवॉइस डेटा फ़ील्ड का वास्तविक मूल्य उदाहरण के लिए इनवॉइस में वास्तविक इनवॉइस संख्या यूएस–001। इनवॉइस में अन्य प्रासंगिक क्षेत्रों को स्थितीय तर्क का उपयोग करके पहचाना जाता है, जो एंकर के संबंध में इनवॉइस में अन्य आस–पास के डेटा फ़ील्ड का पता लगा रहा है। अगली फ़ाइल सफाई, नियमित अभिव्यक्ति आकृति का उपयोग करके की जाती है। इस चरण में अवांछित वर्णों को हटा दिया जाता है, प्रारूपों को मानकीकृत किया जाता है, किसी भी अतिरिक्त सफेद रिक्त स्थान को ठीक किया जाता है। यह सुनिश्चित करने के लिए किया जाता है कि डेटा साफ और प्रयोग करने योग्य है। अगला चरण डेटा सत्यापन है। एनएलपी लाइब्रेरी विशिष्ट डेटा श्रेणियों, जैसे व्यक्तियों, स्थानों और संगठनों को मान्य करने के लिए compromise.js है। यह चरण निकाली गई जानकारी की सटीकता और विश्वसनीयता सुनिश्चित करता है। एक बार मान्य होने के बाद, साफ और फ़िल्टर किए गए डेटा को एक एकल इकाई सेट में समेकित किया जाता है, जिसका उपयोग अन्य व्यावसायिक प्रणालियों के साथ आगे की प्रक्रिया और एकीकरण के लिए किया जा सकता है। यह डेटा CSV (अल्पविराम से अलग मान) फ़ाइल में संग्रहीत किया जाता है। आगे हम इस डेटा को एक्सेल शीट में स्टोर करते हैं। CSV–लेखक लाइब्रेरी का उपयोग निकाले गए और संसाधित डेटा को CSV फाइलों में लिखने के लिए किया जाता है। यह निकाले गए इनवॉइस डेटा को आगे के विश्लेषण और रिकॉर्ड–कीपिंग के लिए संरचित प्रारूप में संग्रहीत करने के लिए उपयोगी है (चित्र 5)। हमने अपने रेगेक्स पैटर्न को दो इनवॉइस लेआउट पर भी लागू किया और निम्नलिखित सटीकता हासिल की: चरित्र–स्तर सटीकता: 99%, शब्द–स्तर सटीकता: 98.5%, लाइन–स्तरीय सटीकता: 97%। जब हम बड़ी संख्या में इनवॉइस का उपयोग करते हैं, तो ये प्रतिशत भिन्न हो सकते हैं। हमारा रेगेक्स पैटर्न विशिष्ट संरचना या लेआउट के प्रारूप के लिए सिलवाया गया है। ऐसा इसलिए है क्योंकि प्रत्येक इनवॉइस दस्तावेज़ में पाठ, प्रारूपों और समग्र विभिन्न लेआउट की विभिन्न व्यवस्थाएं हो सकती हैं। इनवॉइस सामग्री की नियुक्ति जैसे, पीओ नंबर, कुल राशि,

इनवॉइस संख्या, आदि अलग–अलग इनवॉइस के लिये भिन्न हो सकते हैं विभिन्न व्यवसायों या विक्रेताओं, खुदरा विक्रेताओं के पास आमतौर पर अपनी व्यक्तिगत इनवॉइस संरचना और लेआउट होते हैं। [8] प्रत्येक अलग इनवॉइस संरचना और लेआउट के लिए हमें अलग–अलग रेगेक्स पैटर्न बनाने की आवश्यकता होगी ताकि यह उन लेआउट के लिए अनुकूलित हो।





| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Invoice no. | P.O. no | Bill To | Ship To | Total |
| 2 | Us-001 | 231212019 | John Smith | John Smith 3787 Pineview Drive Cambridge, MA 12210 | $154.06 |
| 3 | | | | | |

**चित्र 5: आउटपुटः इनवॉइस डेटा एक्सेल शीट में संग्रहीत**

## निष्कर्ष और भविष्य की संभावनाएं

प्रस्तावित प्रणाली प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान (OCR), प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (NLP) और एंकर निर्धारण का उपयोग करके इनवॉइस डेटा को कब्जा करती हैं और निकालती है, निकाले गए डेटा को रिकॉर्ड रखने के विश्लेषण और उद्देश्य के लिए एक्सेल शीट में संग्रहीत किया जाता है। यह इनवॉइस डेटा की मैनुअल डेटा प्रविष्टि की आवश्यकता को समाप्त करता है, जो अन्यथा एक समय लेने वाली प्रक्रिया होगी। समग्र इनवॉइस प्रसंस्करण के लिए प्रकाशिक संप्रतीक अभिज्ञान, प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण, एंकर निर्धारण इष्टतम दृष्टिकोण हैं। हमने अपने स्ट्रिंग मैचर को दो इनवॉइस प्रारूप पर लागू किया और मैट्रिक्स पर निम्नलिखित सटीकता हासिल की : चरित्र स्तर सटीकता: 99, शब्द–स्तर सटीकता: 98.5%, लाइन–स्तरीय सटीकता: 97%। भविष्य में, प्रस्तावित प्रणाली को अधिक रेगेक्स पैटर्न को लागू करके सुधार किया जा सकता है, इनवॉइस प्रारूप की विविध श्रेणी पर काम करने में सक्षम होने के लिए लचीलेपन में सुधार किया जा सकता है। इसके अलावा अधिक उन्नत मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म और प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण तकनीकों को लागू किया जा सकता है।

**शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेज़ी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली**

| Alphabetically sorted terminology in English | वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली |
|---|---|
| Convulsive neural network | संवलयी तंत्रिका जालतंत्र |
| Data capture | डेटा अभिग्रहण |
| Data extraction | डेटा निष्कर्षण |
| Natural language processing | प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण |
| Optical character recognition | प्राकृतिक संप्रतीक अभिज्ञान |
| Recurrent neural network | आवर्तक तंत्रिका जालतंत्र |

## संदर्भ

1. Bayer, T. and Mogg-Schneider, H. (1997). A Generic System for Processing Invoices. Published in *Proceedings of the Fourth International Conference on Document Analysis and Recognition*, Ulm, Germany.

2. Reddy, S. and Rao, M. (2020). A Survey on Deep Learning For Hand Written Recognition by Digit & Character. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), V*ol. 8, no. 6, pp. 3310-3314.

3. Shi, S., Cui, C. and Xiao, Y. (2020). An Invoice Recognition System Using Deep Learning. Published in *International Conference on Intelligent Computing, Automation and Systems (ICICAS)*, Chongqing, China.

4. Audichya, M. and Saini, J. (2017). A Study to Recognize Printed Gujarati Characters Using Tesseract OCR. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), V*ol. 5, no. IX, pp. 1505-1510.

5. Aung, T. , Paw, S. and Tin, H.H.K. (2022). Automated Invoice Processing Using Image Recognition in Business Information Systems. *Economics, Commerce and Trade Management: An International Journal (ECTIJ), V*ol. 3, pp. 73-79.

6. Satav, M. S., Varade, T., Kothavale, D., Thombare, S. and Lokhande, P. (2020). Data Extraction From Invoices Using Computer Vision. Presented in *2020 IEEE 15th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS).*

7. Sidhwa, H., Kulshrestha, S. and Malhotra, S. (2018). Text Extraction from Bills and Invoices. Presented in *International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN)*, Greater Noida, India.

8. Malladhi, A. (2021). Adaptive Reinforcement Learning in AI-OCR Invoice Processing for the Digital Age. *International Journal of Computer Techniques ,* Vol. 8, no. 6, pp. 1-22.

9. Doshi, P., Kotak, Y. and Sahitya, A. (2020). Automated Invoice Processing System Along with Chatbot. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management, V*ol. 3, no. 5, pp. 29-31.

10. Lin, C.-J., Liu, Y.-C and Lee, C.-L. (2022). Automatic Receipt Recognition System Based on Artificial Intelligence Technology. *Applied Sciences ,* vol. 12, no. 2, p. 853, pp.1-22.

शोध पत्र / **Research Paper**

# चंडीगढ़ (उत्तरी भारत) क्षेत्र में इमारतों की त्वरित दृश्य जांच और भूकंप भेद्यता आकलन

# Rapid Visual Screening and Earthquake Vulnerability Assessment of Buildings in Chandigarh (Northern India) Region

पूनम[1], अनिल कुमार[1] एवं डॉ. राजेश कुमार[2]

**Poonam[1], Anil Kumar[1] and Dr. Rajesh Kumar[2]**

[1]Assistant Professor, [2]Professor and Head, Department of Civil Engineering

Chandigarh College of Engineering & Technology (Degree Wing), Chandigarh, India

poonam@ccet.ac.in, anilkumar@ccet.ac.in, rajeshaastha@ccet.ac.in

https://doie.org/10.10427/VP.2025357358

## सारांश

भारत के उत्तरी भाग में हिमालय की भ्रंश रेखा के आसपास भारतीय और यूरेशियन प्लेटों की टक्कर के कारण भूकंप का खतरा लगातार बना रहता है। तेजी से बढ़ रहे शहरों के कारण इस क्षेत्र में बड़ी संख्या में नई इमारतों का निर्माण हुआ है । ऐसे में इन भवनों की भूकंप सुरक्षा की जांच जरूरी है, ताकि लोगों की जान बचाई जा सके और आर्थिक नुकसान को कम किया जा सके। इस अध्ययन के तहत चंडीगढ़ क्षेत्र में कुल 179 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (RCC) भवनों और 120 ईंट से बने भवनों का भूकंप–संबंधी आकलन किया गया। प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों की जांच में पाया गया कि 102 भवन (57.3%) भूकंप की दृष्टि से सुरक्षित नहीं हैं। 40 भवन (22.5%) ऐसे हैं, जिन्हें थोड़े सुधार या मरम्मत के बाद उपयोग के योग्य बनाया जा सकता है । केवल 36 भवन (20.2%) ही पूरी तरह सुरक्षित पाए गए। दूसरी ओर, ईंट से बने 120 भवनों में से 91 भवन (75.8%) भूकंप सुरक्षा की दृष्टि से अनुपयुक्त हैं। 14 भवन (11.7%) ऐसे हैं जिनकी मरम्मत या अस्थायी सुधार की जरूरत है, जबकि सिर्फ 15 भवन (12.5%) पूरी तरह सुरक्षित पाए गए। इस आकलन से स्पष्ट होता है कि अधिकांश भवन भूकंप के प्रति संवेदनशील हैं। इसलिए तुरंत जरूरी कदम उठाकर इन भवनों की मरम्मत, मजबूती–करण, या पुनर्निर्माण करना आवश्यक है ताकि भविष्य में होने वाले भूकंपों से जान–माल की क्षति को रोका जा सके।

## ABSTRACT

The risk of earthquakes remains persistent in the northern part of India, particularly around the Himalayan fault line, due to the collision between the Indian and Eurasian plates. The rapid growth of cities has led to the construction of a large number of new buildings in this region. In such a scenario, it is essential to assess the earthquake safety of these buildings to minimize the risk to human lives and economic losses. Under this study, a seismic assessment was conducted on a total of 179 reinforced cement concrete (RCC) buildings and 120 brick buildings in the Chandigarh region. The evaluation of RCC buildings revealed that 102 buildings (57.3%) are not safe from an earthquake perspective. Additionally, 40 buildings (22.5%) require minor improvements or repairs to be considered usable. Only 36 buildings (20.2%) were found to be completely safe. On the other hand, out of the 120 brick buildings assessed, 91 buildings (75.8%) were deemed unsuitable for earthquake safety. Fourteen buildings (11.7%) require repairs or temporary modifications, while only 15 buildings (12.5%) were found to be completely safe. This assessment clearly indicates that most buildings are vulnerable to earthquakes. Therefore, it is crucial to take immediate action by repairing, retrofitting, or reconstructing these buildings to prevent loss of life and property in the event of future earthquakes.

**मुख्य शब्द** : अभिसरित सीमा, भूकंपीय भेद्यता, भूकंपीय पुनरोद्धार, जोखिम शमन

**Keywords:** Convergent boundary, seismic vulnerability, seismic retrofitting, risk mitigation

## अध्ययन की आवश्यकता

हिमालय का विकास भारतीय और यूरेशियन प्लेटों के टकराव से हुआ है, जिससे चंडीगढ़ क्षेत्र में उच्च भूकंपीय जोखिम बना हुआ है। यह क्षेत्र पहले भी 1897 का शिलांग भूकंप, 1905 का कांगड़ा भूकंप, 1934 का बिहार–नेपाल भूकंप और 1950 का असम भूकंप जैसे बड़े भूकंपों का सामना कर चुका है और भविष्य में भी विनाशकारी भूकंप की संभावना है। हाल के वर्षो में यहां 1991 का चमोली भूकंप, 1999 का उत्तरकाशी भूकंप और 2005 का गोरखा भूकंप जैसे भूकंप भी आए हैं। किसी बड़े भूकंप की स्थिति में, कमजोर भवन संरचनाएं भारी नुकसान का कारण बन सकती हैं। अधिकतर भवन बिना इंजीनियरिंग डिज़ाइन के बने हैं, और भूकंप–प्रतिरोधी निर्माण तकनीकों की जागरूकता की कमी दृष्टिगत होती है। इसलिए, इस क्षेत्र में भवनों की भूकंपीय संवेदनशीलता का आकलन आवश्यक है।

## त्वरित दृश्य जांच का परिचय

भारत का 65% क्षेत्र मध्यम से गंभीर भूकंपीय झटकों के खतरे में है, जहां कई घर छोटे भूकंपों में भी क्षतिग्रस्त हो सकते हैं। इसका मुख्य कारण स्व–शैलीगत निर्माण दृष्टिकोण है, जिसमें संरचनात्मक मजबूती की बजाय भवन मालिक की सुविधा को प्राथमिकता दी जाती है, जिससे पिछले भूकंपों में भवनों का प्रदर्शन खराब रहा है। इसलिए, मौजूदा भवनों की भूकंप सुरक्षा और नुकसान की संभावना का आकलन जरूरी हो गया है। भूकंपीय झटकों के प्रति इमारतों की संवेदनशीलता का आकलन चार स्तरों पर किया जा सकता है (राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण, 2020):

- त्वरित दृश्य जांच (RVS) – बिना तकनीकी गणना के दृश्य अवलोकन द्वारा भूकंप जोखिम का त्वरित अनुमान।
- विस्तृत दृश्य अध्ययन – संरचनात्मक और गैर–संरचनात्मक घटकों का विस्तृत निरीक्षण।
- सरलीकृत मात्रात्मक मूल्यांकन – कुछ गणनाओं के साथ जोखिम विश्लेषण।
- विस्तृत मात्रात्मक मूल्यांकन – गहन तकनीकी मूल्यांकन।

इस अध्ययन में भूकंप–पूर्व त्वरित दृश्य जांच (RVS) को चंडीगढ़ और आसपास के क्षेत्र में लागू किया गया है, जो भवन निर्माण सामग्री, निर्माण प्रकार, वास्तुशिल्प विशेषताओं और ढांचे की समस्या के संकेतों का मूल्यांकन करता है। यह विधि भवनों को आगे के विस्तृत मूल्यांकन और पुनरुद्धार के लिए प्राथमिकता देने में मदद करती है ताकि भूकंप सहनशीलता को बढ़ाया जा सके और जोखिम कम किया जा सके।

## त्वरित दृश्य जांच (RVS) निम्नलिखित निर्णयों में सहायक हो सकता है:

- भवनों की भूकंप पुनरुद्धार आवश्यकताओं का आकलन।
- आपदा शमन रणनीतियों का विकास।
- भूकंप क्षति और हानि प्रभावों का क्षेत्रीय आकलन।
- भूकंप के बाद भवन सुरक्षा मूल्यांकन की योजना।
- बीमा, संपत्ति हस्तांतरण और पुनर्निर्माण आवश्यकताओं में सहायता।

RVS विधि अपनी दक्षता के कारण महत्वपूर्ण संरचनात्मक स्थितियों की पहचान करने में सहायक होती है और भूकंप शमन में समय व संसाधनों की बचत करती है।

## साहित्य समीक्षा

### (i) अन्य देशों में त्वरित दृश्य जांच (RVS) का उपयोग

संघीय आपातकालीन प्रबंधन एजेंसी (Federal Emergency Management Agency (FEMA)) के दिशानिर्देश, जैसे FEMA 178 (1992), FEMA 310 (1998), और FEMA 154 (2005, 2015), भूकंपीय जोखिम मूल्यांकन और भवन पुनर्वास पर केंद्रित हैं। संशोधित FEMA 154 हैंडबुक में HAZUS पद्धति आधारित संरचनात्मक जोखिम स्कोर, भंगुरता वक्र (Fragility curve) और नया भूकंप डिजाइन मान शामिल हैं। इस्तांबुल भूकंप मास्टर प्लान, भवन आकलन के लिए तीन चरणों-त्वरित दृश्य मूल्यांकन, पहुंच आधारित मूल्यांकन और विस्तृत गणनात्मक मूल्यांकन का उपयोग करता है। 2007 में संशोधित METU पद्धति, 1999 के डुज़्स भूकंप के आंकड़ों पर आधारित है, जबकि ग्रीस ने फज़ी लॉजिक–आधारित RVS प्रक्रिया विकसित की है, जो भवनों को क्षति श्रेणियों में वर्गीकृत करती है। विभिन्न देशों ने स्थानीय भूकंपीय जोखिम और संरचनात्मक गुणों के अनुसार RVS पद्धतियों में संशोधन कर प्रभावी भूकंप जोखिम आकलन और शमन सुनिश्चित किया है।

### (ii) भारत में RVS

भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, मुंबई (2004) ने एक भूकंपीय जोखिम स्कोरिंग पद्धति विकसित की, जो FEMA 2002 के अनुसार है और भारतीय परिस्थितियों के लिए अनुकूलित है। यह IS 1893 के अनुसार मिट्टी की स्थिति, भवन प्रकार और भूकंपीय जोखिम को शामिल करता है। इसमें सामान्य भवन प्रकारों के लिए बेस स्कोर दिए गए हैं और क्षति के अनुमान के लिए अतिरिक्त घटक जोड़े गए हैं। IS 13935 (2004) ने भारत में प्रबलित सीमेंट कंक्रीट और ईंट–निर्मित भवनों के लिए एक त्वरित दृश्य जांच (RVS) पद्धति पेश की, जो भवन की सामग्री, निर्माण तकनीक और संरचनात्मक विशेषताओं पर आधारित है, लेकिन इसमें कोई स्कोर नहीं दिया गया है। केवल पहचानी गई कमजोरियों के विस्तृत मूल्यांकन की सिफारिश की गई है। भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, गांधीनगर ने प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (RCC) भवनों के लिए एक त्वरित दृश्य जांच (RVS) पद्धति विकसित की। यह तुर्की की METU विधि और इस्तांबुल भूकंप मास्टर प्लान पर आधारित है और पिछले भूकंपों से हुए नुकसान के सांख्यिकीय विश्लेषण पर निर्भर करती है, खासकर 2001 के भुज भूकंप के बाद। इस अध्ययन के तहत अहमदाबाद और उसके आसपास 6,500 भवनों का सर्वेक्षण किया गया, जिसमें क्षति को G0 (कोई नुकसान नहीं) से G5 (पूरी तरह गिरा हुआ भवन) तक पांच श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया। निर्माण सामग्री एवं प्रौद्योगिकी संवर्धन परिषद्, आवास एवं शहरी मामलात मंत्रालय, भारत सरकार (Building Materials and Technology Promotion Council (BMTPC), Ministry of Housing & Urban Affairs, Government of India) (प्रो. सी. वी. आर. मूर्ति और अन्य) ने भूकंप के अधिक खतरे वाले क्षेत्र के व्यापक सर्वेक्षण के आधार पर भारतीय भवनों के लिए एक भूकंपीय सुरक्षा पद्धति विकसित की। यह भवनों का मूल्यांकन, मिट्टी और स्थल विशेषताओं, वास्तुशिल्प डिजाइन, संरचनात्मक प्रणाली, निर्माण तकनीक और रखरखाव गुणवत्ता के आधार पर करती है। यह भूकंपीय सुरक्षा सूचकांक और प्रदर्शन रेटिंग प्रदान करता है, जो डेल्फी विधि का उपयोग करके संरचनात्मक और गैर–संरचनात्मक कमजोरियों को वर्गीकृत करती है। इसकी स्पष्टता और व्यापकता के कारण इसे NDMA के RVS प्राइमर द्वारा अनुशंसित किया गया है।

## नवीनतम शोध कार्य

भूकंपीय जोखिम आकलन में त्वरित दृश्य जांच (RVS) की महत्वपूर्ण भूमिका पर कई अध्ययनों ने जोर दिया है। इस विधि में भवन की बाहरी विशेषताओं, जैसे दरारें, झुकाव और कमजोर संरचनाएं देखकर तेजी से जोखिम का आकलन किया जाता है, ताकि यह पहचाना जा सके कि किन इमारतों को विस्तृत विश्लेषण की जरूरत है। करामिपिनिस और सहयोगियों (2024) ने मशीन लर्निंग और SHAP व्याख्यात्मकता का उपयोग करके RVS की विशेषताओं का अध्ययन किया, जबकि औंग और अन्य शोधकर्ताओं ने कम ऊंचाई वाली प्रबलित सीमेंट कंक्रीट इमारतों पर तीन अलग–अलग RVS विधियों की तुलना की। पुरुषोत्तमा और सहयोगियों (2023) ने एक विशेष RVS पद्धति की तुलना विस्तृत अरेखीय विश्लेषण से की, जिससे परीक्षण परिणामों की पुष्टि हुई। FEMA (2020) की हैंडबुक में RVS की तकनीकी प्रक्रियाओं और चरण–दर–चरण कार्यविधि का विवरण दिया गया है। कुल मिलाकर, ये अध्ययन दर्शाते हैं कि RVS एक तेज़, प्रारंभिक और किफायती तरीका है, जो भूकंप सुरक्षा निर्णयों में मदद करता है, लेकिन इसके परिणामों को सटीक बनाने के लिए विस्तृत विश्लेषण और उन्नत तकनीकी एकीकरण की आवश्यकता बनी रहती है।

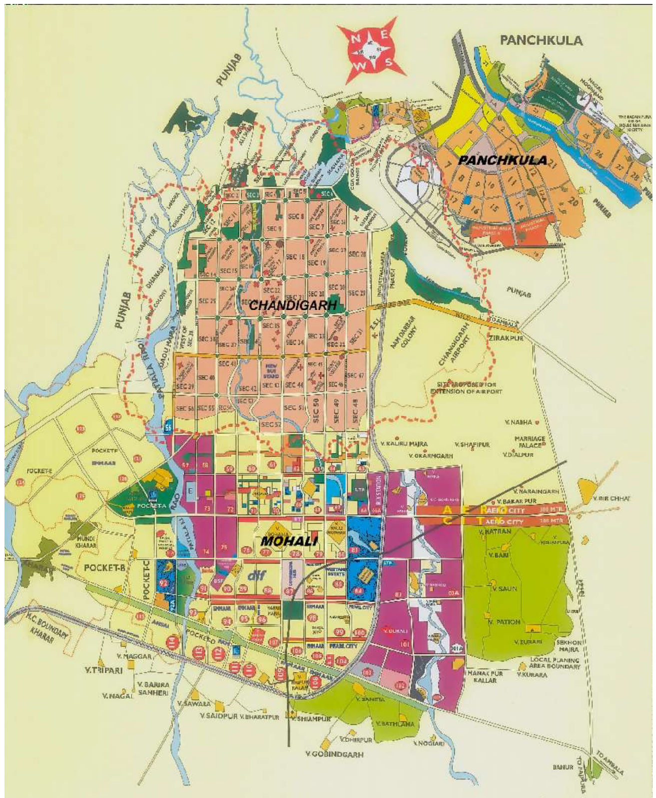
## अध्ययन क्षेत्र (ट्राइसिटी चंडीगढ़, मोहाली और पंचकुला)

चंडीगढ़ भारत के प्रमुख शहरों में से एक है और अपने बुनियादी ढांचे, उद्योगों और पर्यटन के लिए प्रसिद्ध है। यह हिमालयी फ्रंटल फॉल्ट के निकट स्थित होने के कारण हमेशा भूकंप के खतरे में रहता है। हिमालय थ्रस्ट प्रणाली, जिसमें मेन सेंट्रल थ्रस्ट (MCT), मेन बाउंड्री थ्रस्ट (MBT) और हिमालय फ्रंटल थ्रस्ट (HFT) शामिल हैं, दुनिया के सबसे भूकंपीय रूप से सक्रिय टेक्टोनिक क्षेत्रों में से एक मानी जाती है। इस क्षेत्र में पहले भी कई बड़े भूकंप आ चुके हैं, जो इस खतरे को साबित करते हैं। चंडीगढ़ की भौगोलिक स्थिति, जो HFT के दक्षिण में हिमालय की तलहटी में स्थित है, इसे भूकंप से गंभीर क्षति के लिए संवेदनशील बनाती है। इसके अलावा, जलोढ़ मिट्टी की परतों के कारण तरंग प्रवर्धन (wave amplification) और मिट्टी के द्रवीकरण (soil liquefaction) जैसे खतरों की संभावना भी बढ़ जाती है। बढ़ते जनसंख्या घनत्व ने भी शहर की भूकंपीय क्षति के प्रति संवेदनशीलता को और अधिक बढ़ा दिया है। इसलिए, साइट–विशिष्ट भूकंपीय खतरे का विश्लेषण और उन इमारतों की पहचान करना आवश्यक है, जो भूकंप के दौरान अधिक नुकसान झेल सकती हैं।

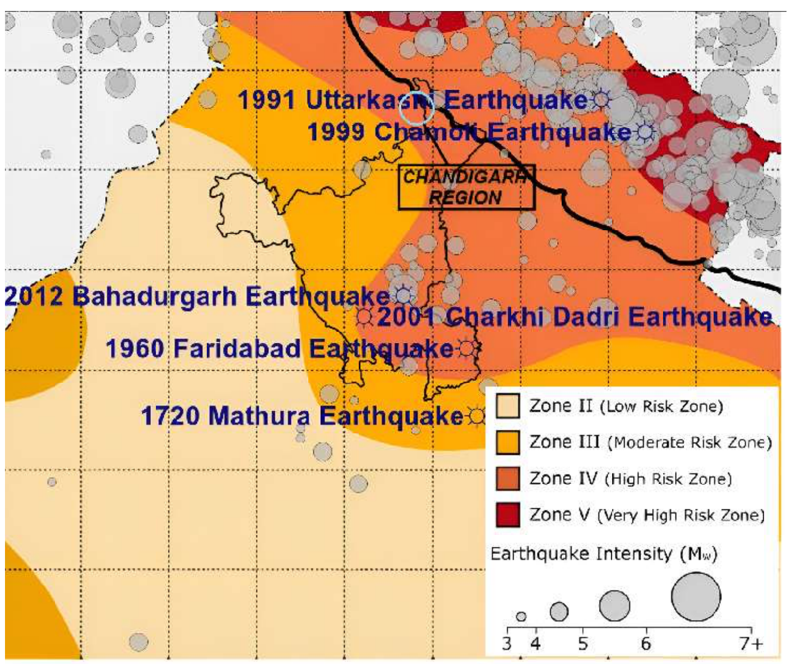
चंडीगढ़ हिमालय की तलहटी में स्थित है और 120 वर्ग किमी क्षेत्र में फैला हुआ है। इसके भौगोलिक निर्देशांक लगभग 30.7333° उत्तर अक्षांश और 76.7794° पूर्व देशांतर पर हैं। यह हरियाणा और पंजाब की सीमा के पास स्थित एक केंद्र शासित प्रदेश है और दोनों राज्यों की संयुक्त राजधानी भी है। यह पंचकुला और मोहाली से सटा हुआ है, जो पंजाब और हरियाणा के प्रमुख शहर हैं (चित्र 1)। IS 1893 भाग–1 (2016) के अनुसार, चंडीगढ़ भूकंपीय क्षेत्र–IV में आता है, जो जोन–V के बाद दूसरा सबसे गंभीर भूकंपीय क्षेत्र है। यह हिमालय थ्रस्ट प्रणाली के साथ स्थित होने के कारण अत्यधिक संवेदनशील माना जाता है। चंडीगढ़ फॉल्ट पर की गई पेलोसीस्मिक जांच से पता चला है कि 15वीं–16वीं शताब्दी के दौरान इस क्षेत्र में दो बड़े भूकंप आए थे। चंडीगढ़ और इसके आसपास के क्षेत्र का भूकंप खतरा (मानचित्र 2) यह दर्शाता है कि शहर भूकंप से होने वाली क्षति के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है।

## क्षेत्रीय कार्य

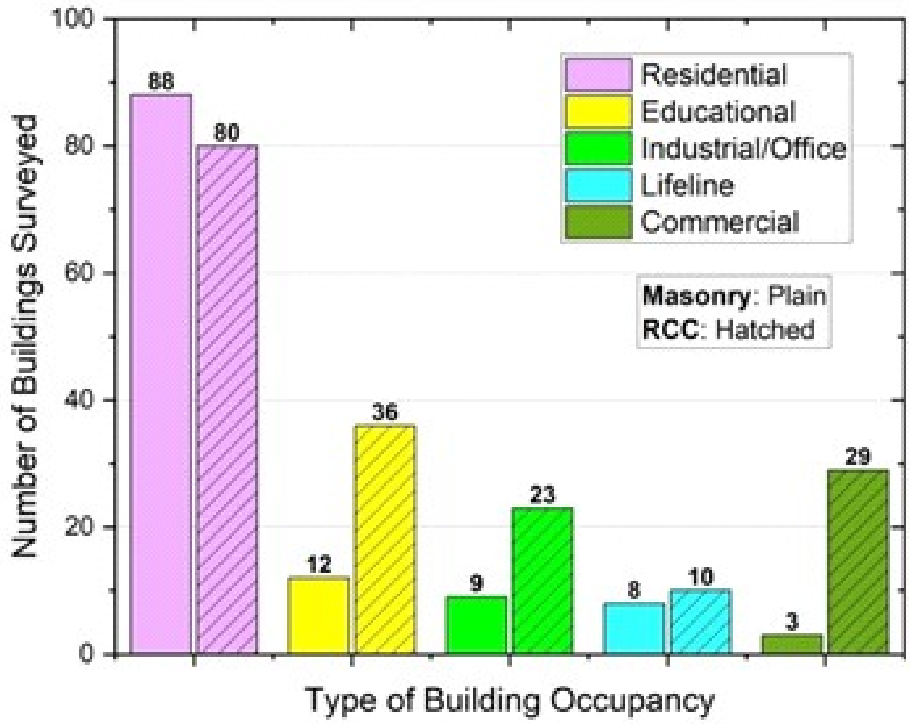
कुल 299 भवनों (179 आरसीसी और 120 ईंट–निर्मित) का छह महीने की अवधि में सर्वेक्षण किया गया। भवन उपयोग के प्रकार और उनकी संबंधित संख्या चित्र 3 में दर्शाई गई है। अधिकांश भवन आवासीय हैं, जिनके बाद शैक्षणिक और वाणिज्यिक भवनों का स्थान है। ईंट–निर्माण में औद्योगिक या वाणिज्यिक भवनों की संख्या कम है। ऐसे कुछ भवनों के चित्र परिशिष्ट–1 में इस शोध पत्र के अंत में चित्र 18 से 23 में दिए गए हैं।




चित्र 1 : ट्राइसिटी का मानचित्र (स्रोत: Pal and Pali [8])




चित्र 2 : क्षेत्र का भूकंपीय खतरा क्षमता (स्रोत : Amateur Seismic Centre [9])




**चित्र 3 : सर्वेक्षण किए गए भवनों के प्रकार और संख्या**

## परिणाम और चर्चा

चित्र 6, 7 और 8 में 179 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों पर चित्र 4 में वर्णित जीवन के लिए खतरनाक मापदंडों के आधार पर विस्तृत निष्कर्ष प्रस्तुत किए गए हैं। चित्र 6 में 14 भवन सर्पिल नदी के तल (meandering river bed) पर स्थित हैं, 30 में ऊपरी मंजिलें भारी हैं, 20 में बड़े और असुरक्षित प्रक्षेप (unanchored projections) हैं, और 21 में पतले स्तंभों के साथ खुले तल हैं। चित्र 7 में, 12 भवनों में फ्लोटिंग कॉलम, 28 में मजबूत बीम के साथ पतले स्तंभ, 24 फ्लैट स्लैब वाली इमारतें (जिनमें संरचनात्मक दीवारें नहीं हैं और जिन्हें उच्च जोखिम मानकर लाल टैग दिया गया है), 48 भवनों में पास की इमारतों से पर्याप्त अंतर की कमी देखी गयी, और 19 भवनों में भारी पैरापेट दीवारें पाई गई हैं। चित्र 8 में, 30 भवनों में भारी बालकनियां, 63 भवनों में मंजिल की बड़ी ऊंचाई या विशाल कमरे, 69 भवनों में बड़ी खिड़की का खुला हिस्सा (जो दीवार क्षेत्र का 50% से अधिक आच्छादन करते हैं), और 45 भवनों में असुरक्षित पानी की टंकियां हैं। ये सभी संरचनाएं NDMA के दिशानिर्देशों के अनुसार पीले टैग की श्रेणी में आती हैं, और इन भवनों में भूकंपीय सुरक्षा बढ़ाने हेतु संरचनात्मक हस्तक्षेप की आवश्यकता है।

**A: RC** — *Pre-Earthquake* **Rapid Visual Screening**
**Reinforced Concrete Buildings**

**Inspection**
Inspector ID:
Inspection Date :
Inspection Time:

**Building Description**
Building Name :
Address 1 :
Address 2 :
City/Town :
Coordinates : N________° E________°

**Structural System**
**Structural System**
☐ Moment Frame ☐ Moment Frame with Braces
☐ Moment Frame with Structural Walls ☐ Other__________
**Structural Components**
FLOOOR ☐ In-situ ☐ Precast Planks with in-situ screed ☐ Precast ☐ Other________
ROOF ☐ Flat ☐ Pitched ☐ Hipped ☐ Split ☐ Other________

**Occupancy**

| | | | |
|---|---|---|---|
| RESIDENTIAL | Individual House | ☐ Apartments | |
| EDUCATIONAL | ☐ School | ☐ College | ☐ Institute/University |
| LIFELINE | ☐ Hospital | ☐ Police Station | ☐ Fire Station |
| | ☐ Power Station | ☐ Water Plant | ☐ Sewage Plant |
| COMMERCIAL | ☐ Hotel | ☐ Shopping | ☐ Recreational |
| OFFICE | ☐ Government | ☐ Private | |
| MIXED USE | ☐ Residential and Commercial | | ☐ Residential and Industrial |
| INDUSTRIAL | ☐ Agriculture | ☐ Live Stock | |
| OTHER | ☐ ____________ | | |

| S.No. | Life Threatening Parameters | | Tag |
|---|---|---|---|
| 1. | Siting Issues | 1.1 Building is built on hill slope or adjacent to hill slope, that is vulnerable to falling debris. | Red |
| | | 1.2 Building rests adjoining a severely deteriorated or damaged building or structure. | Red |
| 2. | Soil & Foundation Conditions | 2.1 Building is built on liquefiable soil. | Red |
| | | 2.2 Building is built on river terraces that can slide or creep. | Red |
| | | 2.3 Building is built on hill slope that can slide. | Red |
| 3. | Architectural Features | 3.1 Building has exterior plan dimension smaller at the plinth level than at upper storeys. | Red |
| | | 3.2 Building has heavier upper storeys. | Red |
| | | 3.3 Building has large unanchored projections or overhangs. | Red |
| | | 3.4 Building has an Open Storey (at ground /other level) with slender columns. | Red |
| | | 3.5 Building has RC frame with Floating Columns. | Red |
| | | 3.6 Building has irregular plan geometry and or plan aspect ratio > 4.0. | Red |
| 4. | Structural Aspects | 4.1 Building has Slender Columns and Stiff Beams, with glass infills or no infills. | Red |
| | | 4.2 Building has Flat Slabs without any RC Structural Walls in each plan direction. | Red |
| 5. | Siting Issues | 5.1 Building is resting on cracked ground. | Yellow |
| | | 5.2 Building is adjoining another building on the side with no gap. | Yellow |
| 6. | Soil & Foundation Conditions | 6.1 Building is resting on weak or non-uniform soil along the length in plan. | Yellow |
| 7. | Architectural Features | 7.1 Building has large or heavy cantilever parapet walls. | Yellow |
| | | 7.2 Building has large or heavy cantilever chimneys. | Yellow |
| | | 7.3 Building has large or heavy cantilever balconies or sunshades. | Yellow |
| | | 7.4 Building has large room sizes and large storey heights. | Yellow |
| | | 7.5 Building has windows larger than 50% of the length of the wall. | Yellow |
| 8. | Structural Aspects | 8.1 Building has an irregular structural grid. | Yellow |
| | | 8.2 Building has RC walls unsymmetrical in both directions. | Yellow |
| | | 8.3 Building has staircase at unsymmetrical location in plan. | Yellow |
| | | 8.4 Building has unanchored water tanks on roof. | Yellow |
| 9. | Construction and Maintenance Details | 9.1 Building has longitudinal cracks and/or spalling in Beams and Columns. | Yellow |
| | | 9.2 Building has poor construction quality material. | Yellow |
| 10. | | None of the above. | Green |

**FINAL RATING**

| GREEN (Usable) | YELLOW (Usable with temporary interventions) | RED (Unusable) |
|---|---|---|
| | Suggested interventions: | |

**Further Actions**
Building to be quarantined : ☐ Not Recommended ☐ Recommended
Level 2 Detailed Visual Screening : ☐ Not Recommended ☐ Recommended

**चित्र 4 : आरसीसी भवनों के लिए RVS सर्वेक्षण प्रश्नावली[2] (स्रोत: NDMA, 2020 [2])**

# A : BCBM

## *Pre-Earthquake* Rapid Visual Screening
## Burnt Clay Brick Masonry Buildings

**Inspection**
Inspector ID:
Inspection Date :
Inspection Time:

**Building Description**
Building Name :
Address 1 :
Address 2 :
City/Town :
Coordinates : N____________ ° E____________ °

**Structural Components**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| STRUCTURAL SYSTEM | ☐ Load Bearing Masonry Structure | | | ☐ Other____________ |
| FLOOR | ☐ RC Slab | ☐ Precast Planks with In-situ screed | | ☐ Other____________ |
| ROOF GEOMETRY | ☐ Pitched | ☐ Hipped | ☐ Split | ☐ Other____________ |
| ROOF MATERIAL | ☐ RC Slab | ☐ Wood with Clay tiles | ☐ Wood truss with Corrugated sheets | |
| | | ☐ Wood with Wooden Planks | | ☐ Other____________ |
| MORTAR | ☐ Cement | ☐ Mud ☐ Lime | ☐ No mortar | ☐ Other____________ |

**Occupancy**

| | | | |
|---|---|---|---|
| RESIDENTIAL | ☐ Individual House | ☐ Apartments | |
| EDUCATIONAL | ☐ School | ☐ College | ☐ Institute/University |
| LIFELINE | ☐ Hospital | ☐ Police Station | ☐ Fire Station |
| | ☐ Power Station | ☐ Water Plant | ☐ Sewage Plant |
| COMMERCIAL | ☐ Hotel | ☐ Shopping | ☐ Recreational |
| OFFICE | ☐ Government | ☐ Private | |
| MIXED USE | ☐ Residential and Commercial | | ☐ Residential and Industrial |
| INDUSTRIAL | ☐ Agriculture | ☐ Live Stock | |
| OTHER | ☐ ____________ | | |

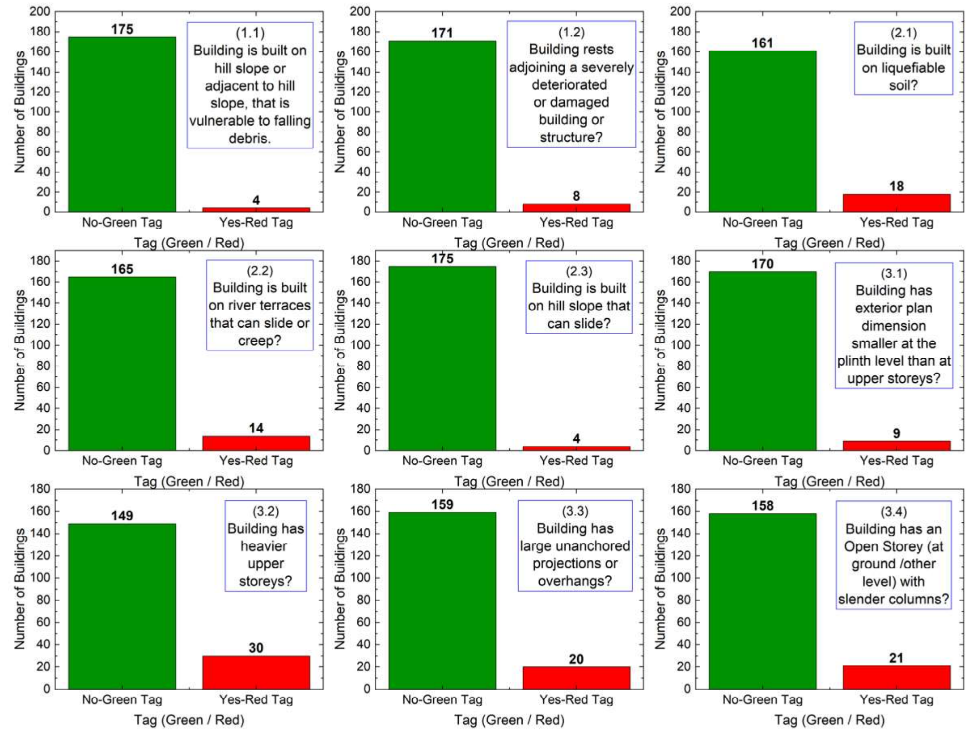
| S.No. | Life Threatening Parameters | | Tag |
|---|---|---|---|
| 1. | Siting Issues | 1.1 Building is built on hill slope or adjacent to hill slope, that is vulnerable to falling debris. | Red |
| | | 1.2 Building rests adjoining a severely deteriorated or damaged building or structure. | Red |
| 2. | Soil and foundation conditions | 2.1 Building is built on liquefiable soil. | Red |
| | | 2.2 Building is built on river terraces that can slide or creep. | Red |
| | | 2.3 Building is built on hill slope that can slide. | Red |
| 3. | Architecture Features | 3.1 Building has exterior plan dimension smaller at the plinth level than at upper storeys. | Red |
| | | 3.2 Building has heavier upper storeys. | Red |
| | | 3.3 Building has large unanchored projections or overhangs. | Red |
| | | 3.4 Building has irregular plan geometry and/or plan aspect (length-to-width ratio) >4.0. | Red |
| | | 3.5 Building has storey height more than about 25 times wall thickness. | Red |
| | | 3.6 Building has unsupported height more than 2.5m. | Red |
| | | 3.7 Building has stiff upper storeys. | Red |
| 4. | Structural Aspects | 4.1 Building has no continuous lintel band, roof band and gable band. | Red |
| | | 4.2 Building has door/window openings in walls close to corners. | Red |
| | | 4.3 Building has masonry walls not integrated into each other at corners. | Red |
| | | 4.4 Building has walls made without lime / cement mortar or mud mortar exposed to vagaries. | Red |
| | | 4.5 Building has roof not anchored into the walls. | Red |
| | | 4.6 Building has thick walls made of two wythes and no through stones. | Red |
| | | 4.7 Building has out-of-plumb walls. | Red |
| | | 4.8 Building has separation between walls and between walls and floor/roof. | Red |
| | | 4.9 Building has cracks in walls. | Red |
| 5. | Construction and Material details | 5.1 Buildings have walls made with mud mortar and deteriorated significantly owing to vagaries of the outside weather (especially rainwater beating). | Red |
| 6. | Siting Issues | 6.1 Building is resting on cracked ground. | Yellow |
| | | 6.2 Building is adjoining another building on the side with no gap. | Yellow |
| | | 6.3 Building is resting on sloped ground with access to house at two/three levels, i.e., ground, middle floor and roof. | Yellow |
| | | 6.4 Building is connected to the sloped ground and there is no gap between the building and the natural slope of the ground. | Yellow |
| 7. | Soil and foundation conditions | 7.1 Building is resting on weak or non-uniform soil along the length in plan. | Yellow |
| 8. | Architectural Features | 8.1 Building has large or heavy cantilever parapet walls. | Yellow |
| | | 8.2 Building has large or heavy cantilever chimneys. | Yellow |
| | | 8.3 Building has large or heavy cantilever balconies or sunshades. | Yellow |
| | | 8.4 Building has large room sizes and large storey heights. | Yellow |
| | | 8.5 Building has windows larger than 50% of the length of the wall. | Yellow |
| | | 8.6 Building has unanchored water tanks on roof. | Yellow |
| 9. | Structural Aspects | 9.1 Building has an irregular grid of masonry walls in plan. | Yellow |
| | | 9.2 Building has staircase at unsymmetrical location in plan. | Yellow |
| | | 9.3 Building has loosely placed country tiles on the roof. | Yellow |
| 10 | Construction and Material details | 10.1 Building has vertical cracks in masonry walls. | Yellow |
| | | 10.2 Building has poor construction quality material. | Yellow |
| 11 | | None of the above. | Green |

**FINAL RATING**

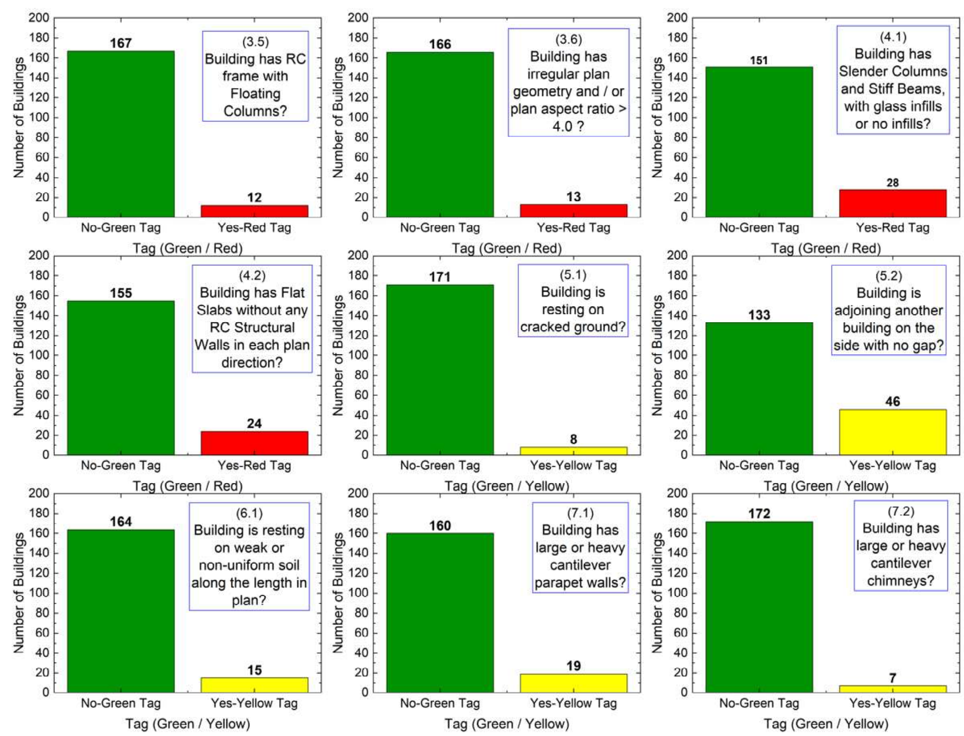
| GREEN (Usable) | YELLOW (Usable with temporary interventions) | RED (Unusable) |
|---|---|---|
| | Suggested interventions: | |

**Further Actions**
Building to be quarantined : ☐ Not Recommended ☐ Recommended
Level 2 Detailed Visual Screening : ☐ Not Recommended ☐ Recommended

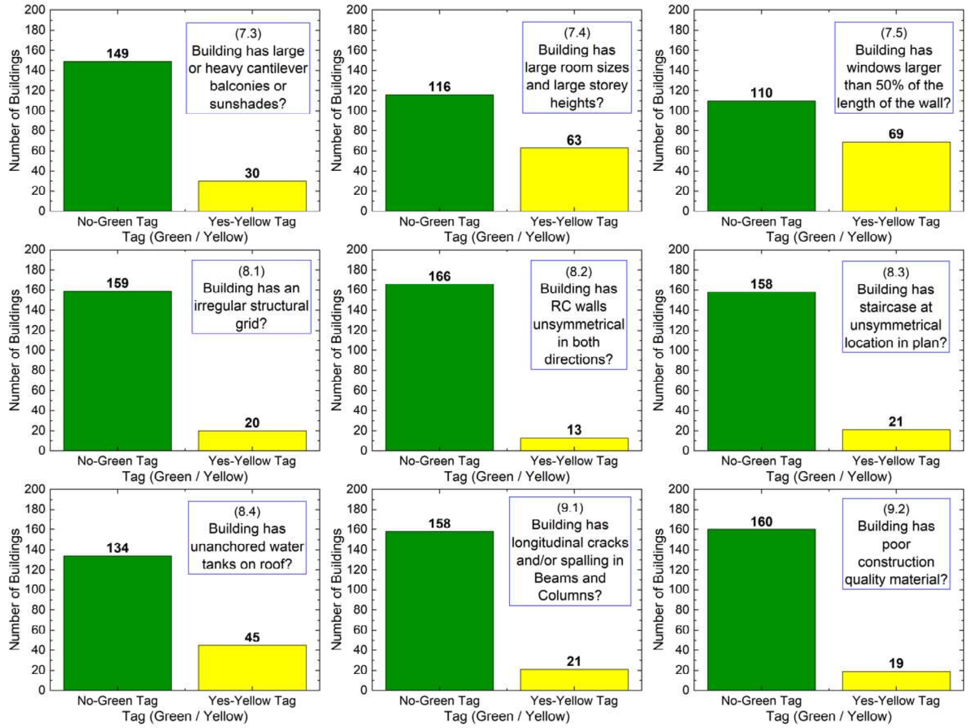
चित्र 5 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए RVS सर्वेक्षण प्रश्नावली[2] (स्रोत: NDMA, 2020 [2])



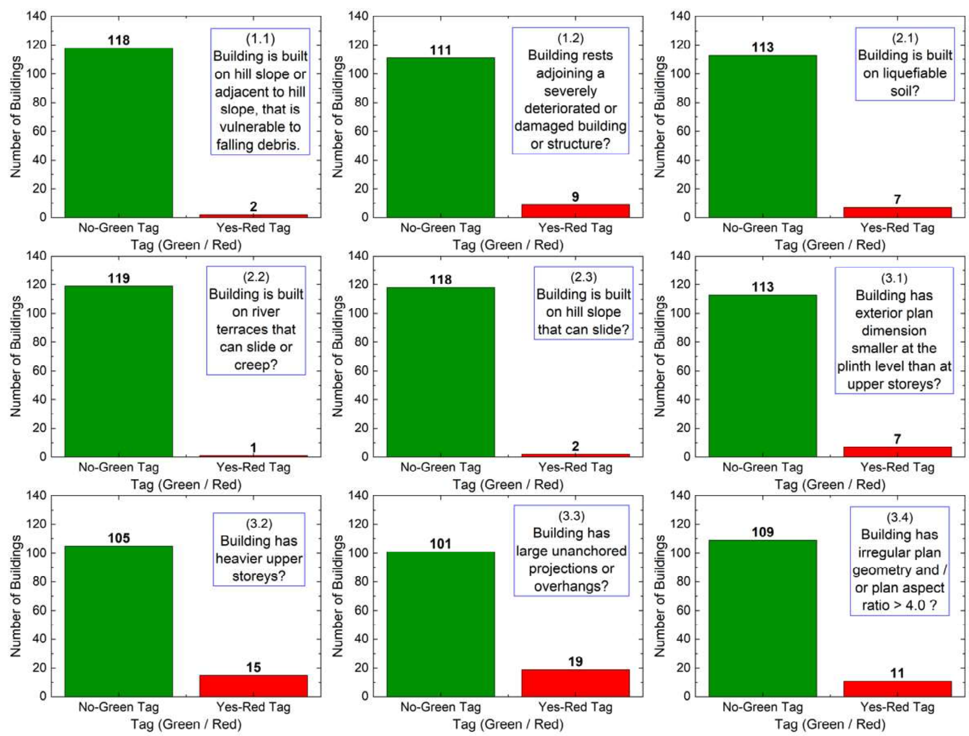

**चित्र 6 : प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों के लिए मानदंड 1.1 से 3.4 के परिणाम**



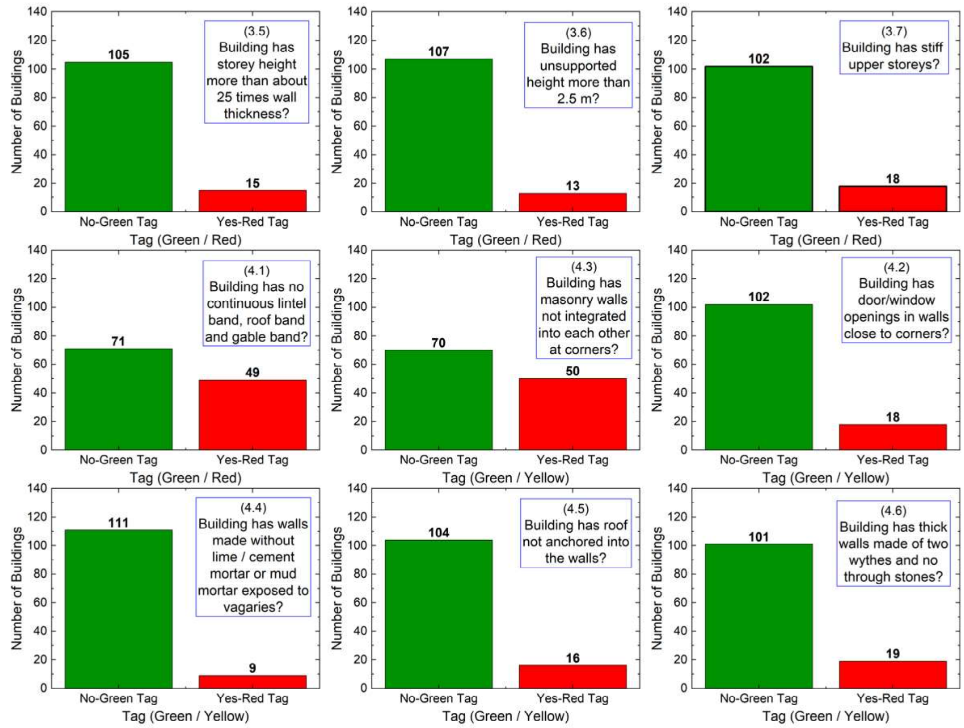

**चित्र 7 : प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों के लिए मानदंड 3.5 से 7.2 के परिणाम**



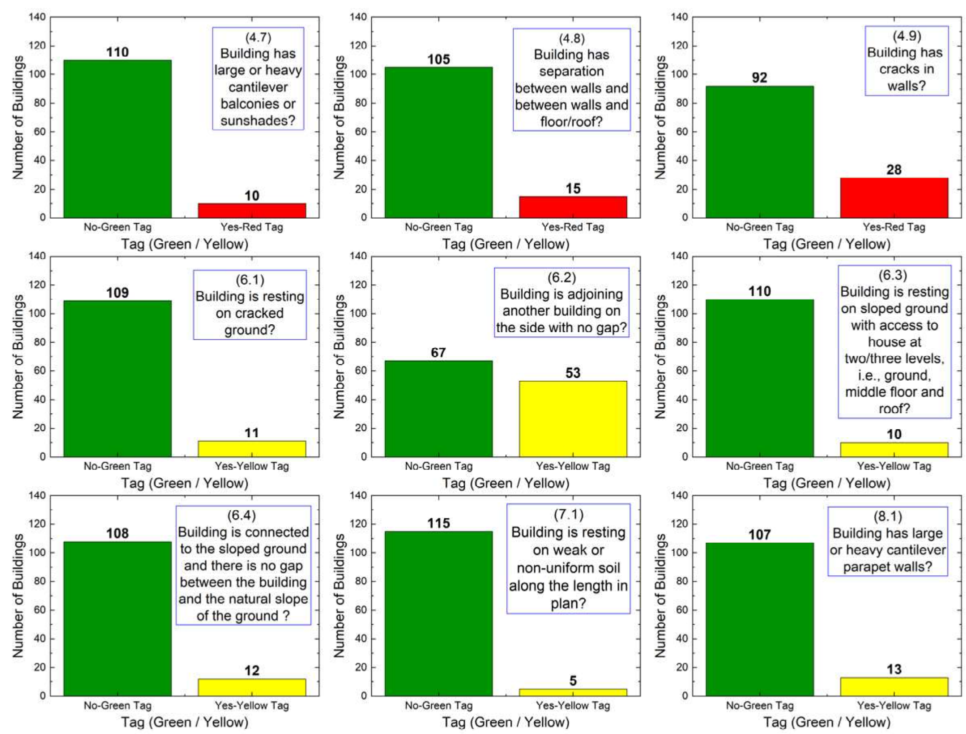

**चित्र 8 : प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों के लिए मानदंड 7.3 से 9.2 के परिणाम**



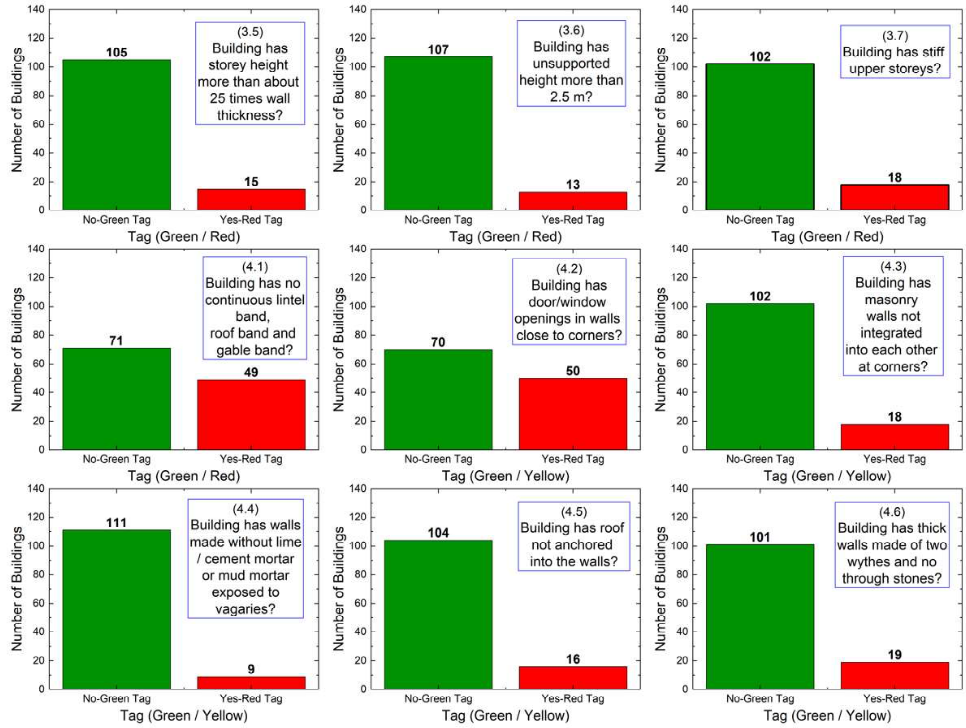

**चित्र 9 : ईट–निर्मित भवनों के लिए मानदंड 2.1 से 3.4 के परिणाम**




**चित्र 10 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए मानदंड 3.5 से 4.6 के परिणाम**




**चित्र 11 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए मानदंड 4.7 से 8.1 के परिणाम**




**चित्र 12 : ईंट–निर्मित भवनों के लिए मानदंड 8.3 से 10.2 के परिणाम**

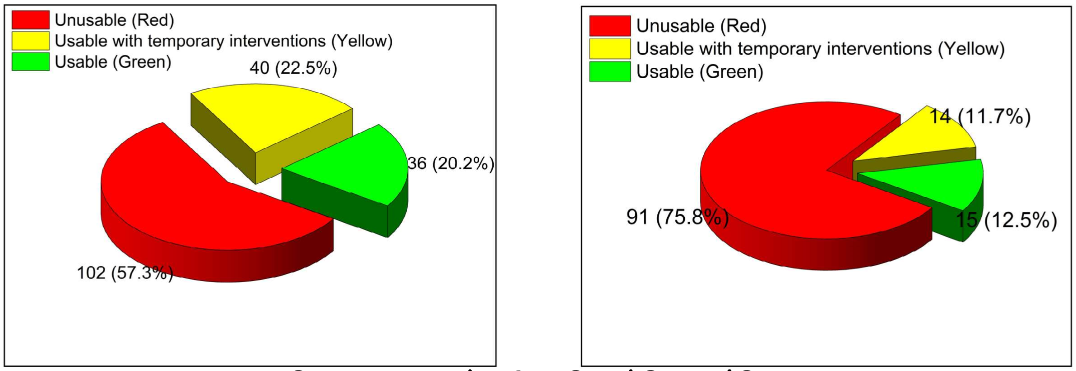
चित्र 9 से 12 तक, सभी 120 ईंट–निर्मित भवनों के लिए चित्र 5 में उल्लेखित जीवन के लिए खतरनाक मापदंडों पर विस्तृत जानकारी दी गई है। चित्र 9 में दिखाया गया है कि 9 भवन खराब स्थिति में मौजूद अन्य भवनों के पास स्थित हैं, 15 भवनों में ऊपरी मंजिलें भारी हैं, 19 में असुरक्षित ओवरहैंग (unanchored overhangs) हैं और 11 भवनों का योजना अनुपात (aspect ratio) 4.0 से अधिक है। चित्र 10 के अनुसार, 49 भवनों में सतत लिंटल बैंड नहीं हैं, 50 में दरवाजे और खिड़कियां दीवार के कोनों के पास हैं, 19 में मोटी दीवारें या पत्थर की संरचनाएं हैं और 18 भवनों में ऊपरी मंजिलें नीचे वाली मंजिलों से ज्यादा मजबूत हैं।

चित्र 11 में बताया गया है कि 10 भवनों में भारी कैंटिलीवर बालकनियां हैं, 15 में दीवारों और छतों के बीच अलगाव है, 28 में दरारें हैं, 58 में आस–पास के भवनों से कोई गैप नहीं है, 13 में भारी पैरापेट दीवारें हैं, 11 भवन ढलान वाले भूभाग पर स्थित हैं, जबकि 12 का ढलान वाले भूभाग से कोई जुड़ाव नहीं है। चित्र 12 दर्शाता है कि 50 भवनों की छत पर असुरक्षित पानी की टंकियां हैं, 27 में दीवारों में ऊर्ध्वाधर दरारें हैं, 29 में निम्न गुणवत्ता की निर्माण सामग्री का उपयोग किया गया है और 23 भवनों में बड़े कमरे और विशाल खिड़की हैं जो दीवार क्षेत्र के 50% से अधिक का आच्छादन करते हैं।

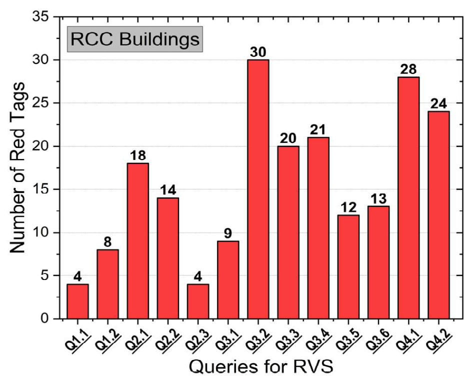
इन निष्कर्षों से इन भवनों की भूकंपीय संवेदनशीलता और संरचनात्मक कमजोरियां उजागर होती हैं, जिससे स्पष्ट होता है कि संरचनात्मक सुधार आवश्यक हैं। 179 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में से 102 (57. 3%) को लाल टैग दिया गया है और भूकंप संवेदनशीलता के कारण अनुपयोगी माना गया है, 40 (22.5%) को पीला टैग दिया गया है, जिन्हें अस्थायी उपायों या भूकंपीय पुनरुद्धार तकनीकों से सुरक्षित बनाया जा सकता है और 36 (20.2%) को हरा टैग दिया गया है, जिन्हें सुरक्षित माना गया है। इसी तरह, 120 ईंट–निर्मित भवनों में से 91 (75.8%) को लाल टैग दिया गया है, 14 (11.7%) को अस्थायी सुधार की आवश्यकता है, और 15 (12.5%) को सुरक्षित पाया गया है। इन निष्कर्षों को चित्र 13 में दर्शाया गया है।

**(क) प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (RCC buildings)**

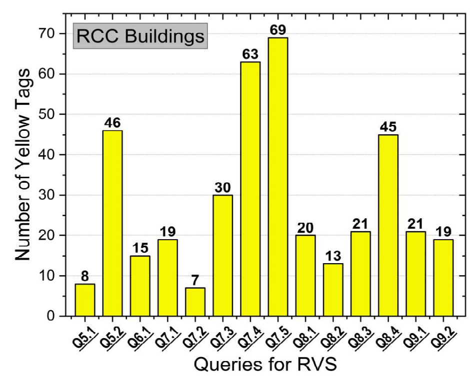
**(ख) ईट–निर्मित भवन (Masonry buildings)**



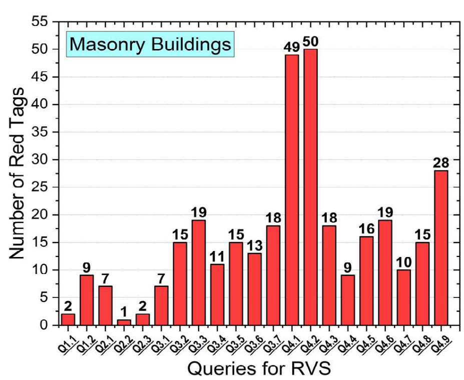

**चित्र 13 : भवनों की अंतिम रेटिंग/टैगिंग**



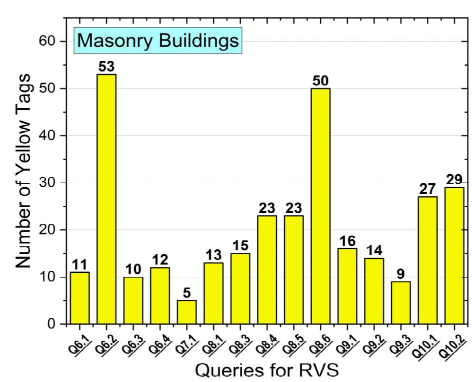

**चित्र 14 : RCC भवनों के लिए लाल टैग मापदंड**




**चित्र 15 : RCC भवनों के लिए पीला टैग मापदंड**




**चित्र 16 : ईट–निर्मित भवनों के लिए लाल टैग मापदंड**




**चित्र 17 : ईट–निर्मित भवनों के लिए पीला टैग मापदंड**

चित्र 4 और 14 के विश्लेषण से पता चलता है कि लाल टैग के प्रमुख कारण भारी ऊपरी मंजिलें हैं, जो द्रव्यमान की अनियमितता से जुड़ी होती हैं, पतले कॉलम और मजबूत बीम हैं, जो कमजोर मंजिल (soft storey) का संकेत देते हैं और संरचनात्मक दीवारों की कमी वाली फ्लैट स्लैब हैं, जिससे मंजिल कमजोर हो जाती है। पिछले भूकंपों में ये कारक भवनों की विफलता के मुख्य कारण रहे हैं [11] | चित्र 4 और 15 के अनुसार, पीले टैग के प्रमुख कारण बड़े कमरे और ऐसी खिड़कियां हैं, जिनका क्षेत्रफल दीवारों के क्षेत्रफल का 50% या अधिक होता है, आस–पास की इमारतों के बीच अपर्याप्त अंतर है, और छत पर असुरक्षित पानी की टंकियां हैं। ये कारक भूकंप के दौरान संरचनात्मक क्षति के मुख्य कारण रहे हैं [10,11]।

चित्र 5 और 16 के अनुसार, ईंट–निर्मित भवनों में लाल टैग के कारण सतत लिंटल बैंड की अनुपस्थिति है और दरवाजे व खिड़कियों का दीवार के कोनों के पास होना है। वर्ष 2001 के भुज में आये भूकंप में ये कारण व्यापक क्षति के लिए जिम्मेदार थे। चित्र 5 और 17 के अनुसार, ईंट–निर्मित भवनों में पीले टैग के कारण भवनों के बीच अपर्याप्त अंतर, छत पर असुरक्षित पानी की टंकियां, दीवारों में ऊर्ध्वाधर दरारें और कम गुणवत्ता वाली निर्माण सामग्री हैं। नेपाल और भुज भूकंप में इसी तरह की निर्माण की कमियां क्षति का कारण बनी थीं।

## निष्कर्ष

इस अध्ययन से निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले गए हैं:

1. त्वरित दृश्य जांच (RVS) भूकंप संभावित क्षेत्रों में भवनों की भूकंपीय संवेदनशीलता को तेजी और प्रभावी रूप से आंकने की विधि है।

2. 179 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में से 102 (57.3%) को लाल टैग दिया गया है, यानी ये भूकंप सुरक्षा के लिए अनुपयोगी हैं। 40 (22.5%) को पीला टैग दिया गया है, यानी इन्हें अस्थायी उपायों या मरम्मत से सुरक्षित बनाया जा सकता है। 36 (20.2%) को हरा टैग दिया गया है, यानी ये सुरक्षित और उपयोग योग्य हैं।

3. 120 ईंट–निर्मित भवनों में से 91 (75.8%) को लाल टैग, यानी ये अनुपयोगी और असुरक्षित हैं। 14 (11.7%) को पीला टैग, यानी इन्हें मरम्मत की जरूरत है। 15 (12.5%) को हरा टैग, यानी ये भूकंप सुरक्षा के दृष्टिकोण से उपयोग योग्य हैं।

4. प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में 17% में भारी ऊपरी मंजिलें (अनियमितता) और 15% में कमजोर कॉलम–मजबूत बीम की समस्या पाई गई।

5. प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में 35% में बड़े कमरे (संभावित फ्लोटिंग कॉलम) और 38% में बड़े दरवाजे व खिड़की के बड़े खुले स्थान पाए गए।

6. ईंट–निर्मित भवनों में 41% में निरंतर लिंटल बैंड्स की कमी थी, जिससे दीवारें कमजोर हो गईं, और 42% में दरवाजे व खिड़कियां दीवार के कोनों के पास थीं, जिससे भूकंप के दौरान दरारें आ सकती हैं।

7. ईंट–निर्मित भवनों में 44% में छत पर असुरक्षित पानी की टंकियां थीं और 40% में आस–पास की संरचनाओं के बीच पर्याप्त अंतर नहीं था, जिससे भूकंप में टकराव का खतरा बढ़ जाता है।

यह निष्कर्ष बताता है कि मध्यम या बड़े भूकंप के दौरान अधिकांश भवन कमजोर साबित हो सकते हैं। भवनों की खराब डिज़ाइन और निर्माण में वास्तुकारों, संरचनात्मक इंजीनियरों और निर्माताओं के बीच समन्वय की कमी साफ दिखाई देती है। नेपाल (2005) और भुज (2001) के भूकंपों में भी इसी तरह की संरचनात्मक कमजोरियां देखी गई थीं, जिससे भारी नुकसान हुआ था। इसलिए, संरचनात्मक सुरक्षा सुनिश्चित करने और आर्थिक नुकसान को रोकने के लिए तत्काल सुधार की बहुत आवश्यकता है।

## भूकंपीय सुरक्षा सुधार के लिए उपाय (Remedial Measures)

भूकंपीय सुरक्षा सुधार के लिए, प्रबलित सीमेंट कंक्रीट भवनों में कमजोर कॉलम–बीम जोड़ को मजबूत

किया जा सकता है और संरचनात्मक अनियमितताओं को दूर किया जा सकता है या उनमें सुधार किया जा सकता है। ईट–मिट्टी के भवनों में टूटे लिंटल बैंड की मरम्मत और पानी की टंकियों को छत पर सुरक्षित रूप से जकड़ा जा सकता है। नए और मौजूदा भवनों के लिए भूकंपीय डिज़ाइन कोड्स को लागू किया जा सकता है, साथ ही संरचनात्मक सुधारों के जरिए कमजोर डिज़ाइन समस्याओं को दूर किया जा सकता है। वास्तुकारों, इंजीनियरों और निर्माताओं के बीच समन्वय के लिए स्पष्ट दिशा–निर्देश बनाए जा सकते हैं। विशेष रूप से पीले या लाल टैग वाले भवनों के लिए।

## भविष्य के लिए संभावनाएं (Possibilities for future)

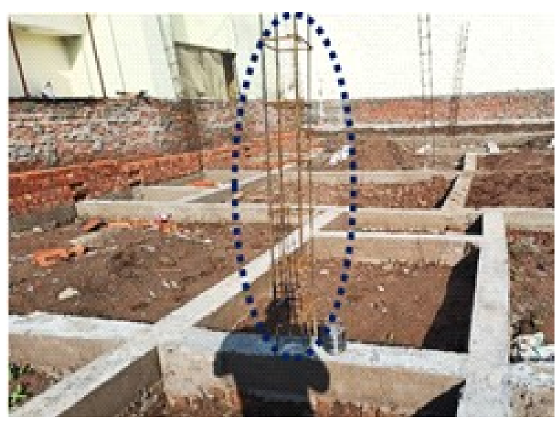
उभरती तकनीकों के तहत, RVS को स्वचालित करने हेतु UPV–आधारित रिमोट सेंसिंग और गैर–विनाशकारी मूल्यांकन विधियों (इन्फ्रारेड, अल्ट्रासोनिक) का उपयोग किया जा सकता है। डेटा–आधारित पद्धति में मशीन लर्निंग मॉडल द्वारा कमजोरियों का पूर्वानुमान लगाया जा सकता है। एक केंद्रीकृत RVS व पुनर्संरचना डेटाबेस बनाया जा सकता है। पुर्नसंरचना रणनीतियों में लागत–लाभ विश्लेषण किया जा सकता है। नई सामग्रियों व तकनीकों की जांच की जा सकती है। नीति व सामुदायिक सहभागिता के अंतर्गत, शोध निष्कर्षों को शहरी योजना व भवन संहिता में शामिल किया जा सकता है।

## परिशिष्ट (Appendix)

### संरचनात्मक अनियमितताओं वाली कुछ इमारतों की तस्वीरें

इस परिशिष्ट में कुछ भवनों के चित्र दिए गए हैं, जिनमें संरचनात्मक कमजोरियां दिखाई गई हैं। चित्र 18 और 19 अपर्याप्त स्टील सुदृढीकरण (खासतौर पर शीयर स्टिर्रप्स) दिखाते हैं, जिनमें IS 13920: 2016 के अनुसार भूकंपरोधी डिटेलिंग नहीं है। चित्र 20 में चंडीगढ़ के कुछ भवनों को दिखाया गया है, जिनमें कमजोर कॉलम और भारी स्लैब व बीम प्रणाली पाई गई। इनमें से एक भवन हाल ही में गिर चुका था। चित्र 21 में बहुत लंबी बीम स्पैन और अपर्याप्त गहराई वाली बीमें देखी गईं। चित्र 22 में ईंट से बना एक भवन दिखाया गया है, जिसमें आरसीसी बैंड नहीं है और चित्र 23 में फ्लोटिंग कॉलम दिखाए गए हैं, जो संरचनात्मक रूप से कमजोर होते हैं और भूकंप के दौरान खतरा पैदा कर सकते हैं।

**चित्र 18 : पंचकुला में निर्माणाधीन भवन (बीम में डक्टाइल डिटेलिंग नहीं है और कॉलम का आकार आवश्यक से कम है)**



**चित्र 19 : मोहाली में निर्माणाधीन इमारत में कॉलम की उपयुक्त नींव नहीं है और इसमें पर्याप्त स्टील रिइनफोर्समेंट की कमी है।**

चित्र 20 : सेक्टर 17, चंडीगढ़ का भवन मजबूत बीम (स्लैब) और कमजोर कॉलम के कारण ढह गया।

चित्र 21 : चंडीगढ़ में एक बहुमंजिला इमारत में सुरक्षित सीमा से अधिक लंबी बीम। इतनी लंबी बीम (लगभग 10 मीटर) के लिए इसकी गहराई बहुत कम है।

चित्र 22 : मोहाली में एक चिनाई भवन में सिल्ल स्तर के नीचे आरसीसी (RCC) बैंड नहीं दिया गया है।

चित्र 23 : पंचकुला में एक आरसीसी बहुमंजिला इमारत में फ़्लोटिंग कॉलम।

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

| **Alphabetically sorted terminology in English** | **वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली** |
|---|---|
| Cascading disasters | श्रृंखलाबद्ध आपदाएं |
| Convergent boundary | अभिसरित परिसीमा |
| Earthquake disaster mitigation | भूकंप आपदा शमन |
| Earthquake risk | भूकंप जोखिम |
| Fault line | भ्रंश रेखा |
| Fragility Curves | भंगुरता वक्र |
| Mass Irregularity | भार अनियमितता |
| Meandering riverbeds | घुमावदार नदी–तल |
| Performance modification | प्रदर्शन संशोधन |
| Rapid Visual Screening | त्वरित भूकंपीय आकलन |
| Seismic resilience | भूकंपीय लचीलापन |
| Self-developed approach | स्व–निर्मित दृष्टिकोण |
| Structural Crisis | संरचनात्मक संकट |

## संदर्भ


1. Malik, N., Philip, G., Suresh, N. and Virdi, N.S. (2008). Active fault and paleo seismic investigation: Evidence of a historic earthquake along Chandigarh Fault in the Frontal Himalayan zone. Himalayan Geology, 29(2): 109-117.

2. National Disaster Management Agency (NDMA) (2020). A primer on rapid visual screening (RVS) consolidating earthquake safety assessment efforts in India.

3. Joshi, G., Kumar, R. (2010). Preliminary seismic vulnerability assessment of Mussoorie Town, Uttarakhand (India). Journal of Building Appraisal, 5: 357–368.

4. Puri, N., Jain, A. (2018). Possible seismic hazards in Chandigarh city of North-western India due to its proximity to Himalayan frontal thrust. Journal of Geophysics Union, 22(5): 485-506.

5. Bureau of Indian Standards. (2016). IS 1893, Part 1: 2016 Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures - General Provisions and Buildings.

6. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2022). FEMA 154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, A Handbook, 2nd ed., CA, USA.

7. Applied Technology Council (ATC). (1988). ATC-21: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Washington DC, USA.

8. Pal, P. and Pali, L. (2018). Congestion free analysis for emergency vehicles response in tri-city (Panchkula-Chandigarh-Mohali) using LTE-A. Modelling. Measurement and Control, 91(2): 66-72.

9. Amateur Seismic Centre. (2006). Global Seismic Hazard Assessment Program. https://asc-india.org/maps/hazard/haz-cdh.htm. Accessed on 31.10.2024.

10. Karasin, I.B., Bakir, D., Ulker, M., Ali, E.U. (2017). The structural damages after Nepal earthquakes. IOSR Journal of Engineering, 7(6): 45-54.

11. Agarwal, P., Thakkar, S. K. and Dubey, R. N. (2002). Seismic performance of reinforced concrete buildings during Bhuj earthquake of January 26, 2001. ISET Journal of Earthquake Technology, 39(3): 195-217.

12. Bureau of Indian Standards. (2009). IS 13935: 2009 Seismic Evaluation, Repair and Strengthening of Masonry Buildings– Guidelines.

13. Murty, C.V.R., Rai, D., Kumar, H., Mitra, K., Bose,A., Kaushik, H., Jaiswal, A., Ramancharla, P. (2012). Methodology for documenting housing typologies in the moderate-severe seismic zones of India, Report of the Pilot Study. Building Materials and Technology Promotion Council, Ministry of Urban Development and Poverty Alleviation, New Delhi.

14. Karampinis, I., Iliadis, L., & Karabinis, A. (2024). Rapid Visual Screening Feature Importance for Seismic Vulnerability Ranking via Machine Learning and SHAP Values. *Applied Sciences*, *14*(6), 2609. https://doi.org/10.3390/app14062609.

15. Aung, M. M. A. and Aye, M. N. (2021). Seismic Safety Assessment of Existing Low-rise RC Buildings with Rapid Visual Screenings and Preliminary Evaluation Methods. ASEAN Journal of Science & Technology for Development, Vol. 38, No. 1, 29 – 36.

16. Purushothama, C., Mucedero, G., Perrone, D. and Monteiro, R. (2023). Evaluation of Rapid Visual Screening Assessment of Existing Buildings Using Nonlinear Numerical Analysis. Journal of Building Engineering, Vol. 76, 1 October, 107110.

17. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards U.S. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2020, Third Edition).

शोध पत्र / **Research Paper**

# फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके जल शुद्धिकरण प्रकल्प में इष्टतम कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी

# Prediction of Optimum Coagulant Dosage in Water Treatment Plant by using Feed Forward Neural Network

**डॉ डी वी वाडकर[1], डॉ जी सी चिकुटे[2], श्रीमती पी डी वाडकर[3], श्रीमती एम जी चिकुटे[4] एवं डॉ पी एस पाटिल[5]**

**Dr. D.V. Wadkar[1], Dr. G.C. Chikute[2], Mrs. P. D. Wadkar[3], Mrs. M.G. Chikute[4] and Dr. P. S. Patil[5]**

[1,2] Department of Civil Enginering,
AISSMS College of Engineering PUNE (Maharashtra)
[3] Department of Electronics and Telecommunication Enginering,
Marathwada Mitr Mandal College of Engineering, PUNE (Maharashtra)
[4] P.V.G.S. Muktangan School, PUNE (Maharashtra)
[5] Department of Civil Enginering, D.Y. Patil University, Ambee, PUNE (Maharashtra)
dvwadkar@aissmscoe.com, chikute.ganesh@gmail.com, pallavidny@gmail.com,
pravispatil154@gmail.com , manasiganesh8@gmail.com
**Corrosponding Author-** Dr. Ganesh C. Chikute, chikute.ganesh@gmail.com

https://doie.org/10.10427/VP.2025200858

**सारांश**

जार परीक्षण का उपयोग कौयगुलांट की इष्टतम खुराक को निर्धारित करने के लिए किया जाता है, जिसके लिए अधिक समय की आवश्यकता होती है। भारत में, जार परीक्षण में देरी के कारण ,जल शुद्धिकरण प्रकल्प (Water Treatment Plant (WTP)) में कौयगुलांट की खुराक निश्चित अवधि के दौरान स्थिर रखी जाती है, जिससे कौयगुलांट की कम खुराक या अधिक खुराक हो सकती है। जिसके परिणामस्वरूप जल शुद्धिकरण प्रकल्प में पानी की अयोग्य शुद्धता होगी, इसलिए जल शुद्धिकरण प्रकल्प के अंतर्गम (inlet) पानी की गुणवत्ता के अनुसार कौयगुलांट की इष्टतम खुराक को निर्धारित करना ज़रूरी है।

यह शोध कार्य जल शुद्धिकरण प्रकल्प में इष्टतम कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी करने के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क (Artificial Neural Network (ANN)) दृष्टिकोण को लागू करने पर केंद्रित है। जल शुद्धिकरण प्रकल्प के अंतर्गम से संबंधित अड़तालीस महीने का दैनिक जल परीक्षण डेटा जुटाया गया है। फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क (FFNN) कौयगुलांट मॉडल की उपयुक्त संरचना को विभिन्न प्रशिक्षण कार्यों को लागू करके प्रशिक्षण और परीक्षण के कई चरणों के साथ स्थापित किया गया है। जल शुद्धिकरण प्रकल्प में कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी के लिए फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क के चार कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल विकसित करने के लिए सबसे अच्छा प्रदर्शन करने वाले लेवेनबर्ग–मार्क्वार्ड (LM) और बायेसियन रेगुलराइजेशन (BR) प्रशिक्षण कार्यों का उपयोग किया गया है। बायेसियन रेगुलराइजेशन प्रशिक्षण समारोह के साथ फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क कौयगुलांट मॉडल ने सहसंबंध गुणांक $R = 0.943$ (प्रशिक्षण) और $R = 0.945$ (परीक्षण) के अधिकतम मूल्य के साथ कौयगुलांट खुराक के लिए नेटवर्क संरचना (2–50–1) (2–इनपुट पैरामीटर / 50–हिडन नोड्स / 1– आउटपुट पैरामीटर) के साथ उत्कृष्ट अनुमान प्रदान किया है। इस प्रकार, कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग कौयगुलांट प्रक्रिया में जटिल प्रक्रिया को समझने के लिए एक प्रभावी निदान प्रदान करता है और

इसका उपयोग जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र संचालकों और निर्णय निर्माताओं के लिए एक मूल्यवान मूल्यांकन पद्धति के रूप में किया जा सकता है। जिसके चलते वो कौयगुलांट की इष्टतम खुराक की भविष्यवाणी पहले ही जान ले, जो जल शुद्धिकरण प्रकल्प के अंतर्गम पानी की गुणवत्ता में बदलाव होने पर, तुरंत कौयगुलांट की इष्टतम मात्रा निर्धारित कर सके। जिसके चलते कौयगुलांट की कम या ज्यादा होने वाली मात्रा को समय रहते ही टाला जा सके और शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र से निकलने वाले पानी की गुणवत्ता हर समय बरकरार रहे।

साहित्य अध्ययन से यह पाया गया है कि कई कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क और अस्फुट दृष्टिकोण किसी विशेष जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के लिए कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी के लिए उपलब्ध हैं, जबकि वही दृष्टिकोण अन्य जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के लिए समान भविष्यवाणी नहीं दे सकते हैं। इसलिए यह शोध पत्र महाराष्ट्र (भारत), पिंपरी–चिंचवड नगर निगम (PCMC) के एक जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के लिए फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके, कौयगुलांट खुराक मॉडलिंग को प्रस्तुत करता है।

**Abstract**

Jar testing is used to determine the optimal dose of coagulant, which requires more time. In India, the dose of coagulant in Water Treatment Plants (WTP) is kept constant for a certain period due to delays in jar testing, which can result in underdosing or overdosing of coagulant. This research work focuses on applying the Artificial Neural Network (ANN) approach to predict coagulant dosage in WTP. Daily water testing data related to the inlet for forty-eight months has been collected. The appropriate architecture of the Feed Forward Neural Network (FFNN) coagulant model was established through several phases of training and testing by applying various training tasks.

Furthermore, for the prediction of coagulant dosage in WTP, the best performing Levenberg-Marquardt (LM) and Bayesian Regularization (BR) training functions have been used to develop four ANN models of FFNN. The FFNN coagulant model with BR training function provided excellent estimates for coagulant dosage with a network architecture of (2- Input parameters / 50- Hidden nodes / 1- Output parameter) and achieved maximum correlation coefficients R = 0.943 (training) and R = 0.945 (testing). Thus, the use of ANN provides an effective diagnosis for understanding the nonlinear behavior in the coagulant process and can be used as a valuable evaluation method for plant operators and decision-makers.

From the literature study, it was found that several ANN and fuzzy approaches are available for predicting coagulant dosage for a particular WTP, whereas the same approaches may not give the same prediction efficiency for other WTPs. Therefore, this paper presents coagulant dosage modeling using feed forward neural networks for a WTP of Pimpri-Chinchwad Municipal Corporation (PCMC) of Maharashtra (India).

**मुख्य शब्दः** कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क, जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र, कौयगुलांट खुराक, बायेसियन एल्गोरिथ्म

**Keywords:** Artificial Neural Network, Water Treatment Plant, Coagulant Dosage, Bayesian Algorithm

## परिचय

कौयगुलांट एक जल शुद्धिकरण प्रकल्प का महत्वपूर्ण घटक है और इसमें कौयगुलांट की इष्टतम खुराक निर्धारित करना आवश्यक है, क्योंकि अपर्याप्त खुराक के परिणामस्वरूप पानी की अयोग्य शुद्धता होगी। परंपरागत रूप से, जार परीक्षण और संचालकों के अनुभव का उपयोग इष्टतम कौयगुलांट खुराक निर्धारित करने के लिए किया जाता है। हालांकि, जार परीक्षण में अधिक समय लग सकता है और जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र में पानी की गुणवत्ता में होने वाले त्वरित परिवर्तनों के दौरान, जार परीक्षण के

परिणाम कम अनुकूल हो सकते हैं। जब भारी बारिश की असामान्य स्थिति होती है, तो बारिश का पानी जल स्रोत में उच्च गंदगी लाता है और जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के पारंपरिक संचालन के कारण उपचारित प्रवाह की गुणवत्ता निम्न हो सकती है। इन सीमाओं को पार करने के लिए इष्टतम मॉडलिंग का उपयोग किया जा सकता है। भारत में आमतौर पर जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र में जार परीक्षण के परिणामों में समय की देरी के कारण कौयगुलांट की खुराक को उस अवधि के लिए स्थिर रखा जाता है, जिससे कौयगुलांट की कम खुराक या अधिक खुराक हो सकती है। इसलिए एक जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र में इष्टतम कौयगुलांट खुराक के लिए भविष्यवाणी मॉडल विकसित करने की आवश्यकता है।

जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के प्रदर्शन, जल की गुणवत्ता और जल शुद्धिकरण प्रकल्प की भौतिक प्रक्रियाओं जैसे छानने का काम, अवसादन, जमावट, वातन और कीटाणुशोधन पर काफी शोध पत्र उपलब्ध है। हमीद एवं अन्य [1] ने जैव–रासायनिक ऑक्सीजन की मांग (Bio–Chemical oxygen demand) और प्रसुप्त ठोसों (suspended solids) की पिछली जानकारी के आधार पर जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के प्रदर्शन की भविष्यवाणी करने के लिए लेवेनबर्ग–मार्क्वार्ड (LM) प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म के साथ फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क विकसित किया। राव एवं अन्य [2] ने LM, पुन: वातन दर की भविष्यवाणी करने के लिए फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क मॉडल विकसित किया। वर्तमान शोध पत्रों के अध्ययन से पता चलता है कि LM एक बहुत ही कुशल एल्गोरिथ्म है। रडुली एवं अन्य [3] ने एफ्लुएंट मापदंडों के साथ जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के तेजी से प्रदर्शन मूल्यांकन के लिए फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क भविष्यवाणी मॉडल प्रस्तुत किया। गुआन–डी एवं अन्य [4] ने ताइपे राज्य, ताइवान में जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के लिए वास्तविक समय पॉली एल्यूमिनियम क्लोराइड (PAC) खुराक की भविष्यवाणी करने के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क और ANFIS मॉडल प्रस्तुत किया जिसमें वास्तविक समय PAC खुराक की भविष्यवाणी के लिए दो सिमुलेशन कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क और ANFIS विकसित किए गए है। PAC खुराक की भविष्यवाणी के लिए ANFIS मॉडल (R= 0.896 और RMSE=0. 004 के साथ) कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क से बेहतर है।

पानी की उपचार प्रक्रियाओं का मॉडल बनाना मुश्किल होता है क्योंकि इसमें कई रासायनिक और भौतिक प्रतिक्रियाओं के बीच जटिल परस्पर क्रियाएँ होती हैं। इष्टतम कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग किया जाता है। कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क एक जैविक प्रेरित प्रणाली है जिसमें कई पर परस्पर जुड़े तत्व होते हैं जिन्हें न्यूरॉन कहा जाता है। ये न्यूरॉन निवेश, छिपी हुई और निर्गत परत में उपस्थित होते हैं। सभी परतें मानव मस्तिष्क की तन्तुकाओं की तरह अच्छी प्रकार से जुड़ी होती हैं। कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क में गैर–रैखिक और जटिल संबंधों को सीखने और मॉडल बनाने की क्षमता होती है।

कई शोधकर्ताओं ने कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी के लिए प्रयास किए है, जिसका विवरण प्रस्तुत है। लार्म्रिनी एवं अन्य [5] ने जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र में इष्टतम कौयगुलांट खुराक का वास्तविक समय में मूल्यांकन करने के लिए एक नाजुक सेंसर विकसित किया है। चेन और होउ [6] ने चांगशिंग में ताइपे जल विभाग की जल शुद्धिकरण योजना की कौयगुलांट खुराक नीति की निगरानी के लिए एक व्यावहारिक फीडबैक नियंत्रण प्रणाली बनाई है। मलेशिया में सेगामा जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के लिए एक प्रतिलोम कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल रॉबेंसन एवं अन्य [7] द्वारा विकसित किया गया है। इसी प्रकार, हेडम सलीम एवं अन्य [8] ने अल्जीरिया में एक जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी के लिए जीआरएनएन और आरबीएनएन मॉडल का सुझाव दिया है। कुमार एवं अन्य [9] ने एलएम ट्रेनिंग और ANFIS (Adaptive Neuro – Fuzzy Interface System) के साथ कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी के लिए एक FFNN मॉडल बनाया है। इसके अलावा, बेलो एवं अन्य [10,

11] ने एक धुंधली स्विचिंग रणनीति पर आधारित विभिन्न भविष्यवाणी नियंत्रण मॉडल का सुझाव दिया है। कैनेडी एवं अन्य [12] ने जैविक घुलित पदार्थ और धुंध की भविष्यवाणी में कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल का आकलन किया है। गाओ लैरी एवं अन्य [13] ने समुद्री और खारे पानी दोनों में अल्ट्राफिल्ट्रेशन उपचार का उपयोग करके एक वास्तविक समय खुराक रणनीति बनाई है। वू जी एवं अन्य [14] ने अनुकूली न्यूरल फजी इन्फरेंस सिस्टम के साथ कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी की है।

परंपरागत रूप से, आदर्श कौयगुलांट खुराक जार परीक्षण के माध्यम से पाई जाती है, जिसके लिए अधिक समय की आवश्यकता होती है। जार परीक्षण में देरी के कारण, भारत में जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र में कौयगुलांट की खुराक कुछ समय तक स्थिर रहती है, जिसके परिणामस्वरूप कौयगुलांट की खुराक या तो बहुत अधिक या बहुत कम हो सकती है। इसलिए संयंत्र संचालक और निर्णय–निर्माता आदर्श कौयगुलांट खुराक का अनुमान लगाने के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल का उपयोग कर सकते हैं।

इस अध्ययन में, कौयगुलांट की इष्टतम खुराक के लिए कई कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल विकसित किए गए हैं। एक नेटवर्क विकसित करने के लिए विभिन्न कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क और प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म का परीक्षण और तुलना करना आवश्यक है जो उचित समय में संतोषजनक प्रदर्शन कर सके। प्रत्येक मॉडल को कई बार प्रशिक्षित किया जाता है और सर्वोत्तम प्रदर्शन का मूल्यांकन किया जाता है। इस मॉडल का उपयोग करके, जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र में पानी की गुणवत्ता मापदंडों के आधार पर इष्टतम कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी संभव है।

साहित्य अध्ययन से यह पाया गया है कि कई कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क और अस्फुट दृष्टिकोण किसी विशेष जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के लिए कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी के लिए उपलब्ध हैं, जबकि वही दृष्टिकोण अन्य जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के लिए समान भविष्यवाणी दक्षता नहीं दे सकते हैं। इसलिए यह शोध पत्र महाराष्ट्र (भारत) के पिंपरी–चिंचवड नगर निगम (PCMC) के एक जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र के लिए फीड फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके कौयगुलांट खुराक मॉडलिंग प्रस्तुत करता है।

## सामग्री और तरीके

### अध्ययन क्षेत्र

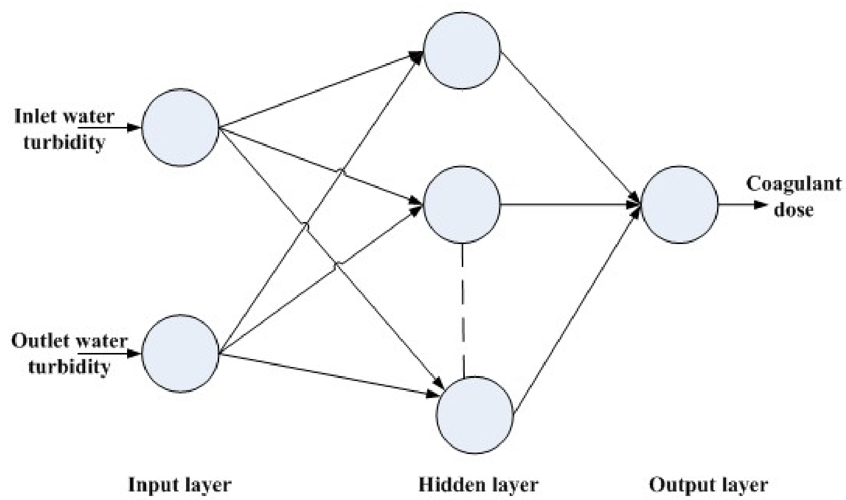
अध्ययनाधीन प्रकल्प, पिंपरी–चिंचवाड़ नगर निगम (PCMC), महाराष्ट्र (भारत) में स्थित है। इसमें 18º 37' 33.87" N अक्षांश और 73º 48' 43.76" E देशांतर के वैश्विक निर्देशांक हैं। इस शहर में 59 एलिवेटेड स्टोरेज जलाशय और 1,17,936 पानी के कनेक्शन के साथ 170 एलपीसीडी की औसत जल आपूर्ति है। यह जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र 177 वर्ग किमी के क्षेत्र में 428 एमएलडी पानी की आपूर्ति करता है।

### कार्यप्रणाली

इस अध्ययन का उद्देश्य बहु–परत FFNN पर आधारित एक कुशल कृत्रिम नेटवर्क स्थापित करना है, ताकि इसे पानी की गंदगी के परिवर्तनीय मूल्यों के लिए कौयगुलांट खुराक की मात्रा निर्धारण के लिए लागू किया जा सके। कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल के विकास के लिए निवेश प्राचल के रूप में अंतर्गम और निर्गम जल का मैलापन और निर्गम प्राचल के रूप में कौयगुलांट खुराक निर्धारित की है। कौयगुलांट डोज़ न्यूरल नेटवर्क (CDNN) मॉडल के निवेश परत में अंतर्गम और निर्गम पानी की गंदगी के साथ विकसित किया गया है जबकि निर्गम परत कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी करती है जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है। चार वर्षों अर्थात वर्ष 2014 से वर्ष 2017 तक के निवेश और निर्गम मापदंडों का दैनिक डेटा संयंत्र प्रयोगशाला से प्राप्त किया गया है। कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडलिंग के लिए आवश्यक निवेश और निर्गम मापदंडों के डेटाबेस में 11,688 डेटा पॉइंट हैं। डेटा अंतराल दिन सुबह 7 बजे से अगले दिन सुबह 7 बजे तक तीन–तीन घंटे के अंतराल का है।

इस अध्ययन में डेटा को प्रशिक्षण और परीक्षण सेट में इस तरह विभाजित किया गया है कि उनका

100% तक जुड़ जाए। अपनाया गया विभाजन 80:20 है। इसमें 80% प्रशिक्षण डेटा कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल को प्रशिक्षित करने के लिए उपयोग किया जाता है। डेटा के इस हिस्से का उपयोग निवेश सुविधाओं और लक्ष्य चर के बीच संबंधों को जानने के लिए किया जाता है। 20% परीक्षण डेटा का उपयोग कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल का परीक्षण करने के लिए किया जाता है। इस हिस्से को प्रशिक्षण डेटा से अलग रखा जाता है और इसका उपयोग मॉडल के प्रदर्शन और अनदेखी डेटा के सामान्यीकरण का मूल्यांकन करने के लिए किया जाता है। डेटा श्रृंखला सामान्य वितरण के करीब है, इसलिए प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म को बदलकर और कठोर प्रशिक्षण द्वारा बेहतर परिणाम प्राप्त किए जा सकते हैं। FFNN मॉडल के विकास के लिए, प्रशिक्षण फलन जैसे कि, लेवेनबर्ग–मार्क्वार्ड (LM), बायेसियन नियमतीकरण (BR), लचीला बैक–प्रोपेगेशन (RP), बीएफजीएस क्वासी–न्यूटन (BFG), वन स्टेप सेकेंट (OSS), संयुग्म ग्रेडिएंट बैक–प्रोपेगेशन (CGB), फ्लेचर–पॉवेल (GCF), वेरिएबल लर्निंग रेट ग्रेडिएंट डिसेंट (VLRGD), ग्रेडिएंट डिसेंट (GD), और ग्रेडिएंट डिसेंट विद मोमेंटम (GDM) का उपयोग किया गया है।

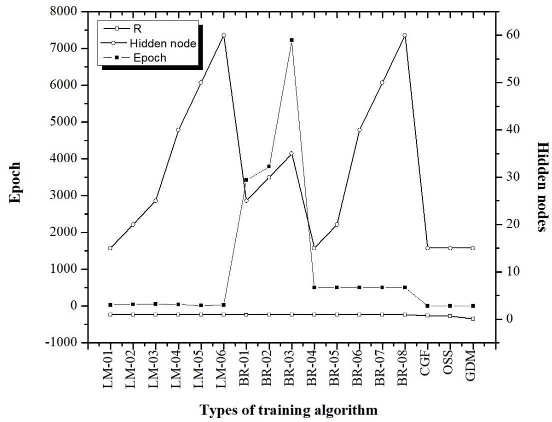



**चित्र 1: कौयगुलांट खुराक तंत्रिका नेटवर्क मॉडल**

प्रशिक्षण के दौरान, सिग्मॉइड ट्रांसफर फलनों का उपयोग किया गया है। न्यूनतम–अधिकतम स्केलिंग द्वारा निवेशी और निर्गत डेटा को सामान्य किया गया है। मॉडल विकास के लिए सबसे अच्छा प्रदर्शन करने वाले प्रशिक्षण फलन का चयन किया गया है। प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म का सबसे अच्छा संयोजन, हिडन लेयर में न्यूरॉन्स की संख्या और उच्चतम R के लिए एपोच की संख्या है, जिनको निर्धारित की जाती है। अंतिम नेटवर्क त्रुटि की गणना के लिए परीक्षण डेटा सेट का उपयोग करके प्रशिक्षित तंत्रिका नेटवर्क का और परीक्षण किया गया है ।

## परिणाम और विश्लेषण

चर्चा की गई कार्यप्रणाली के आधार पर, कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी के लिए विभिन्न प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म का विश्लेषण किया गया है। मॉडल विकास के लिए प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म के प्रदर्शन का सारांश चित्र 2 में दिखाया गया है। यह देखा गया है कि अधिकांश प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म ने अच्छा प्रदर्शन दिखाया जबकि कुछ मॉडल ने ऋणात्मक सहसंबंध दिखाया, जिससे मॉडलिंग में अक्षमताओं का संकेत मिलता है। चित्र 2 से यह देखा गया है कि BFG, NRP, CGB, CGF, OSS, GDX, GDM और GD को केवल एक एपोच और 15 छिपे हुए नोड्स की आवश्यकता है; जबकि एलएम और बीआर प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म एपोच 12 से 7228 तक और छिपे हुए नोड 15 से 60 तक होते हैं।

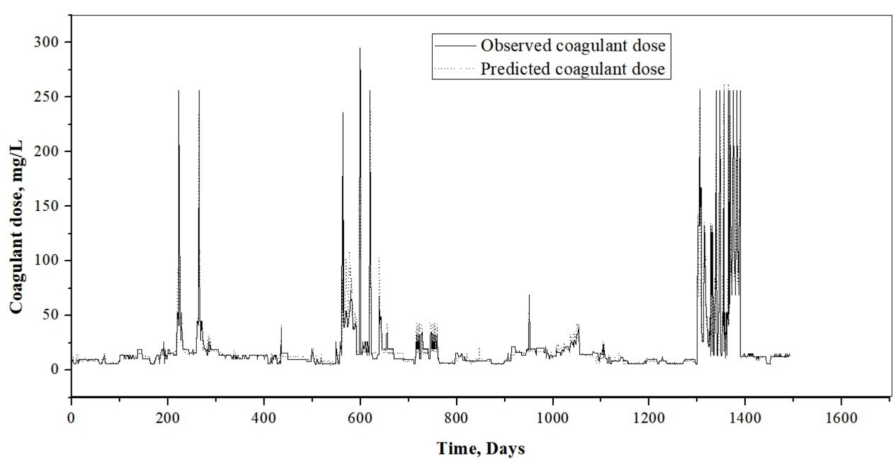



**चित्र 2: FFNNCD मॉडल के लिए प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म का प्रदर्शन**

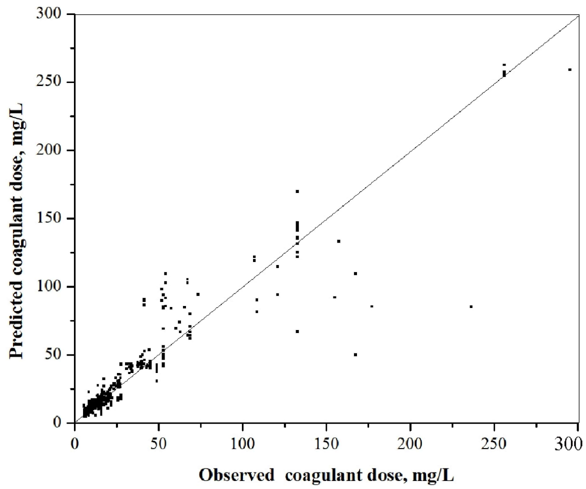
हालांकि LM (R = 0.944) और BR (R = 0.945) प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म अन्य प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म की तुलना में अधिक प्रभावी हैं। बीआर प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म ओवरफिटिंग के मुद्दे को कुशलतापूर्वक संबोधित करने और जटिल मॉडलों को अनुकूलित करने में सक्षम है। यह किसी भी नेटवर्क को तब तक प्रशिक्षित कर सकता है जब तक इसकी डेरीवेटीव विशेषताओं में वेट, इनपुट और ट्रांसफर एल्गोरिथ्म शामिल होते हैं।

## लेवेनबर्ग–मार्क्वार्ड ट्रेनिंग एल्गोरिथ्म का उपयोग करके फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क कौयगुलांट डोज़ मॉडल

LM प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म (FFNNCD1) का उपयोग करते हुए FFNN कौयगुलांट खुराक मॉडल MATLAB सॉफ़्टवेयर में विकसित किया गया है। यह मॉडल LM के साथ विकसित हुआ है, जो LM अनुकूलन के अनुसार वजन और पूर्वाग्रह मूल्यों का अद्यतन करता है। LM अक्सर सबसे तेज़ बैक–प्रोपेगेशन एल्गोरिथ्म होता है और इसे पहली पसंद पर्यवेक्षित एल्गोरिथ्म के रूप में अत्यधिक अनुशंसित किया जाता है, हालांकि इसके लिए अन्य एल्गोरिथ्म की तुलना में अधिक मेमोरी की आवश्यकता होती है। इस मॉडल के परिणामस्वरूप अधिकतम 'R = 0.944' के साथ 60 छिपे हुए नोड्स मिलते हैं। प्रशिक्षण और परीक्षण अवधि के दौरान FFNNCD1 (2–60–1) (2 Input parameters – 60 Hidden nodes – 1 Output parameter) मॉडल की समय श्रृंखला और स्कैटर प्लॉट चित्र 3 (a) और (b) में दिखाए गए हैं, जो एक अच्छे परिणाम का संकेत देते हैं।



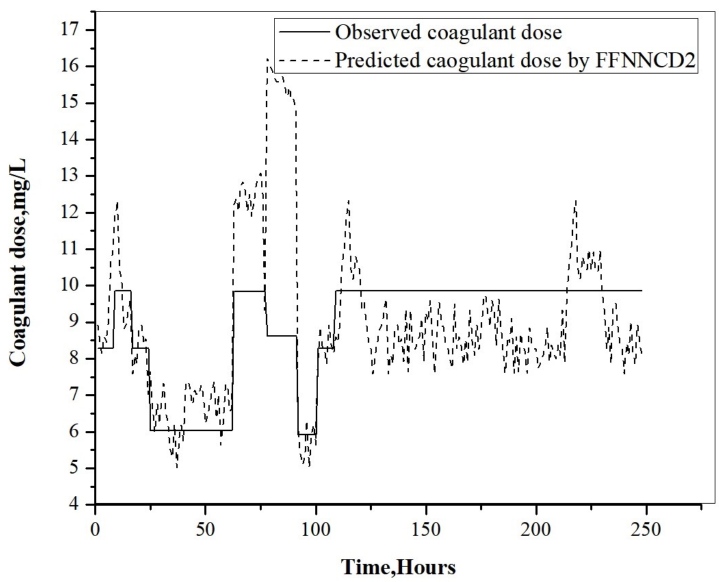

**चित्र 3 (a) : प्रशिक्षण और परीक्षण अवधि के दौरान FFNNCD1 (2–60–1) मॉडल की समय श्रृंखला**



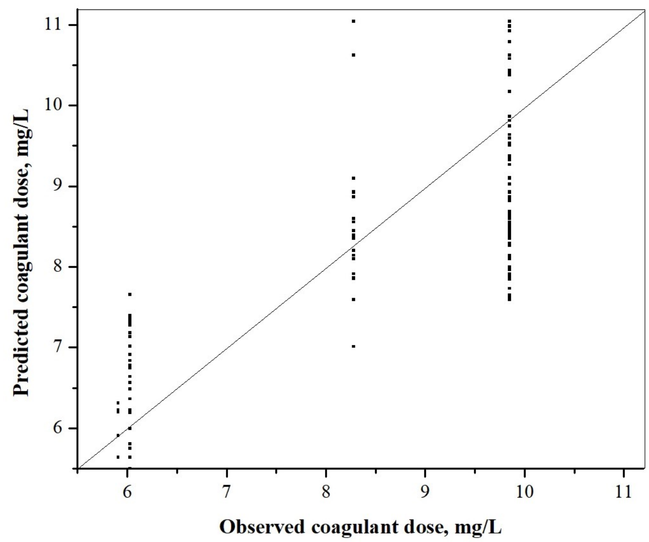

**चित्र 3 (b) : प्रशिक्षण और परीक्षण अवधि के दौरान FFNNCD1 (2–60–1) मॉडल का स्कैटर प्लॉट**

## बायेसियन रेगुलराइजेशन प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म का उपयोग करके फॉरवर्ड न्यूरल नेटवर्क कौयगुलांट डोज़ मॉडल

FFNN कौयगुलांट खुराक मॉडल, BR प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म (FFNNCD2) का उपयोग करके MATLAB सॉफ़्टवेयर में बनाया गया है। यह देखा गया है कि छिपे हुए नोड्स को 5 से बढ़ाकर 15 किया गया, जहां R और MSE तदनुसार बदल गए। 20 से 60 तक छिपे हुए नोड्स के लिए मॉडल के प्रदर्शन में कोई बदलाव नहीं हुआ है। इसी तरह, यह देखा गया है कि प्रशिक्षण के लिए R = 0.943 और परीक्षण के लिए R = 0.945 के साथ छिपे हुए नोड 50 के लिये प्राप्त की गई सर्वोत्तम भविष्यवाणी है। परीक्षण अवधि के दौरान FFNNCD2 (2 Input parameters – 50 Hidden nodes – 1 Output parameter) मॉडल की समय श्रृंखला और स्कैटर प्लॉट चित्र 4 (a) और (b) में दिखाए गए हैं, जो सर्वोत्तम परिणाम का संकेत देते हैं।




**चित्र 4 (a) : परीक्षण अवधि के दौरान FFNNCD2 (2–50–1) मॉडल की समय श्रृंखला**




**चित्र 4 (b) : परीक्षण अवधि के दौरान FFNNCD2 (2–50–1) मॉडल की समय श्रृंखला और स्कैटर प्लॉट**

उपरोक्त अध्ययन से यह पता चलता है कि बीआर प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म के साथ FFNNCD 2 (2 Input parameters – 50 Hidden nodes – 1 Output parameter) मॉडल ने FFNNCD 1 (2 Input parameters – 60 Hidden nodes – 1 Output parameter) मॉडल की तुलना में बेहतर प्रदर्शन किया है।

## निष्कर्ष

इष्टतम कौयगुलांट खुराक का निर्धारण महत्वपूर्ण है क्योंकि अपर्याप्त खुराक के परिणामस्वरूप पानी की अनुचित शुद्धता होगी। इस शोध पत्र में, PCMC (Pimpri–Chinchwad Municipal Corporation) के एक प्रमुख जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र में कौयगुलांट खुराक की भविष्यवाणी करने के लिए कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल विकसित किए गए है। ये मॉडल विभिन्न प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म का उपयोग करके विकसित किए गए है, जहां बीआर प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म ने अन्य प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म की तुलना में बेहतर भविष्यवाणी प्रदान की है। सभी एलएम और बीआर एएनएन मॉडलों ने विशेष रूप से कौयगुलांट खुराक के निम्न और उच्च मूल्यों के लिए अच्छा प्रदर्शन किया है। बीआर प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म (R = 0.945) के साथ FFNNCD–2 (2 Input parameters – 50 Hidden nodes – 1 Output parameter) मॉडल ने अन्य सभी मॉडलों की तुलना में कौयगुलांट खुराक के लिए सबसे अच्छा पूर्वानुमान प्रदान किया है।

इस प्रकार, प्रस्तुत कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल कौयगुलांट के गैर–रैखिक व्यवहार को समझने के लिए एक उपयोगी निदान प्रदान करता है और इसे संयंत्र संचालकों और निर्णय निर्माताओं के लिए एक मूल्यवान प्रदर्शन मूल्यांकन उपकरण के रूप में उपयोग किया जा सकता है। प्रस्तुत कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क मॉडल इनलेट वॉटर टर्बिडिटी के आधार पर अपेक्षित आउटगोइंग वॉटर टर्बिडिटी का अनुमान लगाने में सक्षम होंगे। संक्षेप में, कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क एक अच्छा विकल्प है और जल शुद्धिकरण प्रकल्प संयंत्र में कौयगुलांट की इष्टतम खुराक की भविष्यवाणी के लिए एक शक्तिशाली मॉडल है।

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

| **Alphabetically sorted terminology in English** | **वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली** |
|---|---|
| Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) | अनुकूली नेटवर्क – आधारित अस्फुट अनुमान प्रणाली |
| Artificial Neural Network (ANN) | कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क |
| Bayesian Regularization (BR) | बेसियन नियमतीकरण |
| Biochemical Oxygen Demand (BOD) | जैव–रासायनिक ऑक्सीजन मांग |
| Chemical Oxygen Demand (COD) | रासायनिक ऑक्सीजन मांग |
| Dissolved Oxygen (DO) | विघटित ऑक्सीजन |
| Dissolved Oxygen Meter (DOM) | विघटित ऑक्सीजन मीटर |
| Extreme Learning Machine-Radial Basis Function (ELM-RBF) | चरम अधिगम मशीन – किरण सदृश्य आधारी फलन |
| Feed Forward Neural Network (FFNN) | अग्र प्रदाय तंत्रिका नेटवर्क |
| Feed Forward Neural Network Coagulant Dosage Model (FFNNCD1) | अग्र प्रदाय तंत्रिका नेटवर्क कौयगुलांट डोज मॉडल जो लेवेनबर्ग–मार्क्वार्ड प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म का उपयोग करता है |
| Feed Forward Neural Network Coagulant Dosage Model (FFNNCD2) | अग्र प्रदाय तंत्रिका नेटवर्क कौयगुलांट डोज मॉडल जो बेज़ीयन संशोधन प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म का उपयोग करता है |
| Fuzzy Weight Multiple Prediction Model (FWMPM) | अस्फुट भार बहुल भविष्यवाणी निदर्श |
| Levenberg-Marquardt (LM) | लेवेनबर्ग–मार्क्वार्ड्ट |
| Mean Absolute Error (MAE) | माध्य निरपेक्ष त्रुटि |
| Mean Square Error (MSE) | माध्य वर्ग त्रुटि |
| Root Mean Square Error (RMSE) | मूल माध्य वर्ग त्रुटि |

### सन्दर्भ


1. Hamed M. M., Galal M. M. and Ezzat A. H. (2004). Prediction of wastewater treatment plant formance using artificial neural networks. Environmental Modelling and Software, 19(10) : 919-928, DOI: 10.1016/j.envsoft.2003.10.005.

2. A. Ramakrishna Rao and Bimlesh Kumar (2007). Neural Modeling of Square Surface Aerators. Journal of Environmental Engineering, 133(4), DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2007)133:4(411).

3. Raduly, B. and Gernaey K. (2007). Artificial neural networks for rapid WWTP performance evaluation: Methodology and case study. Environmental Modelling & Software, 22:1208-1216.

4. Guan-De W. and Shang-Lien, L. (2008). Predicting real-time coagulant dosage in water treatment by artificial neural networks and adaptive network-based fuzzy inference system. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 21 : 1189–1195.

5. Larmrini B., Benhammou A., Le Lann. M. & Karama, A. (2005). A neural software sensor for online prediction of Coagulant dosage in a drinking WTP. Transactions of the Institute of Measurements and Control, 27(3),195-213.

6. Chen, C. L. and Hou, P. L. (2006). Fuzzy model identification and control system design for coagulation chemical dosing of potable water. Water Sci. Technol Water Supply, Vol. 6(3), 97–104, doi: 10.2166/ws.2006.782.

7. Robenson, A., Shukor and Araiz, N. (2009). Development of process inverse neural network model to determine the required alum dosage at Segama WTP Sabah, Malaysia. Computer-aided chemical engg., 27, 525–530.

8. Heddam Salim. A. Bermad and Noureddine, D. (2011). Applications of RBF and GRNN for Modeling of Coagulant Dosage in a Drinking WTP: Comparative Study. Journal of Environmental Engineering, Vol. (137), pp.1209-1214.

9. J Satheesh Kumar, Poongodi, P. and Balakumaran, P. (2013). Artificial Intelligence Based Alum Dosage Control in Water Treatment Plant. International Journal of Engineering and Technology (IJET), Vol 5 No 4 Aug-Sep 2013,3344-3350.

10. Oladipupo Olubunmi Bello, Yskandar Hamam and Karim D. Djouani, (2014). Coagulation process control in water treatment plants using multiple model predictive control. Alexandria Engineering Journal, 53(4), 939-948, DOI: 10.1016/j.aej.2014.08.002.

11. Oladipupo Olubunmi Bello, Yskandar Hamam and Karim D. Djouani, (2015). Multiple Model Predictive Control Based on Fuzzy Switching Scheme of a Coagulation Chemical Dosing Unit for Water Treatment Plant., IFAC-Papers On-Line, 48(11), 180–185, DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.09.180.

12. Kennedy, M. J., Gandomia, A. H. and Miller, C. M. (2015). Coagulation modeling using ANN to predict both turbidity and DOM-PARAFAC component removal. J. of Environ. Chemical Engg., 3(4)A, 2829–2838.

13. Gao Larry X., Han Gu, Anditya, R. (2017). Self-adaptive cycle to cycle control of inline coagulant dosing in ultrafiltration for pre-treatment of reverse osmosis feed water. Desalination, 401 ,22–31, https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.09.024.

14. Wu G. and Lo, S. L. (2008). Predicting real-time coagulant dosage in water treatment by ANN and adaptive network -based fuzzy inference system. Engg. Applications of Artificial Intelligence, 21, 1189– 1195.

शोध पत्र / **Research Paper**

# डुओ–बाइनरी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूप पर आधारित 1–Tera Bit/s डीडब्ल्यूडीएम प्रकाशीय संचरण प्रणाली के प्रदर्शन का अनुमानः एक अनुरूपण अंतर्दृष्टि

# Performance Estimation of 1–Tera Bit/s DWDM Optical Transmission System Based on Duo–Binary and DPSK Modulation Formats: A Simulative Insight


**कुलदीप सिंह एवं संदीप कुमार आर्य**

**Kuldeep Singh and Sandeep Kumar Arya**

Guru Jambheshwar University of Science and Technology, Hisar - 125001 (INDIA)

kuldeepsingh@gjust.org, arya1sandeep@gmail.com



https://doie.org/10.10427/VP.2025421040



## सारांश

यह शोध पत्र 0.4 nm चैनल अन्तर वाले 25–चैनल डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली के सफल प्रदर्शन का मूल्यांकन प्रस्तुत करता है, जिससे 600 किमी. के सिंगल मोड फाइबर (SMF) पर 1.024 Tbps की कुल डाटा दर प्राप्त की जा सकती है, जो प्रकाशीय दूरसंचार में एक प्रमुख तकनीक है। प्रदर्शन को Q–फैक्टर, बीईआर, चैनलों के अन्तर, चैनल घनत्व जैसे प्रमुख कारकों के रूप में व्यक्त किया गया है। प्रणाली ने डीपीएसके के मामले में बीईआर को $10^{-8}$ और $10^{-9}$ पर और DB फॉर्मेट के मामले में बीईआर को $10^{-5}$ पर बनाए रखा है। प्रणाली ने डीबी–मॉड्यूलेशन के लिए 7.90–8.39 dB की सीमा में और डीपीएसके के मामले में 14.93 – 16.94 dB की सीमा में Q–फैक्टर दिखाया है। यह देखा गया है कि डीपीएसके का उपयोग करने वाली संचार प्रणाली 600 किमी. की संचरण दूरी पर डुओ–बाइनरी (DB) मॉड्युलेटेड प्रणाली की तुलना में बेहतर प्रदर्शन करती है। यह देखा गया है कि 200 किमी. की संचरण दूरी के बाद डीबी– मॉड्यूलेशन आधारित प्रणाली में प्रकाश किरण में क्षति अधिक होती है। इसलिए, डीबी–मॉड्यूलेशन आधारित प्रणाली में प्रकाश किरण की पुनःप्राप्ति ध्वनि मात्र की उपस्थिति और किसी भी हस्तक्षेप से कठिन हो सकती है। दोनों मॉड्यूलेशन योजनाएं उच्च गति प्रकाशीय संचार प्रणालियों के लिए अद्वितीय लाभ प्रदान करती हैं। अनुरूपण परिणामों के आधार पर, डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूप का उपयोग सामान्य प्रकाशीय तार पर 600 किमी. तक 1.024 Tbps की डेटा दर के साथ किया जा सकता है। इसलिए, उच्च मात्रा में डेटा की मांगों को पूरा करने और बढ़ती उपयोगकर्ता मांग का समर्थन करने के लिए डीपीएसके मॉड्यूलेशन आधारित डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली के उपयोग की सिफारिश की जा सकती है।

## Abstract

This paper presents a successful performance evaluation of a 25-channel DWDM system with 0.4 nm channel spacing achieving a total data rate of 1.024 Tbps over a 600 km. single mode fiber (SMF), a leading technology in optical telecommunication. The performance is expressed in terms of key factors such as Q-factor, BER, spacing of channels, channel density. The system maintained BER at $10^{-8}$ and $10^{-9}$ in case of DPSK and BER at $10^{-5}$ in case of DB format. The system showed Q-factor in the range of 7.90-8.39 dB for DB and 14.93 - 16.94 dB in case of DPSK. It is observed that the communication system using DPSK performs better than the duo-binary (DB) modulated system at a transmission distance of 600 km. It is observed that the signal loss is high in DB-based system

after a transmission distance of 200 km. Hence, signal recovery may be difficult in DB-modulation based system due to noise and any interference. Both the modulation schemes offer unique advantages for high speed optical communication systems. Based on the simulated results, the DPSK modulation format can be used over normal optical fiber up to 600 km. with a data rate of 1.024 Tbps. Hence, the use of DPSK modulation based DWDM system can be recommended to meet the demands of high volume of data and support the increasing user demand.

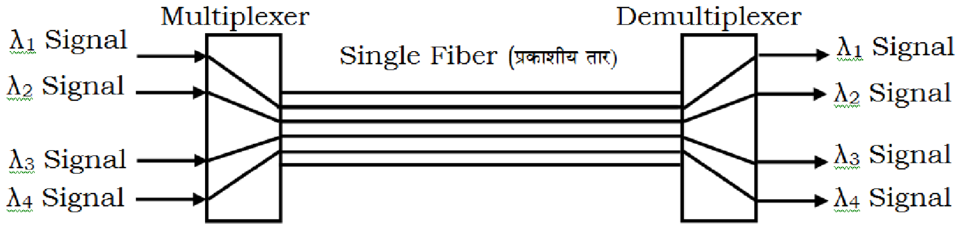
**मुख्य शब्द**: डुओ–बाइनरी मॉड्यूलेशन, डीपीएसके मॉड्यूलेशन, डीडब्ल्यूडीएम, प्रकाशिकी, सिंगल–मोड फाइबर (एसएमएफ), उत्तेजित रमन स्कैटरिंग (एसआरएस)।

**Keywords**: Duo-binary (DB) modulation, DPSK modulation, DWDM, Optics, Single-mode fiber (SMF), Stimulated Raman scattering (SRS).

**प्रस्तावना**

उच्च डेटा खपत और एक उच्च क्षमता वाले डेटा नेटवर्क की जरूरत ने प्रकाशीय संचार प्रणाली को आधुनिक दूरसंचार में उपयोग के लिए सबसे आगे खड़ा कर दिया है। यह स्वीकार किया जाता है कि 21वीं सदी में प्रकाशिकी विज्ञान और प्रौद्योगिकी के विकास में एक स्थान से दूरस्थ स्थानों तक सूचना प्रसारित करने के लिए सुदृढ़ संचार व्यवस्था की प्रमुख आवश्यकता होती है। आज प्रकाशिकी विज्ञान का प्रयोग इस बदलते वैश्विक परिपेक्ष्य के प्रमुख क्षेत्रों में हो रहा है, जो समाज के साथ–साथ राष्ट्र की प्राथमिक आवश्यकता बनता जा रहा है [1–2]। सूचना प्रौद्योगिकी की क्रांति के कारण; सूचना या डेटा ज्यादा विशाल रूप लेता जा रहा है, जिस कारण संचरण के विशाल क्षमता वाले अत्यधिक कुशल तंत्र की महती आवश्यकता है। संगणक डेटा केंद्रों के आविष्कार के बाद डेटा को संचित रखने और प्रसंस्करण की आवश्यकताओं के लिए बड़े संगणनात्मक संसाधनों का महत्त्व बढ़ रहा हैं। ये प्रौद्योगिकियाँ कृत्रिम बुद्धिमत्ता, क्लाउड और छोर (Edge) पर संगणना को संबल करने में सहायक और नए आयाम पैदा कर रही हैं। यह डेटा संचरण तंत्र प्रणाली में उच्च क्षमता और गति की आवश्यकता को बढ़ा रही है [3]। उच्च स्तरीय गति वाले डेटा नेटवर्क इस तकनीकी युग में रूपांतरण के लिए बहुत कारगर घटक सिद्ध हो रहे हैं [4–6]।

आधुनिक समय में निरंतर परिवर्तनशील इलेक्ट्रॉनिक पद्धति (एनालॉग) वाले संचार तंत्र को अंकीय (डिजिटल) संचार माध्यम से प्रतिस्थापित किया जा रहा है [7]। भूतकाल में हुआ तकनीकी विकास अपने आप में प्रकाशीय तार प्रौद्योगिकी में परिवर्तित हो रहा है। इस रूपांतरण काल में प्रकाशीय तार और तरंग दैर्ध्य डिविज़न मल्टीप्लेक्सिंग का आविष्कार वरदान सिद्ध हुआ है। जब अभियंता अलग–अलग तरंग दैर्ध्य पर एकल मोड प्रकाशीय तार (SMF) से प्रकाश की किरण को प्रसारित करने में सक्षम हुए, तो इस मौलिक सिद्धांत को तरंग दैर्ध्य डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग (डब्ल्यूडीएम) का रूप दिया गया। WDM का आविष्कार और निर्माण लौड़े [8] ने किया।




**चित्र 1: विशिष्ट WDM के मौलिक सिद्धांत का चित्र आरेख [16-17]**

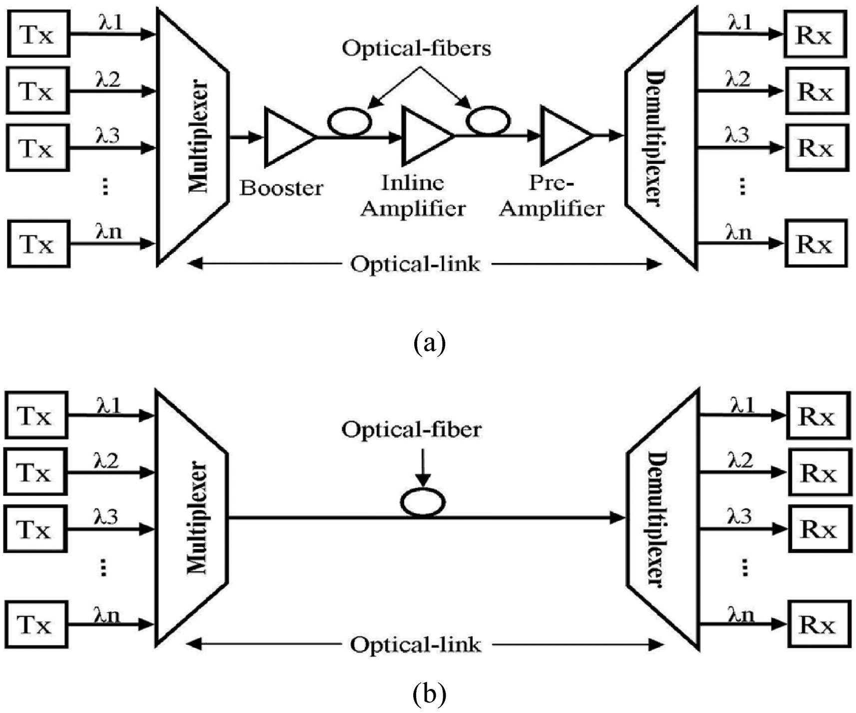
एक भारतीय मूल के अमेरिकी भौतिकी वैज्ञानिक, नरिंदर सिंह कपानी[9] ने जॉन टाइण्डल के प्रयोगों के आधार पर 1952 में पहली बार प्रकाशीय तार का आविष्कार किया। कपानी के प्रकाशिकी विज्ञान के क्षेत्र में योगदान ने समुन्द्र के अंदर तार नेटवर्क के निर्माण की आधारशिला रखी, जो आज इंटरनेट के नाम से जाना जाता है।

वर्ष 2003 और 2010 के दौरान, अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार संघ (ITU) द्वारा क्रमशः (जी–पीओएन) और (एक्सजी–पीओएन) के रूप में गीगा बिट और 10–गीगा बिट क्षमताओं के साथ व्यावसायिक रूप से मानकीकृत प्रकाशीय नेटवर्क विकसित और कार्यान्वित किए गए थे [10]। दूरसंचार उद्योग के क्षेत्र में कार्यरत Huawei Technologies ने 2019 में सुपर–सी बैंड आधारित प्रकाशीय लिंक प्रणाली के निर्माण का एक नया प्रस्ताव दिया, जिसे 6–THz पर संचालित किया जा सकता है [11–12]।

डेंस वेवलेंथ डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग (डीडब्ल्यूडीएम) प्रणाली डब्ल्यूडीएम की तुलना में कम चैनल अंतर का उपयोग करता है, जिससे उच्च क्षमता वाले संचरण की संरचना का निर्माण होता है। जैसे–जैसे डेटा दरें टेराबिट–प्रति–सेकंड व्यवस्था की ओर बढ़ती जा रही हैं, डीडब्ल्यूडीएम प्रणालियों का उपयोग महत्वपूर्ण होता जा रहा है। उपलब्ध मॉड्यूलेशन प्रारूपों में, डुओ–बाइनरी और डिफरेंशियल फेज़ शिफ्ट कीइंग (डीपीएसके) ने उच्च गति प्रकाशीय संचरण में अपने विशिष्ट प्रदर्शनों के कारण महत्वपूर्ण स्थान पाया है। डुओ–बाइनरी मॉड्यूलेशन को इसकी बेहतर वर्णक्रमीय दक्षता और अंतर–प्रतीक हस्तक्षेप में कमी के लिए पहचाना जाता है, जो इसे उच्च क्षमता प्रणालियों के लिए एक मजबूत समकक्ष बनाता है। दूसरी ओर, डीपीएसके मॉड्यूलेशन को ध्वनि प्रभाव चरण के खिलाफ मजबूती और प्रकाश किरण में विकिरण और अन्य चैनल क्षति की उपस्थिति में बेहतर प्रदर्शन के लिए प्रयोग में लाया जाता है [13–14]। इस शोध का लक्ष्य डुओ–बाइनरी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन योजनाओं का उपयोग करके 1–Tera bit/s डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली का व्यापक प्रदर्शन का अनुरूपण विधि से अनुमान लगाना है। यह तुलनात्मक अध्ययन इन मॉड्यूलेशन प्रारूपों के प्रायोगिक संलिप्तता की मूल्यवान अंतर्दृष्टि बिट त्रुटि दर (बीईआर), प्रकाश किरण की गुणवत्ता और समग्र प्रणाली कुशलता को प्रमाणित करता है। निम्नलिखित अनुभागों में, अध्ययन के दौरान डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली की रूपरेखा के निर्माण और प्रदर्शन प्राचलों का विवरण प्रस्तुत किया गया है। यह शोध कार्य प्रकाशीय नेटवर्क आवश्यकताओं के लिए ऑप्टिकल संचार प्रौद्योगिकियों के संभाषण पर चल रहे प्रयासों में एक योगदान हो सकता है।

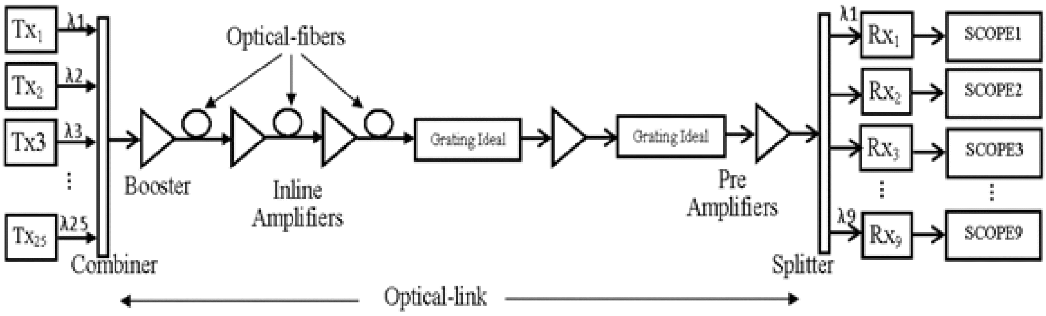
## डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली की रूपरेखा का निर्माण और विश्लेषण

प्रारंभिक अध्ययनों से ज्ञात हुआ है कि प्रकाशीय तार से डेटा संचरण और आवृत्तियों के बैंडविड्थ में उलेखनीय वृद्धि से क्षमता में प्राप्त लाभ के कारण DWDM तकनीक की महत्ता स्थापित हुई और निरंतर बढ़ती गई। उदाहरण के लिए, प्रकाशीय तार और मॉड्यूलेशन प्रारूपों की क्षमता से होने वाले लाभ पर अध्ययन से अजय कुमार शर्मा और उसके साथियों ने बताया कि डेटा दरों में वृद्धि तथा चैनल में हानियों को प्रबंधित करने में उन्नत मॉड्यूलेशन तकनीकों की आवश्यकता होती है। इसलिए बहु Tera–bit/s डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली की रूपरेखा के निर्माण में दो मॉड्यूलेशन प्रारूपों की संलिप्तता से प्रदर्शन में बदलाव का प्रायोगिक अध्ययन और विश्लेषण किया गया। डब्लूडीएम प्रणाली के परिचालित सिद्धांत की मूल अवधारणा में विभिन्न तरंग दैर्ध्य का उपयोग करके एक ही प्रकाशीय तार पर विभिन्न स्वतंत्र डेटा को संचारित करना होता है। अग्रवाल[16–17] द्वारा प्रकाशित अध्ययन डीडब्ल्यूडीएम नेटवर्क प्रणाली के विशिष्ट रेखाचित्र को चित्र 2 (ए) और (बी) में दर्शाया गया है।




**चित्र 2: विशिष्ट डब्ल्यूडीएम नेटवर्क का कार्यान्वयन (a) प्रकाश किरण प्रवर्धन के साथ और (b) प्रकाश किरण प्रवर्धन के बिना [16-17]**

डब्लूडीएम की उपरोक्त सैद्धांतिक अवधारणा को प्रयोगात्मक नमूने के उपयोग में लाने हेतु चित्र 3 में दर्शाया गया है, जिसमें 25 ट्रांसमीटर और 09 रिसीवर ब्लॉकस लगे हैं। डुओ बाइनरी (डीबी) और डिफरेंशियल फेज़ शिफ्ट कुंजी (डीपीएसके) मॉड्यूलेशन प्रारूपों का उपयोग ट्रांसमीटर ब्लॉक में 25 चैनलों के लिए अलग अलग अनुरूपण के लिये किया गया।




**चित्र 3: 40.96 GB/s पर 25 चैनलों वाले प्रस्तावित डीडब्ल्यूडीएम स्थापत्य का योजनाबद्ध प्रवाह संचित्र**

200 से 600 किमी. की प्रकाशीय संचार श्रृंखला का 0.4 एनएम के चैनल अंतर के साथ 25 चैनलों से 1.024 Tera bit/s क्षमता उत्पन्न करने वाले डीडब्ल्यूडीएम प्रकाशीय तंत्र के प्रदर्शन का सफलतापूर्वक अनुरूपण किया गया। तालिका 1 में वर्णित परिणामों से पुष्टि होती है कि क्षमता बढ़ाने के लिए डीडब्ल्यूडीएम

प्रणाली बेहतर तरीका है। Tera bit/s क्षमता प्राप्त करने के लिए, चैनलों की संख्या (N) और डेटा दर प्रमुख प्राचल हैं।

**तालिका 1: उच्च क्षमता वाले डब्लूडीएम के नमूने का अनुरूपण में किया गया प्रायोगिक प्रदर्शन [16–17]**

| चैनलों की संख्या N | डेटा दर (Bit Rate) B (Gb/s) | क्षमता NB (Tb/s) | डेटा संचरण की दूरी L (Km) | डब्लूडीएम की NBL संख्या [(Pb/s)-km] | |
|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 20 | 2.40 | 6200 | 14.88 | |
| 132 | 20 | 2.64 | 120 | 0.317 | |
| 160 | 20 | 3.20 | 1500 | 4.80 | |
| 82 | 40 | 3.28 | 300 | 0.984 | |
| 256 | 40 | 10.24 | 100 | 1.024 | |
| 273 | 40 | 10.92 | 117 | 1.278 | |
| 25 | 40.96 | 1.024 | 200 | 0.2048 | इस शोध पत्र में प्रस्तावित कार्य के परिणाम |
| 25 | 40.96 | 1.024 | 400 | 0.4096 | |
| 25 | 40.96 | 1.024 | 600 | 0.6144 | |

**परिणाम और चर्चाएँ**

संकीर्ण चैनल अंतर की संभावना को वास्तविकता में बदलने के लिए चित्र 3 में दर्शाये गए मॉडल को एक अल्ट्रा–सघन डब्लूडीएम प्रणाली से RSOFT OptSim सॉफ्टवेयर की सहायता से निर्मित किया गया। 1.024 Tera bit DWDM प्रणाली की योजना को बनाने में 25 ट्रांसमीटर, एक प्रकाशीय संयुक्ति घटक, प्रकाशीय शक्ति पूर्तिकारक (बूस्टर), प्रकाशीय तार, 09 एकल–चैनल रिसीवर ब्लॉक और 09 परिणाम मापक घटक लगे हैं। पहले और अंतिम चैनल का संचरण प्रकाश किरण की केंद्र तरंग दैर्ध्य क्रमशः 1545.24 nm और 1554.85 nm पर 40.96 Gb/s की दर से किया गया। प्रणाली के अनुरूपण के लिए उपयोग में लाये गये संसाधन के प्राचल तालिका 2 में सूचीबद्ध हैं।

**तालिका 2 डीबी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूपों का उपयोग करके डीडब्ल्यूडीएम निर्माण में उपयोग हुए सिस्टम के प्राचल [18–19]**

| प्राचल | मूल्यमान |
|---|---|
| डेटा क्षमता | 40.96 Gb/s x 25 ch. |
| चैनल आवंटन आवृत्ति रेंज | 1545.24 -1554.85 nm (C-band) |
| VBS केन्द्र आवृत्ति (nm) | 1550.03 nm |
| VBS केन्द्र आवृत्ति (THz) | 193.41 |
| चैनल अंतर (nm) | 0.4 nm |
| डेटा दर (Bit rate) (Gb/s) | 40.96 |
| डेटा संचरण की दूरी (km) | 200 |

संचरण के दौरान होने वाली क्षति की भरपाई के लिए प्रकाशीय शक्ति को बढ़ाने हेतु एक शक्ति पूर्तिकारक जोड़ा गया है। ट्रांसमीटर और रिसीवर के बीच संचरण को बनाने के लिए इसके बाद प्रकाशीय तार का इस्तेमाल किया जाता है। संचरण में 100 किमी. लंबाई का एक गैर रैखिक एकल–मोड तार (एसएमएफ) और तालिका 3 में दिए गए प्राचलों के साथ 50 किमी. लंबाई के दो प्रकाश किरण की विकिरणता की भरपाई वाले प्रकाशीय

तार (डीसीएफ) शामिल हैं। प्रकाशीय तार का गैर–रैखिकता गुणांक जो kerr's के प्रभाव के लिए जिम्मेदार है, को एक गणितीय सूत्र के माध्यम से निम्न अनुसार प्रस्तुत किया जाता है:[18–19]

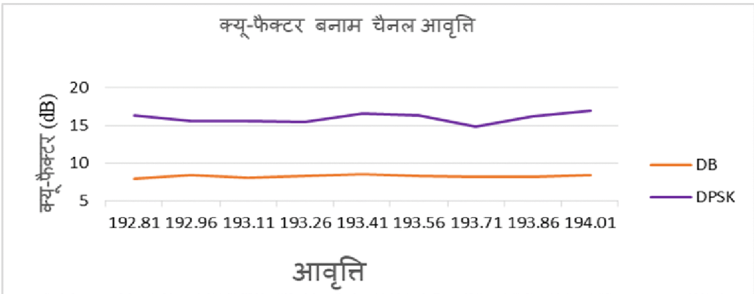
$$\gamma = \frac{2\pi F_r n_2}{c a_{eff}}$$

जहां $F_r$ = विशिष्ट आवृत्ति संख्या, $a_{eff}$ = प्रकाशीय तार का प्रभावी क्षेत्रफल और c = प्रकाश की किरण की गति को निरुपित करता है।

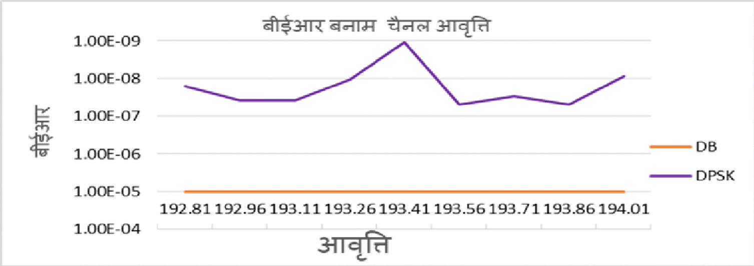
**तालिका 3: डीबी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूपों का उपयोग करके डीडब्ल्यूडीएम के निर्माण में उपयोग हुए विकीर्णन प्रकाशीय तार के प्राचल [18–19]**

| प्राचल | मूल्यमान | इकाई |
|---|---|---|
| प्रकाशीय तार की लंबाई, L | 50, 100, 50 | kms |
| विकीर्णन (Dispersion), D | -32, 32, -32 | ps/nm/km |
| विकीर्णन प्रवणता (Dispersion Slope), $S_0$ | 0.07 | $ps/nm^2/km$ |
| $\beta_2$ | -2.255 | $ps^2/km$ |
| प्रकाशीय तार का प्रभावी क्षेत्रफल, $a_{eff}$ | 80 | $\mu m^2$ |
| गैर–रैखिकता गुणांक, $\gamma$ | 1.266 | $W^{-1}/km$ |
| क्षति, $\alpha$ | 0.2 | dB/km |
| PMD | 0.1 | $ps/km^{1/2}$ |
| अरैखिक अपवर्तनांक, $n_2$ | 2.5 | $x10^{-20}\, m^2/W$ |

इस प्रकार निर्मित किये गए डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली के प्रदर्शन को बीईआर, क्यू–फैक्टर और नेत्र आरेख के संदर्भ में मूल्यांकन के लिए निष्पादित किया गया है। यह देखा गया है कि रेडियो स्पेक्ट्रम के सी–बैंड में $10^{-6}$ के औसत बीईआर के साथ 1545.24 nm की सबसे कम तरंग दैर्ध्य और 1554.85 nm की अधिकतम तरंग दैर्ध्य के साथ 600 किमी. की दूरी तक 40.96 Gb/s की बिट दर से उच्च गुणवत्ता के साथ प्रकाश की किरण को परिणाम में प्राप्त किया गया। प्रकाशीय संचार तंत्र के प्रदर्शन को सत्यापित करने वाला दूसरा प्राचल क्यू–फैक्टर भी निर्धारित सीमा स्तर से ऊपर प्राप्त हुआ। परिणामों से निष्कर्ष निकलता है कि डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूप वाली प्रणाली प्रकाशीय तार संचार के लिए नामित डीबी मॉड्यूलेटेड डीडब्ल्यूडीएम की तुलना में अच्छा प्रदर्शन दिखाता है। विभिन्न प्रकाश किरणों की आवृत्तियों के अनुरूप क्यू–फैक्टर और बीईआर परिणाम में बदलाव को ग्राफ के माध्यम से क्रमशः चित्र 4 और चित्र 5 में दर्शाया गया है।




**चित्र 4: डीबी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन का उपयोग करके विभिन्न आवृत्तियों पर 200 किमी. की संचरण दूरी पर प्लॉट किए गए क्यू–कारक मानों की तुलना**




**चित्र 5: डीबी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन का उपयोग करके विभिन्न आवृत्तियों पर 200 किमी. की संचरण दूरी पर प्लॉट किए गए बीईआर मूल्यों की तुलना**

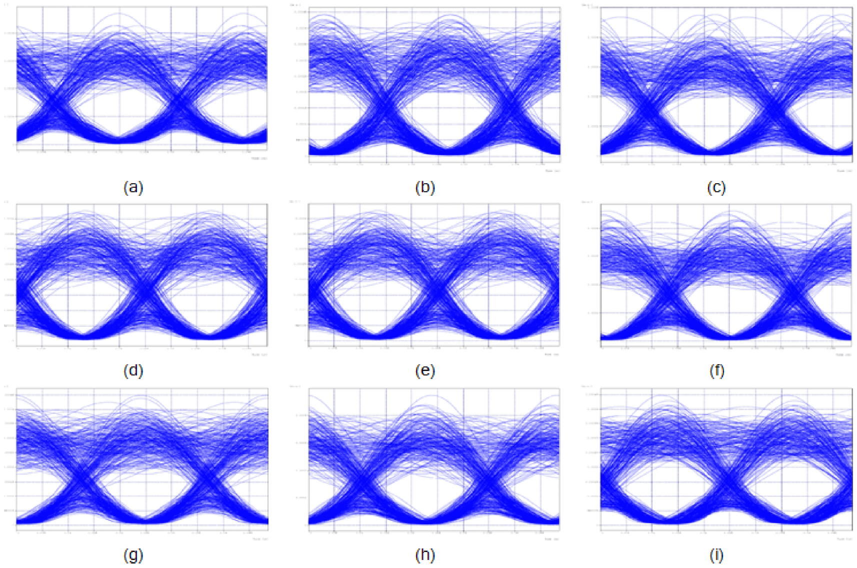
प्रदर्शन को ग्राफ के माध्यम से दिखाने हेतु रेडियो संचार की आवृत्तियों का 9.61 nm की बैंडविड्थ का 1545.24 nm से 1554.85 nm स्पेक्ट्रम प्रयोग किया गया। बीईआर, क्यू–फैक्टर को डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली के प्रदर्शन प्रमाणित करने के लिए स्पेक्ट्रम विंडो से नौ अलग–अलग तरंग दैर्ध्य (1545.23, 1546.43, 1547.63, 1548.83, 1550.03, 1551.23, 1552.44, 1553.65, और 1554.85 nm) चयनित किये गये है। चयनित की गई तरंग दैर्ध्य के अनुरूप दोनों प्रणालियों का तुलनात्मक अध्ययन तालिका 4 में सूचीबद्ध है।

**तालिका 4: डीबी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूपों का क्यू–फैक्टर और बीईआर से तुलनात्मक प्रदर्शन**

| तरंग दैर्ध्य | बीईआर | | क्यू-फैक्टर (dB) | |
|---|---|---|---|---|
| | डुओ-बाइनरी | डीपीएसके | डुओ-बाइनरी | डीपीएसके |
| 1554.85 | 1.00E-05 | 1.62E-08 | 7.9 | 16.41 |
| 1553.65 | 1.00E-05 | 3.83E-08 | 8.4 | 15.6 |
| 1552.44 | 1.00E-05 | 3.71E-08 | 8.05 | 15.67 |
| 1551.23 | 1.00E-05 | 1.05E-08 | 8.27 | 15.52 |
| 1550.03 | 1.00E-05 | 1.06E-09 | 8.5 | 16.59 |
| 1548.83 | 1.00E-05 | 4.81E-08 | 8.29 | 16.39 |
| 1547.63 | 1.00E-05 | 2.95E-08 | 8.23 | 14.93 |
| 1546.43 | 1.00E-05 | 4.76E-08 | 8.19 | 16.23 |
| 1545.24 | 1.00E-05 | 8.63E-09 | 8.39 | 16.94 |

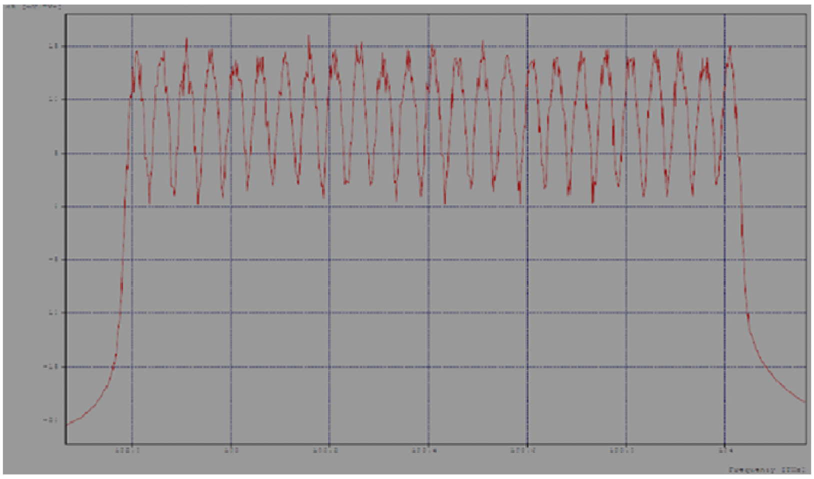
तालिका 4, प्रकाशीय तरंग दैर्ध्य पर बीईआर और क्यू–फैक्टर के प्रमाणित मूल्य को दर्शाती है। एक सत्यापित प्रकाशीय प्रणाली में, $10^{-6}$ बीईआर का अधिकतम स्तर माना जाता है, जहां प्रकाश की किरण को सफलतापूर्वक पुनर्प्राप्त और प्रसारित किया जा सकता है। डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूप वाली प्रणाली स्पष्ट रूप से सभी चैनल आवृत्तियों में 400 किमी. तक अच्छा प्रदर्शन दिखाता है, लेकिन डीबी वाली प्रणाली में मात्र 200 किमी. की संचरण दूरी तक पर्याप्त ही है और प्रदर्शन में सुधार की आवश्यकता रहती है। यह भी देखा गया है कि 600 किमी. की संचरण दूरी के बाद डीपीएसके मॉड्यूलेशन का प्रदर्शन भी ख़राब होने लगता है। डुओ–बाइनरी संचरण प्रणाली में क्यू–फैक्टर जिस पर प्रकाश किरण को सफलतापूर्वक प्रसारित किया जा सकता है वह 7.9 dB और बी ई आर 1E–5 देखा गया है। देखे गए मानों में डीबी मोड में क्यू–फैक्टर के लिए भिन्नता 7.9 से 8.5 dB तक है। लेकिन डीपीएसके प्रणाली में, यह 14.93 से 16.94 dB तक भिन्नता के

साथ लगभग 200% अधिक है। DPSK प्रणाली आधारित संचरण मोड में बीईआर मान 8.63E–09 से 1.05E–08 अलग अलग आवृत्तियों पर भिन्न मिलता है।

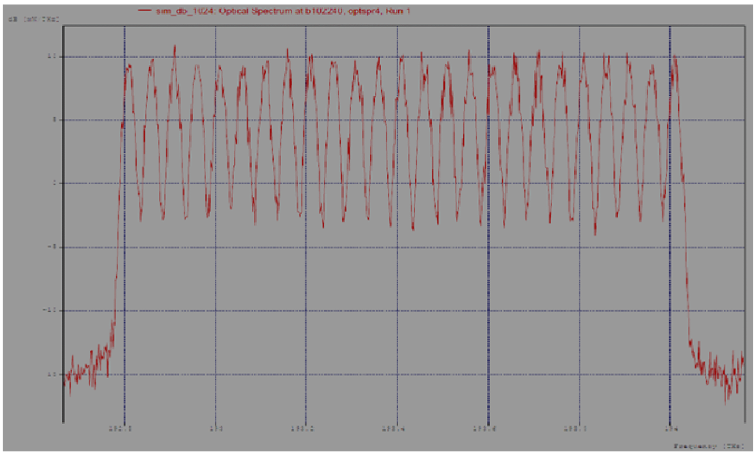



**चित्र 6: 200 किमी. के प्रकाशीय संचरण में डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूप के लिए विभिन्न तरंग दैर्ध्य पर नेत्र आरेख (a) 1554.85 nm, (b) 1553.65 nm, (c) 1552.44 nm, (d) 1551.23 nm, (e) 1550.03 nm, (f) 1548.83 nm, (g) 1547.63 nm, (h) 1546.43 nm और (i) 1545.24 nm**

**चित्र 6 ((a)–(i)) में, नेत्र आरेख परिणाम दिखाते हैं कि प्रकाश किरण का संचरण 200 किमी. तक सफल है क्योंकि प्रत्येक आवृत्ति यानि तरंग दैर्ध्य पर आंख 50% से अधिक खुली है। बीईआर, क्यू–फैक्टर और खुली आंख के आंकड़े से डीपीएसके मोड संचरण प्रणाली की क्षमता को और अधिक आसानी से बढ़ाया जा सकता है।**

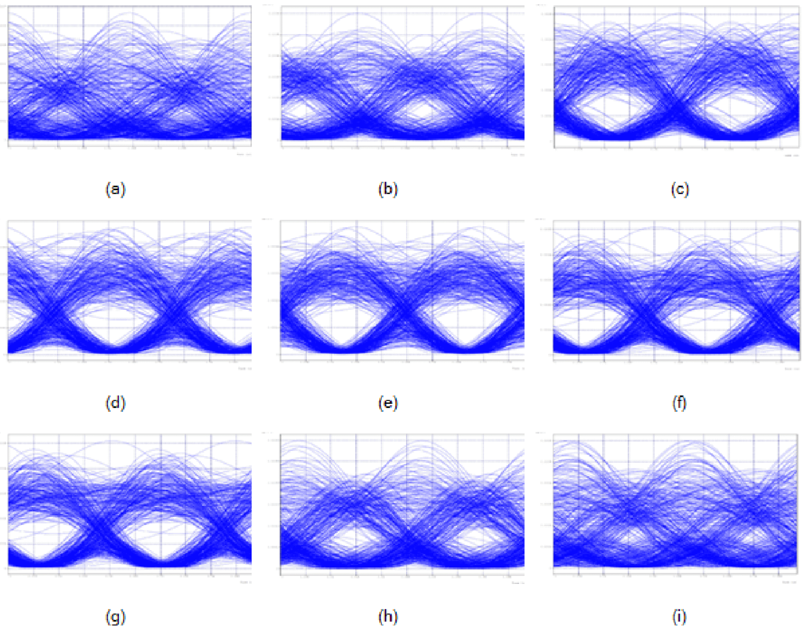


**चित्र 7: 25 चैनलों का 200 किमी. वाले डीपीएसके मॉड्यूलेटेड डीडब्ल्यूडीएम के ट्रांसमीटर द्वारा संचारित आवृत्तियों का (तरंग दैर्ध्य) स्पेक्ट्रम**

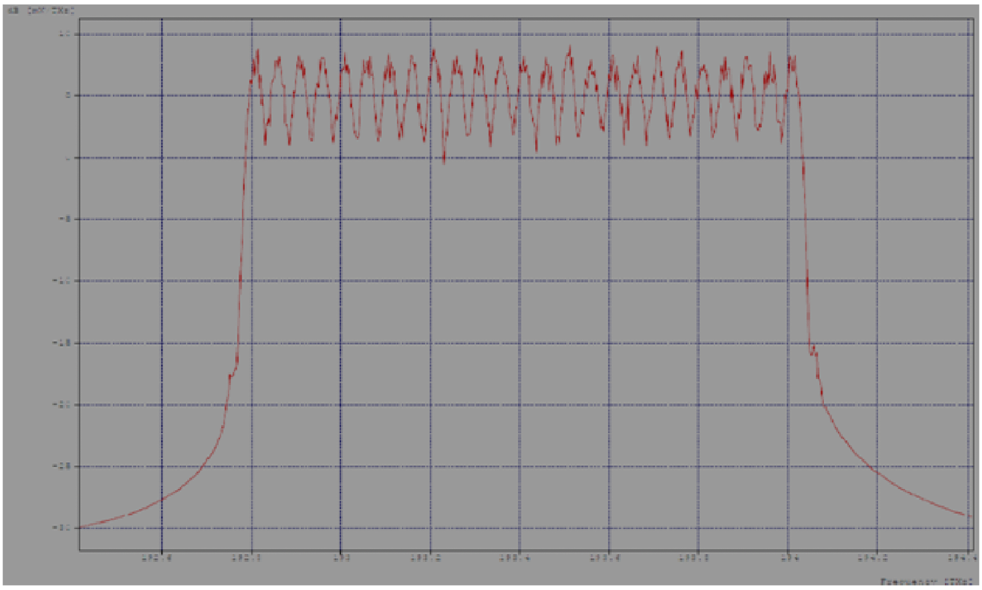


**चित्र 8: 25 चैनलों का 200 किमी. की दूरी वाले डीपीएसके मॉड्यूलेटेड डीडब्ल्यूडीएम के रिसीवर द्वारा प्राप्त की गयी आवृत्तियों का (तरंग दैर्ध्य) स्पेक्ट्रम**

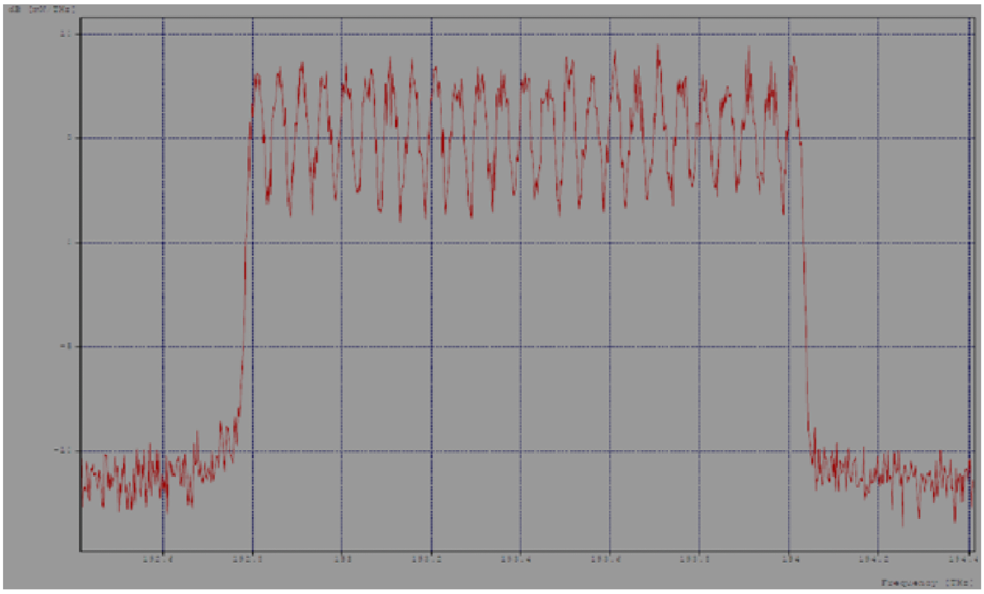
25 चैनलों का 200 किमी. की दूरी वाले प्रकाशीय तार पर डी पी एस के मॉड्यूलेटेड डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली के इनपुट और आउटपुट के लिए संचरण क्रमशः चित्र 7 और 8 में दर्शाये गये है। प्रकाशीय तार के शुरु वाले छोर पर प्रकाश की किरण का आरोह अवरोह 0 से 10 dB के बीच है और प्रकाशीय तार के अंतिम छोर (आउटपुट) पर यह लगभग –3 dB से 10 dB पाया गया है। 600 किमी. की दूरी तक का संभावित संचरण नेत्र आरेख की सहायता से चित्र 9((a)–(i)) में प्रस्तुत किया गया है।




**चित्र 9: 600 किमी. के प्रकाशीय संचरण में डीपीएसके मॉड्यूलेशन प्रारूप के लिए विभिन्न तरंग दैर्ध्य पर नेत्र आरेख (a) 1554.85 nm, (b) 1553.65 nm, (c) 1552.44 nm, (d) 1551.23 nm, (e) 1550.03 nm, (f) 1548.83 nm, (g) 1547.63 nm, (h) 1546.43 nm और (i) 1545.24 nm**

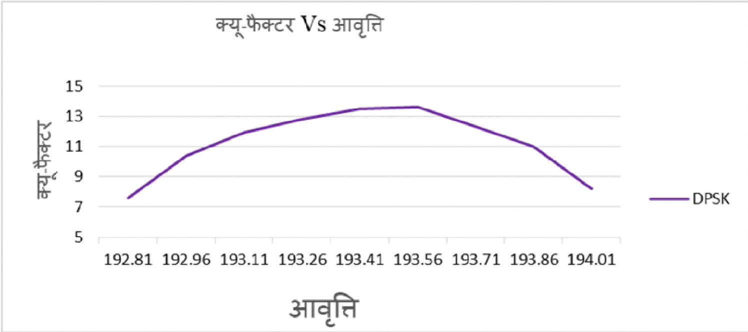


**चित्र 10: 25 चैनलों का 600 किमी. वाले डीपीएसके मॉड्यूलेटेड डीडब्ल्यूडीएम के ट्रांसमीटर द्वारा संचारित आवृत्तियों का (तरंग दैर्ध्य) स्पेक्ट्रम**



**चित्र 11: 25 चैनलों का 600 किमी. की दूरी वाले डीपीएसके मॉड्यूलेटेड डीडब्ल्यूडीएम के रिसीवर द्वारा प्राप्त की गयी आवृत्तियों का (तरंग दैर्ध्य) स्पेक्ट्रम**

25 चैनलों का 600 किमी. की दूरी वाले प्रकाशीय तार पर डी पी एस के मॉड्यूलेटेड डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली के इनपुट और आउटपुट के लिए संचरण क्रमशः चित्र 10 और 11 में दर्शाये गये है।




**चित्र 12: डीपीएसके मॉड्यूलेशन का उपयोग करके विभिन्न आवृत्तियों पर 600 किमी. की ट्रांसमिशन दूरी पर क्यू–फैक्टर का आरेख**

## निष्कर्ष

1.024 Tera–bit/s डीडब्ल्यूडीएम प्रणाली का सफल मूल्यांकन क्यू–फैक्टर, बीईआर, चैनलों के अंतर के संदर्भ में वर्णित किया जा सकता है। प्रकाशीय संचार प्रणाली को डीबी और डीपीएसके मॉड्यूलेशन का उपयोग करके 200 और 600 किमी. की दूरी पर 0.4 nm के चैनल अंतर के साथ 25 चैनलों पर प्रयोग करके देखा गया। डीबी आधारित प्रणाली में 200 किमी. से ऊपर प्रकाशीय किरण का विरूपण बढ़ने लगता है। साथ मे यह भी देखा जा सकता है कि डीपीएसके प्रणाली में 600 किमी. संचरण को आसानी से प्रकाशीय तार के माध्यम से कार्यान्वित किया जा सकता है। अनुरूपण परिणामों के आधार पर डीपीएसके मॉड्यूलेशन का प्रारूप 1.024 Tera–bit/s की डेटा दर के साथ उपयोग हो सकता है।

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

| Alphabetically sorted terminology in English | वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली |
|---|---|
| Amplification | प्रवर्धन |
| Artificial intelligence | कृत्रिम बुद्धिमता |
| Frequency | आवृत्ति |
| Insight | अंतर्दृष्टि |
| Optics | प्रकाशिकी |
| Simulation | अनुरूपण |
| Spectral efficiency | वर्णक्रमीय दक्षता |

## संदर्भ


1. Petr Chvojka, Paul Anthony Haigh, Izzat Darwazeh, Zabih Ghassemlooy, Stanislav Zvanovec. Duobinary Modulation for Visible Light Communications. 2019 European Conference on Networks and Communications (EuCNC 2019)), Jun 2019, Valence, Spain. pp.52-56, ff10.1109/EuCNC.2019.8801992ff.
2. Erik Agrell et al. (2016). Roadmap of optical communications J. Opt. 18 063002.
3. Curri, V. et al. (2015). Design Strategies and Merit of System Parameters for Uniform Uncompensated Links Supporting Nyquist-WDM Transmission, 0733-8724 (c) 2015 IEEE Journal of Lightwave Technology, DOI 10.1109/JLT.2015.2447151.

4. Le Nguyen Binh et al. (2010). Wavelength re-generation and re-modulation using optical phase lock loop techniques for 100-Gb/s DQPSK up-stream transmission in DWDM passive optical networks, Photon Netw Commun (2010) 19:265–276.

5. Winzer P.J., Neilson D.T., Chraplyvy A.R. (2018). Fiber-optic transmission and networking: the previous 20 and the next 20 years. [Invited]. Opt Express. 2018; 26(18):24190-24239. doi:10.1364/OE.26.024190.

6. Kaler, R.S., Kamal, T.S. and Sharma, Ajay K. (2002). Simulation Results for DWDM Systems with Ultra-High Capacity, Fiber and Integrated Optics, 21:5, 361-369, DOI: 10.1080/01468030290087697

7. Jin Wang and Joseph M. Kahn (2004). Conventional DPSK Versus Symmetrical DPSK: Comparison of Dispersion Tolerances. IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 16, No. 6, June 2004 1585-87.

8. Laude, Jean-Pierre (1998). N×N wavelength router, optical routing method and associated communication network. USA Patent Number: 5,838,848, Date of Patent: Nov. 17.

9. Kapany et al. Fiber Optics Communications Modules, USA Patent Number: 4,479,697, Date of Patent: Oct. 30, 1984

10. Aruna Rani and Manpreet Singh (2017). Impact of Different Modulation Data Formats on DWDM System Using SOA with Narrow-Channel Spacing. J. Opt. Commun. 2017; aop, doi.org/10.1515/joc-2017-009.

11. https://www-file.huawei.com/-/media/corp2020/pdf/giv/striding-towards-the-intelligent-world/the_intelligent_world_all_optical_network_en.pdf

12. https://www-file.huawei.com/-/media/corp2020/pdf/publications/huawei- research/2023/huawei-research-issue5-en-2.pdf

13. Sharma, Ajay K. and Arya, S.K. (2009). Improved analysis for SRS-and XPM-induced crosstalk in SCM-WDM transmission link in the presence of HOD, Optik 120(2009)773–781.

14. Sharma, Ajay K., Wadhwa, S.K. and Kamal, T.S. (2009). Robustness of NRZ, RZ, CSRZ and CRZ modulation on fiber nonlinearities and amplifier noise at 40 Gbps for (OC-786) long haul link. Optik 120 (2009) 614–618, doi:10.1016/j.ijleo.2008.02.015.

15. Sheetal, A., Sharma, Ajay K. and Kaler, R.S. (2010). Simulation of high capacity 40 Gb/s long haul DWDM system using different modulation formats and dispersion compensation schemes in the presence of Kerr's effect. Optik 121 (2010) 739–749, doi:10.1016/j.ijleo.2008.11.009.

16. Agrawal, G.P. (2011). Fiber-Optic Communication Systems. 3rd Edition, Wiley, ISBN: 978-81-265-1386-4.

17. Keiser, Gerd E. (1999). A Review of WDM Technology and Applications. Optical Fiber Technology 5, 3-39.

18. OptSim Models Reference, RSoft Design Group, 2010.

19. OptSim Simulation Tool User Manual v 2017_09-1-64.

# संस्कृत कैसे सीखें ?
# How to Learn Sanskrit ?

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

[1]शोधच्छात्रा, संस्कृत, दर्शन एवं वैदिक अध्ययन विभाग, वनस्थली विद्यापीठ, राजस्थान

[2]सह आचार्य – कलाकोश विभाग, इन्दिरा गाँधी राष्ट्रीय कला केन्द्र, नई दिल्ली
aakritithakur2@gmail.com, ycsharma2000@yahoo.co.in
https://doie.org/10.10427/VP.2025896759

प्रत्ययों का विधान संस्कृत व्याकरण की शब्दार्थ व्यापार के विस्तार की प्रक्रिया में एक महत्त्वपूर्ण कारक है। क्रिया के साथ प्रयुक्त कृत प्रत्यय कृदन्त शब्दों का निर्माण करते हैं। ये शब्द क्रिया रूप में भी वाक्य में प्रयुक्त होते हैं। कहीं संज्ञा के रूप में तो कहीं विशेषण के रूप में प्रयुक्त होते हैं। कृदन्त शब्द पूर्णतः धातुज होते हैं, अर्थात् इनकी निर्मिति मूल धातु से होती है और कृत/कृत्य प्रत्ययों के द्वारा क्रियापद, संज्ञा, विशेषण आदि के रूप में ये शब्द अर्थ का प्रकाशन करते हैं।

तद्धित प्रत्ययों से बनने वाले शब्द शब्दज ही होते हैं, धातुज नहीं, अर्थात् तद्धितान्त शब्दों की निर्मिति सर्वनाम, संज्ञा, विशेषण आदि से होती है और संज्ञा एवं विशेषण आदि की ही निर्मिति होती है। तद्धित प्रत्ययों की भूमिका अर्थ के प्रकाशन में एवं उसके विस्तार में अत्यन्त महत्त्वपूर्ण होती है। तद्धित प्रत्ययों से अनेक नवीन शब्द निर्मित होते हैं, जिनसे भाषण के सौष्ठव एवं वैशिष्ट्य में भी सहायता मिलती है। इन प्रत्ययों से बनने वाले शब्द लेखन की सहजता और सुगमता में भी सहायक होते हैं तो अवबोध में सहजता और सुगमता का अनुभव कराते हैं। तद्धितान्त प्रत्यय सामासिक एवं श्लिष्ट भाषा की दृष्टि से भी महत्त्वपूर्ण हैं। अलंकारशास्त्र में अलंकार प्रतिपादन, रीतिगत प्रयोग एवं वक्रोक्तिपूर्ण भाषा की दृष्टि से भी तद्धितान्त शब्दों की भूमिका देखी जा सकती है। ध्वनि और वक्रोक्ति से प्राप्त चमत्कारजनक अर्थ वैचित्र्य में तद्धितान्त शब्दों का महत्त्वपूर्ण अवदान है। कवि की सुन्दर कविता, उसमें प्रयुक्त छन्द और बन्ध की लालित्यपूर्ण संयोजना तद्धितान्त के बिना नहीं की जा सकती। हमारी संस्कृति अध्यात्म और दर्शन की संस्कृति है। इसमें परमात्मा (ईश्वर) केन्द्र में है। इसी के अन्तर्गत भक्ति एवं साधना की दृष्टि भी परिलक्षित होती है। भक्ति में सगुण एवं निर्गुण दोनों स्वरूप दिखते हैं। सगुण में वैष्णव, शाक्त और शैव आदि अनेक मत दिखते हैं। इनमें ईश्वर, चाहे वह शिव के रूप में है या विष्णु या महाशक्ति और भी अनेक नाम, सभी के सहस्त्र नाम एवं अनेक स्तोत्र भारतीय परम्परा में मिलते हैं। इन सहस्रनामपरक स्तोत्रों अथवा अन्य भक्तिपरक स्तोत्रों में स्तोत्रकार की अन्तरतम अभिव्यक्ति में तद्धितान्त शब्दों की महत्त्वपूर्ण भूमिका होती है। उदाहरणार्थ –

रोहिणीहृदयानन्दी वसुदेवात्मजो बली ।
नीलाम्बरो **रौहिणेयो** जरासन्धवधोऽमलः ।।

गोपालसहस्रनाम के इस श्लोक में श्रीकृष्ण के लिए **रौहिणेय** शब्द का प्रयोग किया गया है। इस तद्धितान्त शब्द की निर्मिति ढक् नामक प्रत्यय से हुई है, जिसका अर्थ है – रोहिणी के पुत्र अर्थात् बलराम के रूप में श्रीकृष्ण। इसी प्रकार एक अन्य श्लोक को देखें –

श्रीपतिः पुण्डरीकाक्षः पद्मनाभो जगत्पतिः ।
**वासुदेवो**ऽप्रमेयात्मा **केशवो** गरुडध्वजः ।।

प्रस्तुत श्लोक के अन्तर्गत अपत्य अर्थ में वासुदेव और सम्पन्नता के अर्थ में केशव नामक तद्धितान्त शब्दों का प्रयोग दृष्टिगत होता है, जिनपर आगे विस्तृत चर्चा की जाएगी।

वस्तुतः तद्धितान्त शब्द भाषा को समृद्ध करते हैं। जैसा कि प्रायशः देखने में आता है कि सभी शब्द जो नाम के रूप में संसार में प्रयुक्त होते हैं, उन सभी का आधार धातु ही होती है। धातु के साथ कृतादि प्रत्यय उन नामरूप शब्दों की निर्मिति करते हैं, किन्तु कृतादि प्रत्ययों से निर्मित शब्दों की अपनी एक सीमा होती है। इन कृतादि प्रत्ययों से निर्मित शब्दों का विस्तार तो सही में तद्धित प्रत्ययों से ही होता है। इसलिए तद्धित प्रत्ययों के सन्दर्भ में कहा जाता है कि 'तस्मै हिताः', अर्थात् उनके (कृदन्त शब्दों के) हितकारक तद्धित प्रत्यय होते हैं और शब्द की अनन्त सीमा की सम्भावना का प्रकाशन करते हैं। परिणामस्वरूप भाषा समृद्ध बनती है। यदि व्याकरण में इन प्रत्ययों का विधान नहीं होता तो सुन्दर, लालित्यपूर्ण, अर्थगम्भीर, सरस एवं कौशलपूर्ण संवाद, सम्प्रेषण, काव्य आदि की सम्भावना ही क्षीण हो जाती। अब मन में प्रश्न उपस्थित होता है कि क्या हैं ये तद्धित प्रत्यय? भाषा में इनका प्रयोग कैसे होता है? इनका स्वरूप कैसा है? इसे निम्नलिखित बिन्दुओं के आधार पर समझा जा सकता है–

1. **अपत्य अर्थ में तद्धित प्रत्ययों का प्रयोग** – व्याकरण में तद्धित प्रत्ययों के अनेक अर्थों में प्रयोग मिलते हैं। जैसे अपत्य (सन्तान आदि के अर्थ में) अर्थ में। जब भी कभी हमें किसी भी व्यक्ति का परिचय उसके पिता के परिचय द्वारा देना हो तो अपत्यार्थक प्रत्ययों का विधान किया जाता है। जैसे– **वासुदेव** शब्द कृष्ण द्योतक है। वासुदेव शब्द का आधार है वसुदेव, जो श्रीकृष्ण के पिता हैं। इस वसुदेव शब्द में अपत्यार्थक अण् प्रत्यय के प्रयोग से वासुदेव की निर्मिति होती है। इसका अर्थ है – वसुदेव के जो पुत्र (अपत्य) हैं, वे वासुदेव अर्थात् श्रीकृष्ण।

ऐसे और भी अनेक शब्द बनते हैं और स्थान–स्थान पर उनका प्रयोग हमें देखने को मिलता है। श्रीमद्भगवद्गीता ग्रन्थ हम सभी ने पढ़ा है। इस ग्रन्थ में अपत्यार्थक अनेक शब्दों का प्रयोग हुआ है। यदि हमें इन प्रत्ययों का प्रयोग ज्ञात हो तो ग्रन्थ में प्रयुक्त शब्दों का अर्थ भी सरलता से निकल जायेगा। उदाहरणार्थ–

"देही नित्यमवध्योऽयं देहे सर्वस्य **भारत**"

इस श्लोकांश में भारत शब्द का प्रयोग अर्जुन के लिए है, जिसका अर्थ है 'भरत का पुत्र अर्जुन' अर्थात् अर्जुन राजा भरत के वंशज हैं।

"तस्मादुत्तिष्ठ **कौन्तेय** युद्धाय कृतनिश्चय"

इस श्लोकांश में कौन्तेय शब्द भी अर्जुन के लिए आया है, जिसका अर्थ है 'कुन्ती के पुत्र अर्जुन'। इस प्रकार हम श्रीराम को **राघव** कहते हैं। इस शब्द में भी अपत्यार्थक अण् प्रत्यय का प्रयोग हुआ है। राघव का तात्पर्य है 'रघु के वंशज राम'। एक और बहुप्रचलित शब्द है **मानव**, जिसका तात्पर्य है – 'मनु के वंशज', अर्थात् हम सभी मनु के वंशज हैं, इसलिए मानव हैं। मनु शब्द में अपत्यार्थक अण् के प्रयोग से मानव शब्द की निर्मिति होती है। ऐसे और भी अनेक शब्द देखे जा सकते हैं, जैसे–

| क्रम संख्या | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|
| 1. | राधेय | राधा का पुत्र अर्थात् कर्ण |
| 2. | वैनतेय | विनता का पुत्र अर्थात् गरूड़ |
| 3. | दाशरथि | दशरथ के पुत्र अर्थात् राम आदि |
| 4. | भारद्वाज | भरद्वाज के पुत्र |

| | | |
|---|---|---|
| 5. | जामदग्नि | जमदग्नि के पुत्र अर्थात् परशुराम |
| 6. | वैश्वामित्र | विश्वामित्र के पुत्र अर्थात् मधुच्छन्दा |
| 7. | भार्गव | भृगु के पुत्र अर्थात् शुक्राचार्य |
| 8. | सौमित्र | सुमित्रा के पुत्र अर्थात् लक्ष्मण |
| 9. | पौत्र | पुत्र का पुत्र अर्थात् तीसरी पीढी |
| 10. | दौहित्र | दुहिता का पुत्र अर्थात् तीसरी पीढी |

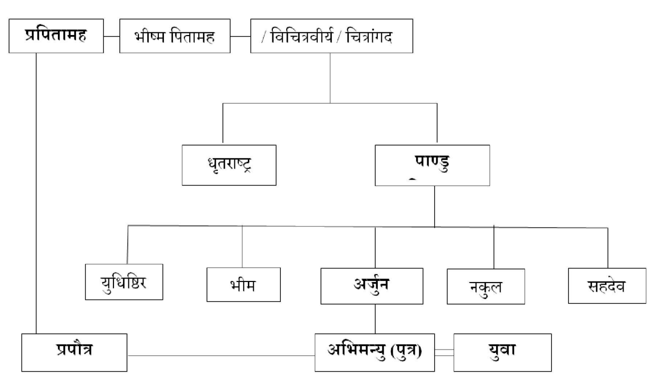
इस प्रकार अनेक ऐसे शब्द हैं, जिनमें भिन्न–भिन्न प्रत्ययों का प्रयोग हुआ है और जो व्यक्ति विशेष की वंशपरम्परा और वंशवृक्ष के द्योतक हैं। इसी प्रकार गोत्र आदि के सन्दर्भ में भी ये प्रत्यय प्रयुक्त होते हैं। जैसे–

| क्रम संख्या | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|
| 1. | गार्ग्य | गर्ग के गोत्र के |
| 2. | वात्स्य | वत्स के गोत्र के |
| 3. | वासिष्ठ | वसिष्ठ के गोत्र के |
| 4. | पाराशर | पराशर के गोत्र के |
| 5. | आत्रेय | अत्रि के गोत्र के |
| 6. | आंगिरस | अंगिरा के गोत्र के |
| 7. | काश्यप | कश्यप के गोत्र के |

इन प्रत्ययों से न केवल वंश और ऋषि–आधारित गोत्र का बोध होता है, जो सामाजिक संरचना के बोधक हैं, अपितु अन्य अनेक तत्कालीन और समकालीन सामाजिक सन्दर्भ का संकेत भी मिलता है। जैसे – अपत्य (सन्तान आदि) आदि का अधिकार कौन–सी पीढ़ी तक सन्तान की तरह देखा जाता है और कब वह गोत्र की संज्ञा प्राप्त कर लेता है? हम युवा किसको कहेंगे, इत्यादि–इत्यादि। इन सभी प्रश्नों का उत्तर हमें इन तद्धित प्रत्ययों के प्रयोग विधान से ज्ञात होता है।

“**अपत्यं पौत्रप्रभृति गोत्रम्**” अर्थात सन्तति आदि की विवक्षा से ही पुत्र के पुत्र द्योतन से उसकी तीसरी पीढ़ी पूर्व अर्थात पिता के पिता की गोत्र संज्ञा होती है।

इसी प्रकार “**जीवति तु वंश्ये युवा**” अर्थात् प्रपितामह के जीवित रहते यदि उनका कोई प्रपौत्र (पौत्र का पुत्र) है तो उसकी युवा संज्ञा होती है। जैसे – महाभारत में पितामह भीष्म के जीवित रहते अभिमन्यु को युवा कहा जा सकता था, अर्थात् प्रथम पीढ़ी के जीवित रहते चतुर्थ पीढ़ी ही युवा कही जा सकती थी।



2. **विभक्ति अर्थ में तद्धित प्रत्ययों का प्रयोग** – अपत्यादि के पश्चात् तद्धित प्रत्ययों विभक्ति आदि अर्थों के सन्दर्भ में प्रयुक्त विधान पर विचार करते हैं। जैसा कि पूर्व के लेखों में विभक्ति का सामान्य परिचय दिया जा चुका है कि संस्कृत में वाक्य निर्माण में विभक्तियों की महत्त्वपूर्ण भूमिका होती है। ये विभक्तियाँ सात होती हैं जिनसे कर्ता, कर्म, करण, सम्प्रदान, अपादान, सम्बन्ध एवं अधिकरण का बोध होता है। इन विभक्तियों के लिए संस्कृत व्याकरण 21 सुँप् प्रत्ययों की व्यवस्था है, जिनके आधार पर रामः, रामम्, रामेण, रामाय, रामात्, रामस्य, रामे आदि शब्द निर्मित होकर क्रमशः 'राम (कर्ता), राम को (कर्म), राम के द्वारा (करण), राम के लिए (सम्प्रदान), राम से पृथक् (अपादान), राम का (सम्बन्ध) और राम में (अधिकरण)' का बोध कराते हैं, किन्तु संस्कृत व्याकरण में तद्धित प्रत्ययों के अन्तर्गत इन विभक्तियों में से कुछ विभक्तियों के बहुत सरल और सुगम विधान मिलते हैं। जैसे कस्मिन् के स्थान पर **कुत्र** (कहाँ पर)। कुत्र शब्द में त्रल् प्रत्यय का प्रयोग हुआ है। इसके अन्य उदाहरण इस प्रकार हैं –

| क्रम संख्या | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|
| 1. | यत्र | यहाँ |
| 2. | तत्र | वहाँ |
| 3. | सर्वत्र | सभी जगह |
| 4. | इह | यहाँ |
| 5. | यर्हि | जब |
| 6. | कर्हि | कब |
| 7. | तर्हि | तब |
| 8. | एतर्हि | अब/इस समय |

इसी प्रकार तसिँल् प्रत्यय का प्रयोग पञ्चमी विभक्ति के अर्थ में होता है, जिससे **कुतः**, **दक्षिणतः**, **ग्रामतः** आदि शब्दों की निर्मिति होती है। सप्तमी विभक्ति के अर्थ में प्रयुक्त कालवाची शब्दों के साथ 'दा' तद्धित प्रत्यय का प्रयोग होता है। उदाहरणार्थ–

| क्रम संख्या | कालवाची शब्द | | शब्द | अर्थ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | सर्व | + दा प्रत्यय | सर्वदा | हमेशा |
| 2. | एक | | एकदा | एक बाद |
| 3. | किम् | | कदा | कब |
| 4. | यद् | | यदा | जब |
| 5. | तद् | | तदा | तब |

3. **सर्वनाम शब्दों के साथ तद्धित प्रत्ययों का प्रयोग** – विभक्ति अर्थ के अतिरिक्त सर्वनाम शब्दों से तद्धित प्रत्ययों के संयोग से अनेक ऐसे शब्द बनते हैं, जिनका प्रयोग लोक में बहुशः प्रचलित है। जैसे –

1. यथा (जैसे)
2. तथा (वैसे)
3. कथम् (कैसे/किस प्रकार से)

इसी प्रकार अस्मद्, युष्मद्, तद् आदि सर्वनाम शब्दों से भी तद्धित प्रत्ययों के प्रयोग से अनेक शब्द निर्मित होते हैं, जिनका प्रयोग विभक्ति अर्थ में भी होता है। इन शब्दों में –

| क्रम संख्या | सर्वनाम | | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | अस्मद् | | अस्मदीय / मदीय | हमारा / मेरा |
| 2. | त्वद् | + | त्वदीय | तुम्हारा |
| 3. | युष्मद् | छ प्रत्यय | युस्मदीय | तुम्हारा |
| 4. | तद् | | तदीय | उसका |
| 5. | इदम् | | इत्थम् | इस प्रकार |

सर्वनाम शब्दों से ही तद्धित प्रत्यय (वतुँप्) आदि के विधान से अनेक परिमाणवाची शब्द भी बनते हैं। जैसे–

| क्रम संख्या | सर्वनाम | | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | यद् | | यावाम् | जितना |
| 2. | तद् | + | तावान् | उतना |
| 3. | एतद् | वतुँप् / घ प्रत्यय | एतावान् | इतना |
| 4. | किम् | | कियान् | कितना |
| 5. | इदम् | | इयान् | इतना |

हमारे जीवन में संख्याओं की बड़ी भूमिका होती है। संख्याओं का व्यावहारिक जीवन में भी अनेक प्रकार से प्रयोग होता है। यह प्रयोग कहीं पूरण अर्थ में (पञ्चम, षष्ठ, सप्तम आदि) तो कहीं अवयववाची अर्थ में (पञ्चतय, द्वय, त्रय आदि) होता है। इन सभी में तद्धित प्रत्ययों की ही भूमिका होती है। अन्य उदाहरण इस प्रकार हैं–

| क्रम संख्या | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|
| 1. | द्वितीयः | दूसरा |
| 2. | तृतीयः | तीसरा |
| 3. | चतुर्थः | चौथा |
| 4. | एकादशः | ग्यारहवाँ |
| 5. | विंशः | बीसवाँ |

ऐसे तद्धितान्त प्रयोग अनेक संस्कृत के स्तोत्रों आदि में दृष्टिगत होते हैं। यदि हमें इनका प्रयोग और अर्थ ज्ञात हो तो हमें स्तोत्रों के अर्थ समझने में सरलता रहेगी। जैसे 'देवीकवचस्तोत्र' में शक्ति के स्वरूपों को संख्याओं के माध्यम से क्रमशः बताया गया है –

**प्रथमं** शैलपुत्री च **द्वितीयं** ब्रह्मचारिणी, **तृतीयं** चन्द्रघण्टेति कूष्माण्डेति **चतुर्थकम्** ।।

**पञ्चमं** स्कन्दमातेति **षष्ठं** कात्यायनीति च **सप्तमं** कालरात्रीति महागौरीति **चाष्टमम्**।।

**नवमं** सिद्धिदात्री च नवदुर्गाः प्रकीर्तिताः, उक्तान्येतानि नामानि ब्रह्मणैव महात्मना।।

अर्थात् देवी की नौ मूर्तियाँ हैं, जिन्हें नवदुर्गा कहते हैं। उनके पृथक्–पृथक् नाम बताये गए हैं। प्रथम नाम शैलपुत्री है। दूसरी मूर्ति का नाम ब्रह्मचारिणी है। तीसरा स्वरूप चन्द्रघण्टा के नाम से प्रसिद्ध है। चौथी मूर्ति को कूष्माण्डा कहते हैं। पाँचवी दुर्गा का नाम स्कन्दमाता है। देवी के छठे रूप को कात्यायनी कहते हैं। सातवाँ

कालरात्रि और आठवाँ स्वरूप महागौरी के नाम से प्रसिद्ध है। नवीं दुर्गा का नाम सिद्धिदात्री है। इस प्रकार और भी अनेक स्तोत्र हैं, जिनमें संख्याओं का प्रयोग बहुत आकर्षक विधि से किया गया है, जो तद्धित प्रत्ययों के प्रयोग से व्यवस्थित दिखता है।

4. **भाववाची शब्द के साथ तद्धित प्रत्ययों का प्रयोग** – हम अनेक ऐसे भाववाची शब्द पढ़ते और सुनते हैं, जिनका दैनिक जीवन में अधिकाँश प्रयोग होता है। जैसे– सौन्दर्य, लावण्य, माधुर्य, सादृश्य, मार्दव, सौष्ठव, आर्जव, लाघव आदि। ये सभी शब्द तद्धित प्रत्ययों के संयोग से ही बनते हैं, जो इस प्रकार हैं–

| क्रम संख्या | प्रत्यय विधान | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|---|
| 1. | सुन्दर + ष्यञ् | सौन्दर्य | सुन्दरता |
| 2. | लवण + ष्यञ् | लावण्य | सुन्दरता |
| 3. | मधुर + ष्यञ् | माधर्य | मधुरता |
| 4. | सदृश + ष्यञ् | सादृश्य | समानता |
| 5. | सुरभि + ष्यञ् | सौरभ्य | सुगन्धित |
| 6. | सुजन + ष्यञ् | सौजन्य | सुजनता |
| 7. | सुभग + ष्यञ् | सौभाग्य | अच्छा भाग्य |
| 8. | सुमनस् + ष्यञ् | सौमनस्य | अच्छी भावना |
| 9. | सुराज + ष्यञ् | सौराज्य | सुशासन |
| 10. | सुकुमार + ष्यञ् | सौकुमार्य | सुकुमारता |
| 11. | सुकर + ष्यञ् | सौकर्य | सुविधा |
| 12. | मृदु + अण् | मार्दव | कोमलता |
| 13. | सुष्ठु + अण् | सौष्ठव | सम्यक् प्रकार से |
| 14. | ऋजु + अण् | आर्जव | सरलता |
| 15. | लघु + अण् | लाघव | लघुता |

भाववाची शब्दों में तल् और त्व तद्धित प्रत्ययों की भूमिका होती है। उपर्युक्त दोनों प्रत्ययों से बनने वाले शब्द सामान्य बोलचाल में भी बहुत अधिक प्रचलित हैं। जैसे–

| क्रम संख्या | प्रत्यय विधान | अर्थ |
|---|---|---|
| 1. | आर्द्र + तल् | आर्द्रता |
| 2. | मधुर + तल् | मधुरता |
| 3. | जड + तल् | जडता |
| 4. | कठोर + तल् | कठोरता |
| 5. | कोमल + तल् | कोमलता |
| 6. | मनुष्य + तल् | मनुष्यता |
| 7. | मानव + तल् | मानवता |
| 8. | शीतल + तल् | शीतलता |
| 9. | जड + त्व | जडत्व |
| 10. | द्रव + त्व | द्रवत्व |

| | | |
|---|---|---|
| 11. | ठोस + त्व | ठोसत्व |
| 12. | घन + त्व | घनत्व |
| 13. | प्लव + त्व | प्लवत्व |

इसी प्रकार और अनेक तद्धित प्रत्यय हैं, जिनसे भाववाची अनेक नवीन शब्द निर्मित होते हैं और लालित्यपूर्ण एवं सुन्दर सम्प्रेषण होता है। यदि इन तद्धित प्रत्ययों के प्रयोग एवं प्रक्रिया को ठीक से समझ लिया जाए तो कठिन लगने वाले संस्कृत श्लोक सरल प्रतीत होंगे। नैषधीयचरित राजा नल और दमयन्ती की कथा पर आधारित एक महत्त्वपूर्ण महाकाव्य है, जिसकी रचना श्रीहर्ष के द्वारा 11वीं शताब्दी में की गई। इस ग्रन्थ में एक श्लोकांश है–

"**आर्जवं** हि न कुटिलेषु नीतिः"

इस श्लोकांश में आर्जव शब्द का उल्लेख है, जिसकी प्रक्रिया पूर्व में बताई जा चुकी है। यह (आर्जव) शब्द ऋजु में अण् नामक तद्धित प्रत्यय लगने से बनता है। ऋजु का तात्पर्य है – सरल और अण् प्रत्यय भाव अर्थ में प्रयुक्त हुआ है। अतः आर्जव का अर्थ हुआ – सरलता।

5. **सम्पन्नता के अर्थ में तद्धित प्रत्ययों का प्रयोग** – लोक में जितने भी शब्द व्यक्ति, गुण, वस्तु आदि से सम्पन्न व्यक्ति अथवा वास्तु के सम्बन्ध में प्रयुक्त होते हैं, लगभग वे सभी शब्द तद्धित प्रत्ययों के संयोग से निर्मित होते हैं। जैसे – धन से सम्पन्न धनवान्, बुद्धि से सम्पन्न बुद्धिमान्, गुणों से सम्पन्न गुणवान्, शील से सम्पन्न शीलवान्, बल से सम्पन्न बलवान्, आदि ऐसे अनेक शब्द हैं, जिनमें मतुँप्, लच्, श, इलच्, न, उरच्, व, ठन्, विनिँ, ग्मिनिँ आदि अनेक प्रत्यय होते हैं। मत्वर्थीय प्रत्ययों से बनने वाले कुछ शब्दों की सूची इस प्रकार है–

| क्रम संख्या | प्रत्यय विधान | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|---|
| 1. | गो + मतुँप् | गोमान् | गायों से सम्पन्न |
| 2. | चूडा + लच् | चूडाल | केश या मुकुट वाला |
| 3. | लोम + श | लोमेश | बालों वाला |
| 4. | लोम + मतुँप् | लोमवान् | बालों वाला |
| 5. | दन्त + उरच् | दन्तुर | ऊँचे दांत वाला |
| 6. | केश + व | केशव | उत्तम केशों से सम्पन्न |
| 7. | दण्ड + इन | दण्डी | दण्ड वाला |
| 8. | यशस् + विनिँ | यशस्वी | यश से सम्पन्न |
| 9. | मेधा + विनिँ | मेधावी | बुद्धि से सम्पन्न |
| 10. | वाच् + ग्मिनिँ | वाग्मी | अच्छी वाणी वाला |
| 11. | माया + विनिँ | मायावी | माया वाला |

6. **तुलना एवं श्रेष्ठता के बोध में तद्धित प्रत्ययों का प्रयोग** – आप सभी ने एक श्लोक अवश्य पढ़ा होगा–

अपि स्वर्णमयी लंका लक्ष्मण में रोचते।
जननी जन्मभूमिश्च स्वर्गादपि **गरीयसी**।।

इस श्लोक में गरीयसी शब्द का उल्लेख है, जिसका अर्थ है तुलनात्मक दृष्टि से श्रेष्ठ अर्थात् स्वर्ग की तुलना में जननी (जन्म देने वाली माता) एवं जन्मभूमि (जिस पर हम जन्म लेते हैं) श्रेष्ठ होते हैं। इस गरीयसी

शब्द में ईयसुन् नामक तद्धित प्रत्यय का प्रयोग हुआ है। इसी प्रकार की तुलनात्मक श्रेष्ठता को बताने के लिए तरप् प्रत्यय का भी प्रयोग होता है। जैसे – पटुतर, अधिकतर, श्रेष्ठतर आदि। इसी प्रकार सर्वश्रेष्ठ के बोध के लिए इष्ठन् एवं तमप् प्रत्ययों का विधान है। इन प्रत्ययों से बनने वाले शब्द, जैसे – श्रेष्ठ, लघुतम, महत्तम, सर्वोत्तम, उच्चतम, श्रेष्ठतम, गरिष्ठ, बलिष्ठ, वरिष्ठ आदि हैं। प्रत्यय विधान एवं अर्थ की दृष्टि से इन शब्दों का यहाँ सूचीकरण किया जा रहा है, जिससे अवबोध में सहायता मिलेगी।

| क्रम संख्या | प्रत्यय विधान | तद्धितान्त शब्द | अर्थ |
|---|---|---|---|
| 1. | लघु + तमप् | लघुतम | सबसे छोटा |
| 2. | महत् + तमप् | महत्तम | सबसे बड़ा |
| 3. | सर्व + उद् + तमप् | सर्वोत्तम | सबसे अच्छा |
| 4. | उच्च + तमप् | उच्चतम | सबसे ऊँचा |
| 5. | गुरू + इष्ठन् | गरिष्ठ | सबसे भारी |
| 6. | गुरू + ईयसुन् | गरीयस् | अपेक्षाकृत भारी |
| 7. | गरू + इयनिच् | गरिमन् | भारी |
| 8. | बल + इष्ठन् | बलिष्ठ | सबसे बलवान् |
| 9. | वर + इष्ठन् | वरिष्ठ | सबसे बड़ा |
| 10. | शुद्ध + तमप् | शुद्धतम | सबसे शुद्ध |

इस प्रकार इस लेख में हमने यह समझने का प्रयास किया है कि किस प्रकार तद्धित प्रत्यय कृदन्त शब्द एवं अन्य सामान्य शब्दों के साथ संयुक्त होकर अपार शब्द–संसार की निर्मिति करते हैं एवं हमें कविरूप प्रजापति एवं शब्दवान् बनाते हैं। पूर्व के लेख एवं इस लेख के माध्यम से हमने कृदन्त एवं तद्धितान्त शब्दों की योजना को समझा है। अग्रिम अंक में स्त्री प्रत्ययों एवं उनसे निर्मित शब्दों को समझेंगे। साथ ही शब्दों के पुल्लिंग, स्त्रीलिंग एवं नपुंसकलिंग के विधान पर भी गहराई से विचार करेंगे। इस लेख के अन्त में अभ्यास हेतु तद्धित प्रत्यय आधारित शब्दों को कुछ वाक्यों के अन्तर्गत रखा जा रहा है, जिससे पाठकों को संस्कृत भाषा को समझने में सहायता मिलेगी।

## अनुवाद

1. वयं सर्वे प्राजापत्याः सन्ति।
   (हम सभी प्रजापति की सन्तति हैं।)
2. वात्स्यः महाकविबाणः कादम्बरीहर्षचरितयोः प्रणेता।
   (वत्स गोत्रीय महाकवि बाण कादम्बरी और हर्षचरित के प्रणेता हैं।)
3. योगशास्त्रस्य ज्ञानाय योगवासिष्ठस्य सम्यक्तया अध्ययनं कर्त्तव्यम्।
   (योगशास्त्र के ज्ञान हेतु योगवासिष्ठ का सम्यक् प्रकार से अध्ययन करना चाहिए।)
4. कमला यत्र राधया सह आगच्छति।
   (कमला यहाँ राधा के साथ आती है।)
5. त्वं कुत्र निवससि?
   (तुम कहाँ रहते हो?)

6. यदा भवान् परिश्रमं करोति, तदैव स्वकार्ये सफलं भविष्यति।
   (जब आप परिश्रम करते हैं, तभी आप अपने कार्य में सफल होंगे।)
7. राजा अशोकः कदा आसीत्?
   (राजा अशोक कब थे?)
8. भीमः पाण्डवेषु बलिष्ठः आसीत्।
   (भीम पाण्डवों में बलिष्ठ थे।)
9. रामः कक्षायाम् अन्येषु छात्रेषु पटुतमः अस्ति।
   (राम कक्षा में अन्य छात्रों में अधिक पटु है।)
10. गोवा इति भारतस्य लघुतमं राज्यं वर्तते।
   (गोवा भारत का सबसे छोटा राज्य है।)
11. पौराणिककथानुसारेण भस्मासुरः एकः मायावी राक्षसः आसीत्।
   (पौराणिक कथा के अनुसार भस्मासुर एक मायावी राक्षस था।)
12. मनुष्यत्वम् एव मनुष्यानां धर्मजातिश्च।
   (मनुष्यत्व ही मनुष्यों की धर्म और जाति है।)
13. मासेषु चैत्रमासः इति प्रथमः।
   (मासों में चैत्र प्रथम है।)
14. राजाविक्रमादित्यस्य सौराज्यस्य वर्णनम् अनेकेषु ग्रन्थेषु उपलब्धम् अस्ति।
   (राजा विक्रमादित्य के सौराज्य/सुशासन का वर्णन अनेक ग्रन्थों में उपलब्ध है।)
15. इत्थं सुसंगतिः कल्याणकारी भवति।
   (इस प्रकार सुसंगति कल्याणकारी होती है।)

## विशिष्ट व्यक्तित्व
## Prominent Personalities

### कांजीवरम श्रीरंगाचारी शेषाद्री
**Seshadri, C.S.**

**(29 फरवरी 1932 – 17 जुलाई 2020)**

कांजीवरम श्रीरंगाचारी शेषाद्री एक भारतीय गणितज्ञ थे। इनका जन्म एक हिन्दू ब्राह्मण परिवार में 29 फरवरी 1932 को कांचीपुरम (तमिलनाडु) में हुआ था। इन्होंने मद्रास विश्वविद्यालय से वर्ष 1953 में गणित में बी. ए. (ऑनर्स) किया। इन्होंने वर्ष 1958 में के. एस. चन्द्रशेखरण के निर्देशन में बंबई विश्वविद्यालय से पी. एच. डी. की उपाधि प्राप्त की। वह, वर्ष 1953 में बतौर शोध छात्र टाटा इंस्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च (Tata Institute of Fundamental Research (TIFR)) से सम्बद्ध हुए। टाटा इंस्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च (TIFR) में उनकी यह यात्रा वर्ष 1984 तक वरिष्ठ प्रोफेसर बनने तक रही। वह वर्ष 1971 में भारतीय विज्ञान अकादमी के फ़ेलो चुने गए। वर्ष 1984 से 1989 तक उन्होनें इंस्टिट्यूट ऑफ मैथमैटिकल साइन्सेज, चेन्नई (Institute of Mathematical Sciences, Chennai (IMS)) में कार्य किया। वर्ष 1989 से 2010 तक वह इंस्टिट्यूट ऑफ मैथमैटिकल साइन्सेज, चेन्नई के संस्थापक निदेशक रहे। वर्ष 2020 में उनकी मृत्यु होने तक वह निदेशक – एमरिटस की भूमिका में इसी संस्थान से जुड़े रहे। उनका कार्य मुख्यतः बीजीय ज्यामिति में रहा है। शेषाद्री स्थिरांक का नाम उन्हीं के नाम पर रखा गया है। उनका शोध कार्य मुख्यतः बीजीय ज्यामिति में रहा है। एम. एस. नरसिम्हन के साथ नरसिम्हन– शेषाद्री प्रमेय के लिए भी उन्हें जाना जाता है जो रीमान पृष्ठ पर स्थाई सदिश बंडलों के लिए आवश्यक स्थितियों को सिद्ध करता है। इनके ज्यामितीय–निश्चर सिद्धांत, सूबर्ट वेरायटीज विशेष रूप से एकपदी सिद्धांत की प्रस्तुति की व्यापक प्रशंसा रही है। वह विदेशों में पेरिस विश्वविद्यालय, फ्रांस; हारवर्ड विश्वविद्यालय कैम्ब्रिज, बौन्न विश्वविद्यालय व क्योटो विश्वविद्यालय आदि में आगंतुक प्रोफेसर की भूमिका में भी रहे है। शेषाद्री को कई सम्मान एवं पुरस्कार भी प्राप्त हुए हैं जिनमें कुछ निम्न हैः–

भारत का पद्म–भूषण सम्मान,

शांति स्वरुप भटनागर पुरस्कार,

भारतीय विज्ञान अकादमी द्वारा प्रदत्त श्रीनिवास रामानुजन पदक,

बनारस हिन्दू विश्वविद्यालय द्वारा मानद D. Sc. की उपाधि,

Université Pierre et Marie Curie से मानद उपाधि इत्यादि।

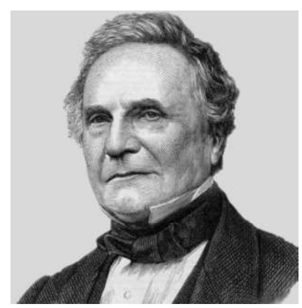
उनके द्वारा प्रकाशित पुस्तकें निम्न है :–

1. Introduction to the Theory of Standard Monomials (2/E). Hindustan Book Agency, Delhi (2007).
2. Studies in the History of Indian Mathematics. Hindustan Book Agency, Delhi (2010).
3. Collected Papers of C. S. Sheshadri. Volume 1. Vector Bundles and Invariant Theory. Hindustan Book Agency, Delhi (2012).
4. Collected Papers of C. S. Sheshadri. Volume 2. Schubert Geometry and Representation Theory. Hindustan Book Agency, Delhi (2012).

## बैबेज, चार्ल्स

## Babbage, Charles

## (26 दिसम्बर 1971 – 18 अक्टूबर 1871)



चार्ल्स बैबेज एक अंग्रेज गणितज्ञ, यांत्रिक अभियंता और दार्शनिक थे। बैबेज वर्तमान में प्रचलित सबसे अच्छे कंप्यूटर प्रोग्राम की अवधारणा के लिए प्रणेता के रूप में जाने जाते हैं। गणितीय तालिकाओं की यांत्रिक गणना करने का विचार सर्वप्रथम बैबेज को वर्ष 1812 या 1813 में आया था। इसके बाद में उन्होंनें आठ दशमलव तक गणनाएं कर सकने वाला कैलकुलेटर बनाया। इन्होंने ही सर्वप्रथम यांत्रिक अभिकलित्र की रूपरेखा तैयार की तथा उसका निर्माण भी किया। बैबेज और उनके कुछ मित्रों जान हर्सल, जॉर्ज मयूर आदि ने वर्ष 1812 में एक विश्लेषणात्मक संस्था का गठन किया था। वर्ष 1816 में उन्हें लन्दन की रॉयल सोसाइटी का फेलो चुना गया। रॉयल एस्ट्रोनॉमिकल (1820) तथा स्टैटिस्टिकल सोसाइटी (1834) की स्थापना में उनकी महती भूमिका थी। बैबेज ने अपने भतीजे हेनरी द्वारा शून्य (Cipher) पर एक चुनौती के रूप में पेश किये गए कार्य पर बिजलेख का आविष्कार किया जो कि वर्ण संकेतीकरण तालिका पर आधारित है।

### सन्दर्भ


1. Smith, D.E. (1958). History of Mathematics. Vol. I, Dover Publications, Inc, New York.
2. Smith, D.E. (1958). History of Mathematics. Vol. II, Dover Publications, Inc, New York.

## प्रतिक्रियाएं / Feedback

वैज्ञानिक अनुसंधान और विद्वत्तापूर्ण संचार को हिंदी भाषा में बढ़ावा देने की प्रतिबद्धता के लिए विज्ञान प्रकाश को साधुवाद। विज्ञान प्रकाश पत्रिका द्वारा वृहत् एवं त्वरित समीक्षा प्रक्रिया के माध्यम से शोध आलेखों की गुणवत्ता को जाना। न्यूनतम संभव समय में शोध आलेख का प्रकाशन सुनिश्चित किया जाना इस पत्रिका की प्रमुख विशेषता लगी।

**Author: Kuldeep Singh, Guru Jambheshwar University of Science and Technology, Hisar**
**kuldeepsingh@gjust.org**

विज्ञान प्रकाश पत्रिका में विज्ञान एवं तकनीकी विषयों में प्रकाशित किये जाने वाले शोध पत्रों की समीक्षा इस प्रकार की जाती है कि शोध पत्र की गुणवत्ता में सुधार भी हो तथा प्रकाशन निर्बाध एवं द्रुत गति से हो सके। विषयक ज्ञान एवं शुद्ध भाषा प्रवाह विज्ञान प्रकाश को उच्च श्रेणी में कोटिबद्ध करते हैं। विज्ञान प्रकाश का सम्पादक मंडल साधुवाद का पात्र है।

**Author: Poonam, Chandigarh College of Engineering & Technology (Degree Wing), Chandigarh**
**poonam@ccet.ac.in**

चूंकि ज्ञान और कौशल को साझा करने के लिए उचित संचार के लिए स्थानीय भाषा का महत्व दिन–ब–दिन बढ़ता जा रहा है। केंद्र और साथ ही राज्य सरकार विशिष्टता के लिए क्षेत्रीय भाषा के साथ–साथ देश की भाषा हिंदी के चलन को प्राथमिकता दे रही है। हमें लगता है कि यदि हमारे निष्कर्ष हिंदी में प्रकाशित होंगे तो अधिक संख्या में लोग पढ़ेंगे और शोध एवं नवाचार अधिकतम शोधार्थियों तक पहुंच सकेंगे।

**Author: Dr. G. C. Chikute, AISSMS College of Engineering, Pune**
**chikute.ganesh@gmail.com**

विश्वविद्यालय अनुदान आयोग द्वारा अनुमोदित यूजीसी केयर सूची में नामांकित शोध पत्रिका विज्ञान प्रकाश में शोध पत्र के संभावित प्रकाशन के लिए प्रेषित किये जाने से लेकर शोध पत्र के प्रकाशित किये जाने तक की यात्रा अत्यंत रोचक रही। प्रस्तुत शोध पत्र की सुधि समीक्षकों से गहन समीक्षा करवाई गई। न्यूनतम संभव समय में पूर्ण गुणवत्ता के साथ शोध पत्र के प्रकाशन के लिए समीक्षा समन्वयक का सहयोग सराहनीय है।

**Author: Dr. Vinayak D. Shinde, Shree L. R. Tiwari College of Engineering, Thane**
**vdshinde@gmail.com**

## List of Review Coordinators

**(Excellently Coordinated with Reviewers for Critical Review)**


- **Dr. Manoj P. Wagh**
  Department of Civil Engineering
  Dr. Vithalrao Vikhe Patil College of Engg.
  Ahmednagar, Maharashtra, India
  profmpwagh@gmail.com
- **Dr. Anil Kumar Bhardwaj**
  School of Electronics & Communication Engg.
  Shri Mata Vaishno Devi University
  Katra, Jammu & Kashmir - 182320
  anil.bhardwaj@smvdu.ac.in
- **Dr. Pratik Kalani**
  Department of Computer Engineering
  D J Sanghvi College of Engineering,
  Vile-Parle (W), Mumbai, MH, India
  pratik.kanani@djsce.ac.in
- **Dr. Vikas Garg**
  Department of Civil Engg.
  Central University of Haryana
  Jant-Pali, Mahendergarh, Haryana - 123031
  gargvikas27@cuh.ac.in

**भाषा सुधार (Language Comprehension)**

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

**• • • List of Reviewers • • •**

- **Dr R.S. Karale**
  Department of Civil Engineering
  TSSMs, Bhivarabai Sawant College of Engg.
  and Research, Narhe, Pune, Maharashtra, India
  rahuljspm@gmail.com
- **Dr Rohan V. Nalawade**
  Department of Civil Engineering
  KIT College of Engineering
  Kolhapur, Maharashtra, India
  nalawade.rohan@kitcoek.in
- **Dr Shruti Kalra**
  Jaypee Institute of Information Technology
  Noida,U.P.
  Shruti.kalra@jiit.ac.in
- **Dr Reeta Devi**
  Department of ECE
  UIET, Kurukshetra
  reetadahiya@kuk.ac.in
- **Prof. Dr Suhas Patil**
  Department of Computer Engineering
  BVU College of Engineering
  Pune, MH, India
  shpatil@bvucoep.edu.in
- **Prof. Dr Satish Y Ket**
  Department of Computer Engineering
  Rajiv Gandhi Institute of Technology
  Mumbai, MH, India
  satish.ket@mctrgit.ac.in
- **Dr Vikram Rajpoot**
  Department of Information Technology
  Madhav Institute of Technology & Science
  Gwalior, MP, India
  vikramraj@mitsgwalior.in
- **Prof. Sandeep Singla**
  Department of Civil Engineering
  Chitkara University, Chandigarh-Patiala
  National Highway (NH-64), Rajpura, Punjab
  drsandeepsinglaz@gmail.com
- **Prof. Kaushal Kumar**
  Department of Civil Engineering
  Jaypee University of Information Technology (JUIT)
  Waknaghat, Solan, Himachal Pradesh - 173215
  kaushal.kumar@juit.ac.in

विज्ञान प्रकाश वर्ष : 23, अंक 1, जनवरी–मार्च 2025 ISSN : 1549-523-X

पण्डित मोतीलाल शर्मा द्वारा राजस्थान वैदिकतत्त्वशोध संस्थान से प्रकाशित ग्रंथ से उद्धृत

**भारतीय दृष्टि से विज्ञान शब्द का समन्वय**

'विज्ञान' शब्द में मुख्यतः दो पद हैं, 'वि'- 'ज्ञान'। 'वि' एक सुप्रसिद्ध उपसर्ग है, जिसका प्रायः तीन अर्थों में प्रयोग होता है – 1. विशेष 2. विविध 3. विरुद्ध ।जैसे कि 'वि' उपसर्ग से समन्वित' 'विकर्म' शब्द की निर्मिति होती है जिसके शास्त्रों में तीन अर्थ प्राप्त होते हैं - विशेषकर्म-विविधकर्म-विरुद्धकर्म। इस दृष्टि से विज्ञान शब्द के भी तीन अर्थ हो सकते हैं - (1) विशेष ज्ञान-विज्ञान। (2) विविध ज्ञान-विज्ञान। (3) विरुद्ध ज्ञान-विज्ञान।

प्रस्तुत विज्ञानशब्दार्थ के प्रसङ्ग में सबके अंत में प्रतिपादित तीसरा विरुद्धभावात्मक विज्ञानभाव का तो स्वतः ही निराकरण हो रहा है, क्योंकि प्रकृति के विरुद्ध ज्ञानात्मक विज्ञान अज्ञान से ढका हुआ ज्ञानस्वरूप मोह है, जिसे अविद्यात्मक 'अज्ञान' ही कहा गया है, एवं जिसके सम्बन्ध में-**'अज्ञानेनावृतं ज्ञानं तेन मुह्यन्ति जन्तवः'** यह प्रसिद्ध है। इसके अतिरिक्त शेष दो अर्थ विशेष ज्ञान और विविध ज्ञान का विश्लेषण भी यहाँ अपेक्षित है। लोक में सामान्यभाव (बहुतों में एक जैसा) से एकता का बोध होता है, और विशेषभाव (सभी में भिन्न-भिन्न) से अनेकता का बोध होता है। भिन्न भिन्न भावों से, भिन्न भिन्न भावों वाली विशेषताओं से, एवं उनसे उत्पन्न भेदभावों से सर्वथा ऊपर सामान्य ज्ञान तो एक ऐसा निरपेक्ष ज्ञान है, जिसका प्राकृतिक विश्व में कोई भी उपयोग नहीं है। यहाँ प्रसङ्ग है, विशेषभावात्मक विश्वानुबन्धी प्राकृतिक विज्ञानभावों का अर्थात् विशेष भाव से युक्त विश्व से सम्बद्ध विज्ञान का। विशेषभाव से अनेक की स्थिति बनती है। इसलिए विशेषता तथा विविधता- दोनों अन्त में समान अर्थों के रूप में ही जाने जाते हैं। इस आधार पर 'विशेषज्ञान स्वरूप विज्ञान' का 'विविधज्ञान स्वरूप विज्ञान' में ही पर्यवसान हो जाता है। जबकि विशेप और विविध-दोनों शब्दों में भी विज्ञान की दृष्टि से अत्यन्त सूक्ष्म भेद है। **'विशेषभावानुगतं-विशेषभावाभिन्नं-विविधं ज्ञानमेव विज्ञानम्'** अर्थात् वस्तु के विशेष भाव के अनुसार विशेषभाव से अभिन्न(संयुक्त) विविध प्रकार का ज्ञान ही विज्ञान है, यही लक्षण बनता है विज्ञानशब्द का। **'विविधं ज्ञानं विज्ञानम्'** इस लक्षण में विज्ञान शब्द में ज्ञान की सापेक्षता प्रतीत हो रही है। यही सापेक्षता शब्दों के पारस्परिक सम्बन्ध का वह सहज आकर्षण है, जिसके आधार पर विज्ञान का सुप्रसिद्ध सिद्धांत 'सापेक्षतावाद' प्रतिष्ठित हुआ है, जिसके पुनः प्रचार का श्रेय स्वनामधन्य स्वर्गीय आईन्स्टीन महाभाग को प्राप्त हुआ है। एक को दूसरे से भिन्न या पृथक्-बना देने वाला, 'भेदक' नाम से प्रसिद्ध 'विशेषभाव' जिससे अभिन्न है, ऐसा विविध भावात्मक ज्ञान जहाँ 'विज्ञान' कहलाया है, वहाँ इस विविध-रूपा भेदकता से पृथक् एक प्रकार का ज्ञान ही 'ज्ञान' माना जायगा। इस प्रकार कहा जा सकता है कि- सभी की **एकत्वस्वरूप प्रतीति – ज्ञान है एवं विविध ज्ञान – विज्ञान है।** इस सन्दर्भ में कठोपनिषद् (1/4/11) के एक मन्त्र की ओर हमारा ध्यान आकर्षित हो जाता है- **यदेवेह तदमुत्र, यदमुत्र तदन्विह। मृत्योः स मृत्युमाप्नोति य इह नानेव पश्यति ॥** श्रुति ने जहाँ जहाँ नानाभावों का, अनेकभावों का, पृथग्भावों का स्वरूपविश्लेषण किया है, वहाँ वहाँ उनके साथ साथ 'मृत्यु' शब्द का भी सम्बन्ध समन्वित माना है। अतएव इस श्रौती दृष्टि से यह प्रमाणित है कि, नानात्त्व- अथवा भेदात्मक दृष्टि अथवा –पृथकता की स्थिति -जहाँ मृत्यु का स्वरूपधर्म है, वहाँ एकत्त्व-अथवा अभेदात्मक दृष्टि अथवा -अपृथक्त्व की स्थिति -अमृत का ही स्वरूपधर्म है। यह परमात्म तत्त्व है, जो कि अपने स्वरूप से निरपेक्षस्थिति-भावापन्न (उसे किसी अन्य की अपेक्षा नहीं है) है, परिणामस्वरूप वह अपरिवर्तनीय है, नित्यकूटस्थ है, शाश्वत है, अविचाली है, सनातन है, ध्रुव है, व्यापक है, असीम है, मायातीत है, विश्वातीत है, वही निरपेक्ष 'एकत्त्व' से समन्वित रह सकता है, एवं उसे ही हम 'अमृत' कहा करते हैं, और सम्भवतः अमृत से युक्त उसी एकत्त्वभाव वाले तत्त्वविशेष का नाम निरपेक्ष 'ज्ञान' है।

अतःमृत्यु का नाम ही विज्ञान है, एवं अमृत का नाम ही ज्ञान है। मृत्युभावात्मक विज्ञान नानाभावापन्न है, एवं अमृत-भावात्मक ज्ञान एकत्त्वानुबन्धी है। जो एकत्त्वनिबन्धन ज्ञान की उपासना करते हैं, वे अमृतपक्ष का अनुगमन कर रहे हैं। एवं जो नानात्त्वनिबन्धन विज्ञान में प्रवृत्त हैं, वे मानो मृत्युपथ का ही आह्वान कर रहे हैं। और यही भारतीय विज्ञान शब्द का, एवं तत्सापेक्ष ज्ञानशब्द का एक प्रकार का समन्वय माना जा सकता है, माना जाता रहा है।