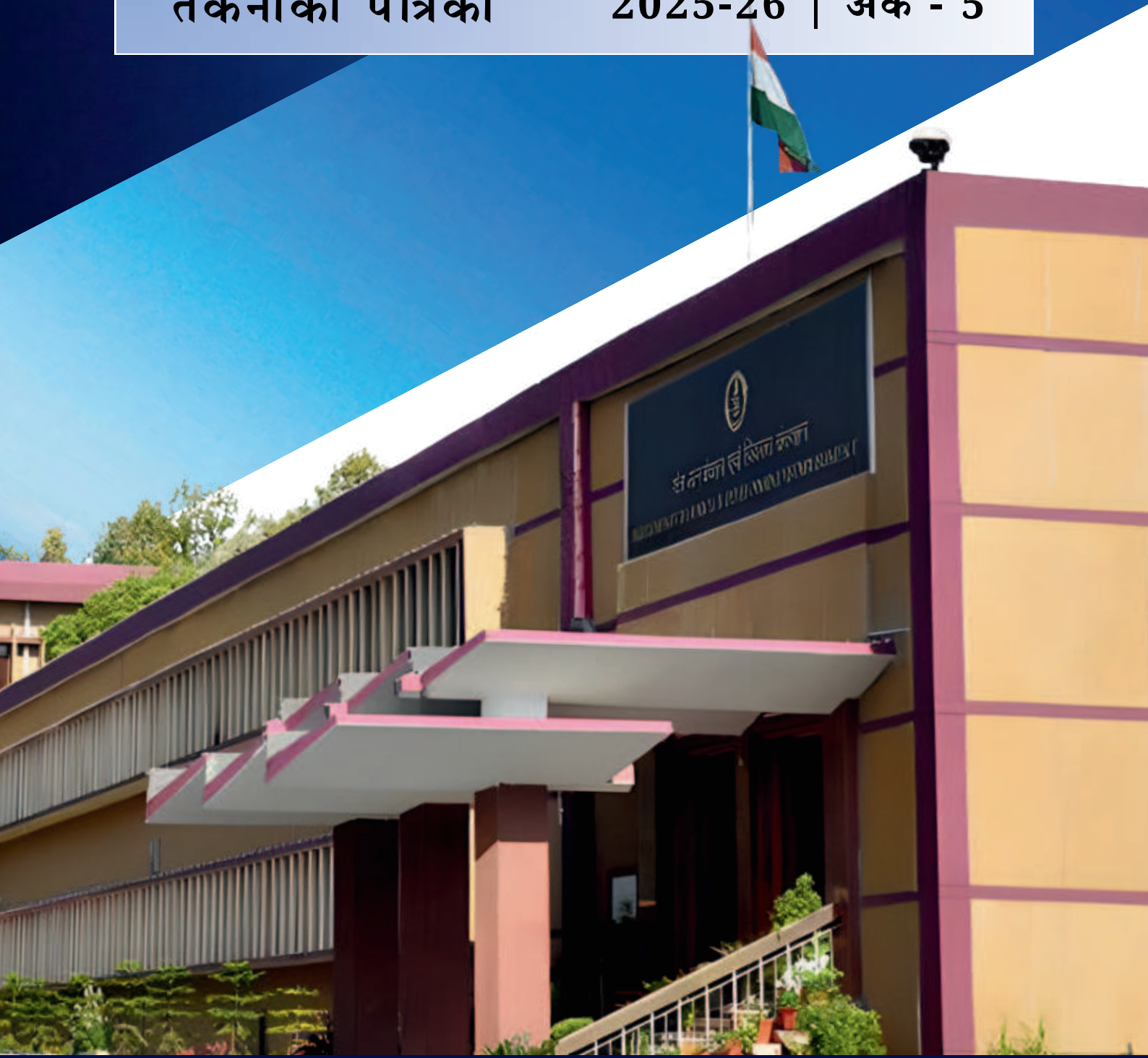
संकल्प

तकनीकी पत्रिका 2025-26 | अंक - 5



यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान
रायपुर रोड, देहरादून–248008

संरक्षक

डॉ. अजय कुमार
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक

श्रीमती रूमा ढाका
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं सह-निदेशक

संपादक

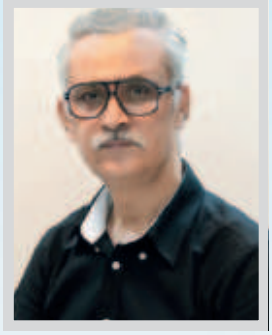
श्री पुनीत वाशिष्ठ
वैज्ञानिक 'जी', प्रधान संपादक

डॉ. ललित मोहन पंत
वैज्ञानिक 'जी'
समूह निदेशक राजभाषा
उपाध्यक्ष, रा.का.स., संपादक

श्री मधुसूदन उपाध्याय
तकनीकी अधिकारी 'सी'
नामित राजभाषा अधिकारी

श्री त्रिलोक सिंह
डाटा प्रोसेसिंग अधिकारी
सदस्य

श्री पवन कुमार सूरज
तकनीकी अधिकारी 'बी'
सदस्य



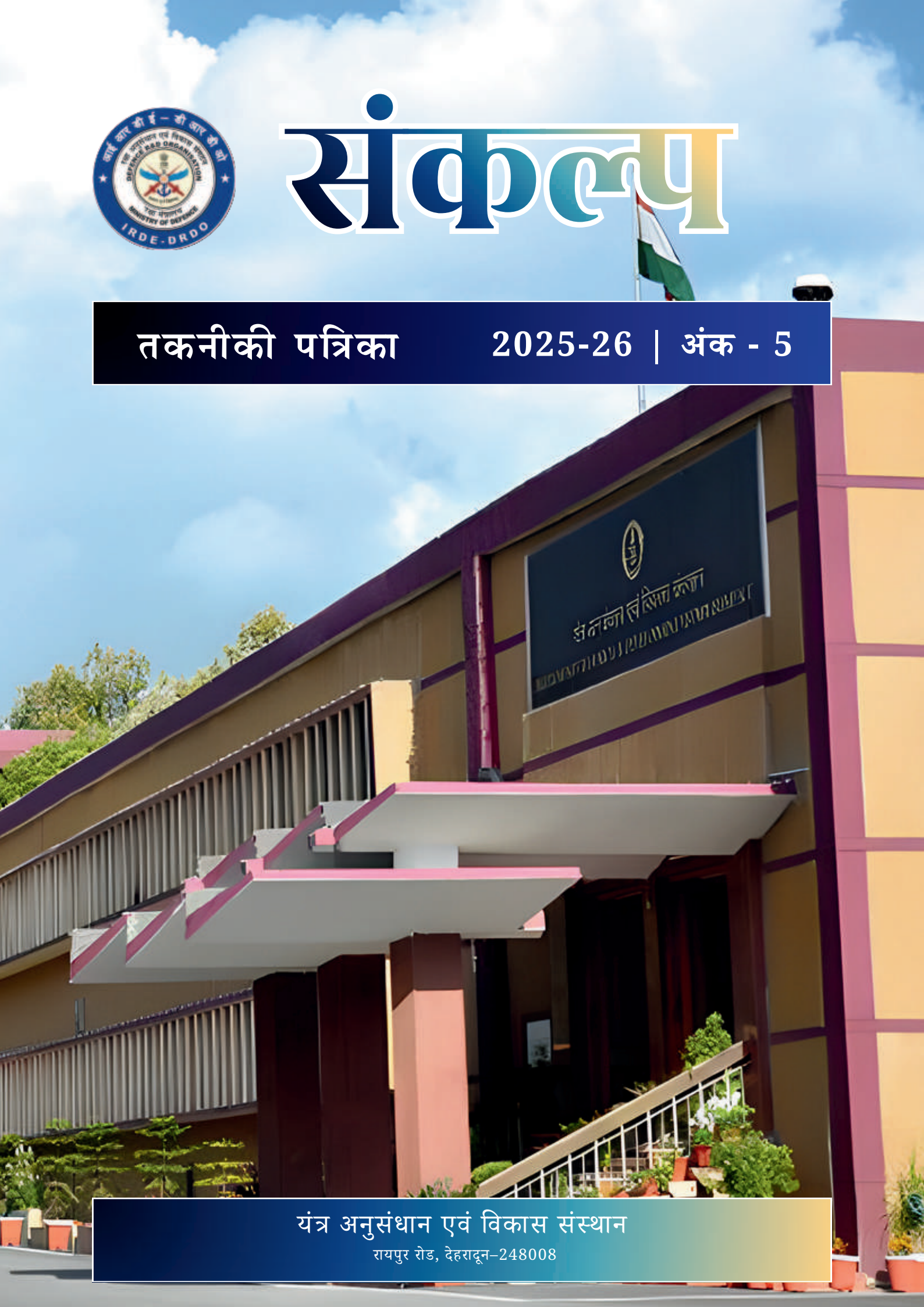
श्री वाई एस बरार
तकनीकी अधिकारी 'बी'
सदस्य

श्री अवधेश कुमार ढौंडियाल
भण्डार अधिकारी
सदस्य

श्री प्रकाश नीरव
वरिष्ठ अनुवाद अधिकारी
सदस्य

श्री अमित कुमार पटेल
कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी
सदस्य

(पत्रिका में प्रकाशित लेखों में व्यक्त विचारों से संपादक मंडल का सहमत होना आवश्यक नहीं है।)



संकल्प

तकनीकी पत्रिका 2025-26 | अंक - 5

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान

रायपुर रोड, देहरादून–248008

डॉ. समिर वी. कामत
Dr. Samir V. Kamat

सत्यमेव जयते
भारत सरकार
Government of India

सचिव, रक्षा अनुसंधान तथा विकास विभाग
एवं
अध्यक्ष, डीआरडीओ
Secretary, department of Defence R&D
&
Chairman, DRDO

संदेश

राष्ट्र की अखण्डता और अस्मिता को अक्षुण्ण बनाये रखने के लिए राष्ट्र की सीमाओं को सुरक्षित रखना परम आवश्यक है। सशस्त्र सेनाओं की आवश्यकताओं की पूर्ति के सन्दर्भ में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में नित नई चुनौतियों का सामना करने के लिए हम भारत वासियों को अपने राष्ट्र को स्वदेशी तकनीक पर पूर्ण आत्मनिर्भर बनाने की आवश्यकता है। इस दिशा में अपने आदर्श वाक्य '**बलस्य मूलं विज्ञानम्**' को चरितार्थ करते हुए डीआरडीओ रक्षा सेवाओं की आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु नवीनतम प्रौद्योगिकियों एवं उपकरणों का आविष्कार कर रहा है।

यह गर्व का विषय है कि यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान, देहरादून द्वारा इस वर्ष अपनी वार्षिक हिन्दी पत्रिका 'संकल्प' के साहित्यिक अंक के साथ-साथ 'संकल्प' तकनीकी पत्रिका अंक-5 वर्ष 2025-26 का भी प्रकाशन किया जा रहा है। इस पत्रिका में प्रकाशिकी एवं विद्युत प्रकाशिकी, लेजर, थर्मल इमेजर आदि विषयों पर लेख सम्मिलित किये जा रहे हैं।

इस संस्थान द्वारा जहां एक ओर प्रकाशिकी एवं विद्युत प्रकाशिकी के क्षेत्र में अनुसंधान एवं विकास कार्य करते हुए आधुनिकतम तकनीक एवं उपकरण सेनाओं को उपयोग हेतु दिये जा रहे हैं, वहीं दूसरी ओर वार्षिक हिन्दी पत्रिका में इन वैज्ञानिक एवं तकनीकी विषयों संबंधी लेखों को प्रकाशित कर हिन्दी के प्रचार-प्रसार हेतु सराहनीय कार्य किया जा रहा है। मैं 'संकल्प' तकनीकी पत्रिका अंक-5 वर्ष 2025-26 के सफल प्रकाशन की कामना करता हूँ।

समिर कामत

दिनांकः 04 फ़रवरी, 2026
स्थानः नई दिल्ली

(डॉ. समिर वी. कामथ)

रक्षा मंत्रालय, रक्षा अनुसंधान तथा विकास विभाग, डीआरडीओ भवन, नई दिल्ली-110011
Ministry of Defence, Department of Defence R&D, DRDO Bhawan, Rajaji Marg, New Delhi-110011
दूरभाष/Phone: 011-23011519, 23014350 फैक्स/Fax : 011-23018216 ई-मेल/E-mail: secydrdo@gov.in

डॉ मयंक द्विवेदी, एनडीसी
महानिदेशक (मानव संसाधन)
Dr Mayank Dwivedi, ndc
DIRECTOR GENERAL (HR)

सत्यमेव जयते

भारत सरकार, रक्षा मंत्रालय
Government of India, Ministry of Defence
रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन
Defence Research and Development Organisation
201, द्वितीय तल, 'ए' ब्लॉक, डी आर डी ओ भवन
201, 2nd Floor, 'A' Block, DRDO Bhawan
राजाजी मार्ग, नई दिल्ली-110011
Rajaji Marg, New Delhi-110011

संदेश

यह प्रसन्नता का विषय है कि **यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान, देहरादून** द्वारा इस वर्ष '**संकल्प**' तकनीकी पत्रिका अंक 05 वर्ष 2025–26 का प्रकाशन किया जा रहा है। यह संस्थान मूलतः प्रकाशिकी तथा विद्युत प्रकाशिकी के क्षेत्र में रक्षा सेवाओं की आवश्यकताओं के अनुरूप महत्वपूर्ण वैज्ञानिक एवं तकनीकी अनुसंधान तथा विकास के कार्य में संलग्न है। रक्षा सेवाओं को नई प्रौद्योगिकियां तथा उपकरण उपलब्ध कराने के साथ - साथ राजभाषा हिन्दी के कार्यान्वयन और प्रचार-प्रसार के संवैधानिक दायित्व एवं कर्तव्य का निर्वहन भी भली प्रकार कर रहा है।

मुझे विश्वास है कि '**संकल्प**' तकनीकी पत्रिका का यह अंक सभी पाठकों के लिए रुचिकर एवं ज्ञानवर्धक होगा, साथ ही वैज्ञानिक एवं तकनीकी लेखों की उपयोगी जानकारियों को हिन्दी के माध्यम से सभी कार्मिकों व जनसाधारण तक पहुँचाने में सफल होगा।

'**संकल्प**' तकनीकी पत्रिका अंक 05 वर्ष 2025–26 के प्रकाशन से जुड़े संस्थान के सभी अधिकारियों एवं कर्मचारियों को उनके इस प्रशंसनीय प्रयास के लिए बधाई देता हूँ और पत्रिका के सफल प्रकाशन के लिए हार्दिक शुभकामनाएं देता हूँ।

स्थान: नई दिल्ली
दिनांक: 13 जनवरी, 2026

(डॉ. मयंक द्विवेदी)

दूरभाष/Telephone: 23016163, 23016132 फैक्स/Fax: 23016127 ई-मेल/E-mail : dghr.hqr@gov.in

डॉ बि के दास
महानिदेशक (ईसीएस)

Dr B K DAS
DIRECTOR GENERAL (ECS)

GOVT. OF INDIA, MINISTRY OF DEFENCE
DEFENCE R & D ORGANISATION
OFFICE OF DIRECTOR GENERAL (ECS)
LRDE CAMPUS, CV RAMAN NAGAR, BENGALURU - 560 093

संदेश

डीआरडीओ के जाज्वल्यमान नक्षत्र की भांति **यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान (आई.आर.डी.ई.), देहरादून** अत्याधुनिक प्रकाशीय एवं विद्युत प्रकाशीय यंत्रों एवं प्रणालियों से संबंधित विभिन्न उपकरणों के अनुसंधान तथा विकास कार्यों के सफल निर्वहन के साथ राष्ट्र को आत्मनिर्भर बनाने में समर्पित है। यह संस्थान राजभाषा नीतियों के कार्यान्वयन एवं प्रचार-प्रसार हेतु भी सदैव प्रयत्नशील रहा है।

राजभाषा नीति, नियमों का अनुपालन एवं कार्यान्वयन हमारा संवैधानिक और नैतिक कर्तव्य है। हिंदी को सरकारी कामकाज में एक गौरवशाली स्थान दिलाना हमारा दायित्व है। अतः इस दिशा में ठोस प्रयास किये जाने जरूरी हैं। वार्षिक हिंदी पत्रिका '**संकल्प**' का संस्थान द्वारा नियमित प्रकाशन राजभाषा कार्यान्वयन का प्रभावशाली स्तम्भ है। संस्थान के वैज्ञानिक, अधिकारी एवं कर्मचारी वैज्ञानिक एवं तकनीकी विषयों पर हिंदी में लेख एवं शोधपत्र आदि लिखकर तथा डीआरडीओ की प्रयोगशालाओं में आयोजित होने वाली वैज्ञानिक एवं तकनीकी हिंदी संगोष्ठियों में प्रतिभागिता करके तकनीकी क्षेत्र में हिंदी को बढ़ावा दे रहे हैं।

वैज्ञानिक लेखों के सुंदर समन्वयन के साथ ही सूचनापरक जनोपयोगी विषयों का समावेश पत्रिका को उत्कृष्ट, रोचक, पठनीय एवं ज्ञानवर्धक बनाता है। '**संकल्प**' तकनीकी पत्रिका में यह गुण पूर्णतः समाहित है। वैज्ञानिक एवं तकनीकी विषयों पर हिंदी में लेख एवं शोध पत्र तैयार करना सराहनीय कार्य है।

मैं पत्रिका प्रकाशन से संबंधित संस्थान के सभी अधिकारियों एवं कर्मचारियों को उनके इस सम्मिलित प्रयास एवं योगदान के लिए हार्दिक बधाई देता हूं और '**संकल्प**' तकनीकी पत्रिका के अंक 05 वर्ष 2025-26 के सफल प्रकाशन की मंगल कामना करता हूं।

दिनांकः 04 फ़रवरी, 2026
स्थानः बेंगलुरु

(डॉ. बि. के. दास)

LRDE CAMPUS, CV RAMAN NAGAR, BENGALURU - 560 093
Telephone : +91-80 25034752 (O), Fax: +91-80 25034723 (O), E-mail : dgecs.hon@gov.in

विपिन कुमार कौशिक
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक
Vipin Kumar Kaushik
Outstanding Scientist & Director

भारत सरकार
रक्षा मंत्रालय
रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन
348, डी आर डी ओ भवन, नई दिल्ली-110011
Government of India
Ministry of Defence
Defence Research & Development Organisation
348, DRDO Bhawan, New Delhi-110011

संदेश

यह हर्ष एवं प्रसन्नता का विषय है कि **यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान, देहरादून** द्वारा इस वर्ष अपनी वार्षिक हिंदी पत्रिका '**संकल्प**' के 37 वें अंक के साथ-साथ गृह मंत्रालय राजभाषा विभाग के निर्देशों का अनुपालन करते हुए '**संकल्प तकनीकी पत्रिका**' अंक-5 वर्ष 2025-26 का प्रकाशन भी किया जा रहा है। इस संस्थान द्वारा जहां एक ओर प्रकाशिकी एवं विद्युत प्रकाशिकी के क्षेत्र में अनुसंधान एवं विकास कार्य करते हुए आधुनिकतम तकनीक एवं उपकरण सेनाओं को उपयोग हेतु दिये जा रहे हैं, वहीं दूसरी ओर '**संकल्प**' तकनीकी पत्रिका में वैज्ञानिक एवं तकनीकी विषयों, सिद्धान्तों, अनुभवों तथा संस्थान की विभिन्न तकनीकी गतिविधियों संबंधी जानकारियों को हिंदी में प्रकाशित करना सराहनीय कार्य है।

मुझे गर्व है कि यह संस्थान राजभाषा हिंदी में अपनी '**संकल्प**' तकनीकी पत्रिका का अनवरत प्रकाशन कर रहा है। मैं पत्रिका प्रकाशन से संबंधित संस्थान के सभी अधिकारियों एवं कर्मचारियों को उनके इस सम्मिलित प्रयास एवं योगदान के लिए हार्दिक बधाई देता हूं और 'संकल्प' तकनीकी पत्रिका अंक-5 वर्ष 2025-26 के सफल प्रकाशन हेतु हार्दिक शुभकामनाएं देता हूं।

स्थानः नई दिल्ली
दिनांकः 12 जनवरी, 2026

(विपिन कुमार कौशिक)

Tele : 23011073 Telefax : 91-11-23007636 E-mail : dpidrdo.hqr@gov.in

डॉ अजय कुमार
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एंव निदेशक
Dr. AJAY KUMAR
OUTSTANDING SCIENTIST & DIRECTOR

सत्यमेव जयते

भारत सरकार, रक्षा मंत्रालय
रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन
यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान
राजपुर रोड, देहरादून – 248008 (उत्तराखण्ड)
GOVT. OF INDIA, MINISTRY OF DEFENCE
DEFENCE R & D ORGANISATION
INSTRUMENTS RESEARCH & DEVELOPMENT ESTT.
RAIPUR ROAD, DEHRADUN - 248008 (UTTARAKHAND)

संदेश

यह प्रसन्नता का विषय कि यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान, देहरादून द्वारा इस वर्ष संस्थान वार्षिक हिन्दी तकनीकी 'संकल्प' पत्रिका का 5वाँ अंक प्रकाशित किया जा रहा है। यह संस्थान प्रकाशिकी एवं विद्युत प्रकाशिकी के क्षेत्र में अनुसंधान एवं विकास कार्यों के साथ - साथ राजभाषा नीति, नियमों के अनुपालन एवं कार्यान्वयन में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है।

रक्षा सेवाओं की आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु हम भारतवासियों के लिए अत्यन्त आवश्यक है कि विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में नित नई चुनौतियों से परिपूर्ण परिस्थितियों से निपटने में आधुनिक स्वदेशी तकनीक एवं प्रौद्योगिकी को विकसित करें और देश को आत्मनिर्भर बनाने में अपना बहुमूल्य योगदान दें।

हमारी वैज्ञानिक उपलब्धियों एवं सफल प्रौद्योगिकियों की जानकारी आम जनता एवं प्रयोगकर्ता तक भाषा के माध्यम से पहुंचती है। विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में हो रहे नवीन अनुसंधान कार्यों की जानकारी जब राजभाषा हिन्दी के माध्यम से आम जनता तक पहुंचती है तो निश्चित रूप से समाज इनकी उपयोगिता से लाभान्वित होता है तथा इन अनुसंधानों की लोकप्रियता भी बढ़ती है।

संकल्प तकनीकी पत्रिका के सम्पादक मण्डल, लेखकों तथा प्रकाशन से संबंधित सभी अधिकारियों एवं कर्मचारियों का प्रयास सराहनीय है। वार्षिक हिन्दी तकनीकी पत्रिका 'संकल्प' अंक-5, वर्ष 2025-26 के सफल प्रकाशन हेतु मेरी हार्दिक शुभकामनाएं।

अजय कुमार

(डॉ. अजय कुमार)
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक
यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान
देहरादून

दिनांकः 09 जनवरी, 2026

दूरभाष / Phone : + 91 0135-2787199, 2787126
फैक्स / Fax : +91-135-2787181, 2787128
ई-मेल / E-mail : director.inde@gov.in
ajay.inde@gov.in

प्रधान सम्पादक की कलम से...

संदेश

'यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान' भारत सरकार, रक्षा मंत्रालय के रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन का अग्रणी संस्थान है। यह संस्थान आधुनिकतम रात्रि दृष्टि यंत्रों, लेजर आधारित उपकरणों, तापीय प्रतिबिंबकों, फायर कंट्रोल प्रणालियों, फोटोनिक्स तथा प्रकाशिकी एवं विद्युत प्रकाशिकी यंत्रीकरण के क्षेत्र में अनुसंधान, अभिकल्पन, विकास एवं तकनीकी हस्तांतरण के प्रति समर्पित है। उपरोक्त तकनीकों पर आधारित वायु, थल तथा समुद्र में काम करने वाले उपकरणों का विकास कर यह संस्थान सशस्त्र सेनाओं की आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु विभिन्न राष्ट्रोपयोगी अनुसंधान तथा विकास के क्षेत्र में निरन्तर कार्य करते हुए राष्ट्र की प्रगति में अग्रसर है। इसके साथ – साथ यह संस्थान राजभाषा नीति के नियमित अनुपालन एवं कार्यान्वयन के प्रति भी समर्पित है। संस्थान की वार्षिक हिन्दी तकनीकी पत्रिका का अनवरत प्रकाशन राजभाषा के प्रति लगन एवं निष्ठा का परिचायक है।

यह हर्ष का विषय है कि इस वर्ष 'यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान' देहरादून द्वारा संस्थान की वार्षिक हिन्दी तकनीकी 'संकल्प' पत्रिका के अंक -5 वर्ष 2025-26 का प्रकाशन किया जा रहा है। पत्रिका को उत्कृष्टता प्रदान करने हेतु प्रकाशन से जुड़े सभी अधिकारियों एवं कर्मचारियों का प्रयास प्रशंसनीय है।

मैं वार्षिक हिन्दी तकनीकी 'संकल्प' पत्रिका अंक-5 के सफल प्रकाशन की हृदय से मंगल कामना करता हूँ।

पुनीत वाशिष्ठ

(पुनीत वाशिष्ठ)
वैज्ञानिक – जी
प्रधान सम्पादक
वार्षिक हिन्दी तकनीकी 'संकल्प' पत्रिका अंक-5

दिनांकः 12 जनवरी, 2026

उपाध्यक्ष, राजभाषा कार्यान्वयन समिति की कलम से...

संदेश

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान (आई.आर.डी.ई.), देहरादून तीनों सशस्त्र सेनाओं की आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु प्रकाशिकी एवं विद्युत प्रकाशिकी यंत्रीकरण के क्षेत्र में अनुसंधान, अभिकल्पन एवं विकास संबंधी महत्वपूर्ण कार्य करते हुए राष्ट्र को आत्मनिर्भर बनाने के लिए प्रगति के पथ पर अग्रसर है। इसके साथ–साथ यह संस्थान राजभाषा नीति के कार्यान्वयन के संवैधानिक एवं नैतिक दायित्व का निर्वहन भी पूर्ण निष्ठा के साथ कर रहा है।

यह गर्व का विषय है कि इस संस्थान द्वारा इस वर्ष अपनी वार्षिक हिंदी तकनीकी पत्रिका 'संकल्प' के अंक-5 वर्ष 2025-26 का प्रकाशन किया जा रहा है। सूचनाओं एवं जानकारियों के आदान–प्रदान हेतु राजभाषा हिंदी भाषायी सेतु का निर्माण करती है। शासकीय प्रयोजनों में अधिक से अधिक हिंदी के प्रयोग से ही हिंदी के राजभाषा की उपाधि की सार्थकता परिलक्षित होती है। 'संकल्प' पत्रिका के इस अंक में संकलित लेखकों द्वारा लिखे विभिन्न वैज्ञानिक एवं तकनीकी विषयों की जानकारी तथा हमारे संस्थान की कार्य संस्कृति की सुस्पष्ट झांकी पाठकों तक सरल व सुबोध भाषा में पहुंचेगी, इससे पाठकगण निश्चितरूप से लाभान्वित होंगे, ऐसा मेरा विश्वास है।

पत्रिका को अपेक्षाओं के अनुरूप मूर्तरूप प्रदान करने में संलग्न सभी अधिकारी एवं कर्मचारीगण, संपादक मण्डल, सभी लेखकगण प्रशंसा के पात्र हैं।

मैं वार्षिक हिंदी तकनीकी पत्रिका 'संकल्प' अंक-5 के सफल प्रकाशन हेतु हार्दिक शुभकामनाएं व्यक्त करता हूं।

(डॉ. एल. एम. पन्त)
वैज्ञानिक – जी
सम्पादक
वार्षिक हिंदी तकनीकी 'संकल्प' पत्रिका अंक-5

दिनांकः 07 जनवरी, 2026

राजभाषा अधिकारी की कलम से...

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान (आई.आर.डी.ई.) देहरादून की वार्षिक हिंदी तकनीकी पत्रिका 'संकल्प' अंक-5 के लिए अपने हृदय के उद्गार व्यक्त करते हुए मुझे प्रसन्नता हो रही है। स्तरीय वैज्ञानिक एवं तकनीकी लेखों के संकलन तथा भावों - विचारों की बोधगम्यता की दृष्टि से हिंदी तकनीकी 'संकल्प' पत्रिका निरंतर प्रगति के स्वर्णिम पथ पर अग्रसर है।

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में दिन-प्रतिदिन की नई चुनौतियां कहीं न कहीं हम भारत वासियों को अपने राष्ट्र को स्वदेशी तकनीक पर पूर्ण आत्मनिर्भर बनाने का संकेत दे रही हैं। इस उद्देश्य की पूर्ति हेतु अपने वातावरण में विकसित भाषा को ज्ञान-विज्ञान की भाषा बनाकर जन साधारण तक विज्ञान की नवीनतम जानकारियां पहुंचाई जा सकती हैं।

हमारा संस्थान राष्ट्र की रक्षा सेवाओं हेतु प्रकाशिकी तथा विद्युत प्रकाशिकी से संबंधित विभिन्न रक्षा परियोजनाओं में कार्यरत है। हमारे वैज्ञानिक एवं तकनीकीविदों का निरंतर प्रयास है कि वे अपने शोध की भाषा हिंदी को बनाएं, इसका प्रमाण यह है कि हमारे वैज्ञानिक निरंतर विभिन्न जटिल वैज्ञानिक विषयों पर सरल हिंदी में शोधपत्र एवं लेख लिख रहे हैं और डी.आर.डी.ओ. की प्रयोगशालाओं द्वारा आयोजित संगोष्ठियों प्रस्तुति कर रहे हैं तथा उनकी स्मारिकाओं एवं विभिन्न पत्रिकाओं में प्रस्तुत कर रहे हैं।

राजभाषा कार्यान्वयन के संदर्भ में हिंदी पत्रिकाओं के प्रकाशन हेतु संस्थान के निदेशक महोदय डॉ. अजय कुमार, उत्कृष्ट वैज्ञानिक के संरक्षण एवं मार्गदर्शन में अनवरत हमारा कर्तव्य पथ प्रशस्त हो रहा है। वार्षिक हिंदी तकनीकी 'संकल्प' पत्रिका अंक-5, वर्ष 2025-26 में ज्ञानवर्धक वैज्ञानिक एवं तकनीकी लेखों का समावेश किया गया है। पत्रिका को उत्कृष्टता प्रदान करने में तत्पर सभी लेखकों, संपादक मण्डल के उल्लेखनीय प्रयास के लिए मैं हृदय से आभारी हूं साथ ही मैं वार्षिक हिंदी तकनीकी 'संकल्प' पत्रिका अंक-5 के सफल प्रकाशन हेतु शुभकामनाएं देता हूं।

पत्रिका के आगामी अंकों के स्तर तथा पठनीयता में सुधार हेतु सुधी पाठकों के सुझावों की सादर प्रतीक्षा में .....

(मधुसूदन उपाध्याय)
तकनीकी अधिकारी-सी
राजभाषा अधिकारी एवं समूह प्रमुख

दिनांकः 06 जनवरी, 2026

अनुक्रमणिका

क्रम सं.	विषय	लेखक	पृष्ठ सं.
1	तापीय प्रतिबिंबन प्रौद्योगिकी – एक परिचय	डॉ. हिमांशु सिंह एवं डॉ. सुधीर खरे	11
2	स्टाइलस प्रोफ़ाइलोमीटर और ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर द्वारा प्रकाशीय घटक की सतह रुक्षता का तुलनात्मक अध्ययन	बृजेश कुमार यादव, नीरज पाण्डेय, एम. पी. सिंह, डॉ.एल. एम. पंत	18
3	डीप लर्निंग मॉडलों का उपयोग करते हुए स्वास्थ्य सेवा में भविष्यवाणी विश्लेषण की उभरती प्रवृत्तियाँ	अनुज कुमार रूहेला	22
4	20X MWIR ज़ूम ऑप्टिक्स का ऑप्टिकल डिज़ाइन	विकास दुआ	25
5	रक्षा क्षेत्र में प्रकाशीय प्रौद्योगिकी का योगदान	अफ़ज़ल मोहम्मद एस.	27
6	राष्ट्र के विकास में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी की भूमिका	दर्शिका द्विवेदी	33
7	रक्षा क्षेत्र में डीआरडीओ का योगदान	अमित कुमार पटेल	36
8	रक्षा के क्षेत्र में गुणवत्ता और विश्वसनीयता	मधुसूदन उपाध्याय	40
9	राष्ट्र के विकास में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकीः आधुनिक चिकित्सा प्रौद्योगिकियों का वैज्ञानिक विश्लेषण	प्रकाश नीरव	45

संकल्प - तकनीकी पत्रिका | 2025-26 | अंक - 5

तापीय प्रतिबिंबन प्रौद्योगिकी – एक परिचय

डॉ. हिमांशु सिंह एवं डॉ. सुधीर खरे

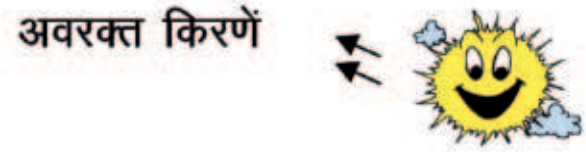
प्रस्तावना

मनुष्य की सभी इन्द्रियों में दृष्टि सर्वोत्तम स्थान रखती है, परन्तु इसकी भी कुछ सीमाएँ हैं। जैसे विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम (Electromagnetic Spectrum) में आँख केवल दृश्य प्रकाश (Visible Light) को ही देख पाती है। न तो आँख किसी आणविक पदार्थ को सूक्ष्मदर्शी की सहायता के बिना देख सकती है और न ही किसी गोली को बन्दूक से छूटकर लक्ष्य तक पहुँचने के दौरान देख पाती है। अतः ब्रह्माण्ड को समझने और उस पर विजय प्राप्त करने के लिए मनुष्य को विभिन्न प्रौद्योगिकियों की सहायता की अत्यन्त आवश्यकता होती है।

क्या आपने कभी सोचा है कि खिड़की पर यदि पर्दा पड़ा हो, तब भी कमरा गर्म कैसे हो जाता है? हीटर से वह कौन-सी अदृश्य तरंगें हैं जो हम तक ऊष्मा पहुँचा रही हैं? तथा पूर्ण सूर्यग्रहण के दौरान जब दृश्य प्रकाश नहीं होता, तब भी सूर्य की ओर देखना क्यों हानिकारक हो सकता है?

इन सभी भौतिक क्रियाओं के पीछे वे अदृश्य तरंगें होती हैं, जो विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम में लाल रंग की तरंगदैर्ध्य के पश्चात (बढ़ते हुए क्रम में) आती हैं। इन्हें इन्फ्रारेड या अवरक्त किरणें कहा जाता है।

प्रत्येक वस्तु जो 0 K (केल्विन) से अधिक तापमान पर स्थित है, उसमें अणुओं एवं परमाणुओं के कम्पन (Vibration) तथा घूर्णन (Rotation) के कारण ऊर्जा का निरन्तर उत्सर्जन होता रहता है। यह ऊर्जा अवरक्त विकिरण (Infrared Radiation) के रूप में हम तक पहुँचती है।



विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम विभिन्न तरंगदैर्ध्य (wavelength) की समस्त प्रकाश तरंगों की माला (श्रृंखला) है। विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम में आवृत्ति (frequency) व तरंगदैर्ध्य के बीच निम्न संबंध है :–

1.1

$$c = \lambda \nu$$

यहाँ c = प्रकाश की गति (मीटर / सेकण्ड)

λ = तरंगदैर्ध्य (मीटर)

ν = आवृत्ति (हट्र्ज)

क्वांटम थ्योरी के अनुसार प्रकाश तरंगें ऊर्जा की वाहक होती हैं। यह निम्न संबंध से समझा जा सकता है :–

1.2

$$E = h\nu$$

यहाँ E = प्रकाश तरंग की ऊर्जा (जूल)

h = प्लैंक्स स्थिरांक(6.626×10^{-34} जूलसेकण्ड)

ν = आवृत्ति (हट्र्ज)

सेना में अवरक्त किरणों की पद्धति का प्रथम विश्व युद्ध के समय सुरक्षा के दृष्टिकोण से लघु परास की संचार व्यवस्था के लिए इस्तेमाल किया गया था। जर्मनी ने द्वितीय विश्व युद्ध के समय अवरक्त प्रौद्योगिकी का

इस्तेमाल टैंक के फायर कंट्रोल सिस्टम के लिए किया। द्वितीय विश्व युद्ध के पश्चात इस क्षेत्र में संसूचक के निर्माण में तेजी से विकास हुआ। प्रारंभ में जेट एयरक्राफ्ट की गर्म सतह को जाँचने में प्रयुक्त किया गया। सन् 1960 के अंत में सामान्य तापमान पर वस्तुओं द्वारा उत्सर्जित अवरक्त किरणों के संसूचन में प्रयुक्त किया गया। जूल थॉमसन के मिनी शीतलक (मिनी क्रायोकूलर) द्वारा अत्यंत निम्न तापक्रम को सफलता पूर्वक प्राप्त करने के पश्चात तापीय प्रतिबिंबन प्रौद्योगिकी पूर्ण रूप से अस्तित्व में आई।

इन यंत्रों को मुख्य रूप से तीन श्रेणियों में रखा गया है :

1. सक्रिय यंत्र
2. अल्पनिष्क्रिय यंत्र
3. पूर्णतः निष्क्रिय यंत्र

सक्रिय यंत्रों में लक्ष्य पहले अवरक्त स्रोत द्वारा प्रकाशित किया जाता है और लक्ष्य से परावर्तित किरणों को ग्राही द्वारा संसूचित किया जाता है। सुरक्षा के दृष्टिकोण से इनका प्रयोग सैनिक अनुप्रयोगों में सीमित है लेकिन असैनिक अनुप्रयोगों में इसकी काफी उपयोगिता है।

अल्पनिष्क्रिय यंत्र तारे अथवा चंद्रमा के शेष परावर्तित प्रकाश (तरंगदैर्ध्य 0.4 μm से 0.9 μm) का संवेदन करता है। इसमें प्रतिबिंब प्रबंधन ट्यूब व अल्प प्रकाशीय टेलीविजन यंत्र आते हैं।

पूर्णतः निष्क्रिय यंत्र उन यंत्रों को कहते हैं जिन्हें कार्य करने के लिए किसी भी प्रकार के कृत्रिम प्रकाश की आवश्यकता नहीं होती है। यह मुख्यतः इस सिद्धांत पर कार्य करते हैं कि कोई भी वस्तु जिसका तापमान 0 K से अधिक है, अवरक्त विकिरण उत्सर्जित करती है। यह विकिरण अदृश्य होते हैं और ऊष्मीय प्रभाव उत्पन्न करते हैं। यह ऊर्जा विद्युत चुंबकीय तरंगों के रूप में प्रकाश की गति से चलती है तथा उस वस्तु के पृष्ठभूमि की प्रकृति पर भी निर्भर करती है।

वायुमंडल से संचरण के समय इस ऊर्जा का कुछ भाग माध्यम के अणुओं द्वारा अवशोषित व प्रकीर्णित हो जाता है तथा शेष भाग ही ग्राही तक पहुँच पाता है। वायुमंडल में अवरक्त किरणों के दो पारगम्य बैंड हैं जो कि 3–5 माइक्रोन और 8–12 माइक्रोन हैं, जिनमें अधिकतम ऊर्जा संचरित होती है। इसी आधार पर दो प्रकार के अवरक्त संसूचक निर्मित किए जा सकते हैं।

तापीय प्रतिबिंबन यंत्रों की विशेषताएँ

तापीय प्रतिबिंबन यंत्रों की विशेषताएँ निम्नलिखित हैं :–

i. इन यंत्रों के उपयोग में दृश्य प्रकाश की कोई आवश्यकता नहीं होती है।
ii. इन यंत्रों को दिन एवं रात्रि में (24 घंटे) समान रूप से प्रयोग किया जा सकता है।
iii. हल्की वर्षा, कोहरे, धुएँ एवं धूल को भेदकर देखने की क्षमता होती है।
iv. कृत्रिम दृश्यों या झाड़ियों एवं जालों के पीछे छिपाए गए उपकरणों आदि का पता लगाने की क्षमता होती है।
v. इनमें खास विशेषता यह होती है कि इनसे किसी भी प्रकार का कोई विकिरण उत्सर्जित नहीं होता, अतः ये पूर्णतः निष्क्रिय यंत्र होते हैं और युद्ध क्षेत्र में इनका पता लगाया जाना आसान नहीं होता है।

इन यंत्रों का मुख्य उद्देश्य सैन्य आवश्यकताओं की पूर्ति करना है। इसके अतिरिक्त असैनिक क्षेत्रों में भी ये अत्यंत उपयोगी हैं, जैसे नागरिक क्षेत्रों में, पुलिस विभाग, प्राकृतिक आपदा प्रबंधन, वन संरक्षण, पर्यावरण विभाग, तस्कर व्यापार रोकने, रेल सुरक्षा तथा औद्योगिक क्षेत्र जैसे स्टील उद्योग, इलेक्ट्रॉनिक विकास उद्योग, ऊर्जा प्रबंधन, प्राकृतिक संसाधन, चिकित्सा विज्ञान, वैज्ञानिक एवं अनुसंधान, कागज उद्योग, प्लास्टिक, वेल्डिंग आदि।

तापीय प्रतिबिंबन प्रणाली क्या है?

किसी दृश्य बिंब से उत्सर्जित अवरक्त विकिरण को अवरक्त संसूचक (Infrared Detector) के माध्यम से एक वास्तविक काल प्रतिबिंब बनाने की प्रणाली को

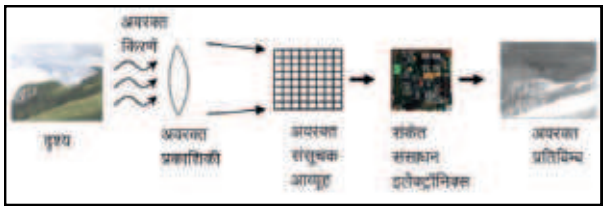
तापीय प्रतिबिंबन प्रणाली कहते हैं। इस प्रतिबिंब को तापीय प्रतिबिंब (Thermal Image) कहा जाता है, क्योंकि यह हमें बिंब (Object) के पार्श्वदृश्य की तापीय रूपरेखा (Thermal Profile) की जानकारी देता है।

दृश्य प्रकाश के समान ही अवरक्त किरणों के गुणधर्म भी होते हैं, किन्तु अवरक्त विकिरण अधिक लंबी तरंगदैर्ध्य पर उत्सर्जित होती हैं, जो इसे मानव नेत्र के लिए अदृश्य बनाती हैं। प्लांक के नियमानुसार प्रत्येक बिंब शून्य डिग्री केल्विन से अधिक तापक्रम पर अवरक्त विकिरण उत्सर्जित करता है। इसलिए तापीय प्रतिबिंबक दृश्य प्रकाश की उपलब्धता के बिना भी वस्तुओं को देख सकते हैं।

इस विशिष्ट गुण के कारण तापीय प्रतिबिंबकों द्वारा अंधेरे में भी देखा जा सकता है। यह अवरक्त संसूचक (इन्फ्रारेड डिटेक्टर) द्वारा संभव है, जो एक अर्धचालक उपकरण होता है। यह अवरक्त विकिरण को खोजकर उसे विद्युत संकेतों में परिवर्तित कर देता है। उत्सर्जित अवरक्त विकिरण ऊर्जा बढ़ते हुए तापक्रम के साथ बढ़ती है, जो पदार्थ की विशेषता है।

चूँकि विभिन्न बिंब भिन्न मात्रा में अवरक्त ऊर्जा उत्सर्जित करते हैं, इसलिए उन्हें एक-दूसरे से तथा ठंडी पृष्ठभूमि (ठंडे बैकग्राउंड) से अलग पहचानना संभव होता है। एक तापीय प्रतिबिंबक प्रकाशिकी (Optics), अवरक्त संसूचक व्यूह (IR Detector Array), संकेत संसाधन इलेक्ट्रॉनिकी (Signal Processing Electronics) तथा एक दृश्य प्रदर्शन से मिलकर बना होता है।

ऑप्टिक्स द्वारा आईआर रेडिएशन को एकत्रित कर संसूचक पर फोकस किया जाता है, जो उसे विद्युत संकेतों में परिवर्तित कर देता है। इन संकेतों को इच्छित दृश्य के तापीय प्रतिबिंब को प्राप्त करने हेतु संसाधित किया जाता है। अंत में इसे किसी डिस्प्ले यंत्र पर प्रदर्शित किया जाता है।



चित्र 1 : एक तापीय प्रतिबिंबन यंत्र के विभिन्न संघटक

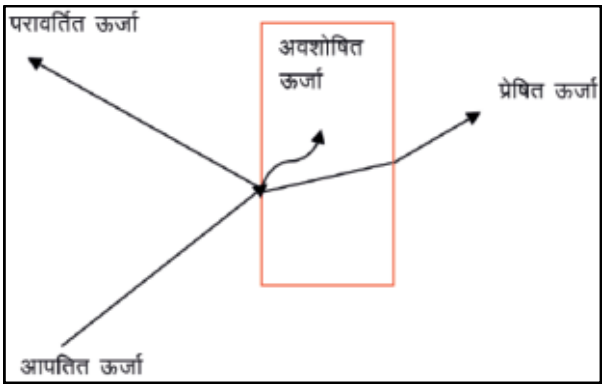
ऊपर दर्शाए गए चित्र 1 में तापीय प्रतिबिंबन प्रणाली के मूलभूत अवयवों को दर्शाया गया है। तापीय प्रतिबिंबक को किसी बिंब को देखने के लिए किसी प्रकाश स्रोत की आवश्यकता नहीं होती। वे बिंब द्वारा दिन और रात में उत्सर्जित अवरक्त ऊर्जा को एकत्रित करके कार्य करते हैं। इसलिए इन्हें निष्क्रिय प्रतिबिंबक (पैसिव इमेजर्स) कहा जाता है। चूँकि तापीय प्रतिबिंबक कोई ऊर्जा या विकिरण उत्सर्जित नहीं करते, इसलिए उनका पता लगाना आसान नहीं होता। हालांकि तापीय प्रतिबिंबकों का निष्पादन विद्यमान वायुमंडलीय स्थिति जैसे कि वर्षा एवं कोहरे द्वारा प्रभावित होता है।

1. आमतौर पर एक मनुष्य 0.34 वाट प्रति सेमी² इस अवरक्त ऊर्जा का उत्सर्जन करता है।
2. सन् 1800 ई० में विलियम हर्शल द्वारा अवरक्त विकिरणों की खोज की गई थी।

तापीय प्रतिबिंबन के मुख्य सिद्धांत

दृश्य प्रकाश के बहुत से सिद्धांत अवरक्त विकिरणों पर भी लागू होते हैं। जब अवरक्त ऊर्जा किसी वस्तु से टकराती है, तब वह उस वस्तु में अवशोषित, परावर्तित अथवा प्रेषित हो सकती है, जो कि निम्न चित्र 1 में दर्शाया गया है। यहाँ निम्न पदों की व्याख्या ध्यान देने योग्य है :–

1. **परावर्तकता** (Reflectivity) :–
   यह वस्तु की उस योग्यता का सूचक है कि वह कितनी ऊर्जा परावर्तित करती है।
2. **अवशोषकता** (Absorptivity) :–
   यह किसी भी वस्तु की उस योग्यता का सूचक है कि वह कितनी ऊर्जा अवशोषित करती है।
3. **पारगम्यता** (Transmissivity) :–
   यह किसी भी वस्तु की उस योग्यता का सूचक है कि वह कितनी ऊर्जा प्रेषित करती है।

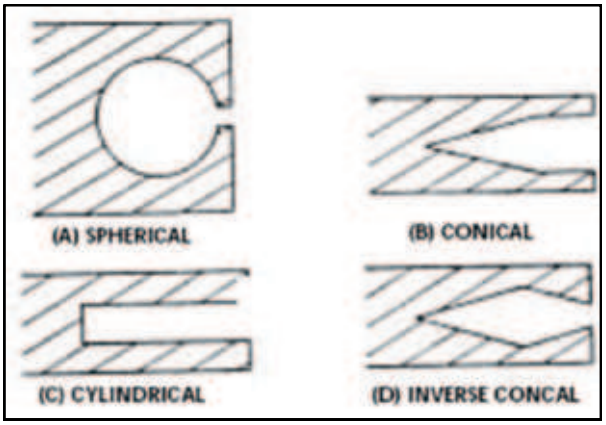


चित्र 1 : आपतित ऊर्जा का प्रकाशीय माध्यम में पुनर्वितरण

कुल आपतित ऊर्जा अवशोषित (α), परावर्तित (ρ) व प्रेषित (τ) ऊर्जा के कुल योग के बराबर होती है :–

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \qquad 1.3$$

कुछ वस्तुएँ जैसे कि शीशा एक पूर्ण परावर्तक होता है। अपारदर्शी वस्तु (Opaque) की पारगम्यता शून्य होती है। इस दुनिया में कोई भी वस्तु न तो संपूर्ण परावर्तक है, न अवशोषक और न ही प्रेषक। एक आदर्श अवशोषक को ब्लैकबॉडी कहा जाता है। ब्लैकबॉडी अपने ऊपर पड़ने वाली समस्त ऊर्जा को अवशोषित कर लेती है। चूँकि उसमें संपूर्ण आपतित ऊर्जा का अवशोषण होता है, अतः ब्लैकबॉडी में प्रेषण व परावर्तन शून्य होता है। ब्लैकबॉडी केवल आदर्श अवशोषक ही नहीं, अपितु आदर्श उत्सर्जक (Emitter) भी होती है।



चित्र 2 : विभिन्न प्रकार की ब्लैक बॉडी

किरचॉफ का नियम व उत्सर्जकता

किरचॉफ के अनुसार, जब कोई वस्तु तापीय संतुलन की अवस्था में होती है, तब उसकी अवशोषकता (α) उस वस्तु की उत्सर्जकता (ε) के बराबर होती है :

$$\alpha = \epsilon \qquad 1.4$$

उत्सर्जकता (ε) : यह किसी भी वस्तु की उस योग्यता का सूचक है कि वह कितनी ऊर्जा उत्सर्जित करती है। कोई वस्तु जो T K तापमान पर स्थित है, वह W0 विकिरण ऊर्जा उत्सर्जित करती है तथा एक ब्लैकबॉडी जो T K तापमान पर स्थित है और WB विकिरण ऊर्जा उत्सर्जित करती है, तो इन दोनों के अनुपात को उस वस्तु की उत्सर्जकता कहा जाता है।

$$\epsilon = \frac{W_o}{W_B} \qquad 1.5$$

$$0 \le \varepsilon \le 1 \qquad 1.6$$

$\epsilon = 1$ (ब्लैकबॉडी)

$\epsilon < 1$ (ग्रेबॉडी)

उत्सर्जकता निम्न कारणों पर निर्भर करती है :–

1. वस्तु की ज्यामिति
2. सतह
3. तरंगदैर्ध्य
4. तापमान
5. वस्तु को देखने का कोण

मनुष्य के शरीर की उत्सर्जकता काफी अधिक होती है, करीब 0.99। यह मनुष्य की त्वचा के रंग पर निर्भर नहीं करती है। कुछ प्रमुख वस्तुओं की उत्सर्जकता :–

1	एस्बेस्टस	0.96
2	लाल ईंट	0.93
3	कार्बन ग्रेफाइट	0.98

4	फॉर्मिका	0.937
5	बर्फ (आइस क्यूब)	0.97
6	जमी हुई बर्फ (जमीन पर)	0.7
7	3M ब्लैक वेलवेट आवरण (9560 सीरीज पेंट)	1 के अत्यंत करीब
8	पानी	0.98
9	एल्युमिनियम फॉयल	0.04
10	मिट्टी	0.92

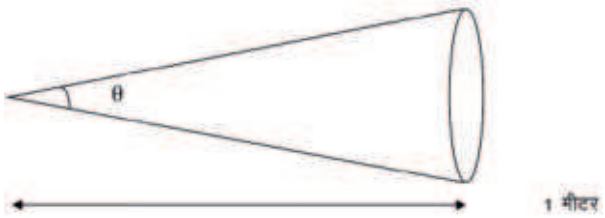
रेडियोमेट्री

रेडियोमेट्री वह शाखा है जो विकिरण ऊर्जा के मापन से संबंधित है। रेडियोमीटर वस्तु/दृश्य से विकिरण ऊर्जा को अवशोषित कर उसे विद्युत, तापीय या रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित कर देते हैं। इसके उपरांत इस ऊर्जा को अप्रत्यक्ष रूप से मापा जाता है। आज तक विकिरण ऊर्जा को प्रत्यक्ष रूप से मापने का कोई यंत्र नहीं है। इस प्रकार के रेडियोमीटर या रूपांतरण यंत्र को डिटेक्टर (संसूचक) कहा जाता है। जैसे कि रेडिएशन थर्मोकपल, बोलोमीटर, फोटोग्राफिक प्लेट, फोटोसेल, फोटोन डिटेक्टर आदि। कुछ रेडियोमितीय पदों की व्याख्या नीचे सारणी 1 में दी गई है।

प्रतीक (Symbol)	पद	व्याख्या	इकाई (Unit)
U	विकिरण ऊर्जा	इलेक्ट्रोमैग्नेटिक रेडिएशन द्वारा वहन की गई ऊर्जा	जूल (J)
P	विकिरण फ्लक्स	विकिरण ऊर्जा / समय	वाट (W)
M	विकिरण एग्जिटेंस	विकिरण फ्लक्स उत्सर्जन प्रति इकाई वर्ग क्षेत्र	वाट / सेमी²
J	विकिरण तीव्रता	विकिरण फ्लक्स / ठोस कोण *	वाट / स्टेरेडियन
N	रेडिएन्स	विकिरण तीव्रता / (ठोस कोण × वर्ग क्षेत्र)	वाट / स्टेरेडियन / सेमी²
H	इर्रेडिएन्स (किरणित ऊर्जा मान)	आपतित विकिरण फ्लक्स / वर्ग क्षेत्र	वाट / सेमी²
Mλ	स्पेक्ट्रल विकिरण एग्जिटेंस	विकिरण एग्जिटेंस / तरंगदैर्ध्य अंतराल	वाट / सेमी² / माइक्रोन

सारणी 1 : रेडियोमितीय पदों की व्याख्या

*एक ठोस कोण वह कोण होता है जो किसी गोले के केंद्र से उसकी सतह पर 1 वर्ग मीटर का क्षेत्र बनाता है।



अवरक्त किरणों के प्रमुख सिद्धांत

प्लांक का सिद्धांत :

किसी आदर्श ब्लैकबॉडी से निकलने वाली स्पेक्ट्रल विकिरण एग्जिटेंस (फ्लक्स उत्सर्जकता प्रति यूनिट वर्ग क्षेत्र प्रति यूनिट तरंगदैर्ध्य) निम्न प्रकार से मापी जा सकती है।

$$M_\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5}\left[\frac{1}{e^{\left(hc/\lambda kT\right)}-1}\right] \qquad [1.7]$$

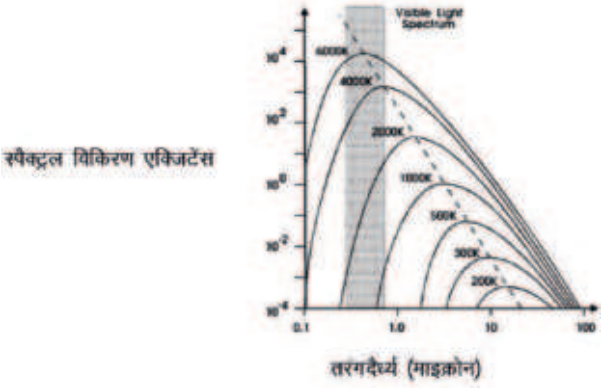
h = प्लैंक्स स्थिरांक = 6.626×10^{-34} जूलसेकण्ड

c = प्रकाश की गति = 3×10^{8} मी/सेकेंड

λ = तरंगदैर्ध्य (मीटर)

k = बोल्ट्ज़मैन स्थिरांक = 5.67×10^{-12} वाट/सेमी² (केल्विन)

इस सिद्धांत के अनुसार, तापमान के बदलने से विकिरण ऊर्जा में जो बदलाव आता है, वह निम्न चित्र 3 में दर्शाया गया है।



चित्र 3 : एक ब्लैकबॉडी का विभिन्न तापक्रम पर स्पेक्ट्रल विकिरण एग्जिटेंस

इस सिद्धांत के कुछ मुख्य बिंदु इस प्रकार हैं –

(क) जैसे-जैसे तापमान बढ़ता है, सर्वोच्च विकिरण ऊर्जा निम्नतर तरंगदैर्ध्य की ओर जाने लगती है।

(ख) कुल स्पेक्ट्रल विकिरण एग्जिटेंस वक्र के क्षेत्रफल के समानुपातिक होता है।

स्टीफन–बोल्ट्ज़मैन का सिद्धांत :

प्लांक सूत्र को समाकलित करने पर विकिरण एग्जिटेंस को मापने का सूत्र निकाला जा सकता है :–

$$M = \sigma T^4 \quad \text{(ब्लैकबॉडी के लिए)} \qquad [1.8]$$

$$M = \epsilon\sigma T^4 \quad \text{(ग्रेबॉडी के लिए)} \qquad [1.9]$$

जहाँ

M = विकिरण एक्जिटेंस (विकिरण फ्लक्स उत्सर्जकता प्रति यूनिट वर्ग क्षेत्र)

σ = स्टीफन बोल्ट्ज़मैन स्थिरांक = 5.67×10^{-12} वाट/सेमी²/(केल्विन⁴)

T = तापमान (K)

इस सिद्धांत के अनुसार, तापमान में छोटे बदलाव विकिरण एग्जिटेंस में T^4 के समानुपातिक बदलाव लाते हैं।

वीन का विस्थापन सिद्धांत :

प्लांक वक्र में सर्वोच्च विकिरण ऊर्जा, जो कि एक तरंगदैर्ध्य (λ_{max}) और T (K) तापमान पर स्थित है, के बीच का संबंध वीन के विस्थापन सिद्धांत द्वारा दिया गया है। इस सिद्धांत का उपयोग करते हुए किसी भी तापमान पर सर्वोच्च विकिरण ऊर्जा की तरंगदैर्ध्य ज्ञात की जा सकती है।

$$\lambda_m T = 2898 \ (\mu K) \qquad [1.10]$$

जहाँ λ_m = वह तरंगदैर्ध्य जिस पर सर्वोच्च विकिरण ऊर्जा मिलती है

T = तापमान (K)

इनवर्स स्क्वायर का सिद्धांत :

किसी बिंदु स्रोत से निकलने वाले विकिरण की तीव्रता उस स्रोत से दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होती है।

$$I = \frac{\sigma T^4}{4\pi d^2} \qquad [1.11]$$

अवरक्त विकिरण के स्रोत

हर वस्तु जो 0 K के तापमान से अधिक तापमान पर स्थित है, अवरक्त विकिरण का स्रोत है। अवरक्त विकिरण के स्रोतों को निम्न प्रकार से विभाजित किया जा सकता है :–

प्राकृतिक व कृत्रिम स्रोत

किसी तापीय प्रतिबिंबन यंत्र को बनाने से पहले यह जानना अत्यंत आवश्यक है कि वे कौन से स्रोत हैं जिन्हें देखने के लिए यह यंत्र बनाया जा रहा है तथा वे कौन से स्रोत हैं जो इस यंत्र के लिए शोर (Noise) का कार्य करेंगे।

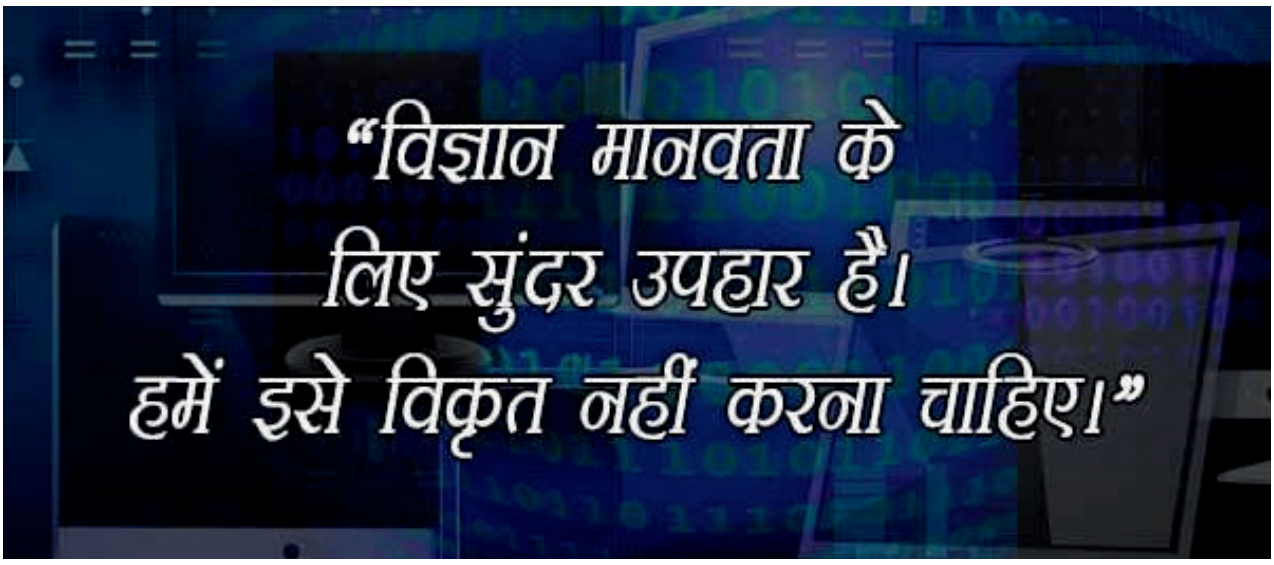
प्राकृतिक व कृत्रिम स्रोत

1. **सूर्य :** सूर्य अवरक्त विकिरणों का एक महत्वपूर्ण स्रोत है। प्रयोगशाला गणनाओं के लिए सूर्य को 5900 K ब्लैकबॉडी के रूप में माना जाता है, परंतु यह ध्यान रखना आवश्यक है कि सूर्य का उपरोक्त तापमान

रखना आवश्यक है कि सूर्य का उपरोक्त तापमान बढ़ती हुई तरंगदैर्ध्यों के साथ घटता जाता है। सूर्य का किरणित ऊर्जा मान (Irradiance) धरती की सतह पर 0.09 वाट/सेमी² है। जब हम ऐसे तापीय प्रतिबिंबन यंत्र अभिकल्पित करते हैं जो आकाशीय लक्ष्य (जैसे वायुयान) को संसूचित (डिटेक्ट) करने के लिए बनाए जाते हैं, जिनका किरणित ऊर्जा मान काफी कम होता है, तब सूर्य का विकिरण इन यंत्रों के लिए बहुत बड़ी समस्या उत्पन्न करता है।

2. **समुद्र :** मरीन टारगेट जैसे युद्धपोत व पनडुब्बी को देखने के लिए बनाए गए तापीय यंत्रों के लिए समुद्र पृष्ठभूमि (बैकग्राउंड) का कार्य करता है। पानी की पारगम्यता लगभग शून्य होने के कारण यह भी एक ब्लैकबॉडी की तरह कार्य करता है।
3. **पौधे :** लगभग प्रत्येक पौधा व मृदा ग्रेबॉडी (Greybody) की तरह कार्य करते हैं। इनकी उत्सर्जकता (ε) 0.93 या इससे अधिक होती है। पौधों व मिट्टी में पाए जाने वाले जल की मात्रा का पौधों व मिट्टी में पाए जाने वाले जल की मात्रा का उसकी उत्सर्जकता पर बहुत ही कम प्रभाव होता है।
4. **त्वचा :** इंसान की त्वचा का तापमान 37°C माना गया है। इंसान से उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा का लगभग 50 प्रतिशत हिस्सा 5 से 14 माइक्रोन बैंड में आता है। त्वचा की उत्सर्जकता 0.99 है एवं यह त्वचा के रंग पर निर्भर नहीं करती है। यदि मानव त्वचा का प्रक्षेपित (Projected) वर्ग क्षेत्र 0.6 मी² हो (और तापमान 32°C हो), तब विकिरण तीव्रता लगभग 93 वाट/स्टेरेडियन होगी। लगभग 1000 फीट दूरी पर (वायुमंडलीय अवशोषण को शून्य मानते हुए) किरणित ऊर्जा मान 10^{-7} W cm^{-2} होगा, जिसमें 32 प्रतिशत ऊर्जा का हिस्सा 8–13 माइक्रोन तथा 1 प्रतिशत हिस्सा 3–5 माइक्रोन बैंड में आता है।

✷✷✷✷✷



संकल्प - तकनीकी पत्रिका 2025-26 | अंक - 5

स्टाइलस प्रोफ़ाइलोमीटर और ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर द्वारा प्रकाशीय घटक की सतह रुक्षता का तुलनात्मक अध्ययन

बृजेश कुमार यादव; नीरज पाण्डेय;
एम. पी. सिंह; डॉ.एल. एम. पंत

सारांश

इस अध्ययन में 50 मिमी व्यास वाले पॉलिश किए हुए जर्मेनियम ऑप्टिकल घटक की सतह की रुक्षता मापन के लिए ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर और स्टाइलस प्रोफ़ाइलर की तुलनात्मक समीक्षा की गई है। सतह की बनावट और रुक्षता कम ज्यादा होने से घटक की ऑप्टिकल प्रदर्शनशीलता प्रभावित होती है, इसलिए इसकी सटीक मापन अत्यंत आवश्यक है। दोनों तकनीकों की मापन क्षमता और सीमाओं का विश्लेषण किया गया है। Ra और Rz जैसे प्रमुख roughness पैरामीटर दोनों विधियों से प्राप्त किए गए है और परिणामों की तुलना की गयी है। अध्ययन दर्शाता है कि ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर चिकनी सतहों पर अधिक सटीक परिणाम प्रदान करता है, जबकि स्टाइलस प्रोफ़ाइलर सीमित तरंग दैर्ध्य पर रेखीय मापन करता है।

परिचय

जर्मेनियम (Germanium) उच्च गुणवत्ता वाले ऑप्टिकल घटकों में प्रयुक्त एक महत्त्वपूर्ण पदार्थ है। खासकर इंफ्रारेड ऑप्टिक्स, थर्मल इमेजिंग और सेंसिंग इकाइयों में। इन घटकों कीसतह की पॉलिशिंग और उसकी roughness घटक की कार्यक्षमता, स्थिरता और ऑप्टिकल परफॉमेंस को प्रभावित करता है। सतह roughness के मापन का सही चयन घटक के जीवनकाल और प्रदर्शन में सुधार करता है।

परंपरागत रूप से सतह की roughness मापन के लिए दो विधियों का उपयोग किया जाता हैः संपर्क तकनीक, जैसे कि स्टाइलस प्रोफ़ाइलर, और गैर संपर्क तकनीक या ऑप्टिकल तकनीक, जैसे ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर।

इस अध्ययन का उद्देश्य 50 मिमी व्यास के पॉलिश किए हुए जर्मेनियम के ऑप्टिकल घटक की सतह roughness का मापन में इन दोनो तकनीकों की उपयुक्तता, सटीकता और सीमाओं का तुलामात्मक अध्ययन किया गया है।

मापन उपकरण और नमूना विवरण

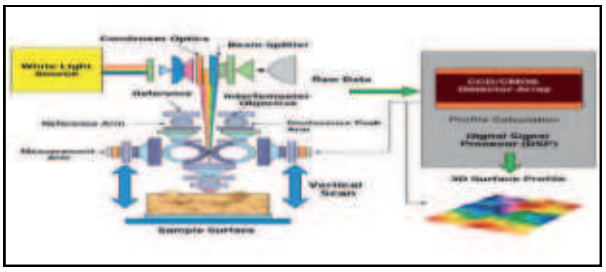
नमूना

मूल अध्ययन के लिए उपयोग किया गया नमूना 50 मिमी व्यास का जर्मेनियम का ऑप्टिकल कॉम्पोनेंट है। यह पूरी तरह से पॉलिश किया हुआ है और उच्च ऑप्टिकल क्लैरिटी और चमकदार सतह प्रदान करता है। चित्र संख्या 1 में पॉलिश जर्मेनियम के प्रकाशीय घटक दिखाया गया है।

चित्रः 1 पॉलिश जर्मेनियम प्रकाशीय घटक

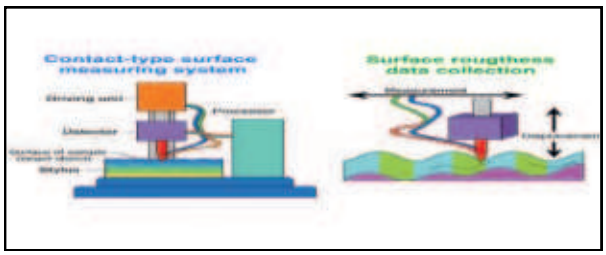
उपकरण

1. **ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर**
   - तकनीकी विविरणः vertical scanning interferometry (VSI) तकनीक का उपयोग
   - प्रकाश स्त्रोतः white light
   - मापन क्षेत्रः 0.86 mm x 0.65 mm
   - Vertical resolutation: 0.1 nm
   - प्रदर्शनः सतह की त्रि- आयामी प्रोफाइलिंग में सक्षम और गैर संपर्क आधारित मापन



चित्रः 2 ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर की कार्य विधि

2. **स्टाइलस प्रोफ़ाइलर**
   - टिप रेडियसः 5 माइक्रोन
   - Vertical resolutation: 8nm
   - कार्य सिद्धान्तः सतह से यांत्रिक संपर्क द्वारा ऊंचाई का मापन
   - सीमाएं: संपर्क विधि के कारण टिप की मोटाई संकीर्ण सतह घाटियों में मापन सीमित कर सकती है।



चित्रः3 स्टाइलस प्रोफ़ाइलर की कार्यविधि

मापन प्रक्रिया

मापन के दौरान, ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर से पूरे नमूने के चयनित क्षेत्र में विस्तृत 3D स्कैनिंग की गई। ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर ने सतह के सूक्ष्म उभारों और घाटियों की नॉन कॉन्टेक्ट माध्यम से स्पष्ट छवि तैयार की। इसके विपरीत स्टाइलस प्रोफ़ाइलर से सतह के रेखीय ट्रेसेज (लगभग 5.6 मिमी लाइन) को मापा गया।

सभी मापन की सटीकता और पूर्णवृति की पुष्टि हेतु दो बार दोहराया गया। सतह roughness की तुलना Ra (average roughness) और Rz (average maximum height) जैसे मानकों से की गयी।

सतह roughness पैरामीटरः Ra और Rz

सतह roughness मापन में उपयोगी दो प्रमुख मान है- Ra और Rz

1. **औसत रुक्षता (Ra)**

   Ra सतह की ऊंचाई डेटा की निरपेक्ष मानों का औसत है। यह माप सतह की सभी ऊंचाइयों का सतत आदर्श औसत दर्शाता है, जो सतह की सामान्य झरझरापन को परिभाषित करता है।

   Ra का सूत्रः

$$Ra = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} |Zi|$$

जहाँ

- N = मापन बिन्दुओं की संख्या,
- Zi = सतह की ऊंचाई मीन प्लेन के सापेक्ष।

2. **अधिकतम औसत ऊंचाई (Rz)**

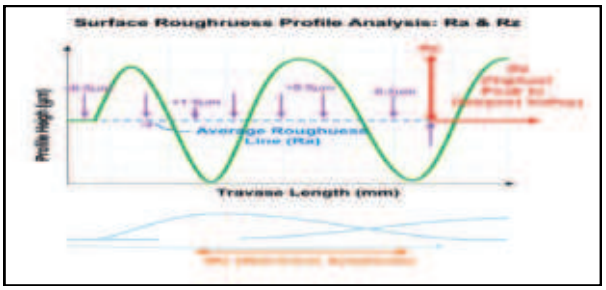
Rz सतह के चरम उतार-चढ़ाव को मापता है। यह सतह के सबसे ऊंचे और निचले 10 बिन्दुओं के ऊंचाई अंतर का औसत होता है।

Rz का सूत्रः

$$Rz = \frac{1}{10}\sum_{j=1}^{10}(Hj - Lj)$$

जहाँ

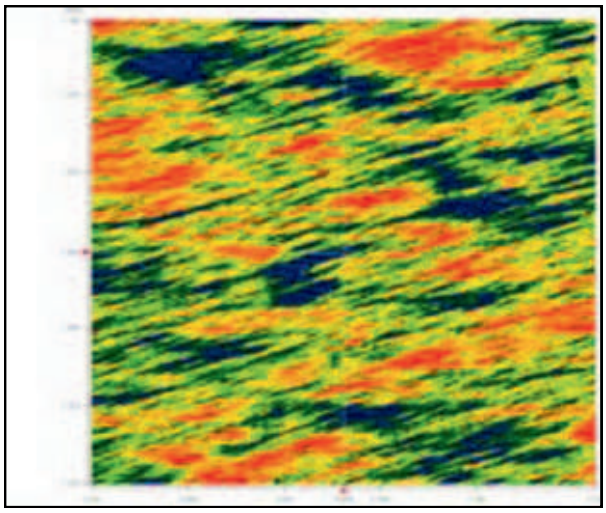
- Hj = सबसे ऊंचे 10 बिन्दु,
- Lj = सबसे निचले 10 बिन्दु।



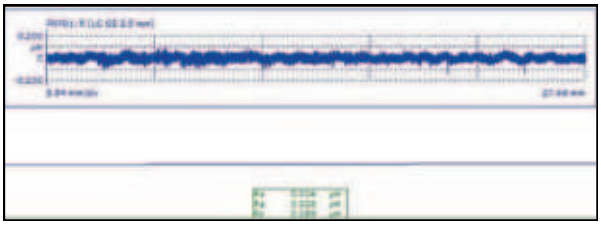
चित्रः4 सतह रुक्षता की गणना

परिणाम

मापन तकनीक	Ra (µm)	Rz (µm)	टिप्पणियाँ
ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर	0.02	0.24	सतह का विस्तृत 3D प्रोफाइल उपलब्ध
स्टाइलस प्रोफ़ाइलर	0.016	0.189	स्टाइलस टिप के मोटाई से लिमिटेशन



चित्रः 5 ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर द्वारा मापन



चित्रः 6 स्टाइलस द्वारा मापन

परिणाम और चर्चा

- ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर की गैर- संपर्क विधि सतह की सूक्ष्म और संकीर्ण घाटियों को बेहतर उध्दाटित करती है, जो स्टाइलस प्रोफ़ाइलर में टिप के आकार के कारण छिप जाती है।
- स्टाइलस प्रोफ़ाइलर सीमित संपर्क रेखाओं में सतह roughness का अच्छा आकलन करता है, लेकिन यह सम्पूर्ण सतह मानचित्रण और नॉन कांटैक्ट प्रक्रियाओं में पीछे रह जाती है।
- स्टाइलस विधि से मुलायम पदार्थों की मापन करने पर खरोच आ जाती है।
- जर्मेनियम पॉलिश किए गए ऑप्टिकल घटक की सतह गुणवत्ता पर निगरानी हेतु ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर अधिक प्रभावी है।

निष्कर्ष

सतह रुक्षता मापन में स्टाइलस और ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर के परिणामों में अंतर सूक्ष्म सतह संरचना की पहचान की क्षमता पर निर्भर करता है। स्टाइलस प्रोफ़ाइलर की यांत्रिक टिप सतह की संकीर्ण घाटियों को सही से ट्रेस नहीं कर पाती क्योंकि उसकी मोटाई के कारण वह अत्यंत पतली या शार्प फीचर्स को मिस कर देती है। जिससे Ra और Rz अपेक्षाकृत कम आते है। ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर नॉन कांटैक्ट विधि से प्रत्येक पॉइंट को शक्तिशाली ऑप्टिकल सेंसिंग द्वारा मापन करता है। जो माइक्रो स्केल की छोटी अव्यवस्थाओं को भी पकड़ता है। दी गयी तुलना में स्टाइलस का Ra = 0.016 और Rz = 0.189 माइक्रोन पाया गया है, जबकि ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर ने Ra = 0.020 और Rz = 0.24 माइक्रोन रिकॉर्ड किया। इस अंतर का मुख्य कारण ऑप्टिकल प्रोफ़ाइलर की उच्च संवेदनशीलता और सतह की सम्पूर्ण बनावट को डेटेक्ट करने की क्षमता है, जिससे इसकी वैल्यू स्टाइलस के 10-15 प्रतिशत अधिक मिलती है।

आभार

लेखक, डॉ. अजय कुमार, निदेशक, यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान, देहारादून को इस कार्य के प्रोत्साहन और बहुमूल्य सुझावों के लिए धन्यवाद देता है।

संदर्भ

1. Introduction to Surface Roughness Measurement Roughness measurement guidebook
2. Discussion on method of optical surface roughness measurement Chunyang Wang *a , DongmeiLva , Hongwei Shia , XuelianLiua , RuihaoXinaa.College of Electronic Information Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130000
3. अन्य प्रासंगिक शोध पत्र

✷✷✷✷✷

संकल्प - तकनीकी पत्रिका | 2025-26 | अंक - 5

डीप लर्निंग मॉडलों का उपयोग करते हुए स्वास्थ्य सेवा में भविष्यवाणी विश्लेषण की उभरती प्रवृत्तियाँ

अनुज कुमार रूहेला

1. परिचय (Introduction)

वर्तमान युग में स्वास्थ्य सेवाएँ सूचना प्रौद्योगिकी और डेटा विज्ञान के प्रभाव से एक नए चरण में प्रवेश कर चुकी हैं। अस्पताल, नैदानिक प्रयोगशालाएँ और सार्वजनिक स्वास्थ्य संस्थान निरंतर विशाल मात्रा में संरचित एवं असंरचित डेटा का उत्पादन कर रहे हैं। इलेक्ट्रॉनिक स्वास्थ्य अभिलेख, मेडिकल इमेजिंग सिस्टम, प्रयोगशाला रिपोर्ट, चिकित्सीय नोट्स और पहनने योग्य उपकरणों से प्राप्त डेटा मिलकर स्वास्थ्य क्षेत्र को एक "बिग डेटा" पारिस्थितिकी तंत्र में परिवर्तित कर रहे हैं।

इस बढ़ते डेटा से उपयोगी चिकित्सीय जानकारी निकालना पारंपरिक विश्लेषण विधियों के लिए अत्यंत चुनौतीपूर्ण है। मशीन लर्निंग और डीप लर्निंग तकनीकें इस चुनौती का प्रभावी समाधान प्रस्तुत करती हैं। ये तकनीकें डेटा से स्वतः पैटर्न सीखने, रोग जोखिम की पहचान करने और भविष्य के स्वास्थ्य परिणामों का पूर्वानुमान लगाने में सक्षम हैं। डीप लर्निंग मॉडल, विशेष रूप से बहु-स्तरीय कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क, जटिल और उच्च-आयामी डेटा को संभालने में अत्यधिक सक्षम हैं। हालाँकि, स्वास्थ्य सेवाओं में इन तकनीकों का प्रभावी उपयोग डेटा गुणवत्ता, मानकीकरण, गोपनीयता, नैतिकता और मॉडल व्याख्येयता जैसी चुनौतियों से जुड़ा हुआ है। यह शोधपत्र इन पहलुओं को ध्यान में रखते हुए डीप लर्निंग आधारित भविष्यवाणी विश्लेषण की भूमिका का व्यापक अध्ययन प्रस्तुत करता है।

2. स्वास्थ्य सेवाओं में डीप लर्निंग के प्रमुख अनुप्रयोग

2.1 दीर्घकालिक रोग पूर्वानुमान

हृदय रोग, मधुमेह, दीर्घकालिक गुर्दा रोग और क्रॉनिकऑब्सट्रक्टिव पल्मोनरी डिज़ीज़ (COPD) जैसे दीर्घकालिक रोग वैश्विक मृत्यु और विकलांगता के प्रमुख कारण हैं। मशीन लर्निंग आधारित मॉडल रोग के प्रारंभिक चरण में ही जोखिम की पहचान कर सकते हैं। कन्वोल्यूशनलन्यूरल नेटवर्क (CNN) चिकित्सा छवियों से गहन विशेषताएँ निकालते हैं, जबकि K-Nearest Neighbor (KNN) और सपोर्ट वेक्टर मशीन (SVM) एल्गोरिद्म रोग जोखिम वर्गीकरण में सहायक होते हैं।

2.2 महामारी और सार्वजनिक स्वास्थ्य पूर्वानुमान

कोविड-19 जैसी वैश्विक महामारियों ने यह स्पष्ट किया कि भविष्यवाणी विश्लेषण सार्वजनिक स्वास्थ्य प्रबंधन के लिए अत्यंत आवश्यक है। मशीन लर्निंग मॉडल

संक्रमण दर, मृत्यु दर, अस्पताल में भर्ती की आवश्यकता और स्वास्थ्य संसाधनों की मांग का अनुमान लगाने में प्रभावी सिद्ध हुए हैं। इस प्रकार के मॉडल नीति निर्धारण और आपातकालीन स्वास्थ्य योजना में उपयोगी होते हैं।

2.3 हृदय रोग पहचान

हृदय रोग निदान में डीप लर्निंग आधारित तकनीकों का व्यापक उपयोग हो रहा है। लॉजिस्टिकरिग्रेशन, रैंडम फॉरेस्ट, एक्स्ट्रा ट्री और बूस्टेड ट्री जैसे मॉडल नैदानिक डेटा और जीवनशैली संबंधी सूचनाओं के आधार पर हृदय रोग जोखिम का सटीक पूर्वानुमान प्रस्तुत करते हैं। पहनने योग्य उपकरणों से प्राप्त वास्तविक समय डेटा निरंतर निगरानी को संभव बनाता है।

2.4 मधुमेह पूर्वानुमान और प्रबंधन

मधुमेह एक प्रमुख विकार है, जिसकी शीघ्र पहचान से गंभीर जटिलताओं को रोका जा सकता है। मशीन लर्निंग मॉडल जैसे KNN, XGBoostऔर लॉजिस्टिकरिग्रेशन रक्त शर्करा स्तर और अन्य चिकित्सीय मापदंडों का विश्लेषण कर मधुमेह जोखिम का पूर्वानुमान करते हैं।

2.5 तंत्रिका अपक्षयी रोग निदान

पार्किंसन रोग और अल्ज़ाइमर जैसे तंत्रिका अपक्षयी रोगों का शीघ्र निदान चुनौतीपूर्ण होता है। डीप लर्निंग आधारित मॉडल गति विश्लेषण, भाषण संकेत और क्लिनिकल स्कोर का उपयोग कर अधिक सटीक निदान प्रदान करते हैं। एन्सेम्बल लर्निंग तकनीकें पारंपरिक विधियों की तुलना में बेहतर प्रदर्शन दिखाती हैं।

2.6 मानसिक स्वास्थ्य एवं तनाव मूल्यांकन

मानसिक स्वास्थ्य निगरानी स्वास्थ्य सेवाओं का एक उभरता हुआ क्षेत्र है। हृदय गति परिवर्तनशीलता, त्वचा चालकता और शारीरिक गतिविधि डेटा का उपयोग कर मशीन लर्निंग मॉडल तनाव स्तर और मानसिक स्थिति का आकलन करते हैं। यह तकनीक निवारक मानसिक स्वास्थ्य देखभाल में सहायक है।

3. नैदानिक डेटा पर डीप लर्निंग कार्यप्रवाह

3.1 डेटा अधिग्रहण एवं पूर्व-प्रसंस्करण

स्वास्थ्य डेटा विभिन्न स्रोतों से संग्रहित किया जाता है। इस चरण में अपूर्ण मान, शोर और असंतुलन को सुधारना अनिवार्य होता है, जिससे डेटा विश्लेषण योग्य बन सके।

3.2 विशेषता अभियांत्रिकी एवं चयन

कच्चे डेटा को उपयोगी विशेषताओं में परिवर्तित किया जाता है। उपयुक्त विशेषता चयन मॉडल की सटीकता बढ़ाने और संगणनात्मक जटिलता घटाने में सहायक होता है।

3.3 मॉडल प्रशिक्षण, सत्यापन एवं मूल्यांकन

प्रशिक्षित डीप लर्निंग मॉडल का मूल्यांकन सटीकता, परिशुद्धता, रिकॉल और F1-स्कोर जैसे मापदंडों से किया जाता है ताकि मॉडल की सामान्यीकरण क्षमता सुनिश्चित हो सके।

3.4 परिनियोजन और सतत अधिगम

मॉडल को वास्तविक नैदानिक वातावरण में लागू करने के पश्चात सतत निगरानी एवं पुनः-प्रशिक्षण द्वारा अद्यतन किया जाता है, जिससे समय के साथ इसकी प्रभावशीलता बनी रहे।

4. मशीन लर्निंग मॉडलों का तुलनात्मक विश्लेषण

विभिन्न अध्ययनों से यह स्पष्ट हुआ है कि एन्सेम्बल आधारित मॉडल, जैसे बैग्ड ट्री और बूस्टेड ट्री, सामान्यतः उच्च सटीकता प्रदान करते हैं। हालांकि लॉजिस्टिकरिग्रेशन

और KNN जैसे सरल मॉडल अधिक व्याख्येय होते हैं, जो चिकित्सीय निर्णय समर्थन में उपयोगी हो सकते हैं। अतः मॉडल चयन अनुप्रयोग और डेटा की प्रकृति पर निर्भर करता है।

अनुप्रयोग	मशीन लर्निंग तकनीक	कारक (Factors)	परिणाम (Results)
सामान्य ML अवलोकन	एल्गोरिद्म	कंप्यूटर विज़न, प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (NLP), ई-कॉमर्स	सटीक निर्णय, पैटर्न पहचान
दीर्घकालिक रोग पूर्वानुमान	एल्गोरिद्म, पैटर्न पहचान	दीर्घकालिक रोग का पूर्वानुमान, लक्षण विश्लेषण	दीर्घकालिक रोगों का भविष्यवाणी विश्लेषण एवं निदान
COVID -19 महामारी पूर्वानुमान	CNN, KNN	भविष्यवाणी मॉडलिंग, स्वास्थ्य अभिलेख विश्लेषण	रोगी अस्पताल में भर्ती और महामारी की प्रगति का पूर्वानुमान
हृदय रोग पहचान	मशीन लर्निंग एल्गोरिद्म	पहनने योग्य उपकरण, चिकित्सीय डेटा विश्लेषण	हृदय रोग जोखिम की उच्च सटीकता से भविष्यवाणी
मधुमेह पूर्वानुमान	KNN, XGBoost, लॉजिस्टिक रिग्रेशन (LR)	रोग भविष्यवाणी, वैयक्तिकृत उपचार योजनाएँ	मधुमेह की उन्नत भविष्यवाणी एवं प्रबंधन
पार्किंसन रोग निदान	मशीन लर्निंग तकनीकें	मोटर-UPDRS, कुल-UPDRS, वास्तविक-दुनिया PD डेटासेट	SVR एन्सेम्बल के साथ उच्च भविष्यवाणी सटीकता

तालिका: स्वास्थ्य सेवाओं में मशीन लर्निंग / डीप लर्निंग अनुप्रयोग

5. निष्कर्ष (Conclusion)

डीप लर्निंग आधारित भविष्यवाणी विश्लेषण ने स्वास्थ्य सेवाओं में निदान, रोग प्रबंधन और उपचार योजना को प्रभावी एवं वैयक्तिकृत बनाया है। हालांकि डेटा मानकीकरण, व्याख्येयता और नैतिकता जैसी चुनौतियाँ अभी भी विद्यमान हैं। भविष्य में पारदर्शीऔर सुरक्षित डीप लर्निंग प्रणालियाँ रोगी-केंद्रित स्वास्थ्य सेवाओं में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएँगी।

संदर्भ (References)

1. Li, Y., et al., Deep Learning in Healthcare: A Survey, IEEE Access, 2020.
2. Esteva, A., et al., A Guide to Deep Learning in Healthcare, Nature Medicine, 2019.
3. Topol, E., High-Performance Medicine: The Convergence of Human and Artificial Intelligence, Nature Medicine, 2019.
4. Beam, A. L., &Kohane, I. S., Big Data and Machine Learning in Health Care, JAMA, 2018.
5. Rajkomar, A., et al., Scalable and Accurate Deep Learning with Electronic Health Records, NPJ Digital Medicine, 2018.

20X MWIR ज़ूम ऑप्टिक्स का ऑप्टिकल डिज़ाइन

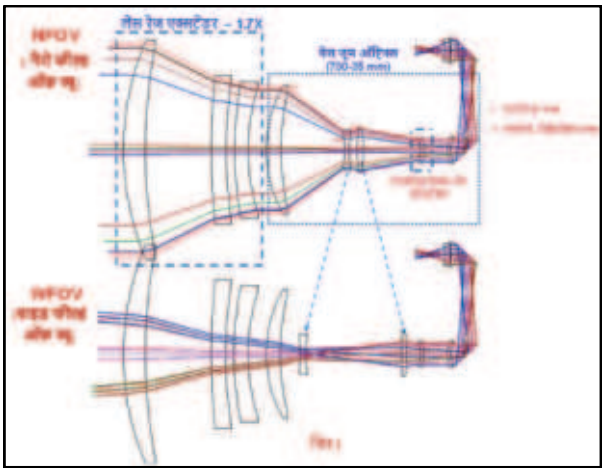
विकास दुआ

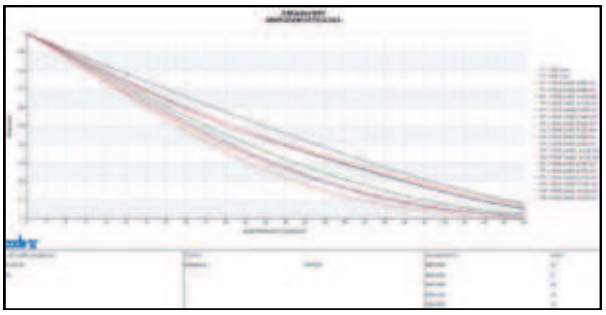
अमूर्त

इस शोध पत्र में, लंबी फोकल लंबाई वाले MWIR ज़ूम ऑप्टिक्स का एक ऑप्टिकल डिज़ाइन प्रस्तुत किया गया है। f#4 ज़ूम ऑप्टिक्स को 1280 x 1024 सरणी के लिए डिज़ाइन किया गया है जिसमें 10 μm पिच कूल्ड InSb डिटेक्टर है जिसकी वर्णक्रमीय प्रतिक्रिया 3 से 5 μm (MWIR) है। डिज़ाइन किए गए ऑप्टिक्स का ज़ूम अनुपात 20X है और ज़ूम रेंज 1200 मिमी से 60 मिमी है।

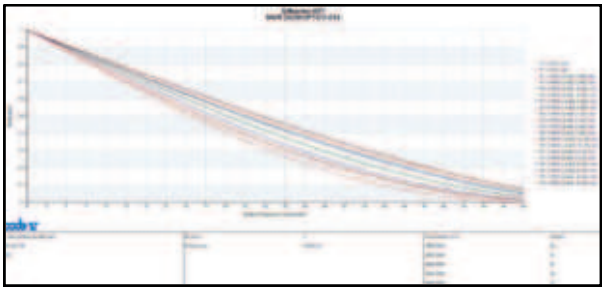
ऑप्टिकल डिज़ाइन और लेआउट

ऑप्टिकल डिज़ाइन को कोडवी (Code V) ऑप्टिकल डिज़ाइन सॉफ़्टवेयर का उपयोग करके मॉड्यूलर दृष्टिकोण से किया गया है। सबसे पहले, बेस ज़ूम ऑप्टिक्स को 700 मिमी से 35 मिमी की फ़ोकल लंबाई वाली ज़ूम रेंज के लिए डिज़ाइन किया गया था। दूसरे, तीन लेंस रेंज एक्सटेंडर ऑप्टिक्स को 1.7X के आवर्धन के साथ डिज़ाइन किया गया था। इसके बाद, दोनों डिज़ाइनों को 1200 मिमी से 60 मिमी तक की फोकल लंबाई रेंज के साथ 20X ज़ूम ऑप्टिक्स प्राप्त करने के लिए संयोजन में ऑप्टिमाइज़ किया गया। इस डिज़ाइन में, सिस्टम को एक साथ 09 ज़ूम स्थितियों के लिए विपथन को सही किया जाता है और सभी ऑप्टिकल और यांत्रिक बाधाओं को पूरा किया जाता है। डिज़ाइन प्रक्रिया में, यह सुनिश्चित करने के लिए पर्याप्त सावधानी बरती गई कि कोई गहरी वक्रता या छोटी मोटाई न हो क्योंकि इनका निर्माण कठिन होता है। गहरी वक्रता (Deep curvatures) के परिणामस्वरूप वक्रता त्रिज्या पर बहुत टाइट टॉलरेंस होती है। रेंज एक्सटेंडर ऑप्टिक्स में केवल गोलाकार सतहों (Spherical Surfaces) का उपयोग किया गया है। गोलाकार विपथन को कम करने और अन्य विपथनों को संतुलित करने के लिए, बेस ज़ूम ऑप्टिक्स में गोलाकार, एस्फेरिक और एस्फेरो- डिफ्रैक्टिव सतहों के संयोजन का उपयोग किया जाता है। डिज़ाइन में सिलिकॉन और जर्मेनियम का उपयोग किया गया है। रेंज एक्सटेंडर ऑप्टिक्स में तत्वों की संख्या तीन है और बेस ज़ूम ऑप्टिक्स में सात है, यानी कुल 10 लेंस तत्व हैं । एपर्चर स्टॉप को डिटेक्टर की कोल्ड विंडो पर रखा जाता है ताकि 100% कोल्ड स्टॉप एफिशिएंसी प्राप्त की जा सके । सभी ज़ूम स्थितियों पर डिटेक्टर न्यूमेरिकल एपर्चर से मेल खाने के लिए F-नंबर को F/4.0 पर स्थिर रखा जाता है। ऑप्टिकल डिज़ाइन का लेआउट चित्र 1 में दिखाया गया है। कॉम्पैक्ट डिज़ाइन प्राप्त करने के लिए ऑप्टिकल पथ को दो दर्पणों द्वारा मोड़ा जाता है। लेंस संख्या 5 और 6 का उपयोग ज़ूमिंग के लिए किया जाता है। लेंस संख्या 7 का उपयोग सक्रिय (active) एथर्मलाइज़ेशन और फ़ोकसिंग के लिए किया जाता है। नैरो और वाइड फील्ड ऑफ़ व्यू में मॉडुलेशन ट्रांसफर फंक्शन कर्व्स चित्र 2 (ए), 2 (बी) में दिखाए गए हैं । डिज़ाइन का कैम (CAM) प्रोफ़ाइल चित्र 3 में दिखाया गया है। डिज़ाइन की गई प्रणाली को एक सहज कैम प्रोफ़ाइल और पूरे ज़ूम रेंज में अच्छे प्रदर्शन के लिए ऑप्टिमाइज़ किया गया है ।

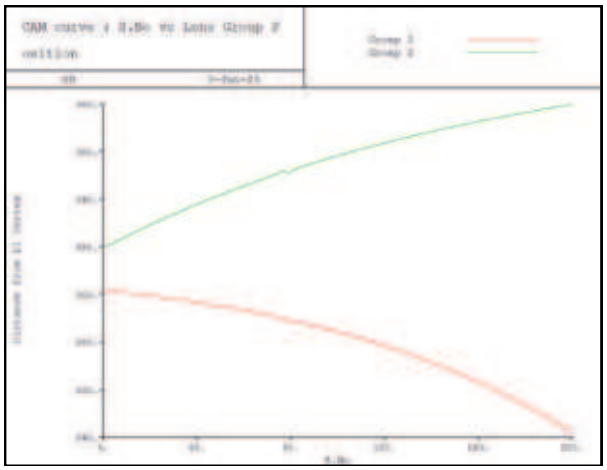




चित्र 2 (ए) नैरो फील्ड ऑफ़ व्यू में मॉडुलेशन ट्रांसफर फंक्शन



चित्र 2 (बी) वाइड फील्ड ऑफ़ व्यू में मॉडुलेशन ट्रांसफर फंक्शन



चित्र 3 (कैम प्रोफ़ाइल)

आभार

लेखक आईआरडीई के निदेशक के मार्गदर्शन, प्रेरणा और प्रोत्साहन के लिए उनके आभारी हैं।

✷✷✷✷✷

रक्षा क्षेत्र में प्रकाशीय प्रौद्योगिकी का योगदान

अफ़ज़ल मोहम्मद एस.

प्रस्तावना

यह लेख आधुनिक रक्षा अनुप्रयोगों में प्रकाश और फोटोनिक्स की तेज़ी से विकसित होती भूमिका का अन्वेषण करता है, जो पारंपरिक प्रकाशीय उपकरणों से आगे बढ़कर मूलभूत परिचालन क्षमताओं तक पहुँचता है। यह वैश्विक सैन्य शक्तियों में तकनीकी प्रगति, विविध अनुप्रयोगों, रणनीतिक लाभों और अंतर्निहित कमियों का परीक्षण करता है, और भारत के बढ़ते योगदान पर विशेष ध्यान केंद्रित करता है। इस लेख में तर्क दिया गया है कि निर्देशित ऊर्जा हथियार (DEW), उन्नत संवेदन और सुरक्षित प्रकाश-आधारित संचार केवल वृद्धिशील उन्नयन नहीं हैं, बल्कि सैन्य सिद्धांत में एक आदर्श बदलाव का प्रतिनिधित्व करते हैं, जो प्रकाश की गति से युद्ध, सटीकता और सूचना श्रेष्ठता प्रदान करते हैं, जिससे युद्ध के भविष्य को पुनर्परिभाषित किया जा सकता है।

I. परिचय: प्रकाश की रणनीतिक अनिवार्यता

ए. युद्ध का विकास

आधुनिक युद्ध की विशेषता गति, सटीकता और सूचना प्रभुत्व है। युद्धक्षेत्र अब केवल गतिज शक्ति का क्षेत्र नहीं रह गया है, बल्कि विद्युत चुम्बकीय नियंत्रण और डेटा प्रभुत्व का क्षेत्र बनता जा रहा है। लइस बदलाव के लिए ऐसी तकनीकों की ज़रूरत है जो अत्यधिक गति से काम कर सकें, सर्जिकल सटीकता प्रदान कर सकें और अभेद्य संचार सुनिश्चित कर सकें। प्रकाश, अपने विभिन्न रूपों (लेज़र, इन्फ्रारेड, दृश्य प्रकाश) में, ये सटीक विशेषताएँ प्रदान करता है।

बी. नवाचार

प्रकाश और फोटोनिक्स का रणनीतिक एकीकरण, विशेष रूप से निर्देशित ऊर्जा हथियारों (डीईडब्ल्यू), उन्नत संवेदन और अति-सुरक्षित संचार में, प्रकाश की गति, अद्वितीय परिशुद्धता और लचीले सूचना नेटवर्क को सक्षम करके वैश्विक रक्षा क्षमताओं को मौलिक रूप से बदल रहा है, जिससे संयुक्त राज्य अमेरिका, चीन, रूस और महत्वपूर्ण रूप से भारत सहित अग्रणी देशों के लिए सैन्य शक्ति का एक नया आयाम तैयार हो रहा है।

II. वैश्विक प्रगति और प्रमुख प्रौद्योगिकियाँ

प्रकाश आधारित सैन्य वर्चस्व की दौड़ एक वैश्विक घटना है, जिसमें प्रमुख शक्तियां अनुसंधान, विकास और तैनाती में भारी निवेश कर रही हैं।

ए. निर्देशित ऊर्जा हथियार (DEWs)

निर्देशित ऊर्जा हथियार सैन्य प्रभाव प्राप्त करने के लिए केंद्रित ऊर्जा का उपयोग करते हैं, जो आमतौर पर प्रकाश की गति से संचालित होते हैं। वे पारंपरिक प्रक्षेप्य-आधारित हथियारों से एक महत्वपूर्ण बदलाव का प्रतिनिधित्व करते हैं।

1. **उच्च-ऊर्जा लेज़र (HELs)**

एच.ई.एल. लक्ष्यों को गर्म करने, पिघलाने या वाष्पीकृत करने के लिए प्रकाश की तीव्र किरणों का उपयोग करते हैं।

- अनुप्रयोगः ड्रोन, रॉकेट, तोपखाने, मोर्टार (सी-रैम), क्रूज मिसाइल और यहां तक कि संवेदनशील ऑप्टिकल प्रणालियों का मुकाबला करना।
- नवीनताः कम लागत-प्रति-शॉट, प्रकाश की गति से संलग्नता, गहरी मैगज़ीन (केवल बिजली आपूर्ति द्वारा सीमित), परिशुद्धता।

2. **उच्च शक्ति वाले माइक्रोवेव (एचपीएम) हथियार**

एचपीएम हथियार इलेक्ट्रॉनिक्स को बाधित या नष्ट करने के लिए माइक्रोवेव ऊर्जा के तीव्र विस्फोट उत्सर्जित करते हैं।

- अनुप्रयोगः ड्रोन, वाहन, मिसाइल और C4ISR प्रणालियों में इलेक्ट्रॉनिक्स को बिना किसी भौतिक विनाश के "सॉफ्ट-किल" या "मिशन-किल"।
- नवीनताः इलेक्ट्रॉनिक्स के विरुद्ध गैर-गतिज, गैर-घातक (संभावित), व्यापक क्षेत्र प्रभाव।

बी. उन्नत संवेदन और आईएसआर (खुफिया, निगरानी, टोही)

प्रकाश-आधारित सेंसर अद्वितीय स्पष्टता और विवरण प्रदान करते हैं, जो आधुनिक खुफिया जानकारी जुटाने और लक्ष्य निर्धारण के लिए महत्वपूर्ण है।

1. **इलेक्ट्रो-ऑप्टिकल/इन्फ्रारेड (ईओ/आईआर) सिस्टम**

ये प्रणालियाँ दृश्य, निकट-अवरक्त और तापीय अवरक्त स्पेक्ट्रा में चित्र कैप्चर करती हैं।

- अनुप्रयोगः रात्रि दृष्टि, लक्ष्य प्राप्ति, टोही, मिसाइल मार्गदर्शन, सीमा निगरानी।
- नवीनताः सभी मौसमों में काम करने की क्षमता, 24/7 क्षमता, दृश्य प्रकाश से स्वतंत्र तापीय संकेत।

2. **LiDAR (लाइट डिटेक्शन एंड रेंजिंग)**

LiDAR दूरियों को मापने और विस्तृत 3D मानचित्र बनाने के लिए स्पंदित लेजर का उपयोग करता है।

- अनुप्रयोगः जमीनी वाहनों और यूएवी के लिए स्वायत्त नेविगेशन, सटीक भूभाग मानचित्रण, बाधा निवारण, खतरे का पता लगाना।
- नवीनताः उच्च-रिज़ॉल्यूशन 3D पर्यावरण मॉडलिंग, परिवेश प्रकाश से स्वतंत्र।

3. **लेजर रेंजफाइंडर और डिज़ाइनेटर**

स्पंदित लेजर का उपयोग सटीक दूरी मापन और लक्ष्य अंकन के लिए किया जाता है।

- अनुप्रयोगः परिशुद्धता-निर्देशित युद्ध सामग्री (जैसे, लेजर-निर्देशित बम), स्नाइपर प्रणाली, तोपखाने की पहचान, अग्नि नियंत्रण।
- नवीनताः अत्यधिक सटीकता, वास्तविक समय लक्ष्य अद्यतन।

सी. सुरक्षित संचार और प्रतिवाद

प्रकाश उच्च बैंडविड्थ, सुरक्षित सूचना हस्तांतरण के लिए अद्वितीय गुण प्रदान करता है।

1. **मुक्त-स्थान ऑप्टिकल (एफएसओ) संचार**

एफएसओ वायुमंडल या अंतरिक्ष के माध्यम से डेटा संचारित करने के लिए लेजर बीम का उपयोग करता है।

- अनुप्रयोगः भू-स्टेशनों, विमानों, उपग्रहों और जहाजों के बीच उच्च-बैंडविड्थ लिंक।

- नवीनताः अत्यधिक उच्च डेटा दर (जीबीपीएस+), बहुत संकीर्ण बीम का अर्थ है अवरोधन/पहचान (एलपीआई/एलपीडी) की कम संभावना, आरएफ की तुलना में जाम-प्रतिरोधी।

2. **क्वांटम कुंजी वितरण (QKD)**

संचार कुंजियों के लिए अटूट एन्क्रिप्शन सुनिश्चित करने के लिए क्वांटम यांत्रिकी सिद्धांतों का उपयोग करता है।

- अनुप्रयोगः महत्वपूर्ण सैन्य और खुफिया डेटा के लिए अति-सुरक्षित संचार लिंक।
- नवीनताः गुप्त रूप से सुनने के विरुद्ध गणितीय रूप से सिद्ध सुरक्षा; किसी भी प्रकार का अवरोधन क्वांटम स्थिति को बदल देता है, जिससे उपयोगकर्ता सतर्क हो जाते हैं।

III. प्रकाश-आधारित रक्षा में भारत की प्रगति

भारत फोटोनिक्स और निर्देशित ऊर्जा अनुसंधान में एक उभरता हुआ देश है, जिसे रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन (डीआरडीओ) जैसे संगठनों द्वारा बढ़ावा दिया जा रहा है।

ए. निर्देशित ऊर्जा हथियार (DEWs)

1. **उच्च-ऊर्जा लेज़र**

- केंद्रः भारत द्वारा KALI (किलो एम्पीयर लीनियर इंजेक्टर), एक रैखिक इलेक्ट्रॉन त्वरक जिसका उपयोग उच्च शक्ति वाले माइक्रोवेव उत्पन्न करने के लिए किया जा सकता है और जिसमें लेजर ऊर्जा अनुप्रयोगों की क्षमता है, का विकास किया जा रहा है। यद्यपि विवरण वर्गीकृत हैं, लेकिन यह निर्देशित ऊर्जा में रुचि को दर्शाता है।
- ड्रोन रोधी लेजर प्रणालियाँः डीआरडीओ द्वारा 1-2 किलोमीटर की दूरी तक यूएवी को निष्क्रिय करने के लिए 30 किलोवाट लेजर प्रणाली का विकास कर प्रदर्शन किया गया है। यह स्वदेशी डीईडब्ल्यू क्षमताओं की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है।
- लाभः स्थानीयकृत विनिर्माण से विदेशी आपूर्तिकर्ताओं पर निर्भरता कम होती है; भारत के अद्वितीय परिचालन वातावरण के लिए अनुकूलित प्रणालियों की संभावना।

2. **उच्च-शक्ति माइक्रोवेव (एचपीएम)**

- अनुसंधानः डीआरडीओ एचपीएम प्रौद्योगिकियों पर काम कर रहा है, जो संभवतः इलेक्ट्रॉनिक युद्ध और ड्रोन रोधी अनुप्रयोगों के लिए होंगी, जिसका लक्ष्य दुश्मन की संपत्तियों को गैर-गतिज रूप से निष्क्रिय करना है।

बी. उन्नत संवेदन और आईएसआर

1. **ईओ/आईआर सिस्टम**

- स्वदेशी विकासः भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लिमिटेड (बीईएल) और अन्य सार्वजनिक/निजी संस्थाएं टैंकों (जैसे, टी-90, अर्जुन एमबीटी), विमानों और यूएवी के लिए थर्मल इमेजर्स, नाइट विजन डिवाइस और मल्टी-सेंसर पेलोड की एक विस्तृत श्रृंखला का विकास और निर्माण कर रही हैं।
- अनुप्रयोगः हिमालय सहित विभिन्न भूभागों और चरम मौसम स्थितियों में जमीनी सैनिकों, टैंक कर्मियों और हवाई प्लेटफार्मों के लिए स्थितिजन्य जागरूकता में वृद्धि।

2. **लेजर रेंजफाइंडर और डिज़ाइनेटर**
   - एकीकरणः स्वदेशी लेजर रेंजफाइंडर को भारतीय तोपखाने प्रणालियों, टैंकों और हवाई लक्ष्य निर्धारणकर्ताओं में एकीकृत किया गया है, जिससे युद्ध सामग्री और अग्नि नियंत्रण प्रणालियों की सटीकता में वृद्धि हुई है।

सी. सुरक्षित संचार

1. **फ्री-स्पेस ऑप्टिकल (एफएसओ)**
   - नौसेना अनुप्रयोगः नौसेना के जहाजों के बीच उच्च बैंडविड्थ, जाम-प्रतिरोधी संचार के लिए एफएसओ पर अनुसंधान, जो गुप्त और परिचालन सुरक्षा बनाए रखने के लिए महत्वपूर्ण है।
   - डीआरडीओ की भूमिकाः सुरक्षित सामरिक संपर्कों और भविष्य के उपग्रह संचार के लिए एफएसओ की व्यवहार्यता की जांच करना।

2. **क्वांटम कुंजी वितरण (QKD)**
   - अग्रणी प्रयासः डीआरडीओ ने 2020 में 12 किलोमीटर से ज़्यादा की दूरी पर क्यूकेडी का सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया, जिसके बाद दूरसंचार विभाग (डीओटी) ने लंबी दूरी का प्रदर्शन किया। यह क्वांटम-सुरक्षित संचार के अत्याधुनिक क्षेत्र में भारत के प्रवेश का प्रतीक है।
   - रणनीतिक प्रभावः इसका उद्देश्य रणनीतिक कमान और नियंत्रण के लिए अभेद्य संचार चैनल उपलब्ध कराना तथा महत्वपूर्ण राष्ट्रीय सुरक्षा जानकारी की सुरक्षा करना है।

डी. भारत के लिए लाभ

- रणनीतिक स्वायत्तताः महत्वपूर्ण रक्षा प्रौद्योगिकियों के लिए विदेशी आपूर्तिकर्ताओं पर निर्भरता कम हो जाती है।
- लागत प्रभावशीलताः पारंपरिक हथियारों की तुलना में डीईडब्ल्यू के लिए प्रति शॉट लागत कम है।
- परिशुद्धता और कम संपार्श्विक क्षतिः नैतिक युद्ध मानकों को बनाए रखने और नागरिक हताहतों को न्यूनतम करने के लिए आवश्यक।
- निवारणः उन्नत प्रकाश-आधारित हथियारों का होना शत्रुओं के विरुद्ध निवारक का काम करता है।
- दोहरे उपयोग की संभावनाः कई फोटोनिक प्रौद्योगिकियों के नागरिक अनुप्रयोग हैं (जैसे, चिकित्सा लेजर, फाइबर ऑप्टिक्स), जो स्वदेशी उद्योग को बढ़ावा देते हैं।

IV. रक्षा में प्रकाश के लाभ

प्रकाश के अंतर्निहित गुण अनेक रणनीतिक और सामरिक लाभ प्रदान करते हैं।

ए. प्रकाश की गति का जुड़ाव

- तात्कालिक प्रतिक्रियाः हाइपरसोनिक मिसाइलों, ड्रोनों और अन्य तेजी से विकसित हो रहे खतरों का मुकाबला करने के लिए यह अत्यंत महत्वपूर्ण है।
- कोई लीड समय नहींः प्रक्षेप्य के विपरीत, लेज़रों की कोई उड़ान अवधि नहीं होती, तथा वे लक्ष्य पर तत्काल प्रभाव डालते हैं।

बी. परिशुद्धता और कम संपार्श्विक क्षति

- सर्जिकल सटीकताः लेजर किरणों को अत्यंत सटीकता के साथ निर्देशित किया जा सकता है,

जिससे अनपेक्षित विनाश न्यूनतम हो जाता है।

- स्केलेबल प्रभावः लेजर शक्ति को वांछित प्रभाव प्राप्त करने के लिए समायोजित किया जा सकता है, जिसमें चकाचौंध करने वाले सेंसर से लेकर लक्ष्यों को नष्ट करने तक, गैर-घातक से लेकर घातक विकल्प तक शामिल हैं।

सी. डीप मैगज़ीन और लागत-प्रभावशीलता

- असीमित शॉट (शक्ति की अनुमति पर): सीमित आयुधों के विपरीत, डी.ई.डब्लू. केवल अपने शक्ति स्रोत द्वारा ही सीमित होते हैं।
- कम लागत-प्रति-शॉटः महंगी इंटरसेप्टर मिसाइलों की तुलना में परिचालन लागत में नाटकीय रूप से कमी आती है।

डी. स्टील्थ और एलपीआई/एलपीडी

- मौन एवं अदृश्यः लेजर किरणें अधिकांशतः मौन और अदृश्य होती हैं (जब तक कि वे वायुमंडल के साथ अंतःक्रिया न करें), जिससे DEW के संपर्कों का पता लगाना और उनका पता लगाना कठिन हो जाता है।
- सुरक्षित संचारः संकीर्ण-बीम एफएसओ और क्यूकेडी स्वाभाविक रूप से सुरक्षित संचार चैनल प्रदान करते हैं जो जामिंग और अवरोधन के प्रतिरोधी होते हैं।

ई. बहुमुखी प्रतिभा और बहु-मिशन क्षमता

- बहु-भूमिका प्लेटफ़ॉर्मः एक एकल लेजर प्रणाली शक्ति और फोकस को समायोजित करके ड्रोन से लेकर रॉकेट तक विभिन्न खतरों से निपट सकती है।
- सेंसर फ्यूजनः प्रकाश-आधारित सेंसरों (ईओ/आईआर, लिडार) का एकीकरण विभिन्न मिशनों के लिए व्यापक स्थितिजन्य जागरूकता प्रदान करता है।

V. नुकसान और चुनौतियाँ

आशाजनक होने के बावजूद, प्रकाश-आधारित रक्षा प्रौद्योगिकियों को महत्वपूर्ण बाधाओं का सामना करना पड़ रहा है।

ए. वायुमंडलीय क्षीणन और पर्यावरणीय कारक

- मौसम पर निर्भरताः उच्च ऊर्जा वाले लेज़रों का कोहरा, बारिश, धुआं और धूल के कारण काफी क्षरण होता है, जो लेज़र किरण को बिखेर देते हैं और अवशोषित कर लेते हैं (थर्मल ब्लूमिंग)।
- अशांतिः वायुमंडलीय अशांति के कारण किरण विरूपण होता है, जिससे प्रभावी सीमा और परिशुद्धता कम हो जाती है।
- प्रतिउपायः विरोधी लेजर की प्रभावशीलता को कम करने के लिए अस्पष्ट पदार्थों (धुएं के परदे) का प्रयोग कर सकते हैं।

बी. शक्ति, शीतलन और आकार संबंधी बाधाएँ

- उच्च शक्ति आवश्यकताएँः डी.ई.डब्लू. को अत्यधिक विद्युत शक्ति की आवश्यकता होती है, जिससे छोटे, मोबाइल प्लेटफार्मों (जैसे, सामरिक वाहन, लड़ाकू जेट) में एकीकरण के लिए चुनौतियां उत्पन्न होती हैं।
- थर्मल प्रबंधनः उच्च ऊर्जा किरणों को उत्पन्न करने और निर्देशित करने से काफी मात्रा में अपशिष्ट ऊष्मा उत्पन्न होती है, जिसके लिए जटिल और भारी शीतलन प्रणालियों की आवश्यकता होती है।
- एसडब्लूएपी-सीः आकार, वजन, शक्ति और शीतलन संबंधी बाधाएं व्यापक तैनाती के लिए प्रमुख इंजीनियरिंग चुनौतियां बनी हुई हैं।

सी. नैतिक और कानूनी विचार

- चकाचौंध/अंधा करने वालाः उच्च ऊर्जा वाले

लेजर से आंखों को स्थायी क्षति हो सकती है, जिससे अंतर्राष्ट्रीय मानवीय कानून (जैसे, 1980 के कुछ पारंपरिक हथियारों पर कन्वेंशन के प्रोटोकॉल IV) के अनुपालन में उनके उपयोग के बारे में चिंताएं पैदा होती हैं।

- वृद्धिः उन्नत डी.ई.डब्लू. के आने से हथियारों की होड़ और युद्ध के नए स्वरूप उत्पन्न हो सकते हैं।

डी. लक्ष्य भेद्यता और भौतिक प्रभाव

- परावर्तक सतहेंः अत्यधिक परावर्तक लक्ष्य लेज़र ऊर्जा को बिखेर सकते हैं, जिससे प्रभावशीलता कम हो जाती है।
- निवास का समयः प्रभावी विनाश के लिए अक्सर लक्ष्य पर निरंतर "अवकाश समय" की आवश्यकता होती है, जो तेज गति से चलने वाले या गतिशील खतरों के विरुद्ध चुनौतीपूर्ण हो सकता है।

VI. निष्कर्षः फोटॉन प्रतिमान का उदय

प्रकाश-आधारित रक्षा अनुप्रयोगों की ओर बदलाव निर्विवाद है और तेज़ी से बढ़ रहा है। निर्देशित ऊर्जा हथियार, उन्नत प्रकाशीय संवेदन और क्वांटम-सुरक्षित संचार सैन्य क्षमताओं में बदलाव ला रहे हैं, और बेजोड़ गति, सटीकता और सूचनात्मक लाभ प्रदान कर रहे हैं। हालाँकि वायुमंडलीय प्रभावों, ऊर्जा उत्पादन और नैतिक विचारों से जुड़ी चुनौतियाँ अभी भी बनी हुई हैं, फिर भी भारत सहित अग्रणी देशों द्वारा किए जा रहे अनुसंधान और विकास इन बाधाओं को लगातार दूर कर रहे हैं।

डीईडब्ल्यू, ईओ/आईआर प्रणालियों और क्वांटम संचार में भारत के स्वदेशी प्रयास, भविष्य की रक्षा आवश्यकताओं को सुरक्षित करने और तकनीकी रूप से उन्नत सैन्य शक्ति के रूप में अपनी स्थिति को सुदृढ़ करने के लिए एक रणनीतिक दृष्टि को प्रदर्शित करते हैं। "फोटॉन प्रतिमान" केवल एक क्रमिक सुधार नहीं है; यह युद्ध की एक मौलिक पुनर्कल्पना है, जहाँ प्रकाश का नियंत्रण और संचालन 21वीं सदी में रणनीतिक प्रभुत्व और निवारण को तेजी से निर्धारित करेगा। इस तकनीक में निपुणता प्राप्त करके भारत, उभरते वैश्विक सुरक्षा परिदृश्य में निश्चय ही निर्णायक बढ़त हासिल करेगा।

आभार

लेखक सतत प्रोत्साहन एवं मार्गदर्शन के लिए यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान के डॉ. अजय कुमार, उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक तथा श्रीमती चित्रा, वैज्ञानिक-जी एवं समूह निदेशक का आभार प्रकट करते हैं।

सन्दर्भ

1. https://www.defencexp.com/list-of-indias-directed-energy-weapons-projects/
2. https://www.thehindu.com/news/national/drdo-tests-directed-energy-weapon-system-that-can-disable-drones-missiles/article69446266.ece
3. https://www.insightsonindia.com/2025/04/14/mk-iia-laser-directed-energy-weapon-dew-system/
4. https://visionias.in/current-affairs/news-today/2025-04-14/science-and-technology/india-tests-directed-energy-weapon-system-that-can-disable-drones-missiles-aircraft

✷✷✷✷✷

राष्ट्र के विकास में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी की भूमिका

दर्शिका द्विवेदी

कोई भी देश तब उन्नति करता है जब उस देश के वासी अपने राष्ट्र को नयी ऊंचाइयों तक ले जाते हैं| देश की समृद्धि इस बात पर निर्भर करती है कि वहां की अर्थव्यवस्था, सामाजिक समरूपता, न्याय व्यवस्था, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी एवं देशवासियों का सर्वांगीय कल्याण कितना उन्नतशील है| तकनीकी देशों के उत्थान की स्थिति में एक प्रमुख भूमिका निभाती है , विशेषतः अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर|

विज्ञान के क्षेत्र में निरंतर नवाचार एवं नयी तकनीकी विकसित करने से मानव जीवन और अधिक सुगम एवं आरामदायक हो गया है| उदाहरण स्वरुप अंतरिक्ष तकनीकी, रक्षा प्रौद्योगिकी, रोबोटिक्स, जैव प्रौद्योगिकी, नैनो तकनीकी, नाभिकीय तकनीकी, मानव को निरंतर नयी ऊंचाइयों पर ले जा रही हैं|

अंतरिक्ष तकनीकी

यदि कोई विकासशील देश अंतरिक्ष या आकाशीय पिंडों तक पहुँच जाता है तो अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर उसे मान्यता प्राप्त होती है और यह उस देश के लिए गौरव का विषय होता है| भारत चंद्रयान-3 के माध्यम से चन्द्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर सॉफ्ट लैंडिंग करने वाला पहला देश बन गया है, जो भारत देश की तकनीकी क्षमता का प्रमाण देता है| अक्सिओम-4 मिशन में भारतीय अंतरिक्ष यात्री ग्रुप कैप्टन शुभांशु शुक्ला की भागीदारी एवं भारतीय वैज्ञानिकों का योगदान सराहनीय है| भारत विश्व का पहला देश है जो आदित्य-एल1 के माध्यम से सूर्य एवं सौर-मंडल के पृथ्वी पर पड़ने वाले प्रभावों का अध्ययन कर सकेगा| गगनयान भारत का पहला मानवयुक्त अंतरिक्ष यान मिशन होगा जिसे भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) द्वारा शुरू किया गया है| उन्नत अंतरिक्ष तकनीकी का उपयोग करके देश अन्य छोटे देशों के उपग्रह लांच कर आर्थिक लाभ अर्जित कर सकता है एवं सामरिक महत्व भी बढ़ा सकता है|

रक्षा प्रौद्योगिकी

देश की सुरक्षा में रक्षा प्रौद्योगिकी का एक अहम योगदान होता है| उन्नत रक्षा तकनीकी देश की सुरक्षा में निर्णायक साबित होती है| मिसाइल सिस्टम, पनडुब्बी, नाभिकीय युद्धास्त्रा, युद्धपोत, इत्यादी देश को अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर सशक्त बनाते हैं| भारत में पृथ्वी, अग्नि, प्रलय, त्रिशूल, नाग, ब्रह्मोस, के-रेंज मिसाइलें हैं जो राष्ट्र को रणनीतिक मजबूती प्रदान करती हैं| प्रमुख रक्षा तकनीकियों में एक है स्टील्थ तकनीकी, जिसमें वायुयान या पनडुब्बी को दुश्मन के रडार में पकड़े जाने से रोका जा सकता है| ऐसी स्थिति में दुश्मन देश की निरंतर निगरानी की जा सकता है और देश को सुरक्षित रखा जा सकता है| स्टील्थ टेक्नोलॉजी लगाने के दो तरीके हैं- विशेष आकृति के ढांचे से वस्तु को ढंकना या विशेष रेडियो-अवशोषण करने वाले पदार्थ से वस्तु को पेंट करना|

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान में इलेक्ट्रो-

ऑप्टिक्स आधारित कम्पोनेंन्ट्स बनाये जाते हैं जिनका उपयोग रक्षा उपकरणों में होता है| इन्फ्रारेड सर्च एंड ट्रैकिंग प्रणाली विकसित की जा रही है जिसका उपयोग एयरबोर्न सिस्टम में किया जाएगा| इसमें एक लॉन्ग-रेंज-मल्टीटारगेट डिटेक्शन सिस्टम विकसित किया जा रहा है जो लगभग 50 किलोमीटर की रेंज में निगरानी करता रहेगा और कई टारगेट होने की स्थिति में सबकी रिपोर्ट जारी करेगा| इसके अतिरिक्त किसी एक टारगेट को लॉक करके उसका पीछा किया जा सकता है और आवश्यकता अनुसार कार्रवाई की जा सकती है| एक अन्य उपकरण है हैण्ड-हेल्ड-थर्मल-इमेजर जो स्थल सुरक्षा में बॉर्डर की निगरानी हेतु उपयोग किया जा रहा है| इसमें दिन व रात में दृष्टि (विज़न), लेज़र-रेंज-फाइंडर, जीपीएस , डीएमसी आदि तकनीकियों का प्रयोग होता है| लेज़र रेंज फाइंडर की सहायता से दुश्मन को 2.5 किलोमीटर दूर तक चिन्हित किया जा सकता है| इसमें डिजिटल मैग्नेटिक कंपास (डीएमसी) की सहायता से उत्तर दिशा के सन्दर्भ में बेअरिंग अर्थात कोण प्राप्त होता है| स्वयं की जीपीएस लोकेशन ज्ञात होने के कारण दुश्मन की अवस्थिति का पता लगाया जा सकता और घुसपैठ की प्रतिक्रिया दी जा सकती है|

जैव तकनीकी

जैव तकनीकी के क्षेत्र में निरंतर नवाचार किये जा रहे हैं| भारत में कृषि, स्वास्थ्य एवं दवाइयों, ऊर्जा एवं पर्यावरण क्षेत्र में जैव तकनीकी से नए आविष्कार किए जा रहे हैं| भारत में जेनेटिक इंजीनियरिंग का प्रयोग करके नई कृषि प्रजातियाँ विकसित की जा रही हैं जिनमें बीमारियों, कीटों, मौसम, बाढ़ एवं सूखे के प्रति अधिक प्रतिरोधक क्षमता होती है| साथ ही ये प्रजातियाँ मृदा की गुणवत्ता पर कम नकारात्मक प्रभाव डालती हैं| भारत वर्त्तमान में बीटी-कॉटन, बीटी-बैंगन, जीएम-सरसों, गोल्डन राइस फसलों का विकास कर चुका है और जीएम-रबर पर अनुसंधान जारी है| जेनेटिक इंजीनियरिंग के उपयोग से जटिल एवं दुःसाध्य रोगों के इलाज की संभावना भी बढ़ी है| जीन रिप्लेसमेंट थेरेपी से प्रभावित जीन को स्वस्थ जीन से बदला जा सकता है जिससे अनुवांशिक रोगों पर नियंत्रण किया जा सकता है|

रोबोटिक्स एवं नैनो तकनीकी

रोबोट औद्योगिकी, स्वास्थ्य एवं कृषि के क्षेत्र में अत्यंत उपयोगी साबित हो रहे हैं| पिक-टू-प्लेस रोबोट, वेल्डिंग एंड अस्सेम्ब्लिंग रोबोट औद्योगिक क्षेत्र में उपयोग किये जा रहे हैं| स्वास्थ्य क्षेत्र में रोबोटिक सिस्टम का प्रयोग करके सर्जरी भी की जा रही है| भारत के डॉक्टर तेजस पटेल (गुजरात) ने 100 एमबीपीएस इन्टरनेट स्पीड का उपयोग करके रोबोटिक सर्जरी करके अनोखा रिकॉर्ड बनाया है| वर्त्तमान में रोबोटिक नर्स का प्रचलन भी बढ़ रहा है- मित्र रोबोट एवं पृथ्वी रोबोट भारतीय स्वास्थ्य क्षेत्र में उपयोग किये जा रहे हैं| भारत में निर्मित नोश रोबोट 120 प्रकार के व्यंजन बना सकता है| कृषि क्षेत्र में ग्रीन सीकर सेंसर रोबोट फसल में पोषण तत्वों की कमी का पता लगा सकता है|

नैनो तकनीकी का मानव के जीवन पर प्रभाव बढ़ता जा रहा है| नैनो उत्पाद जैसे ग्राफीन, फ्लोरीन, चांदी एवं सोने के नैनोपार्टिकल नैनोतकनीकी में उपयोग होते हैं| कृषि के क्षेत्र में नैनो-उर्वरक परंपरागत उर्वरक से बेहतर कार्य करते हैं| साथ ही ज्यादा प्रभाव होने के कारण ये कम लागत में ज्यादा उत्पादन देते हैं| नैनो-जैव तकनीकी का उपयोग करके फसलों की गुणवत्ता एवं पोषक तत्त्व बढ़ाये जा सकते हैं|

सूचना प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में भी नैनो तकनीकी का उपयोग बढ़ता जा रहा है| भारत में नैनो तकनीकी आधारित ट्रांजिस्टर्स बनाए जा चुके हैं जो सिलिकॉन आधारित ट्रांजिस्टर्स की तुलना में ऊर्जा की बचत करते हैं| लॉजिक गेट्स को भी नैनो कंपोनेंट्स से बनाया जा चुका है जो भविष्य में क्वांटम कंप्यूटिंग की राह बनाती है| इसके आलावा जल शुद्धिकरण, स्वास्थ्य क्षेत्र एवं

वस्त्र उद्योग में भी नैनो तकनीकी का प्रयोग किया जा रहा है|

उन्नत विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी का महत्व

उन्नत विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी का देश के विकास में अमूल्य योगदान होता है|

1. देश की तरक्की में योगदानः विज्ञान एवं तकनीकी देश के विकास में हर क्षेत्र में योगदान देती है जैसे कृषि, स्वास्थ्य क्षेत्र, रक्षा एवं पर्यावरण क्षेत्र|
2. अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर मजबूतीः निरंतर नवाचार से देश को अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर सम्मान मिलता है एवं उन्नत तकनीकी का सही दिशा में प्रयोग किया जा सकता है|
3. मानव जीवन में योगदानः विज्ञान निरंतर मानव जीवन की कठिनाइयों को दूर कर उसे सरल एवं आरामदायक बना रहा है|
4. आर्थिक लाभः उन्नत तकनीकी उपकरणों का अन्य देशों से व्यापार कर देश आर्थिक लाभ भी अर्जित करते हैं|
5. बौद्धिक सम्पदा अधिकार(आई पी आर)ः नए आविष्कार पर व्यक्ति या संस्थान बौद्धिक सम्पदा अधिकार (इंटेलेक्चुअल प्रॉपर्टी राईट) प्राप्त कर सकता है| ऐसी स्थिति में उस व्यक्ति या संस्थान के राष्ट्र का महत्व बढ़ जाता है| इसके अतिरिक्त उस आविष्कार को किस दिशा में उपयोग करना है एवं कितना आर्थिक लाभ प्राप्त करना है वह उस व्यक्ति या संस्थान पर निर्भर होता है|

अतः विज्ञान में निरंतर शोध की आवश्यकता है जिससे देश प्रगतिशील बना रहे| इसके अतिरिक्त तकनीकी विकास की प्रक्रिया में सतत विकास लक्ष्यों को भी ध्यान में रखना चाहिए और पर्यावरण एवं पारिस्थितिकी तंत्र की सुरक्षा पर भी विचार करना चाहिए| तकनीकी विकास के साथ-साथ प्रकृति की भी देखभाल करनी चाहिए|

✷✷✷✷✷

रक्षा क्षेत्र में डीआरडीओ का योगदान

अमित कुमार पटेल

रक्षा अनुसंधान एवं विकास संस्थान (डीआरडीओ) भारत सरकार के रक्षा मंत्रालय के अधीन कार्यरत एक प्रतिष्ठित संस्था है, जिसकी स्थापना वर्ष 1958 में हुई थी। डीआरडीओ का मुख्य उद्देश्य भारत को अत्याधुनिक रक्षा प्रौद्योगिकियों से सशक्त बनाना है। रक्षा क्षेत्र में आत्मनिर्भरता के लिए डीआरडीओ ने पृथ्वी और अग्नि मिसाइल श्रंखला, ब्रह्मोस मिसाइल जैसी कई महत्वपूर्ण मिसाइल एवं सामरिक प्रणालियों और साथ ही रडार, इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणाली और अत्याधुनिक उपकरणों का विकास किया है, जो भारतीय सेना को अधिक सक्षम बनाते हैं। इसके अतिरिक्त डीआरडीओ ने हिन्दुस्तान ऐरोनॉटिक्स लिमिटेड (एचएएल) के साथ मिलकर स्वदेशी लड़ाकू विमान तेजस का निर्माण किया है, जो एक बहु-भूमिका वाला लड़ाकू विमान है।

डीआरडीओ ने जल, थल और वायु सेनाके सहयोग हेतु कई महत्वपूर्ण उपलब्धियाँ हासिल की हैं, जिनमें मीडियम-रेंज सरफेस-टू-एयर मिसाइल (MR-SAM), एंटी-ड्रोन सिस्टम, रुद्रम-II एयर-टू-सर्फेस मिसाइल सिस्टम, त्रि-सेवा एकीकरण आदि प्रमुख हैं।

- मीडियम-रेंज सरफेस-टू-एयर मिसाइल (MR-SAM): डीआरडीओ और इस्राइल एयरोस्पेस इंडस्ट्रीज द्वारा संयुक्त रूप सेविकसित MR-SAM का सफल परीक्षण किया गया है। यह मिसाइल जल, थल औरवायु सेना के लिए उपयुक्त है।
- एंटी-ड्रोन सिस्टमः डीआरडीओ द्वारा विकसित एंटी-ड्रोन सिस्टम को जल, थल औरवायु सेना ने अपनाया है। यह सिस्टम ड्रोन का पतालगाने, रोकने और नष्टकरने में सक्षम है।
- रुद्रम-II एयर-टू-सर्फेस मिसाइलः डीआरडीओ ने रुद्रम-II मिसाइल का सफलपरीक्षण किया है, जो वायुसेना के लिए एक महत्वपूर्ण हथियार है।
- त्रि-सेवा एकीकरणःडीआरडीओ ने जल, थल और वायु सेना के बीच एकीकरण को बढ़ावा देनेके लिए कई प्रयास किए हैं, जैसे कि संयुक्त अभ्यास और प्रशिक्षण कार्यक्रम।

डीआरडीओ कीइन उपलब्धियों से जल, थल औरवायु सेना के बीच सहयोग और समन्वय मेंसुधार हुआ है, जिससे देश कीरक्षा क्षमताएं मजबूत हुई हैं। इसके अतिरिक्त डीआरडीओ ने भारत के तीनों सेनाओं के लिए कई तकनीकों का विकास किया है।

नौसेना के सहयोग हेतु डीआरडीओ का योगदान

भारत में जलसेना के सहयोग के लिए डीआरडीओ की नवीनतम उपलब्धियाँ अत्यधिक प्रभावशाली हैं और भारतकी समुद्री क्षमताओं को मजबूत करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं । डीआरडीओ ने जलसेना यानी भारतीय नौसेना औरतटरक्षक बल के लिए विभिन्न आधुनिक तकनीकों का विकास किया है -

नौसेना प्लेटफ़ॉर्म औरसिस्टम

- स्वदेशी विमानवाहक पोतः डीआरडीओ ने भारतके पहले स्वदेशी विमानवाहक पोत,

आईएनएस विक्रांत के विकास में योगदान दिया है, जिसमेंरडार और संचार प्रणालियों जैसी तकनीकें शामिल हैं।

- उन्नत युद्धपोत और पनडुब्बियां: डीआरडीओ ने युद्धपोतों और पनडुब्बियों की क्षमताओं को बढ़ाने के लिए तकनीकें विकसित की हैं, जिनमें कलवरी-क्लास पनडुब्बियां शामिल हैं।

पानी के नीचे युद्ध और निगरानी

- स्वायत्त पानी केनीचे वाहन (एयूवी) और मानव रहितसतह वाहन (यूएसवी): डीआरडीओ एयूवी और यूएसवी विकसित कर रहा है जो उच्च जोखिम वाले वातावरण में नौसेना के संचालन को बढ़ाने के लिए खदान का पता लगाने, टोही और निगरानी मिशनों के लिए हैं।
- उन्नत सोनार सिस्टम: डीआरडीओ ने तटीय क्षेत्रों में पनडुब्बियों का बेहतर पता लगाने के लिए HUMSA-NG जैसे सोनार सिस्टम विकसित किए हैं।

मिसाइल और हथियार सिस्टम

- ब्रह्मोस सुपरसोनिक क्रूज मिसाइल: ब्रह्मोस मिसाइल के एकीकरण ने भारतीय नौसेना की हमले की क्षमता में काफी वृद्धि की है।
- नौसेना एंटी-शिप मिसाइल: डीआरडीओ ने नौसेना एंटी-शिप मिसाइल का पहला सीकर-गाइडेड उड़ान परीक्षण किया है।

इलेक्ट्रॉनिक युद्ध औरएआई

- इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणाली: डीआरडीओ ने नौसेना की इलेक्ट्रॉनिक युद्ध क्षमताओं को बढ़ाने के लिए शक्ति ईडब्ल्यू सिस्टम जैसी प्रणालियां विकसित की हैं।
- पूर्वानुमानितरखरखाव के लिए एआई: डीआरडीओ नौसेना की संपत्तियों के पूर्वानुमानित रखरखाव के लिए एआई टूल्स पर कामकर रहा है, जिससे डाउनटाइम कम होता हैऔर परिचालन तत्परता बढ़ती है।

इसके अतिरिक्त डीआरडीओ ने भारतीय नौसेना और तटरक्षक बलों के सहयोग हेतु समुद्री जलशुद्धिकरण तकनीक का भी विकास किया है। इसके लिए डीआरडीओ ने समुद्री जल कोमीठे पानी में बदलने हेतु एक स्वदेशी नैनोपोरस मल्टीलेयर्ड पॉलीमर झिल्ली विकसित की है। यह तकनीक भारतीय तटरक्षक बल के ऑफशोर पेट्रोलिंग वेसल परपरीक्षण के लिए उपयोग कीजा रही है।

डीआरडीओ की इन उपलब्धियों से जल सेना कोमजबूत बनाने और आत्मनिर्भरता बढ़ाने में मदद मिलेगी।

थल सेना के सहयोग हेतु डीआरडीओ का योगदान

डीआरडीओ ने भारतीय थल सेना की क्षमताओं को बढ़ाने में महत्वपूर्ण योगदान दियाहै। डीआरडीओ ने अत्याधुनिक हथियारों और प्रणालियों का विकास किया है, जिसने भारतीय थल सेना को तकनीकी रूप से सशक्त एवं आत्मनिर्भर बनाया है और उसकी युद्ध क्षमता में वृद्धि हुई है -

आर्टिलरी और मिसाइल सिस्टम

- एडवांस्ड टोएड आर्टिलरी गन सिस्टम (ATAGS): गन 8 और 9 के सफल परीक्षण आर्टिलरी प्रौद्योगिकी में एक छलांग का संकेत देते हैं।
- पिनाका एरिया डेनियल म्यूनिशन: रेगिस्तान और उच्च ऊंचाई वाले वातावरण में सफल उपयोगकर्ता परीक्षण क्षेत्र से इनकार संचालन में थल सेना की क्षमताओं को बढ़ाते हैं।

- हेलीकॉप्टर-लॉन्च नाग (HELINA) मिसाइल सिस्टमः उपयोगकर्ता मूल्यांकन परीक्षणों ने प्रभावशीलता और विश्वसनीयता का प्रदर्शन किया।

लड़ाकू वाहन और इंजीनियरिंग

- मुख्य युद्धक टैंकअर्जुनः डीआरडीओ ने भारत का पहला स्वदेशी मुख्य युद्धक टैंक विकसित किया।
- माउंटेड गन सिस्टम (MGS): सफल डिजाइन, गतिशीलता औरफायरिंग परीक्षण लड़ाकू इंजीनियरिंग में डीआरडीओ की क्षमता को उजागर करते हैं।

सेंसर और इलेक्ट्रॉनिक युद्ध

- वेपन लोकेटिंग रडार(WLR) 'स्वाति': युद्धक्षेत्र निगरानी कोबढ़ाने के लिए भारतीय थल सेनाके लिए विकसित किया गया।
- इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणालीः डीआरडीओ ने थल सेना के लिए 'संयुक्त' जैसी प्रणालियां विकसित की हैं।

सीमा सुरक्षा और निगरानी

- एंटी-ड्रोन सिस्टमः डीआरडीओ नेडी 4 (ड्रोन डिटेक्ट, डिटर, डिस्ट्रॉय) सिस्टम विकसित किया है जो राजस्थान जैसे संवेदनशील सीमाओं के साथ तैनाती के लिए है। यह सिस्टम 4-8 किमी के भीतर ड्रोन का पता लगा सकता है, ट्रैक कर सकता है और उन्हें निष्क्रिय कर सकता है, जिसमें "सॉफ्ट किल" और "हार्ड किल" विकल्प शामिल हैं।
- राजस्थान सीमापर तैनातीः डी4 सिस्टम को बीकानेर, गंगानगर और जैसलमेर में पाकिस्तान द्वारा प्रायोजित ड्रोन प्रवेश और मादक पदार्थों की तस्करी का मुकाबला करने के लिए तैनात किया गया है। यह पाकिस्तान से भेजे गए 600 से अधिकड्रोन को नष्ट करने में प्रभावी रहा है।
- उन्नत रडारसिस्टमः डीआरडीओ ने लॉन्ग रेंज बैटल मैनेजमेंट रडार (LRBMR) विकसित किया है जिसकी पता लगाने की सीमा 500 किमी तक है, जिससे निगरानी क्षमता में वृद्धि हुई है।
- सीमा निगरानी के लिए सहयोगः डीआरडीओ बीएसएफ के साथ उपग्रह इमेजरी और अन्यतकनीकों का उपयोग करके विशेष रूप से बांग्लादेश सीमा के साथ सुंदरबन जैसे संवेदनशील क्षेत्रों में निगरानी बढ़ाने केलिए काम कर रहा है।

इन प्रगतियों से डीआरडीओ की भारत की थल सेना और सीमा सुरक्षा को अत्याधुनिक प्रौद्योगिकी के माध्यम से मजबूत करने की प्रतिबद्धता परिलक्षित होती है।

वायु सेना के सहयोग हेतु डीआरडीओ का योगदान

डीआरडीओ ने अत्याधुनिक प्रौद्योगिकियों के साथ भारत की वायु सुरक्षा को बढ़ाने में महत्वपूर्ण प्रगति की है और भारतीय वायु सेना के सहयोग के लिए विभिन्न महत्वपूर्ण योगदान किये हैं, जिनमें स्वदेशी रक्षा तकनीकों का विकास, उन्नत विमान और ड्रोन का डिज़ाइन, अस्त्र मिसाइल और अन्य हथियार प्रणालियों का निर्माण, रडार और इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणालियाँ विकसित करना और वायु सेना के लिए अत्याधुनिक बम व रॉकेट विकसित करना शामिल है -

वायु रक्षा प्रणाली

- अकाश मिसाइल प्रणालीः एक मध्यम श्रेणी की सतह सेहवा में मार करने वाली मिसाइल प्रणाली जो भारतीय सेना और वायु सेना को वायु रक्षा समर्थन प्रदान करती है।
- VSHORADS: सेना केलिए कम उड़ान वाले विमान, ड्रोन और हेलीकॉप्टरों का मुकाबला करने

के लिए डिज़ाइन किया गया एक पोर्टेबल वायु रक्षा प्रणाली।

- एलसीए तेजसः डीआरडीओ नेलाइट कॉम्बैट एयरक्राफ्ट तेजस केविकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई, जो एक बहु-भूमिका वाला लड़ाकू विमान है।
- उन्नत प्रौद्योगिकियांः डीआरडीओ भविष्य की वायु रक्षा क्षमताओं के लिए हाइपरसोनिक मिसाइल, लेजर हथियार और एआई-आधारित प्रणालियों जैसी अत्याधुनिक प्रौद्योगिकियों पर काम कररहा है।
- उन्नत हथियार और मिसाइलः डीआरडीओ ने हवा से हवा में और हवा से जमीन पर मार करने वाली कई मिसाइलों का विकास किया है, जैसे कि अस्त्र और रुद्रम-II मिसाइल और साथ ही हवाई और जमीन आधारित रॉकेट पॉड भी विकसित किये हैं।
- रडार और निगरानी प्रणालियाँः डीआरडीओ ने भारतीय वायु सेना के लिए नेत्र नामक एयरबॉर्न अर्ली वार्निंग एंड कन्ट्रोल (AEW&C) प्रणाली विकसित की है, जो एक महत्वपूर्ण बल गुणक है। असके अलावा डीआरडीओ ने अन्य कई प्रकार के रडार और सीमा निगरानियाँ प्रणालियाँ भी विकसित की हैं।
- इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणालीः डीआरडीओ ने उन्नत इलेक्ट्रॉनिक युद्ध (EW) प्रणालियाँ

एकीकृत वायुरक्षा हथियार प्रणाली (IADWS)

डीआरडीओ ने 23 अगस्त, 2025 को ओडिशा केतट पर IADWS का पहला उड़ान परीक्षण सफलतापूर्वक आयोजित किया। यह प्रणाली स्वदेशी क्विक रिएक्शन सरफेस-टू-एयर मिसाइलों (QRSAM), वेरी शॉर्ट रेंज एयर डिफेंस सिस्टम (VSHORADS), और एक उच्च-शक्ति लेजर-आधारित निर्देशित ऊर्जा हथियार (DEW) को मिलाकर बहुस्तरीय वायु रक्षा केलिए है।

IADWS की मुख्य विशेषताएं

- निर्देशित ऊर्जा हथियार (DEW):त्वरित,लागत प्रभावी जुड़ाव केलिए एक उच्च-शक्ति लेजर प्रणाली।
- क्विक रिएक्शन सरफेस-टू-एयर मिसाइलें (QRSAM): 30-35 किमी तक मध्यम श्रेणी की सुरक्षा प्रदान करती हैं।
- वेरी शॉर्ट रेंज एयर डिफेंस सिस्टम (VSHORADS): 6-7 किमी के भीतर कम उड़ान वाले विमान, ड्रोन और हेलीकॉप्टरों को लक्षित करता है।
- बहुस्तरीय रक्षा क्षमताः IADWS ने विभिन्न श्रेणियों और ऊंचाइयों पर कई हवाई लक्ष्यों, जिनमें ड्रोन भी शामिल हैं, को भेदने और नष्ट करनेकी अपनी क्षमता का प्रदर्शन किया। यह दुश्मन के हवाई खतरों के खिलाफ महत्वपूर्ण सुविधाओं के लिए भारत की क्षेत्र रक्षा को बढ़ाता है।
- स्वदेशी प्रौद्योगिकियांः IADWS के सभी घटक भारतीय उद्योगों के सहयोग से स्वदेशी रूप से विकसित किए गए हैं, जो भारत की आत्मनिर्भर भारत पहल के अनुरूप है।

इन उपलब्धियों से डीआरडीओ की भारत की वायु रक्षा क्षमताओं को स्वदेशी प्रौद्योगिकियों के साथ मजबूत करने की प्रतिबद्धता परिलक्षित होती है।

✷✷✷✷✷

रक्षा के क्षेत्र में गुणवत्ता और विश्वसनीयता

मधुसूदन उपाध्याय

गुणवत्ता और विश्वसनीयता आज के प्रतिस्पर्धी वैश्विक बाजार में, किसी भी संगठन की सफलता दो स्तंभों पर टिकी होती है : गुणवत्ता (Quality) और विश्वसनीयता (Reliability)।

किसी भी उत्पाद की गुणवत्ता यह बताती है कि यह उत्पाद ग्राहकों की अपेक्षाओं को कितना पूरा करता है, वहीँ विश्वसनीयता यह सुनिश्चित करती है कि यह उत्पाद लंबे समय तक सही ढंग से काम करेगा। भारत सरकार गुणवत्ता आश्वासन (QA) रणनीतिक बना रही है ताकि 'मेक इन इंडिया' उत्पाद वैश्विक मानकों पर खरा उतरें। रक्षा मंत्री जी ने 08 मई 2025 को 'राष्ट्रीय गुणवत्ता सम्मेलन' के अपने संबोधन में कहा कि हमारे उच्च गुणवत्तापूर्ण उपकरणों से लेस होने से 'ऑपरेशन सिन्दूर' को सफलतापूर्वक अंजाम दिया जा सका। जिस मे डीआरडीओ की महत्वपूर्ण भूमिका रही।

रक्षा एवं अनुसंधान का मुख्य उद्देश्य सशस्त्र बलों को अत्याधुनिक हथियारों और प्रौद्योगिकियों से लैस करना है। किसी भी युद्ध या रक्षात्मक स्थिति में, एक हथियार की सफलता दो मुख्य कारकों पर टिकी होती है: क्या वह सटीक रूप से काम कर रहा है (गुणवत्ता), और क्या वह हर बार, हर परिस्थिति में काम करेगा (विश्वसनीयता)।

रक्षा के क्षेत्र में गुणवत्ता का अर्थ केवल उत्पाद का अच्छा दिखना नहीं है, बल्कि इसका अर्थ 'शून्य दोष' (Zero Defect) है।

रक्षा एक ऐसा क्षेत्र है जहाँ एक छोटी सी चूक की कीमत राष्ट्र की सुरक्षा और सैनिकों के जीवन से चुकानी पड़ सकती है। यहाँ 'गुणवत्ता' (Quality) और 'विश्वसनीयता' (Reliability) केवल मानक नहीं, बल्कि सफलता की अनिवार्य शर्तें हैं। (विश्वसनीयता)। इसके लिए हमें यह जानना अति आवश्यक है कि गुणवत्ता और विश्वसनीयता क्या है ?

गुणवत्ता (Quality)

गुणवत्ता का अर्थ महंगा या शानदार होना ही नहीं है। कुछ प्रबंधन विशेषज्ञों के अनुसार इसके अलग-अलग अर्थ है ।

- एडवर्ड्स डेमिंग (Edwards Deming): गुणवत्ता का अर्थ है "उपभोक्ता की वर्तमान और भविष्य की जरूरतों को पूरा करना।"
- जोसेफ जुरान (Joseph Juran): गुणवत्ता का अर्थ है "उपयोग के लिए उपयुक्तता" (Fitness for use)।
- फिलिप Crosby: गुणवत्ता का अर्थ है "आवश्यकताओं के अनुरूप होना" (Conformance to requirements)।

गुणवत्ता के आयाम (Dimensions of Quality)

डेविड गार्विन ने गुणवत्ता के आठ प्रमुख आयाम बताए हैं:

- प्रदर्शन (Performance): उत्पाद की प्राथमिक कार्यक्षमता।

- विशेषताएँ (Features): अतिरिक्त सुविधाएँ।
- अनुरूपता (Conformance): स्थापित मानकों को पूरा करना।
- स्थायित्व (Durability): उत्पाद का जीवनकाल।
- सेवा क्षमता (Serviceability): मरम्मत में आसानी।
- सौंदर्य (Aesthetics): दिखने और महसूस करने में कैसा है।
- अनुमानित गुणवत्ता (Perceived Quality): ब्रांड की प्रतिष्ठा।

विश्वसनीयता (Reliability)

विश्वसनीयता गुणवत्ता का ही एक समय-आधारित पहलू है। इसे इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है:

"किसी उत्पाद या प्रणाली द्वारा एक विशिष्ट समय अवधि के लिए, विशिष्ट परिस्थितियों में, बिना किसी विफलता के अपना निर्धारित कार्य करने की संभावना।"

विश्वसनीयता के चार मुख्य तत्व

- संभावना (Probability): यह एक सांख्यिकीय माप है।
- पर्याप्त प्रदर्शन (Adequate Performance): उत्पाद को वह काम करना चाहिए जिसके लिए उसे बनाया गया है।
- समय (Time): वह अवधि जिसके दौरान उत्पाद काम करता है (जैसे वारंटी अवधि)।
- परिस्थितियाँ (Operating Conditions): तापमान, आर्द्रता और दबाव जैसी स्थितियाँ जिनमें उत्पाद का उपयोग किया जाता है।

गुणवत्ता प्रबंधन के सिद्धांत (Quality Management Principles)

गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए TQM (Total Quality Management) और Six Sigma जैसी प्रणालियों का उपयोग किया जाता है।

संपूर्ण गुणवत्ता प्रबंधन (Total Quality Management)

TQM एक संगठन-व्यापी दृष्टिकोण है जिसमें हर कर्मचारी गुणवत्ता के लिए जिम्मेदार होता है। इसका मुख्य उद्देश्य सभी पहलुओं में निरंतर सुधार करके सर्वोच्च ग्राहक संतुष्टि प्राप्त करने पर केन्द्रित है । जिसका उद्देश्य शून्य दोष (Zero Defects) प्राप्त करना ।

सिक्स सिग्मा (Six Sigma)

यह एक सांख्यिकीय पद्धति है जिसका उद्देश्य प्रक्रिया में भिन्नता (Variation) को कम करना है। इसका मुख्य उद्देश्य उत्पाद या सेवा की गुणवत्ता में सुधार करना है। सिक्स सिग्मा स्तर का अर्थ है कि प्रति 10 लाख अवसरों में केवल 3.4 दोष।

इसका मुख्य ढांचा DMAIC है:

- परिभाषित करना D (Define): समस्या को परिभाषित करना।
- मापना M (Measure): वर्तमान प्रक्रिया को मापना।
- विश्लेषण करना A (Analyze): मूल कारण का विश्लेषण ।
- सुधारना I (Improve): प्रक्रिया में सुधार।
- नियंत्रण C (Control): सुधार को बनाए रखना।

विश्वसनीयता इंजीनियरिंग (Reliability Engineering)

विश्वसनीयता बढ़ाने के लिए इंजीनियर विभिन्न सांख्यिकीय मॉडल का उपयोग करते हैं।

प्रमुख सांख्यिकीय मेट्रिक्स:

- दो विफलताओं के बीच का औसत समय (मरम्मत योग्य प्रणालियों के लिए) : MTBF (Mean Time Between Failures) ।
- विफलता का औसत समय (गैर-मरम्मत योग्य जैसे बल्ब के लिए) : MTTF (Mean Time To Failure) ।
- प्रति इकाई समय में विफलताओं की संख्या: Failure Rate (\lambda) ।

इसे अक्सर बाथटब कर्व (Bathtub Curve) के माध्यम से समझा जाता है:

- निर्माण दोषों के कारण शुरुआत में होने वाली विफलताएं : Early Failure Phase ।
- स्थिर और कम विफलता दर : Useful Life Phase ।
- घिसावट के कारण विफलताओं में वृद्धि:Wear-out Phase ।

गुणवत्ता और विश्वसनीयता का महत्व

- लागत में कमी (Cost Reduction): कम दोषों का अर्थ है कम बर्बादी और कम री-वर्क ।
- ग्राहक संतुष्टि: भरोसेमंद उत्पाद ब्रांड वैल्यू बढ़ाते हैं ।
- अनुपालन: सुरक्षा मानकों को पूरा करना अनिवार्य है (जैसे ISO 9001) ।
- प्रतिस्पर्धी लाभ: बेहतर गुणवत्ता वाली कंपनी बाजार में लंबे समय तक टिकी रहती है ।
- सटीक विनिर्देश (Precision Specifications): मिसाइल, रडार और लड़ाकू विमानों के निर्माण में सूक्ष्म स्तर की सटीकता आवश्यक है । एक छोटी सी भी त्रुटि पूरे मिशन को विफल कर सकती है ।
- सामग्री की उत्कृष्टता: रक्षा उपकरणों में उपयोग होने वाले धातु, कंपोजिट और इलेक्ट्रॉनिक घटक उच्च गुणवत्ता के होने चाहिए ताकि वे उच्च तापमान और दबाव को सहन कर सकें ।
- विश्वसनीयता (Reliability): भरोसे की कसौटी विश्वसनीयता वह संभावना है कि कोई प्रणाली एक निश्चित समय के लिए निर्दिष्ट परिस्थितियों में अपना कार्य सफलतापूर्वक करेगी ।
- विपरीत परिस्थितियाँ: भारतीय संदर्भ में, हथियारों को सियाचिन की -40°C ठंड से लेकर राजस्थान के 50°C के रेगिस्तान तक समान रूप से काम करना पड़ता है ।
- रखरखाव और स्थायित्व: एक विश्वसनीय उपकरण वह है जिसे बार-बार मरम्मत की आवश्यकता न हो और जिसका 'मीन टाइम बिटवीन फेलियर' (MTBF) अधिक हो ।

डीआरडीओ (DRDO) की भूमिका और गुणवत्ता मानक

भारत में DRDO रक्षा अनुसंधान का केंद्र है । यहाँ गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए DGAQA (Directorate General of Aeronautical Quality Assurance) और DGQA जैसे निकाय काम करते हैं ।

- डिज़ाइन से डिलीवरी तक: गुणवत्ता का ध्यान केवल निर्माण स्तर पर ही नहीं, बल्कि डिज़ाइन के पहले चरण से ही रखा जाता है ।
- परीक्षण (Testing): हर हथियार को 'हॉट ट्रायल', 'कोल्ड ट्रायल' और 'यूजर ट्रायल' से गुजरना पड़ता है ।

प्रमुख गुणवत्ता मानक (Standards Followed)

डीआरडीओ (DRDO) मुख्य रूप से निम्नलिखित अंतरराष्ट्रीय और स्वदेशी मानकों का उपयोग करता है:

- सैन्य मानक MIL-STD (Military Standards): अमेरिकी सैन्य मानकों का पालन, जो विश्व स्तर पर सबसे कठोर माने जाते हैं।
- संयुक्त सेवा विशिष्टताएँ JSS (Joint Services Specifications): भारतीय सशस्त्र बलों के लिए विशेष रूप से तैयार किए गए मानक
- एयरोस्पेस गुणवत्ता प्रबंधन प्रणाली मानक AS9100: एयरोस्पेस और रक्षा क्षेत्र के लिए अंतरराष्ट्रीय गुणवत्ता प्रबंधन प्रणाली।

आत्मनिर्भर भारत और गुणवत्ता का समन्वय

हमारा संगठन DRDO अब निजी उद्योगों के साथ मिलकर काम कर रहा है। इसके लिए विकास सह उत्पादन भागीदार 'Development cum Production Partner' (DcPP) मॉडल अपनाया गया है, जहाँ गुणवत्ता सुनिश्चित करने की जिम्मेदारी DRDO और निजी कंपनी दोनों की होती है। इससे उत्पादन की गति बढ़ती है और गुणवत्ता से समझौता नहीं होता।

भारत अब 'मेक इन इंडिया' के तहत रक्षा निर्माण का केंद्र बन रहा है। इस संदर्भ में गुणवत्ता का महत्व और बढ़ जाता है:

- DRDO की भूमिका: अनुसंधान और विकास के स्तर पर ही 'डिजाइन द्वारा गुणवत्ता' (Quality by Design) को शामिल करना।
- निजी क्षेत्र की भागीदारी: टाटा, एलएंडटी और महिंद्रा जैसी कंपनियों द्वारा वैश्विक मानकों को अपनाना।
- निर्यात क्षमता: भारत अब फ्रांस, अमेरिका जैसे कई देशों को निर्यात कर रहा है, जो स्वदेशी रक्षा उत्पादों की विश्वसनीयता का प्रमाण है। 2024-25 में रक्षा उत्पाद निर्यात ₹ 23,622 करोड़ के रिकार्ड स्तर पर पहुँचा है।

गुणवत्ता नियंत्रण बनाम गुणवत्ता आश्वासन (QC vs QA)

रक्षा उत्पादन में प्रमुख स्तंभ इस प्रकार से होते हैं:

- गुणवत्ता नियंत्रण (Quality Control): उत्पाद बनने के बाद उसमें खामियां ढूंढना।
- गुणवत्ता आश्वासन (Quality Assurance): प्रक्रिया को इतना सुदृढ़ बनाना कि दोष पैदा ही न हों।
- गुणवत्ता आश्वासन महानिदेशालय (Directorate General of Quality Assurance): भारत सरकार रक्षा मंत्रालय के रक्षा उत्पादन विभाग के अंतर्गत कार्यरत एक प्रमुख संगठन है, जो भारतीय सशस्त्र बलों के लिए रक्षा उपकरणों के निरीक्षण और गुणवत्ता सुनिश्चित करता है।

निष्कर्ष

गुणवत्ता एक यात्रा है, मंजिल नहीं। गुणवत्ता यह सुनिश्चित करती है कि उत्पाद ग्राहक की जरूरत के हिसाब से "सही बना है", विश्वसनीयता यह सुनिश्चित करती है कि वह उत्पाद "सही बना रहता है"। एक सफल व्यवसाय को इन दोनों के बीच संतुलन बनाना आवश्यक है।

रक्षा एवं अनुसंधान में गुणवत्ता और विश्वसनीयता का कोई विकल्प नहीं है। यह न केवल इंजीनियरिंग का विषय है, बल्कि यह राष्ट्रीय सुरक्षा का एक स्तंभ है। गुणवत्तापूर्ण स्वदेशी उपकरण न केवल आयात निर्भरता कम करते है, बल्कि हमारी सेनाओं को युद्ध के मैदान में

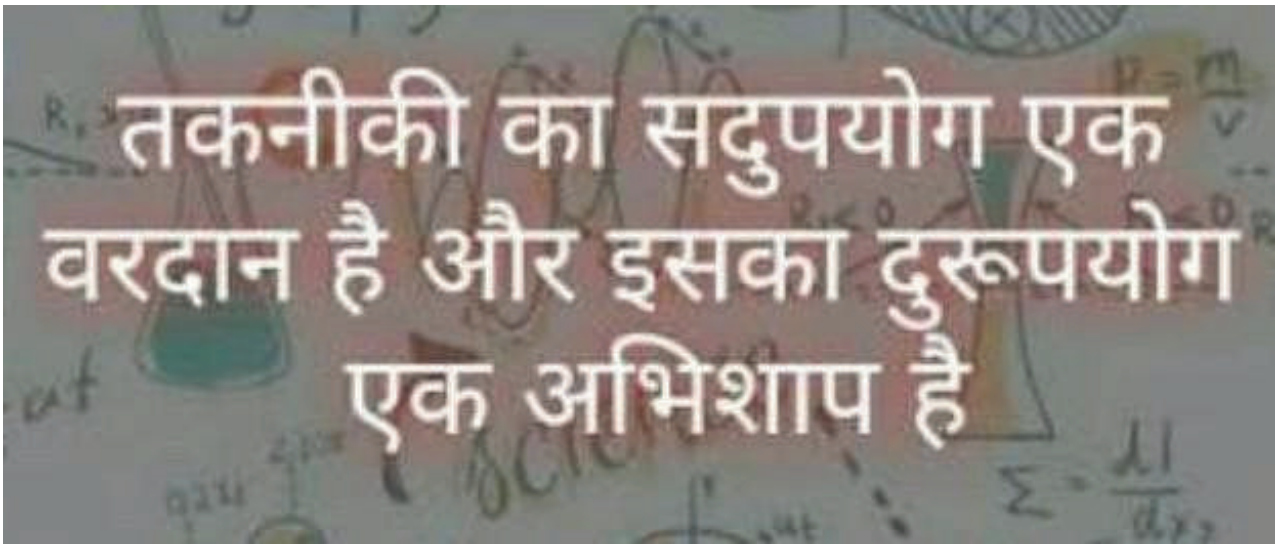
निर्णायक बढ़त भी प्रदान करते है। 'ऑपरेशन सिन्दूर' (7 मई 2025) में 'डीआरडीओ' द्वारा विकसित स्वदेशी हथियार प्रणालियों ने निर्णायक भूमिका निभाई। आने वाले समय में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (AI) और मशीन लर्निंग के एकीकरण के साथ, इन मानकों को और अधिक कठोर बनाने की आवश्यकता होगी।

संदर्भ

वेबसाइट:

- https://www.pib.gov.in
- https://www.drishtiias.com
- https://www.google.com
- https://www.wikipedia.org

✷✷✷✷✷



संकल्प - तकनीकी पत्रिका
2025-26 | अंक - 5

राष्ट्र के विकास में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी: आधुनिक चिकित्सा प्रौद्योगिकियों का वैज्ञानिक विश्लेषण

प्रकाश नीरव

सारांश

मानव सभ्यता का इतिहास इस तथ्य का साक्षी है कि विज्ञान जब समाज की वास्तविक समस्याओं से जुड़ता है, तभी वह परिवर्तनकारी शक्ति बनता है। आधुनिक चिकित्सा प्रौद्योगिकियाँ इसी परिवर्तन का उदाहरण हैं। जीनोमिक्स, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, टेलीमेडिसिन, नैनोमेडिसिन, रोबोटिक सर्जरी और बायोनिक अंग जैसी तकनीकें चिकित्सा को अनुभव आधारित कला से डेटा आधारित विज्ञान में रूपांतरित कर रही हैं।

यह शोधपत्र इस प्रश्न की पड़ताल करता है कि क्या चिकित्सा तकनीकें केवल उपचार का साधन हैं, या वे राष्ट्र की प्रगति की आधारशिला भी बन सकती हैं। अध्ययन से स्पष्ट होता है कि वैज्ञानिक चिकित्सा न केवल जीवन की गुणवत्ता सुधारती है, बल्कि आर्थिक उत्पादकता, सामाजिक समानता और वैज्ञानिक आत्मनिर्भरता को भी सुदृढ़ करती है।

प्रस्तावना

विज्ञान का स्वभाव प्रश्न पूछना है। चिकित्सा विज्ञान का प्रश्न सदैव एक ही रहा है - "मनुष्य क्यों बीमार पड़ता है, और उसे स्वस्थ कैसे रखा जाए?"

पूर्वकाल में रोगों की व्याख्या अनुमान और अनुभव पर आधारित थी। आज विज्ञान ने हमें शरीर को अणुओं, कोशिकाओं और जीनों के स्तर पर समझने की क्षमता दी है। यह परिवर्तन वैसा ही है जैसा खगोल विज्ञान में हुआ - जब आकाश केवल रहस्य नहीं रहा, बल्कि नियमों से संचालित ब्रह्मांड सिद्ध हुआ।

इसी प्रकार आधुनिक चिकित्सा ने यह स्पष्ट किया है कि स्वास्थ्य संयोग नहीं, बल्कि वैज्ञानिक समझ का परिणाम है। इसलिए किसी राष्ट्र की प्रगति अब केवल आर्थिक संसाधनों से नहीं, बल्कि उसके नागरिकों के स्वास्थ्य से निर्धारित होती है।

जीनोमिक्स और व्यक्तिगत चिकित्सा

मानव शरीर एक जैविक प्रणाली है, जिसका मूल निर्देश डीएनए में निहित है। जीनोमिक्स ने पहली बार यह संभव किया कि हम रोग के लक्षणों के बजाय उसके कारणों को समझ सकें।

डीएनए अनुक्रमण तकनीक की लागत में तीव्र कमी ने व्यक्तिगत चिकित्सा की अवधारणा को व्यवहारिक बना दिया है। अब उपचार "औसत रोगी" के लिए नहीं, बल्कि विशिष्ट व्यक्ति के लिए निर्धारित किया जा सकता है।

CRISPR-Cas9 तकनीक इस दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है। यह जीन संपादन की ऐसी विधि है जो जैविक त्रुटियों को ठीक करने की संभावना प्रस्तुत करती है। किंतु यहाँ विज्ञान हमें सावधान भी करता है - हर तकनीकी क्षमता का उपयोग नैतिक विवेक के साथ होना आवश्यक है।

डिजिटल स्वास्थ्य और टेलीमेडिसिन

संचार तकनीक ने चिकित्सा की भौगोलिक सीमाएँ समाप्त कर दी हैं। टेलीमेडिसिन ने यह सिद्ध किया कि विशेषज्ञता स्थान पर निर्भर नहीं, बल्कि ज्ञान पर निर्भर है।

भारत जैसे विशाल देश में, जहाँ चिकित्सकों का वितरण असमान है, डिजिटल स्वास्थ्य प्रणाली स्वास्थ्य सेवाओं के लोकतंत्रीकरण का माध्यम बन सकती है।

वेयरेबल उपकरण और कृत्रिम बुद्धिमत्ता स्वास्थ्य को निरंतर निगरानी योग्य प्रक्रिया बना रहे हैं। इससे चिकित्सा का स्वरूप उपचार से बदलकर रोकथाम की दिशा में अग्रसर हो रहा है।

नैनोटेक्नोलॉजी और बायोमेडिकल इंजीनियरिंग

नैनोमेडिसिन यह दर्शाती है कि विज्ञान में आकार का महत्व सापेक्ष होता है। अत्यंत सूक्ष्म कण अब दवाओं को शरीर के विशिष्ट भाग तक पहुँचाने में सक्षम हैं, जिससे उपचार अधिक प्रभावी और सुरक्षित बनता है।

इसी प्रकार 3D बायोप्रिंटिंग जीवित ऊतकों के निर्माण की दिशा में कार्य कर रही है। यह तकनीक भविष्य में अंग प्रत्यारोपण की समस्या को कम कर सकती है।

यहाँ विज्ञान हमें सिखाता है कि प्रकृति की जटिलता को समझने के लिए धैर्य और अंतर्विषयक दृष्टिकोण आवश्यक है।

रोबोटिक सर्जरी और बायोनिक अंग

रोबोटिक सर्जरी ने मानव कौशल और मशीन की सटीकता का संयोजन प्रस्तुत किया है। सर्जन का अनुभव और रोबोट की स्थिरता मिलकर उपचार को अधिक सुरक्षित बनाते हैं।

बायोनिक अंग इस बात का उदाहरण हैं कि तकनीक केवल शरीर की कमी को पूरा नहीं करती, बल्कि व्यक्ति की आत्मनिर्भरता और आत्मसम्मान को पुनर्स्थापित करती है। यह विज्ञान का मानवीय पक्ष है।

राष्ट्रीय विकास में चिकित्सा तकनीकों की भूमिका

स्वस्थ समाज किसी भी राष्ट्र की वास्तविक पूँजी है। चिकित्सा तकनीकों के माध्यम से:

- उत्पादकता बढ़ती है,
- स्वास्थ्य व्यय घटता है,
- नए उद्योग और रोजगार उत्पन्न होते हैं,
- सामाजिक असमानताएँ कम होती हैं।

इस प्रकार स्वास्थ्य विज्ञान आर्थिक और सामाजिक विकास का अभिन्न अंग बन जाता है।

चुनौतियाँ और वैज्ञानिक दृष्टिकोण

हर तकनीकी प्रगति अपने साथ प्रश्न भी लाती है। मुख्य चुनौतियाँ हैं - उच्च लागत, डिजिटल असमानता, डेटा सुरक्षा और नैतिक सीमाएँ।

इनका समाधान वैज्ञानिक सोच में निहित है:

- स्वदेशी अनुसंधान को बढ़ावा,
- सार्वजनिक नीति और विज्ञान का समन्वय,
- वैज्ञानिक शिक्षा का प्रसार,
- पारदर्शी नियामक व्यवस्था।

निष्कर्ष

विज्ञान का अंतिम उद्देश्य केवल ज्ञान अर्जित करना नहीं, बल्कि मानव जीवन को बेहतर बनाना है। आधुनिक चिकित्सा प्रौद्योगिकियाँ इसी उद्देश्य की प्रत्यक्ष अभिव्यक्ति हैं।

यदि कोई राष्ट्र वैज्ञानिक चिकित्सा को अपनी विकास रणनीति का केंद्र बनाता है, तो वह केवल रोगों से नहीं, बल्कि सामाजिक और आर्थिक सीमाओं से भी मुक्त हो सकता है।

विज्ञान हमें यह सिखाता है कि प्रगति का वास्तविक मापदंड तकनीकी उपलब्धियाँ नहीं, बल्कि उनसे सुधरा हुआ मानव जीवन है। और जब चिकित्सा विज्ञान इस दिशा में कार्य करता है, तब वह राष्ट्र निर्माण की आधारशिला बन जाता है।

आभार

लेखक इस शोधपत्र को पूर्ण करने में मिले सहयोग, मार्गदर्शन और प्रेरणा के लिए गहन कृतज्ञता व्यक्त करता है। विशेष रूप से, लेखक अपने संस्थान के माननीय निदेशक डॉ. अजय कुमार, उत्कृष्ट वैज्ञानिक, राजभाषा कार्यान्वयन समिति के उपाध्यक्ष एवं समूह-प्रमुख डॉ. ललित मोहन पंत, वैज्ञानिक 'जी' तथा राजभाषा अनुभाग के प्रति हार्दिक आभार प्रकट करता है।

संदर्भ ग्रंथ

1. Narlikar, Jayant V. – Scientific Edge: The Indian Scientist from Vedic to Modern Times
2. Mukherjee, Siddhartha – The Gene: An Intimate History
3. Eric Topol – The Patient Will See You Now: The Future of Medicine is in Your Hands
4. Bashir, R., et al. – Biomedical Devices and Their Applications
5. WHO Publications – Global Report on Assistive Technology (GReAT)

✷✷✷✷✷

सचिव, रक्षा अनुसंधान तथा विकास विभाग एवं अध्यक्ष, डीआरडीओ डॉ. समिर वी. कामत के द्वारा दीप प्रज्ज्वलन कर संस्थान में 11वीं डी.आर.डी.ओ. युवा वैज्ञानिक सम्मेलन 2025 का उद्घाटन

डी.आर.डी.ओ. दिवस 2025 के अवसर पर निदेशक महोदय के साथ पुरस्कृत वैज्ञानिक एवं अधिकारीगण

राजभाषा कार्यान्वयन समिति

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान
देहरादून

डॉ. अजय कुमार
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक

श्रीमती रूमा ढाका
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं सह-निदेशक

डॉ. सुधीर खरे
उत्कृष्ट वैज्ञानिक

डॉ. ललित मोहन पंत
वैज्ञानिक 'जी'
समूह निदेशक राजभाषा
उपाध्यक्ष, रा.का.स.

श्री मधुसूदन उपाध्याय
तकनीकी अधिकारी 'सी'
नामित राजभाषा अधिकारी

श्री पुनित वाशिष्ठ
वैज्ञानिक 'जी', सदस्य

श्री अशोक कुमार
वैज्ञानिक 'जी', सदस्य

डॉ. ए. के. साहनी
वैज्ञानिक 'जी', सदस्य

डॉ. पंकज श्रीवास्तव
वैज्ञानिक 'एफ', सदस्य

डॉ. प्रभात शर्मा
वैज्ञानिक 'एफ', सदस्य

श्री गिरिराज प्रसाद
वैज्ञानिक 'एफ', सदस्य

श्री एम. पी. सिंह
वैज्ञानिक 'एफ', सदस्य

कु. रितिका वर्मा
वैज्ञानिक 'बी', सदस्य

श्री मनोज कुमार शर्मा
वरिष्ठ प्रशासनिक अधिकारी, ग्रेड-I
सदस्य

श्री प्रदीप सिंह पंवार
त. अ. 'सी', सदस्य

श्री ओमकार क्षेत्री
त.अ. 'सी', सदस्य

श्री एच.एस. गुसाई
त.अ. 'सी', सदस्य

श्री अतर सिंह
त.अ. 'सी', सदस्य

श्री वाई. एस. बरार
त.अ. 'बी', सदस्य

श्री पवन कुमार सूरज
त.अ. 'बी'., सदस्य

श्री सुनील चन्द्र पुरोहित
त.अ. 'बी', सदस्य

श्री अनुज कुमार रुहेला
त.अ. 'बी'., सदस्य

श्री सुखपाल सिंह
त.अ. 'बी', सदस्य

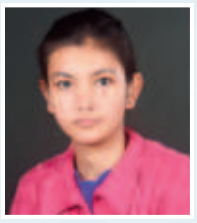
श्री ए. के. ढौंडियाल
भण्डार अधिकारी, सदस्य

श्री त्रिलोक सिंह
डी.ओ.पी., सदस्य

श्री प्रकाश नीरव
व.अ. अ., सदस्य

श्री विरेन्द्र सिंह भण्डारी
त.अ. 'ए', सदस्य

श्री अमित कुमार
क.अ.अ.', सदस्य



कु. एकता
प्रशा. सहा. 'ए', सदस्य

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान

रायपुर रोड, देहरादून–248008