भारत सरकार
पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय
राज्य सभा
अतारांकित प्रश्न संख्या 2131
06/08/2026 को उत्तर दिए जाने के लिए

पूर्वानुमान की सटीकता

2131. # श्री मयंककुमार नायक:
श्रीमती सीमा द्विवेदी:
श्री केसरीदेवसिंह झाला:
श्री बाबूभाई जेसंगभाई देसाई:
डा. संदीप कुमार पाठक:

क्या **पृथ्वी विज्ञान** मंत्री यह बताने की कृपा करेंगे कि:

(क) मिशन मौसम के अंतर्गत अब तक प्राप्त विकासात्मक उपलब्धियों क्या-क्या हैं;
(ख) मिशन के समर्थन हेतु स्थापित उच्च-प्रदर्शन वाली संगणना (हाई-परफॉर्मेंस कम्प्यूटिंग-एचपीसी) अवसंरचना के तकनीकी विनिर्देश क्या हैं और उनमें शामिल कुल प्रसंस्करण क्षमता का ब्यौरा क्या है;
(ग) मिशन मौसम के संचालन के पश्चात चक्रवाती व्यवधानों और उच्च प्रभाव वाली मौसम संबंधी घटनाओं के पूर्वानुमान की सटीकता में क्या सुधार हुए हैं; और
(घ) इस ढांचे के अंतर्गत मौसम पूर्वानुमान सेवाओं की बढ़ी हुई सटीकता से प्राप्त होने वाले अनुमानित सामाजिक-आर्थिक रूपांतरण और लाभ क्या-क्या हैं?

उत्तर
विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी तथा पृथ्वी विज्ञान राज्य मंत्री (स्वतंत्र प्रभार)
(डॉ. जितेंद्र सिंह)

(क) 'मिशन मौसम' 14 जनवरी, 2025 को शुरू किया गया था। इसका मुख्य उद्देश्य देश की पृथ्वी प्रणाली प्रेक्षण (पृथ्वी प्रणाली की निगरानी), मॉडलिंग और पूर्वानुमान क्षमताओं को बहुत ज़्यादा बढ़ाकर भारत को "मौसम के लिए तैयार और जलवायु-स्मार्ट" देश बनाना है। इसके अनुमोदन और कार्यान्वयन के बाद से प्रमुख उपलब्धियों में निम्नलिखित शामिल हैं:

- अगली पीढ़ी के पूर्वानुमान फ्रेमवर्क को लागू करना:
    - नवंबर 2025 में NCMRWF के अरुणिका HPC पर 'मिथुन फोरकास्ट सिस्टम' (MFS) प्रचालन में आ गया। यह प्रणाली वातावरण, ज़मीन, महासागर और समुद्री बर्फ़ को आपस में जोड़ता है और इसमें इंटरनल डेटा एसिमिलेशन और एनसेंबल प्रेडिक्शन जैसी तकनीकें शामिल हैं। मिथुन-रीजनल कॉन्फ़िगरेशन भारतीय डॉपलर मौसम रडार (DWR) से मिली जानकारी का उपयोग करता है, ताकि भारतीय भू-भाग पर मौसम का बेहतर और हाई-रिज़ॉल्यूशन पूर्वानुमान प्रदान किया जा सके।
    - भारत पूर्वानुमान प्रणाली (भारतएफएस) का अल्पावधि और दीर्घावधि पूर्वानुमान के लिए सफलतापूर्वक प्रचालन किया गया है, जो ब्लॉक और पंचायत स्तर तक स्थानीय अपडेट प्रदान करने के लिए 6 किमी के बहुत उच्च रिज़ॉल्यूशन का उपयोग करती है।

- विशेष प्रेक्षण और अनुसंधान परीक्षण पटल की स्थापना:

    - दिल्ली में शहरी परीक्षण केंद्र और मेसो-नेटवर्क स्थापित किए जा चुके हैं (जिनमें 3 राजधानी वेधशालाएं और 185 स्वचालित मौसम स्टेशन शामिल हैं) और चेन्नई में (जिनमें तटीय/शहरी केंद्र वेधशालाएं और 26 स्वचालित मौसम स्टेशन शामिल हैं) ये कार्य सक्रिय रूप से प्रगति पर हैं।
    - विशाखापत्तनम में एक समर्पित तटीय अनुसंधान परीक्षण केंद्र स्थापित किया गया है।
    - पुणे में विशेष प्रयोगशालाएं विकसित की गई हैं, जिनमें एक एरोसोल प्रयोगशाला, एक कोहरा प्रसार कक्ष और मानसून के बादलों के लिए 3डी-मुद्रित स्वचालित मौसम स्टेशन (एडब्ल्यूएस) विकास और बर्फ निर्माण मानकीकरण के लिए प्रणालियां शामिल हैं।

- ग्लोबल ट्रांजीशन सिस्टम और आउटरीच:

    - वैश्विक प्रेक्षण डेटा के रिसेप्शन और डिस्ट्रिब्यूशन को अनुकूलित करने के लिए, पारंपरिक वैश्विक दूरसंचार प्रणाली (जीटीएस) से वैश्विक स्तर पर परिवर्तन का प्रबंधन करने हेतु एक स्टैंडअलोन सर्वर पर डब्ल्यूएमओ सूचना प्रणाली 2.0 (डब्ल्यूआईएस 2.0) का कार्यान्वयन।
    - दिल्ली/एनसीआर और चेन्नई में दो डायरेक्ट ब्रॉडकास्ट नेटवर्क (डीबीनेट) स्टेशनों का कार्यान्वयन किया जा रहा है ताकि वास्तविक समय में लो अर्थ ऑर्बिटिंग (एलईओ) उपग्रह डेटा प्रोसेसिंग में सुधार किया जा सके।
    - अनुसंधान, शिक्षा और जागरूकता के लिए प्रचालन पूर्वानुमान और जलवायु पुनर्व्याख्या को संश्लेषित करने हेतु 'साइंस ऑन स्फीयर' (EViSoS) प्लेटफॉर्म का उपयोग करके पृथ्वी प्रणाली दृश्यीकरण के लिए निविदा की स्वीकृति और क्रियान्वयन।

(ख) मिशन के समर्थन हेतु स्थापित उच्च-प्रदर्शन कंप्यूटिंग (एचपीसी) अवसंरचना की तकनीकी विशिष्टताएँ, जिसमें इसकी कुल प्रसंस्करण क्षमता भी शामिल है: स्थानीयकृत मेसोस्केल मॉडल की उच्च कम्प्यूटेशनल मांगों को पूरा करने के लिए, पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय ने 2025 में इसकी समग्र प्रसंस्करण क्षमता को बढ़ाकर 28 पेटाफ्लॉप कर दिया है, जो 2014 में उपलब्ध 6.8 पेटाफ्लॉप से एक बड़ा अपग्रेड है। इस कुल क्षमता में दो सुपरकंप्यूटिंग प्रणालियों द्वारा प्रदान की गई 22 पेटाफ्लॉप की संयुक्त कोर प्रसंस्करण क्षमता शामिल है, साथ ही कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन लर्निंग (एआई/एमएल) अनुप्रयोगों के लिए विशेष रूप से बनाया गया एक स्टैंडअलोन 1.9 पेटाफ्लॉप पूर्वक प्रणाली भी है। कोर कंप्यूटिंग प्लेटफॉर्म के लिए विस्तृत सिस्टम आर्किटेक्चर और स्टोरेज मेट्रिक्स नीचे दी गई तालिका में उल्लिखित हैं:

तालिका: पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय में उच्च-निष्पादन कंप्यूटिंग (एचपीसी) अवसंरचना की तकनीकी विशिष्टताएँ

घटक / पैरामीटर	**अर्का एचपीसी (आईआईटीएम, पुणे)**	**अरुणिका एचपीसी (एनसीएमआरडब्लूएफ़, नोएडा)**
कुल प्रणाली क्षमता	11.77 Peta FLOPS	8.24 Peta FLOPS
सीपीयू की विशेषताएँ	2,115 CPUs (Rpeak: 10.70 PF)	3,021 CPUs (Rpeak: 7.49 PF)

जीपीयू की विशेषताएँ	18 GPUs (Rpeak: 1.07 PF)	26 GPUs (Rpeak: 0.75 PF)
कंप्यूट नोड सेटअप	2 x AMD Milan 7643, 48c, 2.3GHz	2 x AMD Milan 7643, 48c, 2.3GHz
नोड मेमोरी (कंप्यूट / जीपीयू)	256 GB / 512 GB DDR4	256 GB / 512 GB DDR4
एक्सिलरेटर कार्ड पर नोड	4 x Nvidia A100 GPU 80GB SMX	4 x Nvidia A100 GPU 80GB SMX
कुल डिस्ट्रिब्यूटेड स्टोरेज	33 Petabytes (29PB Home / 4PB Scratch)	23.1 Petabytes (20.3PB Home / 2.8PB Scratch)
थ्रोपुट (होम / स्क्रैच)	304.5 Gbps / 1280 Gbps	435 Gbps / 1640 Gbps

(ग) 'मिशन मौसम' के शुरू होने के बाद चक्रवाती हलचलों और मौसम की गंभीर घटनाओं के पूर्वानुमान की सटीकता में सुधार: 'मिशन मौसम' के अंतर्गत बेहतर न्यूमेरिकल प्रेडिक्शन कॉन्फ़िगरेशन और मॉडल फ़िज़िक्स से अल्प से मध्यम अवधि की पूर्व-चेतावनी क्षमताओं में काफी सुधार हुआ है:

- चक्रवात के पूर्वानुमान में त्रुटियां और सटीकता:
    - एनसीएमआरडब्ल्यूएफ (NCMRWF) के 'एनसेंबल प्रेडिक्शन सिस्टम' द्वारा भारत मौसम विज्ञान विभाग (IMD) को दी गई रियल-टाइम ट्रैक गाइडेंस से, 2023 से 2025 तक के तीन सीज़न के दौरान सभी लीड-टाइम पर औसत डायरेक्ट पोज़िशन ट्रैक एरर में कमी आई है।
    - पहले दिन की चेतावनी (लीड टाइम) के मामले में, ट्रैक की स्थिति में होने वाली गड़बड़ी 78 km से घटकर 56 km हो गई (अर्थात 28% की कमी)।
    - तीसरे दिन के लीड टाइम पर, ट्रैक की स्थिति में होने वाली गड़बड़ी 154 km से घटकर 114 km हो गई (अर्थात 26% की कमी)।
    - 5 दिन पहले की चेतावनी के समय (लीड टाइम), ट्रैक की स्थिति से जुड़ी गलती में सबसे ज़्यादा कमी देखी गई; यह 251 km से घटकर 149 km (41% की कमी) हो गई, जिससे लोगों को जल्दी सुरक्षित जगहों पर पहुँचाने का समय बढ़ गया।
    - कुल मिलाकर, चक्रवात के रास्ते का अनुमान लगाने की सटीकता 72 घंटे तक 10–15% और 96–120 घंटे के लिए 25–30% तक बढ़ी है। लैंडफ़ॉल पॉइंट (जहाँ चक्रवात ज़मीन से टकराता है) के अनुमान की सटीकता 96 घंटे तक 64–72% और 108 घंटे पर 90% तक बेहतर हुई है।

- उच्च प्रभाव वाले गंभीर मौसम की घटनाएं:
    - भारी बारिश (>6.5 cm): पिछले 5 सालों में, पहले दिन के पूर्वानुमान की क्षमता में 27% और तीसरे दिन की क्षमता में 17% का सुधार हुआ है। 2020 से पहले के ट्रेंड्स की तुलना में, भारी बारिश की चेतावनी देने का समय 4 दिन बढ़ गया है और साथ ही, इसके सही-सही पता चलने की संभावना (POD) में 45% तक की बढ़ोतरी हुई है।
    - मानसून की बारिश और चरम स्थितियां: लंबे समय के लिए मानसून की बारिश का अनुमान लगाने की क्षमता में पहले हफ़्ते के लिए 15% और तीसरे हफ़्ते के लिए 18% की बढ़ोतरी हुई है।

- लू और शीतलहर: 2021-2025 के दौरान लू के बारे में 5 दिन पहले के पूर्वानुमान की सटीकता, पूर्व के 3 दिन पहले की पूर्वानुमान की सटीकता के बराबर रही। शीतलहर के बारे में 4 से 5 दिन पहले की गई पूर्वानुमान की सटीकता में, पहले की ट्रैकिंग अवधियों की तुलना में 65% का सुधार देखा गया।
- गर्जयुक्त तूफ़ान: 2016–2020 की अवधि की तुलना में, 24 घंटे पहले गर्जयुक्त तूफ़ान के पूर्वानुमान की सटीकता में 30% का सुधार हुआ है।

(घ) इस फ्रेमवर्क में मौसम का पूर्वानुमान लगाने वाली सेवाओं की बेहतर सटीकता से होने वाले संभावित सामाजिक-आर्थिक बदलाव और लाभ: 'मिशन मौसम' के अंतर्गत प्राप्त की गई सटीकता से कई सार्वजनिक और आर्थिक क्षेत्रों में ऐसे लाभ मिल रहे हैं जिन्हें मापा जा सकता है:

- मानव जीवन और सार्वनजनिक सम्पत्ति के नुकसान में भारी कमी: मौसम के प्रभाव पर आधारित उन्नत चेतावनियों ने प्रतिकूल मौसम से होने वाली मृत्युदर को बहुत कम कर दिया है। देश में चक्रवात से होने वाली मौतें, जो 1999 में 10,000 से ज़्यादा के ऐतिहासिक स्तर पर थीं, हाल के दशक में घटकर दो अंकों में आ गई हैं। लू से होने वाली मौतें 2015 में 2,040 थीं, जो 2022 तक घटकर 100 से भी कम हो गईं। फ्लैश फ़्लड से होने वाली मृत्यु पर काफी हद तक रोक लगी है, जिससे सरकार को क्षतिपूर्ति, तीव्र आपातकालीन निकासी और लंबे समय तक चलने वाली पुनर्वास योजनाओं पर होने वाले भारी खर्च से सीधे तौर पर बचत हुई है।
- ज़मीनी स्तर पर कृषि सशक्तिकरण: पंचायती राज मंत्रालय के साथ मिलकर, आईएमडी (IMD) ने देश भर की लगभग सभी ग्राम पंचायतों के लिए पंचायत-स्तरीय मौसम पूर्वानुमान (GPLWF) सेवा शुरू की है। ई-ग्रामस्वराज और मौसमग्राम जैसे डिजिटल पोर्टल्स के ज़रिए उपलब्ध यह सिस्टम किसानों को सटीक स्थानीय जानकारी (तापमान, नमी और बादलों की स्थिति) देता है, जिससे वे बुवाई, सिंचाई और कटाई के बारे में डेटा-आधारित फ़ैसले ले पाते हैं।
- जन-स्वास्थ्य और पर्यावरण प्रबंधन: उच्च-निष्पादन प्रणाली ने हवा की गुणवत्ता का पूर्वानुमान लगाने की क्षमता को सफलतापूर्वक बेहतर बनाया है। इससे दिल्ली-एनसीआर जैसे इलाकों में गंभीर प्रदूषण की घटनाओं का सटीक और समय रहते अनुमान लगाना संभव हुआ है। यह 'ग्रेडेड रिस्पॉन्स एक्शन प्लान' (GRAP) को समय से पहले लागू करने का सीधा वैज्ञानिक आधार बनता है, जिससे लोगों का खतरनाक तत्वों से संपर्क कम होता है, स्वास्थ्य सेवाओं पर बोझ कम होता है और स्थानीय स्तर पर पर्यावरण प्रबंधन बेहतर होता है।

****