

# अर्क आणि अरुणिका : हवामान अंदाज आणि संशोधनातील झेप

लेखक : डॉ. विवेक शिळीमकर

वैविध्यपूर्ण हवामान आणि चक्रीवादळ, उष्णतेच्या लाटा, अतिमुसळधार पाऊस व दुष्काळ; यांसारख्या नैसर्गिक आपत्तींना बळी पडणाऱ्या भारताला हवामान अंदाज



सुपर कॉम्प्युटर अर्कचे उद्घाटन

<https://www.facebook.com/photo?fbid=943541024470993&set=pcb.943538137804615>

तंत्रज्ञानातील प्रगतीचा लक्षणीय फायदा होतो आहे. त्यात भर म्हणून हवामानातील बदलामुळे अशा घटनांमध्ये वाढ होत आहे. अशा वेळी, अचूक हवामान अंदाज आणि सर्वसमावेशक हवामान संशोधनाची गरज आजपेक्षा जास्त कधीच नव्हती.

याच पार्श्वभूमीवर पुण्यातील पाषाण

रोडच्या 'इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ ट्रॉपिकल मेटिऑरॉलॉजी (IITM)' येथे 'अर्क' नावाच्या नवीन 'उच्च-कार्यक्षमता संगणकीय प्रणाली'चे (HPC) उद्घाटन २६ सप्टेंबर २०२४ या दिवशी पृथ्वी विज्ञान मंत्रालयाने (MoES) केले. ही अत्याधुनिक प्रणाली भारतातील

हवामानाचे अंदाज वर्तवण्यामध्ये आणि हवामानामुळे सामोरे जाव्या लागणाऱ्या आव्हानांना प्रतिसाद देण्यात क्रांती घडवून आणण्यासाठी सज्ज झाली आहे.

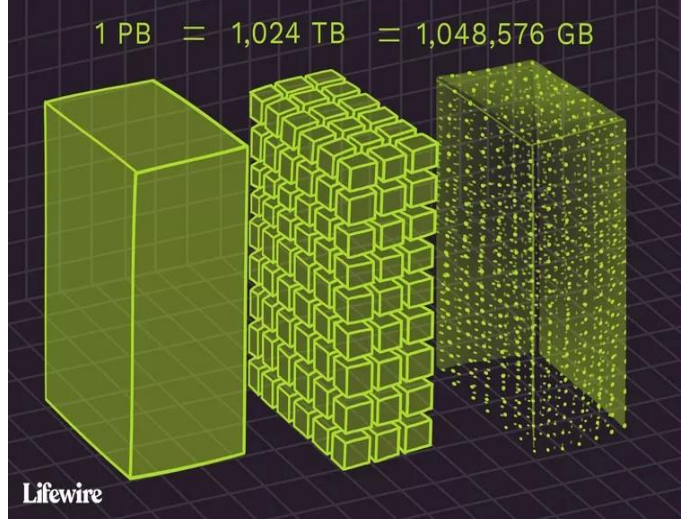
## अर्क आणि अरुणिकाचे अनावरण

या उपक्रमाच्या केंद्रस्थानी अर्क ही ११.७७ PetaFLOPS आणि ३३ पेटाबाइट्स (PB) साठवणीची संगणकीय क्षमता असलेली शक्तिशाली HPC (High-Performance Computing) प्रणाली आहे. IITM मध्ये असलेली अर्क HPC प्रणाली, नोएडा येथील ‘नॅशनल सेंटर फॉर मीडियम रेंज वेदर फोरकास्टिंग (NCMRWF)’ येथे असलेल्या ‘अरुणिका’ या अतिरिक्त ८.२४ PetaFLOPS संगणकीय क्षमता असलेल्या HPC प्रणालीला पूरक आहे. या दोन्ही प्रणालींनी मिळून एकत्रितपणे भारताच्या पृथ्वी विज्ञान मंत्रालयाला एकूण २२ PetaFLOPS इतकी संगणकीय शक्ती मिळवून दिलेली आहे. या आधीच्या ६.८ PetaFLOPS च्या तुलनेत ही एक उल्लेखनीय सुधारणा आहे. या प्रणालींना स्टँडअलोन AI आणि मशीन लर्निंग (ML) सेटअपद्वारे अधिक अद्ययावत केले गेले आहे. विशेषतः अतिजटिल हवामानाची प्रारूपे आणि हवामानाचा अंदाज देणारे सिम्युलेशन्स हाताळण्यासाठी या प्रणालींचे डिझाइन केलेले आहे. एकत्रितरित्या या प्रणालींमध्ये भारताला जागतिक हवामान अंदाजामध्ये आघाडीवर नेण्याची क्षमता आहे.

## साठवण आणि संगणकीय क्षमता

संगणकातील माहिती साठवण्याची क्षमता (डेटा स्टोरेज) मोजण्यासाठी ‘बाइट्स’ नावाचे एकक वापरतात. उदाहरणार्थ, सध्याच्या फोनमध्ये साधारण १२८ गीगाबाइट्सची

(GB) साठवण क्षमता म्हणजेच स्टोरेज असू शकते. यामध्ये ८५ तास किंवा ३.५ दिवस इतक्या वेळेचे HD क्वालिटीचे व्हिडिओ आपण जतन करू शकतो. ‘पेटाबाईट’ (PB) हे साठवण क्षमतेचे अतिशय मोठे एकक आहे. १ पेटाबाईट म्हणजे सुमारे १ दशलक्ष गीगाबाइट्स (GB) किंवा १००० टेराबाइट्स (TB). या १ पेटाबाईट स्टोरेज मध्ये १३ वर्ष इतक्या कालावधीचे HD क्वालिटीचे व्हिडिओ जतन करता येतात. यावरून ३३ पेटाबाईट म्हणजे किती मोठं स्टोरेज असेल याचा अंदाज लावता येतो का पहा.



**पेटाबाईट, गीगाबाईट आणि टेराबाईट -  
साठवण क्षमतेतील फरक दर्शवणारी  
तुलनात्मक आकृती**

स्रोत : <https://www.lifewire.com/terabytes-gigabytes-amp-petabytes-how-big-are-they-4125169>

हे झालं स्टोरेजबद्दल, आता जाणून घेऊ संगणकीय क्षमतेबद्दल. अर्क आणि अरुणिका यांची एकत्रित संगणकीय क्षमता २२ PetaFlops एवढी आहे. सामान्य घरामध्ये सध्या ‘Intel Core i5’ प्रोसेसर असलेला संगणक असतो. याची संगणकीय क्षमता साधारण १०० GigaFlops एवढी असते; तो संगणक एका सेकंदाला १०,००० कोटी ऑपरेशन्स करू शकतो. १ PetaFlops ची घरातील संगणकासोबत तुलना केल्यास, असे दिसते की, १ PetaFlops संगणकीय क्षमता असलेला संगणक एका सेकंदात जेवढी कामे (ऑपरेशन्स)

करू शकतो, ती करायला घरातल्या संगणकाला साधारण ३ तास लागतात. आणि २२ PetaFlops संगणकीय क्षमता पूर्णपणे वापरल्यास, एका सेकंदात होणारी कामे करायला घरातील संगणकास अडीच दिवस लागतील!

## हवामान अंदाजाची अचूकता वाढवणे

भारतातील हवामान अंदाज देण्याच्या पायाभूत सुविधांमध्ये 'अर्क'मुळे संगणकीय



हवामान खाते : जुनी धारणा  
हो. मी हवामान खात्यात काम करतो.  
तुम्हाला कसं कळलं ?

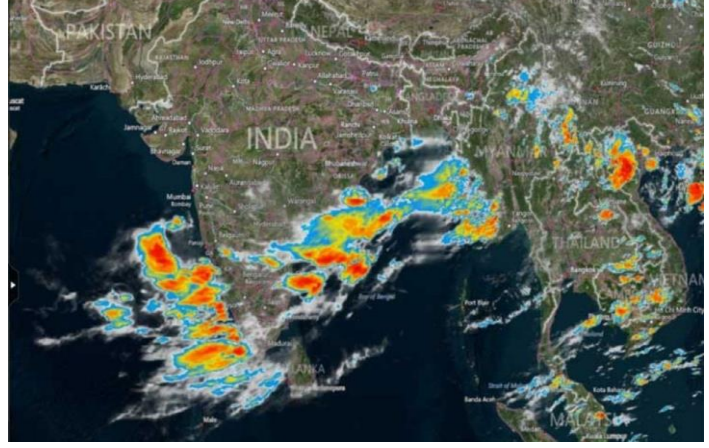
क्षमतेने एक मोठी झेप घेतली आहे. यामुळे हवामानशास्त्रज्ञांना अधिक तपशीलवार आणि अचूक हवामानाची प्रारूपे तयार करता येतील. चक्रीवादळ, पूर, उष्णतेच्या लाटा आणि दुष्काळ, त्या बरोबर हवामान बदलामुळे वारंवार आणि गंभीर वातावरणीय घटनांचा आगाऊ अंदाज बांधण्यासाठी ही प्रारूपे महत्त्वाची आहेत. पूर्वी हवामान खाते पावसाचा जो अंदाज देईल

त्याच्या उलट घडणार अशी धारणा लोकांची झाली होती, ती आता बदलते आहे आणि या

नवीन उच्च-कार्यक्षमतेच्या संगणकांमुळे आणि हवामानाच्या सुधारित समाजामुळे ती पूर्णपणे खोडली जाईल.

**उच्च रिझोल्यूशन मॉडेल:** अर्कच्या प्रचंड संगणकीय शक्तीमुळे शास्त्रज्ञांना उच्च-

रिझोल्यूशन मॉडेल वापरता येतील, विशिष्ट प्रदेशांमध्ये १ कि.मी. किंवा त्यापेक्षा कमी प्रमाणात हवामान अंदाजांची ग्रॅन्युलॅरिटी वाढेल. ही सुधारित सुस्पष्टता स्थानिक हवामान अंदाजासाठी विशेष फायदेशीर आहे, यामुळे अधिकाऱ्यांना वेळेवर इशारे द्यायला आणि येणाऱ्या



अर्कच्या मदतीने जलद गतीने आणि सुस्पष्ट असे हवामानाचे अंदाज वर्तवता येतील.

स्रोत :

<https://www.theenvironment.in/2024/09/27/high-performance-computing-boosts-indias-weather-forecasting/>

वादळांसाठी किंवा हवामानातील अचानक बदलांसाठी चांगली तयारी करण्यास वेळ मिळेल.

**जलद अंदाज :** अर्कमुळे हवामान डेटावर प्रक्रिया करण्यासाठी लागणारा वेळ खूपच कमी होईल. या वाढीव गतीमुळे अतिवृष्टीसारख्या तीव्र हवामानाच्या घटनांचे इशारे लोकांपर्यंत लवकर पोहचतील आणि पूर्वतयारीला जास्त वेळ मिळेल. यामुळे मालमत्तेचे नुकसान कमी करण्यात आणि जीव वाचवण्यात महत्त्वपूर्ण फरक पडू शकतो.



## हवामान संशोधनात प्रगती करणे

१-२ दिवसाच्या हवामान अंदाजांव्यतिरिक्त, दीर्घकालीन (बऱ्याच वर्षांच्या) हवामानाच्या अभ्यासामध्ये अर्क महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावेल. येत्या दशकांमध्ये हवामान कसे बदलत जाईल, हे समजून घेणे आणि त्याचा अंदाज वर्तवणे हे कृषी, शहरी नियोजन आणि आपत्ती व्यवस्थापनातील माहितीपूर्ण निर्णय घेण्यासाठी आवश्यक आहे.

**हवामान बदलाचे अनुकरण:** नवीन एचपीसी प्रणालीमुळे शास्त्रज्ञांना विविध हवामान बदल परिस्थितींचे सिम्युलेशन (एखाद्या गोष्टीचा अभ्यास करण्यासाठी तदनुसृत प्रतिकृती तयार करणे) करणे शक्य होईल. वाढते तापमान, हिमनद्या वितळणे आणि सागरी प्रवाह यांसारख्या घटकांचा भारताच्या हवामानावर कसा परिणाम होईल, याचे विश्लेषण करून धोरणकर्ते भविष्यातील हवामानविषयक आव्हानांचा सामना करण्यासाठी योजनापूर्वक निर्णय घेऊ शकतात.

**प्रादेशिक हवामान मॉडेल:** अर्कच्या साहाय्याने संशोधक भारतातील विशिष्ट भागांसाठी हवामानाच्या नमुन्यांचा अंदाज लावणारे अचूक 'प्रादेशिक हवामान प्रारूप' विकसित करू शकतात. हे प्रारूप स्थानिक सरकारांना आणि रचनाकारांना भविष्यातील हवामान परिस्थितीशी जुळवून घेण्यासाठी शहरांच्या विकास आराखड्यात काय बदल करावे लागतील, याचा अंदाज बांधायला मदत करेल. बदलत्या हवामानास प्रतिरोधक अशा कोणत्या कृषी पद्धती आणि पायाभूत सुविधांचा विकास करायला हवा, याचाही अंदाज करता येईल.

## एआय आणि मशीन लर्निंगची भूमिका



हवामान खात्याचे बदलते रूप  
मी हवामान खात्याचा अंदाज पाहून  
घराबाहेर पडतो. तुम्ही पण आता  
हवामान खात्याचा अंदाज पाहत जा  
आणि त्याचे अनुसरण करा.

अर्कमध्ये असलेली स्वतंत्र कृत्रिम बुद्धिमत्ता - AI (आर्टिफिशियल इंटेलिजन्स) आणि ML (मशीन लर्निंग) प्रणाली भारताच्या वातावरण आणि हवामान संशोधनाच्या प्रगतीमध्ये आणखी भर घालते. एआय अल्गोरिदमचा फायदा घेऊन, हवामानशास्त्रज्ञ मोठ्या प्रमाणात ऐतिहासिक हवामान डेटाचे नव्याने विश्लेषण करू शकतात आणि अधिक अचूक अंदाज वर्तवू शकतात.

**सुधारित प्रेडिक्शन मॉडेल्स:** एआय टूल्स डेटामधील गुंतागुंत आणि परस्पर संबंध ओळखू शकतात, जे पारंपारिक पद्धतींद्वारे लगेच उघड होऊ शकत नाहीत. ही स्मार्ट हवामान मॉडेल्स

भूतकाळातील हवामान घटनांमधून 'शिकतात' आणि यामुळे अल्पकालीन हवामान आणि दीर्घकालीन हवामानाचा कल या दोन्हीचे अंदाज सुधारतील.

**आपत्तींची पूर्वतयारी:** कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या मदतीने, अर्क, चक्रीवादळ आणि पूर यांसारख्या नैसर्गिक आपत्तींच्या प्रभावाचा अधिक चांगल्या प्रकारे अंदाज लावू शकेल.

यामुळे येणाऱ्या आपत्तीला तोंड देण्यासाठी चांगली तयारी करता येईल. अर्कचा वापर करून आपत्तीला सामोरे जाण्यासाठी करावे लागणारे लोकांचे त्यांच्या राहत्या जागांमधून स्थलांतर, संसाधनांचे वाटप आणि मदतीसाठी सर्वोत्तम उपाययोजना सुचवणे शक्य होईल.

हवामान बदलामुळे पुण्यात होणारी अतिवृष्टी, येणारे पूर यांचा अंदाज यापुढे अर्कमुळे बराच आधी मिळू शकेल आणि त्यामुळे होणारी स्थावर व जीवित हानी नक्कीच थोपवली जाईल. या बदलत्या स्वरूपामुळे, अर्कच्या मदतीने वर्तवलेल्या हवामानाच्या अचूक अंदाजांमुळे व्यंगचित्रांचा विषय झालेले हवामान खाते या पुढे आपल्या अभिमानाचा विषय ठरेल. आपणही हवामानाचे अंदाज पाहूनच घराबाहेर पडताना छत्री घ्यायची की नाही, ते ठरवू, हे निश्चित.

§§§

---

लेखक : डॉ विवेक शिलीमकर, पुणे विद्यापीठातून हवामानशास्त्रात पदव्युत्तर पदवी, होक्काईदो विद्यापीठात पीएच. डी, इन्फ्रा क्लाऊड टेक्नोलॉजी प्रा. लि. येथे कार्यरत.

इ-मेल : [vivek.shilimkar@gmail.com](mailto:vivek.shilimkar@gmail.com)

(कळीचे शब्द :- अर्क, अरुणिका, हवामान अंदाज, इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ ट्रॉपिकल मेटिऑरॉलॉजी , बाइट्स, पेटाबाईट, एआय आणि मशीन लर्निंग, हवामान प्रारूपे, ARKA, Weather forecast, AI, Machine learning)