

## क्या बारिश के देवता प्रसन्न होंगे या रुठे रहेंगे? मॉनसून के पूर्वानुमानों का मूल्यांकन\*

भारत मौसम विज्ञान विभाग ने 2019 के लिए दक्षिण-पश्चिम मॉनसून में बारिश सामान्य रहने और पूरे देश में वर्षा का वितरण अच्छा रहने का पूर्वानुमान किया है, जो निजी और अंतरराष्ट्रीय एजेंसियों के पूर्वानुमानों से अलग है। यह लेख कई सांख्यिकीय माप के जरिए विभिन्न एजेंसियों के पूर्वानुमान से संबंधित परिणामों के पिछले पैटर्न का विश्लेषणात्मक अध्ययन करेगा ताकि उनके पूर्वानुमानों की सटीकता का मूल्यांकन किया जा सके। तुलनात्मक आकलन से पता चलता है कि सामान्य (व्यापक) पूर्वानुमान जारी करने के लिए, आईएमडी के द्वितीय चरण दीर्घावधि पूर्वानुमान और संयुक्त रूप में अंतरराष्ट्रीय एजेंसियों के पूर्वानुमानों का उपयोग उपयुक्त हो सकता है क्योंकि अप्रैल में जारी आईएमडी और स्काईमेट के प्रारंभिक पूर्वानुमान कोलाहलपूर्ण प्रतीत होते हैं।

### परिचय

भारत में दक्षिण पश्चिम मॉनसून (एसडब्लूएम) सीजन के दौरान जून से सितंबर के बीच सालाना 75% बारिश होती है। देश के कुल पैदावार क्षेत्र (जीसीए) का 65 प्रतिशत क्षेत्र किसी भी सिंचाई के तहत कवर नहीं है और यहां तक कि सिंचाई के विभिन्न स्रोतों के स्टोरेज स्तरों को बढ़ाने के लिए भी दक्षिण पश्चिम मॉनसून (एसडब्लूएम) सीजन के दौरान होने वाली बारिश पर निर्भर हैं (भारत सरकार, 2018)। भारत की कृषि और व्यापक अर्थव्यवस्था के लिए दक्षिण पश्चिम मॉनसून (एसडब्लूएम) जीवन रेखा के समान है<sup>1</sup> (गुलाटी, *et al.*, 2013)। इसके अलावा, दक्षिण पश्चिम मॉनसून (एसडब्लूएम) अपनी अस्थायी और स्थानिक वितरण से खरीफ (जून-सितंबर) के उत्पादन को तथा मिट्टी में नमी की स्थिति और जलाशयों में स्टोरेज स्तर के कारण रबी (अक्टूबर-मार्च) के उत्पादन को प्रभावित करता है। नतीजतन, दक्षिण पश्चिम मॉनसून (एसडब्लूएम) के पूर्वानुमान के संबंध में भारत के सामान्य आउटलुक का हर आकलन पेचीदा रहता है।

\* यह लेख ग्रामीण अर्थव्यवस्था प्रभाग, आर्थिक और नीति अनुसंधान विभाग, भारतीय रिजर्व बैंक के प्रियंका बजाज, डी. सुगंधी, ऋषभ कुमार और अत्रि मुखर्जी द्वारा तैयार किया गया है। इस लेख में व्यक्त विचार लेखक के हैं और भारतीय रिजर्व बैंक के विचारों का प्रतिनिधित्व नहीं करते।

<sup>1</sup> भारत के कुल सकल मूल्य वर्धन में कृषि और संबद्ध क्षेत्र का हिस्सा 15.3 प्रतिशत (पिछले पाँच वर्षों का औसत) है।

मौजूदा, दक्षिण पश्चिम मॉनसून का आधिकारिक पूर्वानुमान आईएमडी जारी करता है, पहले अप्रैल में - पहला चरण दीर्घावधि पूर्वानुमान (एफएसएलआरएफ)-और फिर मई / जून में - दूसरा चरण दीर्घावधि पूर्वानुमान (एफएसएलआरएफ)। स्काईमेट, एक निजी पूर्वानुमानकर्ता, अप्रैल में अपना प्रारंभिक पूर्वानुमान और मई में एक संशोधन जारी करता है। इन भारतीय एजेंसियों के अलावा, अंतरराष्ट्रीय मौसम विज्ञान संगठनों, यथा संयुक्त राज्य अमेरिका के राष्ट्रीय महासागरीय और वायुमंडलीय प्रशासन (एनओए) और ऑस्ट्रेलिया के मौसम विज्ञान ब्यूरो (बीओएम) द्वारा क्रमशः एल नीनो / ला नीना (El Nino/La Nina) और प्रशांत महासागर और हिंद महासागर में द्विध्रुवीय स्थितियों पर पूर्वानुमान, भारत में मॉनसून की स्थिति का अनुमान लगाने के लिए भी उपयोग किया जाता है।

मौसम पूर्वानुमानकर्ता जटिल और व्यापक पैमाना अपनाकर मौसम का आकलन करते हैं, सुपर कंप्यूटरों और उपग्रह छवियों के माध्यम से इस दिशा में उल्लेखनीय प्रगति दर्ज की गई है। इससे तापमान, वायु दबाव, आर्द्रता, हवा की गति और दिशा के मापन में सटीकता आई है। (सिलवर, 2012)। भारत ने 2018 में प्रत्युष और मिहिर सुपर कंप्यूटर के माध्यम से मौसम की भविष्यवाणी करने की क्षमता में उल्लेखनीय वृद्धि की है और मौसम के आकलन के लिए समर्पित उच्च क्षमता कंप्यूटिंग के संबंध में अब इसका नाम जापान, ब्रिटेन और अमेरिका के बाद आता है। 2019 में ओडिशा में चक्रवात फनी की आईएमडी की सटीक भविष्यवाणी और इसके परिणामस्वरूप आपदा जोखिम में आई कमी के कारण संयुक्त राष्ट्र के साथ-साथ वैश्विक प्रशंसा भी मिली।

दक्षिण पश्चिम मॉनसून के संबंध में किए गए पूर्वानुमान प्रदर्शन का मूल्यांकन करना लेख की प्रमुख प्रेरणा है। सबसे पहले, मौसम विज्ञान ने दीर्घावधि पूर्वानुमानों पर भी काफी प्रगति हासिल कर ली है और वास्तविकता के प्रति संवेदनशील है। लेकिन कोई भी पूर्वानुमान त्रुटियों से मुक्त नहीं है। इस चेतावनी को स्वीकार करते हुए, लेख का उद्देश्य आईएमडी के पूर्वानुमानों से कुछ सार्थक जानकारी प्राप्त करने के लिए पूर्वानुमान-आउटलुक प्रदर्शन के पोस्ट पैटर्न का गहन विश्लेषण करना है। एफएसएलआरएफ और एसएसएलआरएफ दोनों ने अप्रैल और मई में जारी अपने पूर्वानुमानों में जून-सितंबर 2019

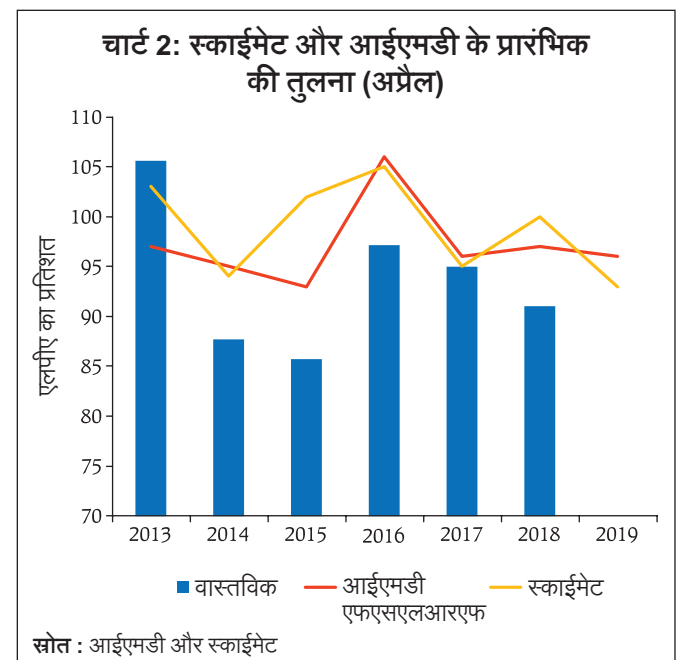
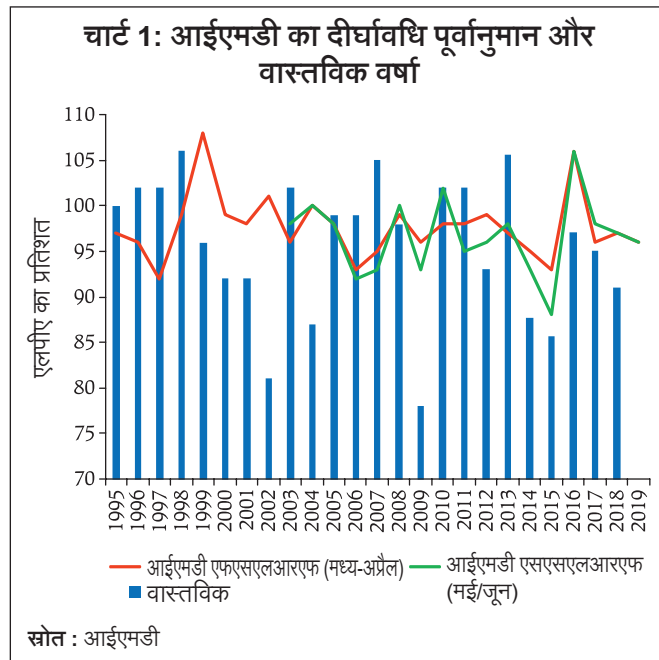
के दौरान क्रमशः  $\pm 5$  और  $\pm 4$  प्रतिशत<sup>2</sup> के मॉडल त्रुटि के साथ वर्षा की दीर्घावधि औसत (एलपीए) सामान्य रूप से 96 प्रतिशत रहने की भविष्यवाणी की है। आईएमडी ने यह भी अनुमान लगाया है कि सभी राज्यों में वर्षा का वितरण अच्छा रहेगा। हालांकि, यह पूर्वानुमान स्काई मेट<sup>3</sup>, एनओए और बीओएम<sup>4</sup> के पूर्वानुमानों के साथ मेल नहीं खाता, जो इस साल कमजोर मॉनसून की भविष्यवाणी करते हैं। बाकी का लेख निम्नानुसार संरचित है। खंड II में विभिन्न एजेंसियों द्वारा मॉनसून के पूर्वानुमान से संबंधित कुछ शैलीगत तथ्य प्रस्तुत किए गए हैं। खंड III में डेटा, कार्यप्रणाली और प्रयोगसिद्ध परिणामों पर चर्चा की गई है। खंड IV में निष्कर्ष और कुछ नीतिगत दृष्टिकोणों को शामिल किया गया है।

## II. कुछ शैलीगत तथ्य

2002 के भारी सूखे के संबंध में भविष्यवाणी करने में एफएसएलआरएफ की विफलता के बाद आईएमडी ने 2003 में एफएसएलआरएफ लागू किया। एफएसएलआरएफ ने 1995 के बाद से 24 वर्षों में से 13 वर्ष बारिश का अधि-पूर्वानुमान किया और 11 वर्ष इसका अव-पूर्वानुमान किया। सूखे के वर्षों (2002,

2009, 2014 और 2015)<sup>5</sup> और कम बारिश वाले वर्ष (2004) के मामले में, एफएसएलआरएफ की पूर्वानुमान त्रुटियां (वास्तविक घटा पूर्वानुमान) नकारात्मक और परिमाण में बड़े थे (चार्ट 1)। एफएसएलआरएफ की तुलना में एएसएसएलआरएफ अधिक व्यापक है, जिसके तहत भारत के चार प्रमुख भौगोलिक क्षेत्रों के साथ-साथ पूरे देश के लिए वर्षा का पूर्वानुमान प्रदान किया जाता है। चार भौगोलिक क्षेत्रीय पूर्वानुमानों के लिए स्वीकृत मॉडल त्रुटि एलपीए का  $\pm 8$  प्रतिशत है। एएसएसएलआरएफ ने एफएसएलआरएफ को अब पीछे छोड़ दिया है। यह 2015 के सूखे का सफलतापूर्वक पूर्वानुमान किया जिसकी भविष्यवाणी करने में एफएसएलआरएफ चूक गया था।

स्काईमेट<sup>6</sup> के पूर्वानुमानों के साथ आईएमडी के एफएसएलआरएफ की तुलना (दोनों अप्रैल में जारी किया गया) से पता चलता है कि दोनों एजेंसियों ने पिछले 6 वर्षों में से 5 बार लक्ष्य से चूके हैं। वर्ष 2017 एक अपवाद था- स्काईमेट का पूर्वानुमान वास्तविक के समकक्ष था, और आईएमडी का वास्तविक के बहुत करीब था (चार्ट 2)।



<sup>2</sup> देश के लिए एलपीए (1951-2000) 89 सेमी है।

<sup>3</sup> स्काईमेट ने  $\pm 5$  प्रतिशत के त्रुटि मार्जिन के साथ एलपीए के 93 प्रतिशत के सामान्य मॉनसून से नीचे की भविष्यवाणी की है। स्थानिक रूप से, देश के सभी चार क्षेत्रों के लिए सामान्य वर्षा से कम का आकलन करता है।

<sup>4</sup> Climate Diagnostics Bulletin (various issues), National Weather Service Climate Prediction Centre, National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce. (Retrieved from [https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/CDB\\_Archive\\_html/CDB\\_archive.shtml](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/CDB_Archive_html/CDB_archive.shtml))

<sup>5</sup> अखिल भारतीय स्तर पर उन वर्षों को सूखा ग्रसित वर्ष के रूप में घोषणा की जाती है जब वर्षा की कमी एलपीए के 10 प्रतिशत से अधिक होती है और देश का 20-40 प्रतिशत क्षेत्र सूखे की स्थिति में होता है।

<sup>6</sup> स्काईमेट के संशोधित पूर्वानुमान प्रदर्शन का मूल्यांकन डेटा की कमी के कारण नहीं किया जा सका क्योंकि इसे 2017 से ही शुरू किया गया है। संयोगवश, इसने 2017 और 2018 के लिए अपना पूर्वानुमान संशोधित नहीं किया है।

### क्षेत्रीय पूर्वानुमान प्रदर्शन

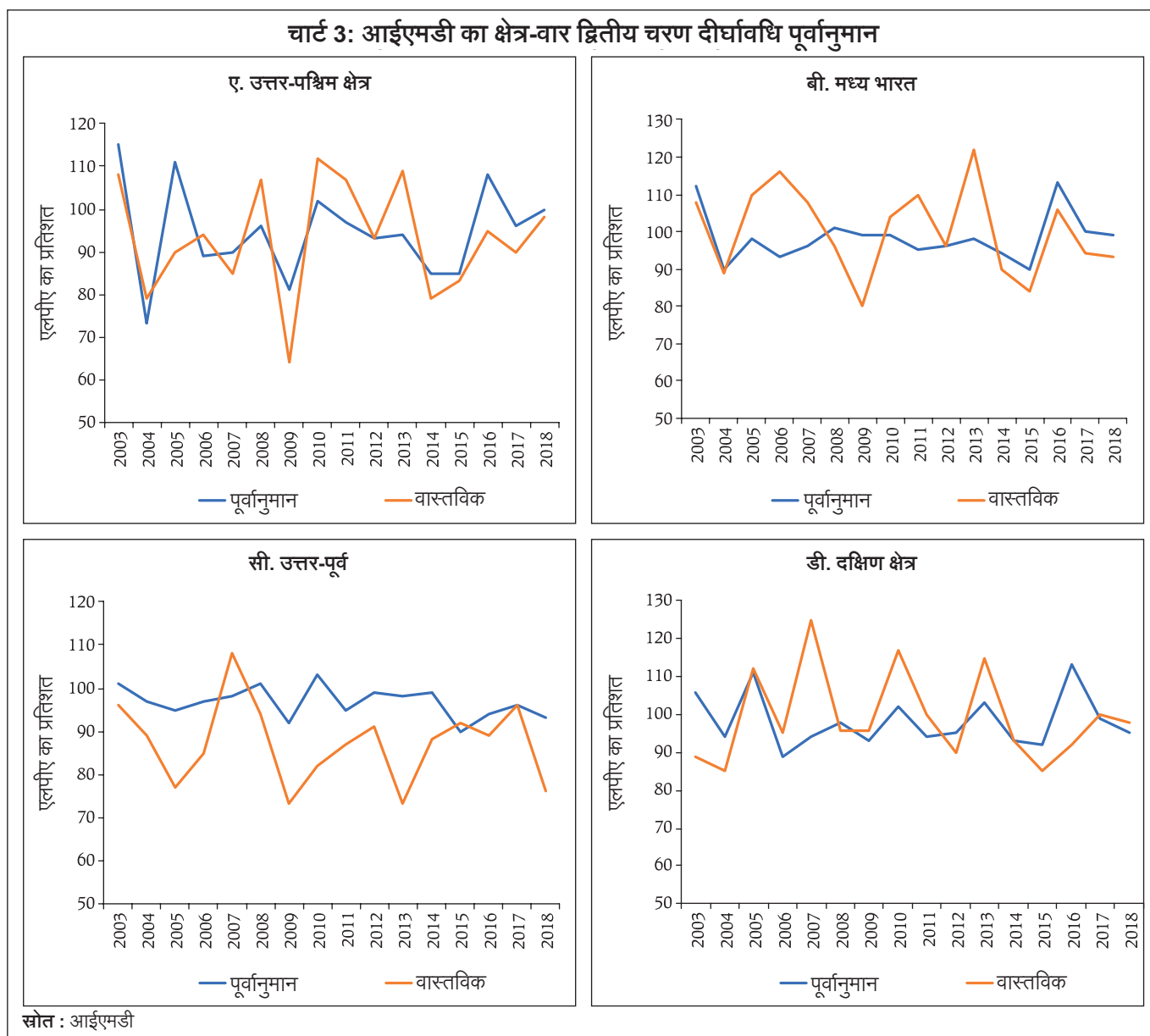
अक्सर, अखिल भारतीय पूर्वानुमान से बारिश के स्थानिक वितरण, जो कृषि उत्पादन आउटलुक की दृष्टि से महत्वपूर्ण माना जाता है, का ब्यौरा प्राप्त होता है। उदाहरणस्वरूप, वर्ष 2007 में भारत में कुल वर्षा एलपीए का 105 प्रतिशत रहा जबकि उत्तर-पश्चिम क्षेत्र में यह एलपीए का 85 प्रतिशत ही रहा। आईएमडी के एसएसएलआरएफ और वास्तविक वर्षा के बीच अन्य क्षेत्रों (चार्ट 3)<sup>7</sup> की तुलना में भारत के पूर्वोत्तर राज्यों में सबसे बड़ा विचलन रहा। स्काईमेट, जिसने 2018 से अपना क्षेत्रीय पूर्वानुमान जारी करना शुरू किया, द्वारा किए गए पूर्वानुमान से वास्तविक वर्षा

का विचलन मध्य और उत्तर पूर्वी क्षेत्रों की तुलना में उत्तर पश्चिम और दक्षिणी क्षेत्रों के लिए कम है।

### अंतरराष्ट्रीय एजेंसियों का पूर्वानुमान प्रदर्शन

दक्षिण पश्चिम मॉनसून अल नीनो या ला नीना (El Nino or La Nina) की स्थितियों से काफी प्रभावित होता है। एल नीनो के दौरान, समुद्र तल दबाव पूर्वी प्रशांत क्षेत्र में कम और पश्चिमी प्रशांत क्षेत्र में अधिक होता है। इसका तात्पर्य है पूर्व में गर्म और पश्चिम में ठंडे महासागरीय जल। ला नीना के दौरान इसकी विपरीत स्थिति होती है। समुद्र जल गर्म होने से पूर्वी और पश्चिमी

चार्ट 3: आईएमडी का क्षेत्र-वार द्वितीय चरण दीर्घावधि पूर्वानुमान



<sup>7</sup> एसएसएलआरएफ के तहत क्षेत्रवार पूर्वानुमान 2003 से ही उपलब्ध है।

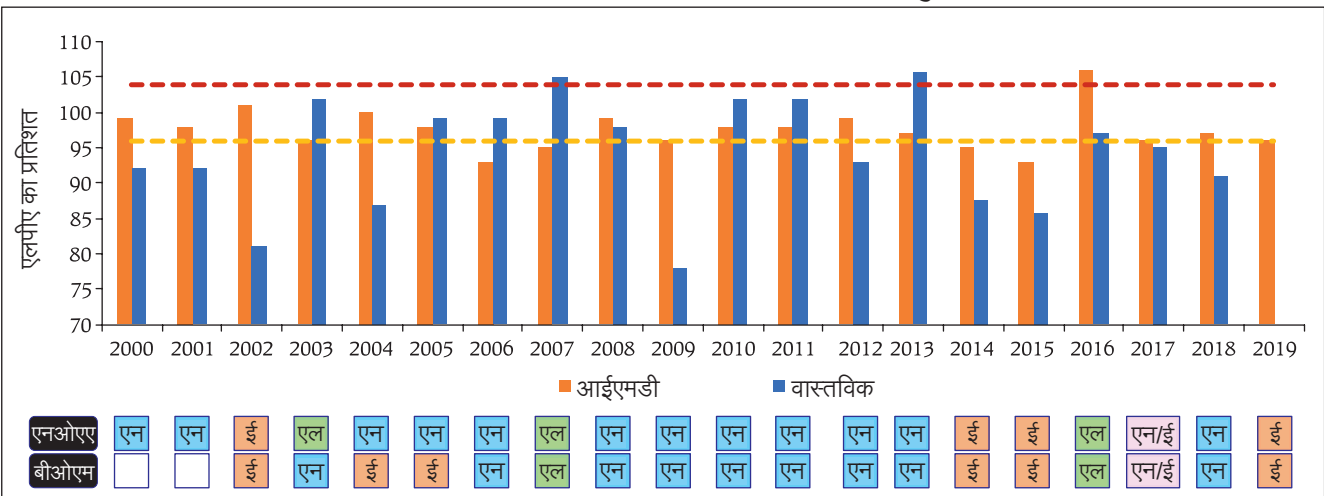
उष्णकटिबंधीय के बीच वायुमंडलीय दबाव में उतार-चढ़ाव पैदा होता है, जिसे दक्षिणी दोलन (एसओ) के रूप में जाना जाता है। चूंकि एल नीनो और दक्षिणी दोलन एक दूसरे से जुड़े हैं, इसलिए दोनों शब्दों को अक्सर एक ही शब्द 'अल नीनो दक्षिणी दोलन' या 'ईएनएसओ' कहा जाता है। गर्म ईएनएसओ चरण एल नीनो और ठंडा ईएनएसओ चरण ला नीना का संकेत देता है। अल नीनो आमतौर पर भारत में वर्षा की कमी से संबंधित है, जबकि ला नीना अक्सर सामान्य मॉनसून से अधिक वर्षा लाता है। (राजीवन और पै, 2006)

प्रशांत महासागर में घटित इन गतिविधियों के अलावा, दक्षिण पश्चिम मॉनसून हिंद महासागर के आस-पास होने वाले घटनाक्रमों पर भी निर्भर करता है, जिसे हिंद महासागर द्विध्रुवी (आईओडी) स्थिति के रूप में जाना जाता है। एक सकारात्मक हिंद महासागर द्विध्रुवी तब उत्पन्न होता है जब हिंद महासागर का पश्चिमी बेसिन उष्णकटिबंधीय बेसिन के सापेक्ष गर्म हो जाता है। एक नकारात्मक हिंद महासागर द्विध्रुवी तब उत्पन्न होता है जब इसकी विपरीत स्थिति घटित होती है। सकारात्मक हिंद महासागर द्विध्रुवी की घटना अल नीनो के प्रभाव को कम कर सकती है, जो सुदूर प्रशांत महासागर में उत्पन्न होती है और भारत के लिए बेहतर बारिश ला सकती है। यह माना जाता है कि 1997 एक ताकतवर एल नीनो वर्ष होने के बावजूद सकारात्मक हिंद महासागर द्विध्रुवी ने सामान्य वर्षा कराने में मदद की, जबकि

2014 में, नकारात्मक हिंद महासागर द्विध्रुवी और एल नीनो ने एक साथ मिलकर कम वर्षा करने का काम किया। (करुमारी, et al., 2001)। हालांकि, 2015 में सकारात्मक हिंद महासागर द्विध्रुवी एक बहुत मजबूत एल नीनो का मुकाबला नहीं कर सका और दक्षिण पश्चिम मॉनसून अंततः कमजोर पड़ गया।

ईएनएसओ और आईओडी के पूर्वानुमान एनओए तथा बीओएम द्वारा क्रमशः मासिक और पाक्षिक आधार पर जारी किया जाता है।<sup>8</sup> यह देखा गया है कि एल नीनो / ला नीना के संबंध में एनओए के पूर्वानुमान वसंत (मार्च-अप्रैल) में कम विश्वसनीय होता है, जबकि जून में जारी आउटलुक बेहतर परिणाम देता है। उदाहरणस्वरूप, 2017 में एनओए ने अप्रैल में जारी आउटलुक में एल नीनो के संबंध में 50 प्रतिशत की संभावना व्यक्त की थी, जून में स्थिति को तटस्थ के रूप से बदल दिया गया और अंततः यह सामान्य बारिश होनेवाला वर्ष निकला। इसी प्रकार, 2009 के भारी सूखे वाले वर्ष के मामले में अप्रैल का आउटलुक तटस्थ स्थिति की भविष्यवाणी की, जिसे एनओए और बीओएम दोनों ने जून के आउटलुक में एल नीनो (50 प्रतिशत से अधिक संभावना के साथ) में बदल दिया। 2002, 2014 और 2015 के सूखे वाले वर्षों में एनओए और बीओएम दोनों ने अप्रैल और जून में भी एल नीनो की भविष्यवाणी की, जो सही साबित हुआ (चार्ट 4ए और 4बी)।

चार्ट 4ए: एनओए और बीओएम का अप्रैल आउटलुक



नोट : 1. एल नीनो / ला नीना के संबंध में क्रमशः "एन", "ई" और "एल" तटस्थ स्थिति दर्शाता है। 2. रिक्त सेल अनुपलब्ध जानकारी दर्शाता है।

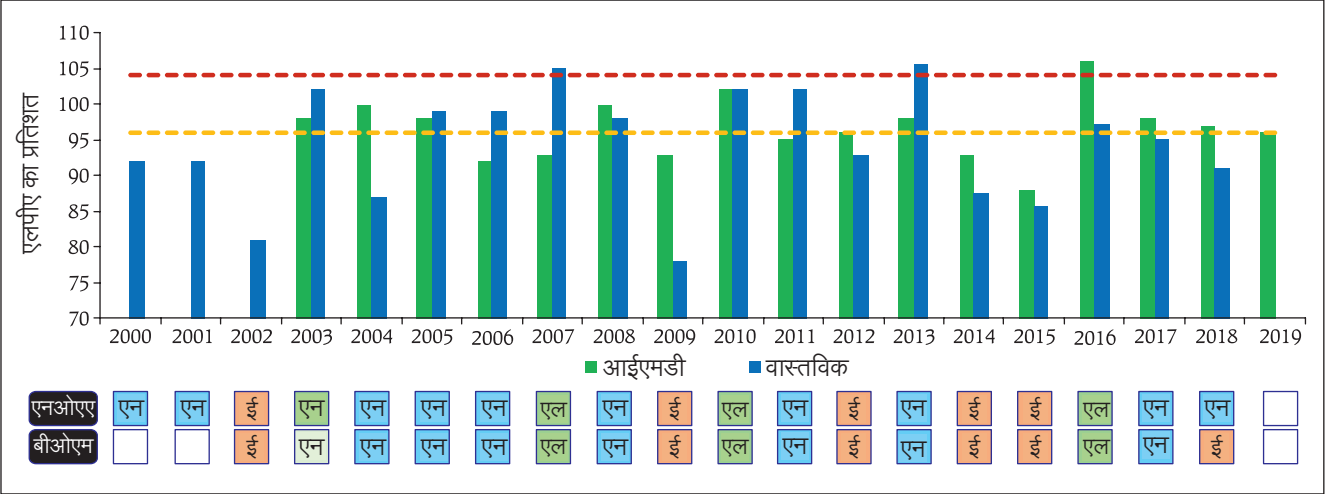
3. डैश लाइन सामान्य मॉनसून का विस्तार दर्शाता है। (एलपीए का 96 से 104 प्रतिशत)

4. एनओए और बीओएम का पूर्वानुमान वर्ष 2000 से पहले का उपलब्ध नहीं है।

स्रोत : एनओए और बीओएम

<sup>8</sup> ईएनएसओ निष्कर्ष : प्रशांत और हिंद महासागर (विभिन्न मुद्दे) की वर्तमान स्थिति, ऑस्ट्रेलिया गवर्नमेंट ब्यूरो ऑफ मेटिरोलॉजी, (<http://www.bom.gov.au/climate/ens0/wrap-up/archive.shtml>) से लिया गया है।

**चार्ट 4बी: एनओए और बीओएम का जून आउटलुक**



**नोट :** 1. एल नीनो / ला नीना के संबंध में क्रमशः "एन", "ई" और "एल" तटस्त स्थिति दर्शाता है। 2. रिक्त सेल अनुपलब्ध जानकारी दर्शाता है।  
 3. डैश लाइन सामान्य मॉनसून का विस्तार दर्शाता है। (एलपीए का 96 से 104 प्रतिशत)  
 4. एनओए और बीओएम का पूर्वानुमान वर्ष 2000 से पहले का उपलब्ध नहीं है।  
**स्रोत :** एनओए और बीओएम

दक्षिण पश्चिम मानसून 2019 के लिए, दोनों नोवा (NOAA) और बॉम(BOM) ने पूर्वी प्रशांत महासागर में औसत से ऊपर गर्म तापमान की स्थिति को देखते हुए अपने अप्रैल माह के आउटलुक में एल नीनो के बनने की संभावना की भविष्यवाणी की थी। जबकि बॉम(BOM)ने इस साल एल नीनो के विकसित होने के 70 प्रतिशत का आसार व्यक्त किया, नोवा(NOAA) ने जून अगस्त की अवधि के दौरान 60 प्रतिशत संभावना के साथ एल नीनो की घटना की भविष्यवाणी की थी। मई के आउटलुक में, बॉम ने 2019 में एल नीनो के विकास की संभावना को कम करते हुए 50 प्रतिशत तक व्यक्त किया है, जबकि नोवा(NOAA) ने इसे संशोधित करते हुए 70 प्रतिशत तक व्यक्त किया है।

यह देखा गया है कि भारत में अधिकांश गंभीर सूखे एल नीनो से प्रभावित थे। 1995 और 2018 के बीच की अवधि में, अत्यधिक कम वर्षा को पांच वर्ष, चार अखिल भारतीय सूखा वर्ष (2002, 2009, 2014 और 2015) और एक कम वर्षा को वर्ष (2004) रहा है। ये सभी पांच साल एल नीनो से संबंधित थे, हालांकि एल नीनो की तीव्रता सभी वर्षों में अलग-अलग थी। तथापि, एल नीनो का विकास सूखे/कम वर्षा के लिए एक पर्याप्त शर्त नहीं है। आधे से भी कम एल नीनो की घटनाएं भारत में कम वर्षा की घटना से संबंधित रही हैं (राजीवन और पै. 2006)। उदाहरण के लिए, एक मजबूत एल नीनो वर्ष होने के बावजूद,

वर्ष 1997 में लगभग सामान्य वर्षा हुई। दूसरी ओर, केवल वर्ष 2002 में एल नीनो की तीव्रता मध्यम थी, जिसके परिणामस्वरूप उस वर्ष सबसे अधिक और खराब सूखा पड़ा था (सारणी 1)।

### III. दक्षिण पश्चिम मानसून के पूर्वानुमानों का मूल्यांकन

आइएमडी के विभिन्न मॉडलों के पूर्वानुमान (राजीवन और अन्य, 2004 पांडेय और अन्य, 2016 प्रसाद और अन्य, 2010, स्टर्न, 2008) के साहित्य में की गई है और इसके साथ ही सूखा वाले वर्षों या किसी विशेष स्थानीय क्षेत्र के लिए वास्तविक वर्षा की तुलना में पूर्वानुमान की सटीकता (जोसेफ और अन्य 2017, सागर और अन्य, 2017) की जांच की गई है। तथापि, आइएमडी के पूर्वानुमान सटीकता के प्रतिकूल अन्य निजी और अंतरराष्ट्रीय एजेंसियों की तुलना करने से उनमें अंतर बना हुआ ही है।

तदनुसार, विभिन्न एजेंसियों का पूर्वानुमान सटीकता का मूल्यांकन निम्नलिखित माध्यमों से - (i) पीयर्सन के कोरिलेशन कॉफिसिएंट (पीसीसी) (ii) रूट मीन स्क्वायर एरर (आरएमएसई) और (iii) एक्सट्रीम ईवेंट (अतिविषम घटनाएं) की भविष्यवाणी का सक्सेस स्कोर<sup>9</sup> किया गया।

<sup>9</sup> एक्सट्रीम ईवेंट्स के सही पूर्वानुमानों और एक्सट्रीम ईवेंट्स के सही में घटित होने की कुल संख्या, जिसे प्रतिशत में व्यक्त किया गया हो, के अनुपात को सक्सेस स्कोर कहा जाता है। इसमें सूखाड वाले वर्ष (2002, 2009, 2014 और 2015), कम वर्षा वाले वर्ष (2004), और सामान्य से अधिक वर्षा वाले वर्ष (1998, 2007, 2013) शामिल हैं। सक्सेस स्कोर का मान 0 से 100 प्रतिशत के बीच होता है और उच्च मान बेहतर पूर्वानुमान को दर्शाता है।



## सारणी 1: एल नीनो वर्षों के दौरान मॉनसून की भेद्यता

वर्ष	घटना	हिंद महासागर द्विध्रुवी (आईओडी)	सामान्य की तुलना में वास्तविक प्रभाव	मानसून (एलपीए से भिन्नता का प्रतिशत)
1995	मध्यम ला नीना	तटस्थ	लगभग सामान्य	100
1996	तटस्थ	नकारात्मक	लगभग सामान्य	102
1997	बहुत मजबूत एल नीनो	सकारात्मक	लगभग सामान्य	102
1998	मजबूत ला नीना	नकारात्मक	सामान्य से अधिक	106
1999	मजबूत ला नीना	तटस्थ	लगभग सामान्य	96
2000	ला नीना	तटस्थ	सामान्य से कम	92
2001	तटस्थ	तटस्थ	सामान्य से कम	92
2002	मध्यम एल नीनो	तटस्थ	अपर्याप्त	81
2003	तटस्थ	तटस्थ	लगभग सामान्य	102
2004	कमजोर एल नीनो	तटस्थ	अपर्याप्त	87
2005	तटस्थ	तटस्थ	लगभग सामान्य	99
2006	कमजोर एल नीनो	सकारात्मक	लगभग सामान्य	99
2007	मजबूत ला नीना	तटस्थ	सामान्य से अधिक	105
2008	ला नीना	तटस्थ	लगभग सामान्य	98
2009	मध्यम एल नीनो	तटस्थ	गंभीर सूखा	78
2010	मजबूत ला नीना	नकारात्मक	लगभग सामान्य	102
2011	मध्यम ला नीना	तटस्थ	लगभग सामान्य	102
2012	तटस्थ	सकारात्मक	सामान्य से कम	93
2013	तटस्थ	तटस्थ	सामान्य से अधिक	106
2014	कमजोर एल नीनो	नकारात्मक	अपर्याप्त	88
2015	बहुत मजबूत एल नीनो	सकारात्मक	अपर्याप्त	86
2016	ला नीना	नकारात्मक	लगभग सामान्य	97
2017	तटस्थ	तटस्थ	सामान्य से कम	95
2018	तटस्थ	तटस्थ	सामान्य से कम	91

स्रोत : एनओए, बीओएम, और आईएमडी

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}$$

जहां  $\hat{y}_i$  और  $y_i$  क्रमशः पूर्वानुमान और वास्तविक मान हैं और  $n$  प्रेक्षणों (ऑब्जर्वेशन्स) की संख्या है।

पीसीसी और आरएमएसई का उपयोग आईएमडी और स्काइमेट के पूर्वानुमान सटीकता की जांच करने के लिए किया गया क्योंकि व्यक्त अनुमान और वास्तविक मान दीर्घकालीन औसत के प्रतिशत के रूप में रिपोर्ट किया गया है। सभी चार एजेंसियों (आईएमडी, स्काइमेट, नोवा और बॉम) के पूर्वानुमान

सटीकता को मूल्यांकित करने के लिए सक्सेस स्कोर का उपयोग किया गया जैसा कि भविष्यवाणी बॉम और नोवा द्वारा घटना की संभाव्यता के अनुसार रिपोर्ट किया गया है। पीसीसी और आरएमएसई के लिए, अध्ययन की अवधि 1995 से लेकर 2018 तक है, जिसे तीन विशेष फेज में वर्गीकृत किया गया है- अवधि 1 (1995 से 2002 तक) केवल एफएसएलआरएफ के साथ, अवधि 2 (2003 से 2012 तक) एफएसएलआरएफ और एसएसएलआरएफ दोनों के साथ और अवधि 3 (2013 से 2018) एफएसएलआरएफ, एसएसएलआरएफ और स्काइमेट पूर्वानुमान के साथ।

### निष्कर्षों का विश्लेषण

पीसीसी के निष्कर्ष से यह ज्ञात होता है कि अवधि 1 के लिए आइएमडी के एफएसएलआरएफ और वास्तविक वर्षा (रेनफॉल) के बीच कोरीलेशन कॉफिसिएंट ऋणात्मक (-0.36) और नगण्य है (सारणी 2)। अवधि 2 के लिए वास्तविक बारिश के साथ एफएसएलआरएफ और एसएसएलआरएफ का कोरीलेशन कॉफिसिएंट क्रमशः ऋणात्मक (-0.21) और धनात्मक (0.12) है और दोनों नगण्य साबित हुए हैं। अवधि 3 में, एफएसएलआरएफ और वास्तविक बारिश के बीच कोरीलेशन कॉफिसिएंट सुधर कर धनात्मक और नगण्य रहा (0.45)। इसी अवधि के लिए एसएसएलआरएफ का कोरीलेशन कॉफिसिएंट में काफी सुधार हुआ और 0.64 पर पहुँच कर भी यह नगण्य ही रहा। स्काइमेट प्रोग्नोसिस और वास्तविक बारिश के बीच का कोरीलेशन कॉफिसिएंट धनात्मक रहा परन्तु (0.41) के स्तर पर रहकर यह भी नगण्य ही रहा। स्पष्टतः अध्ययन की पूरी अवधि के दौरान किसी भी पूर्वानुमान को वास्तविक बारिश के आंकड़ों के साथ अंतिम निष्कर्ष<sup>10</sup> पर पहुँचने के लिए संबद्ध नहीं किया जा सका।

आरएमएसई निष्कर्ष कोरीलेशन निष्कर्ष के अनुरूप ही है। आइएमडी के एफएसएलआरएफ का आरएमएसई समयावधि के दौरान एसएसएलआरएफ से उच्च रहा है। अवधि 3 में एफएसएलआरएफ और एसएसएलआरएफ के आरएमएसई में सुधार हुआ है यद्यपि यह मॉडल त्रुटि से क्रमशः 5 और 4 प्रतिशत ऊपर रहा है। स्काइमेट का आरएमएसई, आइएमडी के एफएसएलआरएफ और एसएसएलआरएफ दोनों से ऊपर रहा है (सारणी 3)।

ये निष्कर्ष दो विपरीत परिस्थितियों क्रमशः एकदम सूखा और सामान्य से अधिक वर्षा होने की स्थिति में दर्शाया गया है। उदाहरण के लिए, आइएमडी का एफएसएलआरएफ समस्त

### सारणी 2- पूर्वानुमानित और वास्तविक वर्षा के बीच पीसीसी की तुलना

समयावधि/संकेतक	एफएसएलआरएफ और वास्तविक (पीवीएल)	एसएसएलआरएफ और वास्तविक (पीवीएल)	स्काइमेट और वास्तविक (पीवीएल)
अवधि 1 (1995 से 2002)	-0.36 (0.37)	-	-
अवधि 2 (2003 से 2012)	-0.21 (0.57)	0.12 (0.74)	-
अवधि 3 (2013 से 2018)	0.45 (0.37)	0.64 (0.17)	0.41 (0.42)

स्रोत : लेखक का अनुमान।

<sup>10</sup> यह मानना है कि विभिन्न एजेंसियों के लिए डेटा की कमी के कारण अवधिवार नमूने का आकार कम है। फिर भी, यहां तक कि 1995 से 2018 तक की पूरी अवधि के लिए, FSLRF का पीसीसी (-0.07) नकारात्मक और नगण्य है। इसी प्रकार, SSLRF का पीसीसी (2003-2018) (0.34) सकारात्मक और नगण्य है। इन परिणामों को आगे RMSE परिणाम और शैलीगत (stylized) तथ्यों के चार्ट 1 और 2 द्वारा पुष्टि की गयी है।

### सारणी 3: पूर्वानुमानित और वास्तविक वर्षा के आरएमएसई की तुलना

रूट मीन स्क्वायर एरर	एफएसएलआरएफ और वास्तविक	एसएसएलआरएफ और वास्तविक	स्काइमेट और वास्तविक
अवधि 1 (1995 से 2002)	10.14	-	-
अवधि 2 (2003 से 2012)	8.57	8.16	-
अवधि 3 (2013 से 2018)	7.03	5.99	8.71

स्रोत : लेखक का अनुमान।

भारत में (2002,2009,2014 और 2015 ) में पड़े सूखा, (2004) में कम वर्षा और (1998,2007 तथा 2013) में सामान्य से अधिक वर्षा के बारे में पूर्वानुमान करने में विफल रहा। वैसे, यह कुल समय के 38 प्रतिशत मात्र समय में सामान्य मानसून के लिए सही पूर्वानुमान व्यक्त किया। इसी तरह, स्काइमेट भी अति विषम घटनाओं का पूर्वानुमान करने में विफल रहा। हालांकि, एसएसएलआरएफ के 2015 का सूखा संबंधी पूर्वानुमान सही ठहरा और सामान्य मानसून के संबंध में की गयी भविष्यवाणी की इसकी संभाव्यता 44 प्रतिशत रही। तुलनात्मक रूप से, अंतरराष्ट्रीय एजेंसियां नोवा और बॉम अति विषम वर्षा वाले वर्षों के पूर्वानुमान करने में अपेक्षाकृत अधिक सफल रहे जो सामान्यतः एल नीनो और ला नीना की परिस्थितियों से मेल खाते हैं। इसे आइएमडी और स्काइमेट की तुलना में अंतरराष्ट्रीय एजेंसियों के लिए सक्सेस स्कोर के उच्चतर मान द्वारा मंडित किया गया है(सारणी 4)। राष्ट्रीय पूर्वानुमानों में से आइएमडी के एसएसएलआरएफ के लिए सक्सेस स्कोर एफएसएलआरएफ और स्काइमेट से उच्चतर है।

आइएमडी (एफएसएलआरएफ और एसएसएलआरएफ) और स्काइमेट के पूर्वानुमान त्रुटियों (फोरकास्ट एरर) के फैलाव (स्प्रेड) का बॉक्स प्लॉट रोचक उतार-चढ़ाव दर्शाता है (चार्ट 5)। अवधि 1 में आइएमडी के एफएसएलआरएफ के लिए फैलाव उच्चतर था जो बाद की अवधि में धीरे धीरे कम होता गया। अवधि 2 में, जैसा अनुमानित था, एसएसएलआरएफ के फैलाव संबंधी त्रुटि एफएसएलआरएफ से कम था। अवधि 3 में, यद्यपि एफएसएलआरएफ की तुलना में एसएसएलआरएफ के लिए

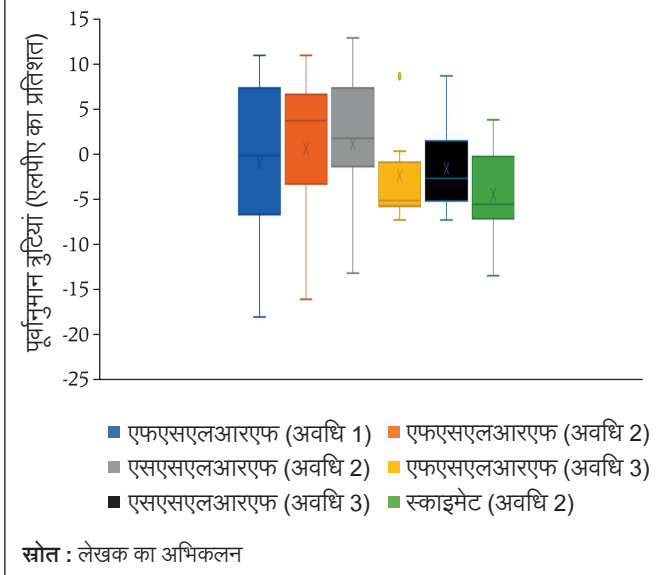
### सारणी 4: अतिवर्षा वाले वर्षों के दौरान विभिन्न फोरकास्टिंग एजेंसियों का सक्सेस स्कोर

एजेंसियां/पूर्वानुमान का माह	मार्च	अप्रैल	मई	जून
एनओए	57.14	57.14	71.43	57.14
बीओएम	71.43	71.43	71.43	71.43
आइएमडी	-	0.00	-	16.67
स्काइमेट	-	0.00	-	-

नोट : '-' लागू नहीं का द्योतक है।

स्रोत : एनओए, बीओएम, आइएमडी और स्काइमेट और लेखक का अनुमान।

**चार्ट 5: वर्षा पूर्वानुमान त्रुटियों के फैलाव का विश्लेषण**



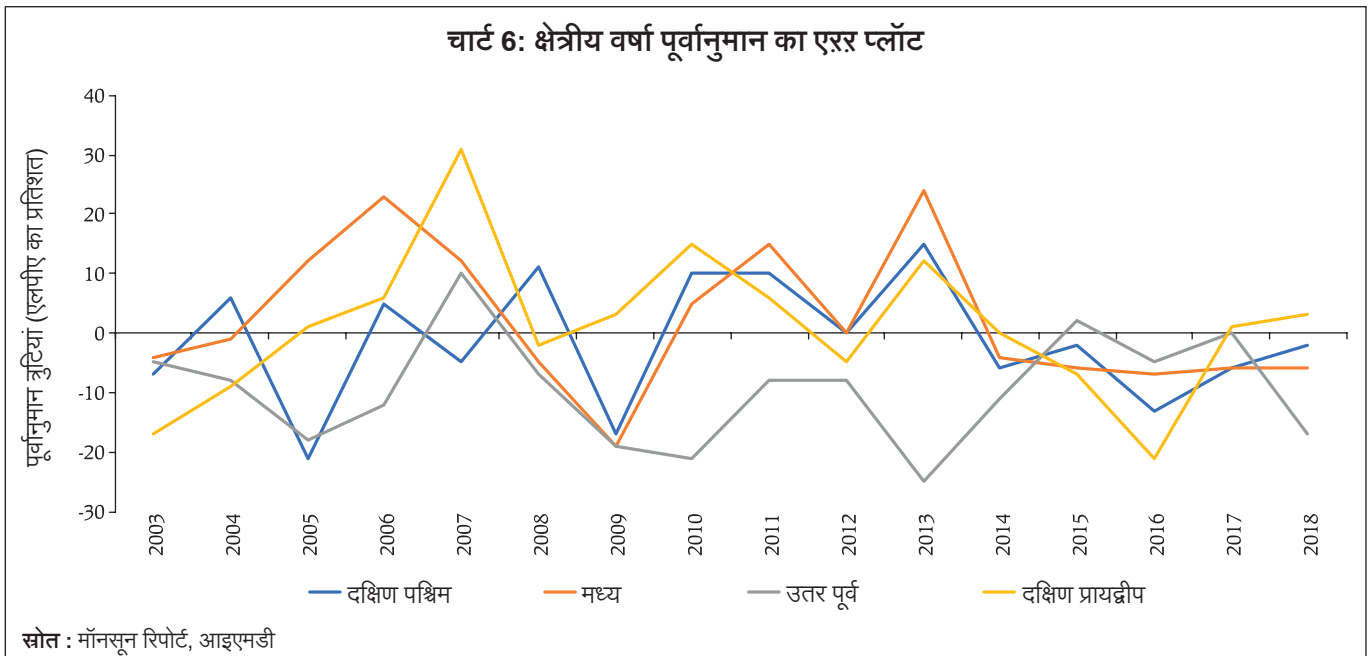
फैलाव उच्चतर था, हालांकि बाद वाले में आउटलॉयर था जो उसे कम विश्वसनीय बनाता है। इसी तरह स्काइमेट के पूर्वानुमान के फैलाव संबंधी त्रुटि आइएमडी के एसएसएलआरएफ से काफी उच्च है। स्पष्टतः अवधि 3 में एसएसएलआरएफ के लिए फैलाव त्रुटि अवधि 2 से कम हुई है। हालांकि, चूंकि पहले में माध्य माध्यिका से ऊपर है, ऐसा प्रतीत होता है कि एसएसएलआरएफ रेनफॉल के बारे में अधिक पूर्वानुमान करेगा।

जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है, 2003 से एसएसएलआरएफ में आइएमडी वर्षा (उत्तर पश्चिम, मध्य, पूर्व और उत्तर पूर्व और दक्षिणी प्रायद्वीप) के क्षेत्रीय वितरण के पूर्वानुमान को भी उपलब्ध कराता है। एरर प्लॉट (वास्तविक और भविष्यवाणी में अंतर) यह दर्शाता है कि सभी क्षेत्रों में भविष्यवाणी की त्रुटियों का कोई प्रणालीगत पैटर्न नहीं है (चार्ट 6)। तथापि, दक्षिणी प्रायद्वीप (13.24) के लिए आरएमएसई सबसे उच्च है, उसके बाद क्रमशः पूर्व और उत्तर पूर्व (12.54), मध्य भारत (11.18) और उत्तर पश्चिम (9.42) है। पूर्वानुमान में क्रमशः समय के 77 प्रतिशत और 50 प्रतिशत में पूर्व और उत्तर पूर्व और दक्षिणी प्रायद्वीप में वर्षा की संभावना को आशा से अधिक व्यक्त किया गया है। उत्तर पश्चिम के लिए समय के लगभग 50 प्रतिशत में पूर्वानुमान सही किया गया है और इसलिए आरएमएसई कम है।

**IV. निष्कर्ष**

भारत में अनुमानित वर्षा और वास्तविक वर्षा के बीच कोई महत्वपूर्ण संबंध नहीं है। जबकि पूर्वानुमान में से कोई भी वास्तविक के करीब नहीं हैं, आइएमडी के एसएसएलआरएफ का प्रदर्शन एफएसएलआरएफ और स्काइमेट से बेहतर है। आइएमडी और स्काइमेट दोनों ही अधिकांश मामलों में सूखे और अधिक वर्षा की भविष्यवाणी करने में विफल रहे हैं। फिर भी, एसएसएलआरएफ ने 2015 के सूखे और सामान्य मानसून रहने

**चार्ट 6: क्षेत्रीय वर्षा पूर्वानुमान का एरर प्लॉट**





की भविष्यवाणी की जो उचित ठहरा और यह एफएसएलआरएफ और स्काईमेट से अधिक रहा है। इसके विपरीत, अंतरराष्ट्रीय एजेंसियों, अर्थात्, बॉम और नोवा की अति वर्षा के पूर्वानुमान करने में भविष्यवाणी शक्ति (जो आम तौर पर एल नीनो और ला नीना के शर्तों के साथ मेल खाता है) आईएमडी की तुलना में बहुत बेहतर है। सभी पूर्वानुमानों के तुलनात्मक आकलन से पता चलता है कि व्यापक आर्थिक पूर्वानुमान के सृजन के लिए, आईएमडी के एसएसएलआरएफ और नोवा और बॉम जैसी अंतरराष्ट्रीय एजेंसियों की भविष्यवाणियों का संयोजित रूप से उपयोग उपयुक्त हो सकता है जैसा कि आईएमडी (एसएसएलआरएफ) और स्काईमेट द्वारा अप्रैल माह में जारी प्रारंभिक पूर्वानुमान अस्पष्ट प्रतीत होता है।

### संदर्भ

Government of India (2018), Agriculture at a Glance, Directorate of Economics and Statistics, Ministry of Agriculture and Farmers Welfare, New Delhi.

Gulati, A., Saini, S., and Jain, S. (2013), 'Monsoon 2013: Estimating the Impact on Agriculture', *Working Paper No.269*, Indian Council For Research on International Economic Relations.

Joseph, M., Murugan, E. and Hemalatha (2017), 'Forecast Verification Analysis of Rainfall for Southern Districts of Tamil Nadu, India', *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6: 299-306.

Kar, S.C., Acharya, N., Mohanty, U.C., and Kulkarni, M.A. (2012), 'Skill of Monthly Rainfall Forecasts over India using Multi-Model Ensemble Schemes', *International Journal of Climatology*, Vol 32, 1271-1286.

Karumuri, A., Guan, Z. and Toshio, Y. (2001), 'Impact of the Indian Ocean Dipole on the relationship between

the Indian Monsoon Rainfall and ENSO', *Geophysical Research Letters*, 28.

Monsoon Report (various issues), Indian Meteorological Department (IMD), Government of India.

Pandey, D.K., Rai, S., Sahai, A.K., Abhilash, S. and Shahi, N.K. (2016), 'Prediction and Error Growth in the Daily Forecast of Precipitation from the NCEP CFSv2 over the Subdivisions of Indian Subcontinent', *Journal of Earth System Science*, Vol 125(1), 29-45.

Prasad, K., Dash, S.K., and Mohanty, U.C. (2010), 'A Logistic Regression Approach for Monthly Rainfall Forecasts in Meteorological Subdivisions of India based on DEMETER Retrospective Forecasts', *International Journal of Climatology*, Vol 30, 1577-1588.

Rajeevan, M. and Pai, D.S. (2006), 'On the El Nino-Indian Monsoon predictive relationships', *Geophysical Research Letters*, Vol. 34.

Rajeevan, M., Pai, D.S., Dikshit, S.K., and Kelkar, R.R. (2004), 'IMD's New Operational Models for Long-Range Forecast of Southwest Monsoon Rainfall over India and their Verification for 2003', *Current Science*, Vol 86(3), 422-431.

Sagar, K.S., Mrudula, G., Kumari, K.V., and Rao, S.V.B (2017), 'Verification of VARSHA Rainfall Forecasts for Summer Monsoon Seasons of 2009 and 2010', *International Journal of Current Research Review*, Vol 9(21), 24-36.

Silver, N. (2012), 'The Weatherman is not a Moron' New York Times dated September 7. (Retrieved from <https://www.nytimes.com/2012/09/09/magazine/the-weatherman-is-not-a-moron.html>)

Stern, H. (2008), 'The Accuracy of Weather Forecasts for Melbourne, Australia', *Meteorological Applications*, 15: 65-71.