उत्पादन भारित वर्षा सूचकांक और कृषि उत्पादन: संबंध का पुनरावलोकन

शिवांगी मिश्रा, राजेंद्र रघुमांडा और संजय सिंह^ द्वारा

कृषि गतिविधियों पर दक्षिण-पश्चिमी मॉनसूनी (एसडब्ल्यूएम) वर्षा के प्रभाव का आकलन करने के लिए, भारतीय रिज़र्व बैंक के स्टाफ उत्पादन भारित वर्षा सूचकांक (पीआरएन) तैयार कर रहे हैं जो राज्यवार वर्षा और अखिल भारतीय खाद्यान्न उत्पादन में उनके संबंधित योगदान को लेकर बनता है। खरीफ खाद्यान्न उत्पादन के अनुमान के लिए पीआरएन आईएमडी सूचकांक की तुलना में बेहतर वर्षा संकेतक साबित हुआ है। यह आलेख एसडब्ल्यूएम वर्षा की बेहतर निगरानी के साथ-साथ खरीफ खाद्यान्न उत्पादन के पूर्वानुमान के लिए पीआरएन (संशोधित पीआरएन) को संशोधित करने का प्रयास करता है।

भूमिका

वर्षा कृषि उत्पादन का एक महत्वपूर्ण पहलू है, विशेष रूप से भारत में, जहां निवल बोए गए क्षेत्र का लगभग आधा हिस्सा वर्षा आधारित है। वर्षा के अलावा उत्पादन के अन्य प्रमुख कारकों में सिंचाई इंफ्रास्ट्रक्चर, तकनीकी नवाचार, उच्च उपज वाले बीजों का उपयोग, बेहतर उर्वरक, मिट्टी की नमी का स्तर और तापमान शामिल हैं। हाल के वर्षों में सिंचाई के इंफ्रास्ट्रक्चर में तेजी से विस्तार के बावजूद, भारत में निवल सिंचित क्षेत्र कुल निवल बोए गए क्षेत्र के आधे से थोड़ा अधिक है।1 भारतीय मौसम विभाग (आईएमडी)2 भारत में वार्षिक वर्षा को चार मौसमों में विभाजित करता है : i) शीत (जनवरी से फरवरी), ii) मानसून-पूर्व (मार्च से मई), iii) दक्षिण-पश्चिम मानसून (एसडब्ल्यूएम) (जून से सितंबर), और iv) मानसून के बाद (अक्टूबर से दिसंबर)। इनमें से, एसडब्ल्यूएम वार्षिक वर्षा का लगभग 75 प्रतिशत प्राप्त करता है और देश में कृषि गतिविधियों के लिए बहुत महत्व रखता है। सिंचाई के लिए एक प्रमुख स्रोत होने के साथ-साथ, एसडब्ल्यूएम जलाशयों में भंडारण के इष्टतम स्तर को बनाए रखने के लिए भी आवश्यक है जो पूरे वर्ष के दौरान सिंचाई की सुविधा प्रदान करता है। एक सामान्य मानसून फसल उत्पादन का समर्थन करता है और ग्रामीण खपत को बढ़ावा देता है। जबकि, एक कमी या एक अनियमित मानसून उत्पादकता को कम कर सकता है और फसल पैटर्न को प्रभावित कर सकता है। भारत में कृषि के तीन मौसमों में, खरीफ, जो देश के कुल खाद्यान्न उत्पादन का लगभग 50 प्रतिशत है, एसडब्ल्यूएम वर्षा पर सबसे अधिक निर्भर है। बेहतर एसडब्ल्यूएम वर्षा खरीफ फसलों की संभावनाओं में सुधार करती है, हालांकि, मानसून के मौसम के दौरान अधिक वर्षा फसलों को नुकसान पहुंचा सकती है और इसलिए खरीफ उत्पादन के लिए हानिकारक है। हालांकि, एसडब्ल्यूएम के दौरान अधिक वर्षा से जलाशय के स्तर में सुधार हो सकता है और यह रबी उत्पादन के लिए अच्छा हो सकता है। इस प्रकार, खरीफ खाद्यान्न उत्पादन पर एसडब्ल्यूएम वर्षा के प्रभाव - इसकी मात्रा, स्थानिक और अस्थायी गतिशीलता का विश्लेषण करना हमेशा चिंता का विषय रहा है।

भारतीय अर्थव्यवस्था में वर्षा के महत्व को देखते हुए, रिज़र्व बैंक वर्षा की प्रगति, विशेष रूप से एसडब्ल्यूएम की बहुत बारीकी से निगरानी करता है। देश के लिए आईएमडी का वर्षा सूचकांक उप-मंडल वर्षा का भारित एकत्रीकरण है जिसमें भार भौगोलिक क्षेत्रों पर आधारित होता है। कृषि गतिविधियों की दृष्टि से वर्षा के प्रभाव को बेहतर तरीके से समझने के लिए, रिज़र्व बैंक उत्पादन भारित वर्षा सूचकांक (पीआरएन) संकलित कर रहा है, जिसमें कुल खाद्यान्न उत्पादन में राज्यवार हिस्से के आधार पर राज्यवार वर्षा का विवरण एकत्र किया जाता है। भारतीय रिज़र्व बैंक मौद्रिक नीति रिपोर्ट और आरबीआई बुलेटिन के अर्थव्यवस्था की स्थिति आलेख में पीआरएन प्रकाशित कर रहा है, जो एसडब्ल्यूएम मौसम के दौरान और उसके आसपास जारी किया जाता है। पीआरएन इस चिंता को दूर करता है कि देश स्तर पर आईएमडी वर्षा सूचकांक सामान्य सीमा में होने के बावजूद, उच्च खाद्यान्न उत्पादन क्षमता वाले

^ लेखक सांख्यिकी और सूचना प्रबंध विभाग से हैं। लेखक इस आलेख को तैयार करने में डॉ ओपी मल्ल और डॉ ए आर जोशी के प्रोत्साहन और मार्गदर्शन के लिए के आभारी हैं। व्यक्त किए गए विचार लेखकों के हैं और भारतीय रिज़र्व बैंक के विचारों को नहीं दर्शाते हैं।

1 भूमि उपयोग सांख्यिकी, 2019-20।

2 https://internal.imd.gov.in/press_release/20220414_pr_1572.pdf

राज्यों में कम खाद्यान्न उत्पादक राज्यों की तुलना में कम वर्षा हो सकती है, जिससे सामान्य की तुलना में कम खाद्यान्न उत्पादन हो सकता है या इसके विपरीत। उदाहरण के लिए, 2022 में, पीआरएन एसडब्ल्यूएम मौसम[3] के पहले तीन महीनों के लिए आईएमडी सूचकांक से नीचे रहा, जो भारत के उत्तरी और पूर्वी हिस्सों में प्रमुख खाद्यान्न उत्पादक राज्यों द्वारा प्राप्त कम वर्षा को दर्शाता है। पीआरएन के निर्माण की कार्यप्रणाली, जिसे बाद के खंड में समझाया गया है, मोटे तौर पर कमिंग्स एवं अन्य (1969) और आरिफ (1988) का अनुसरण करती है।

हालांकि, पीआरएन का उच्च मूल्य बेहतर वर्षा को इंगित करता है जो आम तौर पर बेहतर कृषि संभावनाओं को दर्शाता है, एक सीमा से अधिक वर्षा के परिणामस्वरूप फसल क्षति, पोषक तत्वों की कमी और मृदा अपक्षय आदि की घटनाएं हो सकती हैं, जिसके परिणामस्वरूप कम कृषि उत्पादन हो सकता है (जो इस आलेख के बाद के खंड में अनुभवजन्य रूप से प्रमाणित है) अर्थात, यदि वर्षा एक सीमा से नीचे है, खाद्यान्न उत्पादन और वर्षा सूचकांक के बीच संबंध सकारात्मक है, जबकि यदि वर्षा सीमा से ऊपर है, तो संबंध बदल जाता है और नकारात्मक हो जाता है। जबकि पीआरएन आईएमडी सूचकांक पर एक सुधार है, यह फसल उत्पादन पर सामान्य या सामान्य से कम वर्षा के साथ अधिक वर्षा के प्रभाव को अलग करने में असमर्थ है। इसके अलावा, एक ऐसा मामला हो सकता है जब कुछ प्रमुख खाद्यान्न उत्पादक राज्यों में कम वर्षा के बावजूद पीआरएन सामान्य हो जाए और इसके विपरीत भी। यह प्रमुख खाद्यान्न उत्पादक राज्यों में कमी के कारण उत्पन्न हो सकता है, जो अन्य बड़े खाद्यान्न उत्पादक राज्यों में अधिक वर्षा से बराबर हो जाता है। इसलिए, पीआरएन की उपर्युक्त कमियों को दूर करने के लिए, यह आलेख राज्य स्तर पर एकतरफा विनसोराईज़ेशन का उपयोग करके पीआरएन [संशोधित पीआरएन (एमपीआरएन) के रूप में नामित] को संशोधित करने का प्रयास करता है, जिसमें, यदि किसी राज्य में पूर्व-निर्धारित सीमा से अधिक वर्षा होती है, तो राज्य के लिए वास्तविक वर्षा पीआरएन की गणना के लिए उस सीमा तक सीमित है। यह आलेख खरीफ खाद्यान्न उत्पादन के पूर्वानुमान में एमपीआरएन की उपयोगिता की भी अनुभवजन्य रूप से जांच करता है जो काफी हद तक एसडब्ल्यूएम से प्रभावित है।

अध्ययन का शेष भाग निम्नानुसार आगे बढ़ता है। खंड II संक्षेप में अध्ययन के लिए खोजे गए प्रमुख साहित्य को प्रस्तुत करता है। पीआरएन और एमपीआरएन की गणना के लिए अध्ययन और पद्धति के लिए उपयोग किए जा रहे डेटा को खंड III में समझाया गया है। अनुभवजन्य परिणामों पर खंड IV में चर्चा की गई है। अंत में, खंड V अध्ययन से निकले निष्कर्षों को सारांशित करके समाप्त होता है।

II. प्रमुख साहित्य की समीक्षा

फसलों के उत्पादन पर वर्षा, मौसम, प्रौद्योगिकीय नवोन्वेषण आदि जैसे अनेक कारकों के प्रभाव की जांच करने के लिए विभिन्न अध्ययन किए गए हैं। कमिंग्स एवं अन्य (1969) ने नई कृषि कार्यनीति के प्रभाव का विश्लेषण किया और वर्षा के प्रभावों और प्रौद्योगिकी की भूमिका को ध्यान में रखते हुए वर्ष 1968-69 के लिए खाद्यान्न उत्पादन का अनुमान प्रदान किया। इसी प्रकार, भारत में उत्पादित खाद्यान्नों की मात्रा का विश्लेषण मानसून वर्षा के स्थानिक और अस्थायी वितरण को शामिल करके किया गया (आरिफ, 1988)। इसके अलावा, वर्षा पूर्वानुमान और खाद्यान्न उत्पादन (भाटिया, 1997) पर किए गए अध्ययनों में फसल-वार उत्पादन भारित वर्षा सूचकांक का उपयोग करके फसल स्तर के उत्पादन पूर्वानुमान के महत्व पर जोर दिया गया है। एक अन्य अध्ययन पिछले वर्ष से वर्षा के विचलन और सिंचाई विकास के साथ कृषि विकास के संबंध से संबंधित है (कुमार एवं अन्य, 2019) पाकिस्तान की प्रमुख फसलों पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का आकलन कारकों का विश्लेषण करके किया गया, जैसे कि अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान, सापेक्ष आर्द्रता, धूप और वर्षा (अली एवं अन्य)। गेहूं की पैदावार पर बढ़ते तापमान के संभावित प्रभाव का अध्ययन उत्तर भारतीय मैदानों के लिए किया गया (कुरियाचेन एवं अन्य, 2022)। गुप्ता एवं अन्य (2023) ने खरीफ उत्पादन पर एसडब्ल्यू वर्षा का सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण प्रभाव पाया, हालांकि समय के साथ प्रभाव कम हो गया। सिंह एवं अन्य (2020) ने जिला-स्तरीय पैनल डेटा का उपयोग करके फसल की पैदावार पर मानसून के आगमन के समय के प्रभाव की जांच की। भारत में, फसल पूर्वानुमान में तकनीकी नवाचार एक सतत प्रक्रिया रही है। रिमोट सेंसिंग डेटा

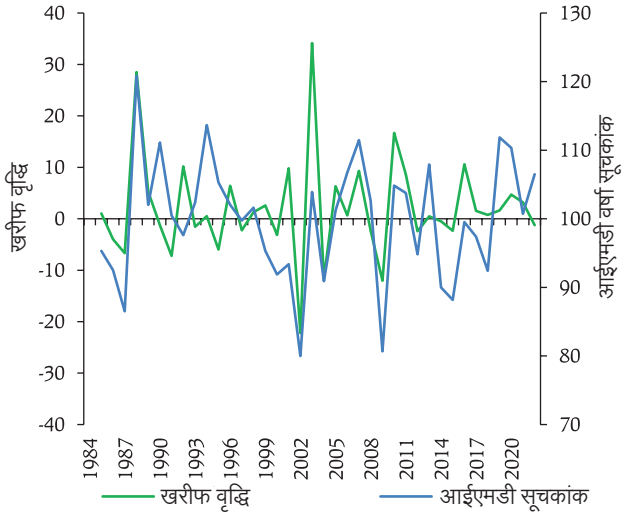
[3] अर्थव्यवस्था की स्थिति आलेख, अक्टूबर 2022, आरबीआई बुलेटिन।

का उपयोग करके फसल पूर्वानुमान, 1980 के दशक के अंत में शुरू हुआ, हालांकि, यह 2006 से एक राष्ट्रीय स्तर के कार्यक्रम – फसल (एफ़एएसएएल) (अंतरिक्ष, कृषि-मौसम विज्ञान और भूमि-आधारित अवलोकनों का उपयोग करके कृषि उत्पादन का पूर्वानुमान) के माध्यम से पूरी तरह से चालू हो गया (रे एवं अन्य, 2014)। इसमें फसल बुवाई के मौसम से पहले क्षेत्र और उत्पादन का पूर्वानुमान लगाने के लिए अर्थमितीय मॉडल शामिल हैं। यह अन्य स्रोतों के साथ आउटपुट के अनुमानों को प्रमाणित करने में सहायता करता है। इस वैज्ञानिक प्रगति के कारण, 2000 के दशक से कृषि उत्पादन अनुमान अधिक विश्वसनीय माना जाता है। यह 2002-03 के बाद आईएमडी वर्षा सूचकांक के साथ खरीफ खाद्यान्न उत्पादन वृद्धि के सह-संचलन से भी स्पष्ट है (चार्ट 1)।[4]

III. डेटा और कार्यप्रणाली

वर्ष 2002-03 से वर्षा के साथ खरीफ खाद्यान्न उत्पादन अनुमानों के बेहतर संरेखण को देखते हुए खरीफ उत्पादन पर एसडब्ल्यूएम वर्षा के प्रभाव का अध्ययन करने की समय-सीमा 2002-03 से 2022-23 ली गई थी (चार्ट 1)।

चार्ट 1: खरीफ खाद्यान्न उत्पादन की वृद्धि और आईएमडी सूचकांक



स्रोत: आईएमडी, कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय और आरबीआई स्टाफ गणना।

पीआरएन और एमपीआरएन का निर्माण नीचे दिए गए फॉर्मूला का उपयोग करके किया गया है:

ए. उत्पादन भारित वर्षा सूचकांक (पीआरएन):

$$PRN_t = \frac{\sum_i P_{it} * A_{it}}{\sum_i P_{it} * L_{it}}$$

जहां, 't' और L_{it} माह/वर्ष के दौरान i^{th} राज्य के लिए A_{it} वास्तविक वर्षा है: 't' माह/वर्ष के लिए i^{th} राज्य के लिए दीर्घावधि औसत (एलपीए) वर्षा[5] P_{it}: 't' वर्षा/माह[6] के दौरान i^{th} राज्य के लिए खाद्यान उत्पादन का हिस्सा । राज्य-वार खाद्यान्न उत्पादन का हिस्सा पिछले पांच वर्षों के औसत हिस्से के आधार पर निकाला जाता है। खाद्यान्नों का राज्य-वार उत्पादन हिस्सा अनुबंध-1 में दिया गया है।

बी. संशोधित उत्पादन भारित वर्षा सूचकांक (एमपीआरएन):

एमपीआरएन को प्राप्त करने के लिए वास्तविक राज्यवार वर्षा पर एकतरफा विनसोराइज़ेशन लगाया गया। तदनुसार, एमपीआरएन प्राप्त करने के लिए पीआरएन को निम्नानुसार संशोधित किया जाता है:

$$MPRN_t = \frac{\sum_i P_{it} * A'_{it}}{\sum_i P_{it} * L_{it}}$$

जहां A'_{it} 't' माह/वर्ष के दौरान i^{th} राज्य के लिए वास्तविक वर्षा का छोटा सा भाग है, जिसे इस प्रकार वर्णित किया जाता है :

$$A'_{it} = \begin{cases} A_{it}, & A_{it} < (L_{it} * Threshold) \\ (L_{it} * Threshold), & A_{it} \geq (L_{it} * Threshold) \end{cases}$$

आईएमडी के अनुसार, अखिल भारतीय स्तर पर 96-104, 104-110 से ऊपर और एलपीए वर्षा के 110 प्रतिशत से अधिक की सीमा में वर्षा को क्रमशः सामान्य, सामान्य से अधिक और अधिक वर्षा के रूप में वर्गीकृत किया गया है। सामान्य से अधिक या अधिक वर्षा कृषि गतिविधि को अनुकूल रूप से प्रभावित नहीं कर सकती है और इसलिए इस अध्ययन में एमपीआरएन के निर्माण के लिए 105 से शुरू होने वाली विभिन्न सीमाओं पर

[4] 1985-2001 की तुलना में 2002-2022 की अवधि के लिए खरीफ खाद्यान्न उत्पादन और आईएमडी वर्षा सूचकांक के बीच दिशात्मक सामंजस्य में 28 प्रतिशत की वृद्धि हुई है। इसके अलावा, रुझान और आईएमडी वर्षा सूचकांक से खाद्यान्न उत्पादन के विचलन का सहसंबंध गुणांक 0.5 से 0.7 तक बढ़ जाता है।

[5] 1971-2020 के लिए नवीनतम एलपीए वर्षा यानी 50 साल की औसत वर्षा का उपयोग सभी तीन सूचकांकों अर्थात आईएमडी वर्षा सूचकांक, पीआरएन और एमपीआरएन की गणना के लिए किया जाता है।

[6] चूंकि, राज्य-वार खाद्यान्न का हिस्सा वार्षिक उत्पादन के आधार पर प्राप्त किया जाता है, इसलिए वर्ष के सभी महीनों में राज्य-वार खाद्यान्न उत्पादन का हिस्सा समान रहता है।

सारणी 1: दक्षिण पश्चिम मानसून के दौरान वर्षा सूचकांक - वर्णनात्मक आंकड़े

(प्रतिशत)

	खरीफ*	आईएमडी	पीआरएन	एमपीआरएन 105	एमपीआरएन 110	एमपीआरएन 115
औसत	2.1	99.3	97.2	86.0	87.6	89.1
माध्यिका	0.7	101.2	100.2	88.1	89.6	90.8
अधिकतम	34.1	111.9	109.5	92.8	94.7	96.3
न्यूनतम	-22.2	80.0	78.1	72.7	73.6	74.3
मानक विचलन	11.2	9.4	10.2	6.0	6.4	6.7
अवलोकन संख्या	21	21	21	21	21	21

*खाद्यान् उत्पादन में वृद्धि।

स्रोत: आईएमडी, कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय और आरबीआई स्टाफ का अनुमान।

विचार किया गया है। 105 से 110 प्रतिशत और 115 प्रतिशत की सीमा में वैकल्पिक सीमा के परिणाम इस आलेख में प्रस्तुत किए गए हैं।

आईएमडी, पीआरएन और एमपीआरएन के वर्णनात्मक आंकड़े दर्शाते हैं कि एक तरफा काट-छांट के कारण, एमपीआरएन का औसत मूल्य आईएमडी और पीआरएन की तुलना में काफी कम है, यह दर्शाता है कि सामान्य वर्षा की परिभाषा, जो आईएमडी सूचकांक पर आधारित है, एमपीआरएन के लिए लागू नहीं हो सकती है (सारणी 1)।

खरीफ खाद्यान्न उत्पादन पर एसडब्ल्यूएम वर्षा के प्रभाव की जांच करने के लिए, निम्नलिखित प्रतिगमन मॉडल का उपयोग किया गया :

$$Production_t = \gamma_1 * Rainfall\ Index_t + \varepsilon_t \quad ...(1)$$

जहां, उत्पादन$_t$ वास्तविक खरीफ खाद्यान्न उत्पादन का उसके रुझान से विचलन है, और वर्षा सूचकांक$_t$ 't' वर्ष में एसडब्ल्यूएम मौसम के लिए आईएमडी/पीआरएन/एमपीआरएन है। खरीफ उत्पादन के रुझान को वैकल्पिक रूप से सामयिक रुझान के रूप में लिया गया - निर्धारणात्मक रुझान और होड्रिक प्रेस्कॉट (एचपी) फ़िल्टर आधारित रुझान – समरेखण मानदंड λ=100 के साथ प्रसंभाव्य रुझान। खाद्यान्नों के उत्पादन का इसके रुझान से विचलन से प्रौद्योगिकी के अधिक उपयोग, बीजों की अधिक उपज देने वाली किस्म आदि जैसे कारकों के कारण उत्पादन में क्रमिक सुधार का प्रभाव समाप्त हो जाता है और इसलिए इसमें अल्पकालिक उतार-चढ़ाव रह जाता है जिसमें वर्षा एक प्रमुख वाहक हो सकती है।

चूंकि मानसून के मौसम के विभिन्न महीनों में वर्षा का कृषि गतिविधियों पर अलग-अलग प्रभाव पड़ सकता है, इसलिए उपरोक्त मॉडल को संशोधित करके अस्थायी विशेषता को शामिल किया गया था

$$Production_t = \sum_{j=1}^{4} \gamma_j * Rainfall\ Index_{j,t} + \varepsilon_t \quad ...(2)$$

जहां, 'tth' एसडबल्यूएम वर्ष के jth माह के लिए वर्षा सूचकांक$_{j,t}$ आईएमडी/पीआरएन/एमपीआरएन है।

इसके अलावा, फसल उत्पादन पर एमपीआरएन की गणना करते समय वर्षा के छूटे हुए भाग के कारण अतिरिक्त वर्षा के संभावित प्रतिकूल प्रभाव को मॉडल (1) में एक और व्याख्यात्मक चर के रूप में पीआरएन से एमपीआरएन के अंतर को लेकर किया गया है। संशोधित प्रतिगमन समीकरण इस प्रकार है:

$$Production_t = \gamma_1 * MPRN_t + \gamma_2 * DMPRN_t + \varepsilon_t \quad ...(3)$$

जहां, डीएमपीआरएन$_t$ वर्ष 't' में पीआरएन से पूर्व-निर्धारित सीमा पर एमपीआरएन का अंतर है (यानी, डीएमपीआरएन$_t$ = पीआरएन$_t$ - एमपीआरएन$_t$)।

वर्षा सूचकांकों के माध्य और विचरण में अंतर को देखते हुए - इस अध्ययन में उपयोग किए जाने वाले व्याख्यात्मक चर (सारणी 1), उपरोक्त प्रतिगमन मॉडल के संबंधित गुणांक सीधे तुलनीय नहीं हो सकते हैं। इसलिए, उन्हें तुलनीय बनाने के लिए, मानक सामान्य परिवर्तन का उपयोग करके सभी व्याख्यात्मक और साथ ही निर्भर चर को मानकीकृत किया गया। इसलिए, उपरोक्त सभी तीन मॉडल मूल (यानी इंटरसेप्ट के बिना प्रतिगमन) रूप से प्रतिगमन बन गए।

IV. अनुभवजन्य परिणाम

एसडब्ल्यूएम वर्षा और खरीफ खाद्यान्न उत्पादन में वृद्धि दर के बीच सहसंबंध अत्यधिक सकारात्मक पाया गया। तीन सूचकांकों में, एमपीआरएन का थोड़ा अधिक सहसंबंध है। यद्यपि मानसून के सभी महीनों का खरीफ खाद्यान्न उत्पादन के साथ सकारात्मक संबंध है, जुलाई में सबसे अधिक है, यह दर्शाता है कि जुलाई की वर्षा बुवाई गतिविधियों और फसलों के शुरुआती वृद्धि चरण के लिए भी महत्वपूर्ण है (सारणी 2)।

प्रतिगमन मॉडल (1) के अनुमानों में सामयिक रुझान और एचपी फिल्टर रुझान दोनों का उपयोग करके दर्शाया गया है कि सभी तीन वर्षा सूचकांकों का रुझानों से खरीफ खाद्यान्न उत्पादन

सारणी 2: खरीफ खाद्यान्न उत्पादन की वृद्धि दर के साथ वर्षा सूचकांकों का सहसंबंध

माह	आईएमडी	पीआरएन	एमपीआरएन 105	एमपीआरएन 106	एमपीआरएन 107	एमपीआरएन 108	एमपीआरएन 109	एमपीआरएन 110	एमपीआरएन 115
जून	0.12	0.12	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20
जुला	**0.59**	**0.66**	**0.67**	**0.67**	**0.66**	**0.66**	**0.66**	**0.66**	**0.65**
अग	0.16	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.20
सित	0.44	0.36	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17
एसडबल्यूएम	**0.60**	**0.60**	**0.67**	**0.67**	**0.67**	**0.67**	**0.67**	**0.66**	**0.65**

स्रोत : आरबीआई स्टाफ की गणना।

के विचलन पर सकारात्मक और महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। एमपीआरएन का खरीफ उत्पादन पर सबसे अधिक प्रभाव पाया गया, जिसमें पीआरएन और आईएमडी के बाद काफी बेहतर इन-सैंपल फिट (समायोजित आर-वर्ग द्वारा मापा गया) है। 105 की सीमा मान पर एमपीआरएन सभी सीमाओं के बीच सबसे अच्छा साबित होता है।

इसके अलावा, सीमा को 105 से अधिक बढ़ाए जाने पर समायोजित आर-वर्ग में क्रमिक रूप से गिरावट देखी गई, जो दर्शाता है कि एलपीए के 105 प्रतिशत से अधिक वर्षा खरीफ खाद्यान्न उत्पादन पर प्रतिकूल प्रभाव डाल सकती है। खरीफ उत्पादन पर एसडब्ल्यूएम वर्षा के अस्थायी वितरण का प्रभाव, जिसे माह-वार वर्षा के साथ मॉडल (2) में दर्शाया गया था जिससे पता चलता है कि जुलाई महीने (जिसमें खरीफ की लगभग आधी बुवाई होती है) में वर्षा का उत्पादन की संभावनाओं पर सबसे अधिक प्रभाव पड़ता है, इसके बाद जून, सितंबर और अगस्त में होता है, यह दर्शाता है कि जून में मानसून की शुरुआत में देर होने या कम वर्षा होने का प्रतिकूल प्रभाव कृषि संभावनाओं पर कुछ हद तक हो सकता है लेकिन अगले महीने अगर मानसून जोर पकड़ता है तो इसे कम किया जा सकता है। आईएमडी और पीआरएन के विपरीत, एमपीआरएन से पता चलता है कि मानसून के मौसम के सभी चार महीनों में वर्षा का खरीफ खाद्यान्नों पर महत्वपूर्ण प्रभाव है (सारणी 3 और 4)।

सारणी 3: कुल एसडब्ल्यूएम और माह-वार वर्षा के प्रतिगमन अनुमान – सामयिक रुझान

	आईएमडी	पीआरएन	एमपीआरएन 105	एमपीआरएन 106	एमपीआरएन 107	एमपीआरएन 108	एमपीआरएन 109	एमपीआरएन 110	एमपीआरएन 115
	कुल एसडबल्यू वर्षा (मॉडल 1)								
वर्षा सूचकांक	0.720 (0.002)	0.742 (0.002)	0.851 (0.00)	0.849 (0.00)	0.847 (0.00)	0.844 (0.00)	0.842 (0.00)	0.839 (0.00)	0.824 (0.00)
समायोजित-आर-वर्ग	*0.519*	*0.550*	***0.725***	*0.722*	*0.717*	*0.713*	*0.708*	*0.703*	*0.679*
एलएम टेस्ट (पी-मूल्य)	*0.577*	*0.802*	*0.895*	*0.898*	*0.900*	*0.899*	*0.898*	*0.895*	*0.884*
डीडबल्यू सांख्यिकी	*2.148*	*2.075*	*2.100*	*2.096*	*2.094*	*2.094*	*2.095*	*2.097*	*2.101*
अवलोकन की संख्या	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*
	मासिक वर्षा (मॉडल 2)								
वर्षा (जून)	0.423 (0.043)	0.360 (0.089)	0.422 (0.008)	0.418 (0.009)	0.415 (0.01)	0.413 (0.011)	0.410 (0.012)	0.406 (0.013)	0.392 (0.02)
वर्षा (जुलाई)	**0.427** (0.108)	**0.523** (0.014)	**0.620** (0.001)	**0.618** (0.002)	**0.616** (0.002)	**0.613** (0.002)	**0.611** (0.002)	**0.609** (0.002)	**0.597** (0.003)
वर्षा (अगस्त)	0.154 (0.175)	0.181 (0.23)	0.267 (0.049)	0.268 (0.051)	0.269 (0.054)	0.270 (0.055)	0.270 (0.057)	0.272 (0.058)	0.272 (0.071)
वर्षा (सितंबर)	0.337 (0.087)	0.241 (0.081)	0.304 (0.014)	0.299 (0.016)	0.295 (0.019)	0.291 (0.021)	0.287 (0.023)	0.283 (0.026)	0.268 (0.04)
समायोजित-आर-वर्ग	*0.475*	*0.511*	***0.688***	*0.684*	*0.679*	*0.674*	*0.669*	*0.663*	*0.635*
एलएम टेस्ट (पी-मूल्य)	*0.658*	*0.680*	*0.989*	*0.991*	*0.994*	*0.996*	*0.998*	*0.998*	*0.994*
डीडबल्यू सांख्यिकी	*2.110*	*1.992*	*1.881*	*1.887*	*1.896*	*1.907*	*1.917*	*1.928*	*1.968*
अवलोकन की संख्या	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*

टिप्पणी: 1. कोष्ठक में आंकड़ा संबंधित पी-मान है।
2. मानक त्रुटियां विषमविसारिता और स्वत: सहसंबंध दृढ़ता (एचएसी) हैं।
स्रोत: आरबीआई स्टाफ की गणना।

सारणी 4: कुल एसडब्ल्यूएम और माह-वार वर्षा के प्रतिगमन अनुमान - एचपी फिल्टर रुझान

	आईएमडी	पीआरएन	एमपीआरएन 105	एमपीआरएन 106	एमपीआरएन 107	एमपीआरएन 108	एमपीआरएन 109	एमपीआरएन 110	एमपीआरएन 115
	कुल एसडबल्यू वर्षा (मॉडल 1)								
वर्षा सूचकांक	0.702 (0.002)	0.730 (0.002)	0.845 (0.00)	0.843 (0.00)	0.840 (0.00)	0.838 (0.00)	0.835 (0.00)	0.832 (0.00)	0.817 (0.00)
समायोजित-आर-वर्ग	*0.493*	*0.533*	***0.713***	*0.710*	*0.706*	*0.702*	*0.698*	*0.692*	*0.667*
एलएम टेस्ट (पी-मूल्य)	*0.637*	*0.855*	*0.951*	*0.951*	*0.951*	*0.949*	*0.946*	*0.943*	*0.933*
डीडबल्यू सांख्यिकी	*2.126*	*2.064*	*2.091*	*2.090*	*2.089*	*2.090*	*2.092*	*2.095*	*2.097*
अवलोकन की संख्या	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*
	मासिक वर्षा (मॉडल 2)								
वर्षा (जून)	0.432 (0.043)	0.371 (0.08)	0.446 (0.006)	0.443 (0.007)	0.440 (0.007)	0.437 (0.008)	0.434 (0.009)	0.430 (0.01)	0.414 (0.016)
वर्षा (जुलाई)	**0.398** (0.116)	**0.496** (0.011)	**0.595** (0.001)	**0.594** (0.001)	**0.592** (0.001)	**0.589** (0.001)	**0.587** (0.001)	**0.585** (0.001)	**0.573** (0.002)
वर्षा (अगस्त)	0.148 (0.181)	0.172 (0.223)	0.265 (0.043)	0.266 (0.045)	0.266 (0.047)	0.267 (0.048)	0.268 (0.049)	0.269 (0.051)	0.270 (0.062)
वर्षा (सितंबर)	0.337 (0.085)	0.252 (0.066)	0.300 (0.012)	0.296 (0.014)	0.292 (0.016)	0.288 (0.018)	0.284 (0.02)	0.280 (0.023)	0.265 (0.036)
समायोजित-आर-वर्ग	*0.444*	*0.483*	***0.671***	*0.668*	*0.663*	*0.658*	*0.653*	*0.647*	*0.617*
एलएम टेस्ट (पी-मूल्य)	*0.733*	*0.700*	*1.000*	*1.000*	*1.000*	*0.999*	*0.997*	*0.995*	*0.982*
डीडबल्यू सांख्यिकी	*2.099*	*1.969*	*1.957*	*1.963*	*1.972*	*1.982*	*1.992*	*2.001*	*2.032*
अवलोकन की संख्या	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*	*21*

टिप्पणी: 1. कोष्ठक में आंकड़ा संबंधित पी-मान है।
2. मानक त्रुटियां विषमविसारिता और स्वत: सहसंबंध दृढ़ता (एचएसी) हैं।
स्रोत: आरबीआई स्टॉफ की गणना।

मॉडल (1) का उपयोग करके किए गए एक-वर्ष के पूर्वानुमान[7] से पता चलता है कि सभी मामलों में पीआरएन और आईएमडी की तुलना में एमपीआरएन में कम पूर्वानुमान त्रुटियां हैं। आईएमडी पर एमपीआरएन के सापेक्ष मूल माध्य वर्ग प्रतिशत त्रुटि (आरएमएसपीई)[8] से संकेत मिलता है कि मॉडल के पूर्वानुमान प्रदर्शन में महत्वपूर्ण सुधार हुआ है। अध्ययन के तहत चुने गए विभिन्न सीमा वाले एमपीआरएन में, 105 सीमा पर एमपीआरएन ने अन्य सभी को पीछे छोड़ दिया। पिछले 5 वर्षों में, एमपीआरएन (सीमा 105) का उपयोग करके खरीफ खाद्यान्न उत्पादन के लिए आरएमएसपीई आईएमडी के आधार पर आरएमएसपीई की तुलना में क्रमशः 21.3 प्रतिशत और 38.3 प्रतिशत कम है (सारणी 5.1)।

एसडब्ल्यूएम मौसम के दौरान कुल वर्षा के स्थान पर मॉडल [प्रतिगमन मॉडल (2)] में माह-वार वर्षा गतिकी को शामिल करने से पिछले 5 वर्षों के पूर्वानुमान प्रदर्शन में सुधार करने में मदद नहीं मिलती है (सारणी 5.2)।

इसके अलावा, मॉडल जो अतिरिक्त वर्षा के प्रतिकूल प्रभाव को कारक बनाता है [मॉडल (3)] केवल वार्षिक वर्षा [मॉडल (1)] वाले मॉडल की तुलना में समग्र इन-सैंपल फिट (समायोजित आर-वर्ग) में सुधार करता हुआ प्रतीत होता है। 105 पर एमपीआरएन सबसे अच्छा इन-सैंपल फिट है। अधिक वर्षा का ऋणात्मक और सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण प्रतिगमन गुणांक खरीफ खाद्यान्न उत्पादन के लिए उत्पादन की प्रतिकूलता को दर्शाता है। जैसे-जैसे अधिक वर्षा के लिए सीमा निर्धारण बढ़ता है, अतिरिक्त वर्षा का नकारात्मक प्रभाव भी बढ़ जाता है (अनुबंध 2)। प्रतिकूल प्रभाव क्रमशः सामयिक रुझान और एचपी रुझान के तहत महत्वता के 10 प्रतिशत और 5 प्रतिशत स्तर पर महत्वपूर्ण है। सामयिक रुझान के मामले में मॉडल (1) की तुलना में खरीफ खाद्यान्न उत्पादन के लिए पूर्वानुमान निष्पादन में केवल मामूली सुधार हो रहा है। तथापि, एचपी रुझान के मामले में ऐसा कोई सुधार नहीं देखा गया (सारणी 5-3)।

[7] अनुमान पुनरावर्ती रूप से उत्पन्न होते हैं, अर्थात, मॉडल को पहले समय 't' तक के आंकड़ों का उपयोग करके अनुमान लगाया गया था, फिर अनुमानित मॉडल और समय 't+1' के लिए वर्षा सूचकांक का उपयोग करके, समय 't+1' के लिए खाद्यान्न उत्पादन का अनुमान लगाया गया।

[8] $RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left\{\left(\frac{P_t - \hat{P}_t}{P_t}\right) * 100\right\}^2}$, जहां P_t वर्ष 't' में वास्तविक खरीफ उत्पादन है और $\hat{P}_t$ वर्ष 't' के लिए अनुमानित खरीफ उत्पादन है।

सारणी 5: पिछले पांच वर्षों (वित्त वर्ष 2019 से वित्त वर्ष 2023) के आउट-ऑफ-सैंपल आरएमएसपीई

(प्रतिशत)

	सामयिक रुझान	एचपी फिल्टर-रुझान
आईएमडी के आरएमएसपीई	6.72	4.89
5.1: आईएमडी की तुलना में सापेक्ष आरएमएसपीई: वार्षिक वर्षा (मॉडल 1)		
पीआरएन	85.9	74.9
एमपीआरएन105	**78.7**	**61.7**
एमपीआरएन 106	79.4	62.6
एमपीआरएन 107	80.0	63.5
एमपीआरएन 108	80.6	64.3
एमपीआरएन 109	81.1	65.1
एमपीआरएन 110	81.6	65.9
एमपीआरएन 115	84.3	69.6
5.2: सापेक्ष आरएमएसपीई: वार्षिक वर्षा (मॉडल 1) की तुलना में मासिक वर्षा (मॉडल 2)		
आईएमडी	107.7	109.0
पीआरएन	119.8	128.9
एमपीआरएन 105	110.8	110.7
एमपीआरएन 106	110.9	111.0
एमपीआरएन 107	111.0	111.2
एमपीआरएन 108	111.0	111.3
एमपीआरएन109	111.1	111.4
एमपीआरएन110	111.1	111.6
एमपीआरएन115	111.4	112.3
5.3: सापेक्ष आरएमएसपीई: मॉडल 3 की तुलना में मॉडल 1		
एमपीआरएन 105+डीएमपीआरएन 105	100.1	104.4
एमपीआरएन 106+डीएमपीआरएन 106	99.9	103.7
एमपीआरएन 107+डीएमपीआरएन 107	99.8	103.1
एमपीआरएन 108+डीएमपीआरएन 108	99.7	102.6
एमपीआरएन 109+डीएमपीआरएन 109	99.7	102.3
एमपीआरएन 110+डीएमपीआरएन 110	99.7	101.9
एमपीआरएन 115+डीएमपीआरएन 115	100.7	102.3

स्रोत: आरबीआई स्टाफ गणना।

V. निष्कर्ष

खरीफ खाद्यान्नों के उत्पादन पर एसडब्ल्यूएम वर्षा की मात्रा, स्थानिक और अस्थायी वितरण के प्रभाव का आकलन खरीफ उत्पादन संभावनाओं पर एसडब्ल्यूएम वर्षा के सकारात्मक और सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण प्रभाव की पुष्टि करता है। एसडब्ल्यूएम महीनों में, जुलाई की वर्षा का उत्पादन पर सबसे अधिक प्रभाव पड़ता है, इसके बाद जून, सितंबर और अगस्त का स्थान आता है, जो दर्शाता है कि जून में मानसून की शुरुआत में देरी या कमजोर प्रदर्शन का प्रतिकूल प्रभाव कुछ हद तक कम हो सकता है यदि मानसून अगले महीने में जोर पकड़ता है।

वास्तविक राज्य-वार वर्षा पर एकतरफा विनसोराइज़ेशन लागू करके प्राप्त एमपीआरएन का निर्माण 105 से शुरू होने वाली विभिन्न सीमाओं के लिए किया गया। जबकि पीआरएन बेहतर इन-सैंपल फिट और कम पूर्वानुमान त्रुटि के मामले में आईएमडी सूचकांक से बेहतर प्रदर्शन करता है, एमपीआरएन पीआरएन में और अधिक सुधार को दर्शाता है।

चूंकि 105 के बाद एमपीआरएन की सीमा बढ़ जाती है, इसलिए मॉडल का इन-सैंपल घट जाता है और प्रभाव धीरे-धीरे कम हो जाता है, यह दर्शाता है कि एलपीए के लगभग 105 प्रतिशत वर्षा का खरीफ खाद्यान्न उत्पादन पर सबसे अधिक और महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। इसके अलावा, 105 पर एमपीआरएन का पीआरएन, आईएमडी और एमपीआरएन पर अन्य सीमाओं के साथ बेहतर पूर्वानुमान प्रदर्शन है। हालांकि, वार्षिक वर्षा की तुलना में एसडब्ल्यूएम वर्षा (माहवार वर्षा सूचकांक के आधार पर) के अस्थायी वितरण को शामिल करने से कम से कम पिछले पांच वर्षों में उत्पादन के पूर्वानुमान प्रदर्शन में सुधार करने में मदद नहीं मिलती है। इसके अलावा, अधिक वर्षा का खरीफ खाद्यान्न उत्पादन पर महत्वपूर्ण और नकारात्मक प्रभाव पाया गया।

संदर्भ

Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Abdullah, Ilyas, A., & Din, I. U. (2017). Climate change and its impact on the yield of major food crops: Evidence from Pakistan. *Foods*, *6*(6), 39.

Arif, R. R. (1988). Kharif production and monsoon rainfall: An empirical study. *Reserve Bank of India Occasional Papers*, *9*(4), 375-393.

Bhatia, M. S. (1997). Rainfall forecast and Kharif foodgrains in 1997. *Economic and Political Weekly*, 2289-2294.

Cummings Jr, R. W., & Ray, S. K. (1969). 1968-69 Foodgrain Production: Relative Contribution of Weather and New Technology. *Economic and Political Weekly*, *4*(39), A163-A174.

Gupta, K., Kumar, S., & Gulati, S. (2023). Agriculture's Dependency on Monsoon Rainfall in India. RBI Bulletin, August, 99-114.

Kumar, M. D., Ganguly, A., & Sivamohan, M. V. K. (2019). What Drives Annual Agricultural Growth Rates in India?. *Economic and Political Weekly*, *54*(1), 33-36.

Kuriachen, P., Devi, A., Sam, A. S., Kumar, S., Kumari, J., Suresh, A., & Jha, G. K. (2022). Wheat yield responses to rising temperature: insights from northern plains of India. *Theoretical and Applied Climatology*, *150*(3-4), 1157-1172.

Ray, S. K. (1981). Weather, prices and fluctuations in agricultural production. *Indian Economic Review*, *16*(4), 251-277.

Ray, S. S., Mamatha Neetu, S., & Gupta, S. (2014). Use of remote sensing in crop forecasting and assessment of impact of natural disasters: operational approaches in India. *Crop monitoring for improved food security*.

Singh, H., Negi, D. S., & Birthal, P. S. (2020). Uncertain monsoon, irrigation and crop yields: Implications for pricing of insurance products. *Indira Gandhi Institute of Development Research Working paper*, No. 2020-018.

अनुबंध 1: कुल खाद्यान्न और खरीफ खाद्यान्न उत्पादन में राज्य-वार हिस्सा

(प्रतिशत)

राज्य\वर्ष	राज्यों का कुल खाद्यान्न में हिस्सा					राज्यों का खरीफ खाद्यान्न में हिस्सा				
	2002-03	2007-08	2012-13	2017-18	2020-21	2002-03	2007-08	2012-13	2017-18	2020-21
आंध्र प्रदेश	6.10	8.36	4.06	4.27	3.64	7.65	9.27	3.74	4.13	3.25
अरुणाचल प्रदेश	0.14	0.11	0.14	0.13	0.12	0.26	0.19	0.27	0.23	0.23
असम	2.23	1.50	2.05	1.94	1.77	3.60	2.16	3.12	2.99	2.86
बिहार	6.34	4.71	6.20	5.98	4.95	6.22	3.80	6.24	6.09	4.58
छत्तीसगढ़	1.87	2.73	2.97	2.09	2.65	3.30	4.74	5.41	3.82	5.05
गोवा	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.16	0.10	0.06	0.05	0.04
गुजरात	2.04	3.56	2.74	2.69	2.89	3.03	3.31	2.80	2.72	2.55
हरियाणा	7.05	6.63	6.31	5.68	5.89	3.45	4.04	3.78	3.78	3.88
हिमाचल प्रदेश	0.64	0.68	0.58	0.52	0.49	0.67	0.83	0.63	0.60	0.59
जम्मू एवं कश्मीर	0.76	0.68	0.71	0.55	0.51	1.05	0.88	1.06	0.77	0.74
झारखंड	1.08	1.80	1.77	2.11	1.57	2.02	3.20	3.08	3.62	2.53
कर्नाटक	3.81	5.28	4.22	4.14	4.68	5.59	7.27	6.00	6.02	7.42
केरल	0.40	0.23	0.20	0.18	0.20	0.67	0.35	0.29	0.28	0.31
मध्य प्रदेश	6.15	5.23	9.21	11.74	10.57	4.26	3.26	4.71	8.01	6.51
महाराष्ट्र	6.20	6.58	4.27	4.65	5.07	8.85	7.84	6.00	5.44	5.70
मणिपुर	0.20	0.18	0.13	0.25	0.22	0.39	0.35	0.07	0.13	0.08
मेघालय	0.13	0.10	0.10	0.13	0.11	0.23	0.15	0.16	0.20	0.19
मिज़ोरम	0.07	0.01	0.02	0.03	0.03	0.14	0.01	0.03	0.05	0.05
नगालैंड	0.22	0.21	0.23	0.19	0.18	0.40	0.37	0.44	0.36	0.34
ओडिशा	2.04	3.53	3.11	2.51	3.06	3.54	5.93	5.44	4.46	5.45
पंजाब	13.44	11.62	11.10	11.12	9.79	10.57	9.12	9.26	9.83	8.76
राजस्थान	4.31	6.96	7.14	7.00	7.81	2.11	6.44	5.38	5.62	6.58
सिक्किम	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06
तमिलनाडु	2.54	2.85	2.18	3.76	3.48	4.33	4.54	3.61	5.99	5.76
तेलंगाना	-	-	3.20	3.31	4.10	-	-	4.29	3.52	4.10
त्रिपुरा	0.35	0.27	0.28	0.3	0.28	0.53	0.38	0.43	0.43	0.41
उत्तर प्रदेश	21.82	18.24	19.74	18.02	18.7	14.06	12.32	14.22	12.32	13.26
उत्तराखंड	0.89	0.78	0.71	0.67	0.64	0.87	0.74	0.69	0.65	0.63
पश्चिम बंगाल	8.88	6.95	6.44	5.92	6.44	11.81	8.2	8.61	7.77	8.02
अन्य	0.13	0.1	0.08	0.07	0.07	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06
अखिल भारत	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

स्रोत: कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय।

अनुबंध 2: मॉडल (3) के प्रतिगमन अनुमान

	सामयिक रुझान		एचपी फिल्टर रुझान	
	गुणांक	समायोजित आर वर्ग	गुणांक	समायोजित आर वर्ग
डीएमपीआरएन105	-0.260 (0.071)	**0.744**	-0.284 (0.034)	**0.738**
डीएमपीआरएन 106	-0.269 (0.066)	0.742	-0.294 (0.031)	0.737
डीएमपीआरएन 107	-0.274 (0.063)	0.739	-0.300 (0.029)	0.734
डीएमपीआरएन 108	-0.278 (0.060)	0.735	-0.304 (0.027)	0.731
डीएमपीआरएन 109	-0.280 (0.058)	0.731	-0.307 (0.025)	0.727
डीएमपीआरएन 110	-0.282 (0.056)	0.726	-0.309 (0.024)	0.722
डीएमपीआरएन 115	-0.288 (0.045)	0.700	-0.314 (0.015)	0.694

टिप्पणी: कोष्ठक में आंकड़े संबंधित पी-मान है।

स्रोत: आरबीआई स्टाफ की गणना।