

## नीति के लिए सुदूर संवेदी एप्लिकेशन: कृषि जिंसों के आमद का आकलन\*

फसल उत्पादन के बारे में समय पर और विश्वसनीय जानकारी भविष्य की मुद्रास्फीति की प्रवृत्तियों का आकलन करने के लिए एक प्रमुख तत्व है। यह अध्ययन दालों पर ध्यान केन्द्रित करने के साथ नीति विश्लेषण के लिए सुदूर संवेदी (रिमोट सेंसिंग) डेटा की उपयोगिता की पड़ताल करता है। उपग्रह चित्र (सैटेलाइट इमेजरी)-आधारित सामान्यीकृत अंतर-वनस्पति सूचकांक (एनडीवीआई) का उपयोग करते हुए, वनस्पति वृद्धि उपयुक्त सीजनल फ़िल्टरिंग और अस्थायी समुच्चयन द्वारा प्राप्त किया जाता है। परिणाम दर्शाते हैं कि वनस्पति वृद्धि में मंडियों में पण्य वस्तुओं की आवक का अग्रिम आकलन करने की महत्वपूर्ण क्षमता है। इसके अलावा भू-स्थानिक मॉडलिंग, स्थान निर्देशांकों का उपयोग करते हुए स्थानिक विविधता की उपस्थिति को इंगित करता है।

### भूमिका

खाद्य मुद्रास्फीति लंबे समय से भारत में नीतिगत बहस का केंद्र बिंदु रही है। भारत में उपभोक्ता मूल्य सूचकांक (सीपीआई) की संरचना में खाद्य और पेय पदार्थ समूह के उच्च भार के कारण, यह हेडलाइन खुदरा मुद्रास्फीति पर उच्च स्तर का मूल्य दबाव बनाता है। मुद्रास्फीति की प्रत्याशा के साथ-साथ अन्य घटकों के लिए प्रभाव स्थायी हो सकते हैं और इसलिए नीतिगत हस्तक्षेप की आवश्यकता होती है।

खाद्य मुद्रास्फीति व्यापक रूप से मांग-जन्य, आपूर्ति-पक्ष, वैश्विक और नीतिगत कारकों में वर्गीकृत कई कारकों से प्रभावित होती है। ये कारक एक जटिल आंतरिक संरचना साझा करते हैं, और उनकी अंतर-गतिशीलता मुद्रास्फीति पथ को आकार देती है (आनंद और अन्य, 2016; भट्टाचार्य और गुप्ता, 2015; सोना और

अन्य, 2014)। चूंकि देश में खाद्य उपलब्धता मूलभूत रूप से घरेलू खाद्य उत्पादन से निर्धारित होती है, आपूर्ति पक्ष कारक मुख्य रूप से खाद्य उपलब्धता का निर्धारण करते हैं, जिससे फसल उत्पादन पर समय पर और विश्वसनीय जानकारी भविष्य की मुद्रास्फीति की प्रवृत्तियों का आकलन करने में एक महत्वपूर्ण तत्व बन जाती है।

भारत में, कृषि एवं किसान कल्याण मंत्रालय (एमओए एंड एफडब्ल्यू), भारत सरकार (भारत सरकार) में अर्थशास्त्र और सांख्यिकी निदेशालय (डीईएस) देश के स्तर पर प्रमुख खाद्यान्नों के अग्रिम अनुमान प्रदान करता है। फसलों की कटाई के बाद अंतिम देश-स्तरीय अनुमान जारी किए जाते हैं<sup>1</sup>। इसके अलावा, राज्य और जिला स्तर के फसल उत्पादन अनुमान और भी लंबे अंतराल (एक-दो वर्ष) के साथ जारी किए जाते हैं (डीईएस, 2020)।

आधिकारिक डेटा में प्रकाशन में देरी के कारण उच्च आवृत्ति रिमोट सेंसिंग डेटा जैसे वैकल्पिक स्रोतों की खोज हुई है। उच्च-आवृत्ति और लगभग वास्तविक समय के आधार पर स्थानिक-अस्थायी रिमोट सेंसिंग डेटा की उपलब्धता पारंपरिक डेटासेट पर एक अतिरिक्त बढ़त प्रदान करती है और इसकी खोज बड़े पैमाने पर की जा रही है। आधुनिक बिग डेटा टूल, मशीन लर्निंग और इमेज प्रोसेसिंग क्षमताओं के साथ, रिमोट सेंसिंग डेटा का उपयोग और भी आकर्षक हो गया है। संबंधित साहित्य से पता चलता है कि उपग्रह चित्र-आधारित वनस्पति संकेतकों में पृथ्वी के बदलते स्वरूप को पहचानने की क्षमता है, जो कृषि फसल उत्पादन की निगरानी और फसल की पैदावार का अनुमान लगाने के लिए मूल्यवान साबित हो सकते हैं।

थोक और खुदरा कीमतें कृषि बाजारों (मंडियों) में दर्ज पण्य वस्तुओं की कीमतों से प्रभावित होती हैं, जो आम तौर पर किसानों और व्यापारियों द्वारा लेनदेन के लिए एक प्रारंभिक स्पर्श बिंदु का प्रतिनिधित्व करती हैं और इस प्रकार, लेनदेन के पहले स्तर पर ये कीमतें शामिल होती हैं। मंडी की कीमतें मुख्य रूप से आगम

\* यह आलेख भारतीय रिज़र्व बैंक के सांख्यिकी और सूचना प्रबंध विभाग (डीएसआईएम), बिग डेटा एनालिटिक्स प्रभाग की सुश्री श्वेता कुमारी और सुश्री संध्या कुरुंगती द्वारा तैयार किया गया है। लेखक श्री अजीत रत्नाकर जोशी के प्रोत्साहन और बहुमूल्य मार्गदर्शन के लिए उनके कृतज्ञ हैं। आलेख में व्यक्त विचार लेखकों के हैं और वे संबंधित संगठन के विचारों को नहीं दर्शाते हैं।

<sup>1</sup> फसल योजना (फॉरकास्टिंग एग्रिकल्चरल आउटपुट यूसिंग स्पेस, एग्री-मिटीओरलोजी एंड लैंड बेस्ड ओब्सर्वेशन) के तहत, कई डेटा स्रोतों का उपयोग करके चुनिंदा कृषि-जिंसों के लिए रकबे और उत्पादन के कटाई-पूर्व पूर्वानुमान तैयार किए जाते हैं। यह योजना भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, भारत मौसम विज्ञान विभाग, राज्य कृषि विभागों, आर्थिक वृद्धि संस्थान और कृषि विश्वविद्यालयों के सहयोग से महलानोबिस राष्ट्रीय फसल पूर्वानुमान केंद्र (एमएनसीएफसी), कृषि एवं किसान कल्याण मंत्रालय द्वारा संचालित है (डीईएस, 2020; रे, 2016)।

मात्रा पर निर्भर करती हैं, हालांकि खरीद नीति, निर्यात/आयात निर्णय और न्यूनतम समर्थन मूल्य जैसे मंडी कीमतों को प्रभावित करने वाले अतिरिक्त कारक हो सकते हैं। आवक का समय पर आकलन महत्वपूर्ण है क्योंकि निम्न आवक से कीमत दबाव बढ़ सकता है। खुदरा मुद्रास्फीति के लिए तात्कालिक अनुमान (नाउकास्ट) लगाते समय मंडी की आवक और कीमतों का भी विश्लेषण किया जाता है (राज और अन्य, 2019)।

इस पृष्ठभूमि में आलेख दालों, विशेष रूप से तूर पर ध्यान देने के साथ नीति विश्लेषण के लिए रिमोट सेंसिंग डेटा की उपयोगिता की पड़ताल करता है। तूर का चयन दो कारणों से प्रेरित है: (i) भारत विश्व स्तर पर दालों के सबसे बड़े उत्पादकों और उपभोक्ताओं में से एक है, (ii) दालों के उपसमूह में सबसे अधिक भार (33 प्रतिशत) होने से खुदरा मुद्रास्फीति को तूर के प्रति संवेदनशील माना जाता है। समग्र विश्लेषणात्मक दृष्टिकोण और मॉडलिंग फ्रेमवर्क को सरल रखा गया है ताकि (i) यह एक परिचालन वातावरण में नियोजित करने में सक्षम हो, (ii) मापनीयता (अधिक भौगोलिक क्षेत्रों और अतिरिक्त संकेतकों को कवर करने के लिए) और प्रतिकृति (अन्य जिनसों को कवर करने के लिए) की गुंजाइश को बनाए रखने के लिए।

उपग्रह चित्र-आधारित सामान्यीकृत अंतर-वनस्पति सूचकांक (एनडीवीआई) का उपयोग करते हुए, वनस्पति वृद्धि उपयुक्त सीजनल फिल्टरिंग और अस्थायी समुच्चयन द्वारा प्राप्त किया जाता है। फसल उत्पादन के एक संकेतक के रूप में वनस्पति वृद्धि, मंडियों में पण्य वस्तुओं की आवक का अग्रिम आकलन प्रदान करती है। मजबूती की जांच और दक्षता लाभ के लिए वर्षा डेटा का उपयोग अतिरिक्त चर के रूप में भी किया जाता है।

इस आलेख का साहित्य में एक उपयोगी योगदान है। सबसे पहले, वनस्पति संकेतकों और मंडी आगम के बीच अंतर्संबंधों का प्रत्यक्ष अध्ययन मौजूदा अध्ययनों से भिन्न है। मौजूदा अध्ययन फसल उपज अनुमान को शामिल करते हैं। इसके अलावा, यह दृष्टिकोण हमें मुद्रास्फीति के आकलन के एक कदम और करीब लाता है। दूसरा, स्थानिक विविधता को समझने के लिए भू-स्थानिक मॉडल के साथ प्रयोग करना मौजूदा अध्ययनों में अपेक्षाकृत सीमित है।

हमारे परिणाम दर्शाते हैं कि वनस्पति वृद्धि में मंडियों में पण्य वस्तुओं की आगम वृद्धि का अग्रिम आकलन करने की महत्वपूर्ण क्षमता है। सब्जियों की वृद्धि मंडी की आवक में वृद्धि को सकारात्मक रूप से प्रभावित करती है और मौसम की प्रगति के साथ मजबूत होती है। हमारे अध्ययन की अवधि के लिए वनस्पति संकेतक का प्रभाव वर्षा की तुलना में अधिक मजबूत पाया गया है। स्थान निर्देशांक का उपयोग करते हुए भू-स्थानिक मॉडलिंग स्थानिक विविधता की उपस्थिति को इंगित करता है।

शेष आलेख इस प्रकार संरचित है: खंड II प्रासंगिक साहित्य की एक संक्षिप्त समीक्षा प्रस्तुत करता है। आलेख में प्रयुक्त प्रतिनिधि क्षेत्र और डेटासेट पर खंड III में चर्चा की गई है। खंड IV में, हम शोधपरक तथ्यों को प्रस्तुत करते हैं और पहले चरण के परिणामों पर चर्चा करते हैं जो अगले खंड के लिए आधार निर्धारित करते हैं। खंड V मॉडलिंग फ्रेमवर्क को निर्धारित करता है। अनुभवजन्य परिणाम खंड VI में प्रस्तुत किए गए हैं और उन पर चर्चा की गई है। खंड VII भावी प्रस्तावों के साथ समाप्त होता है।

## II. साहित्य की समीक्षा

भू-प्रेषण आंकड़ों की अधिक पहुंच ने विभिन्न डोमेन में डाउनस्ट्रीम अनुप्रयोगों और नवोन्मेषों के अवसर उत्पन्न किए हैं। उपग्रह डेटा बहुआयामी अनुप्रयोगों को प्रस्तुत करता है और कई उद्देश्यों के लिए उपयोग किया जा रहा है जिनमें कृषि, पर्यावरण गतिकी, सुरक्षा और रक्षा गतिविधियां, जनसांख्यिकीय विशेषताएं, शहरीकरण, सार्वजनिक नीतियां, आपदा प्रबंधन और धारणीय विकास लक्ष्यों की प्रगति की निगरानी शामिल हैं, लेकिन ये इन्हीं तक सीमित नहीं हैं (डोनाल्डसन और स्टोरीगार्ड , 2016; गोल्डब्लैट और अन्य, 2019; ओईसीडी, 2020; विश्व बैंक, 2017)।

कृषि विश्व स्तर पर रिमोट सेंसिंग का मुख्य अनुप्रयोग क्षेत्र रहा है। भारत में भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए कृषि एक प्रमुख चालक रही है, जिसकी शुरुआत 1969 में कोकोनट विल्ट प्रयोग से लेकर आज के अत्याधुनिक प्रयोगों और बहुआयामी अनुप्रयोगों तक हुई है। सटीक कृषि, फसल उत्पादन/ उपज मूल्यांकन, भूमि कवर अनुमान, जलवायु परिवर्तन प्रभाव, सूखा

और बागवानी में उपग्रह चित्र का सफलतापूर्वक उपयोग किया गया है (रे, 2016; नवलगुंड और रे, 2019)।

कृषि पारिस्थितिकी तंत्र जटिल हैं और फसल की स्थिति कई कारकों से प्रभावित होती है: जलवायु (वर्षा, तापमान, मिट्टी की नमी) और कृषि विज्ञान संबंधी प्रथाओं (बुवाई का समय, बीज की गुणवत्ता, फसल पैटर्न, उर्वरक, कीटनाशक, खेती के तरीके), दोनों से। वनस्पति सूचकांक विभिन्न कारकों के लिए लगभग वास्तविक समय में फसल की स्थिति का प्रतिनिधित्व करते हैं और उपज/ उत्पादन पूर्वानुमान मॉडल में महत्वपूर्ण इनपुट हैं (जॉनसन और अन्य, 2016)<sup>2</sup>।

प्रतिनिधि क्षेत्रों का चयन किसी देश में उत्पादित फसलों की किस्मों पर आधारित होता है। तदनुसार, अध्ययन विशिष्ट फसलों पर ध्यान केंद्रित करते हैं और इन फसलों का उत्पादन करने वाले प्रतिनिधि क्षेत्रों पर विचार करते हैं, हालांकि वे अपने दृष्टिकोण और मॉडल स्वरूप में भिन्न हो सकते हैं (दुबे और अन्य, 2018; जॉनसन और अन्य, 2016; रेम्बोल्ड और अन्य, 2013; मंजूनाथ और अन्य, 2002)। साहित्य में वनस्पति पैटर्न में परिवर्तन का आकलन करने के लिए, एनडीवीआई मान के उपयुक्त परिवर्तन या एकत्रीकरण द्वारा वनस्पति की स्थिति का एक माप प्राप्त करना एक सामान्य प्रथा है। ऐसा करते समय फसल के फेनोलॉजिकल चरणों पर भी ध्यान दिया जाता है (बालाघी और अन्य, 2008; जॉनसन, 2014; गुम्मा और अन्य, 2021; वॉल और अन्य, 2008; मखबेला और अन्य, 2011; पनेक और गोज़डोव्स्की, 2020)।

साधारण न्यूनतम वर्गों (ओएलएस) का उपयोग करते हुए रैखिक प्रतिगमन अधिकांश अध्ययनों में अपनाई जाने वाली एक सामान्य विधि है। इस क्षेत्र में अपेक्षाकृत नए आयाम का उद्देश्य भौगोलिक रूप से भारित प्रतिगमन (जीडब्ल्यूआर) फ्रेमवर्क का उपयोग करके स्थानिक परिवर्तनशीलता की उपस्थिति की जांच

<sup>2</sup> उपग्रह चित्र द्वारा फसल निगरानी में, सामान्यीकृत अंतर-वनस्पति सूचकांक (एनडीवीआई), अनुपात वनस्पति सूचकांक (आरवीआई), लीफ एरिया इंडेक्स (एलएआई), मृदा समायोजित वनस्पति सूचकांक (एसएवीआई) और संवर्धित वनस्पति सूचकांक (ईवीआई) अंतर वनस्पति सूचकांक (डीवीआई) जैसे वर्णक्रमीय स्पेक्ट्रल के विभिन्न संयोजनों का उपयोग करके वनस्पति शक्ति के माप के लिए कई संकेतक हैं। हालांकि ये वनस्पति सूचकांक विशिष्ट अनुप्रयोगों के लिए उपयोगी हो सकते हैं, एनडीवीआई अनुभवजन्य अध्ययनों और परिचालन अनुप्रयोगों के लिए एक आम पसंद रहा है (जू और सू, 2017; सावासावा, 2003)।

करना है। कृषि क्षेत्र में जीडब्ल्यूआर के अनुप्रयोग हैं, हालांकि उनका संदर्भ सीमित है (हाघीघट्टालाब और अन्य, 2017)।

अधिकांश अध्ययन, फसल उपज लक्ष्य अनुमान और विसंगति का पता लगाने पर ध्यान केंद्रित करते हैं। बहुत कम अनुभवजन्य अध्ययनों ने वनस्पति संकेतकों और मंडी आगम/ कीमतों के मध्य अंतर्संबंधों की प्रत्यक्ष जांच की है, जैसा कि हमने इस आलेख में प्रयास किया है<sup>3</sup>

### III. प्रतिनिधि क्षेत्र और डेटा

#### III.1 प्रतिनिधि क्षेत्र

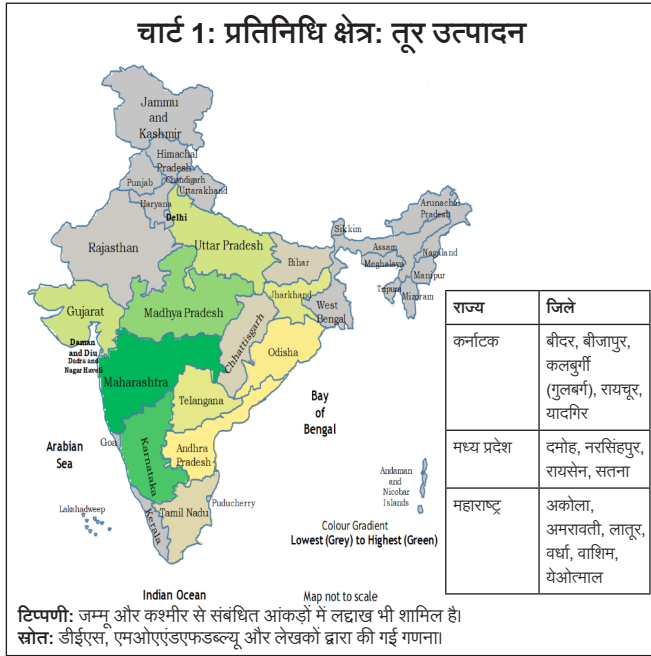
भारत एक भौगोलिक रूप से विशाल देश है जिसमें विविध स्थलाकृतियां, कई फसलें, अलग-अलग जलवायु परिस्थितियां और कई ऋतुएं हैं। इन विशेषताओं को ध्यान में रखते हुए, क्षेत्रों का एक साधारण समुच्चयन अलग-अलग डेटा से समृद्ध सूक्ष्म सूचना का महत्व कम कर सकता है। इसलिए तूर की लक्षित फसल के लिए प्रतिनिधि क्षेत्रों का चयन महत्वपूर्ण बन पड़ता है।

भारत में अरहर (तूर दाल) का उत्पादन क्षेत्रीयकृत है। तीन राज्यों - कर्नाटक, मध्य प्रदेश और महाराष्ट्र ने हाल की अवधि (वर्ष 2015-16 से 2019-20) में अखिल भारतीय तूर उत्पादन में लगभग 60-70 प्रतिशत का योगदान दिया है और इन राज्यों की क्षेत्र कवरेज में भी समान हिस्सेदारी है। वर्तमान अध्ययन के लिए अखिल भारतीय उत्पादन में 40-45 प्रतिशत हिस्सेदारी वाले इन तीन राज्यों के शीर्ष 15 जिलों को चुना गया है (चार्ट 1)।

#### III.2 डेटा

इस अध्ययन में वर्ष 2012 से 2021 तक की अवधि के दौरान मंडी आगम, सुदूर संवेदन वनस्पति और वर्षा के आंकड़ों को शामिल करते हुए कई प्रकार के डेटासेट का उपयोग किया गया है। अस्थायी सिग्नेचर विश्लेषण की जा रही फसल पर निर्भर करते हैं। मौसम की विशेषता के कारण मॉडलिंग के लिए उपयुक्त समयावधि का चयन महत्वपूर्ण हो जाता है। चूंकि वनस्पति आंकड़ों की आवृत्ति पाक्षिक होती है, मंडी आगम और वर्षा के आंकड़े पाक्षिक आधार पर एकत्र किए जाते हैं।

<sup>3</sup> इस संबंध में एक संबंधित पेपर प्रसाद और अन्य द्वारा प्रस्तुत है (2018), जो कर्नाटक के चुनिंदा क्षेत्रों के लिए आस-पड़ोस के स्थानों के एनडीवीआई डेटा का उपयोग करके आगम की भविष्यवाणी करता है।



### III.2.1 मंडी आगम डेटा

कृषि बाजारों (मंडियों) में पण्य वस्तुओं की आवक मंडी की कीमतों को प्रभावित करती है, जो कीमत निर्धारण तंत्र में पहला चरण है, और बाद की अवधि में थोक मूल्य और खुदरा कीमतों को प्रभावित करती है। सरकारी पोर्टल - कृषि विपणन सूचना नेटवर्क<sup>4</sup> पर मंडी की कीमतों और आवक मात्रा के दैनिक आंकड़े प्रकाशित किए जाते हैं।

इस अध्ययन के उद्देश्य के अनुरूप, चयनित तीन राज्यों की सभी मंडियों के लिए तूर का दैनिक डेटा एकत्र किया गया। हालांकि डेटा दैनिक आवृत्ति पर उपलब्ध हैं, लेकिन अनुपलब्ध मान के उदाहरण पाये जाते हैं, जो अलग-अलग मंडियों में भिन्न होते हैं। इसलिए, प्रारंभिक मान से अधिक अनुपलब्ध डेटा वाली मंडियों को बाहर करने के लिए एक फ़िल्टरिंग तंत्र अपनाया गया था। शेष मंडियों के लिए, अनुपलब्ध डेटा, यदि कोई हो, को कलमन फ़िल्टर पद्धति का उपयोग करके अभ्यारोपित किया गया था।

मंडी की कीमतें न केवल पण्य वस्तुओं की आवक के समय, बल्कि फसल कटाई की अवधि के बाद शुरुआती कुछ महीनों के दौरान आगम पर भी निर्भर करती हैं। तदनुसार, प्रत्येक पखवाड़े

के लिए संचयी आगम को वित्तीय वर्ष के पहले दिन से वर्तमान तारीख तक (इयर-टू-डेड) तरीके से निकाला जाता है और आगम वृद्धि की गणना की जाती है (एक वर्ष पूर्व उसी पखवाड़े के लिए)।

### III.2.2 रिमोट सेंसिंग वनस्पति डेटा

मल्टीस्पेक्ट्रल रिमोट सेंसिंग विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में विशिष्ट तरंग दैर्ध्य के भीतर छवि डेटा को प्राप्त करता है। विभिन्न बैंडों के संयोजन से एक रंग सम्मिश्रण प्राप्त होता है, जो वनस्पति की उपस्थिति को उजागर करता है और इसे अन्य विशेषताओं (पानी, मिट्टी, मानव निर्मित लक्षणों) से अलग करता है। दृश्यमान लाल (आरईडी) और नियर इंफ्रारेड (एनआईआर) तरंग दैर्ध्य पर वनस्पति अलग-अलग दिखाई देती है और भिन्न-भिन्न परावर्तकता की इस अंतर्दृष्टि का उपयोग वनस्पति सूचकांक के निर्माण के लिए किया जाता है।

कृषि रिमोट सेंसिंग साहित्य में सबसे व्यापक रूप से इस्तेमाल किए जाने वाले वनस्पति संकेतक सामान्यीकृत अंतर-वनस्पति सूचकांक (एनडीवीआई) को फसलों के उपग्रह चित्र से प्राप्त किया जाता है, जिसे नीचे दर्शाया गया है। एनडीवीआई श्रेणीबद्ध है और एक उच्च मान वनस्पति के अच्छे स्वास्थ्य का प्रतीक है। एनडीवीआई मान में अस्थायी परिवर्तन फसल की शक्ति में परिवर्तन को दर्शाता है और इसका प्रगतिशील तरीके से फसल वृद्धि की निगरानी के लिए उपयोग किया जाता है।

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

आम तौर पर, फसल उत्पादन डेटा एक विशेष प्रशासनिक स्तर (जैसे, भारत में जिला) पर उपलब्ध होता है, और इसलिए एक मॉडल विकसित करने के लिए एनडीवीआई को इस तरह से संग्रहित किया जाता है कि यह प्रशासनिक क्षेत्र की वनस्पति का प्रतिनिधित्व करता है (दुबे और अन्य, 2018); बालाघी और अन्य, 2008; पनेक और गोञ्जोव्स्की, 2020)। चूंकि एक जिले में एक या अधिक मंडियां स्थित हो सकती हैं, जिला स्तर पर एनडीवीआई का उपयोग करना उचित नहीं हो सकता है क्योंकि इससे परिणाम कमजोर पड़ सकते हैं। तदनुसार, उप-जिला स्तर (तालुक या तहसील) पर एनडीवीआई पर विचार किया जाता है। यह वन-स्टेप ड्रिल-डाउन, विस्तृत डेटा में समाहित अंतर्निहित जानकारी को बनाए रखने के मामले में सुविधा प्रदान करता है

<sup>4</sup> [www.agmarknet.gov.in](http://www.agmarknet.gov.in) देखें

और उसी समय में मंडियों के लिए उत्पादन क्षेत्र को मैप करने का एक तरीका प्रदान करता है। वर्तमान अध्ययन में, एमओडीआईएस एनडीवीआई 16-डे एल3 ग्लोबल "एमओडी13ए1" डेटासेट का उपयोग किया जाता है, जिसे भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (आईएसआरओ) वेदास वेब-पोर्टल (भू-प्रेषण आंकड़ा एवं पुरालेखीय प्रणाली का मानस-प्रत्यक्षीकरण) से प्राप्त किया गया है। यह डेटा पाक्षिक आवृत्ति पर उपलब्ध है।

आगम वृद्धि की मॉडलिंग के लिए, एनडीवीआई को वनस्पति में वर्ष-दर-वर्ष वृद्धि का प्रतिनिधित्व करने के लिए उचित परिवर्तन की भी आवश्यकता है। इसके अलावा, यह बात पहले से ज्ञात नहीं है कि मौसम की प्रगति के दौरान कौन सा पखवाड़ा उत्पादन के उचित प्रतिनिधित्व के लिए सर्वोत्कृष्ट होगा, क्योंकि समय एक स्थान से दूसरे स्थान पर और/ या एक वर्ष से दूसरे वर्ष में भिन्न हो सकता है (बुवाई के समय या जलवायु कारक के आधार पर)। इसलिए मौसम की प्रगति के दौरान एनडीवीआई का एक उपयुक्त अस्थायी समुच्चयन साहित्य के अनुरूप संचयी प्रभाव का प्रतिनिधित्व करने के लिए वांछनीय है, जो कि अध्ययन में उपयोग किए जा रहे संचयी आगम के साथ भी तालमेल में होगा।

तूर की खेती मुख्य रूप से अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में की जाती है और यह कुछ सीमा तक सूखे को सहन कर सकती है। इसे बुवाई के समय पानी की आवश्यकता होती है, लेकिन बाद के विकास चरणों में असामान्य भारी बारिश फसल के लिए विनाशकारी सिद्ध हो सकती है। तूर के एक खरीफ फसल होने के कारण, इसका मौसम मानसून (जून और जुलाई) की शुरुआत में बुवाई के साथ शुरू होता है, इसका विकास 3-4 महीने (अगस्त, सितंबर, अक्टूबर, नवंबर) तक होता है और कटाई नवंबर के अंत या दिसंबर की शुरुआत में शुरू होती है, जो अलग-अलग क्षेत्रों में भिन्न हो सकती है (तिवारी और शिवहरे, 2017; भारत सरकार, 2020)।

तदनुसार, क्रमिक पखवाड़ों के लिए एनडीवीआई मान एकत्रित किए जाते हैं तथा जिन महीनों में फसल का विकास होता

है, उस दौरान प्रत्येक पखवाड़े के लिए संचयी एनडीवीआई (सीएनडीवीआई) प्राप्त किया जाता है। सीएनडीवीआई (एक वर्ष पहले इसी पखवाड़े) में वनस्पति वृद्धि को वार्षिक वृद्धि के रूप में दर्शाया जाता है।

### III.2.3 वर्षा संबंधी डेटा

रिमोट सेंसिंग संबंधी सूचना के अलावा, भूमि आधारित मापन, विशेष रूप से वर्षा संबंधी आंकड़ों का भी विश्लेषण किया जाता है। भारत में वर्षा मुख्य रूप से दक्षिण-पश्चिम मानसून (एसडब्ल्यूएम) के दौरान दर्ज की जाती है। यह बुवाई गतिविधि के अग्रदूत के रूप में कार्य करता है और खरीफ फसल उत्पादन का एक प्रमुख निर्धारक है (आरबीआई, 2015)। हम इसे मजबूती की जांच के लिए और मॉडल के व्याख्यात्मक मान में संभावित सुधार के लिए शामिल करते हैं।

भारत जल संसाधन सूचना प्रणाली (डब्ल्यूआरआईएस) और भारतीय मौसम विज्ञान विभाग (आईएमडी) से प्राप्त वर्षा, वर्तमान और ऐतिहासिक सामान्य वर्षा पर दैनिक डेटा का विश्लेषण करने के लिए उपयोग किया जाता है। प्रत्येक पखवाड़े के लिए वर्षा विचलन को ऐतिहासिक सामान्य वर्षा से वास्तविक वर्षा के प्रस्थान के रूप में प्राप्त किया गया है। ये आंकड़े तालुक स्तर पर उपलब्ध नहीं हैं और इसलिए जिला स्तर के आंकड़ों पर विचार किया गया है।

### IV. शोधपरक तथ्य

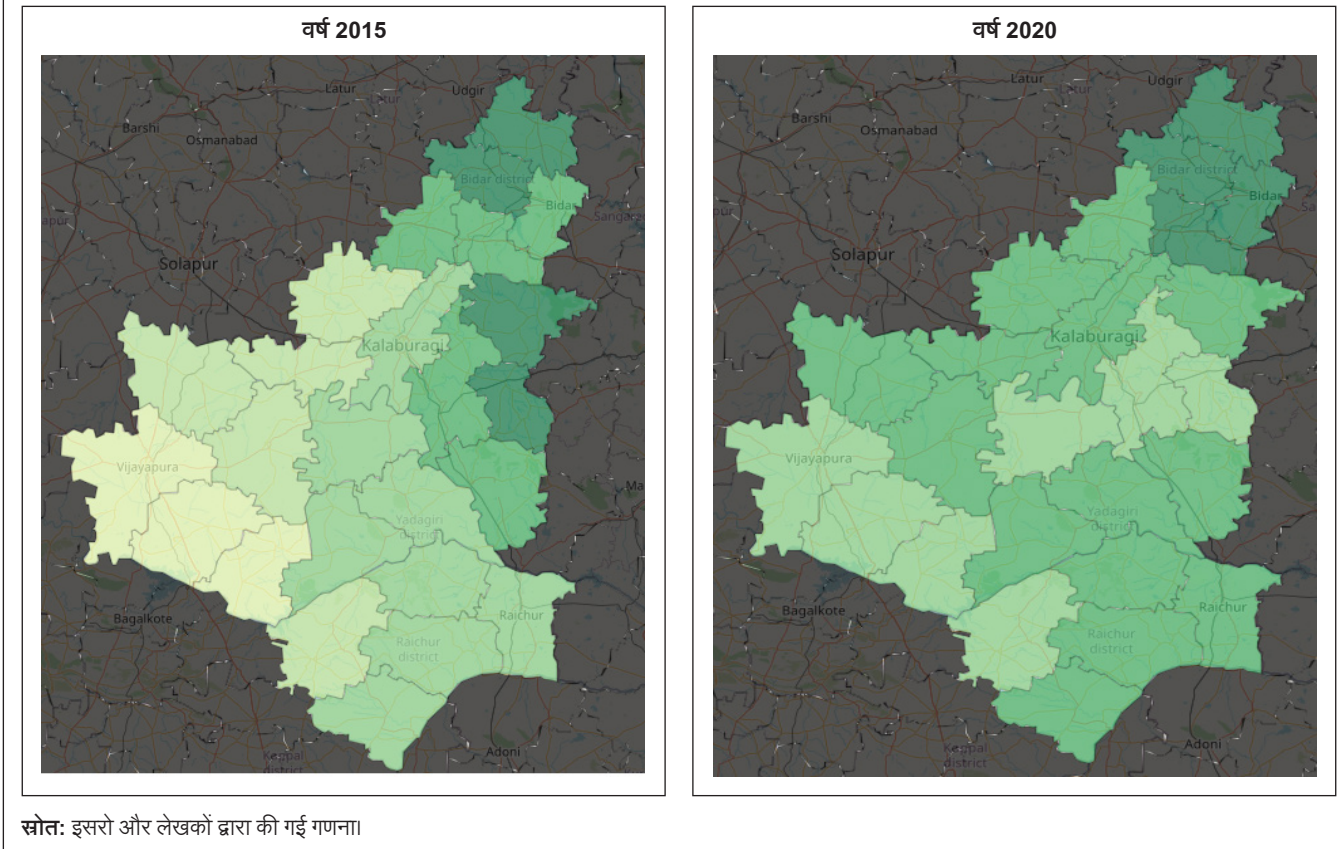
इस खंड में डेटा की मुख्य विशेषताएं प्रस्तुत की गई हैं, जो मॉडलिंग अभ्यास की प्रस्तावना के रूप में मौसमी गतिशीलता को समझने में सहायता करती हैं। चार्ट 2 अक्टूबर के दूसरे पखवाड़े में कर्नाटक राज्य में विभिन्न तालुकों के संचयी एनडीवीआई को दो नमूना वर्षों के लिए प्रस्तुत करता है, जो स्पष्ट रूप से तालुकों में और वर्षों के दौरान वनस्पति की स्थिति में भिन्नता को दर्शाता है।

कटाई के बाद दिसंबर में मंडियों में धीरे-धीरे जिनस पहुंचने लगती है, जनवरी और फरवरी में इसमें वृद्धि होती है और बाद में

<sup>5</sup> उत्पादन को आगम से जोड़ने के लिए, प्रत्येक तालुक को उसी जिले के भीतर उसकी निकटतम मंडी में मैप किया जाता है। एक तालुक और मंडी के बीच गोलाकार दूरी को अक्षांश-देशांतर निर्देशांक के आधार पर हेवरशॉइन पद्धति का उपयोग करके मापा जाता है।

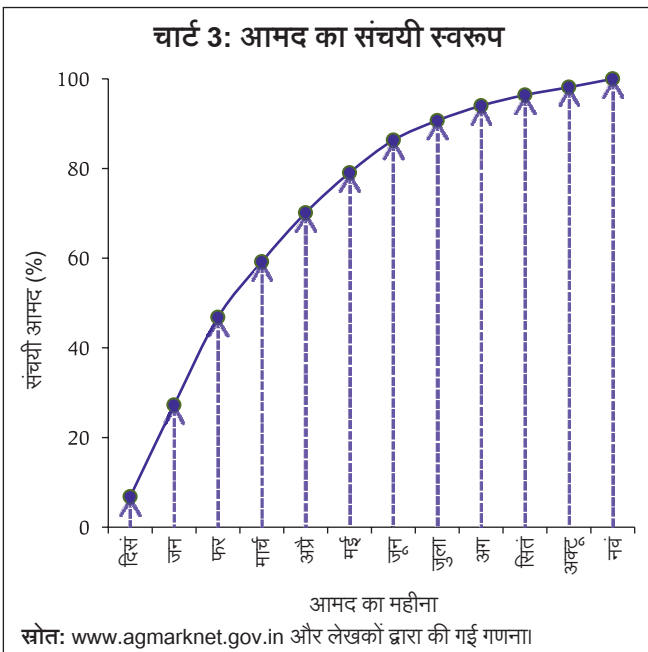
<sup>6</sup> एनडीवीआई मान और एनडीवीआई के अन्य परिवर्तन, जैसे वनस्पति स्थिति सूचकांक (न्यूनतम-अधिकतम सामान्यीकरण) और ऐतिहासिक मान के आधार पर मानकीकृत जेड-स्कोर का भी विश्लेषण किया गया। हालांकि, आगम वृद्धि के साथ उनके सहसंबंध निम्न और महत्वहीन थे और इसलिए उन्हें यहां शामिल नहीं किया गया है।

**चार्ट 2: कर्नाटक में फसलों की स्थिति (सीएनडीवीआई)**



धीरे-धीरे कम हो जाती है। आगम का एक बड़ा हिस्सा कुछ महीनों में होता है, पहले तीन महीनों (दिसंबर से फरवरी) के दौरान

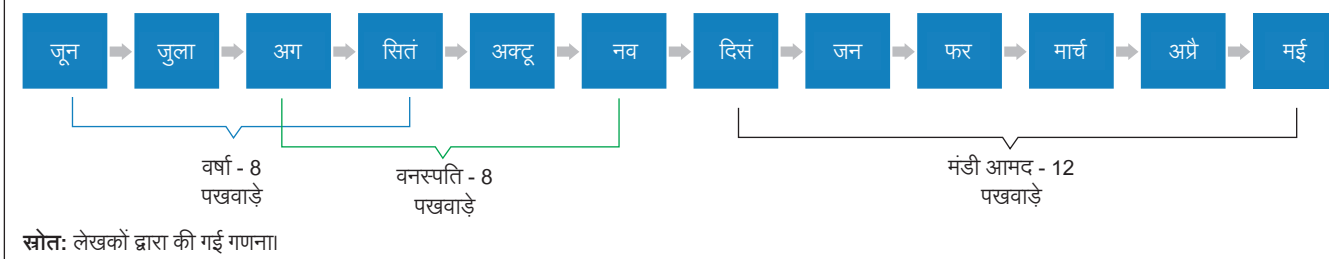
लगभग 40-50 प्रतिशत और पहले 6 महीनों (दिसंबर से मई) के दौरान 70-80 प्रतिशत (चार्ट 3)।



जैसा कि चार्ट 4 में दर्शाया गया है, मजबूत मौसमी प्रभाव का संज्ञान लेते हुए मौसम के चरम बिंदु से संबंधित आंकड़ों पर विश्लेषण के लिए विचार किया गया है। यह विचार करना तर्कसंगत है कि एक फसल का उत्पादन केवल एक विशेष मौसम के दौरान ही किया जा सकता है, लेकिन आगम पर इसके प्रभाव को कुछ समयावधि में मापा जा सकता है।

उत्पादन में परिवर्तन आदर्श रूप से अनुवर्ती आगम में परिलक्षित होना चाहिए, और यह अपेक्षित होता है कि वनस्पति में उच्च (निम्नतर) वृद्धि, मंडियों में उच्च (निम्नतर) आगम का संकेत दे। चार्ट 5 अध्ययनाधीन अवधि के दौरान संचयी एनडीवीआई वृद्धि (अक्टूबर दूसरे पखवाड़े) और संचयी आगम वृद्धि (मई-अंत) में प्रवृत्ति प्रस्तुत करता है।

चार्ट 4: फसल वर्ष की परिभाषा - जून से मई

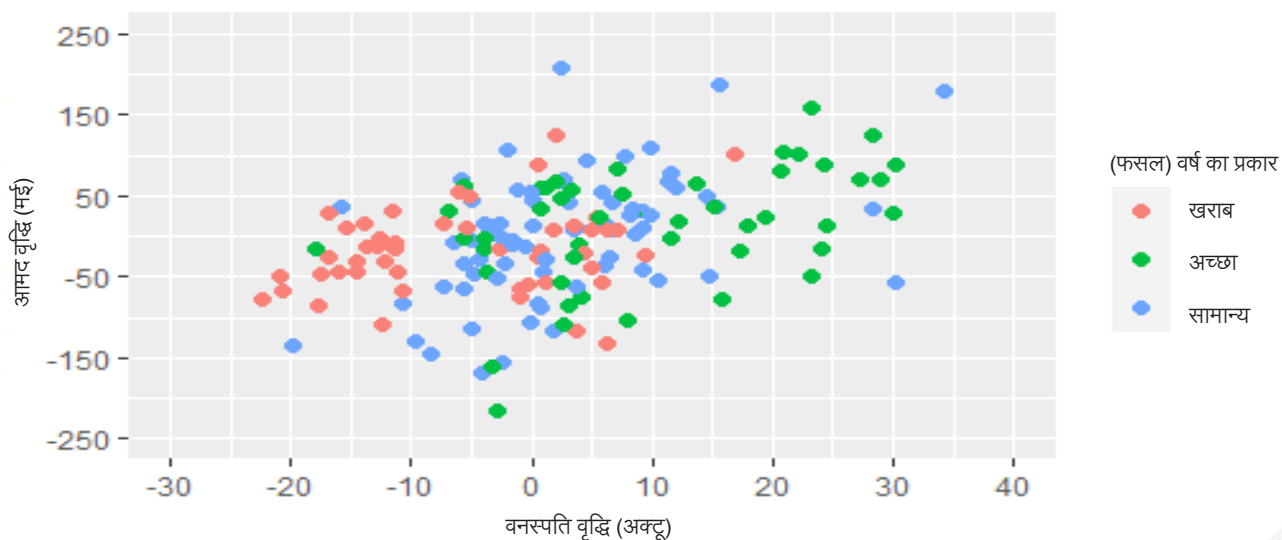


स्कैटर प्लॉट एक सकारात्मक रैखिक संबंध दर्शाता है, अर्थात्, वनस्पति वृद्धि में अधिक होने से आगम वृद्धि भी अधिक होती है। इसी तरह, वनस्पति में कमजोर वृद्धि होने से आगम में निम्न वृद्धि देखने को मिलती है। यह बुरे और अच्छे वर्षों का यथोचित रूप से पता लगाने में सक्षम है (डीईएस से प्राप्त उत्पादन-पूर्व डेटा के अनुसार परिभाषित बुरे और अच्छे वर्ष)।

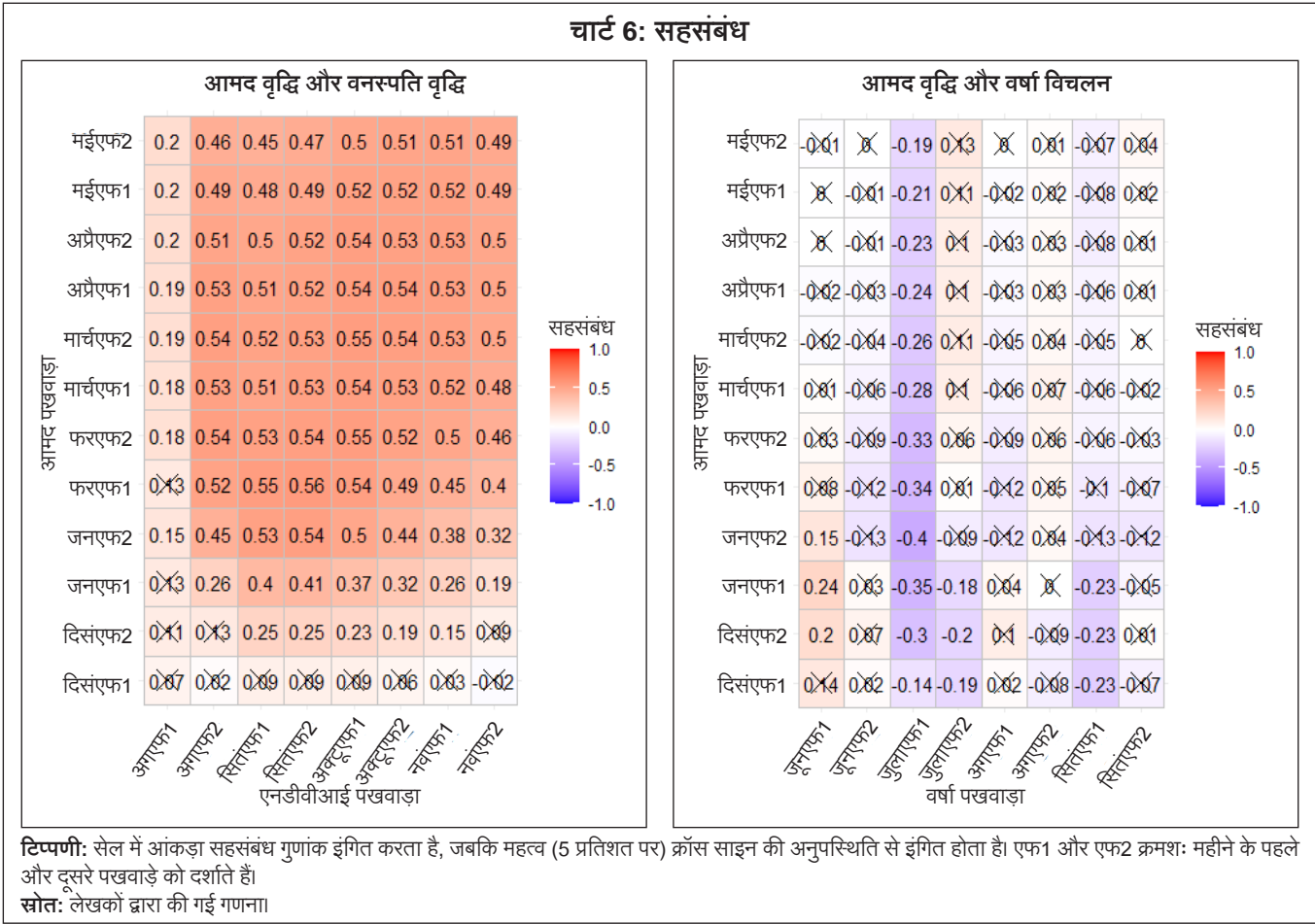
हालांकि मोटे तौर पर फसल की बुवाई का क्षेत्र समान रह सकता है, पर मौसम में फसल का विकास होने के दौरान वनस्पति शक्ति और वृद्धि अचानक से बदल सकती है। विभिन्न पखवाड़ों में वर्षा विचलन, वनस्पति वृद्धि और आगम वृद्धि के बीच सहसंबंध को चार्ट 6 में प्रस्तुत किया गया है।

सहसंबंध संकेत प्रत्याशा के अनुरूप हैं। वनस्पति वृद्धि धनात्मक रूप से आगम वृद्धि को प्रभावित करती है, जबकि वर्षा विचलन फसल उत्पादन को ऋणात्मक रूप से प्रभावित करता है, और इस प्रकार तदनंतर आगम भी प्रभावित होता है। वनस्पति वृद्धि के साथ आगम वृद्धि का सहसंबंध पूरे मौसम में मजबूत और सुसंगत है, जबकि वर्षा विचलन के साथ सहसंबंध परिमाण में बहुत छोटा है और केवल एक पखवाड़े के लिए महत्वपूर्ण है, यथा जुलाई के पहले पखवाड़े के लिए, जबकि अन्य पैटर्न असंगत हैं। यह आश्चर्य की बात नहीं है क्योंकि तूर की बुवाई का मौसम जून और जुलाई में होता है जब बारिश उत्पादन को प्रभावित कर सकती है, जबकि फसल विकसित होने वाले सभी महीनों में वनस्पति निकट भविष्य में वनस्पति आगम को प्रभावित कर सकती है।

चार्ट 5: वनस्पति वृद्धि और आमद वृद्धि



चार्ट 6: सहसंबंध



**V. मॉडलिंग फ्रेमवर्क - आगम वृद्धि**

खंड IV में प्रारंभिक परिणाम वनस्पति वृद्धि के आधार पर आगम वृद्धि मॉडल के विकास के लिए प्रोत्साहन प्रदान करते हैं। एकल संकेतक मॉडल के साथ, मजबूती की जांच और प्रदान किए जा सकने वाले किसी भी वृद्धिशील मान के लिए वनस्पति और वर्षा, दोनों की जानकारी का उपयोग करते हुए संकर मॉडल भी विकसित किए गए हैं। चूंकि मौसम के बढ़ते चक्र के दौरान फसल की स्थिति बदल सकती है, बढ़ते मौसम में अलग-अलग समय बिंदुओं पर प्रभाव का अनुमान गतिशील रूप से लगाया जाता है। मॉडल विनिर्देश नीचे प्रस्तुत किए गए हैं:

$$RAIN\ model: \quad ARG_f = \alpha_{f,r} + \gamma_{f,r}RFD_r + \varepsilon \dots (1)$$

$$NDVI\ model: \quad ARG_f = \alpha_{f,k} + \beta_{f,k}VEG_k + \varepsilon \dots (2)$$

$$Hybrid\ model: \quad ARG_f = \alpha_{f,r,k} + \gamma_{f,r}RFD_r + \beta_{f,k}VEG_k + \varepsilon \dots (3)$$

जहां खंड III में पूर्व में परिभाषित किए गए, एआरजी<sup>एफ</sup> (ARG<sub>f</sub>) पखवाड़े एफ(f) के लिए आगम वृद्धि है, आरएफडी<sup>आर</sup> (RFD<sub>r</sub>) पखवाड़े आर(r) के लिए वर्षा विचलन है और वीईजी<sup>के</sup> (VEG<sub>k</sub>) पखवाड़े के(k) के लिए वनस्पति वृद्धि है, और पखवाड़े का प्रकार निम्न है:

- एफ (f) = आगम पखवाड़ा = 1 से 12 = दिसम्बर के प्रथम पखवाड़े से मई के द्वितीय पखवाड़े तक,
- आर (r) = वर्षा पखवाड़ा = 3 = जुलाई का पहला पखवाड़ा,
- के (k) = एनडीवीआई पखवाड़ा = 1 से 8 = अगस्त के पहले पखवाड़े से नवंबर के दूसरे पखवाड़े तक

संरचना को समान रखते हुए, आगम और एनडीवीआई के भिन्न-भिन्न पखवाड़ों के लिए मॉडल को अलग से प्रशिक्षित किया जाता है<sup>7</sup>। यह हमें यह समझने में सक्षम बनाता है कि मौसम

<sup>7</sup> अध्ययन अवधि के दौरान विभिन्न वर्षों के लिए 25 मंडियों के डेटा का विश्लेषण में उपयोग हुआ है और ओएलएस मॉडल को संयोजित डेटा के साथ विकसित किया गया था। अलग-अलग मंडियों के लिए अलग-अलग मॉडल विकसित किए जा सकते हैं, हालांकि इस हेतु मजबूत मापदंड अनुमानों के लिए पर्याप्त डेटा की आवश्यकता होगी और चूंकि नमूना आकार सीमित है, इसलिए इसका प्रयास नहीं किया गया था।



के दौरान गुणांक कैसे विकसित होता है और प्रगतिशील तरीके से व्याख्यात्मक शक्ति के संदर्भ में वृद्धिशील लाभ कैसे प्राप्त होते हैं।

वनस्पति गुणांक  $\beta$  के धनात्मक होने की उम्मीद है, और वर्षा विचलन गुणांक  $\gamma$  के ऋणात्मक होने की प्रत्याशा है। इसके अलावा, अलग-अलग के (k) पर गुणांक  $\beta$  का मान, आगम वृद्धि (एक विशिष्ट आगम पखवाड़े की) पर वनस्पति वृद्धि के बदलते प्रभाव के रूप में देखा जा सकता है। यह उम्मीद की जाती है कि मौसम की प्रगति के साथ-साथ,  $\beta$  परिमाण में सुदृढ़ होता है। मौसम की शुरुआत में एक महत्वपूर्ण धनात्मक गुणांक एक अतिरिक्त सुविधा होगी क्योंकि फसल से पहले ही आगम वृद्धि का आकलन किया जा सकता है।

जांच करने के लिए एक अन्य आयाम यह है कि वर्षा विचलन को शामिल करने से वनस्पति गुणांक  $\beta$  एनडीवीआई मॉडल (समीकरण 2) से संकर मॉडल (समीकरण 3) में कैसे बदलता है। यदि दोनों मॉडलों में  $\beta$  के अनुमानित मान समान हैं, तो इसका अर्थ है कि आगम वृद्धि के संदर्भ में वर्षा का अधिक महत्व नहीं है। वर्षा गुणांक  $\gamma$  के लिए भी इसी तरह की व्याख्या संभव है। किसी तुलनात्मक परिप्रेक्ष्य के लिए, गुणांकों के अलावा मॉडल आर-स्क्वायर या सूचना मानदंड में परिवर्तन देखा जा सकता है।

### V.1 भू-स्थानिक मॉडलिंग

ओएलएस प्रतिगमन मॉडल में, अध्ययन क्षेत्र के सभी स्थानों के लिए अवरोधन ( $\alpha$ ) और ढलान गुणांक ( $\beta$ ) स्थिर हैं। हालांकि वास्तव में, व्याख्यात्मक चर (वर्षा विचलन और वनस्पति वृद्धि) और आश्रित चर (आगम वृद्धि) के बीच अंतर्संबंध एक स्थान से दूसरे स्थान पर (जलवायु कारकों और भौगोलिक विशेषताओं के आधार पर) भिन्न हो सकते हैं और इसलिए एक समान संबंध के रूप में ओएलएस द्वारा मापा जाना उचित नहीं हो सकता है। स्थानिक परिवर्तनशीलता की उपस्थिति को समझने से ऐसे रोचक भौगोलिक स्वरूप और संबंधों का पता चल सकता है, जो भले ही डोमेन विशेषज्ञों को ज्ञात हो सकते हैं लेकिन अनुभवजन्य रूप से उपलब्ध नहीं हैं।

स्थानिक विश्लेषण करते समय भौगोलिक विशेषताओं को समझना और शामिल करना आवश्यक है। भूगोल में टोबलर के पहले नियम के अनुसार "प्रत्येक वस्तु आपस में संबंधित है लेकिन पास की वस्तुएं, सुदूर वस्तुओं से अधिक प्रासंगिक हैं" (मिलर, 2004)। यह अवधारणा भौगोलिक समानता या भिन्नता के विश्लेषण के लिए एक सहज आधार प्रदान करती है। चूंकि पारंपरिक सांख्यिकीय मॉडल भौगोलिक विविधता को समझने में सक्षम नहीं हो सकते हैं, भौगोलिक रूप से भारित प्रतिगमन (जीडब्ल्यूआर) मॉडल विकसित और उपयोग किए जाते हैं (ब्रंसडन और अन्य, 1996; फोडरिंगम और अन्य, 2002)। जीडब्ल्यूआर मॉडल का उपयोग करके स्थानिक विश्लेषण किया जाता है, जिस पर तकनीकी विवरण अनुबंध में प्रदान किया गया है।

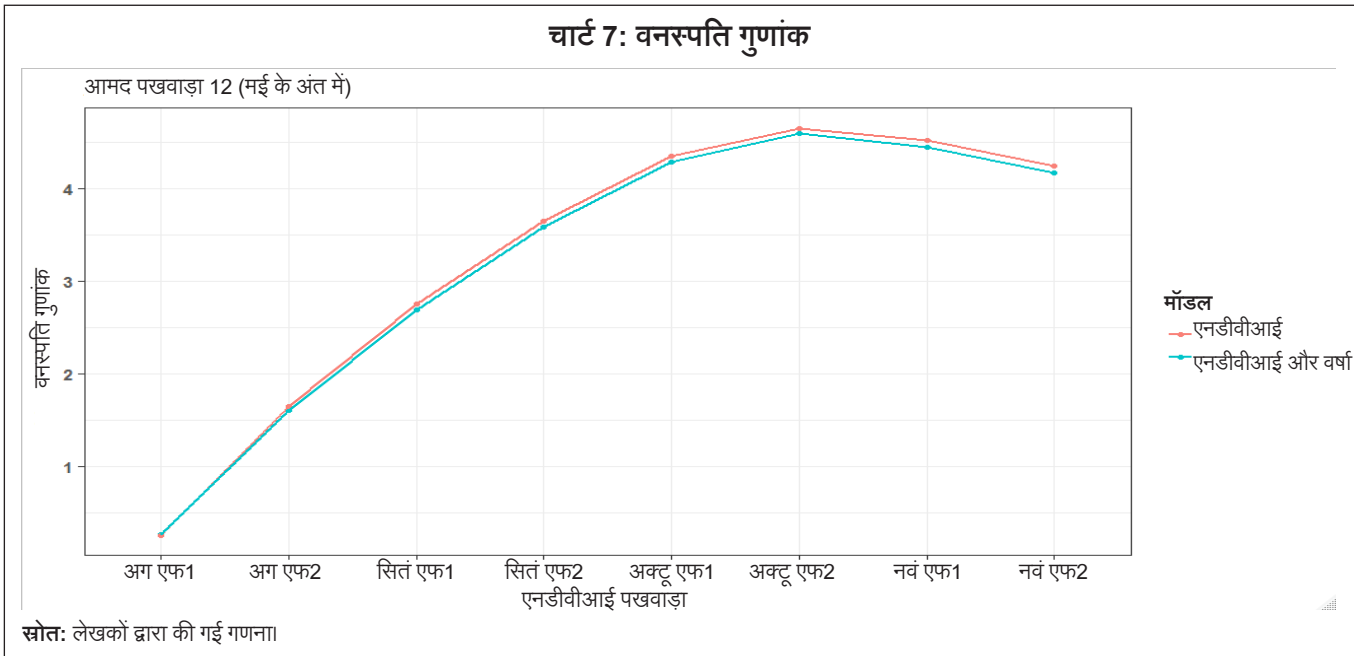
## VI. अनुभवजन्य परिणाम

हम खंड V में उल्लिखित विभिन्न मॉडलों को प्रशिक्षित करते हैं। आगम के एक विशिष्ट पखवाड़े (f) के लिए, एनडीवीआई (अगस्त के पहले पखवाड़े से नवंबर दूसरे पखवाड़े तक) के आठ पखवाड़ों (k) से संबंधित आठ वनस्पति गुणांक ( $\beta$ ) हैं। इसी तरह, तीसरे पखवाड़े (जुलाई के पहले पखवाड़े तक) के अनुरूप वर्षा विचलन का एक गुणांक ( $\gamma$ ) होगा। मॉडल के प्रशिक्षण के लिए मई 2020 तक के डेटा का उपयोग हुआ है, जबकि शेष डेटा को मूल्यांकन के लिए अलग रखा जाता है।

### VI.1 ओएलएस मॉडल परिणाम

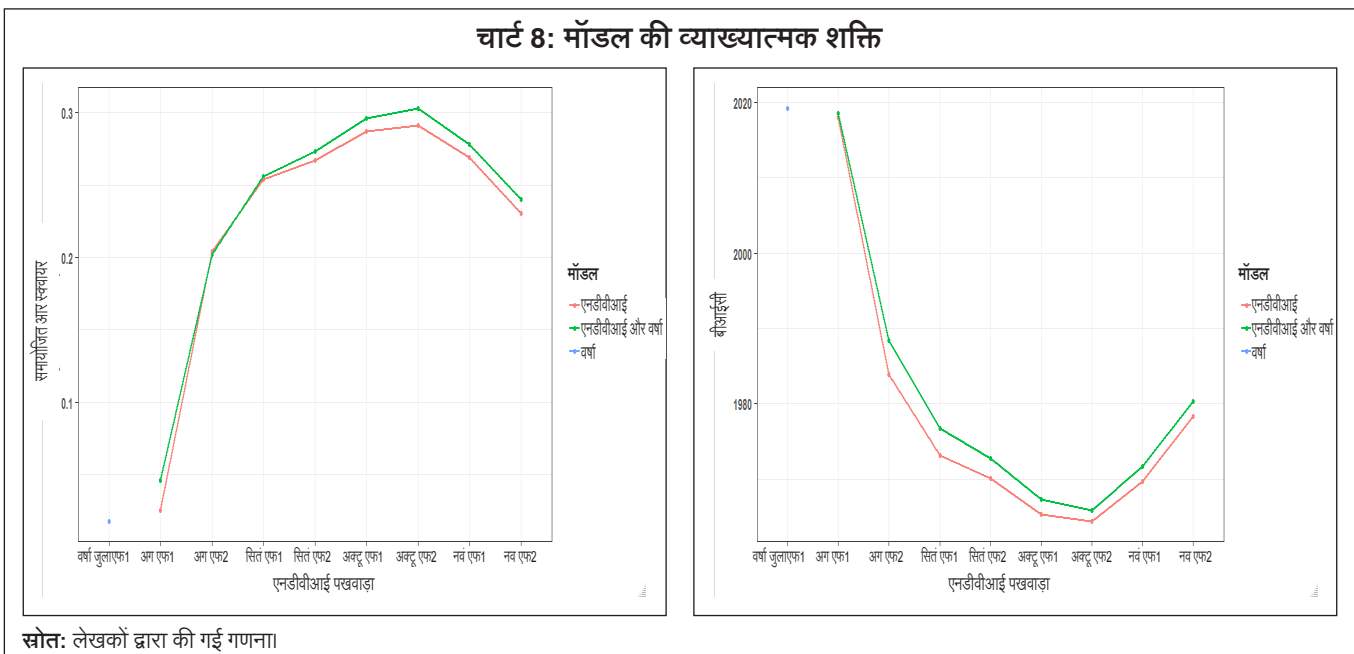
कई रोचक परिणाम प्राप्त हुए हैं, प्रमुख परिणामों पर प्रकाश डाला जाता है और चुनिंदा आगम पखवाड़ों के लिए बाद के अनुच्छेदों में चर्चा की जाती है।

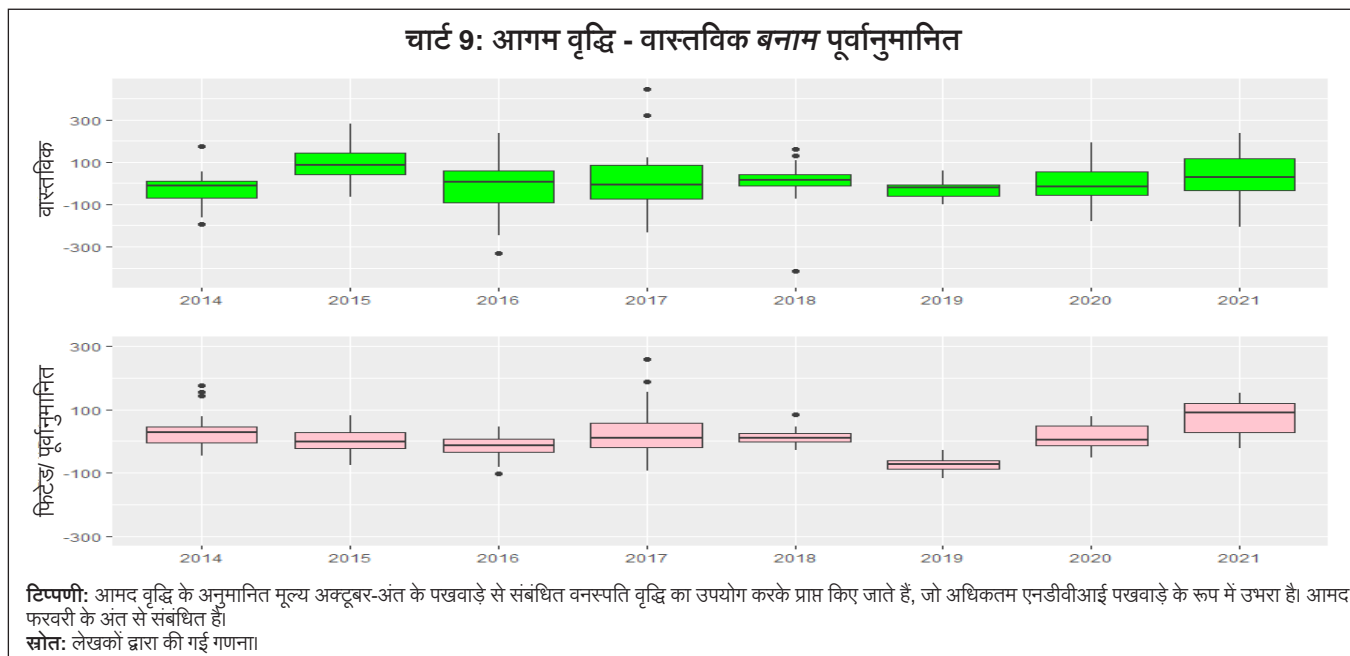
- आगम पर वनस्पति का प्रभाव मजबूत और सुदृढ़ होता है** - वनस्पति की वृद्धि आगम वृद्धि को सकारात्मक रूप से प्रभावित करती है और मौसम की प्रगति के साथ इसका प्रभाव लगातार मजबूत होता है। इसका प्रभाव अक्टूबर के अंत तक चरम पर होता है और उसके बाद स्थिर हो जाता है। वनस्पति गुणांक सुदृढ़ हैं, क्योंकि वर्षा के योग से इसके मान में कोई परिवर्तन नहीं होता है (चार्ट 7)। मोटे तौर पर विभिन्न आगम पखवाड़ों के लिए ऊर्ध्वमुखी पैटर्न समान रहता है।



ii. वनस्पति संकेतक आगम का उचित मूल्यांकन प्रदान करता है, जबकि वर्षा का प्रभाव नगण्य है - समायोजित आर-स्क्वायर और बायेसियन सूचना मानदंड (बीआईसी) के संदर्भ में वैयक्तिक और संयुक्त मॉडल का तुलनात्मक मूल्यांकन, रोचक तथ्यों का खुलासा करता है। जबकि आगम वृद्धि में परिवर्तनशीलता को वनस्पति वृद्धि द्वारा यथोचित रूप से समझाया गया है, जो प्रगतिशील सुधार और स्थिर संबंध को दर्शाता

है, स्वतंत्र वर्षा मॉडल किसी भी भिन्नता की व्याख्या करने में विफल रहता है। इसके अलावा, वर्षा मॉडल के साथ वैयक्तिक एनडीवीआई और एनडीवीआई बहुत आस-पास हैं, यह दर्शाता है कि अध्ययन के तहत अवधि के दौरान वनस्पति द्वारा दर्शायी गई भिन्नता से परे वर्षा के अलावा कोई भौतिक लाभ नहीं मिलता है (चार्ट 8)।





iii. **वनस्पति का प्रारंभिक योगदान महत्वपूर्ण है** - फसल विकसित होने वाले सभी महीनों के दौरान अगस्त से नवंबर तक, वनस्पति वृद्धि और आगम वृद्धि के मध्य अंतर्संबंध में क्रमिक सुधार देखा जाता है (चार्ट 8)। शुरुआती परखवाड़ों में से सितंबर के पहले परखवाड़े में वनस्पति वृद्धि के गुणांक का महत्व, जिसमें अगस्त के पहले परखवाड़े की तुलना में एक महत्वपूर्ण वृद्धि दिखती है और जो अक्टूबर के दूसरे परखवाड़े में देखे गए अधिकतम प्रभाव के करीब है, एक महत्वपूर्ण परिणाम है (चार्ट 7)।

iv. **मॉडल अनुमान अच्छे या बुरे वर्ष की पहचान के लिए प्रारंभिक जानकारी प्रदान करते हैं** - एनडीवीआई मॉडल-आधारित आगम वृद्धि पूर्वानुमान वास्तविक पैटर्न के अनुरूप हैं, जो बुरे वर्षों में निम्नतर और अच्छे वर्षों में उच्चतर है और अग्रिम में भली-भांति आगम वृद्धि का मूल्यांकन करने के लिए रिमोट सेंसिंग डेटा की उपयोगिता की पुनः पुष्टि करते हैं (चार्ट 9)।

## VI.2 जीडब्ल्यूआर मॉडल परिणाम

जैसा कि खंड VI.1 में देखा गया है, वर्षा प्रभाव के नगण्य पाये जाने से केवल एनडीवीआई मॉडल के लिए जीडब्ल्यूआर मॉडल विकसित किए गए हैं। स्पेस (मंडियों) में तत्वों के स्थानिक

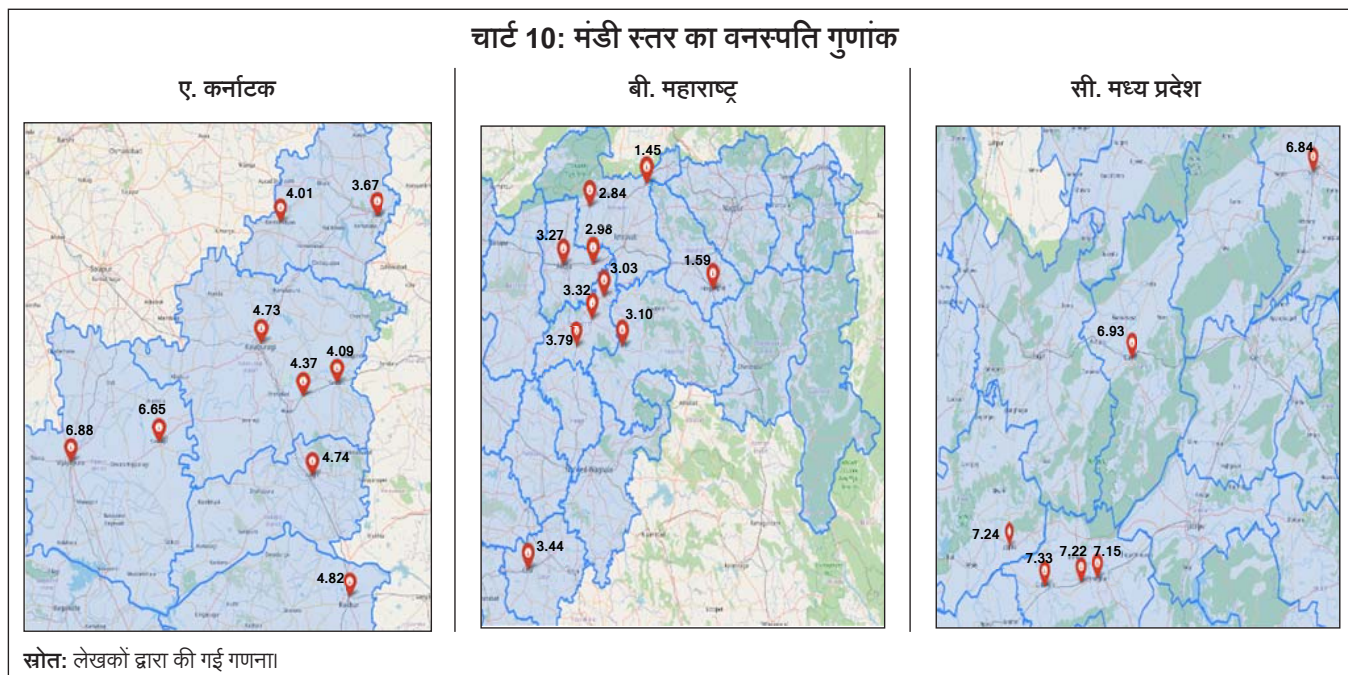
आयाम को उनके संबंधित अक्षांश और देशांतर निर्देशांक द्वारा दर्शाया जाता है, जिसके आधार पर तत्वों के बीच निकटता व्युत्पन्न की जाती है। संक्षेप में, हम फरवरी के दूसरे परखवाड़े से संबंधित परिणाम प्रस्तुत करते हैं, जो एक वर्ष में कुल आगम का लगभग 50 प्रतिशत है। यह अक्टूबर के दूसरे परखवाड़े के अनुरूप वनस्पति वृद्धि पर आधारित है, जिसकी अनुमानित ओएलएस मॉडल में अधिकतम व्याख्यात्मक शक्ति है।

दृश्य स्पष्टता और विशिष्टता के लिए चार्ट 10 (ए से सी) में वनस्पति वृद्धि के लिए स्थानीयकृत मापदंड अनुमान प्रस्तुत किए गए हैं। यह देखा गया है कि महाराष्ट्र की तुलना में, कर्नाटक और मध्य प्रदेश में मंडियों में वनस्पति वृद्धि और आगम वृद्धि के बीच संबंध अधिक मजबूत है।

जीडब्ल्यूआर मॉडल के स्थानीय मापदंड अनुमानों की तुलना वैश्विक अनुमान (ओएलएस अनुमान के बराबर) से की जाती है। सारणी 1 में परिणाम प्रस्तुत किए गए हैं, जो गुणांक मानों में भिन्नता दर्शाते हैं।

यद्यपि चार्ट 10 और सारणी 1 में स्थान-वार अनुमानों में विविधता देखी जा सकती है, हमें यह परीक्षण करने की आवश्यकता है कि अध्ययन क्षेत्र में अनुमानों में स्थानिक भिन्नता सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण है अथवा नहीं। लेउंग और अन्य (2000) के बाद, सभी स्थानीय गुणांक समान नहीं होते हैं, की

चार्ट 10: मंडी स्तर का वनस्पति गुणांक



वैकल्पिक परिकल्पना के विपरीत मापदंड समानता की शून्य परिकल्पना यानी, सभी स्थानीय गुणांक समान हैं, का परीक्षण किया जाता है। शून्य परिकल्पना (महत्व का स्तर - एक प्रतिशत पर) को अस्वीकार कर दिया जाता है, जो वनस्पति वृद्धि ( $\beta$ ) के मापदंड अनुमानों में विविधता की उपस्थिति की पुष्टि करता है (सारणी 2)।

जीडब्ल्यूआर और ओएलएस के निष्पादन की जांच करने के लिए, ब्रंसडन और अन्य (1999) में सुझाए गए एएनओवीए (एनोवा) परीक्षण का प्रयोग किया जाता है। ओएलएस मॉडल की 'गूडनेस ऑफ फिट' उपयुक्तता की तुलना जीडब्ल्यूआर से की जाती है और जीडब्ल्यूआर मॉडल द्वारा प्राप्त सुधार की जांच की जाती है। परीक्षण के परिणाम सारणी 3 में प्रस्तुत किए गए हैं।

सारणी 1: जीडब्ल्यूआर मॉडल में स्थानीय और वैश्विक गुणांक

	स्थानीय गुणांक (जीडब्ल्यूआर)				वैश्विक गुणांक (ओएलएस)
	न्यूनतम	अधिकतम	माध्यिका	माध्य	
अवरोधन ( $\alpha$ )	-15.07	13.13	-1.72	-1.01	-1.68
वनस्पति ( $\beta$ )	1.45	7.33	4.09	4.62	5.15

स्रोत: लेखकों द्वारा की गई गणना।

सारणी 2: पैरामीटर इक्विलिटी लेउंग और अन्य के लिए परीक्षण (2000) एफ(3) परीक्षण

	एफ स्टैटिस्टिक	फ्रीडम की अंश डिग्री	फ्रीडम की हर डिग्री	पी-मान
अवरोधन ( $\alpha$ )	0.39	153.65	159.03	1.000
वनस्पति ( $\beta$ )	1.88	51.64	159.03	0.001

स्रोत: लेखकों द्वारा की गई गणना।

एनोवा परीक्षण के परिणाम बताते हैं कि जीडब्ल्यूआर का उपयोग करके प्राप्त लाभ महत्वपूर्ण हैं, और ओएलएस मॉडल की पर्याप्तता की शून्य परिकल्पना को जीडब्ल्यूआर मॉडल (10 प्रतिशत महत्व के स्तर पर) के पक्ष में अस्वीकृत कर दिया गया है।

सारणी 3: ओएलएस और जीडब्ल्यूआर मॉडल ब्रंसडन और अन्य के बीच तुलना (1999)

	वर्गों का योग (एसएस)	फ्रीडम की डिग्री (डीएफ)	वर्गों का माध्य (एमएस)	एफ स्टैटिस्टिक	पी-वैल्यू
ओएलएस अवशिष्ट	1560440	2.00			
जीडब्ल्यूआर सुधार	125106	10.33	12111		
जीडब्ल्यूआर अवशिष्ट	1435334	155.67	9220	1.31	0.065

स्रोत: लेखकों द्वारा की गई गणना।

## VII. निष्कर्ष और भावी मार्ग

फसल वृद्धि मंडियों में आगम का आकलन करने के लिए अग्रिम सूचना का एक संभावित स्रोत है, जो बदले में थोक और खुदरा कीमतों में भविष्य की प्रवृत्तियों को प्रभावित कर सकता है। यह आलेख फसल से पहले मंडियों में कृषि जिनसों की आवक की भविष्यवाणी करने के लिए एक अनुभवजन्य दृष्टिकोण विकसित करने हेतु रिमोट सेंसिंग और आधारभूत संकेतकों को जोड़ता है। यह उपयुक्त सीजनल फिल्टरेशन के साथ अंतर्निहित एक प्रतिगमन-आधारित मॉडल का उपयोग करता है और स्थानिक विविधता (भौगोलिक रूप से भारित प्रतिगमन) को पहचानने के लिए अनुकूलित है।

भारत की विविध फसलों के उत्पादन और विविध स्थलाकृति को ध्यान में रखते हुए लक्षित फसल (तूर) के लिए प्रतिनिधि क्षेत्रों (जिलों) के चयन पर उचित महत्व दिया गया है। चयनित जिलों में उप-जिला स्तर (तालुक) से संबंधित वनस्पति संकेतकों का उपयोग विस्तृत जानकारी के दोहन के लिए किया गया है।

क्रमिक रूप से अद्यतन वनस्पति वृद्धि मान का उपयोग करते हुए गतिशील दृष्टिकोण हमें (i) लगभग वास्तविक समय के आधार पर फसल की स्थिति की निगरानी करने में सक्षम बनाता है, (ii) यह अध्ययन करता है कि मौसम के दौरान एनडीवीआई और आगम के बीच संबंध कैसे विकसित होता है और (iii) नए डेटा के उपलब्ध होने पर आगम वृद्धि का पुनराकलन करता है। मौसम की शुरुआत में अनुमानित फसल गुणांक, योजना और नीति बनाने के लिए संबल प्रदान करते हैं।

आगम वृद्धि पर वनस्पति वृद्धि का महत्वपूर्ण और सुदृढ़ प्रभाव पाया जाता है, जो मौसम की प्रगति के साथ मजबूत होता है। यह वर्षा विचलन के प्रभाव से अधिक सुदृढ़ है और विभिन्न स्थानों पर भिन्न होता है। परिणाम निकट भविष्य में कृषि जिनसों और पूर्वानुमानों के लिए निगरानी उपकरण के रूप में रिमोट सेंसिंग डेटा के उपयोग को बनाए रखते हैं। वनस्पति संकेतकों की शीघ्र उपलब्धता से उपयोगिता में और अधिक बढ़ोतरी होती है।

संक्षेप में, इस आलेख में किए गए विश्लेषण का महत्वपूर्ण नीतिगत उपयोग है। इसे आगे चलकर कई तरह से और सुदृढ़ किया जा सकता है। सबसे पहले, वनस्पति संकेतकों के अलावा, जलवायु कारकों को शामिल किया जा सकता है। दूसरे, आगम को प्रभावित करने वाले कारकों, जैसे कटाई, परिवहन या भंडारण,

आयात, मूल्य निर्धारण और मांग की स्थिति के दौरान फसल की क्षति, पर भी आगम के लिए एक सर्वोत्कृष्ट भविष्यवाणी मॉडल विकसित करते समय विचार किया जा सकता है। तीसरा, वनस्पति संकेतकों को अन्य संकेतकों के साथ मुद्रास्फीति के पूर्वानुमान फ्रेमवर्क में शामिल किया जा सकता है। अंत में, रिमोट सेंसिंग विशेषज्ञों द्वारा हाल की प्रगति के बाद, सटीक फसल और पूर्वानुमान उत्पादन की पहचान करने के लिए ग्राउंड टूथ डेटा, परिष्कृत छवि विश्लेषण और मशीन लर्निंग एल्गोरिदम द्वारा समर्थित फ़ाइन ग्रिड स्तर पर उच्च रिज़ॉल्यूशन छवियों का उपयोग किया जा सकता है।

### संदर्भ:

Anand, R., Kumar, N. and Tulin, V. (2016). Understanding India's Food Inflation: The Role of Demand and Supply Factors, IMF Working Paper No. 16/2

Balaghi, R., Tychon, B., Eerens, H., Jlibene, M. (2008). Empirical Regression Models using NDVI, Rainfall and Temperature Data for the Early Prediction of Wheat Grain Yields in Morocco, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 10, 438–452

Bhattacharya, R. and Gupta, A. S. (2015): Food Inflation in India: Causes and Consequences. National Institute of Public Finance and Policy (NIPFP) Working Paper No. 2015-151, June.

Bivand, R. and Yu, D. (2007). SPGWR - Geographically weighted regression. Available online at <https://cran.r-project.org/web/packages/spgwr/index.html>, accessed November 23, 2021

Brunsdon, C., Fotheringham, A. S. and Charlton, M. E. (1996). Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationary. Geographical Analysis, Vol. 28, 281-298

Brunsdon, C., Fotheringham, A. S. and Charlton, M. (1999). Some Notes on Parametric Significance Tests for Geographically Weighted Regression, Journal of Regional Science, Vol. 39, No. 3, 1999

- Donaldson, D. and Storeygard, A. (2016). The View from Above: Applications of Satellite Data in Economics, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 30, No. 4, 171-198
- Dubey, S. K., Gavli, A. S., Yadav, S. K., Sehgal, S. and Ray, S. S. (2018). Remote Sensing-Based Yield Forecasting for Sugarcane Crop (*Saccharum officinarum* L.) in India, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46(11), 1823-1833
- DES (2020). Agriculture Statistics at a Glance 2019, Directorate of Economics and Statistics, Department of Agriculture, Cooperation and Farmers Welfare, Ministry of Agriculture and Farmers Welfare, Government of India, available at <https://eands.dacnet.nic.in/>
- Fotheringham, A. S., Brunson, C. and Charlton, M. (2002). Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships. Wiley, New York
- Goldblatt, R., Monroe, T., Antos, S. E. and Hernandez, M. (2019). Innovations in Satellite Measurements for Development, World Bank Blogs, January
- Government of India (2020). Biology of *Cajanus cajan* (Pigeon Pea), Ministry of Environment, Forest and Climate Change (MoEF&CC) and Indian Institute of Pulses Research, Kanpur
- Gumma, M. K., Kadiyala, M. D. M., Panjala, P., Ray, S. S., Akuraju, V. R., Dubey, S., Smith, A. P., Das, R. and Whitbread, A. M. (2021). Assimilation of Remote Sensing Data into Crop Growth Model for Yield Estimation: A Case Study from India, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46(11), 1823-1833
- Haghighattalab, A., Crain, J., Mondal, S., Rutkoski, J., Singh, R. P., and Poland, J. (2017). Application of Geographically Weighted Regression to Improve Grain Yield Prediction from Unmanned Aerial System Imagery. *Crop Science*, Vol. 57, 2478-2489
- Johnson, D. M. (2014). An Assessment of Pre and Within Season Remotely Sensed Variables for Forecasting Corn and Soybean Yields in the United States, *Remote Sensing of Environment*, 141
- Johnson, M. D., Hsieh, W. W., Cannon, A. J. and Davidson, A. (2016). Crop Yield Forecasting on the Canadian Prairies by Remotely Sensed Vegetation Indices and Machine Learning Methods, *Agriculture and Forest Meteorology*, 218-219
- Leung, Y., Mei, C. M. and Zhang, W. X. (2000). Statistical Tests for Spatial Nonstationarity Based on the Geographically Weighted Regression Model, *Environment and Planning*, Vol. 32, 9-32
- Manjunath, K. R., Potdar, M. B. and Purohit, N. L. (2002). Large Area Operational Wheat Yield Model Development and Validation based on Spectral and Meteorological Data, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 23, No. 15, 3023-3038
- Mkhabela, M. S., Bullock, P., Raj, S., Wang, S. and Yang, Y. (2011). Crop Yield Forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data, *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 151, No. 3, 385-393
- Miller, H. J. (2004). Tobler's First Law and Spatial Analysis. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(2), 284-289
- OECD (2020). Measuring the Economic Impact of the Space Sector. Background Paper for the G20 Space Economy Leaders' Meeting (Space20), October
- Panek, E. and Gozdowski, D. (2020). Analysis of relationship between cereal yield and NDVI for selected regions of Central Europe based on MODIS satellite data, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17
- Prasad, G., Vuyyuru, U. R. and Gupta M. D. (2018). Agricultural Commodity Arrival Prediction Using Remote Sensing Data: Insights and Beyond, KDD Fragile Earth Workshop

- Raj, J., Kapur, M., Das, P., George, A. T., Wahi, A. and Kumar, P. (2019). Inflation Forecasts: Recent Experience in India and a Cross-country Assessment, Reserve Bank of India Mint Street Memo No. 19
- Ray, S. S. (2016). Remote Sensing for Agricultural Applications, GeoSmart India, Geomatics for Digital India, March
- Reserve Bank of India (2015). Monsoon and Indian Agriculture - Conjoined or Decoupled, RBI Monthly Bulletin, May
- Rembold, F., Atzberger, C., Savin, I. and Rojas, O. (2013). Using Low Resolution Satellite Imagery for Yield Prediction and Yield Anomaly Detection, Remote Sensing, 5, 1704-1733
- Sawasawa, H. L. A. (2003). Crop Yield Estimation: Integrating RS, GIS, Management and Land Factors, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede
- Sonna, T., Joshi, H., Sebastian, A. and Sharma, U. (2014). Analytics of Food Inflation in India, RBI Working Paper Series No. 10/2014, October
- Navalgund, R. R. and Ray, S. S. (2019). Application of Space Technology in Agriculture: An Overview, Smart Agri Post, 6(6), 6-11.
- Tiwari, A. K. and Shivhare, A. K. (2017). Pulses in India: Retrospect and Prospects, Directorate of Pulses Development, MoA&FW, GOI
- Wall, L., Larocque, D. and Leger, P-M. (2008). The Early Explanatory Power of NDVI in Crop Yield Modelling, International Journal of Remote Sensing, Vol. 29, No. 8, 2211-2225
- World Bank (2017). Using Satellites to Monitor Progress towards the SDGs. World Bank News, August
- Xue, J. and Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications, Hindawi Journal of Sensors, Article ID 1353691

### अनुबंध: भू-स्थानिक मॉडलिंग - संक्षिप्त तकनीकी विवरण

जीडब्ल्यूआर स्पेस में विभिन्न स्थानों में संबंध (पैरामीटर अनुमान) को बदलने की अनुमति देता है और इस प्रकार स्थानिक परिवर्तनशीलता का विश्लेषण करने के लिए एक आधार प्रदान करता है। जीडब्ल्यूआर मॉडल को इस तरह से सुविचारित किया जाता है कि यह स्थान विशिष्ट मापदंड अनुमानों को सीधे उत्पन्न करता है। जीडब्ल्यूआर मॉडल को ओएलएस मॉडल फॉर्म के विस्तार के रूप में व्यक्त किया गया है, जो निम्नलिखित है -

$$GWR \text{ general form: } y_i = \alpha(u_i, v_i) + \beta(u_i, v_i)x_i + \varepsilon_i \quad \dots (4)$$

जहां  $\alpha(u_i, v_i)$  और  $\beta(u_i, v_i)$  स्थान निर्देशांक ( $u_i, v_i$ ) के एक कार्य के रूप में स्थानीय गुणांक का प्रतिनिधित्व करते हैं, जिससे प्रतिगमन मॉडल में स्थानिक आयाम जुड़ता है। भारत न्यूनतम वर्ग सिद्धांत का उपयोग डायगनल वेटिंग मैट्रिक्स के साथ मापदंडों के आकलन के लिए किया जाता है, जहां प्रत्येक विकर्ण तत्व एक विशेष अवलोकन स्थान के लिए भार योजना से मेल खाता है (ब्रंसडन और अन्य, 1999; लेउंग और अन्य, 2000)।

आस-पास के स्थानों को अधिक प्रभावशाली माना जाता है और इसलिए उन्हें दूरस्थ स्थानों की तुलना में अधिक महत्व दिया जाता है (यह संभवतः भूगोल में "दूरी क्षय" अवधारणा पर आधारित है)। स्थान  $i$  पर प्रत्येक प्रेक्षण के लिए, स्थान  $j$  पर एक और प्रेक्षण का भार स्थान  $i$  से इसकी दूरी पर निर्भर करता है और भार योजना निम्नलिखित में से कोई भी रूप ले सकती है -

$$Gaussian: w_{ij} = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2}$$

$$Bisquare: w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)^2, & \text{if } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{if } d_{ij} > h \end{cases}$$

जहां  $d_{ij}$  स्थान  $i$  और  $j$  के बीच की स्थानिक दूरी है, और  $h$  बैंडविड्थ है जो दूरी क्षय की सीमा को नियंत्रित करता है। बैंडविड्थ को सभी प्रेक्षणों, या अनुकूली कर्नेल के लिए तय किया जा सकता है तथा अनुकूली कर्नेल, डेटा के सघन होने पर बैंडविड्थ को बड़ा और छोटा होने की अनुमति देता है। हम लघु नमूना आकार के लिए उपयुक्त अनुकूली कर्नेल के साथ बाई-स्क्वायर भार योजना का उपयोग करते हैं और संशोधित एकाइक सूचना मानदंड (एआईसी) का उपयोग करके बैंडविड्थ अनुकूलन किया जाता है। एक बार जीडब्ल्यूआर मॉडल का सुनियोजन पूर्ण हो जाने पर, सांख्यिकीय परीक्षणों का उपयोग यह जांचने के लिए किया जा सकता है कि क्या (i) जीडब्ल्यूआर निष्पादन ओएलएस से बेहतर है और (ii) मापदंड अनुमानों में अंतर महत्वपूर्ण हैं। अंतर्निहित विचार यह जांचना है कि क्या ओएलएस पर जीडब्ल्यूआर द्वारा प्रदान किए गए मॉडल फिट में सुधार वास्तविक है और मनमाना नहीं है। ब्रंसडन और अन्य, 1999 और लेउंग और अन्य, 2000 कई सैद्धांतिक मुद्दों को संबोधित करते हुए जीडब्ल्यूआर से संबंधित परिकल्पना परीक्षण के लिए विस्तृत चर्चा और तरीके प्रदान करते हैं।