क्रमसूचक लॉजिस्टिक समाश्रयण के उपयोग से गेहूं के फसल की उपज का पूर्वानुमान

वन्दिता कुमारी, राजू कुमार, कौश्तव आदित्य, अमरेंद्र कुमार, अंकुर विश्वास एवं अशोक कुमार गुप्ता

फसल की खरीद, वितरण, मूल संरचना और आयात निर्यात इत्यादि के निर्णयों से सम्बंधित अग्रिम योजना और नितियों के क्रियान्वयन करने के लिए फसलों का समय पर एवं प्रभावी पुर्वानुमान महत्वपूर्ण होता है। किसी भी फसल की उपज प्रौद्योगिकीय परिवर्तन और मौसम की परिर्वतनशीलता से प्रभावित होती है।

यह मान सकते हैं कि तकनीकी कारकों से फसल की उपज में सूचारू रूप से समय के साथ वृद्धि होगी, इसलिए समय के कुछ मानकों का उपयोग करके फसल की उपज पर प्रौद्योगिकी के समग्र प्रभाव को जाना जा सकता है। उपज में परिर्वतनशीलता के लिए मौसमों के दौरान और मौसमों के बीच की परिर्वतनशीलताएँ द्वितीय और अनियंत्रित स्रोत हैं। इसलिए फसल की उपज के पर्वानुमान के लिए मौसम और वर्ष को व्याख्यात्मक चर के रूप में लेकर उस पर आधरित मॉडल प्राप्त कर सकते हैं। मौसम चर फसल के विकास के विभन्न चरणों के दौरान फसल को विभिन्न तरीके से प्रभावित करते हैं।

फसल की उपज पर मौसम का प्रभाव उसके परिमाण और उसके वितरण स्वरूप पर निर्भर करता है, इसके लिए पूरे फसल के मौसमों को छोटे अंतराल में विभाजित करने की आवश्यकता होती है। तथापि ऐसा करना मॉडल में चरों की संख्या को बढ़ायेगा और परिणामस्वरूप ज्यादा मानकों के मान को आंकड़ो से निकालना होगा। मानकों का अनुमानक निकालने के लिए समुचित संख्या में आंकड़े उपल्बध नहीं भी हो सकते हैं। अतः एक तकनीक जो प्रबंधनीय मानकों कि छोटी संख्या और साथ ही मौसम परिवर्तन को ध्यान में रख कर लिया गया हो, वह उपर्युक्त समस्या का समाधान कर सकता है।

मौसम पर आधारित फसल उपज के पुर्वानुमान के कार्यप्रणाली के विकास के लिए विभिन्न लोगों ने प्रयास किया है जैसे कि मौसम सूचकांक पर आधारित समाश्रय मॉडल (अग्रवाल इत्यादी 1980, 1983, 2001; जैन इत्यादी 1980; चंद्रहास 2010), विभेदक फलन दृष्टिकोण (राय और चंद्रहास 2000, चंद्रहास 2010, अग्रवाल इत्यादी 2012), इत्यादी।

उत्तर प्रदेश के कानपुर जिले में गेहूँ फसल की उपज का समय श्रृंखला आंकड़ो (1971–1972 से 2009–10) को आर्थिक एंव सांख्यिकी निदेशालय कृषि एव किसान कल्याण मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा प्राप्त किया गया है। साप्ताहिक मौसम आंकड़ो (1971–1972 से 2009–10) के लिए पाँच मौसम चर जैसे अधिकतम तापमान, न्यूनतम तापमान, प्रातः कालीन सापेक्ष आर्दता, सायांकालीन सापेक्ष आर्दता तथा वर्षा, केंद्रीय बारानी कृषि अनुसंधान संस्थान, हैदराबाद से लिया गया है। इसके लिए फसल उपज के 16 सप्ताह को लिया गया है जो पहले वर्ष के 40वाँ मानक मौसम सप्ताह मा.मौ.स. से 52 वाँ मा.मौ.स. और अगले साल के पहले से तीसरे मा.मौ.स. तक के हैं।

कार्यप्रणाली

ट्रेंड के प्रभाव के लिए समायोजित फसल कि उपज के आधार पर वर्षों को दो वर्गों अर्थात अच्छा (1) और

बुरा (0) एवं तीन वर्गों अर्थात प्रतिकूल (0), सामान्य (1) और अनुकूल (2) में विभाजित किया गया है।

फसल और वर्ष के बीच रेखिय समाश्रय लेने के बाद जो अवशिष्ट प्राप्त हुआ, उनके आधार पर वर्षों को दो समूहों में वर्गीकृत किया गया है। अगर किसी वर्ष के लिए अवशिष्ट का मान ऋणात्मक है तो उसका मान शून्य (0) और अगर मान धनात्मक है तो उसे एक (1) लिया गया है। इसी प्रकार फसल वर्षों के अवशिष्ट को आरोही क्रम में व्यवस्थित करने के बाद उसे तीन बराबर समूहों में अर्थात प्रतिकूल (0), सामान्य (1) और अनुकूल (2) में विभाजित किया है।

मॉडल फिटिंग के लिए 1971–72 से 2006–07 के आंकड़ों को लिया गया है और शेष के तीन वर्ष 2007–08 से 2009–10 को मॉडल के सत्यापन के लिए उपयोग किया गया है। क्योंकि 16 सप्ताह के पाँच चर को लेने पर कुल 80 चर हो जाते है इसलिए चरों की अधिक संख्या की समस्या को हल करने के लिए निम्नलिखित रणनीति का उपयोग किया गया है।

पहले सप्ताह (40वाँ मा.मौ.स.) में क्रमसूचक लाजिस्टिक समाश्रय के द्वारा पूर्वनिर्धारित समूहों के लिए मौसम चरों की सम्भावनाओं की गणना की है। अगले सप्ताह में, पहले सप्ताह के अभिकलन संम्भावना के साथ साथ दूसरे सप्ताह के मौसम चरों को चरणबद्ध क्रमसूचक लाजिस्टिक समाश्रय का उपयोग कर सम्भावनाओं कि गणना की गई है। इस प्रक्रिया को आखिरी सप्ताह तक दोहराया गया है।

किसी सप्ताह के सम्भावना के साथ वर्ष संख्या को समाश्रयक के रूप में लेकर, चरणबद्ध समाश्रय प्रक्रिया के माध्यम से पूर्वानुमान मॉडल विकसित किया गया है। यह 52 वें सप्ताह से शुरू कर विभिन्न सप्ताहों के लिए किया गया हैं।

दो समूहों के लिए मॉडल

क्रमसूचक लॉजिस्टिक समाश्रयण के आधार पर किसी अच्छे वर्ष $P_1=P(Y=1)$ की संभावना को इस प्रकार परिभाषित किया गया हैः

$$P_1=\frac{\exp(\alpha+\beta_1x_1+\beta_2x_2+...+\beta_px_p)}{1+\exp(\alpha+\beta_1x_1+\beta_2x_2+...+\beta_px_p)}$$

जहाँ, α इंटरसेप्ट और β समाश्रय गुणांक है।

p भविश्यवक्ताओं का बहुविध व्याख्यात्मक चर $\mathbf{x}=(x_1, \ldots, x_p)$ है।

इसलिए $P(Y=0)=1-P_1$ है।

52वें मा.मौ.स. से लेकर अंतिम मा.मौ.स. तक के पूर्वानुमान मॉडल को निम्नलिखित प्रकार से लिख सकते हैः

$$\text{उपज} = a + b_1 P_1 + b_2 T + \varepsilon$$

जहाँ, a मॉडल का इंटरसेप्ट, b_1 समाश्रय गुणांक, P_1 उस सप्ताह के अच्छे वर्ष की संभावना और T वर्ष संख्या है।

तीन समूहों के लिए मॉडल

तीन समूहों के लिए क्रमसूचक लॉजिस्टिक समाश्रयण मॉडल इस प्रकार हैः

$$P_0=\exp(\alpha_1+\beta_1x_1+\beta_2x_2+\ldots+\beta_px_p)/[1+\{\alpha_1+\beta_1x_1+\beta_2x_2+...+\beta_px_p)\}]$$

$$P_0+P_1=\exp(\alpha_2+\beta_1x_1+\beta_2x_2+\ldots+\beta_px_p)/[1+\{\alpha_2+\beta_1x_1+\beta_2x_2+...+\beta_px_p)\}]$$

$$P_0+P_1+P_2=1$$

जहाँ, प्रतिकूल वर्ष की P_1 सामान्य वर्ष की और P_2 अनुकूल वर्ष की संभावना, α टरसेप्ट और β समाश्रय गुणांक है।

52वें मा.मौ.स. से लेकर अंतिम मा.मौ.स. के पूर्वानुमान मॉडल के निम्नलिखित प्रकार से लिख सकते हैः

$$\text{उपज} = a + b_1P_1 + b_2P_2 + b_3T + \varepsilon$$

जहाँ, $P_1 = P(Y=1)$, $P_2 = P(Y=2)$ और बाकी संकेत पहले की तरह वर्णीत है।

मॉडल का सत्यापन के लिए विभिन्न वर्षो के पूर्वानुमान, मूल वर्ग माध्य त्रुटि (Root Mean Square Error) और Mean absolute percentage error (MAPE) का उपयोग किया गया है।

मॉडलों कि तुलना के लिए समायोजित निर्धारण गुणांक (Adjusted R^2), प्रागुक्त अवशिष्ट वर्ग योग प्रतिदर्शज (Predicted error sum of square), पुर्वानुमान के मूल वर्ग माध्य त्रुटि और पुर्वानुमान के MAPE का उपयोग किया गया है।

परिणाम और विचार विमर्श

वर्ष संख्या और उपज के बीच का रैखिय समाश्रय इस प्रकार हैः

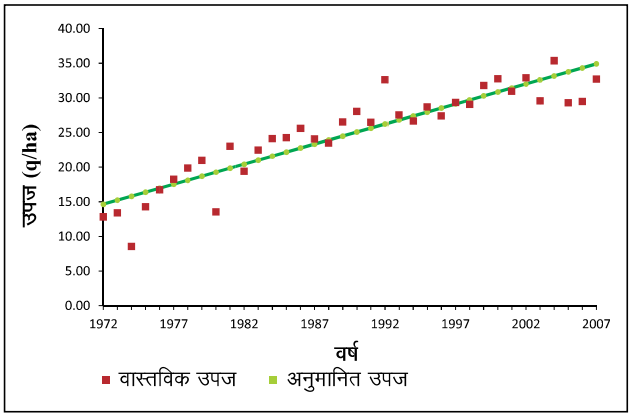
$$\text{उपज} = -1127.188 + 0.579\ T$$
$$(88.99) \quad (0.045)$$

फसल का वास्तविक और अनुमानित उपज के मान को चित्र–1 में दर्शाया गया है।

दो समूहों के संदर्भ में पुर्वानुमान मॉडल

36वर्षों में अच्छे फसल वर्ष की संख्या 20 और बुरे फसल वर्षकी संख्या 16 है। दो समूहों के लिए चरणबद्ध लाजिस्टिक समाश्रय के माध्यम से अच्छे फसल वर्ष के सम्भावना को मौसम चर के द्वारा प्राप्त किया गया है।

चित्र 1 : गेहूँ का वास्तविक और अनुमानित उपज (1971–72 से 2006–07)



उपज को आश्रित चर एवं अच्छे वर्ष और वर्ष संख्या को समाश्रयक के रूप में लेकर क्रमशः समाश्रण से समाश्रयण मॉडल प्राप्त किया गया है। जिसके लिए गेहूँ के उपज का पूर्वानुमान मॉडल की शुरूआत 52वें मा.मौ.स. से की है। समायोजित निर्धारण गुणांक, प्रागुक्त अवशिष्ट वर्ग योग प्रतिदर्शज और विभिन्न सप्ताहों का त्रुटीपूर्ण वर्गीकरण की संख्या को तालीका–1 में दर्शाया है।

तलिका 1 : विभिन्न सप्ताहों के लिए पुर्वानुमान मॉडल

पूर्वानुमान के मा.मौ.स.	पूर्वानुमान सामाश्रय	समायोनित निर्धारण गुणांक	प्रागुक्त अवशिष्ट वर्ग योग प्रतिदर्शज	त्रुटीपूर्ण वर्गीकरण
52	उपज = -1120.18 + 3.93 P + 0.57 T (66.50) (0.74) (0.03)	0.9030**	168.595	2
1	उपज = -1118.89 + 3.88 P + 0.57 T (68.350) (0.78) (0.034)	0.8976**	178.916	2
2	उपज = -1118.66 + 3.85 P + 0.57 T (69.47) (0.80) (0.03)	0.8942**	185.768	2
3	उपज = -1118.71 + 3.85 P + 0.57T (70.00) (0.82) (0.03)	0.8926**	189.263	2

नोट : कोष्ट में दी गई संख्या मानक त्रुटी है।

** p = 0.01

हम तालिका से पाते है कि 52वाँ सप्ताह के लिए प्राप्त मॉडल औरों से अच्छा है। विभिन्न वर्षों के 52वें मा.मौ.स. का वास्तविक और अनुमानित उपज का मान तालिका–2 में दर्शाया गया है।

तलिका 2 : विभिन्न वर्षों के 52वें सप्ताह का वास्तविक और अनुमानित मान

पूर्वानुमान का मा.मौ.स.	वर्ष	वास्तविक उपज	अनुमानित उपज	% पूर्वानुमान का विचलन
52	2007-08	30.08	33.31	10.74
	2008-09	33.56	33.88	0.95
	2009-10	32.31	34.45	6.62

विभिन्न सप्ताह के पूर्वानुमान के मूल वर्ग माध्य त्रुटि, MAPE और त्रुटिपूर्ण वर्गीकरण के संख्या तालिका–3 में दर्शाया गया है।

तलिका 3 : विभिन्न सप्ताहों के पुर्वानुमान कि तुलना

पूर्वानुमान का मा.मौ.स.	मूल वर्ग माध्य त्रुटि	MAPE	त्रुटिपूर्ण वर्गीकरण
52	2.25	6.11	0
1	2.31	6.34	0
2	2.36	6.51	0
3	2.38	6.61	0

हम तालिका–3 से पाते है की पूर्वानुमान के मूल वर्ग माध्य त्रुटि, MAPE का मान 52वें सप्ताह में सबसे कम है।

तीन समूहों के संदर्भ में पूर्वानुमान मॉडल

36 वर्षों में 12 प्रतिकूल, 12 सामान्य और 12 अनुकूल वर्ष है। मौसम चरों का उपयोग कर चरणबद्ध लाजिस्टिक समाश्रय द्वारा इन समूहों की सम्भावना को प्राप्त किया गया है। उपज को आश्रित चर एवं सम्भावना और वर्ष संख्या को समाश्रयक के रूप में लेकर क्रमशः समाश्रण से समाश्रयण मॉडल प्राप्त किया गया है। जिसके लिए हमने 52वें मा.मौ.स. से गेहूँ के उपज का पूर्वानुमान मॉडल की शुरूआत की है जो तालीका–4 में दर्शायी गई है।

तालिका–4 दर्शाता है कि तीसरा सप्ताह का मॉडल बाकी सप्ताहों से अच्छा है क्योंकि इसमें महत्तम समायोजित निर्धारण गुणांक, प्रागुक्त अवशिष्ट वर्ग योग प्रतिदर्शज और न्यूनतम त्रुटिपूर्ण वर्गीकरण है।

तलिका 4 : विभिन्न सप्ताहों के लिए पुर्वानुमान मॉडल

पूर्वानुमान के मा.मौ.स.	पूर्वानुमान सामाश्रय	समायोनित निर्धारण गुणांक	प्रागुक्त अवशिष्ट वर्ग योग प्रतिदर्शज	त्रुटीपूर्ण वर्गीकरण
52	उपज = -1146.70 + 4.77 P_1 + 6.45 P_2 + 0.57 T (61.41) (2.20) (1.05) (0.03)	0.9181**	147.45	9
1	उपज= -1179.13 + 4.46P_1 + 6.39P_2 + 0.60 T (60.68) (1.89) (1.05) (0.03)	0.9227**	138.02	10
2	उपज = -1179.55 + 4.24 P_1 + 6.24 P_2 + 0.60 T (60.68) (1.82) (0.97) (0.03)	0.9236**	136.36	8
3	उपज = -1177.54 + 4.20 P_1 + 6.19 P_2 + 0.60 T (60.43) (1.80) (0.94) (0.03)	0.9242**	135.06	8

नोट : कोष्ट में दी गई संख्या मानक त्रुटी है।

** p = 0.01

तलिका 5 : विभिन्न वर्षों के 52वें सप्ताह का वास्तविक और अनुमानित मान

पूर्वानुमान का मा.मौ.स.	वर्ष	वास्तविक उपज	अनुमानित उपज	% पूर्वानुमान का विचलन
52	2007-08	30.08	33.31	10.74
	2008-09	33.56	33.88	0.95
	2009-10	32.31	34.45	6.62

विभिन्न सप्ताह के पूर्वानुमान के मूल वर्ग माध्य त्रुटि, MAPE और त्रुटिपूर्ण वर्गिकरण के संख्या तालीका–6 में दर्शाया गया है।

तलिका 6 : विभिन्न सप्ताहों के पुर्वानुमान कि तुलना

पूर्वानुमान का मा.मौ.स.	मूल वर्ग माध्य त्रुटि	MAPE	त्रुटिपूर्ण वर्गीकरण
52	3.05	8.11	1
1	3.33	9.69	1
2	3.42	9.80	1
3	3.48	9.84	1

तालिका–6 से हम पाते है कि 52वें सप्ताह का मूल वर्ग माध्य त्रुटि और MAPE का मान सबसे कम है।

दो समूहों और तीन समूहों की तुलना

समायोजित निर्धारण गुणांक, प्रागुक्त अवशिष्ट वर्ग योग प्रतिदर्शज के आधार पर तुलनात्मक अध्ययन से यह प्राप्त होता है कि तीन समूह, दो समूह से बेहतर मॉडल फिट करता है जबकि पूर्वानुमान के लिए दो समूह ज्यादा अच्छा है।

निष्कर्श

उपर के परिणाम के आधार पर यह निष्कर्ष निकाल सकता है कि फसल उपज का विश्वसनीय पूर्वानुमान, क्रमसूचक लाजिस्टिक समाश्रयण द्वारा प्राप्त संभावना के साथ व्याख्यात्मक रूप में वर्ष संख्या को लेकर किया जा सकता है।

पुर्वानुमान का उपयुक्त समय 52वाँ मा.मौ.स. (बुवाई के 11वें सप्ताह बाद) पाया गया है।

संदर्भ

1. अग्रवाल, र.,जैन, र.छ. एवं सिंह., डी. (1980):''फोरकास्टिंग ऑफ राइस यील्ड यूसिंग क्लीमटिक वेरिएबल्स''. इंडियन जर्नल ऑफ एग्रीकल्चरल सांइस, 50(9), 680–84।

2. अग्रवाल, र., जैन, र.छ. एवं झा, म.प. (1983):''जॉइंट इफेक्ट्स ऑफ वेदर वेरिएबल्स ओन राइस यील्ड्स'', मौसम, 34(2), 177–81।

3. अग्रवाल, र.,जैन, र.छ. एवंमेहता, स.छ.(2001):''यील्ड फोरकास्ट बेस्ड ओन वेदर वेरिएबल्स एंड एग्रीकल्चरल इनपुट्स ओन एग्रोक्लिमैटिक जोन बेसिस''. इंडियन जर्नल ऑफ एग्रीकल्चरल सांइस, 71(7)।

4. अग्रवाल, र., चन्द्रहास एवं आदित्य, क. (2012):''यूज़ ऑफ डिस्क्रिमिनान्ट फंक्शन एनालिसिस फॉर फॉर्कस्टीन क्रॉप यील्ड''. मौसम. 63(3): 455–458।

5. चन्द्रहास, अग्रवाल, र. एवं वालिया, स.स. (2010): ''यूज ऑफ डिस्क्रिमिनन्त फंक्शन एंड प्रिंसिपल कॉम्पोनेन्ट टेक्निकेस फॉर वेदर बेस्ड क्रॉप यील्ड फोरेकास्ट्स''. (आ.ए.अस.र.ई. पब्लिकेशन)।

6. जैन, र.छ., अग्रवाल, र. एवंझा, म.प. (1980):''इफेक्ट ऑफ क्लीमटिक वेरिएबल्स ओन राइस यील्ड एंड इट्स फोरकास्ट'', मौसम, 31(4),591–96।

7. राय, टी. एवं चन्द्रहास (2000):''यूज़ ऑफ डिस्क्रिमिनन्त फंक्शन ऑफ वेदर पैरामीटर्स फॉर डेवलपिंग फोरकास्ट मॉडल ऑफ राइस क्रॉप''. आ. ए.अस.र.ई. पब्लिकेशन।

❑