

न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करते हुए भू-राजनीतिक जोखिमों के बीच सुरक्षित आस्ति अस्थिरता को समझना अंकन घोष, बिपुल घोष और संध्या कुरुगंती द्वारा[^]

आस्ति बाजार की गतिशीलता पर भू-राजनीतिक तनावों का बढ़ा हुआ प्रभाव इस बात पर महत्वपूर्ण सवाल उठाते हैं कि कैसे सुरक्षित आस्तियाँ (सेफ हेवेन एसेट्स) बदलते भू-राजनीतिक जोखिम का जवाब देती हैं और क्या गैर-रैखिक मॉडल बेहतर अस्थिरता पूर्वानुमान प्रदान करते हैं, जिससे यह मुद्दा सामयिक और नीति प्रासंगिक, दोनों हो जाता है। हम पाते हैं कि कच्चे तेल की कीमत में उतार-चढ़ाव इस तरह के आघातों के प्रति संवेदनशील है, लेकिन स्वर्ण की कीमत में उतार-चढ़ाव निरंतर स्थिर बना रहता है। चांदी और अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियाँ मध्यवर्ती व्यवहार प्रदर्शित करती हैं, जो औद्योगिक एक्सपोजर और फ्लाइट-टू-सेफ्टी मांग के मिश्रित गुणों को दर्शाती हैं। विश्लेषण से आगे पता चलता है कि न्यूरल नेटवर्क आधारित मॉडल, विशेष रूप से देश विशिष्ट भू-राजनीतिक जोखिम सूचकांकों को शामिल करने वाले गैर-रेखीय फ्रेमवर्क, अस्थिरता का पूर्वानुमान लगाने में पारंपरिक अर्थमितीय मॉडल से बेहतर प्रदर्शन करते हैं। इन परिणामों से संकेत मिलता है कि सुरक्षित आस्तियाँ, भू-राजनीतिक दबाव के लिए विषमतापूर्वक प्रतिक्रिया देती हैं और यह कि गैर-रेखीय प्रवर्धन प्रभाव आर्थिक रूप से सार्थक हैं। इसलिए, निवेशकों और नीति निर्माताओं को आस्ति विशिष्ट जोखिम संचरण चैनलों को पहचानने और रैखिक ढांचे पर अत्यधिक निर्भरता से बचने की आवश्यकता है।

परिचय

वर्ष 2007-2008 के वैश्विक वित्तीय संकट (जीएफसी) के बाद से, सुरक्षित आस्ति की अवधारणा ने विद्वानों और व्यवसायी रुचि को आकर्षित किया है, क्योंकि बढ़ी हुई अनिश्चितता की अवधि के दौरान बाजार सहभागी तेजी से आश्रय की तलाश करते

हैं। एक सुरक्षित आस्ति को आम तौर पर एक ऐसी आस्ति के रूप में चिह्नित किया जाता है, जो बाजार की उथल-पुथल के बीच मूल्य में या तो बरकरार रहती है या वर्धित होती है, जिससे आर्थिक और वित्तीय दबाव के प्रसंग के दौरान स्वयं को एक आकर्षक निवेश विकल्प के रूप में स्थापित किया जाता है। ये आस्तियाँ आम तौर पर अत्यधिक तरल/चल होती हैं और निरंतर और स्थिर मांग कारकों से लाभान्वित होती हैं जो अप्रचलन या प्रतिस्थापन के प्रति उनकी स्थायी प्रासंगिकता और सुदृढ़ता में योगदान देते हैं।

इस मूलभूत समझ के आधार पर, अनुसंधान संबंधी एक जाने-माने निकाय ने जीएफसी और कोविड-19 महामारी जैसे महत्वपूर्ण वैश्विक व्यवधानों के दौरान विभिन्न सुरक्षित आस्तियों के ऐतिहासिक प्रदर्शन का मूल्यांकन किया है। हालांकि, इस साहित्य में से अधिकांश एक पूर्वव्यापी नजरिए को अपनाते हैं, जो कार्योत्तर आधार पर आस्ति निष्पादन का आकलन करते हैं। इसके विपरीत, यह अध्ययन व्यापक रूप से स्वीकृत सुरक्षित आस्तियों की अस्थिरता का पूर्वानुमान लगाकर और भू-राजनीतिक जोखिम पर विशेष जोर देने के साथ, बाह्य आघातों के प्रति उनकी सापेक्ष संवेदनशीलता को मापकर एक दूरदेशी परिप्रेक्ष्य अपनाता है।

बाजारों को प्रभावित करने वाली विभिन्न बहिर्जात शक्तियों के बीच, भू-राजनीतिक दबाव प्रबल अस्थिरता चालकों के रूप में उभरे हैं। आतंकवाद और अंतरराष्ट्रीय संघर्ष जैसी घटनाएं, आस्ति मूल्य की गतिशीलता पर पर्याप्त प्रभाव डालती हैं। फरवरी 2022 से रूस और यूक्रेन के बीच युद्ध, साथ ही मध्य पूर्व में लगातार अशांति, ने भू-राजनीतिक अस्थिरता से उत्पन्न होने वाले महत्वपूर्ण बाजार व्यवधानों का उदाहरण दिया है।

अप्रैल 2025 की वैश्विक वित्तीय स्थिरता रिपोर्ट (जीएफएसआर) दो प्रमुख संचरण तंत्रों की पहचान करती है, जिनके माध्यम से भू-राजनीतिक जोखिम, आस्ति की अस्थिरता को प्रभावित करता है, अर्थात् आर्थिक और बाजार रुख चैनल। जीएफएसआर के अनुसार, सुरक्षित आस्तियों सहित प्रमुख पण्य वस्तुओं की कीमतें आमतौर पर भू-राजनीतिक आघातों के जवाब में बढ़ती हैं, जबकि अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिफल में गिरावट आती है, जो एक फ्लाइट-टू-सेफ्टी प्रतिक्रिया को दर्शाती है।

अपरगिस एवं अन्य (2017) और किलास एवं अन्य (2018) सहित पूर्व अध्ययन, अस्थिरता पैटर्न की व्याख्या करने में भू-

[^] लेखक डेटा साइंसेज लैब से हैं। आलेख में व्यक्त किए गए विचार लेखकों के हैं और भारतीय रिजर्व बैंक के विचारों को नहीं दर्शाते हैं।

राजनीतिक जोखिम संकेतकों के भावी सूचक मान की पुष्टि करते हैं।

इन अंतर्दृष्टि के आधार पर, वर्तमान अध्ययन में काल्डारा और इकोविलो (2022) द्वारा विकसित समाचार-आधारित भू-राजनीतिक जोखिम सूचकांक (जीपीआर) को नियोजित करके आस्ति अस्थिरता पूर्वानुमान मॉडल में भू-राजनीतिक जोखिम को शामिल किया गया है। यह विश्लेषण चार व्यापक रूप से मान्यता प्राप्त सुरक्षित आस्तियों - स्वर्ण, चांदी, कच्चा तेल और अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियों पर केंद्रित है।

इस पृष्ठभूमि में, अध्ययन तीन प्रमुख प्रश्नों को संबोधित करता है: भू-राजनीतिक जोखिम के लिए सुरक्षित आस्तियाँ कैसे प्रतिक्रिया देती हैं, क्या गैर-रेखीय तंत्रिका-नेटवर्क मॉडल रैखिक अर्थमितीय बेंचमार्क की तुलना में बेहतर अस्थिरता पूर्वानुमान प्रदान करते हैं और भू-राजनीतिक तनाव को बढ़ाने के प्रति प्रत्येक आस्ति कितनी संवेदनशील है। संक्षेप में, अध्ययन में पाया गया है कि स्वर्ण सबसे स्थिर आस्ति बनी हुई है, कच्चा तेल स्पष्ट संवेदनशीलता प्रदर्शित करता है, चांदी और अमेरिकी ट्रेजरी मध्यवर्ती व्यवहार प्रदर्शित करते हैं और तंत्रिका (न्यूरल)-नेटवर्क मॉडल लगातार पारंपरिक दृष्टिकोणों से बेहतर निष्पादन करते हैं। इन परिणामों से पता चलता है कि सुरक्षित आस्तियाँ, विषम अस्थिरता प्रतिक्रियाओं का प्रदर्शन करती हैं और गैर-रेखीय ढांचे के भीतर भू-राजनीतिक जोखिम को शामिल करने से पूर्वानुमान सटीकता में काफी वृद्धि होती है।

इसके अतिरिक्त, अध्ययन भू-राजनीतिक जोखिम के बढ़ते स्तर के लिए इन आस्तियों की गतिशील प्रतिक्रियाओं का अनुकरण करता है, इस तरह के आघातों के प्रति उनकी सापेक्ष संवेदनशीलता को उजागर करता है। ऐसा करने से, अध्ययन एक व्यावहारिक ढांचा प्रदान करता है जो निवेशकों को उनकी जोखिम प्राथमिकताओं एवं निवेश उद्देश्यों के अनुरूप सुरक्षित आस्तियों का मूल्यांकन और चयन करने में सक्षम बनाता है।

इस शोध-पत्र के शेष भाग को निम्नानुसार व्यवस्थित किया गया है। खंड II सुरक्षित आस्तियों का एक ऐतिहासिक अवलोकन प्रदान करता है और उनके व्यवहार से संबंधित प्रमुख शोधपरक तथ्यों पर चर्चा करता है। खंड III प्रासंगिक साहित्य का सर्वेक्षण करता है। खंड IV विश्लेषण में नियोजित डेटा को रेखांकित करता है। खंड V पद्धतिगत ढांचे का वर्णन करता है और अनुभवजन्य निष्कर्षों को प्रस्तुत करता है। खंड VI अध्ययन का समापन करता है।

II. सुरक्षित आस्तियों (सेफ हेवन एसेट्स) पर ऐतिहासिक अवलोकन और शोधपरक तथ्य

इस खंड में, हम सुरक्षित आस्तियों के ऐतिहासिक विकास का पता लगाते हैं और उन शोधपरक तथ्यों को उजागर करते हैं जो हालिया भू-राजनीतिक संकटों के माध्यम से उनके व्यवहार को रेखांकित करते हैं।

सुरक्षित आस्तियों का ऐतिहासिक अवलोकन

सुरक्षित आस्तियों की अवधारणा समय के साथ काफी विकसित हुई है, जिनमें स्वर्ण, चांदी, कच्चा तेल एवं अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियाँ, अपनी स्थिरता और कम जोखिम विशेषताओं के लिए आर्थिक या भू-राजनीतिक अशांति के प्रसंगों के दौरान मांग में रहने वाली प्राथमिक लिखतों के रूप में उभर रही हैं। इनमें से, स्वर्ण और चांदी ने प्राचीन और आधुनिक सभ्यताओं में विनिमय और मूल्य संचय के माध्यम के रूप में कार्य किया है, जो अपने आंतरिक मूल्य, दुर्लभता और स्थायित्व के लिए बहुमूल्य हैं।

जैसे-जैसे वित्तीय प्रणालियां परिपक्व होती गईं, सुनार द्वारा जारी किए गए विनिमय बिलों जैसी शुरुआती लिखतों ने धीरे-धीरे ऋण और सरकार-समर्थित प्रतिभूतियों के अधिक परिष्कृत रूपों के लिए राह खोली। औद्योगिक क्रांति और वैश्विक व्यापार के विस्तार ने ऐसी आस्तियों की आवश्यकता को और बढ़ा दिया जो मूल्य को संरक्षित कर सकें और दबावग्रस्त अवधि में चलनिधि सुनिश्चित कर सकें। प्रथम विश्व युद्ध एवं 1929 के शेयर बाजार संकट (स्टॉक मार्केट क्रैश) जैसे प्रणालीगत व्यवधानों की अवधि के दौरान, स्वर्ण और सरकारी बॉण्डों ने बाजार के विश्वास और वित्तीय स्थिरता को बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई।

हालांकि, कच्चे तेल को पारंपरिक रूप से एक मौद्रिक सुरक्षित आश्रय के रूप में नहीं देखा जाता है, उसका 20वीं शताब्दी के दौरान राजनीतिक महत्व बढ़ गया। प्रथम विश्व युद्ध - एक महत्वपूर्ण मोड़ था, क्योंकि सैन्य रसद और औद्योगिक उत्पादन के लिए तेल अपरिहार्य हो गया, जिससे इसकी आर्थिक स्थिति में बढ़ोतरी हुई। 1970 के दशक में, भू-राजनीतिक आघातों की एक शृंखला, विशेष रूप से मध्य-पूर्व में संघर्षों ने वैश्विक तेल आपूर्ति को बाधित कर दिया, जिससे कीमतों में नाटकीय वृद्धि हुई और संकट प्रतिक्रियाशील पण्य वस्तु के रूप में तेल की भूमिका मजबूत हो गई। निवेशकों के बीच यह व्यवहार पैटर्न आज भी बना हुआ है,

जैसा कि 2022 में रूस-यूक्रेन संघर्ष के दौरान कच्चे तेल की कीमतों में तेज उछाल से पता चलता है।

21वीं सदी में बार-बार आने वाले वित्तीय संकट और बढ़ती भू-राजनीतिक अस्थिरता इस सदी की विशेषता रही हैं, जो संस्थागत और खुदरा निवेश पोर्टफोलियो, दोनों में सुरक्षित आस्तियों की प्रासंगिकता को मजबूत करती है। जीएफसी तथा मध्य-पूर्व में हालिया सैन्य संघर्षों जैसी घटनाओं ने पारंपरिक सुरक्षित आस्तियों, विशेष रूप से स्वर्ण, चांदी और कच्चे तेल के मूल्य में स्पष्ट वृद्धि की है। केंद्रीय बैंक एवं सरकारी संस्थान इन आस्तियों को अपने जोखिम प्रबंधन और समष्टि-विवेकपूर्ण ढांचे के हिस्से के रूप में रखना जारी रखते हैं, जबकि खुदरा निवेशक उनका उपयोग अनिश्चितता और प्रणालीगत आघात के प्रति बचाव व्यवस्था करने के लिए करते हैं।

जैसे-जैसे बाजार में उतार-चढ़ाव वैश्विक वित्तीय परिदृश्य की एक स्थायी विशेषता बन जाती है, प्रभावी सुरक्षित आस्तियों की पहचान और तुलनात्मक मूल्यांकन - रणनीतिक आस्ति आबंटन और पोर्टफोलियो सुदृढ़ता के महत्वपूर्ण घटक बन गए हैं।

सुरक्षित आस्तियों (सेफ हेवेन एसेट्स) पर शोधपरक तथ्य

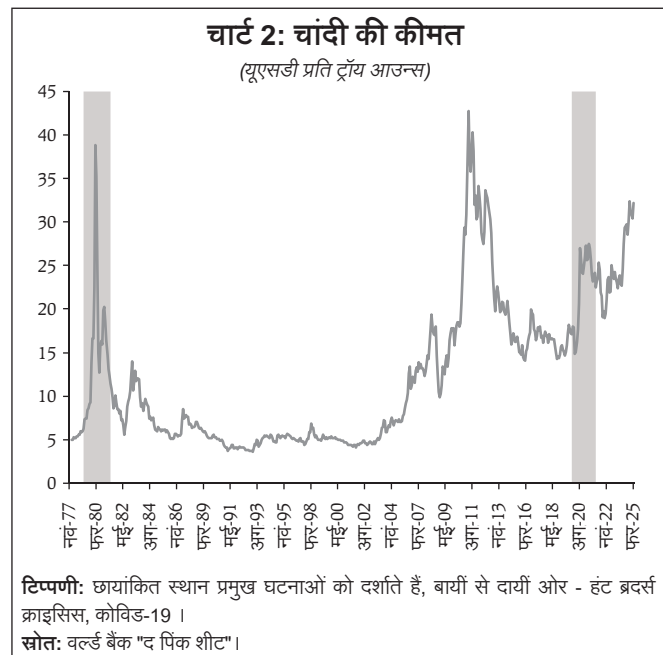
सुरक्षित आस्तियाँ, वित्तीय अस्थिरता और भू-राजनीतिक अशांति के प्रसंगों के दौरान मूल्य में वृद्धि या संरक्षण करती हैं। वे आम तौर पर चल/तरल, कम जोखिम वाली होती हैं और संकट के समय में उनकी मांग होती है। ऐतिहासिक मूल्य दिशा-पथ और अस्थिरता प्रतिक्रियाएं कई प्रमुख शोधपरक तथ्यों को प्रकट करती हैं, जो दबाव की स्थिति में उनके विशिष्ट व्यवहार को रेखांकित करती हैं।

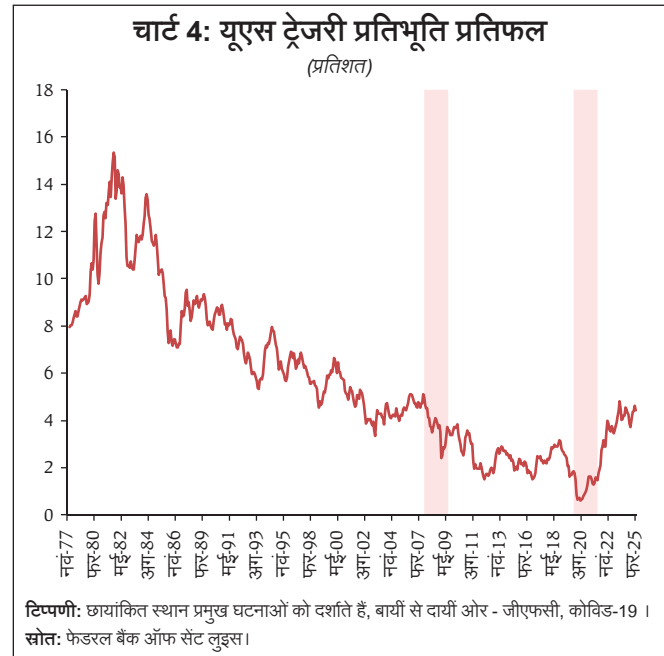
सुरक्षित आस्तियों (सेफ हेवेन एसेट्स) की कीमत की गतिशीलता

स्वर्ण, मूल आदर्श सुरक्षित आस्ति के रूप में अपनी स्थिति जारी रखता है। इसकी दीर्घावधि कीमत की प्रवृत्ति, 1980 के दशक के शुरुआती दौर के दौरान तेज उछाल के साथ मजबूत ऊर्ध्वगामी गति, जीएफसी तथा कोविड-19- महामारी को प्रकट करती है (चार्ट 1)। वर्ष 2022-25 में हालिया वृद्धि, व्यवस्थित अनिश्चितता और वैश्विक तनावों के प्रति निवेशकों की प्रतिक्रिया को दर्शाती है। मुद्रास्फीति के खिलाफ बचाव और मूल्य संचय के रूप में स्वर्ण की प्रतिष्ठा, इसे केंद्रीय बैंकों और संस्थागत निवेशकों के लिए आकर्षक बनाती है।



चांदी, हालांकि अधिक अस्थिर है, पर स्वर्ण की कई सुरक्षित वस्तु विशेषताओं को साझा करती है। जैसा कि चार्ट 2 में दृष्टवत् है, चांदी ने 1980 के हंट ब्रदर्स संकट, 11-2010 के पण्य उछाल और महामारी से संबंधित आपूर्ति व्यवधानों की अवधि के दौरान नाटकीय वृद्धि का अनुभव किया। इसकी औद्योगिक उपयोगिता, विशेष रूप से नवीकरणीय ऊर्जा में, एक मांग चैनल जोड़ती है जो भू-राजनीतिक आघातों के दौरान इसकी कीमत की अस्थिरता को बढ़ाती है।





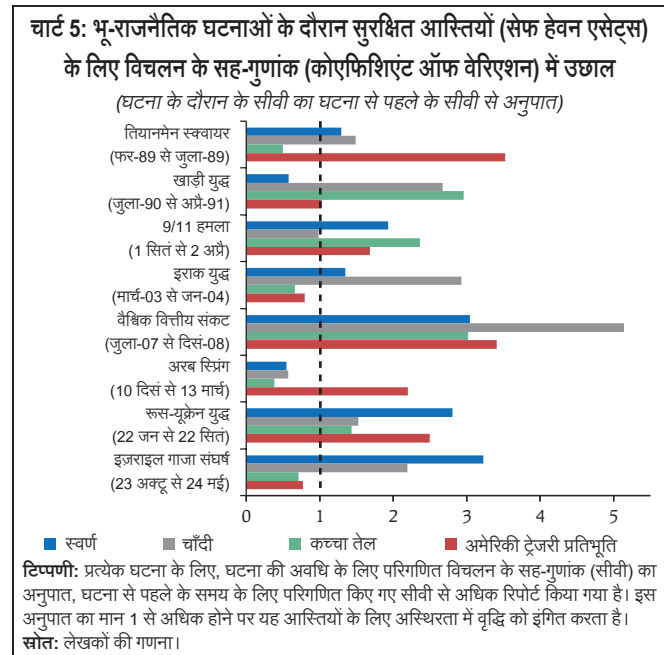
कच्चा तेल एक अलग व्यवहार पैटर्न दर्शाता है। यह वैश्विक आपूर्ति शृंखलाओं के प्रति अत्यधिक संवेदनशील है, जिससे यह मांग पक्ष के संकुचन की तुलना में भू-राजनीतिक व्यवधानों के प्रति अधिक संवेदनशील हो जाता है। खाड़ी युद्ध, जीएफसी और रूस-यूक्रेन युद्ध के आसपास तेज अस्थिरता स्पष्ट रूप से दिखाई दे रही है (चार्ट 3)। जबकि कच्चा तेल एक पारंपरिक सुरक्षित आश्रय नहीं है, इसका उपयोग अक्सर आपूर्ति के आघातों से उत्पन्न मुद्रास्फीति के जोखिम को हेज करने के लिए किया जाता है।

इसके विपरीत, अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियां (10 वर्षीय खजाना बिल) आदर्श प्रतिचक्रीय (काउंटरसाइक्लिकल) सुरक्षित आस्ति गुणों का प्रदर्शन करती हैं। उनका प्रतिफल दीर्घावधि में अधोगामी रूप से बढ़ा है, प्रमुख संकटों के दौरान भारी गिरावट हुई है, जो फ्लाइंग-टू-सेफ्टी व्यवहार के बीच बढ़ी हुई मांग को दर्शाती है (चार्ट 4)। उनकी गहन चलनिधि और सरकारी समर्थन उन्हें सबसे व्यापक रूप से स्वीकृत जोखिम मुक्त आस्ति बनाता है।

भू-राजनीतिक घटनाओं के प्रति अस्थिरता प्रतिक्रिया

भू-राजनीतिक आघात अक्सर आस्ति की कीमत में अस्थिरता में तेज वृद्धि का कारण बनते हैं। यह पूर्व-घटना अवधि के सापेक्ष प्रमुख भू-राजनीतिक घटनाओं के दौरान आस्ति की कीमतों के विचलन के सह-गुणांक अनुपात (सीवी) में स्पष्ट है, जहां

1 से अधिक का अनुपात बढ़ी हुई अस्थिरता को दर्शाता है (चार्ट 5)। परिणाम घटनाओं और आस्ति वर्गों में अलग-अलग पैटर्न को उजागर करते हैं। जीएफसी ने अस्थिरता में व्यापक आधार पर वृद्धि की, जिसमें चांदी में सबसे स्पष्ट वृद्धि हुई। खाड़ी युद्ध और रूस-यूक्रेन युद्ध जैसी घटनाओं ने कच्चे तेल को असमान रूप से प्रभावित किया, जो आपूर्ति पक्ष जोखिम और भू-राजनीतिक प्रतिबंधों को दर्शाता है।



इस बीच, इजराइल-गाजा संघर्ष ने स्वर्ण और चांदी के सीवी में महत्वपूर्ण वृद्धि की, जो विशेष रूप से, मध्य-पूर्व में अस्थिरता के प्रति उनके संवेदनशील होने का संकेत देती है। इसके विपरीत, अमेरिकी ट्रेजरी ने तियानमेन स्क्वायर विरोध प्रदर्शन और अरब स्प्रिंग के दौरान सबसे स्पष्ट अस्थिरता प्रतिक्रिया दिखाई, जो वैश्विक भावना के प्रति उनके जोखिम और जोखिम वहन क्षमता में बदलाव का संकेत देती है। ये निष्कर्ष इस बात को रेखांकित करते हैं कि विभिन्न सुरक्षित आस्तियां भू-राजनीतिक घटनाओं की प्रकृति और भौगोलिक स्थिति के लिए विशिष्ट रूप से कैसे प्रतिक्रिया करती हैं।

जीएआरसीएच मॉडल (GARCH) में सशर्त अस्थिरता

भू-राजनीतिक आघातों के लिए आस्तित्व प्रतिक्रियाओं का आगे और आकलन करने के लिए, हम हाल ही में उच्च प्रभाव वाली घटनाओं के लिए जीएआरसीएच मॉडल का उपयोग करके मासिक सशर्त अस्थिरता का अनुमान लगाते हैं (सारणी 1)। सशर्त अस्थिरता, एक दूरदर्शी मीट्रिक, यह दर्शाता है कि बाजार पिछली परिवर्तनशीलता के आधार पर भावी उतार-चढ़ाव का अनुमान कैसे लगाते हैं। परिणाम अधिकांश आस्तियों की कीमत के लिए अस्थिरता में तेज वृद्धि को प्रकट करते हैं, रूस-यूक्रेन युद्ध के दौरान कच्चे तेल और अमेरिकी ट्रेजरी में तीन गुना से अधिक की वृद्धि हुई है, जो ऊर्जा आपूर्ति और सुरक्षित आस्तित्व की मांग

के आसपास की अनिश्चितता को दर्शाता है। चांदी ने बतौर हेजिंग लिखत एवं औद्योगिक निविष्टि, अपनी दोहरी भूमिका के कारण तीन विश्लेषित घटनाओं में अस्थिरता में महत्वपूर्ण वृद्धि दर्ज की।

इसके विपरीत, स्वर्ण ने उल्लेखनीय स्थिरता का प्रदर्शन किया, तीव्र भू-राजनीतिक दबाव के दौरान भी सशर्त अस्थिरता में केवल मामूली वृद्धि हुई। यह शिथिल प्रतिक्रिया एक विश्वसनीय सुरक्षित आस्तित्व के रूप में स्वर्ण की प्रतिष्ठा को मजबूत करती है, जो स्थिरता प्रदान करती है - जब अन्य आस्तित्व वर्ग अधिक प्रतिक्रियाशील होते हैं। ये विभेदित अस्थिरता प्रतिक्रियाएं, संकट के दौरान जोखिम प्रबंधन और पोर्टफोलियो निर्माण में आस्तित्व विशिष्ट विशेषताओं के महत्व को उजागर करती हैं।

III. समीक्षित साहित्य

भू-राजनीतिक जोखिम और सुरक्षित आस्तियों की कीमत अस्थिरता के बीच जटिल और बदलते संबंध हाल के साहित्य में सुप्रलेखित है। गुप्ता एवं अन्य (2024) दर्शाते हैं कि मशीन लर्निंग मॉडल में देश विशिष्ट भू-राजनीतिक जोखिम (जीपीआर) डेटा को शामिल करने से स्वर्ण की कीमत में अस्थिरता के पूर्वानुमानों में काफी सुधार होता है। इसी तरह, किलास एवं अन्य (2018) डॉव जोन्स इंडस्ट्रियल एवरेज में अस्थिरता तीव्रता पर भू-राजनीतिक अनिश्चितता के गैर-रेखीय प्रभाव की जांच करते हैं, यह पाते हुए कि इन आघातों की दृढ़ता और परिमाण, घटना और समय हॉरीजॉन के अनुसार भिन्न होते हैं। इन अंतर्दृष्टि के आधार पर, यह अध्ययन कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क (एएनएन) को लचीले ढंग से ऐसी गैर-रेखीय गतिशीलता का पता लगाने के लिए नियोजित करता है।

तेल बाजार भू-राजनीतिक तनावों के प्रति विशेष संवेदनशीलता दर्शाता है। लियू एवं अन्य (2020) तेल की कीमतों पर चरम भू-राजनीतिक घटनाओं के प्रभाव को मापते हैं, मजबूत जोखिम शमन की आवश्यकता को रेखांकित करते हैं। जिआओ एवं अन्य (2021), आपूर्ति पक्ष के व्यवधानों और राजनीतिक अस्थिरता को मुख्य चैनलों के रूप में निर्दिष्ट करते हैं जिसके माध्यम से भू-राजनीतिक जोखिम तेल बाजार की गतिशीलता को प्रभावित करता है। ये निष्कर्ष यह आकलन व्यवस्थित रूप से करने की आवश्यकता पर प्रकाश डालते हैं कि भू-राजनीतिक घटनाक्रमों के लिए सुरक्षित आस्तियाँ कैसे प्रतिक्रिया करती हैं।

कुंडू एवं अन्य (2023), भारतीय संदर्भ में स्वर्ण की कीमत की गतिशीलता की जांच करते हैं। लेखक स्थापित करते हैं कि

सारणी 1: भू-राजनीतिक घटनाओं के दौरान सशर्त अस्थिरता

घटना	आस्तित्व	सशर्त अस्थिरता	
		न्यूनतम	अधिकतम
रूस-यूक्रेन युद्ध	कच्चा तेल	0.008	0.026
	स्वर्ण	0.001	0.001
	चाँदी	0.003	0.007
	अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	0.008	0.028
इजराइल गाजा संघर्ष	कच्चा तेल	0.003	0.008
	स्वर्ण	0.001	0.002
	चाँदी	0.002	0.006
	अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	0.003	0.008
यूएस चुनाव	कच्चा तेल	0.002	0.007
	स्वर्ण	0.001	0.002
	चाँदी	0.002	0.006
	अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	0.002	0.005

स्रोत: लेखकों की गणना।

जोखिम की बढ़ी हुई अवधि के दौरान स्वर्ण के लिए रिटर्न की अस्थिरता में गिरावट आती है। ऐसी अवधि में, निवेशकों के बीच जोखिम सहनशीलता कम हो जाती है और आमतौर पर स्वर्ण जैसी सुरक्षित पण्य वस्तु की ओर पलायन देखा जाता है।

IV. डेटा

जबकि पहले के अध्ययन अक्सर पारंपरिक अर्थमितीय मॉडल का उपयोग करके व्यक्तिगत आस्तियों पर केंद्रित होते हैं, यह शोध-पत्र न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके कई सुरक्षित हेवन आस्तियों में एक तुलनात्मक ढांचा लागू करता है। बदलती भू-राजनीतिक परिस्थितियों के तहत आस्ति मूल्य अस्थिरता का विश्लेषण किया जाता है, बेहतर सटीकता के साथ जटिल, गैर-रेखीय संबंधों का पता लगाया जाता है। गुप्ता एवं अन्य (2024), जो कुल एवं देश स्तर के सभी भू-राजनीतिक जोखिम (जीपीआर) सूचकांकों दोनों का उपयोग करते हैं, के विपरीत इस शोध-पत्र में अपनाया गया दृष्टिकोण प्रत्येक आस्ति की आपूर्ति-मांग संरचना के साथ संरेखित प्रासंगिक देश-विशिष्ट जीपीआर डेटा पर निर्भर करता है। भू-राजनीतिक आघातों के प्रति अस्थिरता प्रतिक्रियाओं का मूल्यांकन करने के लिए एक सिमुलेशन विश्लेषण का उपयोग किया जाता है। यह एकीकृत ढांचा निवेशकों और नीति निर्माताओं द्वारा लंबी भू-राजनीतिक अनिश्चितता के माहौल से निपटने के लिए दूरदर्शी, साक्ष्य-आधारित निर्णय लेने का समर्थन करता है।

भू-राजनीतिक अनिश्चितता को भाँपने के लिए, कैलडारा और इकोविएल्लो (2022) द्वारा विकसित जीपीआर का उपयोग किया जाता है। यह सूचकांक मासिक आवृत्ति पर समाचार पत्र आधारित मेट्रिक्स का उपयोग करके वैश्विक और देश विशिष्ट भू-राजनीतिक जोखिमों, दोनों को निर्धारित करता है। यह कार्यप्रणाली प्रमुख समाचार प्रकाशनों में भू-राजनीतिक शब्दों की आवृत्ति और संदर्भ की पहचान करती है, जो भू-राजनीतिक तनावों की तीव्रता और प्रमुखता, दोनों को मापती है। विशेष रूप से, देश विशिष्ट जीपीआर कई क्षेत्रों में 44 देशों को शामिल करता है, जिससे यह समझने में सक्षम होता है कि भू-राजनीति आस्ति स्तर की अस्थिरता को कैसे प्रभावित करती है। यह परिष्कृत उपाय विभिन्न वित्तीय बाजारों में भू-राजनीतिक जोखिम के संचरण का आकलन करने की हमारी क्षमता को बढ़ाता है।

विश्लेषण के लिए, चार सुरक्षित आस्तियों - स्वर्ण, चांदी, कच्चा तेल और अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियों पर विचार किया

जाता है। मासिक आवृत्ति (यूएसडी प्रति ट्रॉय औंस) पर स्वर्ण की कीमतें विश्व स्वर्ण परिषद से प्राप्त की जाती हैं। चांदी की कीमतें (यूएसडी प्रति ट्रॉय औंस) एवं कच्चे तेल की कीमतें (यूएसडी प्रति बैरल डॉलर) विश्व बैंक के पिंग शीट डेटाबेस से प्राप्त की जाती हैं। अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिफल, विशेष रूप से 10 वर्षीय निरंतर परिपक्वता प्रतिफल, सेंट लुइस के फेडरल रिजर्व बैंक से प्राप्त किए जाते हैं और मासिक औसत में परिवर्तित किए जाते हैं।

अनुभवजन्य विश्लेषण जनवरी 1978 से फरवरी 2025 तक की अवधि को शामिल करता है। शुरुआती बिंदु के रूप में 1978 का चयन ऐतिहासिक संदर्भ और डेटा स्थिरता, दोनों से प्रेरित है। यह 1979 में ईरानी क्रांति और अफगानिस्तान पर सोवियत आक्रमण जैसे प्रमुख भू-राजनीतिक व्यवधानों से तुरंत पहले घटित हुआ, जिससे मॉडल को इन आघातों से पहले और बाद में आस्ति व्यवहार का पता लगाने में सक्षम होता है। इसके अलावा, यह तारीख ब्रेटन वुड्स प्रणाली (1971) और ओपेक तेल प्रतिबंध (1973) के पतन से काफी आगे है, जिस समय तक पण्य (कमोडिटी) एवं वित्तीय बाजार काफी हद तक लचीली विनिमय दरों और बाजार-संचालित मूल्य निर्धारण की नई व्यवस्था में समायोजित हो चुके थे। 1978 में शुरुआत होने से, इस प्रकार एक लंबा, स्थिर नमूना सुनिश्चित होता है जो ब्रेटन वुड्स के बाद की परिपक्व गतिशीलता और सुरक्षित-आस्ति मूल्यांकन के ऐतिहासिक रूप से महत्वपूर्ण स्तरों को दर्शाता है।

मजबूती के लिए, तीन पुनरावर्ती उप-नमूनों का सृजन किया जाता है, और प्रत्येक जनवरी 1978 में शुरू होता है। पहला नमूना सितंबर 2021 में समाप्त होता है, जबकि दूसरा और तीसरा नमूना क्रमिक रूप से 12 महीने के अंतराल तक बढ़ता है। प्रत्येक नमूने के लिए, हम आस्ति मूल्य अस्थिरता के 12 महीने पहले के पूर्वानुमान उत्पन्न करते हैं, जो GARCH (1,1) मॉडल से अस्थिरता अनुमानों के खिलाफ बेंचमार्क होते हैं। यह पुनरावर्ती पूर्वानुमान संरचना बदलती भू-राजनीतिक परिस्थितियों में मॉडल प्रदर्शन के कठोर मूल्यांकन को सक्षम बनाती है।

V. कार्यप्रणाली एवं परिणाम

यह खंड अध्ययन के पद्धतिगत ढांचे को स्थापित करता है और अध्ययन के निष्कर्षों को प्रस्तुत करता है।

कार्यप्रणाली

कार्यप्रणाली ढांचा, जिसमें जीएआरसीएच-आधारित सशर्त अस्थिरता अनुमान, न्यूरल-नेटवर्क और अर्थमितीय पूर्वानुमान मॉडल तथा भू-राजनीतिक जोखिम परिदृश्यों का एक संरचित अनुकरण शामिल है, को परिचय में पूछे गए शोध प्रश्नों का सीधे उत्तर देने के लिए डिज़ाइन किया गया है।

यह अध्ययन GARCH (1,1) मॉडल का उपयोग करके प्रत्येक सुरक्षित आस्ति के लिए सशर्त अस्थिरता का अनुमान लगाता है। परिणामी सशर्त अस्थिरता शृंखला, पूर्वानुमान के लिए लक्ष्य चर के रूप में कार्य करती है। विस्तृत अस्थिरता अनुमान और मॉडल निदान (डॉयग्नोस्टिक्स) का वर्णन अनुबंध में दिया गया है। इस संदर्भ में वास्तविक अस्थिरता की तुलना में सशर्त अस्थिरता को प्राथमिकता दी जाती है, क्योंकि यह मासिक आवृत्ति डेटा के लिए बेहतर अनुकूल है और वित्तीय बाजार की अस्थिरता की समय-भिन्न और निरंतर प्रकृति का प्रभावी ढंग से पता लगाती है।

इस संदर्भ में वास्तविक अस्थिरता की तुलना में सशर्त अस्थिरता को प्राथमिकता दी जाती है, क्योंकि यह मासिक आवृत्ति डेटा के लिए बेहतर उपयुक्त है और वित्तीय बाजार की अस्थिरता की समय-परिवर्ती और निरंतर प्रकृति को प्रभावी ढंग से दर्शाती है।

दो अलग-अलग पूर्वानुमान ढांचों पर विचार किया जाता है: (i) अस्थिरता शृंखला के पिछले मान का उपयोग करके अस्थिरता का पूर्वानुमान लगाना; और (ii) फ्रेमवर्क 1 बहिर्जात चरों के एक सेट द्वारा संवर्धित। इन दो मामलों के लिए, पारंपरिक अर्थमितीय बेंचमार्क पहले स्थापित किए जाते हैं - यूनिवेरिएट केस के लिए एक ऑटोरेग्रेसिव (एआर) मॉडल तथा मल्टीवेरिएट केस के लिए एक एक्सोजेनस वेरिएबल्स (एरिमेक्स) मॉडल के साथ एक ऑटोरेग्रेसिव इंटीग्रेटेड मूविंग एवरेज।

इसके बाद, संबंधित पूर्वानुमान परिदृश्यों के लिए नॉनलाइनियर ऑटोरेग्रेसिव (एनएआर) और नॉनलाइनियर ऑटोरेग्रेसिव विद एक्सोजेनस इनपुट (एनएआरएक्स) मॉडल लागू किए जाते हैं। ये मॉडल कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क (एएनएन) के

¹ एएनएन मानव मस्तिष्क की संरचना और कार्यप्रणाली से प्रेरित हैं, जिनमें कई परस्पर संबद्ध स्तर होते हैं जो न्यूरॉन्स नामक प्रसंस्करण इकाइयों से बनी होती हैं। प्रत्येक न्यूरॉन इनपुट प्राप्त करता है, एक सक्रियण फंक्शन का उपयोग करके एक परिवर्तन लागू करता है और परिणाम को अगले स्तर तक आगे बढ़ाता है। एक मानक एएनएन संरचना में इनपुट, प्रच्छन्न और आउटपुट स्तर शामिल होते हैं, और बैकप्रोपेगेशन का उपयोग करके भावी अनुमान त्रुटि को कम करने के लिए कनेक्शन भार के पुनरावृत्त समायोजन के माध्यम से प्रशिक्षित किया जाता है।

उन्नत रूप हैं, जो समय शृंखला डेटा में गैर-रेखीय और गतिशील पैटर्न का पता लगाने के लिए उपयुक्त हैं।

नॉनलाइनियर ऑटोरेग्रेसिव (एनएआर) मॉडल, जिसकी नींव नरेंद्र और पार्थसारथी (1990) द्वारा रखी गई थी, कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क (एएनएन) को गैर-रेखीय निर्भरता का पता लगा कर समय शृंखला पूर्वानुमान तक विस्तारित करता है, जो पारंपरिक रेखिक मॉडल के लिए जिम्मेदार नहीं हैं। यह भावी मानों के पिछले प्रेक्षणों के एक गैर-रेखीय कार्य के रूप में मॉडल बनाता है:

$$y_t = h(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-d}) + e_t \quad (1)$$

जहां, d लैग्स की संख्या है, $h(\cdot)$ ANN है, y इनपुट अस्थिरता शृंखला है और e से तात्पर्य रैंडम नॉइज़ है।

एनएआर ढांचे पर आधारित, एनएआरएक्स मॉडल बाह्य भविष्यवक्ताओं को शामिल करके पूर्वानुमान सटीकता को बढ़ाता है। यह अस्थिरता शृंखला के विलंबित मान (लैग्ड वैल्यूज़) और विशेष रूप से देश-विशिष्ट भू-राजनीतिक जोखिम सूचकांक (जीपीआर) के बहिर्जात चर के विलंबित मान, दोनों के एक फंक्शन के रूप में अस्थिरता का अनुमान लगाता है:

$$y_t = h(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-l}, x_{1,t-1}, x_{1,t-2}, \dots, x_{1,t-d}, \dots, x_{c,t-1}, x_{c,t-2}, \dots, x_{c,t-d}) + e_t \quad (2)$$

जहां, ' y_t ' वोलैटिलिटी टाइम सीरीज़ है तथा ' y_{t-1} ', ' y_{t-2} ', ..., ' y_{t-l} ' अस्थिरता शृंखला के ' l ' लैग्स हैं। ' $x_{c,t-1}$ ', ' $x_{c,t-2}$ ', ..., ' $x_{c,t-d}$ ' c^{th} देश के लिए विशेष भू-राजनीतिक जोखिम सूचकांक के ' d ' लैग्स हैं, $h(\cdot)$ अंतर्निहित ANN है और ' e_t ' रैंडम नॉइज़ के लिए है।

इन मॉडलों का चयन जटिल, गैर-रेखीय इंटरैक्शन को निर्मित करने और उच्च आयामी डेटा को प्रभावी ढंग से संभालने की उनकी क्षमता के लिए किया जाता है, जिससे वे वित्तीय बाजारों में भू-राजनीतिक आघातों की गतिशीलता का पता लगाने के लिए उपयुक्त हो जाते हैं। एनएआरएक्स मॉडल के लिए, देश विशिष्ट जीपीआर सूचकांकों से तैयार किए गए बहिर्जात चर के आस्ति

सारणी 2: NARX मॉडल के लिए बहिर्जात चर

आस्ति	चर
स्वर्ण	अमेरिका, चीन एवं रूस के लिए विशिष्ट जीपीआर
चाँदी	अमेरिका, चीन, भारत एवं जापान के लिए विशिष्ट जीपीआर
कच्चा तेल	मिस्र, इजराइल, रूस, अमेरिका एवं चीन के लिए विशिष्ट जीपीआर
अमेरिकी ट्रेजरी सुरक्षा	चीन, अमेरिका के लिए विशिष्ट जीपीआर; जीपीआर इंडेक्स, जीपीआर श्रेट इंडेक्स और जीपीआर एक्ट इंडेक्स

स्रोत: लेखकों की गणना।

विशिष्ट सेट का निर्माण किया जाता है, जैसा कि सारणी 2 में बताया गया है। देशों का चयन संबंधित आस्ति की वैश्विक आपूर्ति और मांग शृंखला में उनके महत्व के आधार पर किया जाता है, और इस सेट से, केवल वे जिनके लिए जीपीआर डेटा उपलब्ध है, उन्हें अनुभवजन्य ढांचे में शामिल किया जाता है। संयुक्त राज्य अमेरिका के लिए विशिष्ट जीपीआर को, वैश्विक बाजार में इसकी प्रमुख भूमिका के कारण, सभी चार आस्तियों के लिए एक बहिर्जात चर के रूप में शामिल किया गया है।

NARX मॉडल को नवीनतम पुनरावर्ती नमूने पर प्रशिक्षित किया गया है, जिसमें जनवरी 1978 से सितंबर 2023 तक के डेटा शामिल हैं, और इसका उपयोग मार्च 2025 तक मासिक अस्थिरता का पुनरावर्ती तरीके से पूर्वानुमान लगाने के लिए किया जाता है। अक्टूबर 2023 से शुरू होकर, एक कदम-आगे का पूर्वानुमान उत्पन्न होता है, अनुमानित अस्थिरता को मॉडल में वापस डाल दिया जाता है और अगले पूर्वानुमान का उत्पादन करने के लिए देश-विशिष्ट जीपीआर इनपुट का प्रत्येक चरण पर अद्यतन किया जाता है।

भू-राजनीतिक जोखिम के प्रति प्रत्येक आस्ति की संवेदनशीलता का आकलन करने के लिए, जोखिम के ऐतिहासिक वितरण के आधार पर चार परिदृश्यों - निम्न, मध्यम, उच्च और चरम - में अमेरिकी विशिष्ट जीपीआर सूचकांक को अलग-अलग करके एक सिमुलेशन अभ्यास आयोजित किया जाता है। पहले तीन अभ्यास भू-राजनीतिक दबाव के देखे गए स्तरों के अनुरूप हैं, जबकि चरम परिदृश्य अनदेखी जोखिम स्थितियों का अनुकरण करता है। यह ऐतिहासिक माध्यिका और अधिकतम यूएस विशिष्ट जीपीआर को 50 प्रतिशत तक बढ़ाकर संचालित किया जाता है, फिर सिंथेटिक चरम परिदृश्य उत्पन्न करने के लिए इस बढ़े हुए दायरे के भीतर जीपीआर मान को यादृच्छिक रूप से चुना जाता है।

यह सिमुलेशन इस बात का मूल्यांकन सक्षम बनाता है कि प्रत्येक आस्ति में अस्थिरता बढ़ते भू-राजनीतिक तनावों पर कैसे प्रतिक्रिया करती है। परिणाम बाजार सहभागियों और नीति निर्माताओं के लिए मूल्यवान अंतर्दृष्टि प्रदान करते हैं, जो व्यक्तिगत जोखिम सहिष्णुता और निवेश रणनीतियों के साथ संरेखण में उपयुक्त सुरक्षित आश्रय आस्तियों के चयन का समर्थन करते हैं।

परिणाम

यह खंड पूर्वानुमान मॉडल और सिमुलेशन अभ्यास के परिणाम प्रस्तुत करता है जो भू-राजनीतिक जोखिम के लिए

सुरक्षित आस्तियों की संवेदनशीलता का आकलन करता है। यह फिट किए गए GARCH मॉडल से सशर्त अस्थिरता अनुमानों से शुरू होता है, जो पूर्वानुमान और सिमुलेशन, दोनों के लिए आधार बनाते हैं। आस्ति विशिष्ट अस्थिरता चार्ट 6 से 9 में दर्शाई गई है।

एशियाई वित्तीय संकट (98-1997), जीएफसी और कोविड-19 महामारी (21-2020) जैसे प्रमुख संकटों के दौरान स्वर्ण समय-समय पर होने वाली तीव्र अस्थिरता प्रदर्शित करता है। इन प्रकरणों के बावजूद, इसकी समग्र अस्थिरता सामान्य बनी हुई है, जो एक स्थिर हेज के रूप में स्वर्ण की भूमिका की पुष्टि करती है (चार्ट 6)। चांदी, इसके विपरीत, तेज और अधिक निरंतर तीव्रता के साथ एक अधिक अनियमित पैटर्न प्रदर्शित करती है; विशेष रूप से 1980 के दशक की शुरुआत में, 2008 के बाद, और यूरोपीय ऋण संकट के दौरान, एक बहुमूल्य और एक औद्योगिक धातु, दोनों के रूप में इसकी दोहरी प्रकृति को दर्शाता है (चार्ट 7)।

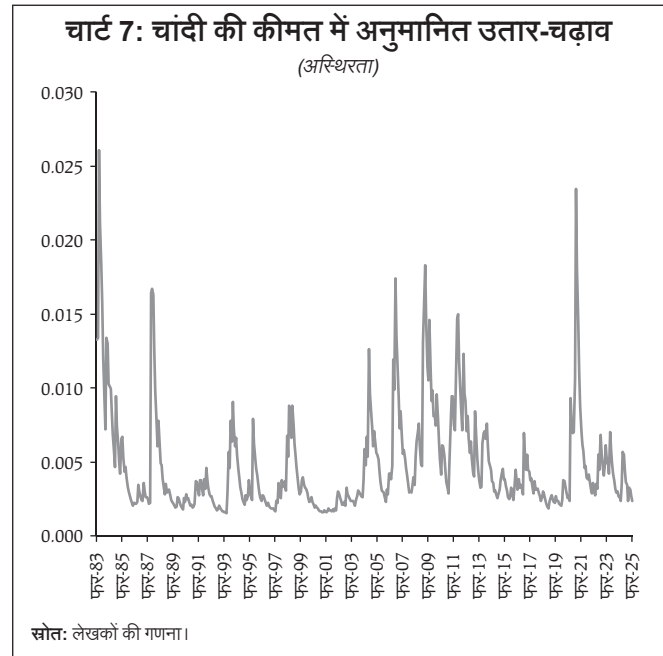
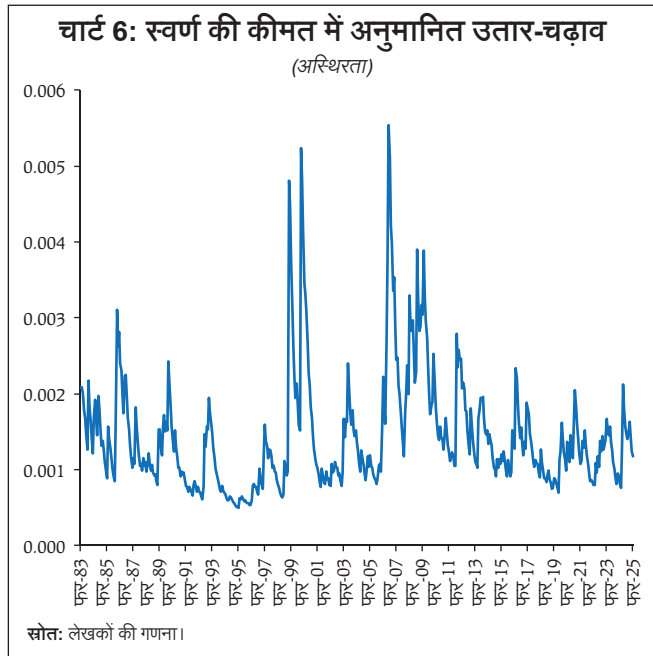
कच्चा तेल सबसे स्पष्ट अस्थिरता दर्शाता है, 1986 के प्राइस कोलैप्स, खाड़ी युद्ध, जीएफसी और रूस-यूक्रेन युद्ध के दौरान चरम पर, भू-राजनीतिक तनाव, आपूर्ति व्यवधान और ओपेक निर्णयों से प्रेरित है (चार्ट 8)। अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिफल, हालांकि आम तौर पर स्थिर होता है - जीएफसी, 2013 टेपर टैंट्रम और 2020 महामारी के दौरान ध्यान देने योग्य वृद्धि प्रदर्शित करता है, जो वैश्विक जोखिम रुख में बदलाव और मौद्रिक नीति के आसपास की अपेक्षाओं को दर्शाती है (चार्ट 9)।

कुल मिलाकर, यह विश्लेषण पुष्टि करता है कि अस्थिरता की गतिशीलता आस्ति-विशिष्ट होती है, जो संरचनात्मक लक्षणों और बाह्य आघातों, दोनों द्वारा बनती है। ये GARCH आधारित शृंखला पूर्वानुमान मॉडल, रैखिक (AR, ARIMAX) और गैर-रेखीय (NAR, NARX) के मूल्यांकन के साथ-साथ अगले भाग में चर्चा किए गए भू-राजनीतिक संवेदनशीलता सिमुलेशन के मूल्यांकन के लिए आधार प्रदान करती है।

अस्थिरता पूर्वानुमान

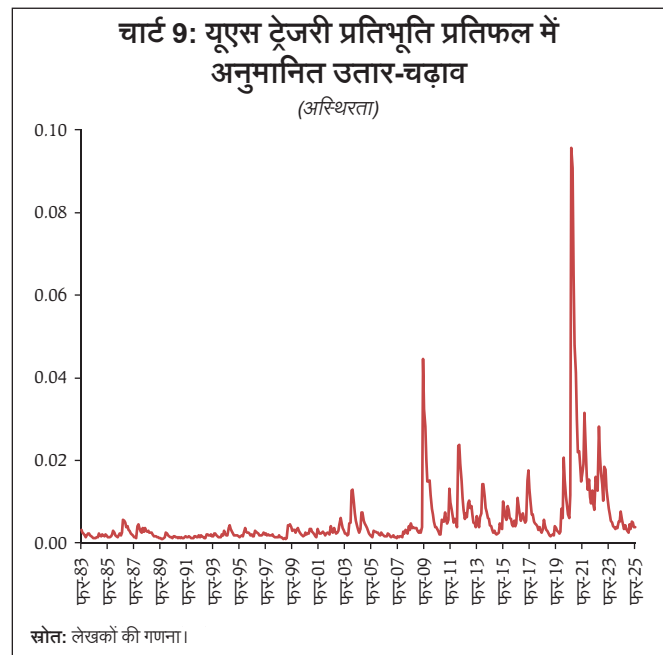
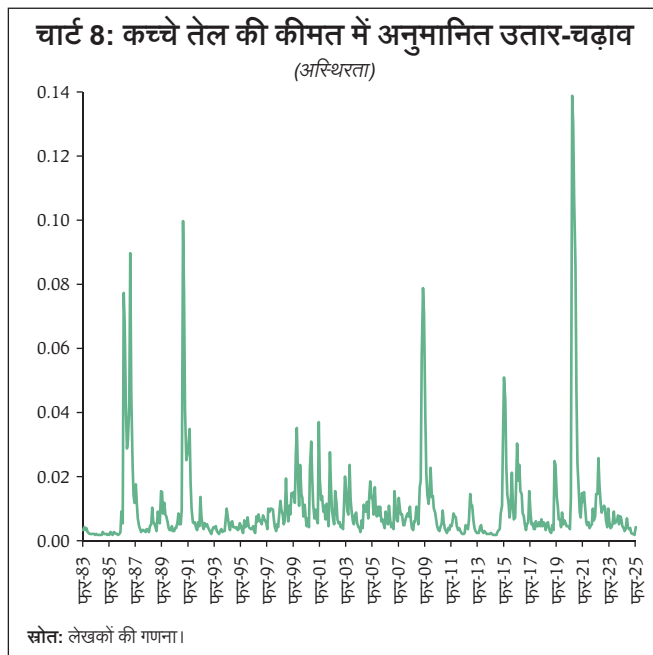
मॉडल प्रभावशीलता का मूल्यांकन करने के लिए, प्रत्येक मॉडल की रूट मीन स्क्वायर्ड एरर्स (आरएमएसई) की तुलना एक सापेक्ष निष्पादन मीट्रिक का उपयोग करके की जाती है:

$$1 - \frac{\text{RMSE}(\text{Model A})}{\text{RMSE}(\text{Model B})}$$

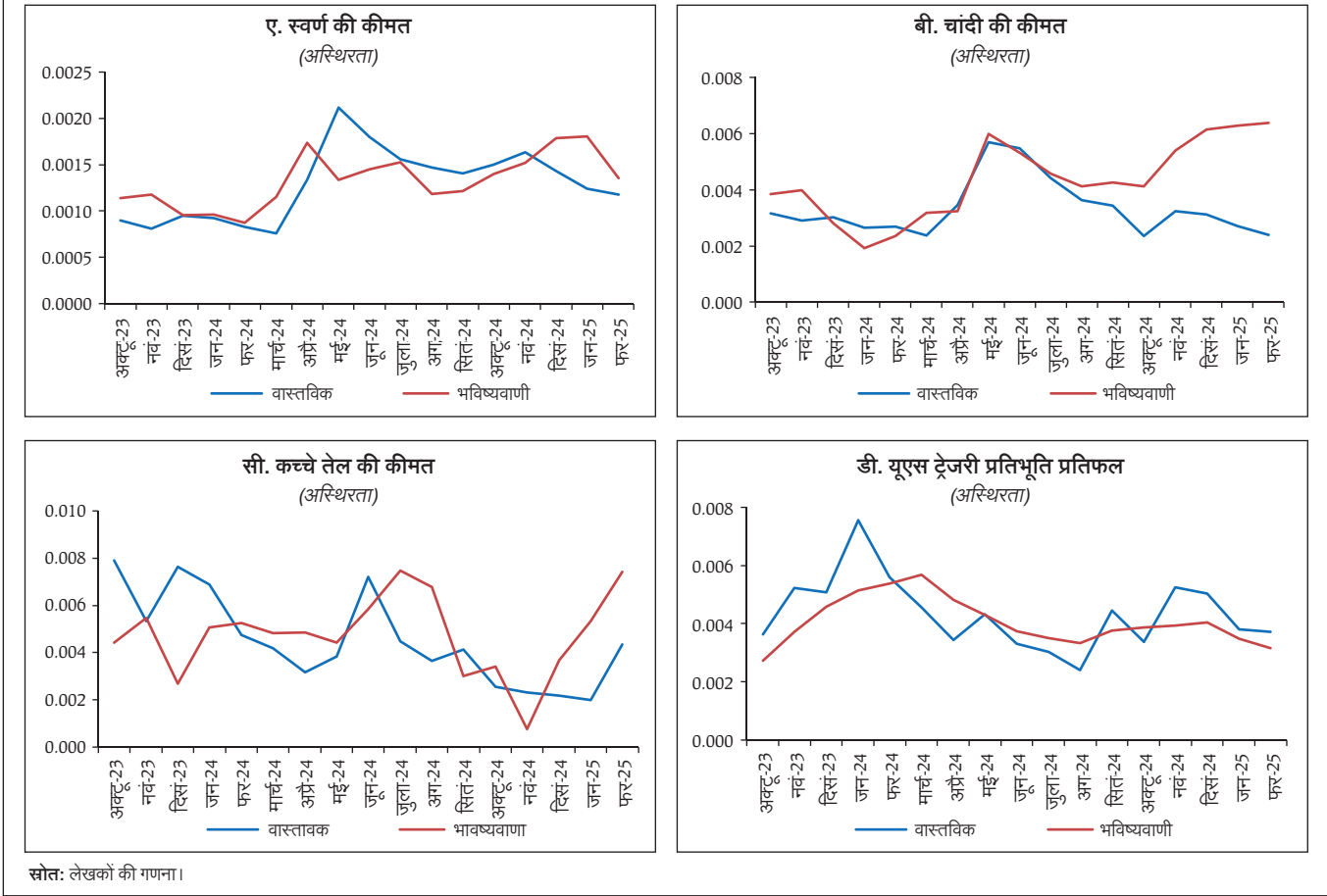


एक धनात्मक मान इंगित करता है कि मॉडल ए, मॉडल बी से बेहतर निष्पादन करता है, जबकि एक ऋणात्मक मूल्य विपरीत स्थिति इंगित करता है। परिणाम भी पारंपरिक बेंचमार्क पर न्यूरल नेटवर्क की पूर्वानुमान लगाने की शक्ति की पुष्टि करते हैं (सारणी 3)। इसके अतिरिक्त, पूर्वानुमानित अस्थिरता की तुलना NARX मॉडल (जनवरी 1978 से सितंबर 2023 तक के डेटा पर प्रशिक्षित) से फरवरी 2025 तक की वास्तविक अस्थिरता से की जाती है (चाट 10)।

न्यूरल नेटवर्क का निरंतर निष्पादन एक प्रमुख प्रेक्षण है। स्वर्ण से जुड़े एक उदाहरण को छोड़कर, एनएआर मॉडल अधिकांश आर्स्तियों और नमूनों में एआर मॉडल की तुलना में बेहतर प्रदर्शन करता है, जो जटिल, गैर-रेखीय संबंधों का पता लगाने में इसकी सुदृढ़ता को दर्शाता है (चाट 10)। इसी तरह, NARX मॉडल लगातार ARIMAX से आगे निकल जाता है, भले ही दोनों बहिर्जात चर के एक ही सेट का उपयोग करते हों। इससे



चार्ट 10: अस्थिरता पूर्वानुमान



पता चलता है कि न्यूरल नेटवर्क पारंपरिक अर्थमितीय दृष्टिकोणों की तुलना में भू-राजनीतिक जोखिम के विलंबित और गैर-रेखीय

प्रभावों को बेहतर ढंग से सीख सकते हैं और उनका फायदा उठा सकते हैं।

सारणी 3: मॉडल निष्पादन तुलना मीट्रिक की तुलना

नमूना	आस्तित्व	NAR बनाम AR	NARX बनाम ARIMAX
जनवरी 1978 - सितंबर 2021	स्वर्ण	0.27	0.88
	चाँदी	0.76	0.65
	कच्चा तेल	0.28	0.39
	अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	0.34	0.37
जनवरी 1978 - सितंबर 2022	स्वर्ण	0.48	0.90
	चाँदी	0.39	0.67
	कच्चा तेल	0.55	0.81
	अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	0.19	0.65
जनवरी 1978 - सितंबर 2023	स्वर्ण	-0.18	0.64
	चाँदी	0.71	0.76
	कच्चा तेल	0.70	0.85
	अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	0.33	0.75

टिप्पणियाँ: 1. नमूना और आस्तित्व की प्रत्येक जोड़ी के लिए, चार मॉडल बनाए जाते हैं।
 2. तुलना मेट्रिक्स के लिए, पहले स्तंभ में एनएआर (मॉडल ए) की तुलना एआर (मॉडल बी) से की गई है।
 3. तुलना मेट्रिक्स के लिए, दूसरे स्तंभ में NARX (मॉडल ए) की तुलना ARIMAX (मॉडल बी) से की गई है।

स्रोत: लेखकों की गणना।

यह सुधार विशेष रूप से उल्लेखनीय है जब एआरआईएमएक्स (ARIMAX) से एनएआरएक्स (NARX) की ओर बढ़ते हैं, यह इस बात को रेखांकित करता है कि जब GPR डेटा का उपयोग किसी न्यूरल फ्रेमवर्क के भीतर किया जाता है, तो उसकी पूर्वानुमान क्षमता में कितना अतिरिक्त प्रत्याशित मूल्य जुड़ जाता है। साथ में, ये परिणाम पूर्वानुमान सटीकता में सुधार और भू-राजनीतिक संकेतों को एकीकृत करने में न्यूरल नेटवर्क की प्रभावशीलता को उजागर करते हैं, जो नीति निर्माताओं, निवेशकों और अनिश्चित मैक्रोफाइनेंशियल स्थितियों में काम करने वाले जोखिम प्रबंधकों को व्यावहारिक मूल्य प्रदान करते हैं।

चाँदी की कीमत में उतार-चढ़ाव बदलती भू-राजनीतिक परिस्थितियों में सुरक्षित आस्तियों के विविध व्यवहार को उजागर करता है। कच्चे तेल और अमेरिकी ट्रेजरी के विपरीत, जो भू-राजनीतिक आघातों के लिए अधिक अनुमानित रूप से प्रतिक्रिया करते हैं, चाँदी की अस्थिरता एक सुरक्षित-हेवन और

एक औद्योगिक धातु, दोनों के रूप में इसकी दोहरी भूमिका को दर्शाती है। औद्योगिक मांग और आर्थिक चक्रों के प्रति इसकी संवेदनशीलता व्यवस्था में बदलाव की ओर ले जाती है जो रैखिक मॉडल अक्सर याद करते हैं। यह इस बात को पुष्ट करता है कि सुरक्षित-आस्ति वैश्विक जोखिमों के लिए समान रूप से प्रतिक्रिया नहीं करती है, और न्यूरल नेटवर्क जैसे अनुकूली गैर-रेखीय मॉडल इस तरह के जटिल, आस्ति विशिष्ट गतिशीलता का पता और पूर्वानुमान लगाने के लिए बेहतर अनुकूल हैं।

अस्थिरता सिमुलेशन

प्रत्येक आस्ति भू-राजनीतिक जोखिम में परिवर्तन के लिए अलग-अलग प्रतिक्रिया करती है। इस जवाबदेही को मापने के लिए, हम एक संवेदनशीलता मीट्रिक की गणना करते हैं जो यह दर्शाता है कि जीपीआर में भिन्नता के जवाब में अस्थिरता कैसे बदलती है। पूर्वानुमान चरण में विकसित NARX मॉडल का उपयोग करते हुए, पांच GPR स्तरों पर आस्ति की अस्थिरता का अनुकरण किया जाता है। ये स्तर हैं - अवलोकित (ऑब्जर्व्ड), निम्न, मध्यम, उच्च और चरम (चार्ट 11)।

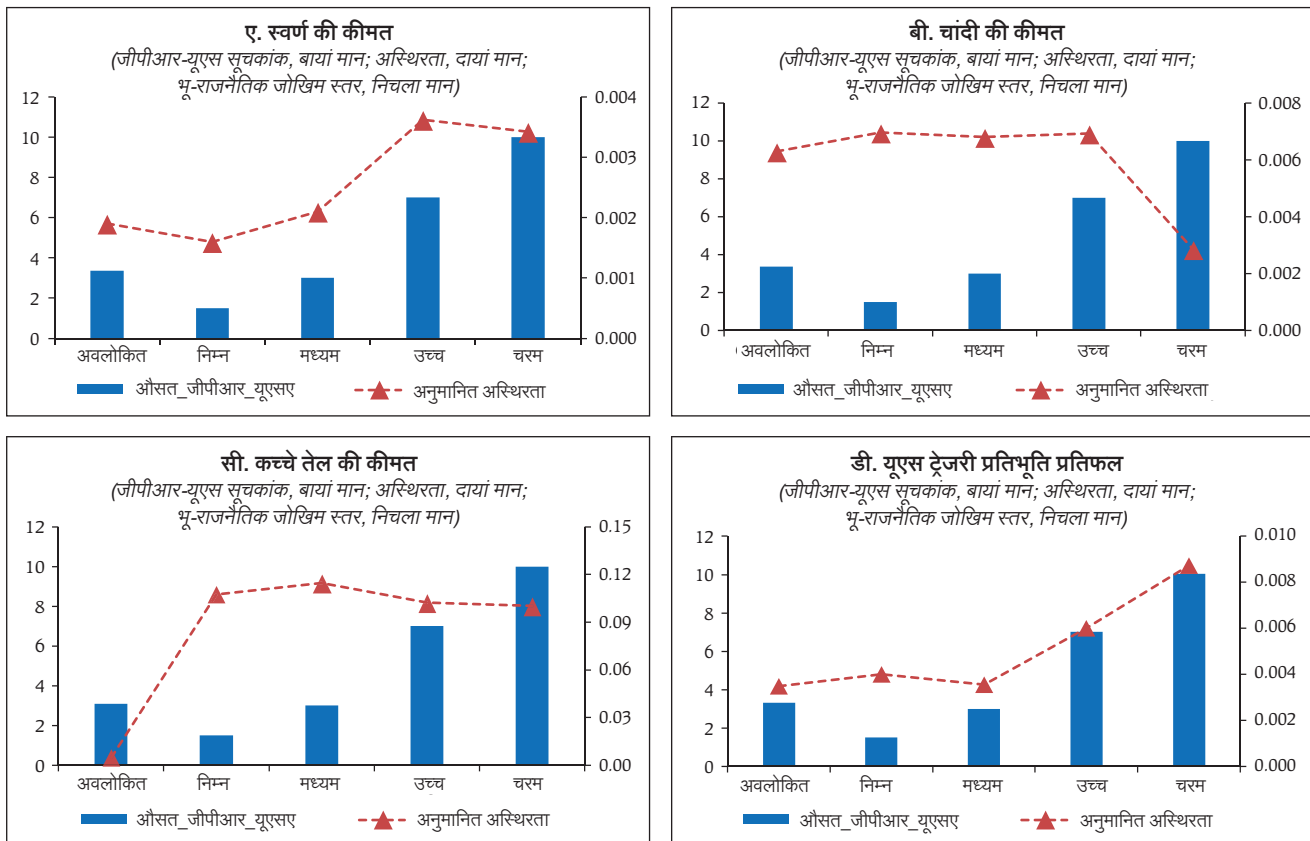
संवेदनशीलता मीट्रिक की गणना इस प्रकार की जाती है:

$$\frac{1}{n} \sum_{i>j} \frac{abs(VOL_i - VOL_j)}{abs(avg_GPR_i - avg_GPR_j)}$$

जहां, n जोखिम स्तरों की संख्या है, VOL_i , i^{th} जोखिम स्तर पर सिमुलेशन से अस्थिरता पूर्वानुमान का प्रतिनिधित्व करता है, और avg_GPR_i प्रत्येक आस्ति के लिए मॉडल द्वारा आवश्यक सभी अंतराल पर i^{th} जोखिम स्तर पर सिमुलेशन से यूएस के लिए विशिष्ट GPR सूचकांक के औसत को दर्शाता है। इस मीट्रिक के आधार पर, स्वर्ण जीपीआर परिवर्तनों के प्रति सबसे कम संवेदनशीलता प्रदर्शित करता है। आधार के रूप में स्वर्ण का उपयोग करते हुए, हम सभी आस्तियों (सारणी 4) के लिए एक सापेक्ष संवेदनशीलता सूचकांक प्राप्त करते हैं, जहां उच्च मूल्य भू-राजनीतिक तनाव के प्रति अधिक प्रतिक्रिया का संकेत देते हैं।

आस्तियों में, कच्चा तेल भू-राजनीतिक आघातों के प्रति सबसे संवेदनशील के रूप में उभरा है। बढ़ी हुई जीपीआर के साथ इसकी कीमत में अस्थिरता तेजी से बढ़ती है, जो आपूर्ति

चार्ट 11: मार्च 2025 के लिए अस्थिरता सिमुलेशन



टिप्पणी: "अवलोकित (ऑब्जर्व्ड)" से तात्पर्य है, उपलब्ध वास्तविक जीपीआर-यूएस सूचकांक के हिसाब से अस्थिरता का अनुमान।

स्रोत: लेखकों की गणना।

सारणी 4: मार्च 2025 के लिए सिमुलेशन के तहत आस्तियों की सापेक्ष संवेदनशीलता (स्वर्ण के सापेक्ष)

आस्ति	सापेक्ष संवेदनशीलता
स्वर्ण	1.00
चाँदी	1.92
अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	2.31
कच्चा तेल	10.92

स्रोत: लेखकों की गणना।

व्यवधानों, क्षेत्रीय संघर्षों और प्रतिबंधों के जोखिम को दर्शाती है, जो भू-राजनीतिक अस्थिरता के प्रति इसकी संवेदनशीलता को उजागर करती है। इसके विपरीत, स्वर्ण न्यूनतम संवेदनशीलता दिखाता है, जो एक सुरक्षित आश्रय के रूप में अपनी भूमिका की पुष्टि करता है। निवेशक अक्सर वैश्विक अनिश्चितता के दौरान स्वर्ण की ओर रुख करते हैं, जो जोखिम व्यवस्थाओं में इसकी अस्थिरता को स्थिर करता है और संकट के दौरान हेजिंग रणनीतियों में इसके निरंतर उपयोग का समर्थन करता है।

चाँदी मध्यवर्ती संवेदनशीलता प्रदर्शित करती है। एक बहुमूल्य धातु और एक औद्योगिक इनपुट - दोनों के रूप में, इसकी अस्थिरता निवेशक भावना और औद्योगिक मांग पर भू-राजनीतिक प्रभावों का जवाब देती है, जिससे स्वर्ण और कच्चे तेल के बीच इसकी संवेदनशीलता होती है। इसके विपरीत, अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियां भू-राजनीतिक जोखिम बढ़ने के रूप में अस्थिरता में लगातार वृद्धि दिखाती हैं²। यह सुरक्षा व्यवहार की उड़ान को दर्शाता है, जहां मांग संचालित मूल्य कम प्रतिफल में बदलाव करता है लेकिन पूंजी प्रवाह में बदलाव के कारण मध्यम बाजार में अस्थिरता उत्पन्न करता है।

कुल मिलाकर, सिमुलेशन परिणाम भू-राजनीतिक जोखिम के लिए सुरक्षित आस्तियों की प्रतिक्रिया में स्पष्ट विविधता प्रकट करते हैं। कच्चा तेल अत्यधिक प्रतिक्रियाशील है, स्वर्ण स्थिर रहता है, जबकि चाँदी एवं ट्रेजरी मध्यवर्ती स्थिति पर काबिज हो जाती हैं। ये निष्कर्ष बढ़ती भू-राजनीतिक अनिश्चितता के बीच पोर्टफोलियो विविधीकरण, जोखिम प्रबंधन और नीति निर्माण के लिए मूल्यवान मार्गदर्शन प्रदान करते हैं।

VI. निष्कर्ष

यह अध्ययन भू-राजनीतिक जोखिम और सुरक्षित आस्तियों की अस्थिरता के बीच जटिल संबंधों पर प्रकाश डालता है,

² स्वर्ण के लिए भी मूल्य अस्थिरता में इसी तरह की स्थिर वृद्धि देखी जाती है, हालांकि अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियों के प्रतिफल की तुलना में परिवर्तन की विशालता कम है।

जो जोखिम प्रबंधकों, नीति निर्माताओं और निवेशकों के लिए कार्रवाई योग्य अंतर्दृष्टि प्रदान करता है। सिमुलेशन-आधारित संवेदनशीलता ढांचे का उपयोग करते हुए, भू-राजनीतिक तनाव को बढ़ाने के लिए चार प्रमुख आस्ति वर्ग - स्वर्ण, चाँदी, कच्चा तेल और अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियों - की प्रतिक्रिया का विश्लेषण किया जाता है। परिणाम अनिश्चितता के प्रसंगों के समय आस्ति व्यवहार की स्पष्ट समझ प्रदान करते हैं और विश्लेषण से उभरने वाले प्रमुख परिणामों को सारांशित करते हैं।

निष्कर्षों से पता चलता है कि कच्चा तेल भू-राजनीतिक आघातों के प्रति सर्वाधिक संवेदनशील है, जो आपूर्ति व्यवधानों और क्षेत्रीय संघर्षों के संपर्क में आता है। इसके विपरीत, स्वर्ण सबसे स्थिर रहता है, जो एक सुरक्षित आस्ति के रूप में अपनी पारंपरिक भूमिका की पुष्टि करता है। इनके बीच में चाँदी है; औद्योगिक मांग जोखिम के कारण स्वर्ण की तुलना में अधिक अस्थिर, लेकिन कच्चे तेल की तुलना में कम संवेदनशील। अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूतियां बढ़ते भू-राजनीतिक जोखिम के साथ अस्थिरता में लगातार वृद्धि प्रदर्शित करती हैं, जो वैश्विक तनाव के दौरान एक फ्लाइट-टू-सेफ्टी आस्ति के रूप में उनकी भूमिका को दर्शाती हैं और आस्तियों में विषम अस्थिरता प्रतिक्रिया की पुष्टि करती हैं।

महत्वपूर्ण रूप से, अध्ययन न्यूरल नेटवर्क मॉडल, विशेष रूप से गैर-रेखीय न्यूरल नेटवर्क संरचना की पूर्वानुमान श्रेष्ठता को भी प्रदर्शित करता है। अनुभवजन्य मूल्यांकन आस्ति मूल्य अस्थिरता पर भू-राजनीतिक जोखिम के गैर-रैखिक, समय पर निर्भर प्रभावों पर प्रकाश डालता है। देश विशिष्ट भू-राजनीतिक जोखिम सूचकांकों को शामिल करके, बहिर्जात इनपुट के साथ नॉनलाइनियर ऑटोरेग्रेसिव न्यूरल नेटवर्क मॉडल लगातार पारंपरिक अर्थमितीय बेंचमार्क से बेहतर प्रदर्शन करता है, इस प्रकार अस्थिर समष्टि-वित्तीय स्थितियों में अस्थिरता पूर्वानुमान के लिए एक अधिक विश्वसनीय साधन प्रदान करता है और केंद्रीय परिणाम को मजबूत करता है जो भू-राजनीतिक दबाव वातावरण में गैर-रेखीय दृष्टिकोण रैखिक मॉडल से बेहतर प्रदर्शन करता है।

अनुबंध

यह खंड अस्थिरता अनुमान पद्धति पर अतिरिक्त विवरण प्रदान करता है।

GARCH से अस्थिरता का अनुमान

आस्ति की कीमतों (या प्रतिफल) पर मासिक लॉग रिटर्न का उपयोग GARCH मॉडल के माध्यम से सशर्त अस्थिरता का अनुमान लगाने के लिए किया जाता है। ACF/PACF प्लॉट लैंग चयन का मार्गदर्शन करते हैं, जबकि ADF, KPSS, और एंगल के ARCH परीक्षण स्थिरता और विषमता की पुष्टि करते हैं (सारणी 5)। प्रत्येक आस्ति के लिए अंतिम GARCH मॉडल मापदंड, सारणी 6 में रिपोर्ट किए गए हैं।

सारणी 5: सांख्यिकीय परीक्षण

आस्ति	परीक्षण	टी-स्टैटिस्टिक	पी-मान	परिणाम
स्वर्ण	एडीएफ	-12.83	0.001	स्टेशनेरी
	केपीएसएस	0.17	0.100	स्टेशनेरी
	एंगल्स' आर्क	20.06	0.000	कन्डिशनल हेटरोस्केडस्टिसिटी
चाँदी	एडीएफ	-13.06	0.001	स्टेशनेरी
	केपीएसएस	0.07	0.100	स्टेशनेरी
	एंगल्स' आर्क	65.83	0.000	कन्डिशनल हेटरोस्केडस्टिसिटी
कच्चा तेल	एडीएफ	-12.88	0.001	स्टेशनेरी
	केपीएसएस	0.04	0.100	स्टेशनेरी
	एंगल्स' आर्क	84.68	0.000	कन्डिशनल हेटरोस्केडस्टिसिटी
अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	एडीएफ	-12.00	0.001	स्टेशनेरी
	केपीएसएस	0.07	0.100	स्टेशनेरी
	एंगल्स' आर्क	31.18	0.000	कन्डिशनल हेटरोस्केडस्टिसिटी

टिप्पणी: सभी परीक्षणों का महत्व स्तर 5 प्रतिशत है।

स्रोत: लेखकों की गणना।

सारणी 6: GARCH मॉडल से मापदंड अनुमान

आस्ति	मापदंड	मान	मानक त्रुटि	टी-स्टैटिस्टिक	पी-मान
स्वर्ण	कॉन्स्टेंट	0.00008	0.000023	3.6358	0.00028
	जीएआरसीएच {1}	0.80708	0.027795	29.037	0.00000
	एआरसीएच {1}	0.15318	0.022013	6.9588	0.00000
चाँदी	कॉन्स्टेंट	0.00038	0.000091	4.1533	0.00003
	जीएआरसीएच {1}	0.73466	0.045191	16.2569	0.00000
	एआरसीएच {1}	0.21311	0.044073	4.8355	0.00000
कच्चा तेल	कॉन्स्टेंट	0.00088	0.000195	4.4927	0.00001
	जीएआरसीएच {1}	0.49786	0.040391	12.3259	0.00000
	एआरसीएच {1}	0.50214	0.049362	10.1727	0.00000
अमेरिकी ट्रेजरी प्रतिभूति	कॉन्स्टेंट	0.00021	0.000058	3.6589	0.00025
	जीएआरसीएच {1}	0.70876	0.032924	21.527	0.00000
	एआरसीएच {1}	0.29124	0.030584	9.5223	0.00000

स्रोत: लेखकों की गणना।

संदर्भ:

Apergis, N., Bonato, M., Gupta, R., & Kyei, C. (2017). Does geopolitical risks predict stock returns and volatility of leading defense companies? Evidence from a nonparametric approach. *Defence and Peace Economics*, 28(5), 542–554.

Baur, D. G., & Smales, L. A. (2020). Hedging geopolitical risk with precious metals. *Journal of Banking & Finance*, 112, 105217.

Caldara, D., & Iacoviello, M. (2022). Measuring geopolitical risk. *American Economic Review*, 112 (4), 1194–1225.

Gkillas, K., Gupta, R., & Wohar, M. E. (2018). Volatility jumps: The role of geopolitical risks. *Finance Research Letters*, 24, 1–7.

Gupta, R., Karmakar, S., & Pierdzioch, C. (2024). Safe havens, machine learning, and the sources of geopolitical risk: A forecasting analysis using over a century of data. *Journal of International Money and Finance*, 126, 102653.

International Monetary Fund. (2025). Geopolitical risks, implications for asset prices and financial stability. In *Global financial stability report, April 2025 (Chapter 2)*. International Monetary Fund

Jiao, J.-W., Yin, J.-P., Xu, P.-F., Zhang, J., & Liu, Y. (2021). Transmission mechanisms of geopolitical risks to the crude oil market: A pioneering two-stage geopolitical risk analysis approach. *Energy*, 223, 120063.

Kundu, S., Dilip, A (2023). Changing Risk Appetite and Price Dynamics of Gold Vis-a-Vis Real and Financial Assets: Perspective from the Indian Market. *J. Quant. Econ.* 21, 899–923.

Liu, J., Ma, F., Tang, Y., & Zhang, Y. (2020). Geopolitical risk and oil volatility: A new insight. *Energy Economics*, 92, 104934.

Narendra, K. S., & Parthasarathy, K. (1990). Identification and control of dynamical systems using neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1(1), 4–27.

Zhang, Y., He, J., He, M., & Li, S. (2022). Geopolitical risk and stock market volatility: A global perspective. *Global Finance Journal*, 54, 100639.