

भूस्खलन के प्रतिअनुकूलन

यह एडिटोरियल 23/08/2023 को 'इंडियन एक्सप्रेस' में प्रकाशित ["Resisting Landslides"](#) लेख पर आधारित है। इसमें हिमालयी क्षेत्र में भूस्खलन के पीछे के कारणों, उनसे होने वाले वनाश और उनके वरिद्ध एक प्रत्यास्थी आपदा प्रबंधन तंत्र के निर्माण के तरीकों के बारे में चर्चा की गई है।

प्रलिस के लयि:

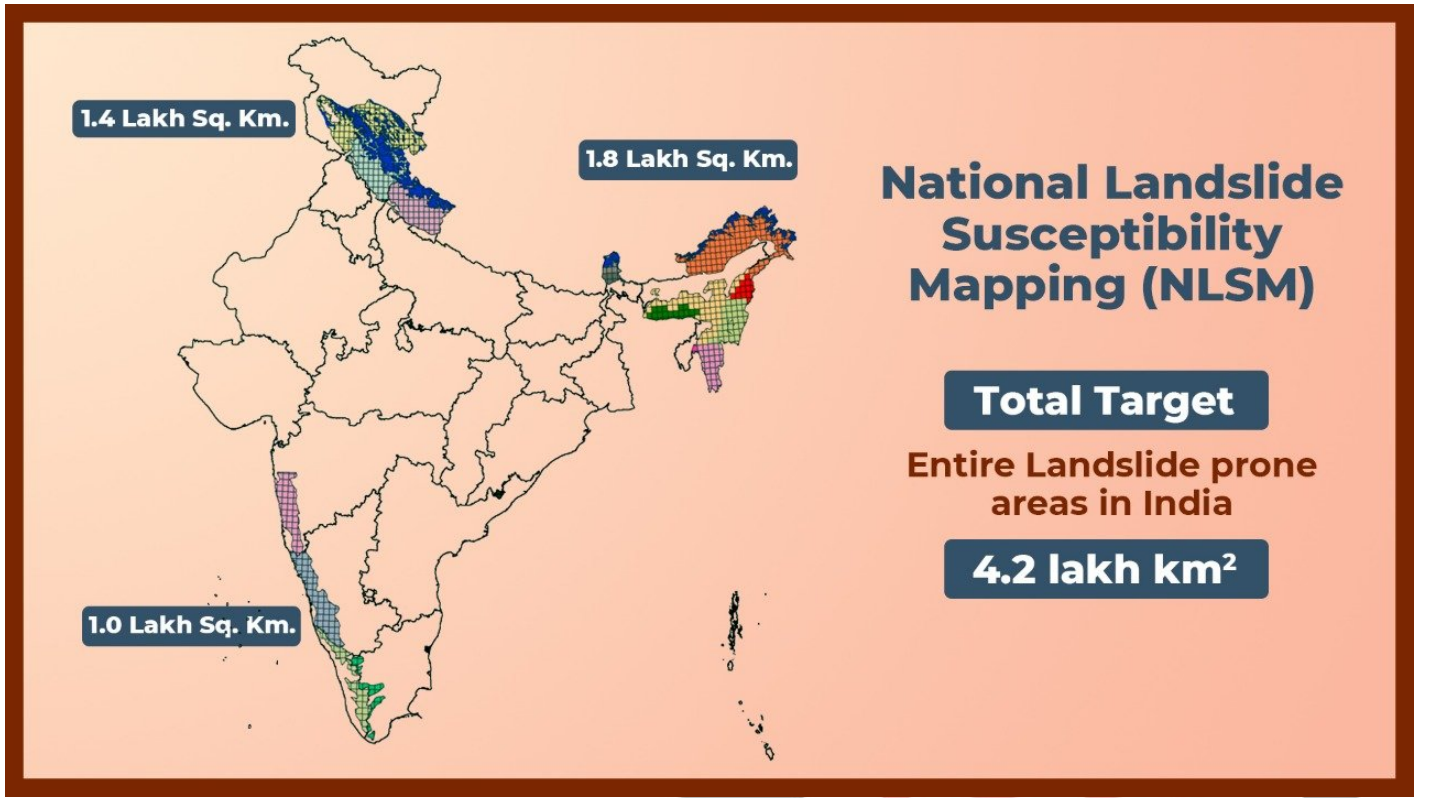
भूस्खलन और उसके प्रकार, **राष्ट्रीय भूस्खलन जोखमि प्रबंधन रणनीति**, **भूस्खलन जोखमि शमन योजना (LRMS)**, बाढ़ जोखमि शमन योजना (FRMS), भूस्खलन और हमिस्खलन पर राष्ट्रीय दशानरिदेश, **लैंडस्लाइड एटलस ऑफ इंडिया**, **भारतीय भूवैज्ञानिकि सर्वेक्षण**।

मेन्स के लयि:

जेनरेटवि AI : इसके अनुप्रयोग, चुनौतयिँ और इन चुनौतयिँ का समाधान करने हेतु नीतगित उपाय।

हिमाचल प्रदेश में भूस्खलन के कारण हाल ही में हुई मौतों और वनाश ने एक बार फिर हिमालयी पारस्थितिकि तंत्र की भेद्यताओं एवं चुनौतयिँ को उजागर कयिा है। **हिमालय**, जसि प्रायः वशिव की सबसे नई और ऊबड़-खाबड़ परवत शृंखला के रूप में संदर्भित कयिा जाता है, एक अद्वतिय और जटलि वातावरण है जो इस भूभाग के भूवैज्ञान, जलवायु एवं जैव वविधिता को आकार देने में महत्त्वपूर्ण भूमिका नभिता है।

- **भारतीय भूवैज्ञानिकि सर्वेक्षण** के अनुसार, कई वकिसशील देशों में भूस्खलन के कारण होने वाली आर्थिकि कषत उनके **सकल राष्ट्रीय उत्पाद (GDP)** के 1-2% तक हो सकती है। देश का लगभग 15% स्थल भाग भूस्खलन के खतरों के प्रति संवेदनशील है। हिमालय (उत्तर-पश्चिम और उत्तर-पूर्व भारत) और **पश्चिमि घाट** उच्च संवेदनशीलता रखने वाले दो प्रमुख कषेत्र हैं।



//

भूस्खलन:

- **भूस्खलन (Landslide)** एक भूवैज्ञानिक घटना है जिसमें शैल, मट्टी और मलबे के एक भाग का नीचे की ओर खसिकना या संचलन शामिल होता है। यह संचलन छोटे एवं स्थानीय बदलावों से लेकर बड़े एवं वनाशकारी घटनाओं तक भिन्न-भिन्न पैमाने का हो सकता है।
- भूस्खलन प्राकृतिक और मानव-निरमिति, दोनों ही ढलानों पर घटित हो सकते हैं तथा वे प्रायः भारी वर्षा, **भूकंप**, ज्वालामुखीय गतिविधि, मानव गतिविधि (जैसे निर्माण या खनन) और भूजल स्तर में परिवर्तन जैसे कारकों के संयोजन से उत्पन्न होते हैं।

भूस्खलन को उनकी गति/संचलन विशेषताओं के आधार पर कई प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है:

- **स्खलन/स्लाइड (Slides):** ये किसी वृद्धि सतह (rupture surface) या दुर्बल क्षेत्र (zone of weakness) में मट्टी या शैल का संचलन है। इन्हें आगे रोटेशनल स्लाइड (rotational slides)—जहाँ वृद्धि सतह घुमावदार होती है; और ट्रांसलेशनल स्लाइड (translational slides)—जहाँ वृद्धि सतह रेखीय होती है, में विभाजित किया जा सकता है।
- **प्रवाह/फ्लो (Flows):** ये मट्टी या शैल के ऐसे संचलन हैं जिनमें बड़ी मात्रा में जल भी शामिल होता है, जो इस द्रव्यमान को तरल पदार्थ की तरह प्रवाहित करता है। इन्हें शामिल सामग्री और गति की दर के आधार पर मृदा प्रवाह (earth flows), मलबा प्रवाह (debris flows), पंक प्रवाह (mud flow) और क्रीप (creep) में विभाजित किया जा सकता है।
- **फैलाव/स्प्रेड (Spreads):** ये मट्टी या शैल के ऐसे संचलन हैं जिनमें पार्श्व वसति और द्रव्यमान का टूटना शामिल होता है। वे आमतौर पर सामग्री के द्रवीकरण (liquefaction) या प्लास्टिक विसृपण (plastic deformation) के कारण घटित होते हैं।
- **अग्रपात/टॉपल्स (Topples):** ये मट्टी या शैल के ऐसे संचलन हैं जिनमें ऊर्ध्वाधर या नकिट-ऊर्ध्वाधर भूगु या ढलान से द्रव्यमान का आगे की ओर घूमना और मुक्त रूप से गरिना शामिल होता है।
- **प्रपात/फॉल्स (Falls):** ये मट्टी या शैलों के ऐसे संचलन हैं जिनमें ये खड़ी ढलान या भूगु से अलग हो जाते हैं और मुक्त रूप से गरिते हैं तथा लुढ़कते हुए आगे बढ़ते हैं।

हिमालय क्षेत्र में भूस्खलन के कारण:

- **भंगुर पारस्थितिकी तंत्र:** शैल विसृपण, उत्खनन एवं शैलों के रिवर्क जैसी कई उपसतह प्रक्रियाओं से संबद्ध टेक्टोनिक या नव-टेक्टोनिक गतिविधियाँ तथा कटाव, अपक्षय एवं वर्षा/हिमपात जैसी सतह प्रक्रियाएँ पारस्थितिकी तंत्र को स्वाभाविक रूप से भंगुर (fragile) बनाती हैं।
 - **भूकंप:** हिमालय क्षेत्र में **यूरेशियन प्लेट के साथ भारतीय प्लेट के टकराने** ने भूमिगत तनाव पैदा किया है जो भूकंप के रूप में प्रकट होता है और इसके परिणामस्वरूप यह दरार/फ्रैक्चर का निर्माण करता है तथा पर्वत सतह के नकिट लथि-संरचनाओं को ढीला कर देता है। इससे ढलान के साथ शैलों के संचलन की संभावना बढ़ जाती है।

- मलबे का प्रवाह और भूमिगत जल ढलान को दुर्बल बनाते हैं और स्थल खंड इससे नीचे खसिक सकता है।
- **जलवायु प्रेरित चरम घटनाएँ:** जलवायु-प्रेरित चरम घटनाएँ, जैसे बर्फ का जमना/पघिलना और भारी वर्षा/हमिपात के कारण हमिस्खलन, भूस्खलन, मलबा प्रवाह, GLOFs (Glacial Lakes Outburst Floods), LLOFs (Landslide Lakes Outburst Floods) और 'फ्लैश फ्लड' की स्थिति उत्पन्न होती है। वे पर्वतीय प्रणाली की अनश्चितता को और बढ़ाते हैं। मानवजनित गतिविधियों से हिमालय पर और अधिक दबाव बनता है।
 - जलवायु परिवर्तन का हमिनदों, नदी प्रणालियों, भू-आकृति विज्ञान और जैव विविधता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है, जिसके परिणामस्वरूप पर्वतीय राज्यों में लोगों की भेद्यता/असुरक्षा बढ़ गई है।
 - भूमि क्षरण से यह समस्या और बढ़ जाती है।
- **मानवजनित कारक:** सड़क निर्माण, सुरंग निर्माण, खनन, उत्खनन, वनों की कटाई, शहरीकरण, कृषि, अत्यधिक पर्यटन और जलविद्युत परियोजना जैसी मानवीय गतिविधियाँ भी हिमालय में भूस्खलन का कारण बन सकती हैं या इसे गंभीर बना सकती हैं। ये गतिविधियाँ वनस्पति आवरण को हटाने, जल निकासी पैटर्न में बदलाव करने, मट्टी के कटाव को बढ़ाने, कृत्रिम 'कट एंड फिल' का निर्माण करने, शैलों को तोड़ने और कंपन पैदा करने के रूप में ढलानों के प्राकृतिक संतुलन को बिगाड़ सकती हैं।
 - ये गतिविधियाँ मानव बस्तियों और अवसंरचना के लिये भूस्खलन के खतरे एवं जोखिम को भी बढ़ा सकती हैं।
 - वर्ष 2013 की केदारनाथ त्रासदी इस भूभाग में होटल, सड़क, पुल और बाँध जैसी अनियोजित विकास एवं निर्माण गतिविधियों से भी प्रभावित हुई थी, जिसने प्राकृतिक जल निकासी प्रणाली को बदल दिया था और मृदा का कटाव बढ़ गया था।
- **भूवैज्ञानिक संरचना:** हिमालय की कुछ शैलें चूना पत्थर से बनी हैं, जो अन्य प्रकार की शैलों की तुलना में जल एवं भूस्खलन के प्रति अधिक प्रवण होती हैं, क्योंकि यह अम्लीय वर्षा जल या भूजल में घुल सकती हैं। यह प्रक्रिया गुफाओं, सकिहोल और अन्य कार्स्ट स्थलाकृति का निर्माण करती है जो ढलानों की स्थिरता को कमज़ोर करती हैं।
- **पश्चिमी वक्रिषोभ और मानसून:** पश्चिमी वक्रिषोभ (जो भूमध्य सागर से उत्पन्न होने वाली और पूर्व की ओर आगे बढ़ते हुए मध्य एशिया एवं उत्तरी भारत में पहुँचने वाली नमिन दाब प्रणाली है) और दक्षिण-पश्चिमी भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून के अभिसरण के कारण जम्मू-कश्मीर के कुछ भागों, हिमाचल प्रदेश और उत्तराखंड में अत्यधिक एवं केंद्रित वर्षा होती है जो फरि भूस्खलन एवं फ्लैश फ्लड का कारण बनती है।

हिमालय क्षेत्र के भूस्खलन की पश्चिमी घाट के भूस्खलन से भिन्नता:

क्षेत्र	कारण
<ul style="list-style-type: none"> • हिमालय 	<ul style="list-style-type: none"> • प्लेट टेक्टोनिक गति के कारण उच्च भूकंपीयता • आसानी से नष्ट होने वाली अवसादी शैलें • उच्च कटाव क्षमता वाली युवा एवं ऊर्जावान नदियाँ • भारी वर्षा और हमिपात • वनों की कटाई, झूम खेती, सड़क निर्माण जैसी मानवजनित गतिविधियाँ।
<ul style="list-style-type: none"> • पश्चिमी घाट 	<ul style="list-style-type: none"> • संकेंद्रित वर्षा • पहाड़ियों का अतभिार • खनन एवं उत्खनन • कृषि कार्य, पवनचक्की परियोजनाओं जैसी मानवजनित गतिविधियाँ। • पतली मट्टी पर सघन वनस्पति के साथ वन विखंडन

भूस्खलन के खतरे को कम करने के लिये सरकार द्वारा की गई पहलें:

- **राष्ट्रीय भूस्खलन जोखिम प्रबंधन रणनीति (National Landslide Risk Management Strategy), 2019:** यह एक व्यापक दस्तावेज़ है जो भूस्खलन आपदा जोखिम न्यूनीकरण एवं प्रबंधन के सभी घटकों को संबोधित करता है, जैसे कि खतरा मानचित्रण, नगिरानी, पूर्व-चेतावनी प्रणाली, जागरूकता कार्यक्रम, क्षमता निर्माण, प्रशिक्षण, वनियमन, नीतियाँ, भूस्खलन का स्थिरीकरण एवं शमन आदी।
- **भूस्खलन जोखिम शमन योजना (Landslide Risk Mitigation Scheme- LRMS):** यह एक तैयार की जा रही एक योजना है जिसमें भूस्खलन प्रवण राज्यों द्वारा अनुशंसित स्थल-वशिष्ट भूस्खलन शमन परियोजनाओं के लिये वित्तीय सहायता की परिकल्पना की गई है, जिसमें आपदा रोकथाम रणनीति, आपदा शमन और गंभीर भूस्खलन की नगिरानी में अनुसंधान एवं विकास के नयोजन को दायरे में लिया गया है; इस प्रकार, पूर्व-चेतावनी प्रणाली और क्षमता निर्माण पहलों के विकास की ओर आगे कदम बढ़ाया गया है।
- **बाढ़ जोखिम न्यूनीकरण योजना (Flood Risk Mitigation Scheme- FRMS):** यह एक अन्य योजना है जिसे तैयार किया जा रहा है। इसमें मॉडल बहुउद्देशीय बाढ़ आश्रयों के विकास के लिये पायलट परियोजनाओं और नदी बेसिन वशिष्ट बाढ़ पूर्व-चेतावनी प्रणाली के विकास तथा बाढ़ की स्थिति में सुरक्षा निकासी के लिये ग्रामीणों को पूर्व-चेतावनी देने हेतु बाढ़ मॉडल तैयार करने के लिये डिजिटल एलविशन मैप जैसी गतिविधियाँ शामिल हैं।
- **भूस्खलन और हमिस्खलन पर राष्ट्रीय दिशान्देश (National Guidelines on Landslides and Snow Avalanches):** ये सभी स्तरों पर भूस्खलन से उत्पन्न जोखिम को कम करने के लिये परिकल्पित गतिविधियों का मार्गदर्शन करने के लिये **राष्ट्रीय आपदा प्रबंधन प्राधिकरण (NDMA)** द्वारा तैयार किये गए दिशान्देश हैं। ये दिशान्देश जोखिम मूल्यांकन, भेद्यता वशिष्ट, जोखिम प्रबंधन, संरचनात्मक एवं गैर-संरचनात्मक उपाय, संस्थागत तंत्र, वित्तीय व्यवस्था, सामुदायिक भागीदारी आदी विभिन्न पहलुओं को कवर करते हैं।
- **लैंडस्लाइड एटलस ऑफ इंडिया: लैंडस्लाइड एटलस ऑफ इंडिया (Landslide Atlas of India)** एक दस्तावेज़ है जो भारत के भूस्खलन प्रांतों में मौजूद भूस्खलन स्थलों का वविरण प्रदान करता है और इसमें वशिष्ट भूस्खलन स्थलों का क्षति आकलन भी शामिल है। इसे इसरो (ISRO) के राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र (National Remote Sensing Centre- NRSC) द्वारा तैयार किया गया है।

आगे की राह:

- **प्रतयास्थता का नरिमाण:** इन चुनौतियों से नपिटने के लयि प्राकृतिक प्रकरयिओं, परयावरणीय कषरण और मानवीय गतविधियिों के कारण उत्पन्न होने वाले भू-खतरों के वरिद्ध प्रतयास्थता (resilience) वकिसति करना महत्त्वपूर्ण है। इसमें वास्तवक समय नगरानी और डेटा संग्रह के लयि सेंसर तंत्र (a network of sensors) लागू करना शामिल है।
- **प्रभावी नगरानी के लयि प्रौद्योगिकी का लाभ उठाना:**
 - वेब-आधारित सेंसर—जैसे रेन गेज (rain gauges), पीज़ोमीटर (piezometers), इनक्लिनोमीटर (inclinometers), एक्सटेंसोमीटर (extensometers), InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar)—और टोटल स्टेशन (total stations) संवेदनशील कषेत्रों की नगरानी में मदद कर सकते हैं। घनी आबादी वाले और नरिमति कषेत्रों (built-up zones) में नगरानी को प्राथमकता दी जानी चाहयि।
 - एकीकृत पूर्व-चेतावनी प्रणाली: **AI और मशीन लरनिग (ML)** एलगोरदिम का उपयोग करके एक एकीकृत पूर्व-चेतावनी प्रणाली (Early Warning System- EWS) का वकिस करना महत्त्वपूर्ण है। ऐसी प्रणाली आसन्न खतरों का पूर्वानुमान करने और समुदायों को सचेत करने में मदद कर सकती है, जसिसे उन्हें नविरक उपाय करने के लयि बहुमूल्य समय प्राप्त हो सकता है।
- **हमिलयी राज्य परषिद का गठन:** एक ऐसे सहयोगी मंच की स्थापना करना जो हमिलयी कषेत्र के वभिन्न राज्यों के आपदा प्रबंधन प्राधिकरणों को एक साथ लाता हो, एक महत्त्वपूर्ण रणनीतिक कदम होगा। यह केंद्रीकृत परषिद भूभाग पर वभिन्न दबावकारी घटकों के प्रभावों का प्रभावी ढंग से आकलन करने और उनका प्रबंधन करने के लयि ज्ञान, अनुभव एवं संसाधनों की साझेदारी को सकषम बनाएगी।
 - **समिलेशन और खतरे का आकलन:** यह परषिद प्राकृतिक प्रकरयिओं, परयावरणीय कषरण, जलवायु-पररति घटनाओं और मानवजनित गतविधियिों के परणामस्वरूप उत्पन्न होने वाले खतरे के परदिश्यों के समिलेशन/अनुकरण एवं आकलन पर ध्यान केंद्रति कर सकती है। इससे संभावति जोखमिों को समझने और उचति शमन रणनीति तैयार करने में मदद मलिंगी।
 - **ज्ञान का प्रसार:** जबकि हमिलय कषेत्र पर्याप्त रूप से वविधि और भनिन है, वभिन्न राज्यों के बीच आकलन के नषिकर्षों को साझा करना आवश्यक है। सहयोगात्मक प्रयासों और साझा ज्ञान से चुनौतियिों एवं संभावति समाधानों की अधिक व्यापक समझ का माहौल बन सकता है।
 - **पारस्थितिकी तंत्र संरक्षण:** इस कषेत्र के पारस्थितिकी तंत्र की रक्षा करना एक प्राथमिक दायतिव है। परषिद संवहनीय अभ्यासों और उत्तरदायी संसाधन उपयोग को बढ़ावा देकर प्राकृतिक परयावरण की सुरक्षा में मदद कर सकती है।
- **संवहनीय सामाजिक-आर्थिक वकिस:** भूभाग में मौजूद मूल्यवान प्राकृतिक संसाधनों (जैसे हमिनद, जलधाराएँ, खनजि, ऊरजा स्रोत और औषधीय वनस्पति) को चहिनति करना संवहनीय सामाजिक-आर्थिक वकिस की कषमता प्रदान करता है। हालाँकि, दीर्घकालिक व्यवहारयता सुनश्चिति करने के लयि संसाधन दोहन और पारस्थितिक संरक्षण के बीच संतुलन बनाये रखना महत्त्वपूर्ण है।
- **परयावरण संबंधी वचिर:** परवतीय इलाकों की अनूठी वशिषताओं को ध्यान में रखते हुए उचति नगर नयिोजन महत्त्वपूर्ण है। **भारी नरिमाण को प्रतबिंधति करना, प्रभावी जल नकिसी प्रणालियिों को लागू करना, ढलान-कटाई का वैज्ञानिक रूप से प्रबंधन करना और धारक-भतित्ति (retaining walls) का उपयोग करना परयावरण के प्रत जागरूक वकिस के महत्त्वपूर्ण पहलू हैं।**
 - धारक भतित्ति अपेक्षाकृत सुदृढ़ दीवारें होती हैं जनिका उपयोग मटिटी को पारश्व रूप से सहारा देने के लयि कयिा जाता है ताकि इसे दोनों तरफ भनिन स्तरों पर बनाए रखा जा सके।
- **भवन नरिमाण संहति और आकलन:** शहरों की हाई-रजिऑल्यूशन मैपिंग और उनकी भार-वहन कषमता का आकलन प्रभावी भवन नरिमाण संहति के नरिमाण के आवश्यक घटक हैं। यह दृष्टिकोण सुनश्चिति करता है कि वशिष रूप से भूस्खलन एवं भूकंप जैसे प्राकृतिक खतरों से प्रवण कषेत्रों में नरिमाण सुरकषति एवं प्रतयास्थी है।
- **सतत/संवहनीय परयटन: सतत परयटन (Sustainable Tourism)** परयावरण जागरूकता, प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण एवं सुरक्षा और जैव वविधिता एवं पारस्थितिकी तंत्र के प्रत सममान को बढ़ावा देकर भूस्खलन को कम कर सकता है।
 - यह स्थानीय समुदायों के लयि आर्थिक प्रोत्साहन एवं सामाजिक लाभ भी प्रदान कर सकता है, जो प्राकृतिक खतरों से नपिटने के लयि उनकी प्रतयास्थता एवं अनुकूलन कषमता को बढ़ा सकता है।
- **संवहनीय सरकारी परयिोजनाओं का नरिमाण:** हमिलयी कषेत्र में उत्तरदायी वकिस सुनश्चिति करने के लयि कुछ प्रमुख उपायों में परयावरण आकलन करना, परयावरण-अनुकूल प्रौद्योगिकियिों का उपयोग करना, स्थानीय समुदायों को संलग्न करना, हतिधारक जागरूकता की वृद्धिकरना और सरकारी कषेत्रों के बीच समन्वय को बढ़ावा देना शामिल हैं।

अभ्यास प्रश्न: हमिलय कषेत्र में भूस्खलन की बढ़ती घटनाओं के आलोक में इसके अंतरनहिति कारकों एवं परणामों को बताते हुए इसके प्रभावों को कम करने हेतु संभावति उपायों पर चर्चा कीजयि।

यूपीएससी सविलि सेवा परीक्षा, वगित वर्ष के प्रश्न

[?/?/?/?/?]:

प्रश्न. हमिलय कषेत्र और पश्चिमी घाट में भूस्खलन के कारणों के बीच अंतरों को बताइये। (2021)

प्रश्न. हमिलय कषेत्र भूस्खलन के प्रत अत्यधिक संवेदनशील है। इसके प्रमुख कारणों पर चर्चा करते हुए इसके शमन हेतु उपाय बताइये। (2016)

