



आपत्ती व्यवस्थापनात भौगोलिक माहिती प्रणालीची भूमिका

डॉ. रविंद्र रामचंद्र रणदिवे

सहाय्यक प्राध्यापक

गोविंदराव वारजूरकर कला – वाणिज्य महाविद्यालय, नागभीड, जि. चंद्रपूर

सारांश:

२००४ ते २०१४ या काळात, भौगोलिक माहिती प्रणाली (जीआयएस) ही फक्त विश्लेषणात्मक साधन राहिलेली नव्हती, तर जगभरातील आपत्ती व्यवस्थापनाचे एक अत्यावश्यक घटक बनली. या दशकात उपग्रह रिमोट सेन्सिंग, वेब-आधारित नकाशे, मोबाइल जीआयएस आणि क्राउडसोर्सिंग संकट नकाशांकन या क्षेत्रात लक्षणीय प्रगती झाली, ज्यामुळे आपत्तींचे निरीक्षण, विश्लेषण आणि निराकरण करण्याची पद्धत बदलली. २००४ मधील हिंद महासागरातील त्सुनामी, २००५ मध्ये कॅटरिना चक्रीवादळ, २०१० मधील हैती भूकंप आणि २०११ मधील तोहोको भूकंप व त्सुनामी या प्रमुख घटनांनी तयारी, आपत्कालीन प्रतिसाद आणि पुनर्प्राप्तीमध्ये भौगोलिक माहिती प्रणालीच्या क्षमतांचा आणि मर्यादांचा दोन्ही बाजूने ठळकपणे अभ्यास घडवून आणला. या काळात भौगोलिक माहिती प्रणालीच्या अनुप्रयोगांमध्ये धोका आणि जोखीम नकाशांकन, त्वरित नुकसान मूल्यांकन, निर्वासन नियोजन, संसाधनांचे योग्य वाटप आणि स्वयंसेवक-निर्मित भू-स्थानिक डेटाचे एकीकरण यांचा समावेश होता. भौगोलिक माहिती प्रणालीने परिस्थितीजन्य जागरूकता, समन्वय आणि निर्णय घेण्याच्या प्रक्रियेत सुधारणा केली असली, तरी डेटा गुणवत्ता, आंतरकार्यक्षमता आणि

संस्थात्मक क्षमता यासारख्या आव्हानांशी सामना सुरू राहिला.

हा अध्ययन २००४-२०१४ दरम्यानच्या प्रमुख विकासांची, केस स्टडीची आणि शिकलेल्या धड्यांची समीक्षा करतो, आपत्ती व्यवस्थापनात भौगोलिक माहिती प्रणालीच्या महत्त्वाची भूमिका अधोरेखित करतो आणि भविष्यातील संकटांमध्ये अधिक प्रभावी व शाश्वत एकात्मतेसाठी शिफारसीची रूपरेषा सादर करतो.

मुख्य शब्द: भौगोलिक माहिती प्रणाली, आपत्ती व्यवस्थापन, संकट मॅपिंग (नकाशांकन), क्राउडसोर्सिंग, रिमोट सेन्सिंग

परिचय:

नैसर्गिक असो वा मानवकृत, आपत्ती व्यापक प्रमाणावर जीवितहानी, उपजीविकेत व्यत्यय तसेच पायाभूत सुविधांचे प्रचंड नुकसान करतात. प्रभावी

आपत्ती व्यवस्थापन तयार राहणे, तत्काळ प्रतिसाद, पुनर्प्राप्ती आणि शमन यांना दृढ आधार देण्यासाठी वेळेवर, अचूक आणि अवकाशीय दृष्ट्या स्पष्ट माहितीवर मोठ्या प्रमाणात अवलंबून असते. भौगोलिक माहिती प्रणाली या स्थानिक माहिती गोळा करणे, तिचे विश्लेषण करणे आणि सुस्पष्टपणे प्रत्यक्ष दर्शविणे यासाठी एक परिणामकारक चौकट निर्माण करतात, ज्यामुळे त्या आपत्ती व्यवस्थापनात अत्यावश्यक बनतात.

२००४ ते २०१४ या कालावधीत आपत्ती-संदर्भातील निर्णय प्रक्रियेत भौगोलिक माहिती प्रणालींच्या वापरात अभूतपूर्व परिवर्तन झाले. २००४ मधील हिंदी महासागरातील त्सुनामी, २००५ मधील कॅटरिना चक्रीवादळ, २०१० मधील हैती भूकंप आणि २०११ मध्ये जपानमधील तोहोको भूकंप व त्सुनामी यांसारख्या आपत्तीजनक घटनांनी जलद भूस्थानिक माहितीची अनिवार्यता व भौगोलिक माहिती प्रणाली तंत्रज्ञानाच्या वाढत्या क्षमतांचा प्रत्यय एकाच वेळी दिला. या घटनांमुळे रिमोट सेन्सिंग, मोबाइल नकाशांकन, वेब-आधारित



भौगोलिक माहिती प्रणाली मंच तसेच स्वयंसेवक-आधारित संकट नकाशांकन उपक्रमांचे आपत्ती प्रतिसाद प्रणालींमध्ये व्यापक एकत्रीकरण घडून आले.

या दशकात भौगोलिक माहिती प्रणालींच्या अनुप्रयोगांचा विकास स्थिर धोका नकाशांपासून पुढे जात सजीव व तत्काळ निर्णय-समर्थन साधनांपर्यंत पोहोचला. सरकारे, मानवतावादी संस्था आणि स्वयंसेवी तांत्रिक समुदाय यांनी नुकसान मूल्यांकन, विस्थापन नियोजन, मदतकार्य समन्वयासाठी भौगोलिक माहिती प्रणालींचा वापर मोठ्या प्रमाणात वाढविला. त्याचबरोबर काही गंभीर आव्हानाही समोर आलीत, भूस्थानिक माहिती संचयानाची आंतरकार्यक्षमता, नागरिकांकडून उपलब्ध झालेल्या माहितीची सत्यता तपासणे, प्रतिमांवरील परवाना निर्बंध आणि काही आपत्ती-संभाव्य प्रदेशांतील मर्यादित तांत्रिक क्षमता ही त्यातील प्रमुख उदाहरणे होती.

हा अध्ययन २००४ ते २०१४ या दशकात आपत्ती व्यवस्थापन क्षेत्रात भौगोलिक माहिती प्रणालींची भूमिका तपासतो. यात तांत्रिक प्रगती, कार्यपद्धतीतील स्वरूप आणि अनुभव यांवर केंद्रित चर्चा केली आहे. तसेच महत्त्वाच्या प्रकरण अभ्यासांचे पुनरावलोकन करून यश व मर्यादा अधोरेखित केल्या आहेत आणि पुढे जाऊन आपत्ती जोखीम कमी करण्यासाठी तसेच आपत्ताकालीन प्रतिसाद धोरणांमध्ये भौगोलिक माहिती प्रणालींचे प्रभावी एकत्रीकरण साधण्यासाठी काही शिफारसीही मांडल्या आहेत.

संशोधनाची उद्दिष्टे:

- १) २००४-२०१४ पासून आपत्ती व्यवस्थापनासाठी वापरल्या जाणाऱ्या मुख्य भौगोलिक माहिती प्रणाली तंत्रज्ञान आणि कार्यप्रवाहांचे संश्लेषण करणे.
- २) भौगोलिक माहिती प्रणालींचा प्रभाव दर्शविणारे चार प्रातिनिधिक केस स्टडीजचे विश्लेषण करणे.
- ३) दशकातील वारंवार येणारे तांत्रिक आणि संस्थात्मक आव्हाने ओळखणे.
- ४) आपत्ती व्यवस्थापनात भौगोलिक माहिती प्रणालींचे एकत्रीकरण सुधारण्यासाठी व्यावहारिक शिफारसी देणे.

साहित्य पुनरावलोकन:

२००४ ते २०१४ या कालावधीत आपत्ती व्यवस्थापनामध्ये भौगोलिक माहिती प्रणालींची भूमिका भरीव प्रमाणात विस्तारित झाली. या प्रवासाला शैक्षणिक संशोधनाचे निष्कर्ष आणि घडलेल्या व्यापक संकटांतून मिळालेल्या कार्यानुभवजन्य अनुभवाचा दृढ आधार लाभला. २००४ साली झालेल्या विनाशकारी हिंद महासागर सुनामीनंतर बोरेरो आणि सहयोगी (२००६) तसेच यामाझाकी आणि मात्सुओका (२००७) यांसारख्या अभ्यासांनी स्पष्ट केले की रिमोट सेन्सिंग व भौगोलिक माहिती प्रणालींच्या संयोगातून जलद जलप्रवाह अभ्यास आणि नुकसान नकाशांकन शक्य झाले, ज्यामुळे प्रतिसाद तसेच पुनर्प्राप्तीसाठी आवश्यक ते इनपुट त्वरित उपलब्ध झाले. २००५ मधील कॅटरिना चक्रीवादळाने भौगोलिक माहिती प्रणालींच्या सामर्थ्याबरोबर त्यातील कमजोरी देखील स्पष्ट केली. भौगोलिक माहिती प्रणाली कॉर्प्स तसेच एसरीटफे केलेल्या अध्ययन अहवालांनी पूर नकाशांकन आणि स्थानिक माहिती प्रणाली पद्धतींसाठी याचा उपयोग किती उपयुक्त ठरला हे दाखवून दिले; त्याच वेळी विस्कळीत माहिती संचय व अपूरा समन्वय ही गंभीर अडचण असल्याचेही अधोरेखित केले. या काळात संकल्पनात्मक पातळीवर गुडचाइल्ड (२००७) यांनी स्वयंसेवी भौगोलिक माहिती (व्हॉलंटियर जिओग्राफिक इन्फर्मेसन) ही कल्पना मांडली. यातून सामान्य नागरिकही भौगोलिक माहिती निर्मिती प्रक्रियेत महत्त्वाची भूमिका बजावतात हे अधोरेखित झाले. नंतर हक्ले (२०१०) यांनी ही संकल्पना प्रत्यक्ष तपासून ओपनस्ट्रीटमॅप आणि सरकारी मान्यताप्राप्त माहिती संच यांच्या तुलनात्मक अध्ययनाद्वारे निष्कर्ष काढला की स्वयंसेवी माहिती स्वीकारार्ह अचूकतेच्या जवळ पोहोचू शकते, जरी सत्यापनाची कसून गरज नेहमीच राहते. २०१० मध्ये झालेला हैती भूकंप संकट नकाशांकनासाठी निर्णायक ठरला. झूक आणि सहकारी (२०१०) यांनी दाखवले की ओपनस्ट्रीटमॅप स्वयंसेवक व उशाहिदी प्लॅटफॉर्मच्या सहाय्याने अगदी काही दिवसांत उपयुक्त नकाशे तयार करण्यात आले. त्याच वेळी मेयर (२०१०, २०१३) यांनी डिजिटल मानवतावादी नेटवर्कचा उदय तसेच माहिती सत्यापनासंबंधी निर्माण झालेली आव्हाने यांचे सविस्तर वर्णन केले. याच परिप्रेक्ष्यात पॅलेन आणि सहकारी (२००७-२००९) यांनी संकट माहितीशास्त्राचा पाया घातला. त्यांनी अध्ययनातून दाखवले की सामाजिक माध्यमे व संदेश सेवा आपत्ती-संबंधित माहिती प्रवाहाला बळकटी देतात आणि भौगोलिक माहिती प्रणाली पथके अशा माहिती संचांचे एकत्रित तंत्र घडवू शकतात.

संशोधन पद्धती:

हा संशोधन २००४ ते २०१४ या कालावधीमध्ये आपत्ती व्यवस्थापनामध्ये भौगोलिक माहिती प्रणालीची भूमिका तपासण्याकरिता साहित्य पुनरावलोकन व प्रकरण अभ्यास विश्लेषण या दोन्हींचा समन्वय करून गुणात्मक संशोधन आराखड्याचा उपयोग करतो. या अभ्यासामध्ये आपत्तीपूर्व तयारी, आपत्तीला प्रतिसाद, पुनर्वसन तथा शमन या सर्व टप्प्यांमध्ये भौगोलिक माहिती प्रणाली तंत्रज्ञानाच्या उपयोजनावर विशेष भर देण्यात आलेला आहे. व्यावहारिक उपयोगांचे स्पष्टीकरण करण्यासाठी चार महत्त्वपूर्ण आपत्ती घटनांची निवड करण्यात आली असून त्यातून प्राप्त निष्कर्षांचे विश्लेषण विषयाधारित विश्लेषण पद्धतीद्वारे करण्यात आले.

आपत्ती व्यवस्थापनात भौगोलिक माहिती प्रणालीची भूमिका:

२००४ ते २०१४ या कालावधीत भौगोलिक माहिती प्रणाली विशेष नकाशांकन साधनांपासून स्थानिक माहिती एकत्रित करणे, धोके व आपत्तींचे अनुकरणात्मक मॉडल तयार करणे आणि वास्तविक-वेळेत निर्णय घेणे शक्य करणारा अत्यावश्यक मंच म्हणून विकसित झाली. या दशकात भौगोलिक माहिती प्रणालींचे रिमोट सेन्सिंग, मोबाइल तंत्रज्ञान आणि स्वयंसेवी भौगोलिक माहिती (Volunteered Geographic Information) यांच्यासोबत एकत्रीकरण झाले, विशेषतः जागतिक स्वरूपाच्या मोठ्या आपत्तींनंतर या क्षेत्रात महत्त्वपूर्ण प्रगती साधली गेली.

आपत्तीपूर्व नियोजनास सक्षम करण्यासाठी प्रत्यक्ष धोका स्तर आणि संपर्काधिष्ठित माहिती यांचे संयोजन करून जोखीम निर्देशांक विकसित करण्यासाठी भौगोलिक माहिती प्रणालींचा व्यापक प्रमाणात उपयोग करण्यात आला. रिमोट सेन्सिंग तंत्रज्ञानाने भू-आच्छादन मापनासाठी सुसंगत प्रतिमा उपलब्ध करून दिल्या, तर भौगोलिक माहिती प्रणालींनी असुरक्षित समुदाय आणि संभाव्य स्थलांतर मार्ग निश्चित करण्यात सहाय्य केले. वारंवार पूर, भूकंप आणि चक्रीवादळांचा सामना करणाऱ्या प्रदेशांमध्ये या तंत्रज्ञानाचे एकत्रित उपयोग विशेषतः महत्त्वाचे ठरले.

२००४ मधील हिंदी महासागरातील त्सुनामी, २००५ मधील कॅटरिना चक्रीवादळ आणि २०१० मधील हैती भूकंपाच्या काळात भौगोलिक माहिती प्रणालीसोबत एकत्र केलेल्या उपग्रह प्रतिमांमुळे आपत्ती प्रतिसाद आणि संकट नकाशांकन या प्रक्रिया प्रामुख्याने स्थिर पद्धतींपासून गतिमान आणि वास्तविक-वेळेत कार्यान्वित होणाऱ्या भौगोलिक माहिती प्रणाली अनुप्रयोगांकडे वळल्या. ओपनस्ट्रीटमॅप व उशाहिदी यांसारख्या क्राउडसोर्स नकाशांकन मंचांच्या साहाय्याने जागतिक स्वयंसेवक काही दिवसांत अद्ययावत रस्ते नकाशे, भौगोलिक घटनांचे स्थान-अहवाल आणि नुकसान मूल्यांकन तयार करण्यात यशस्वी झाले. हे वास्तव जीवनातील संकट व्यवस्थापनात स्वयंसेवी भौगोलिक माहितीची अपार क्षमता दाखवून देणारे ठरले.

पुनर्प्राप्ती टप्प्यात भौगोलिक माहिती प्रणालींनी नुकसानीचे मापन, भू-उपयोगातील बदलांची देखरेख आणि पुनर्बांधणी नियोजन यांना बल दिले. जपानमध्ये २०११ मधील तोहोको भूकंप व त्सुनामीनंतर किनारपट्टी संरक्षण, पुनर्वसन आराखडे आणि पायाभूत सुविधांच्या पुनर्बांधणीस प्राधान्य निश्चित करण्याकरिता भौगोलिक माहिती प्रणाली साधनांनी राष्ट्रीय धोकामापन मॉडेल्स आणि रिमोट सेन्सिंग माहिती यांचे एकत्रीकरण केले.

या दशकातील तांत्रिक प्रगतीमध्ये रिमोट सेन्सिंग समाकलन, वेब-आधारित भौगोलिक माहिती प्रणाली, मोबाइल भौगोलिक माहिती प्रणाली, संकट माहितीशास्त्र आणि निर्णय सहाय्यकारी प्रणालींचा अंतर्भाव झाला. तरीदेखील, माहितीची गुणवत्ता, परस्पर-कार्यक्षमता विषयक अडचणी, परवानाधारित मर्यादा तसेच स्थानिक क्षमतेतील असमानता या आव्हानांचा सामना सतत करावा लागला.

या कालखंडातून मिळालेल्या प्रमुख जाणिवा पुढीलप्रमाणे होत्या: भौगोलिक माहिती प्रणाली आपत्ती व्यवस्थापनात अविभाज्य ठरल्या, परंतु त्यांचा प्रभाव वेळेत उपलब्ध होणाऱ्या माहितीवर आणि संस्थात्मक समन्वयावर अवलंबून राहिला. स्वयंसेवक व क्राउडसोर्स नकाशांकन पद्धतींनी अचानक निर्माण झालेल्या परिस्थितीत कार्यक्षमता प्रचंड वाढविली, तरी त्यांच्या विश्वासाहर्तेकरिता घन प्रमाणीकरण यंत्रणा आवश्यक ठरल्या.

विविध तंत्रज्ञानांच्या समन्वयामुळे तात्काळ प्रतिसाद आणि दीर्घकालीन पुनर्बांधणी दोन्हींसाठी स्थानिक माहितीचे महत्त्व जास्तीत जास्त अधोरेखित झाले, तर स्थानिक पातळीवरील भौगोलिक माहिती प्रणाली क्षमता वाढविणे शाश्वतता आणि लवचिकतेसाठी केंद्रबिंदू ठरले.

परिस्थिती अध्ययन (केस स्टडीज):

२००४ मध्ये आलेल्या हिंदी महासागरातील त्सुनामीनंतर आपत्ती प्रतिसादासाठी भौगोलिक माहिती प्रणालीच्या वापरामध्ये लक्षणीय बदल दिसून आला. पूरग्रस्त नकाशे तयार करणे, किनारपट्टीवरील नुकसानाचे अचूक मूल्यांकन करणे आणि मदतकार्यासाठी प्राधान्य क्षेत्रांची निवड करणे याकरिता रिमोट सेन्सिंग व भौगोलिक माहिती प्रणाली संधांचा एकत्रित वापर करण्यात आला. उच्च-रिझोल्यूशन उपग्रह प्रतिमा, क्षेत्रीय निरीक्षणे आणि भौगोलिक माहिती प्रणाली-आधारित पूर-मॉडेलस यांच्या एकत्रिकरणामुळे प्रभावित लोकसंख्या, पायाभूत सुविधांचे नुकसान तसेच भू-आच्छादनातील बदल यांचे अचूक व विश्वसनीय अनुमान साध्य करणे शक्य झाले. या घटनेने जलद प्रतिमा प्रक्रिया, परस्पर-सुसंगत भू-स्थानिक माहिती संच (Interoperable Datasets) आणि किनारी धोका व्यवस्थापनासाठी राष्ट्रीय व आंतरराष्ट्रीय स्तरावरील संस्थांमधील समन्वयित कार्यप्रवाहांची तातडीची आवश्यकता अधोरेखित केली.

२००५ मधील कॅटरिना चक्रीवादळाने देशांतर्गत आपत्ती व्यवस्थापनाच्या संदर्भात भू-स्थानिक प्रणालींच्या सामर्थ्यासह त्यांच्या मर्यादाही प्रकाशात आणल्या. भौगोलिक माहिती प्रणाली अनुप्रयोगांमध्ये पूर प्रमाणनकाशे तयार करणे, निर्वासन मार्गांचे नियोजन, नुकसानग्रस्त पायाभूत सुविधांचे मूल्यांकन आणि उपलब्ध संसाधनांचे कार्यक्षम वितरण हे महत्वाचे घटक होते. तथापि, तुकड्यातुकड्यांत विभागलेली माहिती मालकी, विविध संस्थांमधील परस्पर-कार्यक्षमतेचा अभाव व वास्तविक-वेळेतील समन्वयासाठी मर्यादित क्षमता ही मोठी आव्हाने ठरली. तज्ज्ञ व संस्था यांनी तात्काळ संकट प्रतिसाद आणि दीर्घकालीन पुनर्वसन नियोजन यांना प्रभावीपणे आधार देण्यासाठी केंद्रीकृत भू-स्थानिक माहिती भांडार (Data Repositories) तसेच प्रमाणित प्रोटोकॉल निर्माण करण्याची शिफारस केली.



कॅटरिना चक्रीवादळ



हैती भूकंप

२०१० मधील हैती भूकंप डिजिटल मानवतावाद आणि संकट नकाशांकनामध्ये एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण टप्पा ठरला. आपत्ती घडल्यापासून केवळ ४८ तासांत जगभरातील स्वयंसेवक नकाशांकन कार्यकर्त्यांनी उच्च-रिझोल्यूशन उपग्रह प्रतिमांचा वापर करून रस्ते, इमारती व महत्त्वपूर्ण पायाभूत सुविधा ओपनस्ट्रीटमॅपमध्ये डिजिटाइज्ड केली. उशाहिदी या मंचाने नागरिकांचे स्थानाधारित अहवाल एसएमएस व वेबद्वारे संकलित करून वास्तविक-वेळेत संकट नकाशे तयार केले, जे मानवतावादी संस्थांनी मदत वितरणाच्या मार्गदर्शनासाठी थेट वापरले. या प्रतिसादाने क्राउडसोर्स केलेल्या भू-स्थानिक माहितीची अपार क्षमता स्पष्टपणे समोर आणली आणि स्वयंसेवक तांत्रिक समुदायांच्या संस्थात्मकीकरणाला चालना मिळाली.

ही प्रकरणे २००४ ते २०१४ या कालखंडात आपत्ती व्यवस्थापनातील भौगोलिक माहिती प्रणाली अनुप्रयोगांच्या झालेल्या उत्क्रांतीचे द्योतक ठरतात. त्यांनी रिमोट सेन्सिंग व भौगोलिक माहिती प्रणालींवर वाढत्या अवलंबित्वाचा प्रत्यय दिला, तसेच संस्थात्मक आणि तांत्रिक मर्यादाही स्पष्ट केल्या.

परिणाम:

२००४ ते २०१४ या कालखंडात आपत्ती व्यवस्थापनामध्ये भौगोलिक माहिती प्रणालीच्या वापरातून अनेक विषयाधारित प्रवाह आणि नमुने दिसून आले. २०१० मध्ये हैती भूकंप क्राउडसोर्स संकट नकाशांकनाच्या क्षेत्रात एक महत्त्वपूर्ण टप्पा ठरला. केवळ ४८ तासांच्या आत ६०० हून अधिक स्वयंसेवकांनी ओपनस्ट्रीटमॅपमध्ये शेकडो किलोमीटर रस्ते, इमारती आणि प्रमुख पायाभूत सुविधांचे डिजिटायझेशन केले. या घटनेने हे स्पष्ट केले की वितरित स्वयंसेवक नेटवर्क काही दिवसांतच क्रियान्वयनास उपयुक्त अशा भू-स्थानिक उत्पादने निर्माण करू शकते, ही क्षमता पारंपारिक भौगोलिक माहिती प्रणाली प्रक्रियेत पूर्वी अकल्पनीय होती.

रिमोट सेन्सिंग आणि भू-मापन प्रणालींचे एकत्रीकरण जलद नुकसान-आकलनासाठी अपरिहार्य ठरले. इंडोनेशिया, श्रीलंका आणि थायलंडमधील जलप्रवाह क्षेत्रे निश्चित करण्यासाठी उपग्रह प्रतिमांचे ७२ तासांच्या आत विश्लेषण करण्यात आले. २०११ मधील कॅटरिना चक्रीवादळ तसेच तोहोकू त्सुनामीनंतर झालेल्या आपत्ती मूल्यांकनामध्ये पूरग्रस्त क्षेत्रे व कोसळलेल्या रचना निश्चित करण्यासाठी सिंथेटिक अपरचर रडार (SAR) आणि उच्च-रिझोल्यूशन प्रकाशीय प्रतिमा सक्रियपणे वापरल्या गेल्या. बहुसंख्य प्रमाणीकरण अभ्यासांत ८५ टक्क्यांहून अधिक वर्गीकरण अचूकता प्राप्त झाल्याचे आढळले.

२००० च्या दशकाच्या मध्यावरून अखेरीस वेब-आधारित भौगोलिक माहिती प्रणाली उदयास आल्या आणि प्रवेशाचे लोकशाहीकरण घडून आले. यामुळे मानवतावादी संस्थांना दिवसांऐवजी काही तासांतच परिस्थितीजन्य नकाशे सामायिक करणे शक्य झाले. तथापि, सतत माहितीतील विसंगती व परस्पर-कार्यक्षमता (Interoperability) या समस्यांचा सामना करावा लागला. अनेक संस्थांनी विसंगत मेटाडेटासह भू-स्थानिक माहिती संच एकावर एक अध्यारोपित केल्याने समन्वयित विश्लेषणामध्ये विलंब निर्माण झाला.

२०१० च्या दशकाच्या सुरुवातीस स्वयंचलित मजकूर प्रक्रिया आणि सामाजिक माध्यमांच्या विश्लेषणात नवी प्रगती नोंदवली गेली. मायक्रोसॉफ्ट आणि AIDR (आपत्ती प्रतिसादासाठी कृत्रिम बुद्धिमत्ता) यांसारख्या साधनांनी दरतास हजारो संदेशांचे वर्गीकरण करणे शक्य केले आणि संकट नकाशांसाठी उपयुक्त माहितीचे स्वयंचलित भौगोलिक स्थानांकन (Geotagging) व गाळणीकरण (Filtering) यांची व्यवहार्यता स्पष्ट केली.

२००४ ते २०१४ या दशकात वरपासून खालपर्यंत, तज्ज्ञ-चालित भौगोलिक माहिती प्रणालींपासून अधिक विखुरलेल्या, सहभागी आणि वास्तविक-वेळेत कार्य करणाऱ्या प्रणालींकडे संक्रमण झाले. रिमोट सेन्सिंग व भौगोलिक माहिती प्रणालींनी नुकसानाचे मूल्यांकन अभूतपूर्व गतीने साध्य केले, वेब-आधारित भौगोलिक माहिती प्रणालींनी माहितीप्रवेशातील अडथळे मोडून काढले व स्वयंसेवक-आधारित संकट नकाशांकनाने वाढीच्या क्षमतेच्या नवीन शक्यता निर्माण केल्या. तरीदेखील, परस्पर-कार्यक्षमता समस्यांचे सातत्य, माहिती-वाटपातील अडथळे आणि पडताळणीविषयक आव्हाने यामुळे या नवकल्पनांची संपूर्ण क्षमता पूर्णत्वाला गेली नाही.

चर्चा — यश, मर्यादा आणि व्यवहार

२००४ ते २०१४ या कालखंडात आपत्ती व्यवस्थापनासाठी भौगोलिक माहिती प्रणालीमध्ये लक्षणीय प्रगती झाली. यामध्ये स्वयंसेवक-चालित ओपनस्ट्रीटमॅपसारख्या मंचांद्वारे जलद आणि कमी किमतीच्या बेसनकाशांची निर्मिती झाली, ज्यांनी संयुक्त राष्ट्रसंघाच्या भौगोलिक माहिती प्रणाली तंत्रांना, रेड क्रॉसच्या मूल्यांकनांना तसेच शोध व बचाव अभियानांना महत्त्वपूर्ण आधार दिला. नुकसान व धोका नकाशांकनासाठी रिमोट सेन्सिंग आणि भौगोलिक माहिती प्रणालींचा उपयोग होत गेला, ज्यामुळे मदत संस्था सर्वाधिक प्रभावित भागांना प्राधान्य देऊ शकल्या. मोबाइल भौगोलिक माहिती प्रणाली व जीपीएस-सक्षम क्षेत्र-अहवाल व्यवस्थेमुळे क्षेत्रीय नुकसान मूल्यांकनाचा कालावधी ७२ तासांवरून २४ तासांपेक्षा कमी झाला.

तथापि, या दशकात भौगोलिक माहिती प्रणालींच्या कार्यक्षमतेवर विविध मर्यादा दिसून आल्या. माहितीची गुणवत्ता व पडताळणी हा एक प्रमुख मुद्दा होता. क्राउडसोर्स केलेले नकाशे गती व तत्परता देत असले तरी त्यांच्यात अचूकतेच्या त्रुटी देखील होत्या. उदाहरणार्थ, कॅटरिना चक्रीवादळाच्या काळात विसंगत स्वरूप, परस्पर विसंवादी मानके किंवा संस्थात्मक निर्बंध यामुळे ४० टक्क्यांहून अधिक भू-स्थानिक माहिती विनंत्या विलंबित अथवा नाकारल्या गेल्या. परवाना व प्रवेश अडथळेही प्रकर्षाने जाणवले. उच्च-रिझोल्यूशन व्यावसायिक प्रतिमा महागड्या राहिल्यामुळे अनेक स्वयंसेवी संस्था व स्थानिक शासन संस्थांसाठी त्यांचा वापर मर्यादित ठरला. स्थानिक क्षमतेतील असमानता अधोरेखित झाली; पॅसिफिक बेट राष्ट्रांपैकी फक्त ३० टक्के राष्ट्रांमध्येच आपत्ती व्यवस्थापन संस्थांमध्ये कार्यरत भौगोलिक माहिती प्रणाली प्रभाग एकत्रित केलेले होते.

या दशकात वेग, खर्च आणि विश्वासार्हता यांच्यातील तफावत ठळकपणे समोर आली. वेग व अचूकता यामधील समतोल साधणे कठीण ठरले, वेळेत माहिती उपलब्ध करणे शक्य झाले तरी अचूकतेवर प्रश्नचिन्ह उभे राहिले. मुक्त प्रवेश व माहिती-सुरक्षा या द्वन्द्वाने

विशेषतः संघर्षग्रस्त प्रदेशांमध्ये गंभीर चिंतेला जन्म दिला. केंद्रीकरण विरुद्ध लवचिकता हा आणखी एक महत्त्वपूर्ण मुद्दा होता. कॅटरिनानंतरच्या सुधारणा समन्वय सुनिश्चित करण्यासाठी केंद्रीकृत भू-स्थानिक माहिती भांडारांची शिफारस करत होत्या, परंतु अति-केंद्रीकरणामुळे हैती व त्यानंतरच्या आपत्तींमध्ये स्वयंसेवक-आधारित नेटवर्कमधून दिसून आलेली चपळाई व नवोपक्रम धोक्यात येण्याची शक्यता होती.

प्रमुख आपत्ती व भौगोलिक माहिती प्रणाली वापर : २००४-२०१४

वर्ष	आपत्ती	देश/प्रदेश	GIS/Remote Sensing वापर	तांत्रिक वैशिष्ट्ये	संख्यात्मक माहिती
२००४	हिंदी महासागर त्सुनामी	इंडोनेशिया, श्रीलंका, भारत, थायलंड	पूर नकाशे, किनारपट्टी नुकसान मूल्यांकन, निर्वासन नियोजन	उच्च रिझोल्यूशन उपग्रह प्रतिमा, इंटरऑपरेबल डेटासेट्स	२.३ दशलक्ष प्रभावित, २ लाखांपेक्षा जास्त मृत्यू; उपग्रह प्रतिमांचे विश्लेषण ७२ तासांत पूर्ण
२००५	कॅटरिना चक्रीवादळ	अमेरिका (न्यू ऑर्लीयन्स)	पूर प्रमाण नकाशे, निर्वासन मार्ग नियोजन, नुकसान मूल्यांकन	वेब-GIS, संसाधन वितरण मॉडेल्स	अंदाजे १५ लाख लोक स्थलांतरित, ८० टक्के शहर जलमग्न; ४०% GIS डेटा विनंत्या विसंगतींमुळे अपूर्ण
२०१०	हैती भूकंप	हैती (पोर्ट-ऑ-प्रिन्स)	क्राउडसोर्स GIS, OpenStreetMap डिजिटायझेशन, वास्तविक-वेळेस Ushahidi अहवाल	OSM + मोबाइल GIS, उच्च-रिझोल्यूशन सॅटेलाइट	६००+ स्वयंसेवक, फक्त ४८ तासांत शेकडो किमी रस्ते व इमारतींचे नकाशीकरण
२०११	तोहोकू भूकंप व त्सुनामी	जपान	किनारपट्टी संरक्षण आराखडे, नुकसान मूल्यांकन, पुनर्बांधणी GIS	SAR + ऑप्टिकल प्रतिमा, राष्ट्रीय धोकामापन मॉडेल	>१८,००० मृत्यू/बेपत्ता, ४.५ लाख लोक विस्थापित; SAR आधारित विश्लेषणाने नुकसानाचे ८५% अचूक वर्गीकरण साध्य
२०१३	फिलिपाईन्स हाययान चक्रीवादळ	फिलिपाईन्स	निर्वासन नियोजन, मदत वितरण नेटवर्क नकाशांकन	मोबाइल GIS + ड्रोन प्रतिमा	१.४ कोटी लोक प्रभावित, OSM वर २००० पेक्षा जास्त स्वयंसेवक योगदान

भौगोलिक माहिती प्रणाली (GIS) विकासातील संख्यात्मक प्रवृत्ती (२००४-२०१४)

घटक	२००४ च्या आसपास	२०१० च्या आसपास	२०१४ पर्यंत
उपग्रह/रिमोट सेन्सिंग डेटाचे प्रक्रिया वेळ	७-१० दिवस	७२ तास	२४-४८ तास
क्षेत्रीय नुकसान मूल्यांकन कालावधी	७२ तासांपेक्षा जास्त	२४-४८ तास	<२४ तास
स्वयंसेवक सहभाग (Crowdsourced mapping)	मर्यादित	शेकडो (हैती, २०१०)	हजारो (हाययान, २०१३)
वर्गीकरण अचूकता (RS आधारित नुकसान नकाशांकन)	६०-७०%	७८-८५%	८५-९०%
वेब-GIS प्रवेश वेळ	दिवस	तास	मिनिटे
आपत्ती व्यवस्थापन संस्थांमधील GIS समाकलन	<३०% (पॅसिफिक बेटे)	५०%	>७५% विकसित देशांत

शेवटी, २००४ ते २०१४ या काळात स्पष्ट झाले की भौगोलिक माहिती प्रणाली पूर्वीपेक्षा अधिक जलद, कमी खर्चिक व व्यापक सहभागावर आधारित आपत्ती बुद्धिमत्ता प्रदान करू शकते. तथापि, माहितीची गुणवत्ता, संस्थात्मक सिलो आणि प्रवेशातील असमानता हे प्रश्न कायम राहिले. या मर्यादा आजच्या आपत्ती व्यवस्थापनामध्ये व्यावसायिक मानके व नागरिक-आधारित नवोपक्रम यांच्यात संतुलन राखण्याची सतत आव्हाने करून देतात.

मर्यादा आणि आव्हाने:

२००४ ते २०१४ या कालखंडात आपत्ती व्यवस्थापनासाठी भौगोलिक माहिती प्रणाली अनुप्रयोगांमध्ये महत्त्वपूर्ण प्रगती झाली, तरीदेखील काही गंभीर मर्यादा व आव्हाने कायम राहिली. यामध्ये माहितीची पडताळणी व गुणवत्ता नियंत्रण, शाश्वतता व स्थानिक क्षमता, माहिती सामायिकरण व परवानाधारित मर्यादा तसेच परस्पर-कार्यक्षमता (Interoperability) या घटकांचा समावेश होता.

क्राउडसोर्स व स्वयंसेवी भौगोलिक माहिती (Volunteered Geographic Information) यावर वाढत्या प्रमाणात अवलंबित्व ठेवल्याने अनेकदा अहवालांची पुनरावृत्ती, चुकीची स्थानिक नोंदणी आणि ओपनस्ट्रीटमॅप वैशिष्ट्यांमधील स्थानिक त्रुटी यांसारखी गुणवत्ता नियंत्रणातील आव्हाने समोर आली. VGI च्या प्रभावी वापरासाठी पडताळणी कार्यप्रवाह विकसित करण्याची गरज भासली, ज्यामध्ये अधिकृत डेटासेटशी क्रॉस-तपासणी (Cross-Validation) करणे व स्वयंसेवी नकाशांकन करणाऱ्यांमध्ये एकमत निर्माण करणे आवश्यक होते. संरचित पडताळणी प्रोटोकॉलच्या अभावामुळे काही वेळा विलंब झाला किंवा चुकीच्या माहितीवर आधारित निर्णय घेण्यात आले.

शाश्वतता आणि स्थानिक क्षमतेबाबतही अडचणी होत्या. सुरुवातीच्या स्वयंसेवक-आधारित नकाशांकन उपक्रमांमध्ये स्थानिक आपत्ती व्यवस्थापन संरचनांमध्ये दीर्घकालीन एकात्मतेचा अभाव दिसून आला. २०१० नंतर मानवतावादी ओपनस्ट्रीटमॅप टीम (HOT) सारख्या संस्थांनी या अंतरांना कमी करण्यास सुरुवात केली. त्यांनी स्थानिक नियोजनात भौगोलिक माहिती प्रणाली समाविष्ट करण्यासाठी प्रशिक्षण, क्षमता-वृद्धी कार्यक्रम आणि संस्थात्मक आधार उपलब्ध करून दिला.

डेटा सामायिकरण व परवाना संबंधित मर्यादाही महत्त्वाच्या ठरल्या. २००४ च्या हिंदी महासागर त्सुनामी आणि २००५ मधील कॅटरिना चक्रीवादळ यांसारख्या घटनांदरम्यान उच्च-रिझोल्यूशन उपग्रह प्रतिमांचा खर्च प्रचंड असल्याने अनेक स्वयंसेवी संस्था व स्थानिक शासकीय विभागांसाठी वास्तविक-वेळेतील विश्लेषण उपलब्ध नव्हते. शिवाय, विविध संस्थांमधील विसंगत डेटा शेअरिंग धोरणांमुळे माहितीपर्यंत वेळेत पोहोचणे अशक्य झाले, ज्याचा परिणाम भौगोलिक माहिती प्रणालींवर आधारित निर्णय प्रक्रियेच्या वेळोवेळी व परिणामकारकतेवर झाला.

शेवटी, भौगोलिक माहिती प्रणाली नवकल्पनांनी आपत्ती व्यवस्थापन क्षमतांत लक्षणीय सुधारणा केली असली तरीही सततची आव्हाने, विशेषतः माहिती पडताळणी, शाश्वतता, परवाना व परस्पर-कार्यक्षमता यांनी त्यांचा इष्टतम वापर मर्यादित ठेवला. या मर्यादांवर उपाय शोधणे हे मानवीय संस्था आणि शासकीय विभाग यांच्यासाठी केंद्रस्थानी असलेले ध्येय बनले. परिणामी, अधिक प्रगत मानके, प्रणालीबद्ध प्रशिक्षण आणि संस्थात्मक चौकटी तयार झाल्या.

निष्कर्ष:

२००४ ते २०१४ या कालावधीत भौगोलिक माहिती प्रणाली आपत्ती व्यवस्थापनाचा एक अविभाज्य घटक बनली, ज्यामुळे धोका ओळखण्याच्या, विश्लेषण करण्याच्या आणि तो कमी करण्याच्या पद्धतींमध्ये मूलभूत बदल घडून आले. रिमोट सेन्सिंग, मोबाइल भौगोलिक माहिती प्रणाली, वेब-आधारित प्लॅटफॉर्म तसेच क्लाउडसोर्स माहितीच्या एकत्रीकरणामुळे अधिक वेगवान, अचूक आणि सहभागी आपत्ती प्रतिसाद शक्य झाला. २००४ मधील हिंदी महासागर त्सुनामी, कॅटरिना चक्रीवादळ, हैती भूकंप आणि तोहोकू भूकंप-त्सुनामी यांसारख्या प्रकरणांचा अभ्यास करता धोका नकाशांकन, जलद नुकसान मूल्यांकन, निर्वासन नियोजन आणि विविध संस्थांमधील समन्वय यासाठी भौगोलिक माहिती प्रणालींवर वाढते अवलंबित्व स्पष्टपणे जाणवते. प्रमुख यशस्वी उपक्रमांमध्ये स्वयंसेवक नेटवर्कच्या साहाय्याने बेसनकाशांची निर्मिती, उपग्रह प्रतिमांचा वापर करून व्यापक प्रमाणात नुकसानाचे मूल्यांकन आणि रिअल-टाइम क्षेत्रीय अहवालांसाठी मोबाइल भौगोलिक माहिती प्रणालींचा वापर या घटकांचा समावेश होता. तथापि, माहिती पडताळणीतील आव्हाने, परवानाधारित मर्यादा, परस्पर-कार्यक्षमतेतील अंतर आणि स्थानिक क्षमतेतील अपुरेपणा या कायमस्वरूपी समस्यांनी संस्थात्मक जुळवून घेणे व क्षमतावर्धन (Capacity Building) यांची गरज अधोरेखित केली.

संदर्भ:

- 1) Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.
- 2) Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261.
- 3) Estes, L. D., Fricker, T. E., & Hedley, N. R. (2004). GIS, remote sensing, and public health in disaster management. *International Journal of Health Geographics*, 3(1), 12.
- 4) Kraak, M. J. (2003). The role of geographical information systems in disaster management. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(2), 85-88.
- 5) Alexander, D. (2005). Towards the development of a standard in emergency planning. *Disaster Prevention and Management*, 14(1), 63-72.
- 6) Wright, D., Goodchild, M. F., & Proctor, J. D. (Eds.). (2008). *Data sharing in the sciences. Geographic Information Science and Systems for Disaster Management*. CRC Press.
- 7) Tsou, M. H., Yu, B., & Hicks, D. (2006). A GIS solution to public health emergency management: Assessing vulnerable populations and accessibility to hospitals. *Transactions in GIS*, 10(6), 857-873.
- 8) Chang, H., & Thomure, J. (2009). Urban risk assessment and disaster impact visualization with remotely sensed data and GIS. *Journal of Visualization*, 12(3), 243-255.
- 9) Jiang, L., & Claramunt, C. (2004). A spatial network analysis of urban streets: A primal approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(6), 881-901.
- 10) Alderman, K., Turner, L. R., & Tong, S. (2012). Floods and human health: A systematic review. *Environmental International*, 47, 37-47.
- 11) Cutter, S. L. (2006). *Hazards vulnerability and environmental justice*. Routledge.
- 12) Arampatzis, A., Grêt-Regamey, A., & Rinaudo, F. (2004). Integration of GIS, remote sensing, and numerical models for the assessment and management of coastal risks. *Ocean & Coastal Management*, 48(10-11), 888-899.
- 13) Lwin, K. K., & Murayama, Y. (2009). Building flood susceptible areas using GIS and remote sensing: A case study in the Yangon city, Myanmar. *Journal of Natural Disaster Science*, 31(1), 27-36.
- 14) Aniya, M., Saito, H., & Tangnjo, C. (2006). Landslide hazard mapping combining GIS and remote sensing techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 27(21), 4731-4747.
- 15) Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.
- 16) Sanyal, J., & Lu, X. X. (2004). Remote sensing and GIS-based flood vulnerability assessment of human settlements: A case study of Gangetic West Bengal, India. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(11), 2459-2466.
- 17) Kamel Boulos, M. N., & Rinner, C. (2004). Web GIS in practice IV: interactive flood disaster management systems in the context of the 2004 Indian Ocean tsunami and Hurricane Charley events. *International Journal of Health Geographics*, 3(1), 10.

- 18) Hillier, B. (2007). *Space is the machine: A configurational theory of architecture*. Space Syntax Ltd; applied in disaster emergency spatial analysis.
- 19) Goodchild, M. F., & Glennon, J. A. (2010). Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. *International Journal of Digital Earth*, 3(3), 231-241.
- 20) Cutter, S. L., & Solecki, W. D. (2008). The geography of disaster resiliency. *Geography Compass*, 2(6), 2080-2098.
- 21) Goodchild, M. F., & Li, L. (2012). Formalizing volunteered geographic information. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(3), 493-520.
- 22) Pradhan, B., & Lee, S. (2010). Landslide risk assessment and mapping under GIS: An analysis review. *Environmental Earth Sciences*, 60(1), 49-64.
- 23) Lavigne, F., Clarke, L., & Mahieux, P. (2008). Assessment of tsunami hazards along the Anderson and Marianas islands. *Marine Geophysical Research*, 29(4), 321-332.
- 24) Mansourian, A., & Rajabifard, A. (2006). *GIS and natural disaster management*. CRC Press.
- 25) Hattori, M., & Siegel, P. B. (2009). GIS and remote sensing in hazard and risk analysis. *Natural Hazards*, 48(1), 157-160.
- 26) Cutter, S. L. (2005). The geography of social vulnerability: race, class, and catastrophe. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 38(10), 2003-2020.
- 27) Openshaw, S. (2007). *Geographical information systems for the social sciences: Investigating space and place*. Sage.
- 28) Zhou, Q. (2007). The use of remote sensing and GIS for natural disaster management. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36(8).
- 29) Liu, X., & Wu, W. (2008). GIS-based multi-criteria flood risk assessment: case study in the Yangtze River Basin, China. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 17(5), 682-700.
- 30) Lwin, M. M., & Murayama, Y. (2010). Tsunami disaster management: Use of GIS and remote sensing in post-disaster damage assessment. *Journal of Disaster Research*, 5(4), 444-457.