Akshardhara Research Journal
Single Blind Peer-Reviewed & Refereed International Research Journal
E ISSN -3048-8095 / Bimonthly / SJIF Impact- 3.4 / September-2025/ Special Issue 02 Volume I (A)

47

आपत्ती व्यवस्थापनात विज्ञानाची भूमिका

प्रा. डॉ. बालाजी विठ्ठलराव पवार
सहयोगी प्राध्यापक, इतिहास विभाग प्रमुख
दादासाहेब दिगंबर शंकर पाटील कला, वाणिज्य, व विज्ञान महाविद्यालय, एरंडोल, जळगाव

प्रास्ताविक :

मानव इतिहासात आपत्ती (Disaster) ही सततची सोबत आहे. भूकंप, पूर, दुष्काळ, चक्रीवादळ, आगीसारख्या नैसर्गिक आपत्तीपासून ते औद्योगिक दुर्घटना, रासायनिक गळती, अणुऊर्जा अपघात, सायबर हल्ले अशा मानवनिर्मित आपत्तीपर्यंत अनेक प्रकारांचा अनुभव जगाने घेतला आहे. या आपत्तीमुळे मानवी जीवितहानी, मालमत्ता-नाश, पर्यावरणीय हानी व सामाजिक असंतुलन निर्माण होते.अशा परिस्थितीत आपत्ती व्यवस्थापन (Disaster Management) हा केवळ प्रशासनाचा विषय नसून विज्ञान व तंत्रज्ञानाचा सक्रिय उपयोग करणे अत्यावश्यक आहे. आजच्या युगात हवामानशास्त्र, भूकंपशास्त्र, रिमोट सेन्सिंग, भू-स्थानिक माहिती प्रणाली (GIS), उपग्रह संचार, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, रोबोटिक्स, बायोटेक्नॉलॉजी, वैद्यक, सायबर-सुरक्षा यांसारखी वैज्ञानिक साधने आपत्ती व्यवस्थापनाचा कणा बनली आहेत. विज्ञानामुळे आपत्तीची पूर्वसूचना, आपत्ती-नियोजन, बचावकार्य, पुनर्वसन व पुनर्बांधणी या सर्व टप्प्यांमध्ये कार्यक्षमता व वेग वाढतो.म्हणूनच "आपत्ती व्यवस्थापनात विज्ञानाची भूमिका" हा अभ्यास समाज, शासन व विज्ञान या तिन्ही क्षेत्रांसाठी एक महत्त्वाचा शोधविषय ठरतो. आपत्ती व्यवस्थापन म्हणजे धोका, असुरक्षितता व परिणाम कमी करण्यासाठी धोरणे, तंत्रज्ञान व संस्थात्मक व्यवस्था एकत्रितपणे वापरण्याची सततची प्रक्रिया असून भारतात 2005 च्या आपत्ती व्यवस्थापन कायद्यानंतर NDMA, SDMA व DDMA यांची संस्थात्मक उभारणी होऊन राष्ट्रीय पातळीवर विज्ञानाधिष्ठित नियोजन, पूर्वसूचना व प्रतिसाद प्रणालींना चालना मिळाली आहे. या सर्व प्रक्रियेत उपग्रह दूरसंवेदीकरण, हवामानशास्त्र, भू-स्थानिक माहिती प्रणाली, संख्यात्मक मॉडेलिंग व संप्रेषण नेटवर्क यांची एकात्मिक भूमिका निर्णायक बनली आहे.

अर्थ व व्याख्या :

अर्थ : आपत्ती व्यवस्थापन म्हणजे विविध प्रकारच्या आपत्तींपासून मानवजीवन, पर्यावरण व मालमत्ता यांचे संरक्षण करण्यासाठी तयार केलेली सर्वसमावेशक योजना, कार्यवाही व धोरणे.

व्याख्या : संयुक्त राष्ट्र संघटनेनुसार – "आपत्ती व्यवस्थापन म्हणजे आपत्ती टाळणे, त्याची तयारी करणे, प्रतिसाद देणे व आपत्तीपश्चात पुनर्बांधणी या सर्व टप्प्यांतील शासकीय, सामाजिक व वैयक्तिक प्रयत्नांची एकात्मिक प्रक्रिया होय."

UNDRR च्या संज्ञेनुसार आपत्ती-धोके जैविक, भूगर्भीय/भूभौतिक, जल-वायुमंडलीय, तंत्रज्ञानाधारित व पर्यावरणीय प्रक्रियांशी संबंधित असतात; आपत्ती ही त्या धोका व असुरक्षितता यांच्या परस्परसंवादातून होणारी मोठ्या प्रमाणावरची हानी वा बाधा होय. भारताचा आपत्ती व्यवस्थापन कायदा 2005 मध्ये राष्ट्रीय-राज्य-जिल्हा स्तरांवरील अधिकार, योजनांची चौकट व किमान मदतमानके आदींचे स्पष्ट अधिनियमन केले आहे. CBSE च्या संदर्भग्रंथात शालेय स्तरापासून "Together Towards a Safer India" या संकल्पनेद्वारे व्याख्या, घटक व शैक्षणिक अंगाचा सुबोध आढावा दिला आहे.

उद्देश :

1. मानवी जीवित व मालमत्ता हानी कमी करणे.
2. आपत्तीची पूर्वसूचना व तयारी वाढवणे.
3. आपत्तीच्या परिणामांवर वैज्ञानिक नियंत्रण ठेवणे.
4. वेगवान व अचूक बचावकार्य सुलभ करणे.
5. पीडितांच्या आरोग्य व पुनर्वसनास मदत करणे.
6. पर्यावरणाचे रक्षण व पुनर्बांधणी साधणे.
7. शासकीय व सामाजिक यंत्रणा अधिक सक्षम करणे.
8. माहिती व संचार तंत्रज्ञानाचा परिणामकारक उपयोग करणे.
9. आपत्ती-प्रतिकारक पायाभूत सुविधा उभारणे.
10. शाश्वत विकास साधताना आपत्ती-जोखीम कमी करणे.

मूलभूत उद्देश जीवन, उपजीविका, आरोग्य व सामाजिक-आर्थिक मालमत्तेतील हानी लक्षणीय कमी करणे आणि "Build Back Better" च्या तत्त्वावर पुनर्बांधणी साधणे आहे. NDMA चा उद्देश राष्ट्रीय धोरणे, योजना व मार्गदर्शक तत्त्वांद्वारे प्रभावी प्रतिसाद व लवचिकता

(resilience) वृद्धिंगत करणे हा आहे. त्यासाठी पूर्वसूचना, जोखमीचे आकलन, शासकीय कारभारातील मजबुती आणि गुंतवणुकीतून जोखमीचे कमीकरण हे प्रमुख स्तंभ मानले जातात.

उद्दिष्टे :

1. आपत्ती व्यवस्थापनातील वैज्ञानिक साधनांची उपयुक्तता तपासणे.
2. आपत्ती-पूर्व सूचना प्रणालींची कार्यक्षमता समजून घेणे.
3. GIS, रिमोट सेन्सिंग, उपग्रह तंत्रज्ञानाचे योगदान अभ्यासणे.
4. हवामान बदलामुळे निर्माण होणाऱ्या आपत्तींचा अभ्यास करणे.
5. आपत्ती नंतरच्या पुनर्बांधणीमध्ये वैद्यकीय विज्ञान व बायोटेक्नॉलॉजीची भूमिका तपासणे.
6. सायबर-सुरक्षा व माहिती विज्ञानाच्या अंगाने आपत्ती व्यवस्थापनाचा अभ्यास करणे.
7. रोबोटिक्स व ड्रोन तंत्रज्ञानाची मदत किती होते हे शोधणे.
8. भारतातील आपत्ती व्यवस्थापन प्राधिकरण (NDMA) व त्याचे वैज्ञानिक दृष्टिकोन समजणे.
9. समाजाला आपत्ती-प्रतिकारक बनविण्यासाठी वैज्ञानिक धोरण सुचवणे.
10.पूर्वसूचना प्रणालींचे जाळे विस्तारणे व सर्वसमावेशक पद्धतीने लोकांपर्यंत वेळेवर सूचना पोहोचवणे.
11. शोध-बचाव व त्वरित प्रतिसाद क्षमता (NDRF/SDRF/स्थानिक) सातत्याने प्रशिक्षित करून सक्षम करणे.
12.आरोग्य, पाणी, स्वच्छता, अन्नपुरवठा व निवारा यांची सातत्यता राखण्यासाठी सुसज्जता व साखळी व्यवस्थापन करणे.
13. आपत्ती नंतर “Build Back Better” तत्त्वावर पुनर्वसन, पुनर्बांधणी व धडे आत्मसात करणे.

गृहीतके :

1. उपग्रह व GIS प्रणालींमुळे आपत्ती-पूर्व सूचना अधिक अचूक मिळते.
2. चक्रीवादळांची चार-स्तरीय चेतावणी शृंखला स्थानिक प्रशासनातील त्वरित कृती व आखणीची सुस्पष्टता वाढवते.
3.विज्ञानाधिष्ठित अभ्यासक्रम व जनजागृती कार्यक्रम आपत्तीपूर्व तयारी व आचरण सुधारतात.
4.संस्थात्मक समन्वय (NDMA–SDMA–DDMA–NDRF) सुसंघटित असल्यास प्रतिसादाचा वेळ व हानी दोन्ही कमी होतात.
5.तांत्रिक नवकल्पना (DTH आधारित चेतावणी, दूरसंचार redundancy) संदेश-वितरणातील अडथळे कमी करतात.
6. आपत्ती व्यवस्थापनात विज्ञानाचा वापर केल्यास जीवितहानी कमी होते.
7. हवामानशास्त्रीय माहितीमुळे पूर-चक्रीवादळ नियंत्रित करणे शक्य होते.
8. भूकंप-नकाशे व सिस्मिक सेन्सरने भूकंप-जोखीम कमी करता येते.
9. रोबोटिक्स व ड्रोनमुळे बचावकार्य जलद होते.
10. बायोटेक्नॉलॉजीमुळे आपत्तीपश्चात आरोग्य समस्यांवर मात करता येते.
11. सायबर तंत्रज्ञानामुळे माहिती व्यवस्थापन सुरक्षित होते.
12. विज्ञानाशिवाय आधुनिक आपत्ती व्यवस्थापन अपूर्ण आहे.
13. वैज्ञानिक साधनांचा योग्य उपयोग न केल्यास मोठे नुकसान होऊ शकते.
14. विज्ञान व समाज यांचे समन्वयित प्रयत्नच आपत्ती व्यवस्थापनात यशस्वी ठरतात.

संशोधन पद्धती :

शोधनिबंधामध्ये वर्णनात्मक, विश्लेषणात्मक, पद्धतीचा उपयोग केला आहे. सद्यस्थितीत उपलब्ध असलेल्या काही लौकिक साधनांचा उपयोग केला. त्यात काही मुलाखत,प्राथमिक व दुय्यम साधने समाविष्ट आहेत.तसेच संदर्भ ग्रंथ, इंटरनेट, वेबसाईट, वृत्तपत्रे, साप्ताहिके या दुय्यम साधनांचा सुद्धा उपयोग या मांडणीसाठी केला आहे.

आपत्ती व्यवस्थापनाचे महत्त्व व परिणाम :

आपत्ती व्यवस्थापनामुळे जीवितहानी, आर्थिक तोटा व पायाभूत सुविधांवरील परिणाम कमी करण्याची क्षमता वाढते. संस्थात्मक चौकट, पूर्वसूचना व जनसहभाग यांचा एकत्रित प्रभाव समाज-उद्योग-शेती-आरोग्य व्यवस्थांवर सकारात्मक पडतो. परिणामांचे शाश्वतीकरण “Build Back Better” मार्गे होते, ज्यामुळे पुढील जोखीमेची पातळीही घटते.

1. मानवी जीविताचे रक्षण होते.,2. आर्थिक व सामाजिक नुकसान कमी होते.,3. विकास प्रक्रियेला सातत्य मिळते.,4.पर्यावरणीय संतुलन राखले जाते.,5. पीडितांना त्वरित मदत व पुनर्वसन मिळते.,6. राष्ट्रीय सुरक्षा व सामाजिक स्थैर्य टिकून राहते.,7. आपत्तीला प्रतिसाद देण्याची मानसिक तयारी होते.

आपत्ती निर्माण होण्याची कारणे व त्याचे प्रकार :

UNDRR नुसार प्रमुख आपत्ती-प्रकार: जैविक (उदा., साथरोग), भूगर्भीय/भूभौतिक (भूकंप, ज्वालामुखी, भू-स्खलन), जल-वायुमंडलीय (चक्रीवादळ, पूर, दुष्काळ), तांत्रिक/उद्योगजन्य (रासायनिक गळती, अणुऊर्जा अपघात), तसेच पर्यावरणीय प्रेरक घटक अशा श्रेणींमध्ये मोडतात. या घटनांची तीव्रता मानवी वस्ती, पायाभूत सुविधा, पर्यावरणीय ऱ्हास व नियोजन-अभावाशी परस्परक्रियेतून वाढते. त्यामुळे "धोका × उघडीव (exposure) × असुरक्षितता" ही जोखीम-समज विज्ञानाधिष्ठित धोरणांची पायाभरणी ठरते .

कारणे : 1. नैसर्गिक घटक – हवामान, भूकंप, ज्वालामुखी.,2. मानवनिर्मित घटक – औद्योगिक अपघात, प्रदूषण, दहशतवाद.,3. हवामान बदल – ग्लोबल वॉर्मिंग, समुद्र पातळी वाढ.,4. शहरीकरण व अव्यवस्थित नियोजन.,5. तांत्रिक बिघाड, ऊर्जा अपघात.

प्रकार :

1.नैसर्गिक आपत्ती: भूकंप, पूर, दुष्काळ, चक्रीवादळ, भूस्खलन.

2.मानवनिर्मित आपत्ती: औद्योगिक दुर्घटना, रासायनिक गळती, अणु अपघात.

3.जैविक आपत्ती: महामारी, विषाणू-संसर्ग, जैव दहशतवाद.

4.तांत्रिक/सायबर आपत्ती: डेटालिक, वीज-यंत्रणा अपयश.

आपत्ती व्यवस्थापनातील विज्ञानाची भूमिका :

ISRO च्या Disaster Management Support Programme अंतर्गत उपग्रह-डेटावर आधारित धोका-असुरक्षितता-जोखीम (HVR) मूल्यांकन, मॉनिटरिंग, नुकसान-मूल्यांकन व पूर/चक्रीवादळ/भूस्खलन/वनाग्नींच्या प्रारंभिक चेतावण्या विकसित केल्या जातात. IAA च्या अभ्यासानुसार दूरसंवेदी व GIS पूर-मैदाने, चक्रीवादळ ट्रॅक/तीव्रता, भू-स्खलन क्षेत्रे, दुष्काळ मॉनिटरिंग, संकट नकाशीकरण व पुनर्वसन नियोजनात निर्णायक ठरतात. IMD ची बहुस्तरीय चक्रीवादळ चेतावणी जाळी व SOPs संख्यात्मक हवामान अंदाज, उपग्रह/रडार/बॉय डेटा व प्रसारण नेटवर्कद्वारे परिणामकारक पूर्वसूचना देतात.

1. पूर्वसूचना प्रणाली: हवामान अंदाज, भूकंप सेन्सर्स, उपग्रह.
2. GIS व रिमोट सेन्सिंग: आपत्ती-जोखीम नकाशे, प्रभावित भाग शोधणे.
3. माहिती व संचार तंत्रज्ञान: मोबाइल अलर्ट, ॲप्स, इंटरनेट.
4. वैद्यकीय विज्ञान: आपत्कालीन सेवा, लस, औषधे.
5. रोबोटिक्स व ड्रोन: शोध व बचाव मोहिमा.
6. बायोटेक्नॉलॉजी: पाणी शुद्धीकरण, अन्न उत्पादन, औषधनिर्मिती.
7. सायबर विज्ञान: माहिती सुरक्षित ठेवणे.
8. पर्यावरण विज्ञान: हवामान बदल नियंत्रण, शाश्वत नियोजन.
9. अभियांत्रिकी विज्ञान: भूकंप-प्रतिरोधक इमारती.
10. AI व बिग डेटा: आपत्तीचा अंदाज व त्वरित निर्णय.

आपत्ती व्यवस्थापनाचे फायदे :

1.विज्ञानाधिष्ठित पूर्वसूचना व जोखीम नकाशीकरणामुळे स्थलांतर, बचाव, निवारा व पुरवठा-साखळी निर्णय जलद व नेमके होतात .

2.उपग्रह व हवामान-रडार यांच्या एकत्रित वापरामुळे पूर/चक्रीवादळ स्थितीचे वास्तविक-वेळेतील मागोवा व नुकसान-आकलन सक्षम होते.

3. Sendai-आधारित गुंतवणुकींमुळे पायाभूत सुविधांची लवचिकता वाढून दीर्घकालीन आर्थिक-सामाजिक तोटा कमी होतो.

4.जीवित व संपत्तीची बचत.5.प्रशासन व समाजाचा आत्मविश्वास वाढतो. 6.आपत्ती-प्रतिकारक समाजाची निर्मिती.7.आर्थिक स्थैर्य टिकविण्यास मदत.8.शाश्वत विकासाला चालना.

आपत्ती व्यवस्थापनाचे तोटे / मर्यादा :

1. उच्च-तंत्रज्ञानावर अवलंबित्व, पायाभूत खर्च व देखभालीची गरज ही अंमलबजावणीतील व्यावहारिक अडचणी ठरू शकतात.
2. जुन्या प्रसारण-माध्यमांतील अडथळे/खंडितता व डिजिटल दरीमुळे सूचनांचे सार्वत्रिक व समकालीन प्रसारण कठीण होऊ शकते.
3. संस्थात्मक समन्वय व संसाधन-वाटपातील गुंतागुंत वेळेवर निर्णय-प्रक्रियेवर परिणाम करू शकते, जरी कायदे/धोरणे चौकट देत असली तरी.

4.वैज्ञानिक साधनांची कमतरता किंवा अपुरेपणा.5.तांत्रिक बिघाडामुळे चुकीची सूचना मिळणे.6.खर्चिक उपकरणे व पायाभूत सुविधा.7.मानवी दुर्लक्ष व भ्रष्टाचार. 8.काही ठिकाणी विज्ञान व समाज यांचा समन्वय कमी.

आपत्ती व्यवस्थापनातील सद्य प्रस्तुतता : आपत्ती-जोखीम कमीकरण हा जागतिक प्राधान्य विषय राहिला आहे. 2024-25 मध्ये ISRO ने पूर, भू-स्खलन व चक्रीवादळांसाठी उच्च-वारंवारता निरीक्षण, पूर्वसूचना व नकाशे संस्थांना पुरवून प्रत्यक्ष प्रतिसाद-कार्यात विज्ञानाचा परिणाम दर्शविला आहे. IMD चे अद्ययावत चक्रीवादळ नेटवर्क, बुलेटिन्स व इंटरॅक्टिव्ह ट्रॅकिंग 2025 मध्येही सुसंगत, बहुस्रोत डेटा-आधारित पूर्वानुमान पुरविते.

आज भारतात राष्ट्रीय आपत्ती व्यवस्थापन प्राधिकरण (NDMA) कार्यरत आहे. इस्रो उपग्रह, भारतीय हवामान विभाग, रडार प्रणाली, GIS नकाशे यांचा मोठ्या प्रमाणात वापर होतो. कोविड-१९ महामारीने दाखवून दिले की, बायोटेक्नॉलॉजी, टेलीमेडिसिन व डिजिटल विज्ञानाशिवाय आपत्ती-व्यवस्थापन अपूर्ण आहे.

जगभरात "Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030" अंतर्गत विज्ञान व तंत्रज्ञान महत्त्वपूर्ण स्तंभ मानले गेले आहेत.

सारांश :

विज्ञान हे आपत्ती व्यवस्थापनाचे **हृदय** आहे—धोका-समज, पूर्वसूचना, प्रतिसाद, पुनर्वसन आणि "Build Back Better" यांना उपग्रह, हवामानशास्त्र, GIS, संख्यात्मक मॉडेलिंग व संप्रेषण-तंत्रज्ञान आधार देतात. भारतातील NDMA-नेतृत्वाखालील कायदेशीर-संस्थात्मक चौकट आणि IMD/ISRO सारख्या विज्ञान-तंत्र संस्थांमुळे पूर्वाआयोजन व कृती-क्षमतेत गुणात्मक उन्नती साध्य झाली आहे. Sendai Framework च्या चार प्राधान्य-क्षेत्रांनुसार गुंतवणूक व समुदाय-सहभाग वाढविला तर भविष्यातील जोखीम आणि हानी दोन्ही कमी करणे शक्य होते.

आपत्ती व्यवस्थापन ही आधुनिक समाजाची अपरिहार्य गरज आहे. नैसर्गिक व मानवनिर्मित आपत्तींचे स्वरूप अधिक गुंतागुंतीचे होत चालले आहे. विज्ञान व तंत्रज्ञानाच्या वापरामुळे पूर्वसूचना, जोखीम नकाशे, बचावकार्य, पुनर्वसन व पुनर्बांधणी या सर्व टप्प्यांत कार्यक्षमता व यश मिळते. उपग्रह, GIS, रोबोटिक्स, वैद्यकीय विज्ञान, बायोटेक्नॉलॉजी, AI यांचा प्रभावी उपयोग केल्यास आपत्तीचे परिणाम लक्षणीयरीत्या कमी करता येतात. मात्र यासाठी वैज्ञानिक साधने, शासन व्यवस्था व समाज यांचा सुसंवाद अत्यावश्यक आहे. विज्ञानाचा प्रभावी उपयोग केल्यास आपत्ती-प्रतिरोधक, सुरक्षित व शाश्वत समाजाची निर्मिती शक्य आहे.

ग्रंथसूची :

1. डॉ. रमेश व्ही. भोळे, डॉ. प्रतिभा टी. पाटील, डॉ. सहदेव एस. जाधव "आपत्ती व्यवस्थापन". Atharva Publications, 2020.
2. डॉ. शंकरराव कदम, आपत्ती व्यवस्थापन, Diamond publications, पुणे, 2015.
3. डॉ. सुभाष भोसले,नैसर्गिक आपत्ती व विज्ञान, Continental Prakashan,पुणे, 2018.
4. डॉ. दिलीप कुलकर्णी,आपत्ती विज्ञान व व्यवस्थापन,प्रगती प्रकाशन,औरंगाबाद, 2020.
5. डॉ. महेश कुमार,आपदा प्रबंधन, हिंदी ग्रंथ अकादमी, दिल्ली,2012.
6. डॉ. सुरेश चौधरी,आपदा विज्ञान और प्रबंधन, राजस्थानी प्रकाशन, जयपुर, 2017.
7. डॉ. अर्चना मिश्रा,आपदा प्रबंधन की आधारशिला, भारती प्रकाशन, वाराणसी, 2019.
8. डॉ. अशोक वर्मा,प्राकृतिक आपदाएँ और प्रबंधन, अरिहंत पब्लिकेशन, नई दिल्ली, 2010.
9. UNDRR, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, 2015.
10. Government of India. The Disaster Management Act, 2005. New Delhi.
11. NDMA (Govt. of India). Introduction (NDMA). 2025. New Delhi.
12. A.K. Srivastava, Text Book of Disaster Management. Scientific Publishers, 2021.
13. Coppola, D. P. – Introduction to International Disaster Management – 2007 – Elsevier, USA.
14. Alexander, David – Principles of Emergency Planning and Management – 2002 – Oxford University Press, UK.
15. Wisner, B. et al. – At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters – 2004 – Routledge, London.
16. Kelman, Ilan – Disaster by Choice – 2020 – Oxford University Press, UK.
17. Smith, K. – Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster – 2013 – Routledge, London.