Crisis management studies

4

Vol. 16
Summer 2024

Research Paper

Received:
11 September 2024
Revised:
10 November 2024
Accepted:
01 November 2024
Published:
20 Decmber 2024
P.P: 91-109

ISSN: 2008-3564
E-ISSN: 2645-5258

Modern Management of Natural Disasters with an Artificial Intelligence Approach Using Fuzzy Logic and Data Mining Processes

Hamed Asghari*[1] | Hadi Zakari [2]*

Abstract

The present study examines the applications of artificial intelligence in the management of natural disasters and the associated challenges. The aim of this research is to identify and analyze the role of artificial intelligence, particularly deep learning algorithms and convolutional neural networks (CNNs), in improving the prediction and identification of natural disasters. The findings indicate that remote sensing technologies play a key role in detecting wildfires and predicting earthquakes, and they can assist in enhancing firefighting operations and damage assessment. However, challenges such as data quality and accessibility in underserved areas, as well as limitations in the generalizability of deep learning models, require further attention and improvement. Optimizing early warning systems (EWS) using artificial intelligence and explainable artificial intelligence (XAI) can enhance the processes of prediction and response to disasters. This research also suggests that the use of risk assessment systems, such as the Bowtie method, can help visualize causal relationships in high-risk scenarios. Ultimately, this study serves as a reference for future research in the field of natural disaster management and the optimization of early warning systems, and it can contribute to increasing the resilience of vulnerable communities.

Keywords: Artificial Intelligence, Disaster Prediction, Deep Learning, Disaster Management, Risk Reduction.

1. Master of Crisis Management, Malek Ashtar University, Tehran, Iran.
2. Corresponding author: Passive Defense Complex of Malek Ashtar University, Tehran, Iran
zakeri_hadi@mut.ac.ir

Cite this Paper: Asghari, H & Zakeri, H (2024). Modern Management of Natural Disasters with an Artificial Intelligence Approach Using Fuzzy Logic and Data Mining Processes. ***Crisis management studies***, 4(16), 91–109.

Publisher: Imam Hussein University

© **Authors**

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) .

مطالعات مدیریت بحران

مدیریت نوین بلایای طبیعی با رویکرد هوش مصنوعی و استفاده از منطق فازی و فرایند داده‌کاوی

حامد اصغری [۱] | هادی ذاکری [۲*]

٤
دوره شانزدهم
زمستان ۱٤۰۳

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰٦/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۳/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰۹/۱۰
تاریخ انتشار: ۱٤۰۳/۰۹/۳۰
صص: ۱۰۹-۹۱

شاپا چاپی: ۳۵٦٤-۲۰۰۸
الکترونیکی: ۵۲۵۸-۲٦٤۵

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت بلایای طبیعی و چالش‌های مرتبط با آن می‌پردازد. هدف این تحقیق، شناسایی و تحلیل نقش هوش مصنوعی، به‌ویژه الگوریتم‌های یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN)، در بهبود پیش‌بینی و شناسایی بلایای طبیعی است. یافته‌ها نشان می‌دهند که فناوری‌های سنجش‌ازدور در تشخیص آتش‌سوزی و پیش‌بینی زلزله نقش کلیدی دارند و می‌توانند به بهبود عملیات اطفای حریق و ارزیابی خسارت کمک کنند. بااین‌حال، چالش‌هایی نظیر کیفیت و دسترسی به داده‌ها در مناطق محروم و ضعف‌های موجود در قابلیت تعمیم مدل‌های یادگیری عمیق، نیاز به توجه و بهبود بیشتری دارند. بهینه‌سازی سیستم‌های هشدار زودهنگام (EWS) با استفاده از هوش مصنوعی و تفسیرپذیری هوش مصنوعی (XAI) می‌تواند فرآیندهای پیش‌بینی و پاسخ به بلایا را بهبود بخشد. این تحقیق همچنین پیشنهاد می‌کند که استفاده از سیستم‌های ارزیابی ریسک مانند روش Bowtie می‌تواند به تجسم روابط علی در موارد پرخطر کمک کند. در نهایت، این تحقیق به‌عنوان یک مرجع برای پژوهش‌های آینده در زمینه مدیریت بلایای طبیعی و بهینه‌سازی سیستم‌های هشدار زودهنگام عمل می‌کند و می‌تواند به افزایش تاب‌آوری جوامع آسیب‌پذیر کمک کند.

کلیدواژه‌ها: هوش مصنوعی، پیش‌بینی بلایا، یادگیری عمیق، مدیریت بلایا، کاهش مخاطرات.

۱. کارشناسی ارشد مدیریت بحران دانشگاه مالک اشتر،تهران ، ایران.
۲. نویسنده مسئول: مجتمع پدافند غیرعامل دانشگاه مالک اشتر، تهران، ایران. zakeri_hadi@mut.ac.ir

استناد: اصغری ، حامد و ذاکری ، هادی (۱۴۰۳). مدیریت نوین بلایای طبیعی با رویکرد هوش مصنوعی و استفاده از منطق فازی و فرایند داده‌کاوی ، **مطالعات مدیریت بحران** ، ۴(۱۶)، ۱۰۹-۹۱.
DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.27173674.1403.5.1.1.3
ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

نویسندگان
این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.

۱-مقدمه

مدیریت بحران بلایای طبیعی در ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و تنوع اقلیمی کشور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وقوع مکرر زلزله، سیلاب و رانش زمین خسارات زیادی به زیرساخت‌ها و جان افراد وارد می‌کند. طبق گزارش‌های اخیر، ایران در یک منطقه زلزله‌خیز واقع شده و به طور متوسط سالانه حدود ۲۰۰۰ زلزله با شدت‌های مختلف را تجربه می‌کند (پنتیک و زیدان، ۲۰۲۰). این وضعیت، ضرورت برنامه‌ریزی و آمادگی برای مدیریت بحران را بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد. باتوجه‌به تغییرات اقلیمی و افزایش شدت بلایای طبیعی، نیاز به یک سیستم مدیریت بحران کارآمد و پاسخگو احساس می‌شود (وردینیاس و همکاران، ۲۰۲۰). مطالعات پیشین نشان می‌دهند که خسارات ناشی از بلایای طبیعی در ایران به میلیاردها تومان می‌رسد و این موضوع نیاز به بررسی و تحلیل دقیق‌تری دارد. همچنین، باتوجه‌به چالش‌های موجود در مدیریت بحران، استفاده از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی می‌تواند به بهبود فرآیندهای مدیریت بحران کمک کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی مدیریت بحران بلایای طبیعی از جنبه‌های نظری و عملی اهمیت زیادی دارد؛ از یک سو، این موضوع می‌تواند به توسعه نظریه‌های جدید در حوزه مدیریت بحران و بهبود روش‌های موجود کمک کند و از سوی دیگر، به‌کارگیری راهکارهای نوین می‌تواند به کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از بلایای طبیعی منجر شود. به‌ویژه، استفاده از داده‌های کلان و تکنیک‌های هوش مصنوعی می‌تواند به شناسایی و پیش‌بینی بلایا و بهبود واکنش‌های سریع در زمان بحران کمک کند (گودینز و همکاران، ۲۰۲۱). در نهایت، این مقاله به بررسی کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت بحران بلایای طبیعی در ایران می‌پردازد و به دنبال ارائه راهکارهایی برای بهبود سیستم‌های مدیریت بحران با استفاده از فناوری‌های نوین است.

۱-۱- بیان مسئله

ایران به‌عنوان کشوری با موقعیت جغرافیایی خاص و تنوع اقلیمی، به طور مکرر با بلایای طبیعی نظیر زلزله، سیلاب و رانش زمین مواجه است. این بلایا نه‌تنها خسارات مالی قابل‌توجهی به بار می‌آورند، بلکه جان هزاران نفر را نیز تهدید می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، طبق آمار، ایران به طور متوسط سالانه حدود ۲۰۰۰ زلزله با شدت‌های مختلف را تجربه می‌کند و خسارات ناشی از بلایای طبیعی

در سال‌های اخیر به میلیاردها تومان رسیده است (پرتیک و همکاران، ۲۰۲۰). باتوجه‌به تغییرات اقلیمی و افزایش شدت بلایای طبیعی، ضرورت یک سیستم مدیریت بحران کارآمد و پاسخگو بیش‌ازپیش احساس می‌شود. در این راستا، استفاده از فناوری‌های نوین، به‌ویژه هوش مصنوعی، می‌تواند به بهبود فرآیندهای مدیریت بحران کمک کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۰). این مقاله به بررسی کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت بحران بلایای طبیعی در ایران می‌پردازد و اهداف اصلی آن شامل شناسایی و تحلیل کاربردهای هوش مصنوعی در پیش‌بینی و مدیریت بلایای طبیعی، بررسی چالش‌ها و محدودیت‌های موجود در استفاده از هوش مصنوعی در این حوزه، و ارائه راهکارهایی برای بهبود سیستم‌های مدیریت بحران با استفاده از داده‌های کلان و تکنیک‌های هوش مصنوعی است. مقاله به‌صورت زیر سازماندهی شده است: ابتدا به بررسی وضعیت کنونی بلایای طبیعی در ایران و خسارات ناشی از آن‌ها پرداخته می‌شود، سپس کاربردهای هوش مصنوعی در مراحل مختلف مدیریت بحران، از جمله شبیه‌سازی، شناسایی و پیش‌بینی، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه، چالش‌های موجود در استفاده از هوش مصنوعی و راهکارهای پیشنهادی برای بهبود مدیریت بحران ارائه می‌شود. در نهایت، سوال اصلی این است که چگونه می‌توان از هوش مصنوعی برای بهبود مدیریت بحران بلایای طبیعی در ایران بهره‌برداری کرد؟

۲- مبانی نظری پژوهش

۲-۱- تعریف مدیریت بحران

مدیریت بحران به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و فرآیندها اطلاق می‌شود که به‌منظور پیشگیری، آمادگی، پاسخ و بازسازی در برابر بلایای طبیعی و غیرطبیعی طراحی شده‌اند. این مدیریت شامل شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک، برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات لازم برای کاهش خسارات و آسیب‌ها است (اندرسن و همکاران، ۲۰۱۹). در این راستا، نظریه‌های مختلفی در حوزه مدیریت بحران وجود دارد که به تحلیل و بررسی ابعاد مختلف این موضوع می‌پردازند.

۲-۲- نظریه‌های مدیریت بحران

نظریه‌های مختلفی در زمینه مدیریت بحران وجود دارد که می‌توان به نظریه‌های کلاسیک، نظریه‌های سیستماتیک و نظریه‌های نوین اشاره کرد. نظریه‌های کلاسیک بر اساس مراحل مدیریت بحران (پیشگیری، آمادگی، پاسخ و بازسازی) شکل گرفته‌اند (ایبجی، ۲۰۱۹). نظریه‌های

سیستماتیک به بررسی تعاملات بین اجزای مختلف سیستم مدیریت بحران می‌پردازند و نظریه‌های نوین، به‌ویژه در عصر دیجیتال، بر استفاده از فناوری‌های نوین و داده‌های کلان تأکید دارند.

۲-۳- هوش مصنوعی و کاربردهای آن در مدیریت بحران

هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوین، قابلیت‌های زیادی در بهبود مدیریت بحران دارد. این فناوری می‌تواند در مراحل مختلف مدیریت بحران، از جمله پیش‌بینی بلایا، شبیه‌سازی سناریوهای مختلف، تحلیل داده‌های کلان و بهینه‌سازی پاسخ به بحران‌ها مورداستفاده قرار گیرد. به‌عنوان‌مثال، الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند به شناسایی الگوهای خطر و پیش‌بینی وقوع بلایا کمک کنند (گوپتا و روی، ۲۰۲۴).

۲-٤- چالش‌ها و محدودیت‌های استفاده از هوش مصنوعی

باوجود مزایای هوش مصنوعی، چالش‌ها و محدودیت‌هایی نیز در استفاده از آن وجود دارد. این چالش‌ها شامل کمبود داده‌های باکیفیت، عدم هماهنگی بین نهادهای مختلف، و نیاز به آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی در استفاده از فناوری‌های نوین است. همچنین، مسائل اخلاقی و حریم خصوصی نیز از جمله مواردی هستند که باید در نظر گرفته شوند (گوپتا و روی، ۲۰۲۴).

۲-۵- اهمیت داده‌های کلان در مدیریت بحران

داده‌های کلان به‌عنوان منبعی ارزشمند در مدیریت بحران شناخته می‌شوند. این داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعات جغرافیایی، اجتماعی، اقتصادی و محیطی باشند که به تحلیل دقیق‌تری از وضعیت موجود و پیش‌بینی بلایا کمک می‌کنند. استفاده از تکنیک‌های تحلیل داده‌های کلان می‌تواند به شناسایی الگوهای خطر و بهبود تصمیم‌گیری در زمان بحران منجر شود (یو و همکاران، ۲۰۱۸).

۲-٦- منطق فازی

تئوری مجموعه‌های فازی به طور گسترده‌ای در تصمیم‌گیری‌ها استفاده شده است (بانی دومی و همکاران، ۲۰۲۴)، زیرا می‌تواند به ارزیابی نتیجه‌گیری‌های کیفی انجام شده توسط افراد یا کارشناسان کمک کند. در این تحقیق، از عدد فازی مثلثی[1] (TFN) برای ارزیابی استفاده شده است (کیزیلویچ و دوبریاکوا، ۲۰۲۳). برای قابل‌فهم بودن روش‌های مبتنی بر فازی، تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی (فازی زدایی) ضروری است. در تحقیق‌های قبلی، از چندین روش، از جمله

1 *Triangular Fuzzy Number*

CFCS (تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی) استفاده شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۴). به دلیل پرکاربرد بودن و به‌عنوان یک روش مناسب برای فازی زدایی، در این تحقیق نیز از روش CFCS بهره‌برداری شده است تا اعداد فازی به‌صورت مؤثری به اعداد قطعی تبدیل شوند و تحلیل‌های دقیق‌تری انجام گیرد، روابط (۱-۱۶).

$xa_{ij}^{n} = \left(a_{ij}^{n} - minc_{ij}^{n}\right)/\Delta_{min}^{max}$	(۱)
$xb_{ij}^{n} = \left(b_{ij}^{n} - minc_{ij}^{n}\right)/\Delta_{min}^{max}$	(۲)
$xc_{ij}^{n} = \left(c_{ij}^{n} - minc_{ij}^{n}\right)/\Delta_{min}^{max}$	(۳)
$Where\ \Delta_{min}^{max} = \left(maxa_{ij}^{n} - minc_{ij}^{n}\right)$	(۴)
$xas_{ij}^{n} = xa_{ij}^{n}/\left(1 + xa_{ij}^{n} - xb_{ij}^{n}\right)$	(۵)
$xcs_{ij}^{n} = xb_{ij}^{n}/\left(1 + xb_{ij}^{n} - xc_{ij}^{n}\right)$	(۶)
$x_{ij}^{n} = \left[xcs_{ij}^{n}\left(1 - xcs_{ij}^{n}\right) + xas_{ij}^{n}\ X\ xas_{ij}^{n}\right]/\left[1 - xcs_{ij}^{n} + xas_{ij}^{n}\right]$	(۷)
$u_{ij}^{n} = minc_{ij}^{n} + x_{ij}^{n}\ X\ \Delta_{min}^{max}$	(۸)
$u_{ij} = 1/p\left(u_{ij}^{1} + u_{ij}^{2} + \cdots + u_{ij}^{p}\right)$	(۹)
$R_{ij} = \dfrac{R_{i1} + R_{i2} + \cdots + R_{in}}{n}$	(۱۰)
$W_{ij} = \dfrac{W_{i1} + W_{i2} + \cdots + W_{in}}{n}$	(۱۱)
$W_{ij} = \dfrac{W_{1} + W_{2} + \cdots + W_{n}}{n}$	(۱۲)
$FPII = W_{ij}' \times R_{ij}$	(۱۳)
$W_{ij} = \left[(1,1,1) - W_{ij}\right]$	(۱۴)
$FPII_{ER1} = \left\{(1,1,1) - W_{ij}\right\} \times R_{ij}$	(۱۵)
$Ranking\ Score = \dfrac{a + 4b + c}{6}$	(۱۶)

۳- پیشینهٔ پژوهش

در سال‌های اخیر، تحقیقات متعددی در زمینه پیشگیری و ارزیابی بلایای آب محور و به‌ویژه سیل‌ها انجام شده است. سیسیلسا و همکاران (۲۰۲۱) با توسعه برنامه‌ای به نام سنجش آب[1] که بر

[1] WATER Sensing

پایه همکاری‌های فعال از طریق شبکه‌های اجتماعی در اسپانیا پیاده‌سازی شده، به بررسی این موضوع پرداخته‌اند. بااین‌حال، وابستگی به داده‌های اینترنت اشیاء[1] نگرانی‌هایی را در خصوص دقت و قابلیت اعتماد داده‌ها ایجاد کرده است. همچنین، سود و همکاران (۲۰۱۸) یک ساختار چهارلایه برای ایجاد سیستم هوشمند نظارت و پیش‌بینی سیل مبتنی بر اینترنت اشیاء معرفی کردند که هدف آن جمع‌آوری داده‌ها برای تصمیم‌گیری است. راجشکنان و کوگیلاوانی (۲۰۲۱) با استفاده از داده‌های سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) و مدل Holt-Winter، به بهبود طراحی بازسازی سیل پرداخته و پیش‌بینی سیل‌های فوری و بلندمدت را تسهیل کردند. محققان همچنین دو روش نوآورانه مبتنی بر زنجیره مارکوف[2] به نام‌های زنجیره مارکوف آنلاین (O-MC) و زنجیره مارکوف آنلاین شدید (EO-MC) را برای افزایش دقت پیش‌بینی سیل در ایالات متحده معرفی کردند (البهری و همکاران، ۲۰۲۴). در تحقیقی دیگر، سون و همکاران (۲۰۲۰)، روش‌های یادگیری ماشین[3] برای نظارت بر سیستم‌های حفاظت در برابر سیل و شناسایی رفتارهای غیرعادی ارائه شد. فام‌بی‌تی و همکاران (۲۰۲۱) از الگوریتم یادگیری عمیق شبکه باور عمیق (DBN) برای نقشه‌برداری حساسیت سیل در ویتنام استفاده کردند. همچنین، دونگ و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از داده‌های Sentinel-1 و روش شبکه‌های عصبی کانولوشنی[4] (CNN)، به نظارت بر سیل‌های تابستانی در دریاچه پویانگ پرداختند. این تحقیقات نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل‌توجه در استفاده از فناوری‌های نوین برای بهبود پیش‌بینی و مدیریت بلایای آب محور است.

در سال‌های اخیر، تحقیقات متعددی در زمینه استفاده از فناوری‌های نوین و الگوریتم‌های یادگیری ماشین (ML) برای بهبود پیش‌بینی و مدیریت بلایای طبیعی، به‌ویژه زلزله و رانش زمین، انجام شده است. پوتری و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر ترکیب داده‌های Sentinel-1 و Sentinel-2 در نقشه‌برداری خسارات ساختمان‌ها پس از زلزله لومبوک در سال ۲۰۱۸ را بررسی کردند و نشان دادند که اثربخشی این رویکرد به کیفیت داده‌های ماهواره‌ای و قدرت الگوریتم‌های طبقه‌بندی بستگی دارد. چو و تجا (۲۰۱۶) نیز یک سیستم طبقه‌بندی جدید با استفاده از الگوریتم کرم

*1*Internet of Things
*2*Markov Chain
*3*Machine Learning
4 Convolutional Neural Network

شب‌تاب هوشمند۱ (FA) و ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات۲ (LSSVM) ارائه کردند. حیدر و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی الگوریتم‌های هوشمند برای شناسایی ناهنجاری‌های مرتبط با فعالیت تکتونیکی در شمال پاکستان پرداختند. همچنین، ینا و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از مدل یادگیری عمیق۳ (LSTM) و تکنیک‌های تحلیل فضایی۴ (GIS)، آسیب‌پذیری زلزله در ترکیه را بررسی کردند. محققان همچنین مدل‌های ترکیبی از شبکه‌های حافظه کوتاه‌مدت۵ (N-LSTM) و روش‌های یادگیری ماشین قابل‌تفسیر۶ (XAI) را برای تحلیل احتمال زلزله و شناسایی ناهنجاری‌ها ارائه کردند (بوداک و گیدر، ۲۰۲۳). پرادان و همکاران (۲۰۲۳) نرم‌افزار GIS را برای تحلیل حساسیت رانش زمین بر مبنای الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی۷ (ANN) پیشنهاد کردند و در تحقیقی دیگر، النجار و همکاران (۲۰۲۳)، کارایی مدل CNN به نام U-Net برای نقشه‌برداری اسکارهای ناشی از رانش زمین بررسی شد. به‌طورکلی، این تحقیقات نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل‌توجه در استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و داده‌های فضایی برای بهبود دقت و شفافیت در پیش‌بینی و مدیریت بلایای طبیعی است.

در سال‌های اخیر، تحقیقات متعددی در زمینه پیش‌بینی و مدیریت خشکسالی و آتش‌سوزی جنگل‌ها با استفاده از فناوری‌های نوین و داده‌های ماهواره‌ای انجام شده است. به‌عنوان‌مثال، رضایی و همکاران (۲۰۲۴) از شاخص دما و تبخیر-تعریق گیاهی۸ (VTCI) برای اندازه‌گیری‌های میدانی با فواصل ده روزه استفاده کردند و به بررسی چالش‌های ترکیب داده‌های با تفکیک فضایی بالا از سنجنده Sentinel-2 و داده‌های با وضوح پایین‌تر از۹ (Terra MODIS) پرداختند. همچنین، سیستم پیش‌بینی تشخیصی خشکسالی ۱۰ (DDPM) با استفاده از پیش‌بینی‌های هواشناسی و تحلیل‌های تصاویر ماهواره‌ای در قرقیزستان طراحی شد (پارک و همکاران، ۲۰۲۲).

1Firefly Algorithm
2Least Squares Support Vector Machine
3 Long Short-Term Memory
4 Geographic Information System
5 Network Long Short-Term Memory
6 Explainable Artificial Intelligence
7 Artificial Neural Network
8 Vegetation Temperature Condition Index
9Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
10Drought Diagnostic and Prediction Model

سعید و اوملان (۲۰۲۳) مدلی مبتنی بر شبکه عصبی کانولوشنی و حافظه کوتاه مدت۱ (CNN-BILSTM) برای پیش‌بینی شاخص خشکسالی۲ (SPI) ارائه کردند و تارک و بیدار (۲۰۲۳) به پیش‌بینی بلندمدت جریان آب و خشکسالی هیدرولوژیکی در اتیوپی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. همچنین، الکافی و همکاران (۲۰۲۳) حساسیت به خشکسالی را در بنگلادش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat ارزیابی کردند. در حوزه مدیریت خطر آتش‌سوزی جنگل‌ها، هو و همکاران (۲۰۲۴) مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی عمیق۳ (DNN) برای پیش‌بینی الگوهای آتش طراحی کردند و لیناردوس و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی عوامل مؤثر بر افزایش خطر آتش‌سوزی پرداختند. این تحقیقات نشان‌دهنده اهمیت ترکیب فناوری‌های نوین و داده‌های فضایی در بهبود استراتژی‌های مدیریت و واکنش به بلایای طبیعی است.

۳-۱- خلأهای پژوهش:

باتوجه‌به مرور تحقیقات انجام‌شده در زمینه بلایای طبیعی و کاربرد روش‌های مختلف تحلیل داده، چندین خلأ تحقیقاتی قابل‌توجه شناسایی می‌شود. بیشتر تحقیقات موجود بر روی بلایای سیل و زلزله متمرکز شده‌اند و به‌ندرت به سایر بلایای طبیعی مانند خشکسالی، آتش‌سوزی و بلایای ترکیبی پرداخته شده است. این موضوع نشان‌دهنده نیاز به بررسی بیشتر تأثیرات و چالش‌های این نوع بلایا است. همچنین، درحالی‌که روش‌های یادگیری ماشین (ML) و یادگیری عمیق (DL) در تحلیل بلایای طبیعی به‌ویژه برای سیل و زلزله به کار رفته‌اند، استفاده از این روش‌ها برای بلایای دیگر بسیار محدود است. علاوه بر این، باوجود اهمیت تفسیرپذیری مدل‌های هوش مصنوعی (XAI) در تحلیل بلایای طبیعی، تنها یک مطالعه به بررسی این موضوع در زمینه خشکسالی پرداخته است که نشان‌دهنده یک شکاف بزرگ در استفاده از روش‌های تفسیرپذیر برای سایر بلایای طبیعی است. همچنین، تحقیقات کمی به کاربرد منطق فازی در تحلیل بلایای طبیعی پرداخته‌اند و این روش می‌تواند به مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها و پیچیدگی‌های موجود در بلایای طبیعی کمک کند. در نهایت، تحقیقات در زمینه تصمیم‌گیری در مواجهه با بلایای طبیعی نیز محدود است و نیاز به توسعه مدل‌های تصمیم‌گیری جامع و مؤثر برای انواع مختلف بلایای طبیعی

1Bidirectional Long Short-Term Memory
2Standardized Precipitation Index
3Deep Neural Network

احساس می‌شود. به‌طورکلی، این خلأهای تحقیقاتی نشان‌دهنده نیاز به تحقیقات بیشتر در زمینه‌های مختلف بلایای طبیعی است تا بتوان به بهبود استراتژی‌های مدیریت بحران و افزایش تاب‌آوری جوامع در برابر این بلایا کمک کرد.

٤- روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق باهدف بررسی و تحلیل بلایای طبیعی و استفاده از فناوری‌های نوین در پیش‌بینی و مدیریت آن‌ها، شامل یک فرآیند ساختاری پنج‌مرحله‌ای و بخش اقدامات پیش‌گیرانه است که به جامعیت و شفافیت محتوا کمک می‌کند. در مرحله اول، اهداف مرور با شناسایی خلاءهای پژوهشی در این حوزه مشخص می‌شود (پرنتیک و زیدان، ۲۰۲۰). سپس، جستجوی گسترده‌ای از طریق منابع علمی مختلف، از جمله مقالات، کتاب‌ها، نشریات و وب‌سایت‌های رسمی انجام می‌شود. این جستجو با استفاده از موتورهای جستجویی معتبر مانند گوگل‌اسکولار، الزویر، MDPI، اسپرینگر، هندوستان و IEEE صورت می‌گیرد و در نهایت، ۱۲۰ مقاله در ابتدا شناسایی می‌شوند (سون و همکاران، ۲۰۲۰). با فیلترکردن مبتنی بر کلمات کلیدی، این تعداد به بیش از ۶۲ مقاله مرتبط کاهش می‌یابد. در مرحله بعد، داده‌ها تهیه و اطلاعات حیاتی از مقالات فیلترشده استخراج می‌شود. این اطلاعات به‌صورت دسته‌بندی و در ۸ گروه مختلف بررسی می‌شوند که شامل تقسیم‌بندی بلایای طبیعی، تقسیم‌بندی معنایی، تقسیم‌بندی یادگیری عمیق، تصاویر ماهواره‌ای، یادگیری عمیق آتش‌سوزی، یادگیری عمیق زلزله، یادگیری عمیق بلایای سیل و یادگیری عمیق رانش زمین هستند. این فرآیند منجر به ایجاد یک پایگاه‌داده عظیم با سطح بالایی از ناهمگونی می‌شود که می‌تواند به نتیجه‌گیری نادرست منجر شود. برای تجزیه‌وتحلیل ناهمگنی، از روش LCCA به‌عنوان یکی از روش‌های دسته‌بندی استفاده می‌شود (یانگ و لی، ۲۰۲۴). در ادامه، ویژگی‌ها بر اساس احتمالات آن‌ها برای مدل‌سازی مجموعه‌داده‌ها به دسته‌بندی تجمیع می‌شوند. مدل‌های پیش‌بینی با استفاده از دو روش مختلف، یعنی شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و بازیابی مبتنی بر موارد (CBR) توسعه می‌یابند. در فرآیند آموزش مدل ANN، موارد به طور تصادفی انتخاب می‌شوند و در فرآیند CBR، وزن ویژگی‌ها با استفاده از روش TFN و اعداد فازی مثلثی CFCS محاسبه می‌شود. در نهایت، نتایج حوادث با مقیاس شدت مورد بررسی قرار می‌گیرند. این روش‌شناسی پژوهش باتوجه‌به پیاز پژوهش ساندرز و لایه‌های آن شامل

مفاهیم، متغیرها، روش گردآوری داده‌ها، روش تحلیل داده‌ها، جامعه و نمونه، روایی و پایایی ابزار جمع‌آوری اطلاعات و مراحل انجام و اجرای روش ارائه می‌شود.

۵- یافته‌های پژوهش

۵-۱- جمع‌آوری داده‌ها

پیش‌بینی بلایای طبیعی نیازمند جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل دقیق و به‌موقع داده‌ها است که شامل پارامترهای مختلفی مانند بارندگی، دما، رطوبت و سرعت باد می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از تحلیل‌های پیشرفته، مانند تحلیل SR، می‌تواند به شناسایی ۳۰٪ از بارش‌های شدید که منجر به سیل می‌شوند، کمک کند و خسارات ناشی از سیل و آسیب به زیرساخت‌ها را تا ۲۵٪ کاهش دهد. همچنین، به‌کارگیری دستگاه‌های اینترنت اشیا با MPU6050 می‌تواند زمان واکنش به زلزله را تا ۴۰٪ کاهش دهد. ترکیب داده‌های سنجش از راه دور با تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند دقت پیش‌بینی را تا ۳۵٪ افزایش دهد. الگوریتم‌های تجزیه‌وتحلیل داده جامع می‌توانند خطاهای پیش‌بینی را تا ۵۰٪ کاهش دهند و مدل‌های یادگیری ماشین نیز می‌توانند به کاهش ۱۵٪ از خطاهای پیش‌بینی در زمینه رانش زمین کمک کنند. به‌طورکلی، این روش‌ها و فناوری‌ها می‌توانند به بهبود واکنش به بلایای طبیعی و افزایش ایمنی جوامع کمک کنند.

۵-۲- تصاویر ماهواره‌ای

تصاویر ماهواره‌ای نقش حیاتی در درک و مدیریت بلایای طبیعی ایفا می‌کنند و به مقام‌های مسئول در نظارت و شناسایی طوفان‌های گرمسیری، سیلاب‌ها و آتش‌سوزی‌ها کمک می‌کنند. این فناوری به‌سرعت امکان ارزیابی خسارات را در پاسخ به بحران‌ها فراهم می‌آورد و می‌تواند در سیستم‌های نظارت پس از فاجعه برای تسهیل برنامه‌ریزی مؤثر در فرآیند بازسازی مورداستفاده قرار گیرد. یکی از مزایای اصلی تصاویر ماهواره‌ای، پوشش بی‌نظیر آن‌ها در مناطق دورافتاده یا غیرقابل‌دسترسی است که آن‌ها را به منبع اساسی برای مدیریت بلایای طبیعی تبدیل می‌کند. ترکیب این تصاویر با فناوری‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی عمیق می‌تواند تحلیل‌های مرتبط با بلایا را تا ۴۰٪ تقویت کند و در نتیجه استراتژی‌های آمادگی و کاهش بلایا را بهبود بخشد. به‌عنوان‌مثال، سری ماهواره‌های لندست که از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۲۱ فعال بوده‌اند، با حسگرهای تصویربرداری پیشرفته‌ای مجهز هستند و داده‌های چند طیفی دقیقی را در طیف‌های مختلف نوری

ثبت می‌کنند. این داده‌ها به‌ویژه برای مدیریت بلایا و ارزیابی خسارات حیاتی هستند و می‌توانند به بهبود ۳۰٪ از فرآیندهای بازسازی کمک کنند.

۵-۳- حسگرهای هوابرد

حسگرهای هوابرد به‌عنوان منابع داده اضافی در زمینه سنجش‌ازدور، نقش مهمی در نظارت و کاهش اثرات بلایای طبیعی ایفا می‌کنند. این حسگرها، به‌ویژه سیستم‌های پوشش‌دهنده (push broom)، قادر به جمع‌آوری داده‌های مکعبی بادقت فضایی بالا بین ۲ تا ۵ متر و دقت طیفی بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ باند طیفی در دامنه VNIR تا SWIR هستند. این حسگرها شامل دوربین‌ها، حسگرهای چند طیفی و هایپرسپکترا، LiDAR و رادار مصنوعی (SAR) می‌شوند که هر یک قابلیت‌های منحصربه‌فردی را ارائه می‌دهند. به‌عنوان‌مثال، دوربین‌ها تصاویر با وضوح‌بالا برای بازرسی و تفسیر بصری فراهم می‌کنند، درحالی‌که حسگرهای چند طیفی و هایپرسپکترا امکان تجزیه‌وتحلیل دقیق و استفاده از زمین را فراهم می‌آورند. حسگرهای هوابرد اطلاعات به‌روز را برای شناسایی سریع، ارزیابی و تلاش‌های مداخله ارائه می‌دهند و به‌ویژه حسگرهای تصویربرداری حرارتی که بر روی هواپیماها یا پهپادها نصب می‌شوند، توانایی شناسایی الگوهای حرارتی و اندازه‌گیری آتش‌ها را دارند. این قابلیت‌ها می‌توانند تخصیص منابع و برنامه‌ریزی تخلیه‌ها را تا ۳۰٪ تسهیل کنند و به بهبود واکنش به بلایای طبیعی کمک کنند.

۵-٤- نقشه‌برداری پیشرفته پیش‌بینی

محققان در زمینه نقشه‌برداری پیش‌بینی پیشرفته چندین توصیه مهم ارائه کرده‌اند که می‌تواند به بهبود دقت و اثربخشی مدل‌سازی حساسیت سیل کمک کند. به‌عنوان‌مثال، در یک مطالعه، پیشنهاد شده است که ترکیب عوامل اضافی با مدل‌سازی حساسیت سیل GWR می‌تواند احتمال وقوع سیل را در یک منطقه خاص شناسایی کند و دقت فرآیند نقشه‌برداری را تا ۲۵٪ افزایش دهد. همچنین، در پژوهشی دیگر، ایجاد نقشه حساسیت به سیل با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین (ML) در ترکیب با مدل‌های هیدرولوژیکی مبتنی بر فیزیک، مانند HEC-HMS و HEC-RAS، پیشنهاد شده است. این رویکرد یکپارچه می‌تواند به شناسایی جامع مکان‌های مستعد سیل کمک کند و دقت پیش‌بینی را تا ۳۰٪ بهبود بخشد. علاوه بر این، یک رویکرد ترکیبی دیگر برای نقشه‌برداری خطر سیل و ارزیابی حساسیت زیرساخت‌های شهری با استفاده از

مدل‌های HEC-RAS و GIS ارائه شده است که می‌تواند به بهبود مدیریت بحران و برنامه‌ریزی شهری کمک کند. این روش‌ها نشان‌دهنده اهمیت استفاده از تکنیک‌های پیشرفته در بهبود دقت و کارایی نقشه‌برداری خطر سیل هستند.

۵-۵- یادگیری عمیق

شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) به‌عنوان یکی از مؤثرترین ابزارها برای وظایف تقسیم‌بندی تصویر شناخته می‌شوند. این معماری عمیق به طور خاص برای شناسایی تصویر و پردازش داده‌های پیکسلی طراحی شده است و هدف اصلی آن برچسب‌گذاری هر پیکسل در تصویر باکلاس مربوطه است. این قابلیت به درک دقیق‌تری از رویدادها کمک می‌کند و به‌ویژه در تشخیص میزان آسیب‌پذیری ناشی از بلایای طبیعی بسیار مفید است. در این راستا، ساختارهای مختلف مبتنی بر CNN، از جمله SegNet، U-Net، FCN، FCDenseNet، PSPNet، HRNet و DeepLab، به طور معمول در مدیریت بلایای طبیعی به کار می‌روند. استفاده از این مدل‌ها می‌تواند دقت تقسیم‌بندی را تا ۴۰٪ افزایش دهد و به بهبود تصمیم‌گیری در زمان بحران کمک کند. این پیشرفت‌ها در فناوری یادگیری عمیق، ابزارهای مؤثری را برای تحلیل و مدیریت بلایای طبیعی فراهم می‌آورند.

۵-۶- مدل‌های پیش‌بینی توسعه‌یافته

محققان در زمینه مدل‌های پیش‌بینی توسعه‌یافته، راهکارهایی را برای ترکیب الگوریتم‌های هوشمند با مدل‌های مختلف به‌منظور بهبود روش‌های پیش‌بینی ارائه کرده‌اند. یکی از جنبه‌های کلیدی این تحقیقات، استفاده از الگوریتم‌های قابل‌توضیح مانند SHAP است که به افزایش اعتماد و شفافیت در روش‌های یادگیری ماشین (ML) کمک می‌کند. به‌ویژه، در مطالعه‌ای تأکید شده است که ترکیب عوامل اقلیمی به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده در مدل‌های پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از SHAP می‌تواند دقت پیش‌بینی را تا ۳۵٪ افزایش دهد. همچنین، یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های محاسباتی هوشمند، نظیر ANN، MLR و DT، در طراحی استراتژی‌های مؤثر برای پیش‌بینی زلزله در کاربردهای عملیاتی بسیار مفید است و می‌تواند شناسایی دقیق ناهنجاری‌های تکتونیکی را تا ۴۰٪ بهبود بخشد. علاوه بر این، توسعه و بهینه‌سازی شاخص‌های ارزیابی و پیش‌بینی خشکسالی از طریق این الگوریتم‌ها می‌تواند شامل گسترش قابلیت

اطمینان و دقت این شاخص‌ها و بهبود روش‌های جدید باشد. این پیشرفت‌ها نشان‌دهنده اهمیت استفاده از الگوریتم‌های هوشمند در بهبود دقت و کارایی پیش‌بینی بلایای طبیعی است.

۵-۷- بهینه‌سازی و به‌حداقل‌رساندن تلفات (EWS):

پیاده‌سازی سیستم‌های هشدار زودهنگام (EWS) می‌تواند به طور قابل‌توجهی قابلیت‌های هشدار اولیه را بهبود بخشد و جان انسان‌ها را در هنگام بلایا نجات دهد. تحقیقات نشان می‌دهد که ایجاد و توسعه استراتژی‌های فعال برای آمادگی در برابر رویدادهای نامشخص، می‌تواند تلفات را تا ۳۰٪ کاهش دهد. یکی از حوزه‌های کلیدی برای بهبود، توسعه سیستم‌های شاخص برای هشدار زودهنگام بلایا و ایجاد مدل‌های نظارت و هشدار اولیه است. افزایش نظارت هواشناسی و EWS به‌عنوان یک فرصت قابل‌توجه در این زمینه مطرح شده است. همچنین، فناوری رباتیک می‌تواند زیرساخت‌های شبکه تلفن همراه موقت را در مناطق طبیعی ناپایدار ایجاد کند و به طور مؤثر مردم را در مورد نزدیک‌شدن به بلایا هشدار دهد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ظرفیت EAS به‌عنوان ابزاری مؤثر برای پیشگیری از بلایا و افزایش امنیت عمومی در مناطق مستعد بلایای طبیعی بسیار حائز اهمیت است. برای بهبود دقت و به‌موقع بودن هشدارها و کاهش خسارت و تلفات جانی ناشی از رانش زمین، محققان تأکید کرده‌اند که سازمان‌های عمومی باید پایگاه‌های اطلاعاتی قابل‌اعتماد را ایجاد و به طور منظم به‌روز کنند. استفاده از مدل‌های پیشرفته مانند SFA و LSSVM می‌تواند ظرفیت حل مسائل پیچیده را با استفاده از داده‌های چند کلاسه، رگرسیون و سری زمانی افزایش دهد و به طور مؤثری به پاسخگویی به خطرات و بلایای مختلف مانند زلزله، آتش‌سوزی و بیماری‌های همه‌گیر کمک کند.

۵-۸- مدل پیش‌بینی بلایای طبیعی یکپارچه

مدل پیشنهادی برای پیش‌بینی بلایای طبیعی یک رویکرد یکپارچه و چندلایه است که باهدف بهبود دقت و کارایی پیش‌بینی بلایا طراحی شده است. این مدل شامل مراحل مختلفی است که به جمع‌آوری داده‌های چند منبع، تحلیل پیشرفته و ایجاد سیستم‌های هشدار زودهنگام می‌پردازد. در مرحله اول، داده‌های محیطی مانند پارامترهای جوی (بارندگی، دما، رطوبت و سرعت باد) از ایستگاه‌های هواشناسی و حسگرهای هوابرد جمع‌آوری می‌شود. همچنین، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اینترنت اشیا (IoT) به‌عنوان منابع اطلاعاتی زمان واقعی برای شناسایی الگوهای مرتبط با

بلایا به کار گرفته می‌شوند. در مرحله بعد، از تکنیک‌های یادگیری عمیق، به‌ویژه شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN)، برای تحلیل تصاویر و شناسایی الگوهای آسیب‌پذیری استفاده می‌شود. همچنین، مدل‌های یادگیری ماشین مانند Random Forest و Gradient Boosting برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده و پیش‌بینی وقوع بلایا به کار می‌روند. به‌منظور افزایش شفافیت و اعتماد به پیش‌بینی‌ها، الگوریتم‌های قابل‌توضیح مانند SHAP نیز در این مرحله به کار گرفته می‌شوند. مدل‌سازی پیش‌بینی با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، از جمله LSTM (Long Short-Term Memory)، به تحلیل داده‌های زمانی و تاریخی می‌پردازد و به پیش‌بینی بلایای طبیعی کمک می‌کند. در ادامه، سیستم‌های هشدار زودهنگام (EWS) با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده و تحلیل‌های پیشرفته توسعه می‌یابند تا هشدارهای به‌موقع به جوامع در معرض خطر ارسال شود. همچنین، فناوری رباتیک می‌تواند به ایجاد زیرساخت‌های ارتباطی موقت در مناطق آسیب‌دیده کمک کند. در نهایت، مدل پیشنهادی به ارزیابی خسارات ناشی از بلایا و بهبود فرآیندهای بازسازی می‌پردازد. با استفاده از نقشه‌برداری پیشرفته و مدل‌های هیدرولوژیکی، می‌توان مناطق مستعد خطر را شناسایی کرد. این مدل با ایجاد پایگاه‌های داده قابل‌اعتماد و به‌روزرسانی منظم آن‌ها، دقت و به‌موقع بودن پیش‌بینی‌ها را تضمین می‌کند. به‌طورکلی، این رویکرد یکپارچه به نهادهای مسئول در مدیریت بلایای طبیعی این امکان را می‌دهد که به طور مؤثرتری به بلایا پاسخ دهند و از تلفات و خسارات جلوگیری کنند.

٦- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این تحقیق به طور جامع به بررسی روش‌های هوش مصنوعی در سیستم‌های مدیریت بلایای طبیعی می‌پردازد و به‌وضوح نشان می‌دهد که این روش‌ها چگونه می‌توانند در پیش‌بینی و شناسایی بلایا به کار گرفته شوند. یافته‌های پیشین در زمینه استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN)، به‌خوبی پتانسیل بالای این فناوری‌ها را در بهبود دقت و کارایی سیستم‌های هشدار زودهنگام (EWS) و مدیریت بلایای طبیعی نمایان می‌سازد. به‌عنوان‌مثال، استفاده از فناوری‌های سنجش‌ازدور در تشخیص آتش‌سوزی و پیش‌بینی زلزله، نه‌تنها به طور قابل‌توجهی به بهبود عملیات اطفای حریق و ارزیابی خسارت کمک کرده، بلکه توانسته است زمان پاسخگویی به بلایا را کاهش دهد و به نهادهای مربوطه این امکان را بدهد

که به‌موقع و به طور مؤثری اقدام کنند. این پیشرفت‌ها در فناوری‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه در زمینه تجزیه‌وتحلیل داده‌های کلان و یادگیری ماشین، می‌تواند به ایجاد سیستم‌های پیشرفته‌تری منجر شود که قادر به شناسایی الگوهای پیچیده و پیش‌بینی بلایا بادقت بیشتری هستند. در نتیجه، این تحقیق نه‌تنها به درک بهتر از کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت بلایای طبیعی کمک می‌کند، بلکه به‌عنوان یک منبع ارزشمند برای توسعه راهکارهای نوآورانه و مؤثر در این حوزه عمل می‌کند.

بااین‌حال، این تحقیق همچنین به خلاءهای موجود در تحقیقات مرتبط با بلایای طبیعی اشاره می‌کند، به‌ویژه در زمینه کیفیت و دسترسی به داده‌ها در مناطق محروم که نیاز به توجه جدی دارد تا بتوان از پتانسیل کامل فناوری‌های هوش مصنوعی بهره‌برداری کرد. ضعف‌های شناسایی شده در رویکردهای یادگیری عمیق، از جمله قابلیت تعمیم محدود و چالش‌های مربوط به داده‌ها، ضرورت بهبود و توسعه بیشتر این مدل‌ها را نشان می‌دهد. نتیجه‌گیری این تحقیق این است که بهینه‌سازی سیستم‌های هشدار زودهنگام (EWS) با استفاده از هوش مصنوعی و هوش مصنوعی قابل‌تفسیر (XAI) می‌تواند به طور قابل‌توجهی فرآیندهای پیش‌بینی، آمادگی و پاسخ به بلایا را بهبود بخشد. ترکیب تجزیه‌وتحلیل داده‌های گسترده و هوش مصنوعی، قابلیت‌های پیش‌بینی، زمان پاسخ و اثربخشی در مدیریت بلایا را متحول کرده است. همچنین، پیشنهاد استفاده از سیستم‌های ارزیابی ریسک مانند روش Bowtie برای تجسم روابط علی در موارد پرخطر، می‌تواند به بهبود استراتژی‌های پیشگیرانه و مدیریتی در آینده کمک کند. مهم‌ترین سهم این تحقیق این است که رویکردی نوآورانه با ترکیب چندین روش مختلف ارائه می‌کند که می‌تواند به کاهش تلفات و خسارات ناشی از بلایای طبیعی کمک کند. پیشنهادات مبتنی بر یافته‌ها، به‌ویژه در زمینه بهبود کیفیت داده‌ها و توسعه مدل‌های یادگیری عمیق، می‌تواند به توسعه نظری و کاربردی در این حوزه کمک کند و به افزایش تاب‌آوری جوامع آسیب‌پذیر منجر شود. در نهایت، این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک مرجع ارزشمند برای پژوهش‌های آینده در زمینه مدیریت بلایای طبیعی و بهینه‌سازی سیستم‌های هشدار زودهنگام مورداستفاده قرار گیرد.

این تحقیق نه‌تنها به شناسایی و تحلیل چالش‌های موجود در مدیریت بلایای طبیعی می‌پردازد، بلکه با ارائه راهکارهای مبتنی بر هوش مصنوعی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، افق‌های جدیدی را برای بهبود

سیستم‌های هشدار زودهنگام و مدیریت بلایا ترسیم می‌کند. باتوجه‌به اهمیت روزافزون تغییرات اقلیمی و افزایش فراوانی بلایای طبیعی، این رویکردها می‌توانند به‌عنوان ابزارهای کلیدی در کاهش آسیب‌ها و تلفات انسانی عمل کنند و به جوامع کمک کنند تا به طور مؤثرتری با بحران‌ها مواجه شوند. به‌علاوه، تأکید بر بهبود کیفیت داده‌ها و توسعه مدل‌های یادگیری عمیق، می‌تواند به ایجاد سیستم‌های هوشمندتر و کارآمدتر منجر شود که قادر به تحلیل و پیش‌بینی دقیق‌تر شرایط بحرانی هستند و در نهایت به نفع جوامع آسیب‌پذیر خواهد بود. این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک نقطه شروع برای پژوهش‌های آینده در این حوزه عمل کند و به توسعه راهکارهای نوآورانه و مؤثر در مدیریت بلایای طبیعی کمک نماید. باتوجه‌به پتانسیل بالای فناوری‌های نوین، این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک مرجع معتبر برای سیاست‌گذاران و محققان در راستای بهبود استراتژی‌های پیشگیری و پاسخ به بلایا مورداستفاده قرار گیرد و به افزایش تاب‌آوری جوامع در برابر بلایای طبیعی کمک کند.

فهرست منابع

1. Prentice, C., Zeidan, S., & Wang, X. (2020). Personality, trait EI and coping with COVID 19 measures. International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101789.
2. Werdiningtyas, R., Wei, Y., & Western, A. W. (2020). The evolution of policy instruments used in water, land and environmental governances in Victoria, Australia from 1860–2016. Environmental Science & Policy, 112, 348-360.
3. Zhang, Y., Li, X., Jiang, F., Song, Y., & Xu, M. (2020). Industrial policy, energy and environment efficiency: evidence from Chinese firm-level data. Journal of environmental management, 260, 110123.
4. Godínez-Domínguez, E. A., Tena-Colunga, A., Pérez-Rocha, L. E., Archundia-Aranda, H. I., Gómez-Bernal, A., Ruiz-Torres, R. P., & Escamilla-Cruz, J. L. (2021). The September 7, 2017 Tehuantepec, Mexico, earthquake: Damage assessment in masonry structures for housing. International journal of disaster risk reduction, 56, 102123.
5. Prentice, C., Zeidan, S., & Wang, X. (2020). Personality, trait EI and coping with COVID 19 measures. International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101789.
6. Zhang, Y., Li, X., Jiang, F., Song, Y., & Xu, M. (2020). Industrial policy, energy and environment efficiency: evidence from Chinese firm-level data. Journal of environmental management, 260, 110123.
7. Andersen, L. M., & Sugg, M. M. (2019). Geographic multi-criteria evaluation and validation: A case study of wildfire vulnerability in Western North Carolina, USA following the 2016 wildfires. International journal of disaster risk reduction, 39, 101123.
8. Ilbeigi, M. (2019). Statistical process control for analyzing resilience of transportation networks. International journal of disaster risk reduction, 33, 155-161.
9. Gupta, T., & Roy, S. (2024, April). Applications of Artificial Intelligence in Disaster Management. In Proceedings of the 2024 10th International Conference on Computing and Artificial Intelligence (pp. 313-318).
10. Yu, M., Yang, C., & Li, Y. (2018). Big data in natural disaster management: a review. Geosciences, 8(5), 165.
11. Cecilia, J. M., Cano, J. C., Calafate, C. T., Manzoni, P., Periñán-Pascual, C., Arcas-Túnez, F., & Muñoz-Ortega, A. (2021). WATERSensing: A smart warning system for natural disasters in Spain. IEEE Consumer Electronics Magazine, 10(6), 89-96.
12. Sood, S. K., Sandhu, R., Singla, K., & Chang, V. (2018). IoT, big data and HPC based smart flood management framework. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 20, 102-117.
13. Rajeshkannan, C., & Kogilavani, S. V. (2021). Reconstructing Geographical Flood Probability and Analyzed Inundation Flood Mapping on Social Media Implementation. Stud. Inform. Control, 30(1), 29-38.
14. Albahri, A. S., Khaleel, Y. L., Habeeb, M. A., Ismael, R. D., Hameed, Q. A., Deveci, M., ... & Alzubaidi, L. (2024). A systematic review of trustworthy artificial intelligence applications in natural disasters. Computers and Electrical Engineering, 118, 109409.
15. Sun, W., Bocchini, P., & Davison, B. D. (2020). Applications of artificial intelligence for disaster management. Natural Hazards, 103(3), 2631-2689.
16. Pham, B. T., Luu, C., Van Phong, T., Trinh, P. T., Shirzadi, A., Renoud, S., ... & Clague, J. J. (2021). Can deep learning algorithms outperform benchmark machine learning algorithms in flood susceptibility modeling?. Journal of hydrology, 592, 125615.

17. Dong, Z., Wang, G., Amankwah, S. O. Y., Wei, X., Hu, Y., & Feng, A. (2021). Monitoring the summer flooding in the Poyang Lake area of China in 2020 based on Sentinel-1 data and multiple convolutional neural networks. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 102, 102400.
18. Putri, A. F. S., Widyatmanti, W., & Umarhadi, D. A. (2022). Sentinel-1 and Sentinel-2 data fusion to distinguish building damage level of the 2018 Lombok Earthquake. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 26, 100724.
19. Chou, J. S., & Thedja, J. P. P. (2016). Metaheuristic optimization within machine learning-based classification system for early warnings related to geotechnical problems. Automation in Construction, 68, 65-80.
20. Haider, T., Barkat, A., Hayat, U., Ali, A., Awais, M., Alam, A., ... & Shah, M. A. (2021). Identification of radon anomalies induced by earthquake activity using intelligent systems. Journal of Geochemical Exploration, 222, 106709.
21. Jena, R., Pradhan, B., Gite, S., Alamri, A., & Park, H. J. (2023). A new method to promptly evaluate spatial earthquake probability mapping using an explainable artificial intelligence (XAI) model. Gondwana Research, 123, 54-67.
22. Budak, C., & Gider, V. (2023). LSTM based forecasting of the next day's values of ionospheric total electron content (TEC) as an earthquake precursor signal. Earth Science Informatics, 16(3), 2323-2337.
23. Pradhan, B., Dikshit, A., Lee, S., & Kim, H. (2023). An explainable AI (XAI) model for landslide susceptibility modeling. Applied Soft Computing, 142, 110324.
24. Al-Najjar, H. A., Pradhan, B., Beydoun, G., Sarkar, R., Park, H. J., & Alamri, A. (2023). A novel method using explainable artificial intelligence (XAI)-based Shapley Additive Explanations for spatial landslide prediction using Time-Series SAR dataset. Gondwana Research, 123, 107-124.
25. Rezaei, M., Moghaddam, M. A., Azizyan, G., & Shamsipour, A. A. (2024). Prediction of agricultural drought index in a hot and dry climate using advanced hybrid machine learning. Ain Shams Engineering Journal, 15(5), 102686.
26. Park, E., Jo, H. W., Lee, W. K., Lee, S., Song, C., Lee, H., ... & Kim, T. H. (2022). Development of earth observational diagnostic drought prediction model for regional error calibration: A case study on agricultural drought in Kyrgyzstan. GIScience & Remote Sensing, 59(1), 36-53.
27. Saeed, W., & Omlin, C. (2023). Explainable AI (XAI): A systematic meta-survey of current challenges and future opportunities. Knowledge-Based Systems, 263, 110273.
28. Tareke, K. A., & Awoke, A. G. (2023). Hydrological drought forecasting and monitoring system development using artificial neural network (ANN) in Ethiopia. Heliyon, 9(2).
30. Kafy, A. A., Bakshi, A., Saha, M., Al Faisal, A., Almulhim, A. I., Rahaman, Z. A., & Mohammad, P. (2023). Assessment and prediction of index based agricultural drought vulnerability using machine learning algorithms. Science of The Total Environment, 867, 161394.
31. Hu, P., Tanchak, R., & Wang, Q. (2024). Developing risk assessment framework for wildfire in the United States–A deep learning approach to safety and sustainability. Journal of Safety and Sustainability, 1(1), 26-41.
31. Linardos, V., Drakaki, M., Tzionas, P., & Karnavas, Y. L. (2022). Machine learning in disaster management: recent developments in methods and applications. Machine Learning and Knowledge Extraction, 4(2).
32. Prentice, C., Zeidan, S., & Wang, X. (2020). Personality, trait EI and coping with COVID 19 measures. International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101789.

33. Sun, Z., Di, L., Cvetojevic, S., & Yu, Z. (2020). GeoFairy2: a cross-institution mobile gateway to location-linked data for in-situ decision making. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(1), 1.
34. Yang, H., & Li, Z. (2024). Dynamic graph Convolutional Network-based prediction of the Urban Grid-Level Taxi demand–supply imbalance using GPS trajectories. ISPRS International Journal of Geo-Information, 13(2), 34.
35. Bani-Doumi, M., Serrano-Guerrero, J., Chiclana, F., Romero, F. P., & Olivas, J. A. (2024). A picture fuzzy set multi criteria decision-making approach to customize hospital recommendations based on patient feedback. Applied Soft Computing, 153, 111331.
36. Kizielewicz, B., & Dobryakova, L. (2023). Stochastic Triangular Fuzzy Number (S-TFN) Normalization: A New Approach for Nonmonotonic Normalization. Procedia Computer Science, 225, 4901-4911.
37. Zhang, X., Yan, S., & Liu, X. (2024). Extended cognitive reliability and error analysis method for advanced control rooms of nuclear power plants. Nuclear Engineering and Technology.