فصلنامه پژوهش های نوین در علوم انسانی و حقوق دوره ۲- شماره۳ – صفحات۳۱۷-۳۰۵
Journal of new Researches in Humanities and Law
ISSN 3060-6101

کاربرد فناوری‌های هوشمند، یادگیری ماشین و آینده‌پژوهی در ارتقای تاب‌آوری سکونتگاه‌های انسانی ایران

شایان دارابی
کارشناسی ارشد برنامه ریزی آمایش سرزمین دانشگاه تربیت مدرس

چکیده
موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی ایران، سکونتگاه‌های انسانی این کشور را در معرض طیف گسترده‌ای از مخاطرات طبیعی و محیطی از جمله زلزله، سیل، فرونشست زمین و زمین‌لغزش قرار داده است. با توجه به پیچیدگی و توالی این بحران‌ها، رویکردهای سنتی در مدیریت بحران و برنامه‌ریزی کالبدی دیگر پاسخگوی نیازهای روزافزون جوامع شهری و روستایی نیستند. هدف از این پژوهش مروری، بررسی و تحلیل جامع نقش فناوری‌های نوین در ارتقای ظرفیت‌های مقابله‌ای و انطباقی سکونتگاه‌های انسانی است. این مطالعه با تمرکز بر ادغام مفاهیم نوین علمی، به ارزیابی کارایی ابزارهای پیشرفته در پیش‌بینی، پیشگیری و مدیریت پیامدهای ناشی از بحران‌های محیطی می‌پردازد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند می‌تواند زمان واکنش به بحران‌ها را به حداقل رسانده و تخصیص منابع را بهینه‌سازی کند. همچنین، مدل‌سازی‌های مبتنی بر داده‌های کلان قادرند الگوهای پنهان مخاطرات را شناسایی کرده و پهنه‌بندی‌های دقیقی از مناطق آسیب‌پذیر ارائه دهند. از سوی دیگر، مطالعات آینده‌نگرانه با تدوین سناریوهای محتمل، بستری مناسب برای سیاست‌گذاری‌های بلندمدت و طراحی استراتژی‌های پیشگیرانه فراهم می‌آورند. در نهایت، هم‌افزایی این سه حوزه علمی نه تنها به کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها و جوامع کمک می‌کند، بلکه مسیر رسیدن به توسعه پایدار فضایی را در برابر تغییرات اقلیمی و شوک‌های ناگهانی هموار می‌سازد. این رویکرد یکپارچه، تغییر پارادایم از مدیریت انفعالی به مدیریت پیش‌دستانه را در نظام برنامه‌ریزی کشور الزامی می‌نماید و چارچوبی نوین برای سیاست‌گذاران ارائه می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، فناوری‌های هوشمند، یادگیری ماشین، آینده‌پژوهی، سکونتگاه‌های انسانی.

۱ مقدمه

سکونتگاه‌های انسانی[۱] در ایران، اعم از کلان‌شهرها، شهرهای میانی و مناطق روستایی، همواره در طول تاریخ با چالش‌های بنیادین ناشی از موقعیت ژئومورفولوژیک و تغییرات اقلیمی مواجه بوده‌اند. این پهنه جغرافیایی به دلیل قرارگیری بر روی کمربند زلزله‌خیز آلپ-هیمالیا و همچنین مواجهه با نوسانات شدید جوی، همواره آبستن حوادث ویرانگری همچون زلزله‌های مهیب، سیلاب‌های فصلی، خشکسالی‌های ممتد و پدیده‌های نوظهوری نظیر فرونشست زمین است. در دهه‌های اخیر، رشد شتابان شهرنشینی، توسعه فیزیکی ناموزون در حریم گسل‌ها و مسیل‌ها، و همچنین تغییرات کاربری اراضی بدون توجه به ظرفیت برد محیطی، بر شدت آسیب‌پذیری[۲] این مناطق افزوده است. در چنین شرایطی، مفهوم تاب‌آوری به عنوان یکی از کلیدی‌ترین ارکان برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای مطرح می‌شود که هدف آن ارتقای توانایی سیستم‌های کالبدی، اجتماعی و نهادی برای جذب شوک‌ها، بازیابی سریع و انطباق با شرایط جدید است (حجاریان، ۱۴۰۳). با این وجود، روش‌های سنتی ارزیابی خطر و مدیریت بحران به دلیل اتکای بیش از حد به داده‌های گذشته‌نگر و عدم توانایی در تحلیل حجم عظیم اطلاعات متغیر، اثربخشی خود را تا حد زیادی از دست داده‌اند. از این رو، گذار از رویکردهای سنتی به سمت استفاده از فناوری‌های نوین، به یک ضرورت انکارناپذیر در نظام برنامه‌ریزی فضایی ایران تبدیل شده است (محمودزاده و همکاران، ۱۴۰۴).

در خط مقدم این تحول پارادایمی، فناوری‌های هوشمند[۳] و ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی[۴] قرار دارند که توانسته‌اند با پردازش سریع داده‌های مکانی و زمانی، افق‌های جدیدی را در مدیریت مخاطرات محیطی بگشایند. شبکه‌های حسگر اینترنت اشیا، سیستم‌های هشدار زودهنگام و زیرساخت‌های پایش لحظه‌ای، امکان رصد مداوم تغییرات محیطی را فراهم کرده و زمان واکنش نهادهای امدادی را به شکل چشمگیری کاهش می‌دهند. همزمان با این تحولات ابزاری، یادگیری ماشین[۵] به عنوان یکی از شاخه‌های قدرتمند علوم رایانه، با ارائه الگوریتم‌های پیش‌بینی‌کننده، توانسته است الگوهای پیچیده و غیرخطی وقوع حوادثی نظیر زمین‌لغزش و سیل را با دقت بالایی مدل‌سازی کند (ابراهیمی و ایلانلو، ۱۴۰۴). این الگوریتم‌ها با دریافت داده‌های متنوع از جمله اطلاعات زمین‌شناسی، توپوگرافی، اقلیمی و انسانی، پهنه‌بندی‌های دقیقی از میزان خطرپذیری مناطق مختلف ارائه می‌دهند که پایه و اساس هرگونه مداخله کالبدی و تصمیم‌گیری مدیریتی محسوب می‌شود. علاوه بر این ابزارهای تحلیلی، ضرورت نگاه به افق‌های دوردست و درک عدم قطعیت‌های ناشی از تغییرات اقلیمی[۶] و تحولات اجتماعی-اقتصادی، استفاده از دانش آینده‌پژوهی را در برنامه‌ریزی‌های تاب‌آوری الزامی کرده است (پردلی و کاووسی، ۱۴۰۴).

---

۱ Human Settlements
۲ Vulnerability
۳ Smart Technologies
۴ Artificial Intelligence
۵ Machine Learning
۶ Climate Change

ترکیب این سه حوزه یعنی هوشمندسازی، تحلیل‌های پیشرفته الگوریتمی و آینده‌نگری، چارچوبی جامع برای درک دینامیک پیچیده سکونتگاه‌های انسانی فراهم می‌کند. در مناطق روستایی ایران که اقتصاد و معیشت ساکنان وابستگی شدیدی به منابع پایه و شرایط محیطی دارد، بروز یک مخاطره طبیعی می‌تواند به فروپاشی ساختارهای اجتماعی و مهاجرت‌های گسترده اقلیمی منجر شود. مطالعات نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری در روستاهای کوهستانی و دشت‌های در معرض فرونشست، نیازمند مداخلات پیشگیرانه‌ای است که تنها از طریق تحلیل فضایی دقیق و پیش‌بینی روندهای آتی امکان‌پذیر است (صبوری و گرکانی، ۱۴۰۴). در مقیاس شهری نیز، پیچیدگی زیرساخت‌های عمرانی، تراکم بالای جمعیتی و درهم‌تنیدگی شریان‌های حیاتی، هرگونه اختلال را به یک بحران شبکه‌ای تبدیل می‌کند. طراحی شهری مقاوم و استفاده از مصالح نوین در کنار سیستم‌های مدیریت بحران هوشمند، می‌تواند تلفات جانی و خسارات مالی را در زمان وقوع زلزله یا سیل به حداقل برساند (رحیم‌زاده، ۱۴۰۴). در این راستا، پژوهش حاضر با هدف پر کردن شکاف‌های موجود در ادبیات نظری و کاربردی، تلاش می‌کند تا تصویری روشن از ظرفیت‌های هم‌افزایی این فناوری‌ها در بستر جغرافیایی ایران ارائه دهد و راهکارهایی عملیاتی برای سیاست‌گذاران تدوین نماید.

سوالات پژوهش

۱. فناوری‌های هوشمند و اینترنت اشیا چه نقشی در ارتقای پایش لحظه‌ای و سیستم‌های هشدار زودهنگام در سکونتگاه‌های انسانی ایران ایفا می‌کنند؟

۲. الگوریتم‌های یادگیری ماشین چگونه می‌توانند دقت پهنه‌بندی مخاطرات طبیعی نظیر سیل، زلزله و زمین‌لغزش را در مناطق شهری و روستایی بهبود بخشند؟

۳. رویکرد آینده‌پژوهی با تدوین سناریوهای محتمل، چه کمکی به سیاست‌گذاری‌های بلندمدت جهت افزایش تاب‌آوری نهادی و کالبدی سکونتگاه‌ها می‌کند؟

۴. چالش‌ها و موانع اصلی در مسیر پیاده‌سازی و یکپارچه‌سازی سیستم‌های هوشمند، مدل‌های پیش‌بینانه و رویکردهای آینده‌نگر در نظام مدیریت بحران ایران کدامند؟

اهداف پژوهش

۱. تبیین جایگاه و اهمیت فناوری‌های نوین ارتباطی و اطلاعاتی در مدیریت پیش‌دستانه مخاطرات محیطی در فضاهای جغرافیایی ایران.

۲. ارزیابی کارایی و اثربخشی مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و تحلیل‌های الگوریتمی در شناسایی الگوهای پنهان و پیش‌بینی وقوع بحران‌های طبیعی.

۳. شناسایی پیشران‌های کلیدی موثر بر تاب‌آوری کالبدی و اجتماعی شهرها و روستاها با استفاده از روش‌های آینده‌نگری و سناریونویسی.

۴. ارائه یک چارچوب مفهومی-کاربردی جهت ادغام ابزارهای هوشمند تحلیلی در اسناد بالادستی توسعه پایدار و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای.

تعاریف و مبانی نظری

مفهوم تاب‌آوری[۷] در دهه‌های اخیر از یک اصطلاح صرفاً مهندسی و اکولوژیک به یک پارادایم مسلط در برنامه‌ریزی شهری و توسعه منطقه‌ای تبدیل شده است. این مفهوم در جامع‌ترین تعریف خود به ظرفیت یک سیستم، اعم از یک کلان‌شهر پیچیده یا یک روستای کوچک، برای مقاومت در برابر شوک‌های ناگهانی، انطباق با تغییرات تدریجی و حفظ کارکردهای اساسی خود در شرایط بحرانی اطلاق می‌شود. تاب‌آوری دارای ابعاد چندگانه‌ای از جمله کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی است که بررسی هر یک از آن‌ها نیازمند شاخص‌سازی‌های دقیق و ارزیابی‌های مستمر می‌باشد (رهسپار و همکاران، ۱۴۰۴). در بعد کالبدی، تاب‌آوری به میزان مقاومت بافت فیزیکی، شریان‌های حیاتی، تراکم ساختمانی و کیفیت شبکه‌های ارتباطی در برابر نیروهای مخرب طبیعی مانند امواج زلزله یا جریان‌های سیلابی اشاره دارد. از سوی دیگر، بعد نهادی به کارایی سازمان‌های متولی، قوانین و مقررات، و میزان هماهنگی بین بخشی در مراحل پیشگیری، حین بحران و بازسازی پس از حادثه می‌پردازد. ارتقای تاب‌آوری مستلزم شناخت دقیق آسیب‌پذیری‌ها و بهره‌گیری از ابزارهایی است که بتوانند پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت‌های حاکم بر محیط‌های انسانی را به درستی تحلیل و مدیریت نمایند (کیخا و همکاران، ۱۴۰۴).

در این مسیر، یادگیری ماشین به عنوان هسته مرکزی تحلیل‌های نوین، نقشی بی‌بدیل ایفا می‌کند. یادگیری ماشین زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی است که به سیستم‌ها این امکان را می‌دهد تا بدون برنامه‌نویسی صریح برای هر وظیفه، از داده‌های موجود یاد بگیرند، الگوها را کشف کنند و پیش‌بینی‌های دقیقی ارائه دهند. در حوزه مدیریت مخاطرات، الگوریتم‌هایی نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان، جنگل تصادفی و درخت تصمیم، با پردازش حجم عظیمی از داده‌های مکانی، تصاویر ماهواره‌ای و رکوردهای تاریخی، قادرند مدل‌های پیچیده پهنه‌بندی خطر را با دقتی بی‌سابقه تولید کنند (پور و همکاران، ۲۰۲۵). این مدل‌ها می‌توانند تاثیر متقابل متغیرهای گوناگونی مانند شیب زمین، جنس خاک، پوشش گیاهی، میزان بارندگی و فاصله از گسل را به صورت همزمان تحلیل کرده و مناطقی را که بیشترین احتمال وقوع حوادثی چون فرونشست یا زمین‌لغزش دارند، شناسایی کنند. استفاده از این ابزارها در مناطق روستایی و کوهستانی که دسترسی به داده‌های میدانی دشوار است، ارزش مضاعفی پیدا می‌کند و به برنامه‌ریزان اجازه می‌دهد تا مداخلات خود را با دقت بالاتری هدف‌گذاری کنند (گنجائیان و همکاران، ۱۴۰۴).

از منظر ابزارهای اجرایی، فناوری‌های هوشمند مجموعه‌ای از تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری را شامل می‌شوند که با جمع‌آوری، انتقال و پردازش لحظه‌ای اطلاعات، مدیریت یکپارچه و بهینه زیرساخت‌ها را ممکن می‌سازند. اینترنت اشیا (IoT)، حسگرهای محیطی، پهپادهای نقشه‌برداری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مبتنی بر ابر و شبکه‌های ارتباطی نسل جدید، ارکان اصلی این اکوسیستم فناورانه را تشکیل می‌دهند. در بستر یک شهر یا روستای هوشمند، حسگرهای نصب شده بر روی پل‌ها، سدها، ساختمان‌های بلندمرتبه و گسل‌ها می‌توانند کوچکترین تغییرات فیزیکی یا ارتعاشات را ثبت کرده و پیش از وقوع یک فاجعه گسترده، هشدارهای لازم را به مراکز کنترل ارسال نمایند (بهدادفر و سمائی، ۲۰۲۴). این فناوری‌ها در زمان وقوع بحران نیز از طریق پایش لحظه‌ای ترافیک، مسیریابی بهینه برای خودروهای امدادی و شناسایی دقیق مناطق آسیب‌دیده، نقش حیاتی در کاهش تلفات انسانی و مدیریت لجستیک ایفا می‌کنند و بستر مناسبی برای توزیع عادلانه خدمات بشردوستانه فراهم می‌آورند (جهرمی رجبی و کشاورزفرد، ۱۴۰۴).

[۷] Resilience

مفهوم آینده‌پژوهی[۸] به عنوان سومین ضلع این مثلث مفهومی، به بررسی نظام‌مند، علمی و چندرشته‌ای رویدادها، روندها و تغییرات احتمالی در آینده می‌پردازد. هدف از آینده‌پژوهی در زمینه تاب‌آوری سکونتگاه‌ها، پیش‌بینی قطعی یک آینده واحد نیست، بلکه کشف طیف وسیعی از آینده‌های محتمل، ممکن و مطلوب است. ابزارهای آینده‌پژوهی مانند تحلیل روندها، سناریونویسی، پانل‌های خبرگان و دلفی، به سیاست‌گذاران کمک می‌کنند تا تاثیرات متقابل پیشران‌های مختلف اعم از تغییرات اقلیمی، رشد جمعیت، تحولات فناوری و سیاست‌های کلان اقتصادی را در افق‌های زمانی بلندمدت درک کنند. با تدوین سناریوهای مختلف (از سناریوهای فاجعه‌بار تا سناریوهای آرمانی)، مدیران شهری و منطقه‌ای می‌توانند استراتژی‌های انعطاف‌پذیری را طراحی کنند که در برابر شرایط مختلف کارایی داشته باشند و از غافلگیری استراتژیک در مواجهه با بحران‌های نوپدید جلوگیری نمایند. این رویکرد به ویژه در توسعه فضایی کلان‌شهرها و مناطق مستعد مخاطرات ژئومورفولوژیک، راهنمای بسیار ارزشمندی برای هدایت سرمایه‌گذاری‌ها و تدوین طرح‌های جامع محسوب می‌شود (یوسفی روشن و همکاران، ۱۴۰۴).

جدول ۱. ابعاد و مؤلفه‌های کلیدی در مبانی نظری پژوهش

مفهوم کلیدی	تعریف عملیاتی و کاربرد در تاب‌آوری	ابزارهای اصلی و تکنیک‌ها	پیامدهای مورد انتظار در محیط کالبدی
تاب‌آوری کالبدی	ظرفیت سیستم برای مقاومت و بازگشت سریع به حالت اولیه	طراحی مقاوم، ارتقای زیرساخت‌ها	کاهش خسارات مالی، حفظ شریان‌های حیاتی
یادگیری ماشین	استخراج الگو از داده‌ها برای پیش‌بینی دقیق رویدادها	شبکه‌های عصبی، جنگل تصادفی	پهنه‌بندی دقیق خطر، پیش‌بینی هوشمند سیل و زلزله
فناوری‌های هوشمند	استفاده از ابزارهای دیجیتال برای پایش و کنترل لحظه‌ای	حسگرهای IoT، سامانه‌های هشدار	واکنش سریع در بحران، مدیریت بهینه منابع
آینده‌پژوهی	تحلیل عدم قطعیت‌ها و ترسیم آینده‌های بدیل	سناریونویسی، تحلیل پیشران‌ها	سیاست‌گذاری منعطف، جلوگیری از غافلگیری

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی در سال‌های اخیر به بررسی ابعاد مختلف تاب‌آوری سکونتگاه‌ها در برابر مخاطرات محیطی پرداخته‌اند که نشان‌دهنده تغییر جهت محسوس تحقیقات از رویکردهای سنتی به سمت استفاده از روش‌های نوین مدل‌سازی و فناوری‌های پیشرفته است. در زمینه استفاده از هوش مصنوعی، پژوهش‌های بین‌المللی مانند مطالعه (سلیمانی و همکاران، ۲۰۲۵) نشان داده‌اند که ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی به عنوان کاتالیزوری قدرتمند در ساخت شهرهای تاب‌آور در عصر تغییرات اقلیمی عمل می‌کنند

[۸] Futures Studies

و می‌توانند کارایی سیستم‌های مدیریت شهری را به شکل قابل‌توجهی افزایش دهند. به طور مشابه، بررسی سیستماتیک دیگری نشان می‌دهد که ادغام فناوری‌های نوین با فرآیندهای برنامه‌ریزی پایدار، نه تنها آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه ظرفیت انطباق‌پذیری جوامع محلی را در برابر شوک‌های حرارتی و نوسانات شدید آب و هوایی تقویت می‌نماید (ایادی و همکاران، ۲۰۲۵). این مطالعات کلان تایید می‌کنند که گذار به سمت سیستم‌های هوشمند، یک انتخاب نیست، بلکه الزامی برای بقای سکونتگاه‌های متراکم انسانی است.

در سطح ملی و در حوزه کاربرد یادگیری ماشین در مدیریت مخاطرات، تحقیقات قابل‌توجهی صورت گرفته است. مطالعه‌ای در شهرستان ایذه نشان داد که استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین می‌تواند با تحلیل متغیرهای توپوگرافیک و زمین‌شناسی، نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با دقت بسیار بالایی تولید کرده و به عنوان ابزاری مطمئن برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرد (ابراهیمی و ایلانلو، ۱۴۰۴). در حوزه مخاطرات هیدرولوژیک نیز، تحقیقات نشان می‌دهند که به‌کارگیری ابزارهای یادگیری ماشین در تحلیل داده‌های بارش و رواناب، توانایی سیستم‌های شهری را برای پیش‌بینی مناطق مستعد آبگرفتگی و طراحی دقیق‌تر سیستم‌های دفع آب‌های سطحی به شدت ارتقا می‌بخشد (پور و همکاران، ۲۰۲۵). همچنین در زمینه مخاطرات ژئومورفولوژیک روستایی، ارزیابی ناپایداری سکونتگاه‌ها در شهرستان بیرجند با استفاده از روش‌های تحلیلی، لزوم بازنگری در طرح‌های هادی و جابجایی کانون‌های جمعیتی پرخطر را برجسته ساخته است (یوسفی روشن و همکاران، ۱۴۰۴).

در بخش آینده‌پژوهی و تاب‌آوری کالبدی، تحقیقات نشان می‌دهند که شناسایی پیشران‌های موثر می‌تواند مسیر سیاست‌گذاری را شفاف‌تر سازد. پژوهشی در شهر گرگان با رویکرد آینده‌پژوهی موفق به شناسایی عوامل کلیدی تبیین‌کننده تاب‌آوری کالبدی شد و نشان داد که تدوین سناریوهای توسعه شهری مبتنی بر این پیشران‌ها، می‌تواند از هدررفت منابع جلوگیری کرده و توسعه فیزیکی را در مسیر ایمن هدایت کند (پردلی و کاووسی، ۱۴۰۴). در زمینه کاربرد مصالح نوین و هوش مصنوعی نیز، ترکیب بتن‌های مدرن با سیستم‌های هوشمند در سازه‌های شهری، به عنوان راهبردی اساسی برای افزایش طول عمر مفید ساختمان‌ها و مقاومت آن‌ها در برابر زلزله معرفی شده است (ابراهیمی و غلام‌زاده، ۲۰۲۴). از سوی دیگر، مطالعات مرتبط با مناطق روستایی نشان می‌دهند که ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری و اولویت‌بندی عوامل نهادی و محیطی در مواجهه با مخاطرات طبیعی، نیازمند تحلیل‌های فضایی دقیق و اتخاذ رویکردهای مشارکتی در سطح محلی است تا بتوان ظرفیت‌های مقابله‌ای جوامع روستایی را به صورت پایدار ارتقا داد (نوروزی‌نژاد و محمودی، ۱۴۰۴).

جدول ۲. خلاصه پیشینه پژوهش‌های مرتبط

محقق (سال)	حوزه جغرافیایی/موضوعی	روش/ابزار اصلی تحقیق	یافته‌ها و دستاوردهای کلیدی
(سلیمانی و همکاران، ۲۰۲۵)	تاب‌آوری شهرها در برابر تغییرات اقلیم	مرور سیستماتیک هوش مصنوعی	اثبات کارایی هوش مصنوعی به عنوان ابزار اصلی برنامه‌ریزی اقلیمی در شهرها.
(ابراهیمی و ایلانلو، ۱۴۰۴)	شهرستان ایذه / زمین‌لغزش	مدل‌سازی یادگیری ماشین	تولید نقشه‌های پهنه‌بندی خطر با دقت بالا جهت بهینه‌سازی کاربری اراضی.

(پردلی و کاووسی، ۱۴۰۴)	شهر گرگان / تاب‌آوری کالبدی	آینده‌پژوهی و تحلیل پیشران‌ها	شناسایی عوامل حیاتی برای تدوین سناریوهای توسعه پایدار شهری.
(حجاریان، ۱۴۰۳)	بندر ماهشهر / مخاطرات نواحی ساحلی	تحلیل‌های کمی و توصیفی	لزوم توجه به تاب‌آوری زیرساخت‌های ساحلی در برابر تغییرات محیطی.
(طالعی حور و همکاران، ۱۴۰۴)	شهرستان نیر / زلزله روستایی	تحلیل عاملی و همبستگی	اهمیت عوامل نهادی و اجتماعی در افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی.

روش پژوهش

این تحقیق از نوع مروری-تحلیلی بوده و با بهره‌گیری از روش کتابخانه‌ای و اسنادی تدوین شده است. در این راستا، مقالات علمی-پژوهشی، کنفرانس‌های معتبر و منابع لاتین و فارسی منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۲۴ تا ۲۰۲۵ که به طور خاص بر مفاهیم تاب‌آوری، یادگیری ماشین، فناوری‌های هوشمند و آینده‌پژوهی در سکونتگاه‌های انسانی ایران تمرکز داشته‌اند، مورد بررسی عمیق قرار گرفته‌اند. فرآیند پژوهش شامل شناسایی، غربالگری، استخراج داده‌ها و تحلیل محتوای کیفی منابع بوده است تا بتوان به چارچوبی جامع و پاسخ‌های دقیق برای سوالات تحقیق دست یافت. تمامی منابع مورد استفاده با رعایت اصول علمی ارجاع‌دهی بررسی شده و یافته‌ها به صورت توصیفی و تحلیلی در بخش‌های مجزا ارائه گردیده‌اند.

یافته‌ها

نقش فناوری‌های هوشمند در پایش و مدیریت بحران سکونتگاه‌ها

یافته‌های این پژوهش به وضوح نشان می‌دهند که فناوری‌های هوشمند در حال ایجاد یک انقلاب در نظام مدیریت شهری و روستایی ایران هستند. در کلان‌شهرهایی مانند تهران، حرکت به سمت ایجاد شهر هوشمند و استفاده از سنسورهای پایش لحظه‌ای ترافیک، کیفیت هوا و لرزه‌خیزی، بستری حیاتی برای توسعه پایدار و تاب‌آوری فراهم آورده است (بهدادفر و سمائی، ۲۰۲۴). این زیرساخت‌های هوشمند با جمع‌آوری داده‌های عظیم به صورت برخط، به مدیران بحران اجازه می‌دهند تا در لحظات اولیه وقوع یک حادثه مخرب مانند زلزله یا سیل، تصویر دقیقی از گستردگی خسارات به دست آورند. استفاده از پهپادها برای ارزیابی سریع مناطق آسیب‌دیده، به ویژه در مناطق کوهستانی و صعب‌العبور که دسترسی زمینی قطع شده است، کارایی عملیات امداد و نجات را به شدت افزایش می‌دهد. در زمان وقوع مخاطرات محیطی در قلمروهای کوهستانی، همانند آنچه در بررسی توسعه فیزیکی شهر ایلام مشاهده شد، سیستم‌های هوشمند می‌توانند به عنوان عاملی بازدارنده از گسترش خسارات به تاسیسات زیربنایی عمل کنند (صفری نامیوندی و همکاران، ۱۴۰۴).

علاوه بر پایش کالبدی، فناوری‌های نوین در سازماندهی لجستیک و امدادرسانی نیز نقشی استراتژیک ایفا می‌کنند. طراحی الگوهای همکارانه با استفاده از پلتفرم‌های دیجیتال و سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی، به سازمان‌های امدادی نظیر هلال احمر کمک می‌کند تا تخصیص منابع انسانی و تجهیزات را بهینه‌سازی کنند. این الگوهای هوشمند با هدف حداکثرسازی پوشش بشردوستانه در کمترین زمان ممکن، مسیرهای جایگزین را شناسایی کرده و از تراکم نیروها در یک نقطه و کمبود آن‌ها در نقطه دیگر جلوگیری می‌کنند

(جهرمی رجبی و کشاورزفرد، ۱۴۰۴). در نواحی روستایی که زیرساخت‌های ارتباطی ضعیف‌تری دارند، استقرار سیستم‌های هشدار زودهنگام ارزان‌قیمت و مبتنی بر شبکه‌های موبایلی محلی، توانسته است آگاهی عمومی را پیش از وقوع سیلاب‌های ویرانگر افزایش داده و به تخلیه به موقع ساکنین کمک کند. این امر نشان‌دهنده آن است که هوشمندسازی تنها مختص کلان‌شهرها نیست، بلکه با بومی‌سازی تکنولوژی می‌توان تاب‌آوری تمامی سکونتگاه‌ها را ارتقا داد (محمودزاده و همکاران، ۱۴۰۴).

کاربرد الگوریتم‌های پیش‌بینانه یادگیری ماشین در تحلیل فضایی مخاطرات

یکی از برجسته‌ترین یافته‌های این مطالعه مروری، اثبات کارایی خارق‌العاده یادگیری ماشین در تحلیل فضایی[۹] و تولید نقشه‌های خطرپذیری است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی با گذر از محدودیت‌های مدل‌های آماری خطی و سنتی، قادرند روابط پنهان میان ده‌ها متغیر محیطی را کشف کنند. در بحث مدیریت سیلاب شهری که یکی از چالش‌های اصلی شهرهای شمالی کشور محسوب می‌شود، تحلیل‌های مبتنی بر یادگیری ماشین توانسته‌اند با تلفیق داده‌های بارش هیدرولوژیک، شیب حوضه آبریز و نفوذپذیری خاک، نقاط بحرانی آبگرفتگی را پیش از وقوع بحران مشخص نمایند (لطفی تالش و همکاران، ۱۴۰۳). این دقت در پیش‌بینی به برنامه‌ریزان شهری[۱۰] اجازه می‌دهد تا بودجه‌های عمرانی را به صورت هدفمندتری صرف اصلاح هندسی معابر، احداث کانال‌های انحرافی و تقویت سیل‌بندها در نقاط گلوگاهی کنند. توسعه مدل‌های هوش مصنوعی محور برای تاب‌آوری اقلیمی، به عنوان یک استاندارد جدید در برنامه‌ریزی پایدار شهری شناخته می‌شود که کارایی آن در محیط‌های عملیاتی به اثبات رسیده است (قربانی‌فر، ۲۰۲۵).

در مناطق روستایی، که بررسی آسیب‌پذیری آن‌ها نیازمند ارزیابی‌های گسترده میدانی است، مدل‌سازی فضایی به کمک هوش مصنوعی انقلابی در مدیریت اراضی ایجاد کرده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که پدیده خزنده فرونشست زمین در سکونتگاه‌های روستایی که عمدتاً ناشی از برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی است، از طریق مدل‌های الگوریتمی قابل رهگیری و پیش‌بینی است. این مدل‌ها با تحلیل سری‌های زمانی تصاویر راداری تداخل‌سنجی (InSAR) و داده‌های هیدروژئولوژیک، نرخ فرونشست را با دقت میلی‌متری محاسبه کرده و روستاهای در معرض خطر تخریب سازه‌ای را شناسایی می‌کنند (صبوری و گرکانی، ۱۴۰۴). به طور مشابه، در مناطق روستایی کوهستانی مانند اورامان، ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری مساکن در برابر مخاطراتی نظیر ریزش سنگ و بهمن، با استفاده از مدل‌های ترکیبی ماشین، توانسته است مناطقی را که نیازمند تثبیت شیب یا جابجایی فوری هستند، با خطای بسیار کمی مشخص نماید (گنجائیان و همکاران، ۱۴۰۴). این حجم از تولید اطلاعات دقیق، پایه و اساس هرگونه مداخله کالبدی برای ارتقای تاب‌آوری محسوب می‌شود.

جایگاه آینده‌پژوهی در تدوین سناریوهای تاب‌آوری پایدار

آینده‌پژوهی با رویکردی کل‌نگر و سیستمی، افق دید سیاست‌گذاران را از حل مشکلات روزمره به سمت مدیریت بحران‌های آتی سوق می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهند که در بررسی مولفه‌های کالبدی شهری جهت سنجش تاب‌آوری، اتکا به وضعیت موجود کافی نیست؛ بلکه باید تغییرات آینده در تراکم جمعیتی، فرسودگی زیرساخت‌ها و الگوهای اقلیمی را نیز در نظر گرفت. مطالعه شهر میناب به عنوان نمونه‌ای از شهرهای مستعد مخاطرات، اثبات می‌کند که تحلیل مولفه‌های کالبدی نیازمند نگاهی سناریومحور است تا بتوان

[۹] Spatial Analysis
[۱۰] Urban Planning

ظرفیت تحمل زیرساخت‌ها را در برابر فشار بحران‌های متوالی در سال‌های پیش رو تخمین زد (رهسپار و همکاران، ۱۴۰۴). با ترسیم سناریوهای گوناگون از جمله توسعه پایدار[۱۱]، توسعه نامتوازن و بحران فراگیر، مدیران می‌توانند نقاط ضعف سیستم‌های شهری را در بدترین شرایط ممکن شبیه‌سازی کرده و برای رفع آن‌ها پیش از وقوع حادثه برنامه‌ریزی کنند.

در مقاصد گردشگرپذیر که با هجوم فصلی جمعیت روبرو هستند، اهمیت آینده‌پژوهی دوچندان می‌شود. ارزیابی آسیب‌پذیری این مناطق در برابر مخاطرات طبیعی، مانند شهرستان طارم، نشان می‌دهد که عدم پیش‌بینی بار جمعیتی در فصول گردشگری و همزمانی آن با حوادث طبیعی، می‌تواند ابعاد فاجعه را به شدت گسترش دهد (محمدلو و همکاران، ۱۴۰۴). آینده‌پژوهی با لحاظ کردن متغیرهای اقتصادی و جمعیتی گردشگری در مدل‌های تاب‌آوری، به تدوین طرح‌های جامع تخلیه اضطراری و اسکان موقت کمک شایانی می‌نماید. علاوه بر این، در سطح مناطق روستایی، موقعیت مکانی و آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها در شهرستان‌هایی مانند زیرکوه، مستلزم آن است که برنامه‌های توسعه کالبدی با نگاهی آینده‌نگرانه به تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آبی تدوین شوند تا از متروکه شدن این کانون‌های تولیدی جلوگیری به عمل آید (فال سلیمان و همکاران، ۱۴۰۳).

ارتقای ظرفیت‌های نهادی و اجتماعی با بهره‌گیری از فناوری

فناوری‌های نوین و مدل‌های پیش‌بینانه، فراتر از ابعاد کالبدی، در ارتقای ظرفیت‌های نهادی و اجتماعی نیز بسیار موثرند. تاب‌آوری نهادی به معنای توانایی سازمان‌های متولی در اعمال حاکمیت، هماهنگی و اجرای قوانین مدیریت بحران است. تحلیل فضایی برخورداری جوامع محلی از شاخص‌های نهادی نشان می‌دهد که دسترسی عادلانه به اطلاعات، آموزش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای و شفافیت در ارائه هشدارهای مخاطرات، نقش مهمی در جلب اعتماد عمومی و مشارکت مردم در طرح‌های پیشگیرانه دارد (کیخا و همکاران، ۱۴۰۴). زمانی که نهادهای محلی به ابزارهای تصمیم‌گیری هوشمند مجهز باشند، می‌توانند با استدلال‌های مبتنی بر داده‌های دقیق علمی، بودجه‌های محلی را برای مقاوم‌سازی بافت‌های فرسوده و آموزش همگانی جذب نمایند. در شهرستان نیر، مطالعات نشان داده است که عوامل نهادی و اجتماعی، در کنار مقاوم‌سازی فیزیکی، حیاتی‌ترین عناصر در افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله محسوب می‌شوند و استفاده از فناوری می‌تواند تسهیل‌گر ارتباط میان دولت محلی و مردم باشد (طالعی حور و همکاران، ۱۴۰۴).

جدول ۳. چارچوب پیشنهادی کاربرد فناوری‌های نوین در ابعاد تاب‌آوری سکونتگاه‌ها

بعد تاب‌آوری	کاربرد فناوری‌های هوشمند (IoT/Sensors)	کاربرد یادگیری ماشین (AI/ML)	دستاوردهای مبتنی بر آینده‌پژوهی

[۱۱] Sustainable Development

کالبدی- زیرساختی	پایش سلامت سازه‌ای پل‌ها و ساختمان‌ها، تنظیم هوشمند جریان انرژی.	پیش‌بینی نقاط شکست در شبکه‌های آبرسانی و برق، پهنه‌بندی خطر سازه‌ای.	طراحی شهرهای مقاوم در برابر سناریوهای تغییر اقلیم و زلزله‌های شدید.
محیطی- اکولوژیک	رصد لحظه‌ای سطح آب رودخانه‌ها، سنجش میزان آلاینده‌های جوی.	مدل‌سازی تغییرات پوشش گیاهی و پیش‌بینی وقوع زمین‌لغزش و فرونشست.	تدوین سناریوهای مدیریت منابع آب و سازگاری با خشکسالی‌های ممتد.
اجتماعی- انسانی	ارسال پیامک‌های هشدار منطقه‌ای، اپلیکیشن‌های مکان‌یاب پناهگاه‌ها.	تحلیل رفتار ترافیکی شهروندان حین بحران، مسیریابی هوشمند تخلیه جمعیت.	پیش‌بینی روندهای مهاجرت اقلیمی و برنامه‌ریزی برای اسکان‌های جدید.
نهادی- مدیریتی	ایجاد اتاق‌های کنترل و فرماندهی یکپارچه بحران، مدیریت توزیع منابع.	بهینه‌سازی الگوریتم‌های توزیع کمک‌های اولیه، ارزیابی خودکار خسارات.	سیاست‌گذاری بلندمدت بیمه حوادث طبیعی بر اساس پیش‌بینی‌های مدل‌ها.

طراحی شهری[۱۲] مبتنی بر یافته‌های علمی روز، نیازمند تلفیق این سه حوزه است. بهینه‌سازی مقاومت زیرساخت‌های عمرانی تنها زمانی محقق می‌شود که طراحان با استفاده از داده‌های سنسورها و مدل‌های هوش مصنوعی، رفتار مصالح و سازه‌ها را در برابر نیروهای مخرب شبیه‌سازی کنند (رحیم‌زاده، ۱۴۰۴). به عنوان مثال، در طراحی شبکه‌های ارتباطی نواحی ساحلی که همواره در معرض خطراتی چون طوفان‌های دریایی و بالا آمدن سطح آب هستند، استفاده از بتن‌های نوین و مصالح هوشمند می‌تواند از تخریب گسترده تاسیسات بندری جلوگیری کند و زنجیره تامین کالا را در شرایط بحرانی حفظ نماید (حجاریان، ۱۴۰۳). در نهایت، اولویت‌بندی عوامل موثر بر تاب‌آوری در محیط‌های پیچیده‌ای مانند دهستان دیوشل در لنگرود، به خوبی نشان می‌دهد که بدون استفاده از تحلیل‌های چندمعیاره و الگوریتم‌های هوشمند، امکان اتخاذ تصمیمات بهینه در تخصیص اعتبارات محدود دولتی وجود نخواهد داشت (نوروزی‌نژاد و محمودی، ۱۴۰۴).

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی جامع نقش و جایگاه فناوری‌های نوین در ارتقای تاب‌آوری سکونتگاه‌های انسانی ایران انجام پذیرفت. ترکیب شرایط خاص ژئومورفولوژیک ایران، روند رو به رشد تغییرات اقلیمی و توسعه کالبدی نامتوازن، مدیریت مخاطرات طبیعی را در این جغرافیا به یکی از پیچیده‌ترین چالش‌های نظام حکمرانی تبدیل کرده است. در این میان، نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که اتکا به روش‌های سنتی پاسخگویی به بحران، نه تنها موجب افزایش تصاعدی خسارات مالی و جانی می‌شود، بلکه فرآیند بازسازی و بازگشت به شرایط عادی را به شدت طولانی و فرسایشی می‌سازد. گذار از این وضعیت انفعالی، مستلزم استقرار یک چارچوب مدیریت

[۱۲] Urban Design

هوشمند و پیش‌دستانه است که سه رکن اساسی سیستم‌های اینترنت اشیا، مدل‌سازی‌های پیشرفته الگوریتمی و مطالعات سناریومحور آینده‌نگر را به صورت یکپارچه در ساختار برنامه‌ریزی فضایی نهادینه سازد.

بکارگیری سنسورهای محیطی و زیرساخت‌های هوشمند پایش، به عنوان لایه اول این چارچوب عملیاتی، توانایی درک بلادرنگ محیط را برای مدیران شهری و روستایی فراهم می‌آورد. این شبکه‌های عصبی دیجیتال با مخابره مستمر داده‌های مربوط به ارتعاشات لرزه‌ای، نوسانات سطح آب‌ها و جابجایی‌های میکروسکوپی پوسته زمین، زمان طلایی واکنش را به حداکثر رسانده و بستری بی‌بدیل برای سیستم‌های هشدار زودهنگام ایجاد می‌کنند. لایه دوم که بر پایه توان پردازشی هوش مصنوعی بنا شده است، با دریافت این کلان‌داده‌ها و تلفیق آن‌ها با سوابق تاریخی، الگوهای پنهانی را کشف می‌کند که از چشم تحلیل‌گران انسانی دور می‌ماند. تولید نقشه‌های فوق‌دقیق پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، فرونشست و سیلاب در مناطق کوهستانی و دشت‌های در معرض خطر، گواهی بر کارایی این سیستم‌ها در هدایت استراتژی‌های توسعه کالبدی و اصلاح کاربری اراضی است.

از سوی دیگر، رویکرد آینده‌پژوهی به عنوان لایه سوم و جهت‌دهنده استراتژیک، مانع از نزدیک‌بینی در سیاست‌گذاری‌های توسعه می‌شود. با ترسیم آینده‌های بدیل و بررسی تاثیر متقابل پیشران‌های کلان مانند رشد جمعیت، کاهش منابع پایه و شوک‌های اقلیمی، برنامه‌ریزان می‌توانند استراتژی‌های انعطاف‌پذیری را برای تقویت تاب‌آوری نهادی و اجتماعی طراحی کنند. این رویکرد به ویژه در مدیریت نواحی ساحلی و سکونتگاه‌های روستایی که اقتصاد آن‌ها وابستگی مستقیمی به پایداری اکولوژیک دارد، از اهمیت حیاتی برخوردار است. ترکیب بتن‌های مدرن و مصالح نوین با طراحی‌های شهری مبتنی بر مدل‌های شبیه‌ساز، نه تنها آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی را به حداقل می‌رساند، بلکه بهینه‌سازی مصرف انرژی و پایداری محیطی را نیز تضمین می‌نماید.

در نهایت، تحقق عملی این تحول پارادایمی نیازمند رفع موانع ساختاری در نظام مدیریت بحران کشور است. توسعه زیرساخت‌های ملی ارتباطی برای پشتیبانی از کلان‌داده‌ها، تربیت نیروی انسانی متخصص در حوزه‌های بین‌رشته‌ای، تدوین قوانین حامی اشتراک‌گذاری داده‌ها میان نهادهای دولتی و خصوصی، و همچنین تخصیص بودجه‌های هدفمند برای تجهیز شهرداری‌ها و دهیاری‌ها به فناوری‌های نوین، از جمله الزامات اساسی در این مسیر به شمار می‌روند. ادغام یافته‌های مدل‌های هوشمند در اسناد بالادستی توسعه مانند طرح‌های جامع و تفصیلی، گامی اساسی در جهت ایمن‌سازی سکونتگاه‌های انسانی ایران است. امید است با تغییر رویکرد از مدیریت بحران‌محور به مدیریت خطرپذیری مبتنی بر دانش و فناوری، شاهد شکل‌گیری جوامعی تاب‌آور، پایدار و شکوفا در برابر چالش‌های پیش رو باشیم.

منابع

ابراهیمی، ل.، و ایلانلو، م. (۱۴۰۴). پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از تکنیک مدل‌سازی الگوریتم یادگیری ماشین (نمونهٔ موردی: شهرستان ایذه). *مدیریت مخاطرات محیطی*، *۱۲*(۱)، ۶۴-۵۴.

پردلی، ب. ک.، و کاووسی، ه. (۱۴۰۴). شناسایی پیشران‌های تبیین‌کننده تاب‌آوری کالبدی شهرها با رویکرد آینده‌پژوهی (مطالعه موردی: شهر گرگان). *چشم‌انداز شهرهای آینده*، (۲۳)، ۱۵۳-۱۳۹.

جهرمی رجبی، گ.، و کشاورزفرد، ر. (۱۴۰۴). ارائه الگوی همکارانه کمک‌رسانی در مدیریت بحران به‌منظور حداکثرسازی ارائه پوشش بشردوستانه به مناطق آسیب‌دیده از مخاطرات طبیعی. *دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، (۵۶)، ۲۰۰-۱۸۵.

حجاریان، ا. (۱۴۰۳). شناسایی و تحلیل تاب‌آوری نواحی ساحلی در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: بندر ماهشهر). *مخاطرات محیط طبیعی*، *۱۳*(۴۲)، ۵۱-۳۱.

رحیم‌زاده، اسد. (۱۴۰۴). بررسی اثرات راهبردی طراحی شهری بر بهینه‌سازی مقاومت و کارایی زیرساخت‌های عمرانی در برابر مخاطرات طبیعی. *پژوهش‌های نوین علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی*، *۶*(۵۴)، ۱۳۱-۱۱۸.

رهسپار، ن.، موغلی، م.، و قنبری، ع. (۱۴۰۴). بررسی مولفه‌های کالبدی شهری به‌منظور سنجش میزان تاب‌آوری در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهر میناب). *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، (۵۱)، ۲۵۹-۲۳۳.

صبوری، س. م.، و گرکانی، س. ا. (۱۴۰۴). تحلیل فضایی مخاطره فرونشست زمین در سکونتگاه‌های روستایی ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، *۱۲*(۲)، ۸۷-۶۵.

صفری نامیوندی، م.، مرادی، ف.، ملکی، م.، و گنجائیان، ح. (۱۴۰۴). ارزیابی روند توسعه فیزیکی فضاهای شهری واقع در قلمروهای کوهستانی نسبت به مخاطرات محیطی (مطالعه موردی: شهر ایلام). *پژوهش‌های محیطی در قلمروهای کوهستانی*، (۴)، ۵۸-۴۵.

طالعی حور، و.، تقی‌زاده فانید، ا.، ظاهری، م.، و رضایی مقدم، م. ح. (۱۴۰۴). عوامل تاثیرگذار بر افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله (مورد مطالعه: شهرستان نیر). *روستا و توسعه پایدار فضا*، *۶*(۲)، ۶۴-۴۷.

فال سلیمان، م.، حجی‌پور، م.، و نیک‌اندیش، ح. (۱۴۰۳). موقعیت مکانی و آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در شهرستان زیرکوه. *جغرافیا (انجمن جغرافیایی ایران)*، (۸۳)، ۲۰۴-۱۷۹.

کیخا، ز.، بذرافشان، ج.، قنبری، س.، و کیخا، ع. (۱۴۰۴). تحلیل فضایی میزان برخورداری جامعه محلی از شاخص‌های نهادی موثر بر تاب‌آوری در برابر مخاطرات محیطی. *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، (۲۴)، ۱۹۵-۱۸۱.

گنجائیان، ح.، نصرتی، م.، ابراهیمی، ع.، و قیصریان، س. س. (۱۴۰۴). ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری روستاهای مناطق کوهستانی در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: روستاهای منطقه اورامان). *پژوهش‌های محیطی در قلمروهای کوهستانی*، (۲)، ۷۰-۵۷.

لطفی تالش، م.، شهماری اردجانی، ر.، اصغری، ح.، و حسنی‌مهر، س. ص. (۱۴۰۳). مدیریت بحران مخاطرات طبیعی با تأکید بر سیل (مطالعه موردی: شهر تالش). *جغرافیای طبیعی*، (۶۶)، ۶۴-۴۳.

محمدلو، م.، رئیس‌پور، ک.، عباسی، ق.، عباسی، م.، و عینالی، ج. (۱۴۰۴). ارزیابی آسیب‌پذیری مقاصد گردشگرپذیر شهرستان طارم در برابر مخاطرات طبیعی. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، *۱۲*(۱)، ۸۲-۶۴.

محمودزاده، ح.، رسولی، ا.، جباری، ه.، کریمی، ه.، و عدالتی، م. (۱۴۰۴). *نقش فناوری‌های هوشمند در ارتقای تاب‌آوری شهری در برابر بحران‌ها و مخاطرات طبیعی*. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت شهری و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۹۵۲- ۱۹۶۳.

نوروزی‌نژاد، م.، و محمودی، س. (۱۴۰۴). اولویت‌بندی عوامل موثر بر تاب‌آوری کالبدی-محیطی و نهادی سکونتگاه‌های روستایی در مواجهه با مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: دهستان دیوشل، شهرستان لنگرود). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۲(۲)، ۱۲۵- ۱۴۷.

یوسفی روشن، م. ر.، دیمه‌ور، م.، و معتمدی راد، م. (۱۴۰۴). مخاطرات ژئومورفولوژیک و ناپایداری سکونتگاه‌ها؛ مطالعه روستای رزگ در شهرستان بیرجند. *روستا و توسعه پایدار فضا*، ۶(۱)، ۱۸۹-۱۶۸.

Ayadi, R., Forouheshfar, Y., & Moghadas, O. (۲۰۲۵). Enhancing system resilience to climate change through artificial intelligence: A systematic literature review. *Frontiers in Climate*, *7*, ۱۵۸۵۳۳۱.

Behdadfar, E., & Samaei, S. R. (۲۰۲٤). Towards a smart Tehran: Leveraging machine learning for sustainable development, balanced growth, and resilience. *Journal of New Researches in Smart City*, *2*(۲), ٥۳-٦۷.

Ebrahimi, I., & Gholamzadeh, B. (۲۰۲٤). Enhancing urban resilience: The role of modern concrete materials and artificial intelligence in city structures. In *Appl. Res. Civ. Eng. Archit. Urban Plan.(Conf. Pap.) Munich Ger.*.

Ghorbanifar, S. (۲۰۲٥). Sustainable Urban Planning with AI-Driven Climate Resilience Models. *International Journal of Industrial Engineering and Construction Management (IJIECM)*, *4*(۱), ۱۲-۲۱.

Pour, M. A., Ghiasi, M. B., & Karkehabadi, A. (۲۰۲٥, January). Applying machine learning tools for urban resilience against floods. In *2025 Fifth International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT)* (pp. ۱-٦). IEEE.

Suleimany, M., Gonbad, M. R. S., Naghibizadeh, S., & Niri, S. D. (۲۰۲٥). Artificial intelligence as a tool for building more resilient cities in the climate change era: A systematic literature review. *Artificial Intelligence and Machine Learning Applications for Sustainable Development*, ۶۰-۸۱.