جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سـال ۲۶، پیـاپی ۵۹، شـماره ۳، پـاییز ۱۳۹٤

پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله با مدل AHP در محیط GIS، مطالعه موردی بخش چورزق شهرستان طارم

حمیـد جلالیـان: استادیار جغرافیـا و برنامـه‌ریـزی روسـتایی، دانشـگاه خـوارزمی، تهـران، ایـران *
حسـین دادگـر: کارشناس ارشد جغرافیـا و برنامـه‌ریـزی روسـتایی، دانشـگاه زنجـان، زنجـان، ایـران

وصـول: ۱۳۹۲/٤/۲ پـذیرش: ۱۳۹۲/٦/۹، صص ٤۲-۲۹

چکیده

شناخت مسائل روستاها و ارائه راهکارهای مناسب برای آنها از اقـدامات اساسـی در راسـتای نیـل بـه توسـعه پایـدار روستایی است. یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران و برنامـه‌ریـزان منطقـه‌ای، مخـاطرات طبیعـی در منـاطق مختلـف اسـت. شهرستان طارم در شمال استان زنجان به دلیل ساختار خاص زمین‌شناسی و توپوگرافی آن، آسـیب‌پـذیری بـالایی در برابـر خطر زمین‌لرزه دارد. در این تحقیق، تلاش شده است تا با استفاده از مـدل فراینـد تحلیـل سلسـله مراتبـی و روش تحلیـل چندمعیاری فضایی و با بکارگیری پنج شاخص محیطی و جمعیتی به پهنه‌بندی سکونتگاه‌های روستایی در برابر خطر زلزلـه اقدام شود. برای این کار، ابتدا پارامترهای موثر شامل: وجود گسل، جـنس زمـین، شـیب، زمـین‌لغـزش و تـراکم جمعیـت انتخاب شده و سپس لایه‌های اطلاعاتی آنها در محیط GIS تهیه و کلاس‌بندی شد. وزن‌دهـی بـه معیارهـا بـر اسـاس تـابع مقیاس خطی در مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) صورت گرفته و نقشه نهایی پهنـه‌بنـدی خطـر زلزلـه در چهـار کـلاس پهنه‌های با خطر پائین، خطر متوسط، خطر بالا و خطر خیلی بالا به دست آمد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد کـه بخش عمده‌ای از محدوده شهرستان طارم و سکونتگاه‌های روستایی منطقه در پهنه‌های با خطر بالا (٤۵.۷۱ درصد) و خیلـی بالا (۱٤.۷۱ درصد) قرار گرفته است. با توجه به پهنه‌های خطر بالقوه، ضروری است تا مجل مناسبی برای اسکان اضطراری در منطقه مکان‌یابی و تجهیز شود.

کلید واژه‌ها: آسیب‌پذیری روستاها، زمین‌لرزه، تحلیل چندمعیاری فضایی، طارم

مقدمه

هر سال بـر اثـر وقـوع حـوادث طبیعـی و غیـر طبیعـی میلیون‌ها نفر در سراسر جهـان جـان خـود را از دسـت می‌دهند. مشکل خطرات طبیعی از دیـر بـاز گریبـانگیر بشر بوده و همیشـه قسـمتی از تـاریخ زنـدگی بشـر را تشکیل داده است. در میـان پدیـده‌هـای خطـر آفـرین، زمین لرزه‌های ویرانگر مسئول بیشـترین شـمار کشـتار انسانی و زیان‌های مالی بوده‌اند و تعداد کشـته شـدگان انسـانی در کشـورهای در حـال توسـعه چنـدین برابـر کشورهای پیشرفته است (بحرینی، ۱۳۷۵: ۷). با توجـه به واقع شدن ایران بر روی یکی از دو کمربند زلزله‌خیز جهان و وجود گسل‌های فراوان، وقوع زلزله در فـلات ایران امری طبیعی اسـت. کمربنـد زلزلـه، ۹۰ درصـد از خاک کشور مـا را دربرگرفتـه اسـت (زمردیـان، ۱۳۸۱:

*نویسنده مسؤول: E-mail: hamidjalalian@khu.ac.ir

۱۲۱-۱۲۰). طبق آمار رسمی ۱۷/٦ درصد زلزله‌های مخرب جهان در کشور ما اتفاق می‌افتد. این رقم بیش از ۳ برابر زلزله‌های مخرب کشور ژاپن (۷/۱ درصد) است (محمدزاده، ۱۳۸۰: ۹۰).

بررسی تاریخی زلزله‌ها نشان می‌دهد که نقاط یا مناطق وسیعی از کشورمان توسط این حادثه طبیعی متحمل آسیب‌های جانی و مالی گردیده است. در این راستا منطقه طارم- رودبار هم به عنوان یکی از مناطق واقع شده بر روی کمربند زلزله آلپ- هیمالیا در گذشته نه چندان دور خود شاهد یکی از مخرب ترین زلزله ها با مقیاس ۷.۲ ریشتر در کشور بوده که در اثر این زلزله بیش از ٤۰۰۰۰ نفر کشته و ۳۰۰ روستا تخریب کامل شده است (عبدی، ۱۳۸٦: ۲). بنا بر ضرورت‌های فوق، این پژوهش بر آن بوده تا با استفاده از روش تحلیل چندمعیاری فضایی به مطالعه و بررسی سکونتگاه‌های روستایی بخش چورزق شهرستان طارم در برابر زلزله پرداخته و میزان ریسک‌پذیری هر یک از روستاها را در برابر زلزله مشخص نماید.

پهنه‌بندی مناطق بر اساس نقش عوامل مخرب محیطی عبارت است از تقسیم‌کردن نواحی جغرافیایی به درجات مختلف بر حسب واکنش در مقابل بلایای طبیعی (ملکی، ۱۳۸٦: ۱۱٤). اگرچه در دهه‌های اخیر، توجه به پدیده زلزله و شناخت و ارائه راهکارهای اساسی برای مقابله با آن به عنوان چالشی جهانی در مقیاس کلان و خرد پذیرفته شده است، اما به خاطر طبیعت پیچیده این پدیده، تصمیم‌گیرندگان جوامع در سطوح مختلف و در رویارویی با مقوله مذکور با مشکلات و چالش‌های ساختاری مواجه‌اند. از این رو دست‌یافتن به نتایج مناسب برای تصمیم‌گیری، بدون آگاهی یافتن و درگیر شدن با پیچیدگی‌های عنوان شده و به خدمت‌گیری علوم، فناوری‌ها، روش‌ها و مدل‌های جدید عملی نخواهد بود (دلاور و کمالیان، ۱۳۸۳: ٤).

برای سنجش خطرپذیری سکونتگاه‌ها در برابر زلزله روش‌های متعددی بکار گرفته می‌شود اما از آنجا که در ارزیابی میزان ریسک سکونتگاه‌ها در برابر زلزله، عوامل و عناصر متعددی دخیل می‌باشند لذا بکارگیری روش‌های تحلیل چندمعیاری فضایی می‌تواند نتایج دقیق‌تری را به همراه داشته باشد. تصمیم‌گیری بر مبنای ریسک مخاطرات محیطی، یک فعالیت چند بعدی در ارتباط با معیارهای محیطی، اجتماعی- اقتصادی و مدیریتی بوده و در مقیاس زمانی و مکانی به صورت متفاوت جلوه می‌نماید. با این حال بکارگیری روش‌های ارزیابی چندمعیاری همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌تواند در چنین تصمیم‌گیری‌هایی موثر واقع شود (Keping chen & et al, 2001: 387). در سال‌های اخیر، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به صورت یک تکنیک کامپیوتری قدرتمند که توانایی تحلیل‌های فضایی جامع، مدیریت پایگاه‌های اطلاعاتی و بصری‌سازی داده‌ها را دارد پدیدار گشته است. به همین منظور در علوم وابسته به زمین، سیستم‌های اطلاعاتی مبتنی بر GIS برای پیش‌بینی و برنامه‌ریزی پهنه‌های مخاطرات طبیعی از قبیل زلزله و زمین‌لغزش توسعه یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرد (Chang guk sun & et al, 2008: 436).

در این تحقیق با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی و روش تحلیل چندمعیاری فضایی و با بکارگیری پنج شاخص محیطی و جمعیتی به پهنه‌بندی

سکونتگاه‌های روستایی در برابر خطر زلزله اقدام شده است.

پیشینه تحقیق

در موضوع ارزیابی خطر زلزله و مدلسازی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها در برابر آن، پژوهش‌های متعدی در داخل و خارج کشور صورت می‌گیرد. دسته‌ای از این تحقیقات پژوهش‌هایی است با محوریت تعیین خطر لرزه‌ای در مناطق که معمولا بر اساس داده‌های تاریخی، اطلاعات گسل‌های لرزه زا، ساز و کار ژرفی و ساختار زمین‌شناسی مناطق و روش‌های دیگر، مدل لرزه زمین‌ساخت مناطق ارائه می‌شود. دسته‌ی دیگر تحقیقات نیز بیشتر به دنبال تعیین آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها بر اساس مجموعه‌ای از عوامل و متغیرهای ترکیبیِ زمین‌ساختی، توپوگرافیکی و رفتار انسانی هستند. تحقیقات دسته‌ی اول از سوی زمین شناسان و فیزیکدانان زمین، و تحقیقات دسته‌ی دوم نیز معمولا از سوی جغرافیدانان به ویژه ژئومورفولوژیست‌ها صورت می‌گیرد. در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

معماریان و همکاران (۱۳۸٦) پژوهشی با محوریت تعیین خطر لرزه‌ای در منطقه شهرکرد انجام دادند. در این پژوهش که بر اساس داده‌های تاریخی سده بیستم، اطلاعات گسل‌های لرز زا، ساز و کار ژرفی محدوده و ساختار زمین شناسی صورت گرفت، مدل لرزه زمین ساخت منطقه ارائه و چشمه‌های لرزه‌زا معرفی شد. با استفاده از تعیین میانگین بیشینه شتاب مورد انتظار برای هر نقطه، نقشه‌های هم‌تراز شتاب منطقه شهرکرد برای مولفه‌های افقی و قائم بر اساس رهیافت احتمالی (دوره بازگشت‌های ٤٧٥ و ٢٤٧٥ سال) تهیه و با یکدیگر مقایسه گردید. در نهایت، نتایج به صورت نقشه‌های ریزپهنه‌بندی پریود طبیعی آبرفت، شتاب و ضریب بزرگنمایی با توجه به زمین لرزه‌های مختلف در ایستگاه‌های متفاوت ارائه شده است.

بهرامی (۱۳۸۷) برای تحلیل آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله در استان کردستان، چهار مولفه ساختمانی یعنی فونداسیون (پی ساختمان)، نوع مصالح مورد استفاده، سازه‌های مربوط به سقف و شاخص عمر مفید ساختمان‌ها را در نظر می‌گیرد و مشخص می‌کند که ساختمان‌های روستایی استان کردستان در برابر زلزله به شدت آسیب‌پذیرند.

ملکی (۱۳۸۳) برای پهنه‌بندی خطر زمین لرزه و اولویت‌بندی بهسازی مساکن در استان کردستان نیز چهار شاخص عوامل لیتولوژی، زمین‌لرزه‌های تاریخی، زمین‌لرزه‌های دستگاهی و خطوط شکستگی پوسته شامل گسل‌ها و تراست‌ها را مورد بررسی قرار داد و در نهایت با همپوشانی فاکتورها، نقشه پهنه‌بندی منطقه را تهیه نمود.

مختاری (۱۳۸۳) برای بررسی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی واقع شده در امتداد گسل شمالی میشو، با استفاده از فعالیت گسل و با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، توپوگرافیکی و نوع مصالح بکار رفته در ساختمان‌ها نتیجه‌گیری نمود که مهم‌ترین خطر تهدیدکنندهٔ روستاهای واقع در مسیر یا مجاورت گسل شمالی میشو و شاخه‌های فرعی آن، خطر فعالیت‌های احتمالی گسل و لرزش‌های حاصل از آن است.

پورطاهری و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به بررسی و ارزیابی مولفه‌های اساسی مدیریت ریسک زلزله در

قالب گویه‌هایی در مناطق روستایی شهرستان قزوین پرداخته و نتیجه‌گیری کرده‌اند که تمامی مولفه‌های اساسی مدیریت ریسک در میان سکونتگاه‌های روستایی در سطح پائین قرار دارد.

کوا (۱۹۹۹) با استفاده از شاخص‌های توپوگرافی، گسل‌ها، محل تاسیسات زیربنایی حساس و پراکنش جمعیت توانست نقشه آسیب‌پذیری را در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی مدلسازی نماید.

با بررسی تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، می‌توان نتیجه گرفت که بکارگیری روش‌های ارزیابی چندمعیاری همراه با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌تواند رویکرد مناسبی برای شناسایی و پهنه‌بندی مناطق سکونتگاهی در برابر خطر و آسیب‌های ناشی از حوادث طبیعی از جمله زلزله باشد و این روش را به راحتی برای مناطق مختلف به کار گرفت.

محدوده مطالعه

بخش چورزق با وسعت ۷۳۲ کیلومتر مربع بین طول جغرافیایی "۵۵ ′۲۸ °٤٤ تا "۳٤ ′۰۰ °٤۹ شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و بین عرض جغرافیایی "۱۵ ′٤۵ °۳٦ تا "۵۹ ′۰٦ °۳۷ شمالی از خط استوا در شهرستان طارم و استان زنجان واقع شده است. متوسط ارتفاع این بخش ۱٦۵۰ متر از سطح آب‌های آزاد و بلندترین نقطه آن با ارتفاع ۲۹۰۰ متر در جهت شمال غربی در دهستان چورزق و پست‌ترین نقطه آن با ارتفاع ٤۰۰ متر در قسمت جنوب شرقی در دهستان دستجرده درست در امتداد همدیگر قرار گرفته‌اند. این بخش از طرف شرق و جنوب با بخش مرکزی طارم و از طرف شمال با شهرستان خلخال و از غرب با شهرستان زنجان محدود می‌گردد. طبق آخرین تقسیمات سیاسی، بخش مذکور دارای دو دهستان بنام‌های چورزق و دستجرده بوده و بر طبق سرشماری جمعیتی سال ۱۳۸۵ در حدود ۱۸۰۱۱ نفر را در خود سکنی داده است. شکل (۱) موقعیت محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد.

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی بخش چورزق

مواد و روش‌ها

این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، از نوع توصیفی- تحلیلی می‌باشد. در تحقیق حاضر ابتدا از فاکتورهای موثر در پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه عوامل جنس زمین، گسل، شیب، زمین لغزش و تراکم جمعیت انتخاب شده و سپس با توجه به داده‌ها و مدارکی که در ادامه معرفی می‌شود لایه‌های اطلاعاتی آنان تشکیل گردید. ضمنا یادآور می‌گردد در میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها در برابر زلزله، عوامل مربوط به مهندسی ساختمان و کیفیت بناها (طول عمر بنا، کیفیت و ترکیب مصالح و ...) نیز دخالت دارند که در نظر گرفتن آنها برای ریزپهنه‌بندی و برآورد میزان خسارت‌های احتمالی ضرورت دارد و البته نیازمند کار مفصل و جداگانه‌ای است. فرآیند کار در تحقیق حاضر به شرح زیر بوده است:

نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور در فرمت JPEG، که بعد از تصحیح هندسی و رقومی‌سازی، برای تهیه لایه آبراهه‌ها، موقعیت نقاط روستایی و استخراج منحنی‌های میزان مورد استفاده قرار گرفت؛ نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور که پس از تصحیح هندسی و موزائیک‌نمودن شیت‌های متعدد آن در محیط نرم‌افزار Erdas Imagine برای تهیه لایه‌های جنس زمین و خطوط گسل‌ها استفاده شد. برای کاربری اراضی منطقه از نقشه‌های سازمان منابع طبیعی استفاده گردیده و همچنین داده‌های میزان بارش از ایستگاه سینوپتیک آببر و داده‌های جمعیتی از سرشماری رسمی مرکز آمار ایران برای سال ۱۳۸۵ تهیه گردید. نهایتاً با تشکیل پایگاه اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار Arc GIS و تعریف توپولوژی‌های مناسب و وزن‌دهی به معیارها با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، لایه‌های موجود همپوشانی داده شدند تا میزان خطرپذیری هر یک از سکونتگاه‌ها در برابر زلزله مشخص گردد.

تحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق

تحلیل داده‌ها و اطلاعات مربوط به منطقه مورد مطالعه و همچنین یافته‌های آن به شرح زیر معرفی می‌شود:

۱- ایجاد نقشه‌های معیار و طبقه‌بندی گزینه‌ها:

- جنس زمین:

لرزش زمین اولین علامت وقوع یک زلزله است و یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در شدت تکان‌های زلزله، نوع مواد سازندهٔ زیرین منطقهٔ مورد نظر است. ساختمان‌های ایجاد شده بر روی سنگ مادر مقاوم نسبت به ساختمان‌های واقع بر روی مواد نامتراکم و نامقاوم از قبیل نهشته‌های سطحی اشباع از آب و مواد پرشده به وسیلهٔ انسان، خسارات کمتری را متحمل می‌شوند (Monroe and Wicander, 2001: 189). لذا بعد از ایجاد نقشه سازندهای زمین شناسی محدوده مطالعاتی (شکل۲)، به هر یک از گزینه‌های آن وزن مناسبی اختصاص یافت. در انتخاب ارزش وزنی به گزینه‌ها متدهای مختلفی از قبیل تابع مقیاس خطی، روش فازی، تابع مقدار و غیره وجود دارد که در اینجا از تابع مقیاس خطی استفاده شده است. ملاک عمده در ارزش‌گذاری سازندها، عکس‌العمل سازندهای لیتولوژیکی در برابر موج لرزه‌ای بوده که قراردادن مجموعه سازندها در بازه یک الی سه با توجه به نظرات کارشناسان امر در این زمینه صورت گرفته است. به طور مثال در بازه ارزش‌گذاری شده در مقدار یک الی سه، ساختار لیتولوژیکی بسترهای آبرفتی به دلیل ماهیت سست و دارای خاصیت روان‌شدگی نسبت به سازندهای سنگ بستر بازالتی که به صورت متصل و مقاوم هستند سه برابر خطرزا به حساب آمده و میزان آسیب‌پذیری را بالا می‌برند. لذا در این معیار سازندهای منفصل و خطرزا دارای ارزش وزنی بالاتر و بالعکس سازندهای مقاوم و کم‌خطر دارای ارزش وزنی پائین‌تری گردیدند (جدول ۱).

شکل۲: سازندهای زمین شناسی محدوده مطالعاتی

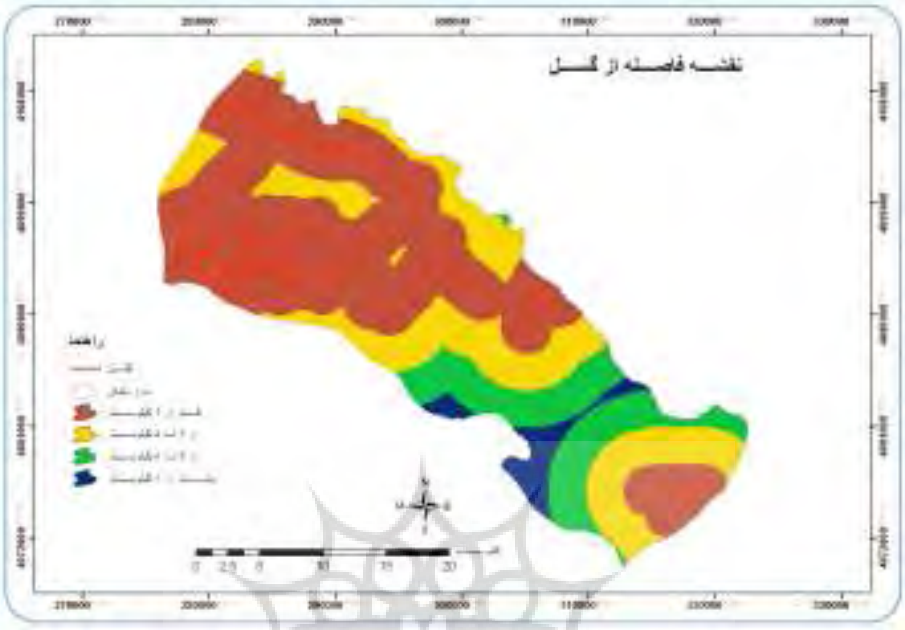
جدول ۱: ارزش وزنی جنس زمین

نوع سازندهای زمین‌شناسی	وزن	تعداد روستا	جمعیت(نفر)
بازالت خاکستری مایل به سیاه- آندزیت با بستر ضخیم همراه با گدازه و توف‌های درون بستر- توف بازیک با درون لایه‌های تراکمی بازالت- توف، ماسه سنگ توفی، سیلتستوف- توف‌های آندزیتی و مقداری گدازه- ماسه سنگ توفی، توف- ماسه سنگ توفی، توف، مادستون- کوارتزیت مونزودیوریت- کوارتز منزونیت- گرانودیوریت، گرانیت به همراه ترکیبات دیگر	۱	۱٦	٤۱۷۷
تناوب مارن گچ دار و گچ به رنگ سبز روشن، ماسه سنگ و کنگلومرا- کنگلومرای قرمز- کنگلومرای قرمز مایل به سبز- بسترهای قرمز گچ مانند با کنگلومرا در قسمت بالائی- رسوبات قرمز و متمایل به سبز و اغلب گچ مانند- عمدتاً شن دوران پلیستوسن و تخته سنگ‌های بادبزنی- کنگلومرای سست با گردشدگی متوسط- رسوبات فرسایشی اخیر	۲	٦	۲٦۰۵
آبرفت‌های بستر رودخانه- پادگانه‌های آبرفتی قدیمی- پادگانه‌های آبرفتی جدید- پادگانه‌های با شیب محدود	۳	۱۸	۹۵۰۷

- گسل

زلزله‌هایی که خطرسازند (خسارات بیشتری را در پی دارند) در اثر حرکات ناگهانی و در امتداد شکستگی منطقه غیر مقاوم و ضعیف از پیش موجود که گسل نام دارد و نسبتاً نزدیک به سطح زمین قرار دارند، روی می‌دهد (اسمیت، ۱۹۹٦: ۲۰۷). بنابراین در مطالعات مربوط به توان خطرزایی گسل‌ها لازم است نقشه فاصله از گسل‌ها ایجاد شود تا بتوان حریم‌هایی مناسب برای آنها در نظر گرفت (شکل۳). مناطق نزدیک به گسل به خاطر میزان آسیب‌پذیری بالا دارای ارزش

وزنی بالاتر و حریم‌های دور از گسل دارای ارزش وزنی پائین‌تری خواهند بود (جدول ۲).



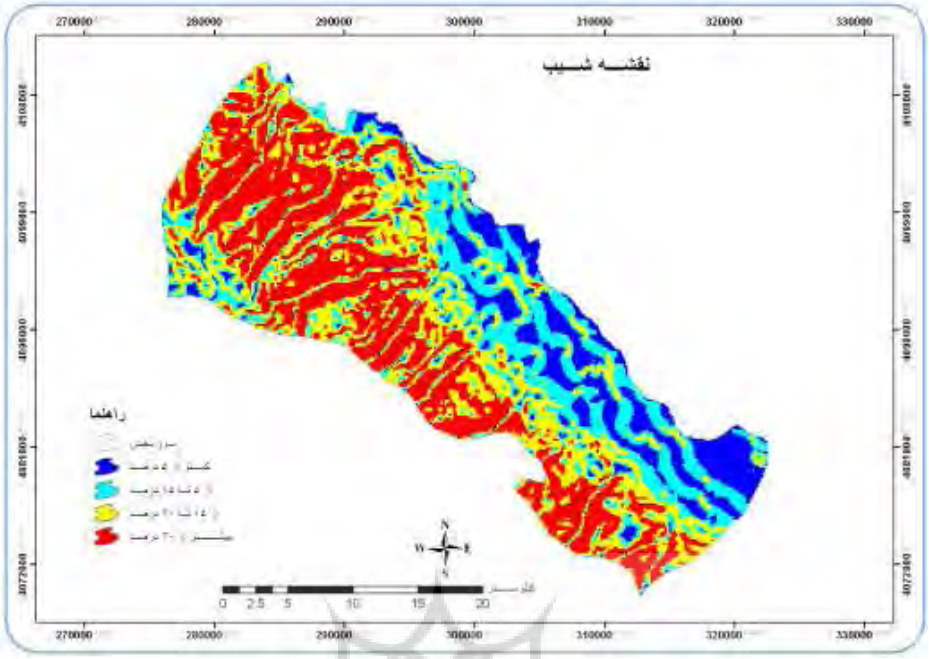
شکل۳: طبقات فاصله از گسل

جدول ۲: ارزش وزنی فاصله از خطوط گسل

فاصله از گسل (کیلومتر)	وزن	تعداد روستا	جمعیت (نفر)
۰ – ۲	٤	۱۹	۷۳٦۲
۲ – ۵	۳	۱۸	٦۹٦۹
۵ – ۸	۲	۲	۸۵۷
+۸	۱	۱	۱۱۰۱

- **شیب زمین**

وضعیت محلی که ساختمان‌ها بر آن قرار می‌گیرند اثر مهمی بر میزان تخریب ناشی از حرکت زمین دارد. تخریب در زمین‌های با توپوگرافی پرشیب بویژه در خطالراس‌ها و قله‌ها به میزان قابل توجهی گسترش می‌یابد (اسمیت، ۱۹۹٦: ۲۱۳). اصولاً زمین‌های با شیب کمتر از ۵ درصد به عنوان زمین‌های مناسب جهت استقرار سکونتگاه‌های انسانی قلمداد می‌شوند و شیب‌های بالای ۱۵ درصد جزو زمین‌های نامناسب جهت این منظور می‌باشد. برای تحلیل خطرزایی ناشی از این پارامتر (شیب زمین) محدوده مطالعاتی به چهار پهنه، با شیب کمتر از ۵ درصد، بین ۵ تا ۱۵درصد، ۱۵ تا ۳۰ درصد و بالای ۳۰ درصد تقسیم‌بندی گردید (شکل٤ و جدول ۳).



شکل٤: طبقات شیب محدوده مطالعاتی

جدول ۳: ارزش وزنی طبقات شیب

طبقات شیب (به درصد)	ارزش وزنی	تعداد روستا	جمعیت (نفر)
۰ – ۵	۱	۱۳	۷٦۳۸
۵ – ۱۵	۲	۱۳	۵۲٦۸
۱۵ – ۳۰	۳	۷	۱۳٦۹
+۳۰	٤	۷	۲۱٦۸

– زمین لغزش

کلیه ویرانی‌ها و قربانی‌هایی که در اثر بروز زمین لرزه‌ها به جا گذاشته می‌شوند، مستقیماً و منحصراً به خود زلزله مربوط نمی‌شوند، بلکه بخش مهمی از این خسارات به طور غیر مستقیم، با دخالت پدیده‌های ژئومورفولوژیک صورت می‌پذیرند (رجائی، ۱۳۷۳: ۲۲۸). زمین لغزش به عنوان یکی از حوادث طبیعی خسارت‌آور بوده که با وقوع زمین لرزه تحریک می‌شود و عموماً خسارات زمین لغزش‌های تحریک شده به وسیله زلزله از ارتعاشات خود زلزله وخیم‌تر است (Shuichi Hasegawa & et al 2008: 419).

از بین فاکتورهای موثر در پهنه‌بندی حساسیت اراضی به زمین لغزش، عوامل: سازندهای زمین شناسی، شیب، میزان بارش، کاربری زمین و فاصله از آبراهه‌ها انتخاب شده است (برای تهیه نقشه همبارش از روش‌های میانیابی استفاده بعمل آمده و نقشه آبراهه‌های منطقه با استفاده از اکستنشن الحاقی Arc Hydro، و پس از تصحیح DEM اولیه منطقه ایجاد گشته است)، و سرانجام با اختصاص وزن‌های مناسب به هریک از

فاکتورها نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش برای محدوده مطالعاتی تهیه گردید (شکل ۵ و جدول ٤).

شکل۵: پهنه بندی خطر زمین لغزش

جدول ٤: ارزش وزنی طبقات خطر زمین لغزش

میزان خطر زمین لغزش	ارزش وزنی	تعداد روستا	جمعیت (نفر)
پهنه های بدون خطر	۱	٤	۸۸۸
پهنه های با خطر کم	۲	۵	۹۱۳
پهنه های با خطر متوسط	۳	۲۵	۱۲۹۲۳
پهنه های با خطر بالا	٤	٦	۱۵٦۵

- تراکم جمعیت

تراکم جمعیتی شاخصی است که مشخص‌کننده بار جمعیتی در مواقع زلزله می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر چقدر تراکم جمعیتی در سکونتگاه‌ها کمتر باشد آسیب‌پذیری در مواقع زلزله کمتر بوده و کار امدادرسانی و اسکان هم آسان‌تر خواهد شد. نقشه تراکم جمعیتی محدوده مطالعاتی به صورت میانیابی و با روش IDW تهیه گردیده و جمعیت در چهار طبقه از هم تفکیک گردید (شکل ٦ و جدول ۵).

شکل ٦: طبقات جمعیتی محدوده مطالعاتی

جدول ٥: ارزش وزنی طبقات جمعیتی

طبقات جمعیتی (نفر)	ارزش وزنی	تعداد روستا	جمعیت (نفر)
۰ – ۲۵۰	۱	۱۵	۱۸۲۱
۲۵۰ – ۵۰۰	۲	۱۰	۳۸۱۹
۵۰۰ – ۷۵۰	۳	۱۰	٦۱٥٤
+۷۵۰	٤	٥	٤٤۹٥

۲- چارچوب مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1] (AHP) برای اولین بار توسط، توماس ساعتی ابداع شده، و به وسیله کارهای دیگران تکمیل شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی رفتار کاملاً انعطاف‌پذیر با هر دو معیارهای کمی و کیفی در ارزیابی چند معیاری از مسائل دارد (Sule Tudes and N. D. Yigiter, 2009: 235). در این مدل روش کار مشتمل بر سه گام اصلی است: الف) ایجاد ماتریس مقایسه دو به دو، ب) محاسبه وزن‌های معیار و ج) تخمین نسبت پایندگی یا سازگاری (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۱۵). بنابراین برای ایجاد یک ماتریس به مقایسه‌های دو به دو اقدام شد که در این مرحله اولویت نسبی یک معیار نسبت به معیار دیگر می‌تواند در یک مقیاس پایه‌ای از ۱ تا ۹ قرار گیرد و سپس با محاسبه میانگین هندسی هر سطر و تقسیم آن بر مجموع میانگین هندسی ردیف‌ها، وزن نهایی هر معیار به دست آید (جدول ٦).

1) Analytical Hierarchy Process

جدول ٦: ماتریس مقایسه جفتی معیارها

معیارها	جنس زمین	گسل	شیب	زمین لغزش	جمعیت	میانگین حسابی	میانگین هندسی	وزن نهایی
جنس زمین	۱	۲	۷	۳	٦	٤/۸	۳/۰۲	۰/٤۳
گسل	۰/۵	۱	٦	۲	۵	۳/۹	۱/۹۷	۰/۲۸
شیب	۰/۱٤	۰/۱۷	۱	۰/۲	۰/۵	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۰٤
زمین لغزش	۰/۳۳	۰/۵	۵	۱	٤	۲/۱٦٦	۱/۲۷	۰/۱۸
جمعیت	۰/۱۷	۰/۲	۲	۰/۲۵	۱	۰/۸۲	۰/٤٤	/۰۷
مجموع							۷	۱

۳- بررسی نسبت پایندگی در قضاوت‌ها

در این مرحله تعیین می‌شود که آیا مقایسه‌های ما دارای پایندگی هستند یا نه. این مرحله شامل عملیات زیر است:

تعیین بردار مجموع وزنی با استفاده از ضرب‌کردن وزن اولین معیار در اولین عدد ستون اول از ماتریس مقایسه دو به دو، سپس ضرب دومین وزن معیار در اولین مقدار ستون دوم، و... که نهایتاً با جمع این ارزش‌ها در طول ردیف‌ها، بردارهای مجموع وزنی به دست آمد و سپس با تقسیم بردارهای مجموع وزنی بر وزن‌های معیار به دست آمده در مرحله قبل، بردار پایندگی تعیین شد. پس از محاسبه بردار پایندگی نیاز به محاسبه مقادیر دو عبارت دیگر یعنی لاندا (λ) و شاخص پایندگی (CI) است. مقدار لاندا به طور ساده شامل میانگین ارزش بردار پایندگی است که برابر با عدد ٥/۱۳٦ آمده است. محاسبه CI بر مبنای این واقعیت است که λ همواره بزرگتر یا مساوی تعداد معیارهای مورد نظر (n) است. λ =n به معنی این است که ماتریس مقایسه دو به دو یک ماتریس دارای سازگاری و پایندگی است بنابراین λ - n می تواند ملاکی از سازگاری باشد که به صورت رابطه زیر نوشته می‌شود:

$$CI=\frac{\lambda-n}{n-1}=\frac{5.136-5}{5-1}=0.034$$

از اصطلاح CI به عنوان شاخص پایندگی یاد می‌شود که ملاکی برای انحراف از پایندگی است. همچنین نسبت پایندگی از طریق رابطه زیر هم قابل محاسبه است:

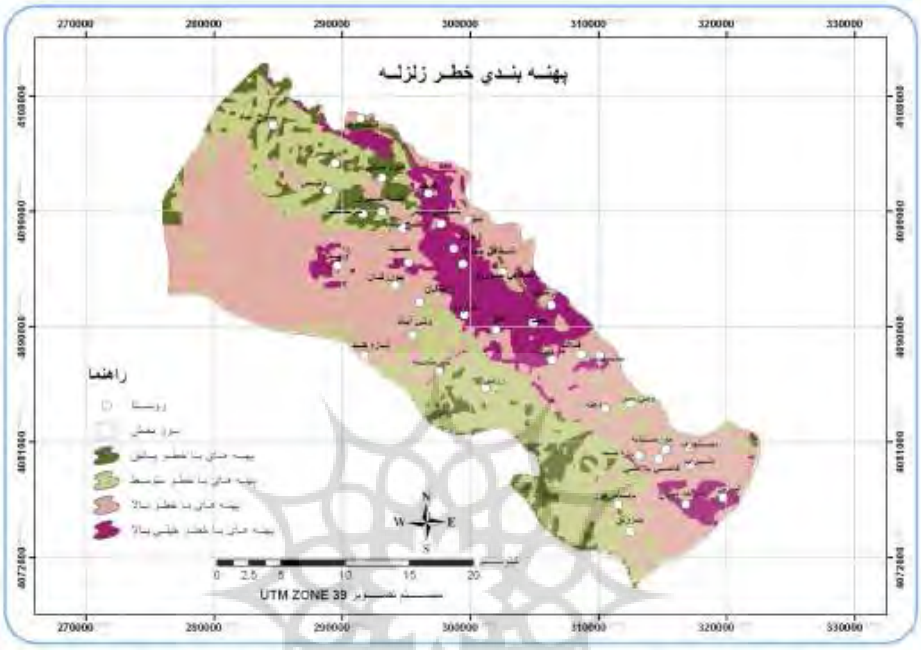
$$CI=\frac{CI}{RI}=\frac{0.034}{1.12}=0.03$$

که در آن RI، شاخص تصادفی بوده و به تعداد n ها اعدادی ثابت است. نسبت پایندگی به گونه‌ای تعیین می‌شود که اگر CI<۰/۱۰ باشد در آن صورت مقایسه جفتی معیارها از پایندگی قابل قبول برخوردار است. چون در این تحقیق مقدار فوق عدد ۰/۰۳ آمده لذا مشخص می‌شود که مقایسه جفتی معیارها از سطح سازگاری مناسبی برخوردارند.

٤- ایجاد نقشه‌های استاندارد و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی

با توجه به اینکه در اندازه‌گیری صفات دامنه متنوعی از مقیاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر همین اساس لازم است ارزش‌های موجود در لایه‌های مختلف نقشه معیار به واحدهای قابل مقایسه و درتناسب باهم تبدیل شوند تا در مراحل بعدی بتوان لایه‌های استاندارد شده را روی هم گذاشت. بنابراین پس از ارزش‌گذاری گزینه‌های مربوط به هر یک از معیارها در دامنه طیفی

بین ۱ الی ٤ لایه‌های ایجادشده همپوشانی داده شدند تا نقشه پهنه‌بندی سکونتگاه‌های روستایی در برابر خطر زمین‌لرزه در چهار سطح پهنه‌های با خطر پائین، پهنه‌های با خطر متوسط، پهنه‌های با خطر بالا و پهنه‌های با خطر خیلی بالا مدلسازی گردد (شکل ۷).



شکل ۷: پهنه‌بندی سکونتگاه‌های روستایی در برابر خطر زلزله

نتیجه‌گیری

شهرستان طارم و به تبع آن بخش چورزق به خاطر داشتن آب و هوا و شرایط طبیعی مناسب، بی‌شک از پراستعدادترین و حاصلخیزترین مناطق کشور در عرصه فعالیت‌های کشاورزی و تولیدی بوده و توانسته روستاهای زیادی را در بطن خود استقرار دهد. لذا هرگونه بی‌توجهی به مخاطرات محیطی می‌تواند به اشکال مختلف باعث رکود فعالیت‌های اقتصادی و کشاورزی گشته و تولید محصولات کشاورزی و اقتصاد منطقه را با چالش مواجه سازد.

تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله بر اساس وزن‌گذاری شاخص‌های موجود و همپوشانی آنها نشان می‌دهد که حدود ۱٤/۷۱ درصد از محدوده مطالعاتی در پهنه‌های با خطر خیلی بالا، ٤٥/۷۱ درصد در پهنه‌های با خطر بالا، ۳۰/۳۰ درصد در پهنه‌های با خطر متوسط و ۹/۲۹ درصد در پهنه‌های با خطر پائین قرار گرفته‌اند (جدول ۷).

جدول ۷: پهنه‌های در معرض خطر زلزله و سکونتگاه‌های مستقر بر روی آنها با توجه به نقشه شماره ۷

ردیف	میزان خطرپذیری	مساحت پهنه‌ها (درصد)	تعداد روستا	جمعیت (نفر)	نام روستاها
۱	پهنه‌های با خطر پائین	۹.۲۹	٦	۱۷۲۸	سرخمیشه، کله سیران، ولیس، کره مالیم، کسران، سرخ آباد
۲	پهنه‌های با خطر متوسط	۳۰.۳۰	٤	۱۳٤۲	جزونق، بابا مرغوز، ونی سر، زرنی
۳	پهنه‌های با خطر بالا	٤٥.۷۱	۱۹	۸۳٤۳	شیراب، قاضی بلاغی، رزه بند، مورستانه، دستجرده، دهنه، کهیا، تازه کند، قلات، سانسیز، ولی آباد، زاچگان، جوزرگان، شقاقی چورزق، ولیدر، شیت، کلج آباد، انذر، کلوییم
٤	پهنه‌های با خطر خیلی بالا	۱٤.۷۱	۱۱	٤۸۷٦	سرخه دیزج، الزین، شیرمیشه، ایچ، جیا، علارود، ارشت، شقاقی جزلا، جزلا، شقاقی انذر، گوهر

بررسی نقشه‌های ایجاد شده با استفاده از شاخص‌های موجود نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه به خاطر داشتن گسل‌های فراوان که عمدتاً هم از نوع گسل‌های اصلی می‌باشند و همچنین داشتن اراضی سست و آبرفتی و زمین‌های پرشیب، دارای توان لرزه‌خیزی و خطرزایی بالائی است. با توجه به این که در گذشته استقرار مکانی- فضایی روستاها بیشتر متاثر از عوامل طبیعی و روندهای اجتماعی- اقتصادی مثل دسترسی به آب، خاک مساعد و امنیت کافی بوده است، در نتیجه، کمتر به خشونت‌های طبیعی مثل زلزله توجه شده است به طوری که بسیاری از روستاها در کنار گسل‌های اصلی و یا بر روی سازندهای نامناسب استقرا یافته‌اند که در صورت وقوع زلزله می‌توانند بسیار آسیب‌پذیر باشند، همچنان که زلزله سال ۱۳٦۹ طارم – رودبار گویای این واقعیت تلخ بوده است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود:

۱- با توجه به پهنه‌های خطر بالقوه، محل مناسبی برای اسکان اضطراری مکان‌یابی و تجهیز شود. دوری منطقه از شهرهای بزرگ و جاده‌های اصلی ارتباطی کشور و نیز دشوار بودن دسترسی به آن، ضرورت چنین اقدامی را توجیه می‌کند. ضمنا یادآور می‌شود مکان‌یابی محل اسکان اضطراری باید بر پایه اصول علمی و نیازهای محیطی چنین تاسیساتی صورت گیرد.

۲- بر اساس پهنه‌بندی صورت گرفته، نقشه‌های محدوده‌ها در مقیاس بزرگ تهیه و به دستگاه‌های اجرایی استان و نهادهای محلی ابلاغ شود تا هرگونه برنامه‌ریزی برای زیرساخت‌ها و توسعه سکونتگاه‌های منطقه بر اساس پهنه‌های خطر و مطابق با آیین نامه‌ها و مقررات ملی برای ساخت و سازها صورت گیرد.

۳- برای تعیین میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها در برابر زلزله، علاوه بر عوامل زمین‌ساختی و محیطی بررسی شده، عوامل مربوط به مهندسی ساختمان و کیفیت بناها (طول عمر بنا، کیفیت و ترکیب مصالح و ...) نیز دخالت دارند که در نظر گرفتن آنها برای ریزپهنه‌بندی و برآورد میزان خسارت‌های احتمالی ضرورت دارد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود چنین مطالعات مفصلی برای کانون‌های تجمع جمعیت و فعالیت در سطح شهرستان طارم صورت گیرد.

منابع

Abdi, P., (2007), Assessment of Seismic Activities in Zanjan Province, Proceeding of 5th International Conference on Seismology and Seism engineering, Tehran.

Armed Forces Geographical Organization, Topographic Maps of Zanjan and Tarom, Scale: 1:50000

Bahreini, S. H., (1996), Land use planning in Earthquake Regions: Samples of Manjil, Loshan and Roudbar., Bonyade Maskan Publication, First Ed., P. 366, Tehran.

Bajroudi, A. and Partners, (2010), Zoning of Landslide Risk in Lorestan Province Using with Fuzzy Logic, Paper Presented in 14th Seminar of Iran Geological Society, University of Uromie.

Chang Guk Sun & et al, (2008), Development and application of a GIS-based tool for earthquake-induced hazard prediction, Computers and Geotechnics 35: 436–44.

Geological Survey of Iran, Geological Maps of Zanjan and Tarom, Scale: 1:100000

Ghodsi Pour, S. H., (2010), Analytical Hierarchy Process (AHP), Publication of Amir Kabir University, Eighth Ed., P. 143, Tehran.

Kasim Armagan Korkmaz, (2009), Earthquake Disaster Risk Assessment and Evaluation for Turkey, Environ Geol 57: 307–320.

Keping Chen & et al, (2001), Integrating Multicriteria Evaluation and GIS for Risk Decision-making in Natural Hazards, Environmental Modeling & Software 16: 387–397.

Makhdoom, M., (1999), Foundation of Land Use Planning, Publication of Tehran University, Third Ed., P. 289, Tehran.

Memarian, H. and Partners, (2007), Zoning and Sub-zoning for the Earthquake Risk in Shahre Kord Region, Proceeding of the 2th Seminar on Natural Hazards Contorting, Tehran.

Mohammadzadeh, R., (2008), Experiences of Tokyo City in Urban Planning For Reducing Earthquake Vulnerability, Journal of Geographical Space, Year 9, No. 26, PP. 89-112, Azad University of Ahar.

Mokhtari, D., (2005), Rural Settlement Vulnerability from Fault Activity and Necessary of Their Displacement: Case Study of Villages along North Fault of Mishoo, Journal of Geographical Researches, No. 51, PP. 71-86, University of Tehran.

Monroe, J.S., Wicander, R., (2001), The Changing Earth, Exploring Geology and Evolution .Brooks/ Cole Pub.

Mulchofsky, Y., (1999), GIS and Multi-Criterion Analysis, Translated by A. Parhizgar and A. Ghaffari, Samt Publication, First Ed., P. 608, Tehran.

Pour Taheri, M., (2010), Application of Multi Criterion Decision Methods in Geography, Samt Publication, First Ed., P. 232, Tehran.

Pour Taheri, M. and Partners, (2010), Assessment and Evaluation of Fundamental Components for Risk Management, Journal of Geographical Researches, No. 1, Tehran.

Rajaei, A. H., (1994), Application of Geomorphology in Land Use and Environment Management, Qoumes Publication, First Ed., Tehran.

Saeidi, A. and Hosseini, S., (2009), Foundation of Location and Establishment of New Villages, Bonyade Maskan Publication, First Ed., P. 319, Tehran.

Shuichi Hasegawa & et al (2009) DEM-Based Analysis of Earthquake-induced Shallow Landslide Susceptibility, geotech geol Eng 27:419–430.

Smith, K., (1996), Environmental Hazards, Second ed., Rutledge: London.

Statistical Center of Iran, (2006), Census of Population and Housing, Vol. Tarom Township.

Sule Tudes and Nazan duygu yigiter, (2010), Preparation of Land use Planning Model Using GIS Based on AHP: Case Study Adana-Turkey, Bull Eng Geol Environ, 69: 235–245.

Yong Chen et al, (1998), Earthquake and Loss Estimation with Geographic Information System، vol.11, no. 6.0، acta seismologica sinica.

Zanjan Province Meteorological Bureau, (2011), Abbar Synoptic Station, Data 1999-2010.

Zomorrodian, M. J., (2010), Application of Physical Geography in Urban and Rural Planning, Payame Samt Publication, First Ed., P. 416, Tehran.

Zomorrodian, M. J., (2002), the Geomorphology of Iran, Vol. 1, P. 268, Publication of Mashhad University.