فصلنامه علمی-پژوهشی
نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی
سال دوازدهم، شماره سوم، تابستان ۱۳۹۹

شناسایی و ارزیابی محدوده‌های ایمن شهری در بحران زلزله به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (نمونه موردی: منطقه ۲ شهر خرم‌آباد)[۱]

امین الفتی

دانشجوی دکتری، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، واحد علوم و تحقیقات،
دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محمود رحیمی[۲]

استادیار، گروه شهرسازی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مهدی روانشادنیا

دانشیار، گروه مهندسی و مدیریت ساخت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۳

چکیده

بخش‌های غرب و جنوب غرب ایران به علت قرارگیری روی کمربند لرزه‌خیز آلپ- هیمالیا همواره تحت تأثیر زلزله‌های مخربی قرار داشته‌اند. هدف اصلی این پژوهش تعیین مکان‌های ایمن شهری پس از زلزله جهت کمک به شهروندان و مدیریت بحران با بهره‌گیری از شاخص‌های موثر است. به منظور تعیین معیارهای تحقیق، ابتدا بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای تعداد ۴۸ شاخص استخراج و با توجه به بیشترین تعداد تکرار آنها در مقالات مطالعه شده و همچنین مصاحبه با متخصصین و به‌کارگیری روش دلفی، ۸ معیار شامل فاصله از گسل، بافت های فرسوده، مراکز خدماتی، فضاهای باز شهری، رودخانه، جاده و خیابان‌های اصلی، میزان شیب و جنس زمین و همچنین ۲۷ زیرمعیار انتخاب شد. برای وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها و تعیین نرخ ناسازگاری آنها بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، نرم‌افزار Expert Choice و جهت پیاده‌سازی، فازی‌سازی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، نرم-افزار ArcGIS به‌کار گرفته شد. نتایج تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که فاصله از گسل بیشترین (۰/۲۰۳) و فاصله از فضای باز شهری (۰/۰۷۸) کمترین وزن معیار موثر را دارند. در ادامه لایه نهایی پهنه‌بندی محدوده‌های ایمن بر اساس ۵ متغیر زبانی شامل ناایمن، نسبتاً ناایمن، متوسط، نسبتاً ایمن و ایمن در نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید. انطباق لایه‌های فازی شده معیارهای مختلف با نقشه پهنه‌بندی نشان داد که بخش اعظم منطقه ۲ شهر خرم‌آباد در محدوده متوسط تا نسبتاً ایمن قرار داشته و بیشترین میزان آسیب-پذیری مربوط به جنوب غربی آن است.

واژگان کلیدی: محدوده‌های ایمن، زلزله، تحلیل سلسله مراتبی فازی، ArcGIS، Expert Choice.

۱- این مقاله برگرفته از رساله دکتری آقای امین الفتی با عنوان ارائه مدلی مبتنی بر منطق فازی جهت مدیریت آوارهای ساختمانی در بحران زلزله (نمونه موردی منطقه دو شهر خرم‌آباد) با راهنمایی آقایان دکتر محمود رحیمی و دکتر مهدی روانشادنیا در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است.

۲- (نویسنده مسئول) mahmoudrahimi1970@gmail.com

مقدمه

به موازات رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای شهرنشینی، میلیون‌ها نفر در سطح جهان در معرض خطرات ناشی از زمین‌لرزه‌ها قرار گرفته‌اند (Lantada et al., 2009: 502). در زلزله‌های بزرگ بسیاری از مناطق شهری دچـار آسیب عمده شده و غیرقابل استفاده می‌گردند (Tait et al., 2016: 275). وضعیت نامطلوب استقرار عناصر کالبدی و کاربردی نامناسب زمین‌های شهری، شبکه ارتباطی ناکارآمد، تراکم بالای جمعیتی، وضعیت نادرست استقرار تأسیسات زیربنایی، قرارگیری در کنار گسل‌ها، کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده بر شهرها در برابر زلزله دارند (Behzadafshar and Akbari, 2019: 342). گسترش شهرها در جهات مختلف که معمولاً بدون در نظر گرفتن علم شهرسازی بوده، باعث به‌وجود آمدن خسارت‌های مادی و معنوی و اتلاف سرمایه‌گذاری‌ها شده است (Baladpas et al., 2013: 46)، از این رو شناسایی بافت‌های آسیب‌پذیر به لحاظ کالبدی و عملکردی در برابر مخاطرات احتمالی و منطقه‌بندی و اولویت‌بندی این نواحی را می‌توان بخش مهمی از مدیریت بحران در شهرها دانست (Abulnour, 2014: 11). پیشگیری، آمادگی، پاسخ گویی و بازسازی چهار مرحله عمده در چرخه مدیریت بحران هستند (UNISDR, 2009: 8-10). با توجه به اینکه یکی از اصلی‌ترین نیازهای آسیب دیدگان ناشی از زلزله در مرحله پاسخگویی به بحران، داشتن سرپناه‌های امن و دور از خطر است و نمی‌توان بعد از وقوع زلزله، سریعاً مکان‌های مناسب برای آسیب‌دیدگان را تهیه دید، باید قبل از وقوع چنین بحران‌هایی، مکان‌های مناسب از نظر دسترسی به کاربری‌های شهری، داشتن امنیت، دوری از مناطق مخاطره‌خیز و ... را فراهم کرد (Rezaie and Panahi, 2016: 121-125). تعیین محدوده‌های ایمن علاوه بر کاهش تأثیرات مخرب بحران و القاء احساس امنیت، به حفظ جان و دارایی انسان‌ها و ارائه خدمات مناسب و موثر در زلزله‌های کوچک و بزرگ کمک می نماید (Givechi and Attar, 2012: 1-8). تعیین مکان مناسب برای انجام یک فعالیت معین با انجام یک روال اجرایی مشخص و با توجه به معیارها و فاکتورهای موثر در آن را مکان‌یابی می‌نامند (Keykhosravi et al., 2016: 126). برای اجرای یک مکان‌یابی موفق لازم است کلیه‌ی عوامل مؤثر در سطح منطقه‌ی مطالعاتی بررسی شود و نقاط مناسب در قالب خروجی فرآیند در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان نهایی قرار گیرد (Mahdipour and Sadi Mesgari, 2007: 1-3).

هدف این مقاله مکان‌یابی بهینه محدوده‌های ایمن بعد از وقوع زلزله با توجه به معیارهای مختلف فنی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و ... است که هر کدام از این معیارها می تواند به نحوی باعث ایجاد یک محل ایمن و دور از محیط‌های پرخطر و کاهش آسیب پذیری مردم شود، از این رو سوال اصلی مقاله این است که محدوده‌های ایمن شهری بر اساس چه معیارهایی انتخاب شوند تا موجب اثربخشی مدیریت بحران پس از زلزله گردد؟ در این پژوهش، سعی بر این خواهد بود تا با مرور ادبیات موجود در این زمینه، پارامترها و عوامل تأثیرگذار مکانی و عملکردی کلیدی را در تعیین محدوده‌های ایمن شناسایی کنیم و با منظور کردن عوامل مذکور در انتخاب مناسب‌ترین محدوده‌ها، کارایی آنها را در مواقع بحرانی ارتقا دهیم. مکان‌یابی و انتخاب محدوده‌های مناسب با توجه به تنگناهای

موجود در شهرهای بزرگ و لزوم در نظر گرفتن پارامترهای متعدد موضوعی بسیار حساس و دشوار است؛ از این رو، مقوله‌ای که ضرورت آن پس از مرور پیشینه و ادبیات موجود در زمینه‌ی مکان‌یابی محدوده‌های ایمن احساس می‌شود، لزوم داشتن توجه ویژه به نقش بانک‌های اطلاعات مکانی و استفاده‌ی بهینه از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در کنار دیگر مؤلفه‌های دخیل در فرآیند مکان‌یابی است. با برنامه‌ریزی صحیح و علمی می‌توان مدیریت بحران را جهت شناخت مکان‌های مناسب و ایجاد تسهیلات لازم یاری نمود، به نحوی که در صورت وقوع زلزله های بزرگ، امکان استفاده از این مکان‌ها برای زلزله‌زدگان میسر باشد.

پژوهش حاضر از نظر هدف شناسی کاربردی و از لحاظ روش شناسی توصیفی- تحلیلی است. جهت شناسایی و ارزیابی محدوده‌های ایمن در بحران زلزله ابتدا بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای معیارهای مختلف استخراج و با توجه به بیشترین تعداد تکرار آنها در مقالات مطالعه شده و همچنین مصاحبه با متخصصین و به‌کارگیری روش دلفی، معیارها و زیرمعیارهای موثر انتخاب می‌شوند. به منظور مشخص نمودن اهمیت معیارها ۳۰ عدد پرسشنامه توسط کارشناسان مسلط به امر تکمیل می‌گردد. وزن‌دهی به معیارهای منتخب از طریق وزن‌دهی به زیر معیارهای مرتبط و جمع وزن آنها بر اساس اصول AHP و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice انجام می‌شود. برای فازی‌سازی و استاندارد نمودن لایه‌ها بر اساس توابع فازی نیز از نرم‌افزار ArcGIS استفاده خواهد شد. در ادامه وزن نهایی هریک از معیارها را در لایه‌های فازی مربوطه ضرب و سپس لایه‌های اطلاعاتی را با هم جمع نموده تا لایه نهایی محدوده‌های ایمن در بحران زلزله شناسایی شود.

مبانی نظری

زمین‌لرزه‌ها به لحاظ قدرت و غیرقابل پیش‌بینی بودن، یکی از شاخص‌ترین بلایای ویرانگر طبیعی تأثیرگذار بر جوامع بشری هستند (Ranjbar, 2017: 772) که سالانه خسارت‌های زیادی در کشورهای مختلف به بار آورده و گروه‌های انسانی را از جنبه‌های مختلف مادی و معنوی در معرض آسیب قرار می‌دهند (Bartels and VanRooyen, 2012: 748).

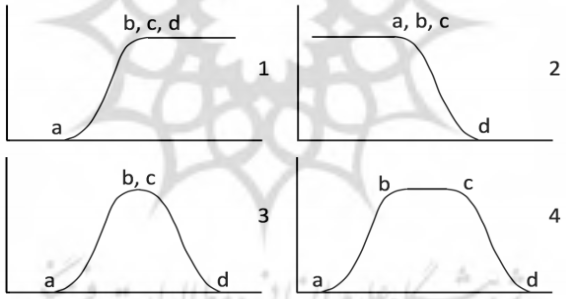
در این بخش، به مرور ادبیات موجود در زمینه‌ی مکان‌یابی محدوده‌های ایمن پس از بحران پرداخته شده و سعی می‌گردد تا به نوعی از نقاط قوت آن‌ها در این پژوهش بهره گرفته و تا حد امکان جنبه‌هایی را که از دید آن‌ها پنهان مانده بیشتر مورد توجه قرار گیرند. حسینی و همکاران در پژوهشی جهت شناسایی پهنه‌های امن و ناامن و مکان‌یابی به منظور ایجاد پایگاه‌های مدیریت بحران، اطلاعات مربوط به معیارهای مختلف را در سه دسته متغیرهای طبیعی، کالبدی و نهادی – مدیریتی طبقه‌بندی و در ادامه پهنه‌های امن جهت پیشبرد اهداف پایگاه‌های مدیریت بحران را معرفی نموده‌اند (Hoseini et al., 2014: 46-53). خان احمدی و همکاران اولین نکته اساسی در تخصیص درست امکانات شهری را انتخاب مکان بهینه با توجه به شرایط متفاوت و گاهاً متضاد می‌دانند. این محققین برای در نظر گرفتن عدم قطعیت در رابطه با کفایت اطلاعات و جامعیت استنتاجات، با بهره‌گیری از ابزار سیستم اطلاعات مکانی، اثربخشی به‌کارگیری تلفیقی منطق ارزش‌گذاری لایه‌ها را با مدل AHP در محیط GIS نشان داده‌اند. یافته‌های این

تحقیق، توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی را در الگوسازی و مکانیابی محدوده‌ها با ترکیب معیارهای مختلف نشان می‌دهد که می‌تواند به تصمیم‌گیران کمک نموده و بر اساس نتایج حاصل شده در جهت کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی، اقدامات مناسبی را انجام داد (Khanahmadi et al., 2014: 88-98). داداش‌پور و خدابخش در مطالعه‌ای با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و با در نظر گرفتن ۲۴ معیار، پهنه‌هایی جهت اسکان موقت پس از سانحه در منطقه ۱۶ تهران مکان‌یابی کرده‌اند. در این تحقیق از میان معیارهای در نظر گرفته شده ۵ شاخص مالکیت، مدت زمان بهره‌برداری از فضا به عنوان اسکان موقت، دسترسی سریع به شریان‌های اصلی، دسترسی به شبکه گاز و کاربری وضع موجود بیشترین میزان اهمیت را در فرآیند گزینش مکان سکونت موقت افراد به خود اختصاص داده‌اند (Dadashpour and Khodabakhshi, 2013: 88). کریمی کردآبادی و نجفی در پژوهشی دیگر با استفاده از روش FAHP نسبت به شناسایی بخش‌های دارای خطر زلزله در منطقه یک شهر تهران و تأثیر آن در امنیت شهری اقدام نموده‌اند که بر اساس نتایج به‌دست آمده پهنه‌های خطر اغلب در امتداد گسل‌ها قرار می‌گیرند و محدوده‌های فرسوده و آسیب‌پذیر این منطقه نیز بیشتر در بخش‌های با خطر زیاد و متوسط قرار گرفته‌اند (Karimikordabadi and Najafi, 2015: 19-31). دونوسکا و همکاران با استفاده از ترکیب روش AHP و منطق فازی و پیاده‌سازی لایه‌های مختلف معیارهای محیطی، اجتماعی و اقتصادی در GIS، مناطق کم‌خطر به لحاظ مخاطرات طبیعی در منطقه پلوگ[1] کشور مقدونیه را شناسایی کرده‌اند (Donevska et al., 2012: 225). در پژوهشی دیگر با استفاده از روش تاپسیس مکان‌های بالقوه اسکان موقت با استفاده از سه معیار اصلی شامل میزان خطر، موقعیت جغرافیایی و اندازه، تجهیزات امداد و نجات و همچنین نه زیرمعیار رتبه بندی شده است (Chu and Su, 2012: 245). برای مدیریت صحیح بحران در شهر آدانا[2] به عنوان یکی از زلزله‌خیزترین مناطق کشور ترکیه، نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله تهیه شده که از آن برای مکان‌یابی بخشی از کاربری‌های شهری بهره گرفته می‌شود. در این تحقیق با استفاده از مدل AHP و در نظر گرفتن معیارهای مختلف از جمله نوع کاربری، شیب، کیفیت زمین، ارتفاع و همچنین ایجاد لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار ArcGIS به امکان‌سنجی مناطق خطرپذیر از لحاظ مخاطرات ژئومورفولوژیکی پرداخته شد و شهر از لحاظ مناطق مساعد طبقه‌بندی گردید (Tudes and Yigiter, 2010: 237-244). در مطالعه‌ای دیگر ضرورت برنامه‌ریزی ساختاریافته در برابر زلزله‌های بزرگ و همچنین نحوه ساماندهی و اسکان جمعیت آسیب‌دیده در مکان‌های پیش‌بینی‌شده با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفته و همچنین یک سیستم نرم‌افزاری جامع جهت تصمیم‌گیری و جلوگیری از گسترش بحران در نواحی شهری بر اساس اطلاعات معتبر ارائه شده است (Zhao, 2010: 95). در مقاله‌ای دیگر با ارائه مدلی بر پایه GIS جهت تعیین مکان مناسب به منظور تخلیه اضطراری در ایالت فلوریدا[3] نسبت به شناسایی پناهگاه‌های موجود اقدام شده که با توجه به نتایج به‌دست آمده حدود ۴۳ درصد از مکان‌های منتخب، مطلوب ارزیابی گردید (Kar and

[1] Polog
[2] Adana
[3] Florida

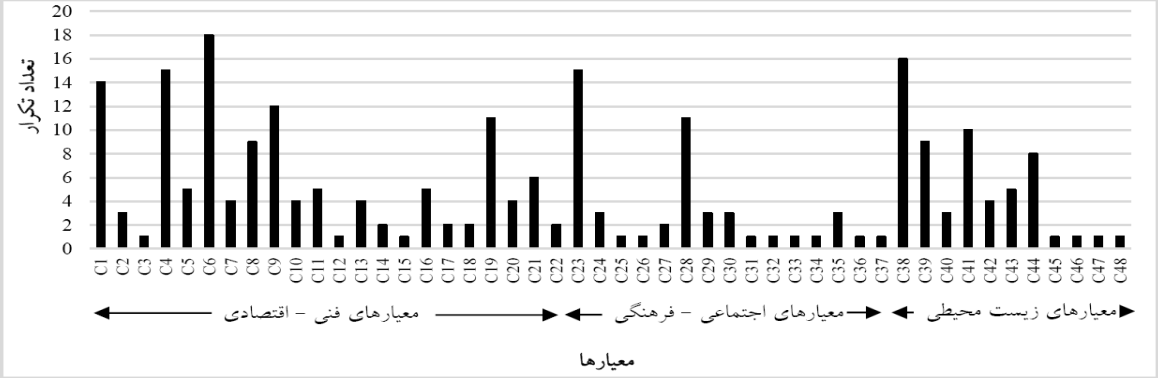
Hodgson, 2008: 246). در تحقیق دیگری با بررسی نقش سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در پیش‌بینی میزان آسیب‌پذیری ناشی از بحران‌های مختلف بیان شده است که GIS با داشتن بانک اطلاعاتی جامع می‌تواند نقش موثری در مدلسازی آسیب‌پذیری در جوامع مختلف داشته باشد (Rashed et al., 2007: 225-227).

منطق بولین و منطق فازی دو روشی هستند که به طور گسترده در موضوع مکان‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرند. منطق بولین حالتی جبری داشته که در آن ارزش‌ها به صحیح (۱) و غلط (۰) تبدیل می‌شوند و این بدان معناست که محدوده مکانی مورد مطالعه در هر معیار به دو دسته مناسب و نامناسب تقسیم می‌شود (Yazdani et al., 2015: 949 ,). منطق فازی نیز شکلی از منطق چند ارزشی است که در آن مقادیر متغیرها ممکن است عددی بین ۰ تا ۱ باشد. به‌علاوه زمانی که متغیرهای زبانی مورد استفاده قرار می‌گیرند این درجات ممکن است توسط توابع خاص مدیریت شوند. در مقالات مربوط به شناسایی و ارزیابی محدوده‌های ایمن در بحران دو سبک متفاوت از منطق فازی به کار گرفته شده‌اند. یکی از کاربردهای منطق فازی پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه به چند دسته مختلف با استفاده از مقادیر غیرپیوسته است (Uyan, 2014: 1632 , Khan and Samadder, 2015: 269). در کاربردهای دیگر، ارزش مکان‌های مختلف بر اساس توابع عضویت فازی و مقادیر پیوسته نشان داده شده است (Afzali, Simsek et al., 2014: 4 , 2014: 2182). بیشترین توابع فازی به کار گرفته شده در مقالات موجود در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱- عمده توابع عضویت فازی در مقالات مطالعه شده (۱- افزاینده یکنواخت، ۲- کاهنده یکنواخت، ۳ و ٤- منحنی های متقارن)

تقریباً در تمام مقالات از ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور تحلیل معیارها استفاده شده است. GIS در راستای مدیریت اطلاعات مکانی قادر است ابزارهای مناسب جهت رفع مشکلات و پیچیدگی‌های تعیین مکان بهینه را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار دهد (Motamedi et al., 2013: 113). از مزایای کاربرد GIS در فرآیند تعیین مکان‌های ایمن پس از بحران می‌توان به انتخاب محل مورد نظر بر اساس معیارهای تعیین شده، وزن‌دهی و منطقه‌بندی، کنترل و ایجاد ارتباط میان مقادیر زیادی از داده‌های جغرافیایی پیچیده و ارائه نتایج کار توسط نقشه‌های جغرافیایی اشاره نمود. معمولاً اولین گام در این فرآیند، شناسایی معیارهای لازم برای ارزیابی است. شکل ۲ معیارهای به‌کار گرفته شده در تحلیل‌های مختلف برای تعیین مکان‌های ایمن در انواع بحران‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲- تعداد تحلیل هر معیار در مقالات مرور شده

جدول ۱- تعریف معیارهای به کار گرفته شده جهت تعیین محدوده‌های ایمن

ردیف	معیار	تعریف معیار	ردیف	معیار	تعریف معیار
۱	C1	فاصله از گسل‌ها	۲۵	C25	فاصله از مکان‌های دفن زباله‌های قدیمی
۲	C2	فاصله از مناطق لرزه‌خیز	۲۶	C26	تراکم جمعیت
۲	C3	فاصله از گودال‌های آتش فشانی	۲۷	C27	کانال آبیاری
٤	C4	شیب زمین	۲۸	C28	فاصله از مرکز خدماتی (بیمارستان، آتش نشانی)
٥	C5	مالکیت و هزینه زمین	۲۹	C29	فاصله از مرکز آموزشی
٦	C6	فاصله از جاده‌ها و خیابان‌ها	۳۰	C30	سمت و جهت وزش باد
۷	C7	فاصله از منبع تولید پسماند	۳۱	C31	شاخص کیفیت هوا
۸	C8	فاصله از فرودگاه	۳۲	C32	فاصله از مناطق آتشفشانی تأیید شده
۹	C9	جنس زمین	۳۳	C33	فاصله از منطقه فرسایش
۱۰	C10	فاصله از شبکه فاضلاب	۳٤	C34	فاصله از اردوگاه نظامی
۱۱	C11	فاصله از خطوط برق	۳٥	C35	ساختار اجتماعی جامعه محلی
۱۲	C12	پست های برق و نیروگاه‌ها	۳٦	C36	قابلیت دید از جاده‌ها و راه‌آهن
۱۳	C13	بارش باران	۳۷	C37	قابلیت دید از مناطق مسکونی
۱٤	C14	فاصله از خطوط ساحلی	۳۸	C38	فاصله از رودخانه‌ها و آب‌های سطحی
۱٥	C15	فاصله از مرزهای کشور	۳۹	C39	فاصله از آب‌های زیرزمینی و منابع آب آشامیدنی
۱٦	C16	فاصله از مراکز صنعتی	٤۰	C40	فاصله از مناطق سیلابی
۱۷	C17	درجه حرارت	٤۱	C41	کاربری زمین
۱۸	C18	فاصله از معادن	٤۲	C42	هیدروژئولوژی
۱۹	C19	فاصله از فضاهای باز شهر	٤۳	C43	فاصله از چشمه‌ها و چاه‌ها
۲۰	C20	ابعاد زمین	٤٤	C44	فاصله از اکوسیستم‌های حساس
۲۱	C21	ارتفاع	٤٥	C45	فاصله از زمین‌های باتلاقی
۲۲	C22	نفوذپذیری خاک	٤٦	C46	فاصله از حوزه‌های نفتی
۲۳	C23	فاصله از بافت‌های فرسوده	٤۷	C47	فاصله از حوزه زهکشی
۲٤	C24	فاصله از مکان‌های تاریخی و فرهنگی	٤۸	C48	فاصله از منطقه دارای پوشش گیاهی

به طور متوسط تعداد معیارهای موجود در هر مقاله بین ۳ تا ۲۸ عدد متغیر بوده و روشن است که با در نظر گرفتن معیارهای بیشتر، نتایج تحلیل‌های انجام شده دارای قابلیت اطمینان بیشتری خواهد بود، با این حال هرچه تعداد معیارها افزایش یابد، تحلیل‌ها نیز مشکل‌تر می‌شوند. بر اساس این بررسی‌ها، فاصله از رودخانه‌ها و آب‌های سطحی،

بافت‌های فرسوده، مراکز خدماتی، گسل‌ها، فضاهای باز شهری، ، جاده و خیابان‌های اصلی، میزان شیب و جنس زمین ۸ معیاری هستند که بیش از دیگر معیارها در این مقالات یافت می‌شوند. معیارهای در نظر گرفته‌شده در مطالعات پیشین را معمولاً می‌توان در ۳ دسته شامل عوامل فنی – اقتصادی، اجتماعی - فرهنگی و زیست‌محیطی طبقه‌بندی نمود.

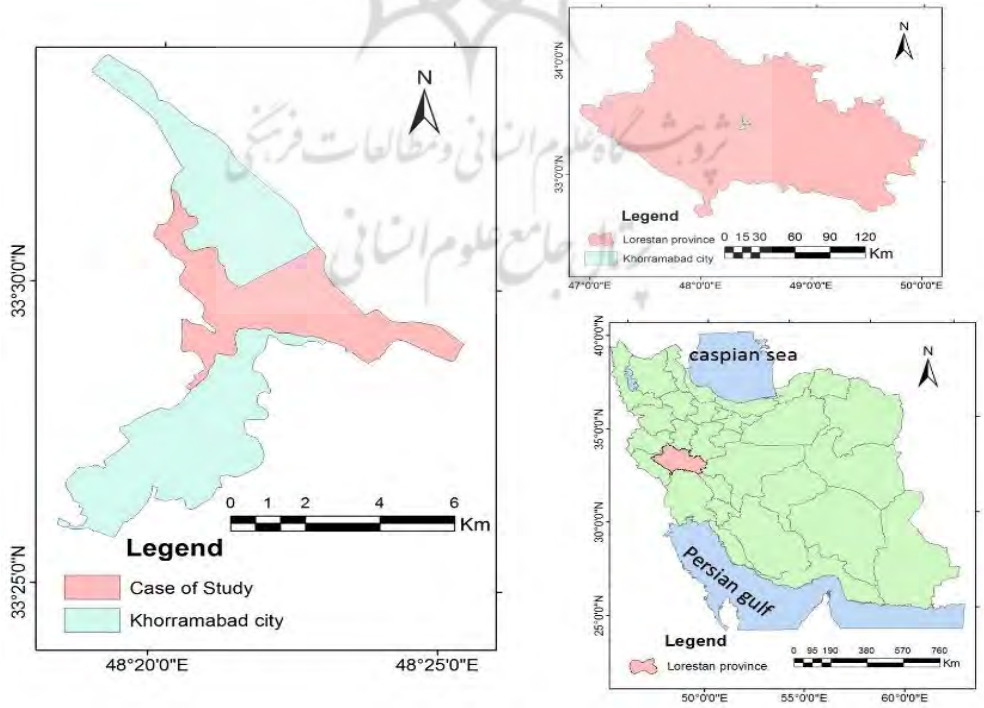
معرفی منطقه مورد مطالعه

خرم‌آباد مرکز استان لرستان، بین مدار جغرافیایی ٤٧ درجه و ٥٢ دقیقه تا ٤٨ درجه و ٤٦ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار دارد. این شهرستان از شمال به شهرستان سلسله؛ از شمال شرق به شهرستان بروجرد؛ از شرق به شهرستان‌های دورود و الیگودرز؛ از جنوب به شهرستان اندیمشک؛ از جنوب غربی به پلدختر و از غرب به شهرستان دوره چگنی محدود می‌شود. خرم‌آباد یک شهر کوهستانی با متوسط ارتفاع ۱۱٤۷ متر از سطح دریا است. این شهر در بخشی از بلندی‌های زاگرس و در میان یک دره قرار دارد که به دلیل داشتن چین‌هایی با دامنه بلند، کم و بیش متقارن و ممتد به نام زاگرس چین خورده و یا زاگرس بیرونی مشهور است. در دره های بین این ارتفاعات رودخانه‌های رباط از شمال و کرگانه از سمت شرق به شهر وارد شده و این دو رودخانه در نزدیکی پل صفوی در مرکز شهر به یکدیگر پیوسته و خرم‌رود را تشکیل می دهند. بررسی‌های اقلیمی نشان می‌دهند که خرم‌آباد دارای زمستانی معتدل و تابستانی گرم می‌باشد. متوسط بارش سالانه در این شهر ۵۰۹ میلی‌متر و متوسط دمای آن ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد است (Falah et al., 2017: 90). وجود منابع آب‌های زیرزمینی و چشمه‌های درون شهر از نکات قابل توجه در جغرافیای خرم‌آباد است (Zivyar and teimouri, 2013: 183). جاذبه‌های تاریخی و طبیعی متعدد، آب و هوای مناسب، خاک حاصل‌خیز، معادن غنی، جاده سراسری، فرودگاه، نیروی انسانی کارآمد و از همه مهم‌تر امنیت مطلوب را می‌توان از شاخص‌های مهم خرم‌آباد و عدم برخورداری از زیرساخت‌های مناسب را نیز از نقاط ضعف این شهر برشمرد (Moradipour et al. 2019: 362).

اقوام لر و لک ساکن در خرم‌آباد از اقوام بسیار کهن ایرانی هستند که دارای ریشه عمیق تاریخی می‌باشند و در ساختن تاریخ ایران نقش مهمی ایفا کرده‌اند (Najafi and Farahmand, 2019: 157). در سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵ جمعیت شهرستان خرم‌آباد ٥٠٦٤٧١ نفر و مساحت آن ٤٩٣٥ هکتار برآورد گردید. گویش اصلی مردم لری خرم‌آبادی است. وضعیت اقتصادی و اشتغال در خرم‌آباد چندان خوب نیست و نرخ بیکاری در این شهر و استان لرستان بسیار بالاست. پتروشیمی، نیروگاه سیکل طبیعی، مجتمع کشت و صنعت و شرکت صدر فولاد بخش بزرگی از اشتغال و اقتصاد خرم‌آباد را بر عهده دارند. علاوه بر اینها، گردشگری تاریخی و طبیعی، صنایع دستی، کشاورزی، دامداری، باغداری، شیلات و استخراج از معادن گوشه‌ای دیگر از اقتصاد این شهر را تشکیل می دهند (Lotfi et al., 2017: 186)، اما متأسفانه در سال‌های اخیر به دلیل مشکلات مالی، تحریم‌های غرب علیه ایران و خصوصی‌سازی‌های کارشناسی نشده، کارخانه‌ها و صنایع بسیاری در این شهر تعطیل شده‌اند. در زمینه مطالعات

مربوط به احتمال وقوع زلزله در خرم‌آباد و وجود گسل فعال در جنوب و همچنین بر اساس نقشه پهنه بندی زلزله کشور که توسط پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله تهیه شده است، این شهر در پهنه با خطر زیاد قرار می گیرد. بر اساس آمار ۵۰/۸۳ درصد از کل زلزله‌های ایران در رشته کـوه زاگرس اتفـاق افتـاده و به همین دلیل این استان شاهد وقوع زلزله‌های مخرب با تلفات زیاد بوده است (Qaedrahmati et al., 2013: 1).

خرم‌آباد از جمله شهرهایی است که فرم آن به صورت خطی بوده و از یک طرف به رودخانه و از طرف دیگر به مناطق کوهستانی محصور می‌شود و بافت شهری متمرکز دارد. این شهر از نظر تقسیمات شهرداری به سه منطقه تقسیم شده است (Zivyar and teimouri, 2013: 183). منطقه ۲ خرم‌آباد با مساحتی برابر با ۱۳۹۱ هکتار، حدود ۲۸ درصد از سطح شهر را در بر می‌گیرد که از این نظر در رتبه دوم مناطق شهر خرم‌آباد قرار دارد. مساحت منطقه به ۱۱ محله تقسیم شده و به لحاظ موقعیت جغرافیایی در حوزه‌ی مرکزی شهر واقع شده است. این منطقه با جمعیت حدود صد و شصت هزار نفر، ۳۲ درصد جمعیت شهر را در خود جای داده و از این نظر نیز در رتبه ۲ قرار دارد. وجود ۳٦ درصد از مراکز و سازمان های مهم دولتی شهر، بناهای تاریخی با ارزش مانند قلعه فلک الافلاک، ۱٤۱ هکتار بافت فرسوده، رودخانه دائمی خرم‌رود، معابر کم‌عرض و نامناسب، ترافیک سنگین، تراکم بالای ساختمان‌های مسکونی و اداری، ساختمان‌ها و زیرساخت‌های غیرمقاوم در برابر زلزله، تخریب و نوسازی بدون ضابطه، بلندمرتبه‌سازی در مکان‌های نامناسب، کمبود فضاهای باز و عمومی و فرسودگی تأسیسات زیربنایی از دیگر ویژگی‌های این منطقه می‌باشد. از طرف دیگر به علت وجود گسل فعال در نزدیکی جنوب منطقه، پیش‌بینی خسارت‌های سنگین ناشی از زلزله، دور از ذهن نیست. موقعیت محدوده مطالعاتی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۳- موقعیت منطقه مورد مطالعه (Source: authors, 2019)

تعیین و وزن‌دهی معیارها

جهت تحلیل و ارزیابی محدوده‌های ایمن در بحران زلزله می‌بایست ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مناسب را انتخاب نمود. در این راستا بر اساس مبانی نظری موجود و مطالعات کتابخانه‌ای تعداد ٤٨ معیار استخراج و با توجه به بیشترین میزان تکرار هر معیار در مقالات مختلف و همچنین مصاحبه با متخصصین و بهره‌گیری از روش دلفی، ۸ معیار شامل فاصله از گسل، بافت های فرسوده، مراکز خدماتی، فضاهای باز شهری، رودخانه، جاده و خیابان‌های اصلی، میزان شیب و جنس زمین و همچنین ۲۷ زیرمعیار برای دستیابی به اهداف پژوهش انتخاب شد. با توجه به تنوع معیارها ابتدا باید آن‌ها را از طریق مقایسه زوجی، وزن‌دهی و به مقیاس رتبه‌ای نسبتاً یکسانی طبقه‌بندی نمود. (Lee et al., 2008: 98). ساعتی[1] برای تصمیم‌گیری بر مبنای مقایسات زوجی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را ارائه کرد که امکان بررسی سناریوهای مختلف را می‌دهد. از مزایای این روش می‌توان به سادگی، انعطاف پذیری، امکان فرموله کردن مسأله به صورت ساختار سلسله مراتبی، به‌کارگیری همزمان معیارهای کیفی و کمی و همچنین تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها و تصمیم‌ها اشاره نمود (Nobakht, 2017: 414-416). در این تحقیق جهت تعیین اهمیت معیارها تعداد ۳۰ عدد پرسشنامه توسط کارشناسان مسلط به امر تکمیل و وزن‌دهی به معیارهای منتخب بر اساس اصول AHP انجام شد. مدلسازی AHP در چهار مرحله شامل ساختن سلسله مراتب، تنظیم و برقراری ترجیحات از طریق مقایسات زوجی، محاسبه‌ی وزن معیارها و محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری انجام می‌شود. در مقایسه زوجی میزان ارجحیت عناصر i و j نسبت به هم به صورت عبارتی مشخص می‌گردد و به ازای هر عبارت عددی مطابق با جدول ۱ به ارجحیت گزینه‌ها تخصیص داده می‌شود (Mansourian and alhosseini almodaresi, 2017: 7).

جدول ۲- مقیاس تعیین ارجحیت مورد استفاده برای مقایسه زوجی معیارها در روش AHP

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
کاملاً مرجح یا کاملاً مهمتر یا کاملاً مطلوب‌تر	۹
ترجیحات بین فواصل فوق	۸/٦/٤/۲

(Nobakht, 2017: 420)

با تعیین روش وزن‌دهی و تشکیل ماتریس مقایسه دو به دو پارامترها، وزن نهایی معیارها و زیرمعیارهای تحقیق و نرخ ناسازگاری آنها از طریق نرم‌افزار Expert Choice محاسبه می‌شود. نرخ ناسازگاری شاخصی است که میزان سازگاری پاسخ‌های خبرگان به ارزیابی‌ها و مقایسات زوجی را اندازه گیری می‌کند. در صورتی که این نرخ کمتر از ۰/۱ باشد مقایسه‌های زوجی پذیرفته و وزن‌ها استخراج می‌شوند و چنانچه نرخ ناسازگاری از ۰/۱ بیشتر باشد، آنگاه با اعمال تغییراتی در ماتریس مقایسه زوجی، آنها را در حد قابل قبولی تنظیم خواهند نمود.

[1] Saaty

جدول ۳- وزن نهایی معیارها و زیر معیارهای مستخرج از نرم‌افزار Expert Choice

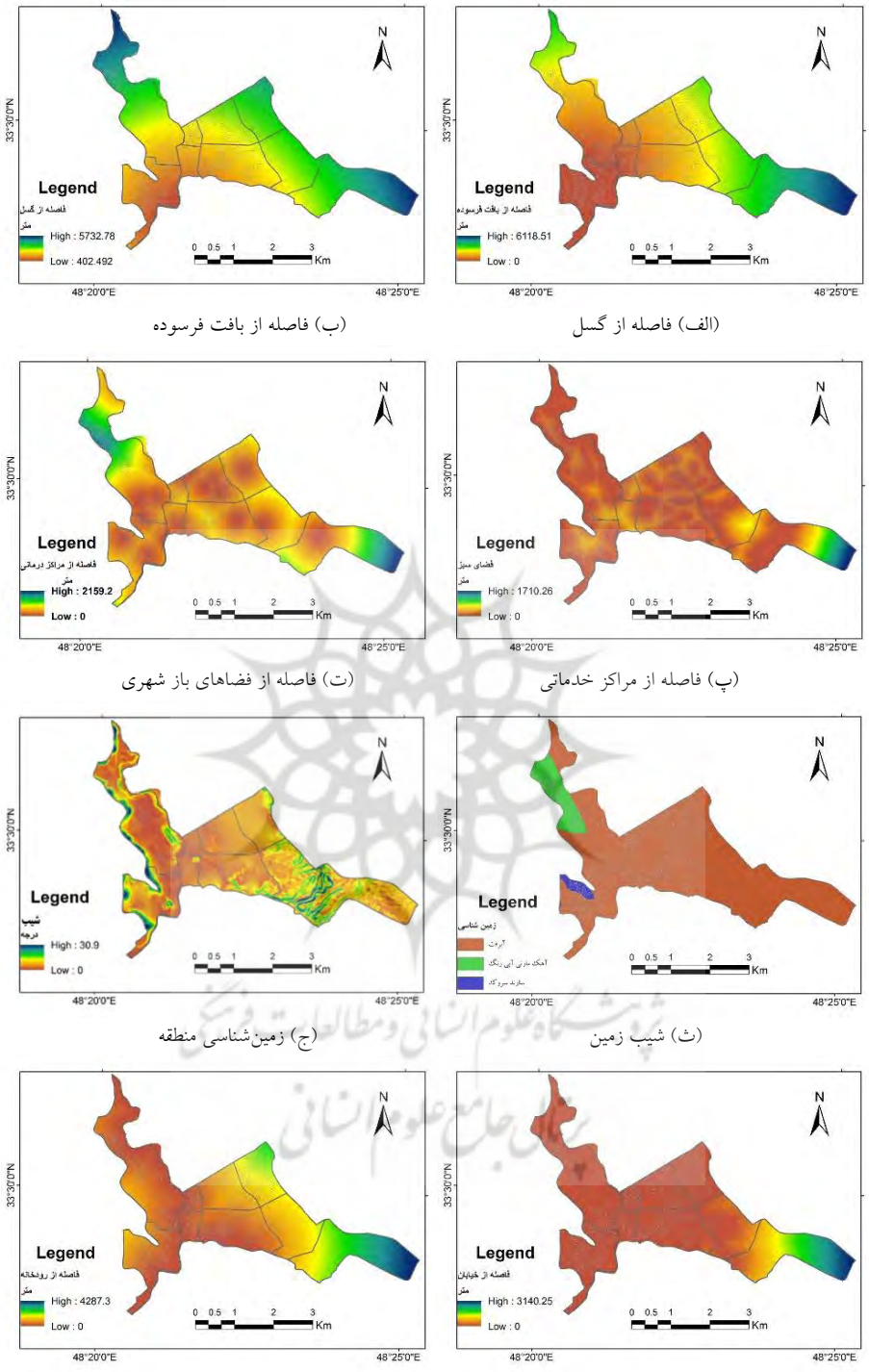
معیار	زیرمعیار	وزن زیر معیار	وزن نهایی معیار
فاصله از گسل‌های اصلی و فرعی	کمتر از ۵۰۰ متر	۰/۰۱۳	۰/۲۰۳
	۱۵۰۰ – ۵۰۰ متر	۰/۰۱۵	
	۲۵۰۰ – ۱۵۰۰	۰/۰۵۲	
	بیش از ۲۵۰۰ متر	۰/۱۲۳	
فاصله از محدوده‌های فرسوده شهری	کمتر از ۱۰۰۰ متر	۰/۰۱۳	۰/۰۹۷
	۳۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر	۰/۰۱۵	
	۵۰۰۰ – ۳۰۰۰ متر	۰/۰۱۷	
	بیش از ۵۰۰۰ متر	۰/۰۵۲	
فاصله از مراکز خدماتی	کمتر از ۵۰۰ متر	۰/۰۷٤	۰/۱٤٦
	۱۰۰۰ – ۵۰۰ متر	۰/۰۳۹	
	۱۵۰۰ – ۱۰۰۰ متر	۰/۰۱۸	
	بیش از ۱۵۰۰ متر	۰/۰۱۵	
فاصله از فضاهای باز شهری	کمتر از ۱۰۰ متر	۰/۰۵۲	۰/۰۷۸
	۵۰۰ – ۱۰۰ متر	۰/۰۱۹	
	بیش از ۵۰۰ متر	۰/۰۰۷	
شیب	۱۰ – ۰ درجه	۰/۰٦۳	۰/۰۹۲
	۲۰ – ۱۰ درجه	۰/۰۲۱	
	بیش از ۲۰ درجه	۰/۰۰۸	
جنس زمین	آبرفت	۰/۰۱۹	۰/۰۹۹
	سنگ آهک	۰/۰۳۲	
	سروک	۰/۰٤۸	
فاصله از رودخانه	کمتر از ۵۰۰ متر	۰/۰۲۱	۰/۱۲٤
	۱۰۰۰ – ۵۰۰ متر	۰/۰٤۵	
	بیش از ۱۰۰۰ متر	۰/۰۵۸	
فاصله از جاده و خیابان اصلی	کمتر از ۲۰۰ متر	۰/۰۷۵	۰/۱۵۲
	۱۰۰۰ – ۲۰۰ متر	۰/۰٤۵	
	بیش از ۱۰۰۰ متر	۰/۰۳۲	
نرخ ناسازگاری (IR)		۰،۰۵	

(Research findings, 2019)

همان گونه که در جدول مشاهده می شود معیار فاصله از گسل‌ها بیشترین وزن (۰/۲۰۳) و فاصله از فضاهای باز شهری کمترین وزن (۰/۰۷۸) را به خود اختصاص داده‌اند و نرخ ناسازگاری نیز ۰/۰۵ است.

ساخت لایه‌های اطلاعاتی معیارها در ArcGIS

با ورود داده‌های مربوط به هر معیار در محیط نرم‌افزار ArcGIS و پردازش اولیه آن‌ها شامل ویرایش لایه‌ها و جداول توصیفی، تغییر سیستم تصویر، مختصات جغرافیایی و ... می‌توان لایه‌های اطلاعاتی معیارهای مختلف را ایجاد نمود. در این مرحله از فرآیند تحقیق، برای اعمال وزن روی لایه‌ها و ترکیب لایه‌ها با یکدیگر، می‌بایست آنها را به فرمت رستر تبدیل نمود. در شکل شماره ٤ نقشه لایه های تهیه شده نشان داده شده است.



(الف) فاصله از گسل (ب) فاصله از بافت فرسوده

(پ) فاصله از مراکز خدماتی (ت) فاصله از فضاهای باز شهری

(ث) شیب زمین (ج) زمین‌شناسی منطقه

(چ) فاصله از رودخانه (ح) فاصله از جاده و خیابان اصلی

شکل٤- نقشه لایه‌های اطلاعاتی معیارها (Research findings, 2019)

استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی

با استفاده از مدل منطق فازی در محیط نرم‌افزار ArcGIS و لایه‌های اطلاعاتی فازی، عملیات بهینه‌سازی یا استاندارد

سازی لایه‌ها صورت می‌گیرد. به این منظور ابتدا بر اساس استانداردهای موجود، هر یک از معیارهای تحقیق بین صفر تا یک قرار داده شدند. جدول شماره ٤ نوع توابع استاندارد در نظر گرفته شده برای هریک از معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ٤- نوع توابع استاندارد فازی برای هر یک از معیارها

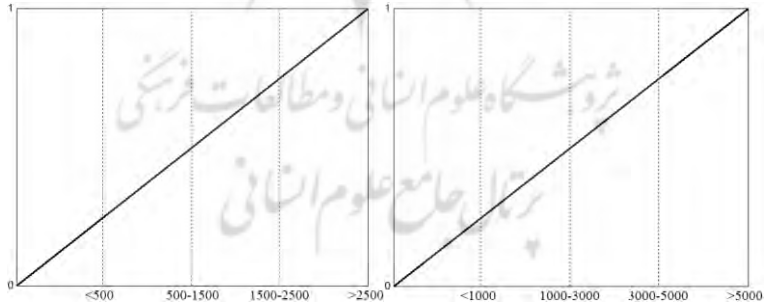
ردیف	معیار	استاندارد فازی سازی معیار	نوع تابع
۱	فاصله از گسل	هر چه فاصله از گسل بیشتر باشد ایمنی بیشتر است	خطی افزاینده
۲	فاصله از بافت فرسوده	هرچه فاصله از بافت فرسوده بیشتر باشد ایمنی بیشتر است	خطی افزاینده
۳	فاصله از مراکز خدماتی	هر چه فاصله از مراکز خدماتی کمتر باشد ایمنی بیشتر است	خطی کاهنده
٤	فاصله از فضاهای باز	هر چه فاصله از فضاهای باز کمتر باشد، ایمنی بیشتر است	خطی کاهنده
٥	شیب	هرچه شیب کمتر باشد ایمنی بیشتر است	خطی کاهنده
٦	جنس زمین	آبرفت (ایمنی کمتر)، سنگ آهک و سروک (ایمنی بیشتر)	وابسته به جنس سازند
۷	فاصله از رودخانه	هر چه فاصله از رودخانه بیشتر باشد ایمنی بیشتر است	خطی افزاینده
۸	فاصله از جاده و خیابان	هرچه فاصله از جاده کمتر باشد ایمنی بیشتر است	خطی کاهنده

(Research findings, 2019)

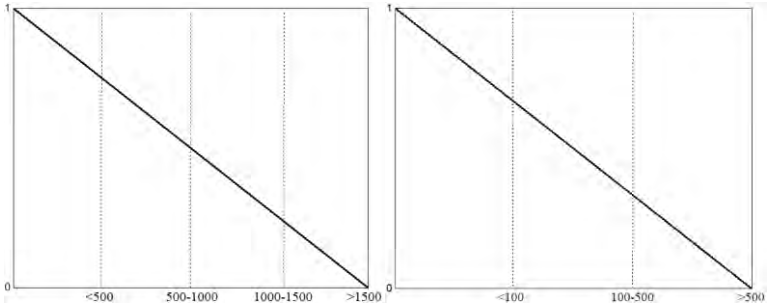
توابع فازی مورد استفاده در این پژوهش توابعی خطی هستند که داده‌ها را به صورت خطی و با شیب یکسان از حالت کلاسیک به حالت فازی تبدیل می‌کنند که فرمول کلی آن به صورت رابطه (۱-۱) است.

$$f(x)=\begin{cases}0 & x<a\\ \dfrac{x-x_{\min}}{\Delta x} & a<x<b\\ 1 & b<x\end{cases} \qquad (۱-۱)$$

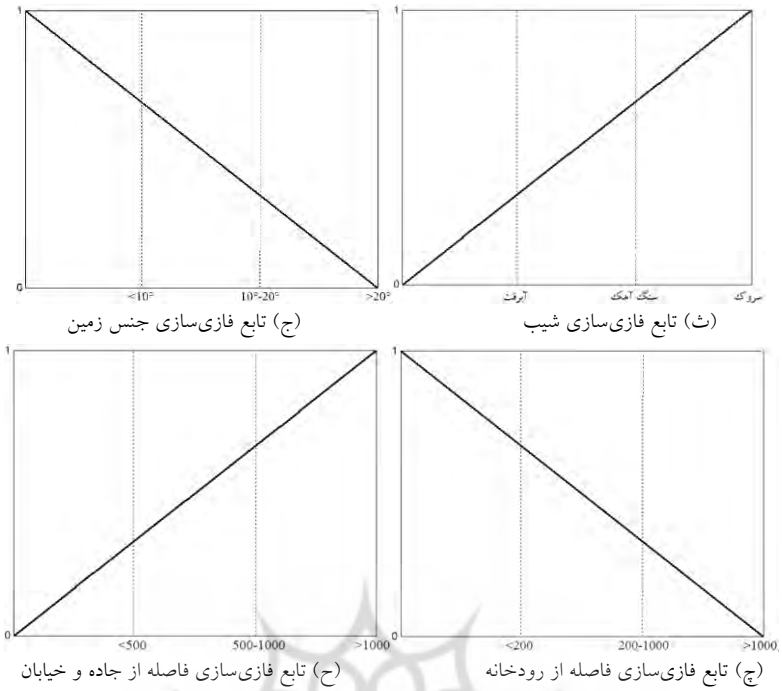
که در این فرمول f(x): تابع فازی، x: عامل تعیین محدوده ایمن، a و b حداقل و حداکثر میزان قابل قبول برای محدوده ایمن، Δx: اختلاف Xmin و Xmax می‌باشد. شکل زیر مقادیر لایه‌های مورد استفاده در این تحقیق را که با استفاده از تابع بالا فازی سازی شده‌اند را نشان می‌دهد.



(الف) تابع فازی‌سازی فاصله از گسل (ب) تابع فازی‌سازی فاصله از محدوده‌های فرسوده



(پ) تابع فازی‌سازی فاصله از مراکز خدماتی ت) تابع فازی‌سازی فاصله از فضای باز شهری

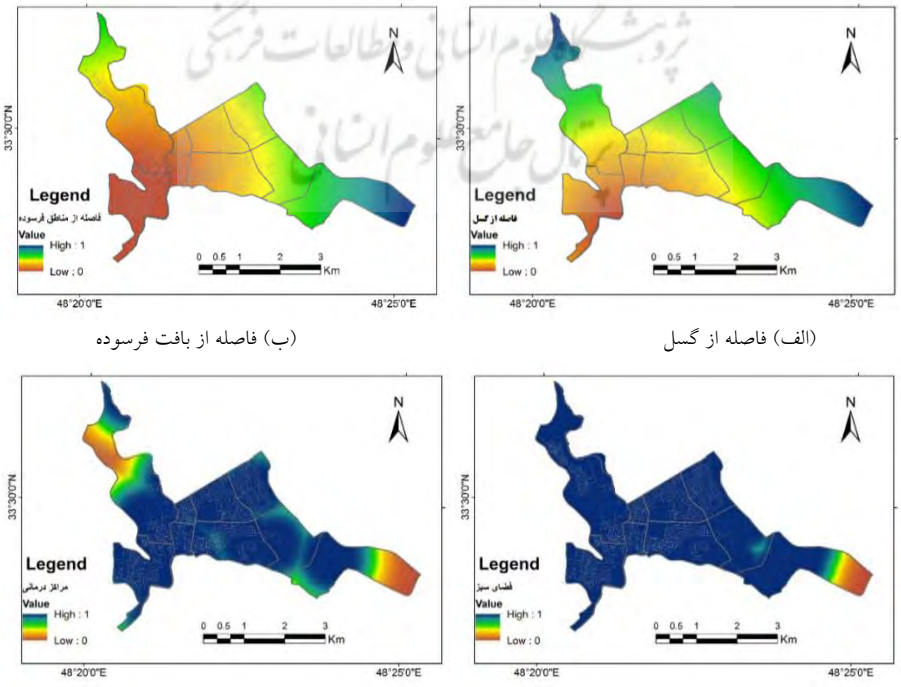


(ث) تابع فازی‌سازی شیب (ج) تابع فازی‌سازی جنس زمین

(چ) تابع فازی‌سازی فاصله از رودخانه (ح) تابع فازی‌سازی فاصله از جاده و خیابان

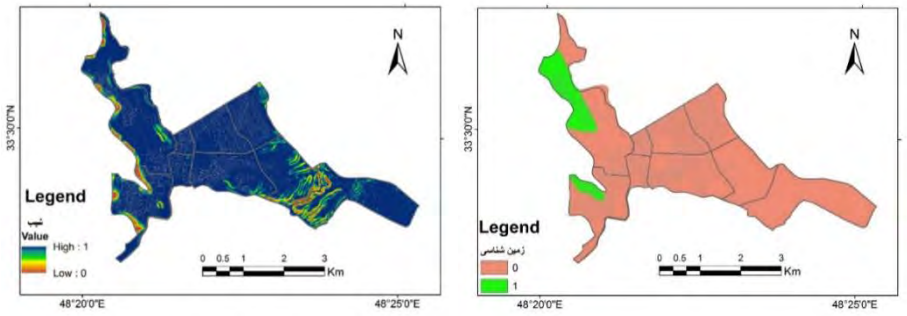
شکل۵- نمودار توابع عضویت فازی لایه ها (Research findings, 2019)

در نقشه‌های فازی، ارزش هر یک از واحدهای مکانی موجود با درجات عضویت فازی بین صفر تا یک خواهد بود. به منظور تهیه نقشه فازی ضمن تعریف توابع خطی و همچنین با توجه به اثر مثبت و یا منفی هر پارامتر و در نظر گرفتن ضوابط ارائه شده، دستوراتی در نرم‌افزار GIS نوشته و اجرا شده است. در نهایت خروجی حاصل از هر مرحله، لایه رستری خواهد بود که برای هر لایه اطلاعاتی، ارزش هایی بین صفر و یک دارد. نقشه لایه‌های فازی منطقه ۲ شهر خرم‌آباد در شکل ٦ نشان داده شده است.

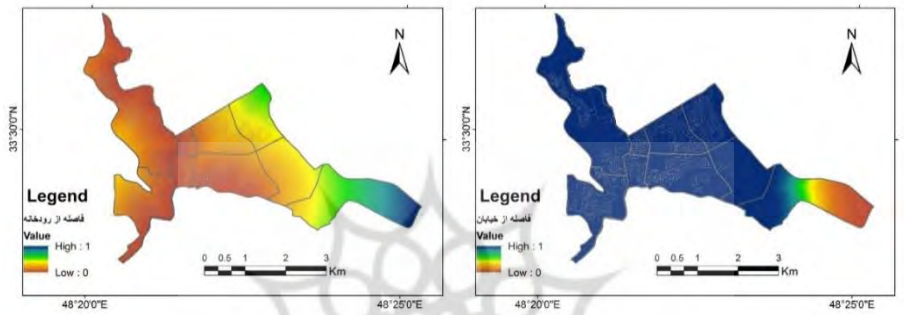


(ب) فاصله از بافت فرسوده (الف) فاصله از گسل

(پ) فاصله از مراکز خدماتی (ت) فاصله از فضاهای باز شهری



(ث) شیب زمین (ج) زمین‌شناسی منطقه

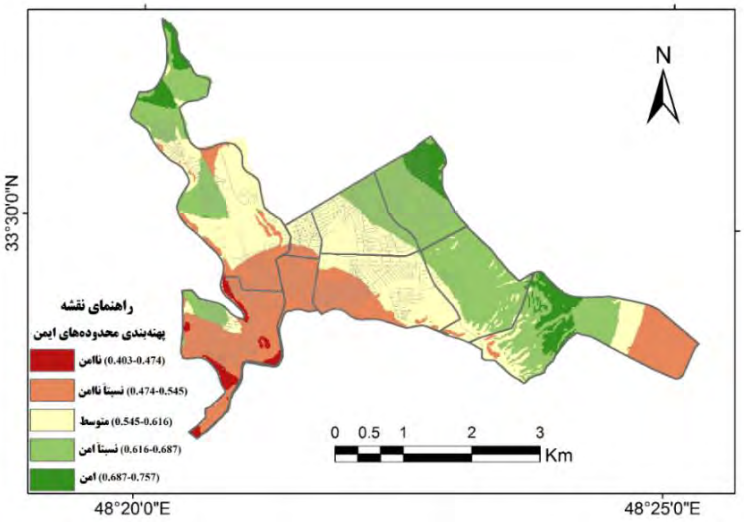


(چ) فاصله از رودخانه (ح) فاصله از جاده و خیابان اصلی

شکل ٦- نقشه لایه‌های فازی شده معیارها (Research findings, 2019)

ترکیب لایه‌های اطلاعاتی و شناسایی محدوده‌های ایمن

در این مرحله وزن نهایی به دست آمده از روش AHP برای هریک از معیارها را در لایه‌ی مربوط به آن ضرب و در نهایت تمام لایه‌های اطلاعاتی را با هم جمع نموده تا لایه نهایی محدوده‌های ایمن پس از وقوع زلزله شناسایی شود. شکل شماره ۷ نقشه پهنه‌بندی محدوده‌های ایمن در منطقه ۲ خرم‌آباد را بر اساس ۵ متغیر زبانی شامل ناایمن، نسبتاً ناایمن، متوسط، نسبتاً ایمن و ایمن نشان می‌دهد. با توجه به این تقسیم‌بندی بخش جنوب غربی منطقه به علت نزدیکی به گسل‌های اصلی و فرعی، جنس آبرفتی زمین، مجاورت با رودخانه، شیب زیاد در برخی نقاط و وجود بافت فرسوده دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری و در نتیجه غیرایمن است. بخش‌های شمال و شمال شرق نیز به دلیل فاصله از گسل‌ها، بافت فرسوده و دسترسی مناسب به خیابان‌ها و معابر اصلی و نزدیکی به فضاهای باز شهر، بهترین مکان‌های پیشنهادی به عنوان محدوده ایمن پس از زلزله هستند. همچنین بر اساس نتایج تحقیق قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه شامل بخش‌های مرکزی و شمالی در محدوده متوسط تا نسبتاً ایمن قرار دارد، البته با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و تهدیدهای کالبدی، پراکنش نامناسبی از نظر وجود محدوده‌های ایمن در کل منطقه قابل مشاهده است. پس از این مرحله با مقایسه‌ی لایه‌های فازی شده و نقشه حاصل از تلفیق و همپوشانی لایه‌ها، صحت لایه نهایی به اثبات رسید.



شکل ۷- نقشه نهایی پهنه بندی محدوده‌های ایمن (Research findings, 2019)

نتیجه‌گیری و دستاورد پژوهشی

تحقیق حاضر با بررسی جامع معیارهای ارائه شده در مطالعات مربوط به مکان‌یابی نقاط ایمن، مصاحبه با متخصصین، بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، سعی بر ارائه روشی جهت کاهش آسیب پذیری بعد از زلزله و تعیین پهنه‌های ایمن در محدوده منطقه ۲ خرم‌آباد را داشت.

انتخاب محدوده‌های ایمن پس از وقوع زلزله بدون در نظر گرفتن معیارهای موثر، با معضلات فراوانی به ویژه در شهرهای بزرگ همراه است، از این رو بررسی دقیق و پهنه‌بندی شهرهای لرزه‌خیزی همچون خرم آباد از نظر میزان ایمنی مناطق مختلف، به پیشگیری از بروز مشکلات و تقویت برنامه عملیاتی بعد از زلزله کمک خواهد کرد. با به‌کارگیری نگاهی سیستمی و جامع می‌توان از ظرفیت‌های شهر برای نهادینه‌کردن برنامه‌ریزی پیشگیرانه استفاده نمود.

تعیین محدوده‌های ایمن با ارزیابی مکان‌های موجود در مقالات زیادی مورد بررسی قرار گرفته که با توجه به آنها انتخاب پهنه‌های مطلوب برای کمک به مدیریت بحران شامل مراحل شناسایی، وزن‌دهی معیارها، تهیه نقشه لایه‌های استاندارد و همپوشانی این لایه‌ها می‌شود. به دلیل دخالت پارامترهای متعدد در مکان‌یابی محدوده‌های ایمن، این مسأله دارای پیچیدگی زیادی می‌باشد، از این‌رو شناسایی و انتخاب موثرترین معیارها در راستای اثربخش بودن مدیریت بحران با توجه به نیازهای احتمالی بعد از وقوع زلزله از اهمیت بالایی برخوردار است.

در این تحقیق با بررسی معیارهای ارائه شده در مطالعات پیشین و انتخاب پرتکرارترین آنها و بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی، موثرترین معیارها جهت تعیین محدوده‌های ایمن شهری پس از بحران زلزله شناسایی و ارزیابی گردید. بر این اساس معیارهای فاصله از گسل، فاصله از خیابان و معابر اصلی، فاصله از مراکز خدماتی، فاصله از رودخانه، زمین شناسی منطقه، فاصله از بافت‌های فرسوده شهری، شیب زمین و فاصله از فضاهای باز شهری به ترتیب دارای بیشترین اثر هستند که از آنها برای تعیین محدوده های ایمن در منطقه ۲ خرم‌آباد استفاده شد.

یافته‌های تحقیق حاضر بر اساس تحلیل سلسله مراتبی مؤید آن است که فاصله از گسل با وزن ۰/۲۰۳ بیشترین و فاصله از فضای باز شهری با ۰/۰۷۸ کمترین وزن معیار موثر در تعیین محدوده ایمن را دارند. بررسی نتایج کار و مقایسه معیارها و اعداد به دست آمده از این تحقیق با مقالات محققینی مانند چو، کار، حسینی، داداش‌پور و غیره نشان داد که تعیین ارجحیت معیارها به صورت مستقیم به تصمیم‌گیرندگان بستگی دارد، به نحوی که در شرایط مختلف اهمیت معیارهای مشابه ممکن است متفاوت باشد. وجه تمایز این پژوهش با دیگر مطالعات، تمرکز بیشتر بر تعیین شاخص‌های موثر است که نوعی برنامه‌ریزی جامع را می‌طلبد.

با مکان‌یابی بر پایه GIS می‌توان به نتایج عملی و واقعی جهت پایش بلند مدت مکان‌ها دست یافت که این موضوع می‌تواند موجب کاهش زمان و هزینه ایجاد بانک داده‌های دیجیتال گردد. با تهیه نقشه لایه‌های اطلاعاتی معیارهای تحقیق، استانداردسازی و تلفیق نقشه لایه‌های اطلاعاتی فازی شده در محیط نرم‌افزار ArcGIS، منطقه مورد مطالعه به پنج محدوده ناایمن، نسبتاً ناایمن، متوسط، نسبتاً ایمن و ایمن تقسیم گردید. در ادامه با استخراج نقشه نهایی پهنه‌بندی محدوده‌های ایمن مشخص شد که بخش اعظم منطقه مورد مطالعه در محدوده متوسط تا نسبتاً ایمن قرار داشته و قسمت جنوب غربی آن نیز آسیب‌پذیرترین بخش است.

نتایج تحقیق نشان داد بخش‌های شمال و شمال غربی منطقه ۲ خرم‌آباد به دلیل فاصله از گسل و بافت‌های فرسوده و همچنین دسترسی مطلوب به خیابان های اصلی و مراکز خدماتی، مستعدترین و بهترین گزینه ها برای معرفی به عنوان محدوده های ایمن در زلزله بوده و بخش های جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه نیز به جهت آسیب‌پذیری نسبتاً بالا به دلیل نزدیکی به گسل و بافت های فرسوده و رودخانه خرم رود، دارای کم‌ترین قابلیت برای برنامه‌ریزی در این زمینه هستند که این پیشنهادها در قالب نقشه GIS ارائه شد.

نتایج پژوهش بر اساس ویژگی‌های جغرافیایی منطقه ۲ شهر خرم‌آباد یعنی محدودیت‌های طبیعی و محیطی مانند نزدیکی به گسل، محصور بودن در کوه‌های اطراف، وجود رودخانه های دائمی، خطی بودن شهر، شیب زیاد در برخی نقاط و ... و همچنین تهدیدهای کالبدی مثل وضعیت نامناسب خیابان ها و معابر، فرسودگی بخشی از بافت منطقه، ساختمان‌های آسیب پذیر در زلزله، تراکم جمعیت و غیره، پراکنش نامناسبی را از نظر وجود محدوده‌های ایمن نشان می‌دهد.

تحلیل این وضعیت بیانگر ضعف زیرساخت‌ها در برخی محلات منطقه مورد مطالعه جهت واکنش موثر به زلزله است، حال آنکه با توجه به پتانسیل‌های بالقوه فراوان این منطقه از نظر شاخص‌های طبیعی و انسانی و همچنین اهمیت حفظ سطح ایمنی جامعه، ایجاد حداقل زیرساخت‌ها که منجر به آمادگی در برابر زلزله شود ضروری می‌باشد.

میزان آمادگی و برنامه ریزی پیش از وقوع زلزله در یک شهر، تا حدودی تعیین کننده درجه بحران پس از حادثه خواهد بود. در نظر داشتن رویکردی جهت کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شهر بر اساس ارزیابی‌های

صحیح، موجبات بازگشت سریع جامعه به شرایط عادی را فراهم می آورد. برای تحقق چنین رویکردی، برنامه‌ریزی پیش از وقوع بحران و حادثه در مناطق مستعد شهری مهم خواهد بود.

در راستای بهبود مدیریت بحران بعد از زلزله رعایت معیارهای فنی و مهندسی در اجرای ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها و بهسازی لرزه‌ای آنها به‌ویژه در مناطق پرخطر و بافت فرسوده شهر، آگاهی‌بخشی به شهروندان از سوی سازمان‌های دولتی، انجمن‌های غیردولتی و نهادهای رسانه‌ای در رابطه با رعایت اصول ایمنی در حوادث و بلایا و شناخت محدوده‌های ایمن، تقویت ظرفیت‌های فنی و تأمین و توزیع امکانات و خدمات در سطح شهر، برگزاری مانورهای منظم برای ایجاد آمادگی در برابر زلزله و حوادث مشابه، آموزش مستمر و هدفمند ساکنان و داوطلبان و برقراری سیستم‌های پشتیبان محلی با نگاهی به پاسخگویی سریع و موثر به حوادث، ایجاد و توسعه زیرساخت‌های لازم برای تسریع در جابه‌جایی‌ها و اقدام‌های امدادی اساسی متناسب با نیازهای محلی، تقویت حس مشارکت و ظرفیت‌های مقامات محلی برای جابه‌جایی افراد ساکن در مناطق پرخطر، مشارکت دادن حقیقی و همه جانبه مردم در چارچوب تقویت نهادهای مدنی و رسانه‌ای جهت گسترش مشارکت اجتماعی در جمع‌آوری اطلاعات میدانی که موجب دسترسی بهتر برنامه‌ریزان شهری به اطلاعات محلی و در نتیجه بهبود اقدامات پس از بحران با توجه به اولویت‌های جامعه می‌گردد، توصیه و پیشنهاد می‌شود.

References

Abulnour, A, H. (2014). The post-disaster temporary dwelling: Fundamentals of provision, design and construction. Housing and Building National Research Center (HBRC). 10(1): 10-24.

Afzali, A. Sabri, S. Rashid, M. Mohammad Vali Samani, J and Ludin. A. (2014). Inter-municipal landfill site selection using analytic network process. Water Resources Management. 28(8): 2179-2194.

Baladpas, A. Valizadehkamran, K. Emamikia, V. (2013). Evaluating development of urban settlement in vulnerable fault affected regions using multiple method (case study: Tabriz baghmishe suburb). New Attitudes In Human Geography. 5(4): 35-48.

Bartels, S. A. VanRooyen, M. J. (2012). Medical complications associated with earthquakes, The Lancet . 379: 748-757.

Behzadafshr, K. Akbari, P. (2019). Explanation and analysis of land use planning criteria in earthquake risk reduction to increase urban resilience (Case study: Sanandaj city). New Attitudes In Human Geography. 11(2): 341-357.

Chu, J. Su, Y. (2012). The application of TOPSIS method in selecting fixed seismic shelter for evacuation in cities. Systems Engineering Procedia. 3: 391 -397.

Dadashpour, H. Khodabakhsh, H, R. (2014). Optimal Locations of Temporary Housing Sites Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Case Study of Region 16 of Tehran. Journal of Geography and Planning. 17(46): 67-90.

Donevska, K. R. Gorsevski, P. V. Jovanovski, M. Pesevski, I. (2011). Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems. Environmental Earth Sciences. 67(1): 121 -131.

Falah, F. Daneshfar, M. Ghorbaninejad, S. (2017). Application of the Statistical Index Model in Groundwater Potential Mapping in the Khorramabad Plain. Journal of Water and Sustainable Development. 4(1): 89-98.

Givechi, S. Attar, M, A. (2013). Application of multiple criteria decision making models to site selection for temporary housing after earthquakes case study: shiraz, district 6. Emergency Management. 1(2): 35-43.

Hoseini, S, F. Soleymani, M. Azizpour, F. Porbar, F. (2014). Application of GIS in the role of local institutions Disaster for rural areas (City Qyrvkarzyn). Geographical Data (SEPEHR). 23(89): 46-53.

Khan, D. Samadder, S. R. (2015). A multi-criteria evaluation model for landfill site ranking and selection based on AHP and GIS. Journal of Environmental Engineering & Landscape Management. 23(4): 267-278.

Khanahmadi, M. Arabi, M. Vafaienejad, A. Rezaiean, H. (2014). Locate fire stations Using Fuzzy Logic and AHP integration in GIS environment (Case Study: District 1 District 10 of Tehran). Geographical Data (SEPEHR). 23(89): 88- 98.

Kar, B. Hodgson, M. E. (2008). A GIS-based model to determine site suitability of emergency evacuation shelters. Transactions in GIS. 12(2): 227-248.

Karimi Kordabadi, M. Najafi, I. (2015). Assessing the earthquake hazard using the AHP-FUZZY hybrid model for urban security (Case study of Tehran Metropolitan district 1). Urban Planning Research. 6(20): 17-24.

Keykhosravi, Q. Lashkari, H. Baghaei, M. Nahaldani, M. (2016). Locating Factory Industries by AHP Method and Fuzzy Logic Model in Sabzevar. New Attitudes In Human Geography. 8(4): 125-147.

Lantada, N. Pujades, L, G. Barbat, A. H. (2009). Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison. Natural Hazards. 51(3): 501-524.

Lee, A. H. I. Chen, W. C. Chang, C.J. (2008). A Fuzzy AHP and BSC Approach for Evaluating Performance of IT Department in the Manufacturing Industry in Taiwan. Expert Systems with Applications. 34: 96-107.

Lotfi, H. moradipour, S. Honardoust, M. (2017). The Role of province geopolitics units in network economic model designing in iran (case study: Lorestan province). New Attitudes In Human Geography. 9(3): 173-195.

Mahdipour, F. Sadi Mesgari, M. A. Model for Location Based on Multi Criteria Decision Making Methods in GIS. Geomatics Conference. Tehran. 1-3.

Malczewski, J. (2004). Gis-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in Planning. 62(1): 3-65.

Mansourian, S, E. Al-Husseini Al-Madrasi, S, A. (2017). Zoning the potential risk of an earthquake in the Mamasani district (Nourabad) of Fars province, Iran, for Gas network crisis management based on the AHP model using the ArcGIS software. Emergency Management. 81.

Moradipour, S. Ezzati, E. Lotfi, H. (2019). Investigating the Role of Lorestan Situation in Geopolitical Relation to Iranian Security .New Attitudes In Human Geography. 11(4): 351-374.

Motamedi, M. Zaferanlou, A. Khaleghi, M. (2013). Locating industrial suburbs using fuzzy GIS (case study: Shirvan industrial suburb). New Attitudes In Human Geography. 6(1): 103-114.

Najafi, K. Farahmand, M. (2019). Investigating the Factors Affecting the Consensus of the Lak and Lor Peoples (Case Study: Men in Khorramabad City). Journal of Social Development. 13(4): 153-186.

Nobakht, M. B. (2017). Advanced research method for master and doctoral student, 4th. jahad daneshgahi press. 508p.

Payard Rad, D. Vafainejad, A, R. (2015). Using a GIS Based Decision Support System to Aid Earthquake Crisis Management with Site Selection of Temporary Housing Case Study: District 8 of Isfahan Municipality. Journal of Geomatics Science and Technology. 5(2): 231-246.

Qaedrahmati, S. Khadem Al-Husseini, A. Siavoshi, T. (2013). Analysis of the Riskability of Urban Habitats of Lorestan Province against the Risk of the Earthquake. Geography and Urban Preperations. Vol. 9.

Ranjbar, H. R. Dehghani, H. Azmoude Ardalan, A. R. Saradjian, M. R. (2017). A GIS-based approach for earthquake loss estimation based on the immediate extraction of damaged buildings, Geomatics. Natural Hazards and Risk. 8(2): 772-791.

Rashed, T. Weeks, J. Couclelis, H. Herold, M. (2007). An Integrative GIS and Remote Sensing Model for Place – based Urban Vulnerability Analysis, integration of GIS and Remote Sensing. John Wiley & Sons. New York.

Rezaie, F. Panahi, M. (2015). GIS modeling of seismic vulnerability of residential fabrics considering geotechnical, structural, social and physical distance indicators in Tehran using multi-criteria decision-making techniques. Natural Hazards and Earth System Sciences. 15: 461–474.

Simsek, C. Elci, A. Gunduz, O. Taskin, N. (2014). An improved landfill site screening procedure under nimby syndrome constraints. Landscape & Urban Planning. 132(12): 1-15.

Tait, P. Vallance, S. Rutherford, P. (2016). Expanding the conversational terrain: Using a choice experiment to assess community preferences for post-disaster redevelopment options. Land Use Policy. 55: 275–284.

Tudes, S. Yigiter, N. D. (2011). Preparation of land use planning model using GIS based on AHP: case study Adana-Turkey. Bulletin of engineering geology and the environment. 69: 235-245.

UNISDR. 2009 UNIDDR terminology of disaster risk reduction. Report, United Nations International strategy for Disaster Risk Reduction, 2009.

Uyan, M. (2014). Msw landfill site selection by combining AHP with GIS for konya, turkey. Environmental Earth Sciences. 71(4): 1629- 1639.

Yazdani, M. Monavari, S. M. Omrani, G. A. Shariat, M. Hosseini, S. M. (2015). Landfill site suitability assessment by means of geographic information system analysis. Solid Earth. 6(3): 945-956.

Zhao, S. (2010). Gis FFE—an integrated software system for the dynamic simulation of fires following an earthquake based on GIS. Fire Safety Journal. 45(2): 83-97.

Zivyar, P. Teimouri, S. (2013). tourism geography of Khorramabad and the role of historical monument in its development. New Attitudes In Human Geography. 5(4): 180-190.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی