مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)/ دورهٔ ۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۸/ ص ۱۱۵-۹۷
DOI: 10.22059/jhsci.2019.280717.467

مکان‌یابی مراکز امداد و نجات در شهرستان نهاوند با استفاده از مدل فازی- ای اچ پی FAHP

هادی نیری*
استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان
محمدرضا کرمی
استادیار دانشگاه پیام نور
محمود سوری
دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی دانشگاه کردستان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۲/۱۶- تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۶/۲۵)

چکیده

زندگی انسان همواره با مخاطرات ناشی از بلایای طبیعی همراه بوده است. استقرار فلات ایران روی پهنهٔ پرحادثهٔ کرهٔ زمین، کمربند زلزلهٔ آلپ – هیمالیا، شرایطی را به وجود آورده که وقوع انواع مخاطرات طبیعی را اجتناب‌ناپذیر کرده است. شهرستان نهاوند در یکی از حساس‌ترین نقاط این فلات قرار گرفته، به‌طوری که وضعیت مورفولوژیک شهرستان نهاوند و قرارگیری آن در یکی از نقاط زلزله‌خیز، به رویارویی مداوم این شهرستان با پدیدهٔ طبیعی زلزله منجر شده است؛ از این‌رو برای دستیابی عملی به روش‌ها و راهکارهایی منسجم به‌منظور مدیریت بحران و به حداقل رساندن ابعاد فاجعه‌آمیز چنین رخدادی، مطالعه در این زمینه ضرورت دارد. یکی از مهم‌ترین اقدامات قبل از مدیریت بحران که مستلزم مطالعهٔ دقیق است، انتخاب بهینهٔ مراکز امداد و نجات برای دسترسی و پوشش حداکثری مناطق آسیب‌دیده در کمترین زمان به‌دلیل اهمیت نجات جان افراد در معرض خطر است. پژوهش پیش رو بر آن است که به مکان‌یابی بهینهٔ مراکز امداد و نجات در زلزلهٔ احتمالی نهاوند بپردازد تا در صورت وقوع حادثه، امدادرسانی در کمترین زمان میسر شود. بدین منظور مکان‌یابی این مراکز با توجه به معیارهایی چون راه ارتباطی، تمرکز جمعیتی، تراکم روستایی، فاصله از گسل و ... با بهره جستن از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل FAHP انجام گرفته است. نتیجهٔ این تحقیق نشان داد که مکان‌های مناسبی برای این مراکز به‌دلیل شرایط مساعد طبیعی در منطقه وجود دارد که این ویژگی امتیازی بالقوه را برای مدیریت بحران در این شهرستان فراهم آورده است که باید از آن بهره جست. در نهایت سه محدوده در منطقه به‌عنوان اولویت‌های ایجاد مراکز امداد و نجات پیشنهاد شد.

واژه‌های کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، مخاطرهٔ زلزله، مدیریت بحران، مکان‌یابی.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۳۰۵۹۸۷۹ Email: nayyerihadi@yahoo.com

مقدمه

خطر بخش اجتناب‌ناپذیر زندگی است. برای زیستن در یک منطقه و استفاده از زمین باید میزان سازگاری با خطر و مشکلات آن بررسی شده و تدابیر ایمنی لازم در برابر خطر به‌کار گرفته شود [۱].

شهرستان نهاوند در جنوب غربی استان همدان از نظر زمین‌شناختی در محدودهٔ بین دو زون معروف ایران قرار گرفته است؛ یکی رشته‌کوه زاگرس مرتفع (گرین) در جنوب استان همدان که در اثر حرکات تکتونیک و برخورد صفحهٔ عربستان پدید آمده و بیشترین تغییر شکل‌ها را متحمل شده است، به‌طوری که در شمال غرب آن، لایه‌ها به‌شدت چین‌خورده و گسل‌خورده‌اند [۱۸] و دیگری باتولیت الوند در شمال نهاوند که خود بخشی از کمربند کوهزایی سنندج- سیرجان است. از ویژگی‌های بارز این ارتفاعات وجود یک روراندگی است که به‌همراه خط روراندگی نزدیک حوضهٔ رود گاماسیاب، نهاوند را به منطقه‌ای زلزله‌خیز تبدیل کرده است. به همین دلیل گسل‌های کوچک و بزرگ زیادی در محدودهٔ این شهرستان وجود دارد [۹]. قطعات گسل اصلی عهد حاضر زاگرس از جنوب نهاوند می‌گذرند. این قطعات شامل گسل دورود، گسل نهاوند و گسل گارون است [۲۳]. به‌طور کلی گسل‌های دورود، نهاوند و صحنه، از گسل‌های پیرانشهر و مروارید فعال‌ترند [۲۲]. دو گسل امتدادلغز نهاوند و گارون بین سال‌های ۱۹۶۳ تا ۱۹۹۷ میلادی، جنبش زمین‌لرزه‌ای شدید داشته‌اند.

شهرستان نهاوند با وسعت تقریبی ۱۵۷۰ کیلومتر مربع و جمعیت ۱۸۱۷۱۱ نفر، دارای ۱۷۰ روستاست و از نظر تراکم روستایی با داشتن ۱۳ روستا در ۱۰۰ کیلومتر مربع، بیشترین تراکم روستایی در استان همدان را دارد [۱۵]. تراکم زیاد روستایی در زلزلهٔ احتمالی، آسیب‌پذیری را افزایش می‌دهد، به‌طوری که در زلزلهٔ سال ۱۳۳۷ با بزرگی Ms =۶/۶ ریشتر، ۱۵۰روستا کاملاً تخریب شده و منازل زیادی هم در شهر تخریب شدند. در نهاوند بیشتر روستاها به‌دلیل شرایط مناسب کشاورزی در دشت نهاوند و روی گسل فعال منطقه قرار گرفته‌اند. این شهرستان دارای ۱۷۰ هکتار بافت فرسوده در بخش شهری است. این بافت شامل بافت تاریخی و غیرتاریخی است و در ۱۷ محلهٔ کوچک و بزرگ ۴۷ درصد بافت شهر را در برگرفته است [۱۸]. با توجه به موارد یادشده، ضرورت مکان‌یابی مراکز امداد و نجات با هدف پوشش حداکثری عملیات نجات در کمترین زمان ممکن توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS نمایان است.

اولین نکتهٔ اساسی در مرحلهٔ آمادگی مدیریت بحران که مستلزم مطالعهٔ دقیق است، مکان‌یابی بهینهٔ مراکز امداد و نجات، اسکان اضطراری، بیمارستان‌های صحرایی و... است.

مکان‌یابی[1] فرایندی است که از طریق آن می‌توان براساس شرایط تعیین‌شده برای یک کاربری مشخص و با توجه به منابع و امکانات موجود، بهترین محل مناسب را تعیین کرد. مکان‌یابی در واقع تجزیه‌وتحلیل توأم اطلاعات فضایی و داده‌های توصیفی به‌منظور یافتن یک یا چند موقعیت فضایی با ویژگی‌های توصیفی مورد نظر است [۶]. مسئله زمانی اهمیت می‌یابد که شاخص بسیار مهمی مانند نجات جان انسان‌ها مدنظر قرار گیرد. از این‌رو انتخاب بهینهٔ مراکز امداد و نجات به‌دلیل پوشش حداکثری مناطق آسیب‌دیده و اهمیت نجات جان افرادی که در معرض خطر قرار گرفته‌اند، در مرحلهٔ مقابله مسئلهٔ مهمی تلقی می‌شود.

آسیب‌پذیری مراکز خدمات‌رسانی مانند هلال‌احمر، بیمارستان‌ها، مراکز پلیس، ایستگاه‌های آتش‌نشانی و سایر مراکز مشابه در عملیات واکنش سریع به بحران‌های ناشی از مخاطرات در مرحلهٔ مقابله، تأثیر مهمی در کمک‌رسانی دارد [۱۳]. با این‌حال مکان‌یابی مراکز امدادی یا محل قرارگیری تجهیزات امدادی برای مدیریت بحران ازجمله مواردی است که در پژوهش‌ها مغفول واقع شده و کمتر این موضوع به‌صورت عملی بررسی شده است. سیستم اطلاعات جغرافیایی، چارچوب مناسبی برای مدیریت اطلاعات مکانی در شرایط بحران است؛ با استفاده از این نوع اطلاعات می‌توان به‌طور چشمگیری آمادگی مردم و مسئولان را ارتقا بخشید و تصمیم‌های اخذشده توسط مسئولان بحران در منطقه را بهبود داد [۴].

در خدمات‌رسانی شهری تنها افزایش تعداد مراکز خدماتی دلیل بر خدمات‌رسانی بهتر نیست، بلکه مکان‌یابی و محل قرارگیری این خدمات در سطح شهرها و توزیع آنها، تأثیر بسزایی در نوع عملکرد، کیفیت خدمات‌رسانی و اثرپذیری آنها از جریان ترافیک دارد [۲۱]. یکی از مهم‌ترین موضوعات در مدیریت بحران زمین‌لرزه، ایجاد مراکز امداد است. انتخاب نادرست موقعیت این مراکز، سبب ناکارایی آنها در خدمات‌رسانی می‌شود و به‌دلیل توزیع نادرست، ممکن است بعضی مراکز دور از دسترس بوده و برخی دیگر مراجعانی بیش از ظرفیت داشته باشند [۷]. بنابراین یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین اقدامات در مخاطرات طبیعی به‌ویژه زلزله که با حجم زیاد مصدومان همراه است، مکان‌یابی استقرار مراکز امداد و نجات و گروه‌های درمانی است. هدف این تحقیق، برنامه‌ریزی و مکان‌یابی فضاهایی برای استقرار مراکز امداد و نجات در زلزلهٔ نهاوند به‌منظور دستیابی به پوشش حداکثری مناطق مسکونی، تسریع در زمان عملیات امداد و نجات در نتیجهٔ کاهش مرگ‌ومیر ناشی از زلزله است. این فرایند بلافاصله پس از وقوع زلزله آغاز می‌شود و با توجه به معیارهای کاملاً مشخص طبیعی و انسانی صورت خواهد پذیرفت.

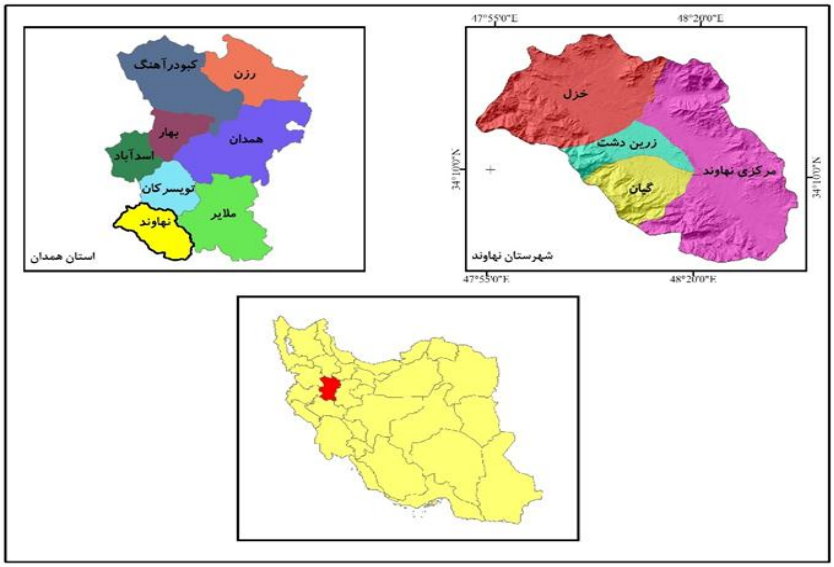
1. site selection

دربارهٔ موضوع اصلی این مقاله، تحقیقات مشابهی با در نظر گرفتن معیارها و شاخص‌های مختلفی صورت پذیرفته که به برخی از این پژوهش‌ها به‌اختصار اشاره می‌شود. زبردست و محمدی (۱۳۸۴) با هدف انتخاب معیارهای مهم برای استقرار مراکز امدادرسانی و تلفیق آنها برای انتخاب بهترین مکان‌یابی در شرایط وقوع زلزله در منطقهٔ ۱۱ تهران، خصوصیات جمعیتی (ترکیب سنی، جنسیت، تراکم جمعیت)، خصوصیات کالبدی و عملکردی (کیفیت ابنیه، ارتباط و همجواری با کاربری شهری، تراکم ساختمان) خصوصیات مکانی (ارتفاع و شیب زمین) را به‌کار بردند، یافته‌های آنها نشان داد که این معیارها در مکان‌یابی این مراکز مهم‌اند. اسلامی (۱۳۸۵) مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان در منطقهٔ ۱ شهرداری تهران را بررسی کرد و چهار شاخص ایمنی، کارایی، اثربخشی و مجهز بودن را برای این مراکز لازم دانست. رضایی و همکاران در سال۱۳۹۳ با استفاده از شانزده معیار اصلی و مؤثر در مکان‌یابی این مراکز، در چارچوب شش خوشه به شناسایی این مراکز پرداختند؛ این خوشه‌ها عبارت‌اند از: ۱. عملکرد جمعیتی (تراکم جمعیت)؛ ۲. ویژگی کالبدی (کیفیت ابنیه، مساحت کاربری)؛ ۳. کاربری‌های سازگار (آتش‌نشانی، فضای باز و سبز، بیمارستان، منازل مسکونی)؛ ۴. مشخصات زمین‌شناسی (شیب زمین، گسل)؛ ۵. کاربری‌های ناسازگار (پمپ بنزین، قنات، ساختمان‌های بلندمرتبه)؛ ۶. دسترسی به شبکه‌های ارتباطی (راه شریانی درجه ۱، راه شریانی درجه ۲، راه شریانی درجه ۳). در این پژوهش به‌منظور تعیین بهترین مکان‌های مستعد ایجاد و ساخت مراکز امداد و نجات از تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل FAHP مبتنی بر روش یونگ چانگ استفاده شده است؛ چراکه برای اندازه‌گیری و عدم قطعیت‌ها می‌توان از روش فازی چانگ[1] با تابع عضویت مثلثی به‌همراه اوزان AHP مبتنی بر اعداد فازی استفاده کرد [۲۳].

معرفی منطقهٔ تحقیق

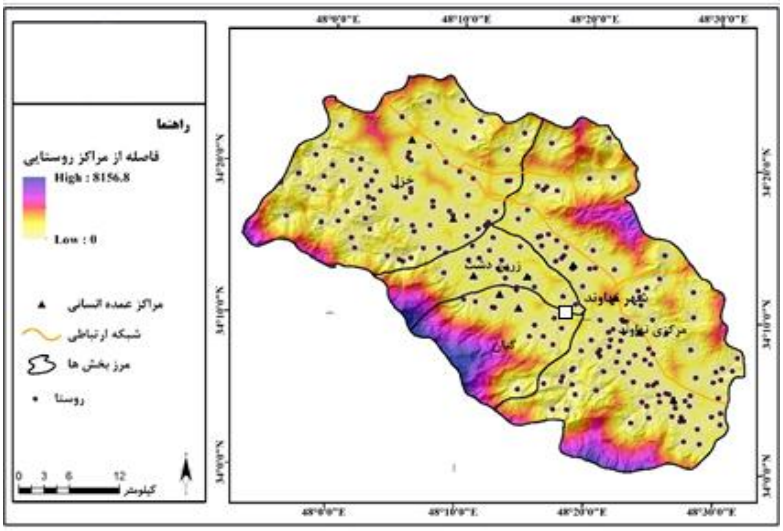
شهرستان نهاوند با وسعت تقریبی ۱۵۷۰ کیلومتر مربع در فاصلهٔ ۴۴۰ کیلومتری جنوب غرب تهران و ۱۰۵ کیلومتری جنوب همدان، در جنوب غربی استان همدان قرار گرفته و ۷/۶ درصد از مساحت این استان را شامل می‌شود. این شهرستان بین ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۴ درجه تا ۳۴ درجه و ۵ دقیقهٔ عرض شمالی، در ارتفاع متوسط ۱۶۰۰ متر از سطح دریا در بین رشته‌کوه‌های زاگرس مرتفع و الوند قرار گرفته است (شکل ۱).

1. Fuzzy chang



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ تحقیق در ایران

براساس آمار سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت این شهرستان، ۱۷۸۷۸۷ نفر است (۹۱۹۷۸ نفر شهری و ۸۵۳۳۳ نفر روستایی).



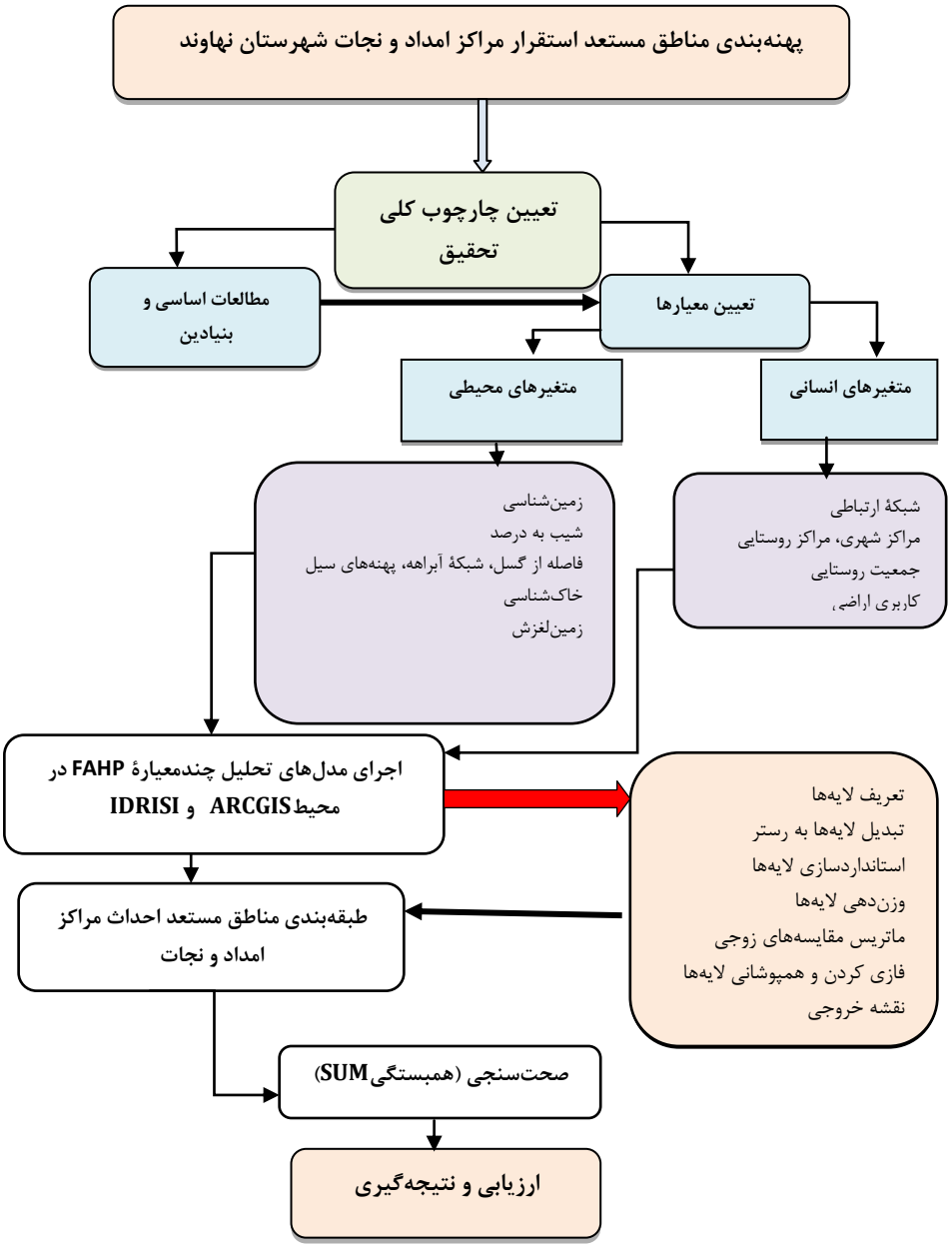
شکل ۲. نقشهٔ فاصله و تراکم روستایی شهرستان نهاوند

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات کاربردی است، زیرا هدف اصلی آن پهنه‌بندی و تعیین پراکنش اصولی مراکز امداد و نجات است؛ از سوی دیگر، تحقیقی بنیادی است، زیرا هدف آن کشف ویژگی‌های عمومی و اصول کلی این مراکز است. بدین منظور از روش‌های مختلفی برای سمت‌وسو دادن به تحقیق به‌منظور رسیدن به هدف نهایی (مکان‌یابی) استفاده شده است. در این زمینه در مرحلهٔ جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های اولیه، از نظرهای خبرگان، مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات و ادارات مرتبط با مدیریت بحران و نیز مطالعات و برداشت‌های میدانی و در تحلیل لایه‌ها از روش Fuzzy-AHP استفاده شده است.

تعیین مکان های مناسب استقرار کاربری‌های گوناگون شهری به عوامل متعددی بستگی دارد. این عوامل با توجه به ماهیت و نوع فعالیت کاربری مشخص می‌شود. نادیده گرفتن آنها، نه‌تنها به هدررفت هزینه و اتلاف وقت و در نتیجه استقرار کاربری در مکان نامناسب با شرایط موجود منجر می‌شود، بلکه در هنگام وقوع حوادث به‌دلیل آسیب‌پذیر بودن محل استقرار سازمان‌ها و مراکز امدادرسان، می‌تواند بازتولید بحران کند. به همین دلیل هنگام مکان‌یابی این‌گونه مراکز، دست‌کم باید معیارهای اصلی تضمین‌کنندهٔ مصونیت این مراکز را در نظر گرفت. در این زمینه با در نظر گرفتن خصوصیات و ویژگی‌های اصلی مکان‌یابی مراکز امداد و نجات در زلزلهٔ احتمالی نهاوند، از دو خوشه با دوازده معیار اصلی و اولویت‌دار به‌شرح زیر برای مکان‌یابی این مراکز استفاده شده است (شکل۳).

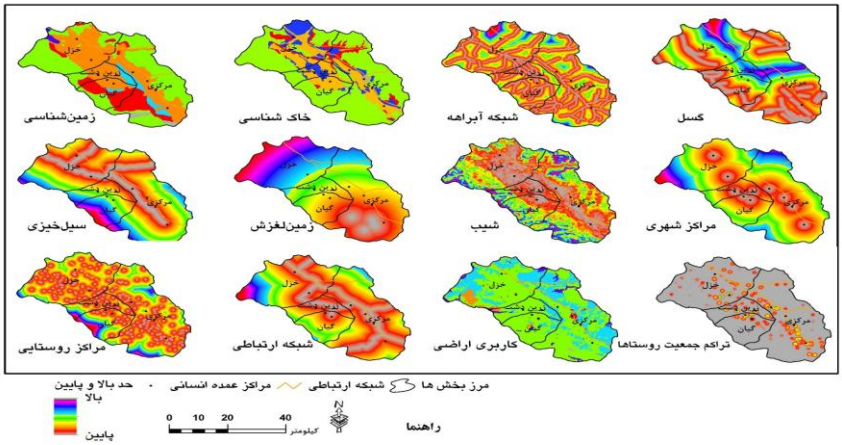
با توجه به اینکه زلزله پدیده ای طبیعی است و وقوع آن رخدادها و حوادث طبیعی دیگری همانند رانش زمین، ازهم‌گسیختگی زمین، سیل و غیره را به‌دنبال دارد، باید مراکز امداد و نجات در نقاطی مستقر شود که تا حد امکان به‌دور از عوارض طبیعی زمین‌لرزه باشند. بنابراین در مکان‌یابی هر نوع کاربری، عوامل و ویژگی‌های طبیعی زمین، تأثیر مهمی دارد؛ به‌گونه‌ای که مکان‌یابی و احداث کاربری‌های حساسی چون مراکز امدادرسانی، بدون توجه به ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناسی، افزون‌بر ایجاد محدودیت، در خدمات‌رسانی نیز می‌تواند خطرها و خسارات جبران‌ناپذیری را برای امدادرسانان به‌همراه داشته باشد. در این پژوهش، کاربری زمین، شیب زمین، فاصله از گسل، فاصله از زمین‌لغزش، شبکهٔ آبراهه، خاک‌شناسی و زمین‌شناسی در چارچوب معیارهای خوشه مشخصات عوامل محیطی با بررسی مطالعات قبلی و مشورت با خبرگان و استادان در نظر گرفته‌شده‌اند. به‌طور معمول شیب کم و زمین صاف و هموار در فصول بارندگی سیل‌گیر خواهد بود و زمین با شیب تند مشکل‌زا و پرهزینه است (شکل ۴).



شکل ۳. معیارها و روش تحقیق

براساس معیار جمعیت، هرجا که تعداد و تراکم انسان‌ها بیشتر باشد در زمان مخاطرات به خدمات بیشتری نیاز خواهند داشت؛ بنابراین عوامل انسانی، در این تحقیق از معیارهای اصلی و مهم در مکان‌یابی خدمات شهری به‌خصوص مراکز امداد و نجات است [۳]. با توجه به نظر کارشناسان، خصوصیات جمعیتی (مراکز شهری، تراکم روستایی، جمعیت روستایی) مهم‌ترین عامل در مکان‌یابی مراکز امداد و نجات به شمار می‌رود. تراکم جمعیتی به‌معنای جمعیت در واحد سطح و معمولاً نفر در هکتار است. تراکم جمعیتی زیاد پیش از آنکه مسائلی را حل کند، مسائل جدیدی را می‌آفریند[۱۲]. بنابراین با توجه به اینکه یکی از اهداف اصلی مکان‌یابی مراکز مدیریت بحران و مراکز امداد و نجات، پوشش حداکثری مراکز مسکونی و نجات حداکثری افراد آسیب‌دیده است، باید در مکان‌یابی آنها به میزان و نحوهٔ پراکندگی جمعیت توجه ویژه شود. یکی دیگر از مهم‌ترین معیارها در این خوشه شبکه‌های ارتباطی است. با وقوع حوادث و ایجاد شرایط بحرانی، شبکهٔ ارتباطی و دسترسی به آن در مخاطراتی همچون زلزله به‌دلیل نجات جان انسان‌ها و تداوم حیات انسانی از اهمیتی چند برابر وضعیت عادی برخوردار می‌شود.

در این پژوهش با مشورت با مسئولان ارشد مدیریت بحران و هلال احمر، مراکز شهری، مراکز روستایی، شبکهٔ ارتباطی و جمعیت روستاها به‌عنوان معیارهای خوشهٔ عوامل انسانی در نظر گرفته شده است. این معیارها با تراکم زیاد جمعیتی همراه‌اند و مناطق پرتراکم در امدادرسانی در اولویت برنامه‌ریزی قرار دارند. تراکم زیاد جمعیتی در شهر به‌معنای تلفات و خسارات بیشتر به هنگام وقوع زلزله است [۱۱]؛ بنابراین این مراکز باید به مناطق پرجمعیت نزدیک‌تر باشند.



شکل ۴. معیارهای استفاده‌شده در مکان‌یابی مراکز امداد و نجات، نام هر یک از نقشه‌ها که به‌صورت عدد نشان داده‌شده در جدول ۳ در ستونی با عنوان شمارهٔ نقشه مشخص شده است.

نحوهٔ تجمیع لایه‌ها

پس از تهیهٔ معیارهای یادشده، داده‌های برداری شامل پلی‌گون، خط و نقطه به نقشه‌های رستری تبدیل شدند تا قابلیت پردازش، محاسبات عددی و جبری را در مدل داشته باشند. سپس دامنهٔ داده‌های مکانی مشخص شدند. دامنهٔ سازگاری و ناسازگاری معیارها و آستانهٔ فازی هر لایه و همچنین ماتریس آن تشکیل شد. سپس لایه‌های تهیه‌شده به نرم‌افزار IDRISI Terrset به‌منظور تعریف توابع فازی آنها انتقال داده شدند. در مرحلهٔ تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی با روش فازی، با استفاده از نظر کارشناسان و همچنین مراجعه به متون و مقالات دیگر، آستانهٔ فازی لایه‌ها معین شد و مطابق جدول ۲، مقایسه‌ها صورت گرفت. سپس در نرم‌افزار Terrset از مجموعهٔ نرم‌افزار IDRISI (پس از وارد کردن آستانهٔ فازی هر لایه) به‌دلیل مشخص بودن مقادیر a و b توابع خطی فازی لایه‌ها مشخص شد.

قبل از اینکه لایه‌های فازی برای نقشهٔ نهایی همپوشانی شوند، اوزان همهٔ لایه‌های AHP برای ساخت ماتریس وزنی لایه‌ها توسط نرم‌افزار Solver AHP Fuzzy به‌دست آورده شد. سپس اوزان نرمال‌شدهٔ به‌دست‌آمدهٔ هر یک از لایه‌ها از طریق روش چانگ که پایه و اساس نرم‌افزار یادشده است، در همان لایه در محیط نرم‌افزار ArcGIS ضرب شد و در نهایت عملیات همپوشانی فازی شامل AND, OR, GAMMA,SUM,PRODUCT اجرا شد. در نهایت براساس تفسیر بصری و مدل ماتریس همبستگی فضایی[1]، روش همپوشانی Fuzzy SUM به عنوان بهترین خروجی نهایی انتخاب شد. با در نظر گرفتن تحلیل وضع موجود، خروجی داده‌ها تولید و نقشهٔ پهنه‌بندی مکان‌های مناسب برای استقرار مراکز امداد و نجات در زلزلهٔ نهاوند ارائه شد. در نهایت برای اعتبارسنجی لایه‌ها، ماتریس همبستگی تشکیل شد و ارتباط دوازده معیار این پژوهش با لایهٔ Fuzzy SUM مشخص شد.

نظریهٔ مجموعه‌های فازی، نظریه‌ای برای مدل کردن ابهام فرایندهای وابسته به دانش بشری است که تصمیم‌گیرنده می‌تواند آزادانه دامنهٔ مقادیر مورد نظر را انتخاب کند (جدول۲). قضاوت همراه با تردید و شک کارشناس را می‌توان با عدد فازی بیان کرد؛ بنابراین FAHP دامنه‌ای از مقادیر را برای بیان عدم قطعیت به‌کار می‌برد. در این روش، برای مقایسهٔ زوجی گزینه‌ها، از اعداد فازی و برای به‌دست آوردن وزن‌ها و برتری‌ها از روش میانگین هندسی استفاده می‌شود. در این روش شخص تصمیم‌گیرنده می‌تواند مقایسه‌های زوجی المان‌های هر سطح را در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان کند [۱۴] (جدول۱).

1. Spatial Autocorrelation Matrix

جدول ۱. مقادیر مثلث‌بندی فازی – ای اچ پی (توضیح / به‌معنای خط کسری است) [۹]

برابر	کم	به‌نسبت زیاد	خیلی زیاد	کاملاً	عبارت
۱،۱،۱	۳/۲ ، ۱، ۳/۲	۵/۲، ۳، ۳/۲	۷/۲، ۳ ، ۵/۲	۹/۲، ۴ ، ۷/۲	مقادیر (عدد فازی مثلثی)

جدول ۲. گویه‌های کلامی برای مقایسه‌های زوجی به‌منظور بیان اهمیت [۱۴]

عدد AHP	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
متغیر زبانی	برابر	برتری خیلی کم	کمی برتر	برتر	خوب	به‌نسبت خوب	خیلی خوب	عالی	برتری مطلق
مقیاس عدد فازی	(۱،۱،۱)	(۱،۲،۳)	(۲،۳،۴)	(۳،۴،۵)	(۴،۵،۶)	(۵،۶،۷)	(۶،۷،۸)	(۷،۸،۹)	(۸،۹،۱۰)

در این مقاله، ابتدا ماتریس مقایسهٔ زوجی فازی برای متغیرها تهیه و سپس المان‌های تابع مثلثی مطابق روش چانگ با استفاده از نرم‌افزار fuzzy-AHP Solver محاسبه شد.

داده‌ها و بحث

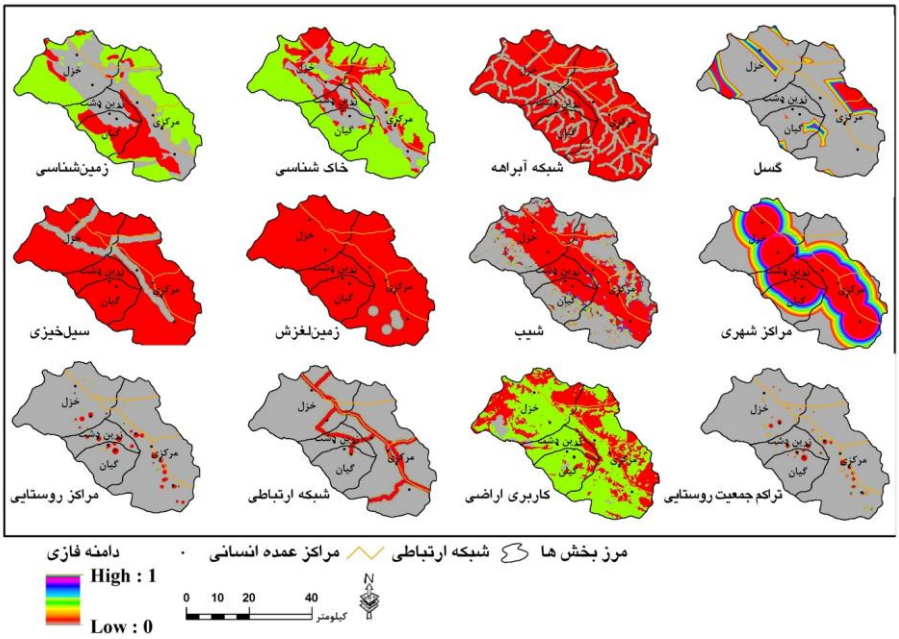
توزیع بهینهٔ مراکز امداد و نجات در زلزله براساس ضوابط و استانداردها دارای اهمیت اساسی است، زیرا توزیع بهینه و مطلوب محل استقرار مراکز امداد و نجات در زلزله با در نظر گرفتن همهٔ معیارهای مؤثر در مکان‌یابی، تأثیر مستقیم در مصونیت این مراکز، کاهش مرگ‌ومیر، نجات و امدادرسانی حداکثری مصدومان ناشی از زلزله و پوشش حداکثری مناطق مسکونی دارد. بر این اساس، ابتدا هر یک از لایه‌های مؤثر در مکان‌یابی مراکز امداد و نجات در محیط ArcGIS به لایه‌های رستری تبدیل شد (شکل ۵). بعد از بررسی ۱۲ معیار مشخص‌شده در دو گروه طبیعی و انسانی و تلفیق و طبقه‌بندی آنها و همچنین تعیین شعاع عملکردی با استفاده از مدل Fuzzy و روش سلسله‌مراتبی AHP وزن هر لایه به‌دست آمد. سپس با استفاده از مدل Fuzzy SUM لایه‌های وزن‌دهی‌شده، با هم تلفیق و مکان مستعد برای استقرار مراکز امداد و نجات در زلزلهٔ احتمالی شهرستان نهاوند مشخص شد.

برای نقشهٔ مراکز شهری، مراکز روستایی، شبکهٔ ارتباطی و جمعیت روستاها برحسب فاصلهٔ اقلیدسی (دامنهٔ عددی) به‌دلیل سازگاری با کمترین فاصله، و برای نقشه‌های فاصله از گسل، شبکهٔ آبراهه، سیل‌خیزی هم برحسب ناسازگاری بیشترین فاصله با مشورت خبرگان و کارشناسان لایه‌ها به نقشه‌های رستری تبدیل شدند. بعد از ارزش‌گذاری لایه‌های برداری، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، کدگذاری لایه‌ها بین ۱ تا ۶ برحسب ضریب اهمیت

هر لایه مشخص شد؛ به این معنا که ۱ کمترین اهمیت و ۶ بیشترین اهمیت را دارد سپس لایه‌های برداری به داده‌های رستری تبدیل شدند. شیب منطقه نیز بین صفر تا ۹۰ درصد مشخص شد. در خصوص شیب زمین، باید از استقرار مراکز امدادی در زمین‌های با پرشیب احتراز کرد. در این زمینه، شیب تا ۲۰ درصد برای انتخاب زمین مناسب به نظر می‌رسد. در نهایت برای هر لایه نقشهٔ رستری مربوط ارائه شد (جدول۳ و شکل ۵).

جدول ۳. معرفی لایه‌های استفاده‌شده و تعریف توابع و آستانهٔ فازی و وزن AHP

ردیف	وزن AHP	لایه	GIS	حد بالا و پایین	آستانهٔ فازی			تابع فازی	شمارهٔ نقشه
عوامل محیطی	۷	زمین‌شناسی	ویرایش بانک اطلاعاتی و تبدیل به رستر	۱ الی ۶	۲-۴		خطی	افزایشی	۱
	۳	خاک‌شناسی	ویرایش بانک اطلاعاتی و تبدیل به رستر	۱ الی ۶	۲-۳	b,c a		افزایشی	۲
	۴	شبکه آبراهه	فاصلهٔ اقلیدسی (به متر)	۰-۶۳۲۶	-۵۰۰ ۲۰۰		خطی		۳
	۷	گسل	فاصلهٔ اقلیدسی (به متر)	-۱۳۰۰۰ ۰	-۵۰۰۰ ۳۰۰۰		خطی	افزایشی	۴
	۶	سیل‌خیزی	فاصلهٔ اقلیدسی (به متر)	-۱۸۳۰۰ ۰	-۵۰۰ ۱۰۰۰		خطی	افزایشی	۵
	۵	زمین‌لغزش	فاصلهٔ اقلیدسی (به متر)	-۴۵۹۰۰ ۰	-۲۰۰۰ ۱۰۰۰		خطی	افزایشی	۶
	۷	شیب	طیف شیب به درصد	- ۱۰۰ ۰	- ۲۰ ۱۲	a,b,c b	خطی	افزایشی	۷
عوامل انسانی	۸	مراکز شهری	فاصلهٔ اقلیدسی (به متر)	-۲۳۲۰۰ ۰	-۱۰۰۰۰ ۵۰۰۰		خطی	کاهشی	۸
	۷	مراکز روستایی	فاصلهٔ اقلیدسی (به متر)	۰-۸۲۰۰	-۳۰۰۰ ۱۰۰۰	a,b,c b	خطی	کاهشی	۹
	۹	شبکه ارتباطی	فاصلهٔ اقلیدسی (به متر)	-۲۲۰۰۰ ۰	-۱۰۰۰ ۵۰۰		خطی	کاهشی	۱۰
	۶	کاربری اراضی	ویرایش بانک اطلاعاتی و تبدیل به رستر	۱ الی ۶	۲-۴	b,c,d a	خطی	افزایشی	۱۱
	۹	جمعیت روستاها	تابع تراکم کرنل (KDE)	۰-۵۲۸۰	-۱۰۰۰ ۵۰۰		خطی	افزایشی	۱۲



شکل ۵. نقشه‌های فازی معیارهای استفاده‌شده در مکان‌یابی مراکز امداد و نجات شهرستان نهاوند

برای تعیین عوامل و معیارهای مؤثر در مکان‌یابی مراکز امـداد و نجـات و میزان اهمیت این معیارها نسبت به هم نیز از کتاب‌ها، گزارش‌ها و مطالعات انجام‌گرفتـه در این زمینه و همچنین نظر مسئولان و متخصصان استفاده شد که حاصل آن معیارهـایی است که در ماتریس مقایسـهٔ زوجی در جدول ۴ به‌دسـت مـی‌آیـد. در ایـن جـدول جمعیـت روسـتاها بیشـترین اهمیـت، و خاک‌شناسی کمترین اهمیت را در بین معیارها دارند.

قبل از فازی کردن لایه‌ها باید جدول مقایسه‌های زوجی فازی مشخص شود. برای ایـن کـار اوزان لایهٔ AHP به‌دست آمد. از این‌رو در نرم‌افزار solver AHP Fuzzy همهٔ لایه‌هـا و وزن‌هـای AHP برای ساخت ماتریس تعریف شده و سپس وزن هر معیار براساس Fuzzy چانگ استاندارد شد (جدول ۴). یکی از معایب Fuzzy چانگ این است که بعضی از لایه‌ها را صفر مـی‌کنـد کـه برای رفع این اشکال برخی از لایه‌ها براساس عدد کسری و بعضی با عدد صحیح حساب شد تـا صفر نشود. در نهایت جدول مقایسه‌های فازی مشخص شد و برای همهٔ لایه‌ها مجمـوع وزن‌هـا، وزن نرمال‌شده و وزن نرمال‌نشده تعیین شد. از وزن‌های نرمال‌شده به‌دلیل اینکه مجموع وزن‌ها ۱ می‌شود، استفاده شد (جدول ۵).

جدول ۴. ماتریس مقایسه‌های زوجی مدل FAHP

ماتریس معیارها	زمین‌شناسی	خاک‌شناسی	شبکه آبراهه	گسل	سیل‌خیزی	زمین‌لغزش	شیب	مراکز شهری	مراکز روستایی	شبکه ارتباطی	کاربری اراضی	جمعیت روستاها
زمین‌شناسی	(۱،۱،۱)	(۱،۳،۵)	(۰/۲۰،۰/۳۳،۱)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۳،۵،۷)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۶،۸،۱۰)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۷،۹،۱۱)
خاک‌شناسی	(۱،۲،۳/۱)	(۱،۱،۱)	(۱،۳،۵)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۴،۶،۸)	(۰/۱۴،۰/۲۰،۰/۳۳)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۰،۰/۱۲،۰/۱۷)	(۵،۷،۹)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۴،۶،۸)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)
شبکه آبراهه	(۱،۳،۵)	(۰/۲۰،۰/۳۳،۱)	(۱،۱،۱)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۳،۵،۷)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۶،۸،۱۰)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۷،۹،۱۱)
گسل	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۱،۱،۱)	(۴،۶،۸)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۰،۰/۱۲،۰/۱۷)	(۵،۷،۹)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۴،۶،۸)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)
سیل‌خیزی	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۴،۶،۸)	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)	(۳،۵،۷)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۰،۰/۱۲،۰/۱۷)	(۵،۷،۹)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۴،۶،۸)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)
زمین‌لغزش	(۰/۱۴،۰/۲۰،۰/۳۳)	(۳،۵،۷)	(۰/۱۴،۰/۲۰،۰/۳۳)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۰/۱۴،۰/۲۰،۰/۳۳)	(۱،۱،۱)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۶،۸،۱۰)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۷،۹،۱۱)
شیب	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)	(۰/۱۰،۰/۱۲،۰/۱۷)	(۵،۷،۹)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)
مراکز شهری	(۶،۸،۱۰)	(۰/۱۰،۰/۱۲،۰/۱۷)	(۶،۸،۱۰)	(۰/۱۰،۰/۱۲،۰/۱۷)	(۰/۱۰،۰/۱۲،۰/۱۷)	(۶،۸،۱۰)	(۰/۱۰،۰/۱۲،۰/۱۷)	(۱،۱،۱)	(۵،۷،۹)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)
مراکز روستایی	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۵،۷،۹)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۰/۱۱،۰/۱۴،۰/۲)	(۵،۷،۹)	(۵،۷،۹)	(۱،۱،۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)
شبکه ارتباطی	(۷،۹،۱۱)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۷،۹،۱۱)	(۷،۹،۱۱)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۱،۱،۱)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)
کاربری اراضی	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۴،۶،۸)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۴،۶،۸)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۴،۶،۸)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۴،۶،۸)	(۰/۱۲،۰/۱۷،۰/۲۵)	(۱،۱،۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)
جمعیت روستاها	(۷،۹،۱۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۷،۹،۱۱)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۷،۹،۱۱)	(۰/۹،۰/۱۱،۰/۱۴)	(۱،۱،۱)

جدول ۵. وزن معیارهای به‌دست‌آمدهٔ حاصل از مقایسه‌های زوجی مدل FAHP

نام لایه	زمین‌شناسی	خاک‌شناسی	شبکهٔ آبراهه	گسل	سیل‌خیزی	زمین‌لغزش	شیب	مراکز شهری	مراکز روستایی	شبکهٔ ارتباطی	کاربری اراضی	جمعیت روستاها
وزن نرمال‌نشده	۰/۸۹	۰/۶۲	۰/۸۹	۰/۷۱	۰/۹۳	۰/۶۴	۱/۰۰	۰/۷۹	۰/۹۸	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۹۶
وزن نرمال‌شده	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۹

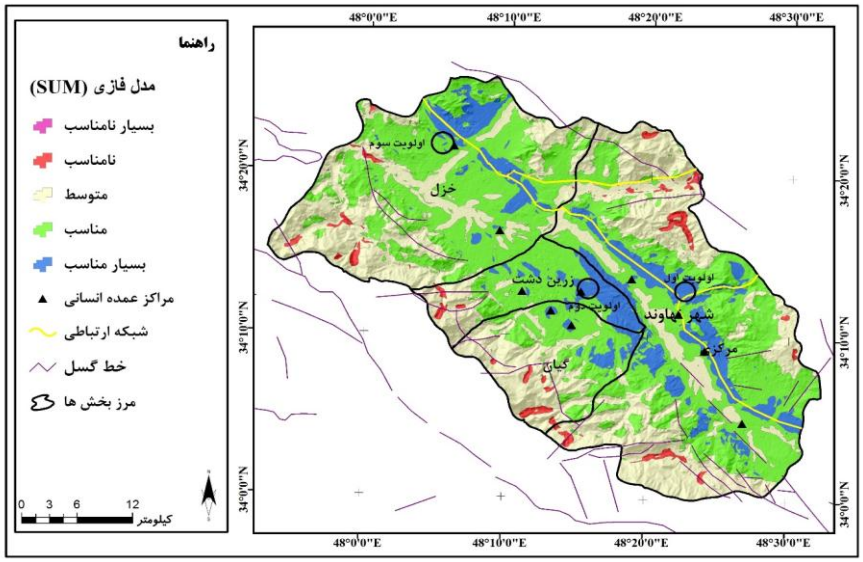
در این مرحله برای فازی کردن لایه‌ها وزن‌های نرمال‌شدهٔ AHP در هر لایه ضرب شد برای این کار لایه‌ها با فرمت گرید وارد محیط ArcGIS شد و در بخش Spatial Analyst Tools قسمت Map Algebra ابزار Raster calculator هر لایه در وزن مربوط به لایه ضرب شد. در پایان نقشه‌های فازی در دامنهٔ طیفی بین صفر و ۱ مشخص شدند. به این معنا که هرچه به‌سمت صفر باشد ارزش کمتر و ناسازگار با استقرار مراکز امداد و نجات است و هرچه به‌سمت ۱ باشد، سازگارند و ارزش بیشتری برای استقرار مراکز امداد و نجات دارند. در انتها پهنه‌بندی نقشه‌های فازی‌شدهٔ لایه‌ها براساس سازگاری و ناسازگاری نقشه‌های فازی استخراج شد.

پس از شناسایی معیارهای لازم منطقهٔ تحقیق برای مکان‌یابی مراکز امداد و نجات و به‌کارگیری آنها در مرحلهٔ تحلیل اطلاعات پس از تعیین دامنهٔ عددی (حریم) هر معیار با توجه به سازگاری و ناسازگاری، داده‌های برداری به رستر تبدیل شدند. با توجه به ماهیت تحقیق و حوزهٔ مطالعاتی آن (مخاطرات محیطی) با تلفیقی از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و امکانات AHP و مدل منطق فازی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و روش IDRISI Terrset برای خروجی نقشهٔ نهایی استقرار مراکز امداد و نجات در زلزلهٔ نهاوند بهره گرفته شد.

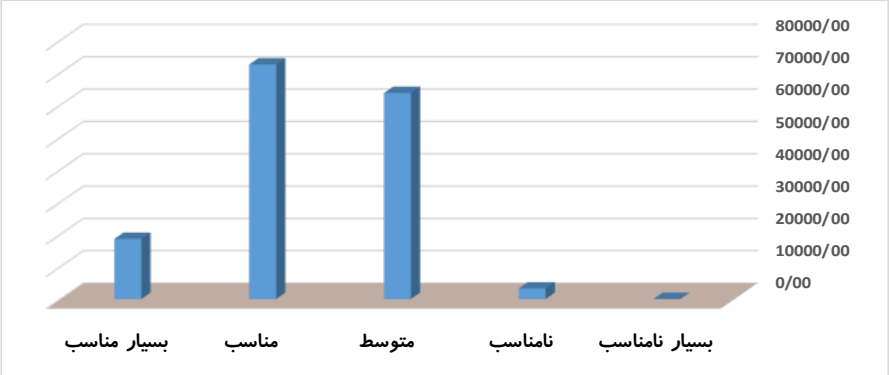
در این مرحله ابتدا لایه‌های اطلاعاتی که برای هر یک از معیارها تهیه شده بود با توجه به ضوابط مربوط به هر معیار، در محیط نرم‌افزار GIS آماده شد. سپس به‌دلیل یکسان نبودن لایه‌های اطلاعاتی در مکان‌یابی مراکز امدادرسانی، همهٔ لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نظر کارشناسان و برحسب اهمیت و اولویتشان وزن‌دهی شدند. در مرحلهٔ بعد وزن به‌دست‌آمده برای هر معیار در فرایند تحلیل شبکه‌ای AHP، در لایهٔ فازی‌شدهٔ مربوط به آن ضرب شد و ارزش نهایی پهنه‌ها به‌دست آمد. در نهایت از طریق نرم‌افزار Arc GIS بخش Spatial Analyst Tools قسمت Overly ابزار Fuzzy Overlay نقشهٔ فازی معیارها با هم ترکیب شد. خروجی نقشهٔ نهایی در پنج سطح نشان می‌دهد که پهنه‌های آبی برای استقرار مراکز امداد و نجات بسیار مناسب و پهنه‌های بنفش بسیار نامناسب است (شکل ۶).

برای انتخاب روش مناسب ادغام نقشه‌ها با همهٔ روش‌های Overly شامل OR، AND، SUM،

PRODUCT وGAMMA انجام گرفت که در خروجی مشاهده شد بعضی از نقشه‌ها کـاملاً صـفر یـا یک می‌شوند و مناسب مکان‌یابی نیستند؛ از این‌رو بهتـرین روشـی کـه نتیجـهٔ مناسـب را ارائـه داد، عملگر Fazzy sum بود که لایه‌ها همپوشـانی شـد. در نهایـت خروجـی عملگـر sum در نمـودار ۱ و مساحت هر پهنه در جدول ۶ برای استقرار مراکز امداد و نجات در زلزلهٔ نهاوند مشخص شد.



شکل ۶. نقشهٔ پهنه‌بندی مکان‌های استقرار مراکز امداد و نجات در شهرستان نهاوند



نمودار ۱. مساحت مناسبت پهنه‌های خروجی با عملگر Fuzzy sum؛ محور عمودی هکتار است.

جدول ۶. مساحت پهنه‌بندی‌های خروجی عملگر sum

درصد مساحت	مساحت برحسب کیلومترمربع	مناسب بودن پهنه‌ها
/۰۱	/۰۹	بسیار نامناسب
۲/۰۶	۳۲/۶۴	نامناسب
۴۰/۳۱	۶۳۷/۲۷	متوسط
۴۵/۸۷	۷۲۵/۲۵	مناسب
۱۱/۷۵	۱۸۵/۷۲	بسیار مناسب
۱۰۰	۱۵۸۰/۹۹	جمع کل

همان‌طور که در شکل ۶ دیده می‌شود، پهنه‌های این مراکز در امتداد طولی دشت دیده می‌شود و در هر چهار بخش این شهرستان پهنه‌های مناسب این مراکز وجود دارد. براساس جدول ۶ در حدود ۱۲ درصد از محدودهٔ این شهرستان، معادل ۱۸۶ کیلومتر مربع به لحاظ طبیعی و انسانی محدودهٔ بسیار مناسب است

در این مرحله برای مشخص شدن همبستگی نقشهٔ نهایی و خروجی روش SUM با نقشه‌ها و لایه‌های دیگر، برای اعتبارسنجی ماتریس همبستگی تشکیل شد. لایهٔ اول لایهٔ SUM است که ارتباطش با دیگر لایه‌ها مشخص شد. بین همهٔ لایه‌ها ارتباط وجود دارد، به‌طوری که با کاربری اراضی بیشترین، و با زمین‌لغزش و سیل‌خیزی کمترین همبستگی وجود دارد (جدول ۷) که این موضوع می‌تواند صحت مدل به‌کاررفته را نشان دهد.

جدول ۷. ماتریس همبستگی لایهٔ FAHP-SUM با معیارها و همبستگی معیارها با یکدیگر

نام لایه‌ها	نقشه FAHP_SUM	زمین‌شناسی	خاک‌شناسی	شبکهٔ آبراهه	گسل	سیل‌خیزی	زمین‌لغزش	شیب	مراکز شهری	مراکز روستایی	شبکهٔ ارتباطی	کاربری اراضی	جمعیت روستاها
نقشه FAHP_SUM	۱/۰۰	۰/۶۳	۰/۴۸	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۰۰	-۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۴۶	۰/۵۴	۰/۶۱	۰/۱۳
زمین‌شناسی	۰/۶۳	۱/۰۰	۰/۲۸	-۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۰	-۰/۵۱	-۰/۲۹	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۵۱	۰/۶۰	-۰/۱۲
خاک‌شناسی	۰/۴۸	۰/۲۸	۱/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۸	-۰/۱۱	-۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۲۹	۰/۰۴
شبکهٔ آبراهه	۰/۳۱	-۰/۱۳	۰/۰۱	۱/۰۰	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۲۴	-۰/۰۵	۰/۰۸	-۰/۱۷	-۰/۰۸	۰/۱۰
گسل	۰/۳۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۱	۱/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۷	-۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۱۱	-۰/۰۶	۰/۱۸
سیل‌خیزی	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۳	۱/۰۰	-۰/۱۲	-۰/۰۳	-۰/۰۴	۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۵	۰/۰۳
زمین‌لغزش	-۰/۱۱	-۰/۵۱	-۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۰۶	-۰/۱۲	۱/۰۰	۰/۲۷	-۰/۱۵	-۰/۲۲	-۰/۲۳	-۰/۳۲	۰/۰۸
شیب	۰/۱۵	-۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۰۷	-۰/۰۳	۰/۲۷	۱/۰۰	-۰/۰۷	-۰/۰۵	-۰/۲۵	-۰/۱۲	۰/۰۴
مراکز شهری	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۷	-۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۱۵	-۰/۰۷	۱/۰۰	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۱۶	-۰/۱۶
مراکز روستایی	۰/۴۶	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۸	-۰/۲۲	-۰/۰۵	۰/۰۳	۱/۰۰	۰/۱۱	۰/۳۸	۰/۰۵
شبکهٔ ارتباطی	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۱۷	-۰/۱۷	۰/۱۱	-۰/۰۸	-۰/۲۳	-۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۱	۱/۰۰	۰/۳۰	-۰/۰۸
کاربری اراضی	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۲۹	-۰/۰۸	-۰/۰۶	-۰/۰۵	-۰/۳۲	-۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۳۸	۰/۳۰	۱/۰۰	-۰/۱۶
جمعیت روستاها	۰/۱۳	-۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۴	-۰/۱۶	۰/۰۵	-۰/۰۸	-۰/۱۶	۱/۰۰

نتیجه‌گیری

شهرستان نهاوند بخشی از رشته‌کوه چین‌خورده- رانده‌شدهٔ زاگرس است. با بررسی نقشهٔ گسل‌های استان همدان مشاهده می‌شود که تمرکز گسل‌های فعال در این شهرستان بیشتر از دیگر مناطق استان همدان است. از این‌رو تحقیق حاضر با در نظر گرفتن مراحل مدیریت بحران در شهرستان نهاوند سعی در پرداختن به موضوع مکان‌یابی فضاهای مناسب استقرار مراکز امداد و نجات در زمان مخاطرات طبیعی با تأکید بر زلزله داشت.

مکان‌یابی بهینهٔ مراکز، نیازمند شناسایی ضعف‌ها و تهدیدهای موجود در منطقه به‌عنوان چالشی در دستیابی به هدف تلقی می‌شود. از این‌رو با ارائهٔ معیارها و شاخص‌های مشخص و معین که حاصل تحقیقات علمی و هدفمند بود، براساس این رویکرد که چنین محیط‌هایی باید امن و به‌دور از محیط پرخطر با پوشش حداکثری باشند، به مکان‌یابی این مراکز پرداخته شد.

مکان‌یابی مراکز امداد و نجات با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و همچنین ارزیابی سلسله‌مراتبی AHP به‌صورت ترکیبی و مدل Fuzzy از طریق همپوشانی لایه‌های فازی براساس سازگاری و ناسازگاری لایه‌های ارزش‌گذاری‌شده و در پنج طیف رنگ بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب از ادغام نقشه‌های معیار استخراج و پهنه‌بندی شده است. یافته‌ها نشان داد که نزدیک به ۱۲ درصد از محدوده از قابلیت لازم برای ایجاد این مراکز برخوردار است. این مناطق در طول دشت نهاوند پراکنده‌اند و سراسر دشت را پوشش می‌دهند. این ویژگی برای مدیریت بحران در این محدوده که از پتانسیل زلزله‌خیزی زیادی برخوردار است اهمیت زیادی دارد، زیرا در صورت وقوع زمین‌لرزه، خدمات‌رسانی سریع به زلزله‌زدگان را میسر می‌کند و با برنامه‌ریزی اصولی و طراحی این مراکز می‌توان آثار این مخاطره را به حداقل رساند.

منابع

[۱]. اسمیت کیت (۱۳۹۰). *مخاطرات محیطی*، ترجمهٔ ابراهیم مقیمی و شاپورگودرزی نژاد، تهران: سمت.

[۲]. بافنده زنده، علیرضا؛ و محمودزاده، مرتضی (۱۳۸۶). «تدوین روشی جامع برای تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (با تأکید بر اصلاح ماتریس مقایسه‌های زوجی ناسازگار فازی)»، *نشریهٔ علوم مدیریت*، ش ۲.

[۳]. خان‌احمدی، مرضیه؛ مهدی عربی، وفایی‌نژاد، علیرضا؛ و رضاییان، هانی (۱۳۹۷). «مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از تلفیق منطق Fuzzy و AHP در محیط

GIS (مطالعهٔ موردی ناحیهٔ ۱ منطقهٔ ۱۰ تهران)»، *فصلنامهٔ اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، دورهٔ ۲۳، ش ۸۹، ص ۹۸-۸۸.

[۴]. رضاپور، رفعت (۱۳۸۵). کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، در مدیریت بحران سومین کنگره بین‌المللی بهداشت، درمان و مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه، تهران، سازمان بسیج جامعه پزشکی

[۵]. رضایی، محمدرضا؛ قائدرحمتی، صفر؛ و حسینی، سید مصطفی (۱۳۹۳). «مکان‌یابی مراکز امدادرسانی در شهر یزد با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای FUZZY و GIS»، *مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، دورهٔ ۴۶، ش ۱، ص ۲۹-۱۸.

[۶]. زند کریمی، سامان؛ و نیری، هادی (۱۳۹۴). «ارزیابی ملاحظات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی مؤثر در مکان‌یابی اماکن انتظامی»، *دفتر تحقیقات کاربردی فرماندهی انتظامی استان کردستان*، ص ۲.

[۷]. سعیدیان، بهرام؛ مسگری، محمدسعید؛ و قدوسی، مصطفی (۱۳۹۳). «بهینه‌سازی تخصیص مراکز امداد و موقت پس از وقوع زلزله و تخصیص بلوک‌های شهری به این مراکز با استفاده از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک»، ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران، مشهد، ایران، ص ۸۸-۶۲.

[۸]. شیرمرد، حجت؛ بحرودی؛ عباس؛ و عادلی، امیر (۱۳۹۴). «روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در سامانهٔ اطلاعات مکانی به‌منظور تعیین نقاط بهینهٔ حفاری در کانسار مس پرفیری نیسیان)»، *فصلنامهٔ علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، دورهٔ ۲۴، ش ۹۳.

[۹]. طالقانی، محمد؛ شاهرودی، کامبیز؛ و صانعی، فرزانه (۱۳۹۱). مقایسهٔ تطبیقی AHP و AHPفازی در رتبه‌بندی ترجیحات خرید (مورد مطالعه: صنعت لوازم خانگی)، *مجلهٔ تحقیق در عملیات و کاربردهای آن*، سال نهم، شمارهٔ اول (پیاپی ۳۲)، ص ۹۱-۸۱.

[۱۰]. عابدینی، موسی؛ و فتحی، محمدحسین (۱۳۹۳). پهنه‌بندی حساسیت خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضهٔ آبخیز خلخال‌چای با استفاده از مدل‌های چندمعیاره، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دوم، ش ۴، ص ۸۵-۷۱.

[۱۱]. عبدالهی مجید (۱۳۸۳). *مدیریت بحران در نواحی شهری (سیل و زلزله)*، تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور.

[۱۲]. عزیزی، محمدمهدی (۱۳۸۲). *تراکم در شهرسازی، اصول و معیارهای تعیین تراکم شهری*. تهران: دانشگاه تهران.

[۱۳]. عسگری، علی؛ رخشانی، پدرام؛ و اسمعیلی اکبر (۱۳۹۱). *کاربرد GIS در مدیریت بحران*، تهران: سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور (راهدان).

[۱۴]. عیسوی، وحید؛ کرمی، جلال؛ علی‌محمدی، عباس و نیک‌نژاد، سید علی (۱۳۹۱). «مقایسهٔ دو روش تصمیم‌گیری AHP و AHP-Fuzzy در مکان‌یابی اولیهٔ سدهای زیرزمینی در منطقهٔ طالقان»، *مجلهٔ علمی پژوهشی علوم زمین*، سال ۲۲، ش ۸۵، ص ۳۴-۲۷.

[۱۵]. کیانی، سجاد؛ و فتوحی، صمد (۱۳۹۵). «بررسی توان لرزه‌خیزی گسل‌های نهاوند»، *فصلنامهٔ بین‌المللی پژوهشی تحلیلی زمین پویا*، ش۱۴، ص ۱۲۷- ۱۲۴.

[۱۶]. محمدی سلیمانی، محمدرضا؛ دلاور، علی؛ درتاج، فریبرز؛ صالح صدق‌پور، بهرام؛ و سنجری، شهرزاد (۱۳۹۳). «ارائهٔ مدلی برای انتخاب مدیران بخش صنعت سازمان‌های صنعت، معدن و تجارت با استفاده از ای اچ پی فازی»، *فصلنامهٔ اندازه‌گیری تربیتی*، سال ۵، ش۸۱.

[۱۷]. محمدی، عسل؛ و زبردست، اسفندیار (۱۳۸۴). «مکان‌یابی مراکز امداد و نجات (در شرایط وقوع زلزله) با استفاده از GIS و ارزیابی چندمعیاره AHP»، *نشریهٔ هنرهای زیبا*، ش ۲۱، ص ۱۶-۵.

[۱۸]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۸۹). *ژئومورفولوژی ایران*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۱۹]. مهندسان مشاور تدبیر شهر (۱۳۹۰). *طرح بازنگری توسعه و عمران (جامع) شهر نهاوند*، ادارهٔ کل راه و شهرسازی استان همدان، ج اول.

[۲۰]. ناطق الهی، فریبرز (۱۳۷۹). *مدیریت بحران زمین‌لرزهٔ ابرشهرها با رویکرد به برنامهٔ مدیریت بحران شهر تهران*، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

[۲۱]. هاشمی‌نیا، سودابه؛ رضایی کلانتری، پروین؛ و منانی، سیده فائزه (۱۳۹۴). «مکان‌یابی ایستگاه‌های امدادرسانی شهر ساری، اولین کنگرهٔ علمی پژوهشی افق‌های نوین در حوزهٔ مهندسی عمران معماری»، *فرهنگ و مدیریت شهری ایران*، ص ۹۲-۷۴.

[22]. Berberian, M. (1995). Master blind thrust fault hidden under the zagros folds: active basement tectonics andsurface morphotectonics, Tectonophysics, p 241.

[23]. Taibi, Aissa, & Atmani, Baghdad(2017). Combining Fuzzy AHP with GIS and Decision Rules for Industrial Site Selection, International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, Vol. 4, No. 6.

[24]. Tchalenko, J.S. & Braud, J. (1974). Seismicity and structure of Zagros (Iran)-the main recent fault between 33 and 35° N. Philosophical transactions of the Royal Society of London,p 277,pp: 1-25.