پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان سمیرم)

مجتبی رحیمی‌شهید*[۱] و نیما رحیمی[۲]

۱- سازمان نظام مهندسی معدن استان اصفهان

۲- دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه تهران، تهران

نویسنده مسئول: *Mr619htt@gmail.com* *

دریافت: ۹۵/۱/۲۰ پذیرش: ۹۶/۷/۱۶

چکیده

زمین‌لرزه از جمله بلایای طبیعی به شمار می‌رود که هرساله خسارت جانی و مالی بسیاری را به همراه دارد. امروزه با پیشرفت علم و فنّاوری، زمینه‌های مناسبی برای شناخت و کاهش این خطرات طبیعی فراهم شده است. در این راستا می‌توان اطلاعات جغرافیایی را همگام با ابزار پشتیبانی تصمیم به‌منظور ارزیابی خطر زمین‌لرزه بکار برد. این پژوهش به‌منظور بررسی میزان تأثیر عوامل مختلف در ایجاد پدیده زمین‌لرزه و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لرزه در بخش مرکزی شهرستان سمیرم انجام گرفت. برای رسیدن به این هدف با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی عوامل مورد بررسی به‌صورت زوجی مقایسه و وزن هر یک از عوامل که مبین میزان تأثیر آن‌ها است محاسبه شده است. با توجه به مقادیر کمی وزن هر یک از عوامل، نقشه وزنی هر عامل تهیه و در نهایت اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با استفاده از لایه‌های وزنی و ضریب وزنی مربوط به هر یک از عوامل شده است. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این است که روش تحلیل سلسله مراتبی به دلیل استوار بودن بر مبنای مقایسه‌های زوجی موجب سهولت و دقت در انجام محاسبه‌های لازم و ارائه نتایج به دلیل دخالت دادن تعداد زیادی از عوامل در مقایسه با سایر روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه است. نتایج نشان داد که در مدل تحلیل سلسله مراتبی حدود ۴۹/۷۲ درصد حوضه در پهنه‌های با خطر بالا و خیلی بالا قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، زمین‌لرزه، شهرستان سمیرم، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی

۱- مقدمه

زمین‌لرزه‌ها همواره جزء مهم‌ترین مخاطرات طبیعی هستند که هر ساله تعداد زیادی از مردم جهان گرفتار آثار نامطلوب آن می‌شوند. جهت کاهش تلفات جانی و اقتصادی و تبعات اجتماعی آن‌ها ضروری است که بر اساس دانش کنونی و آخرین فناوری‌های قابل‌اعتماد از خطر وقوع زمین‌لرزه در نقاط مختلف، شناختی دقیق به دست آورد. گام اول و مهم در تجزیه‌وتحلیل خطر لرزه‌ای، راهبرد کاهش استقرار جمعیت در مناطق پرخطر است [۱۴]. آنچه حائز اهمیت است، وضعیت اسفبار شهرها و کلان‌شهرهایی است که بر روی خطوط گسل یا در مجاورت آن‌ها ساخته شده‌اند و در معرض خطر زمین‌لرزه قرار دارند. هر چند پیش‌بینی دقیق این مخاطره‌ی بزرگ طبیعی به‌صورت ۱۰۰ درصد ممکن نیست، ولی تعیین احتمالی مکان رخداد این پدیده امکان‌پذیر است. تلاش دانشمندان این علم در مسیر تحقق این هدف ادامه دارد. یکی از عمده‌ترین فعالیت‌ها در راستای کاهش خطرات ناشی از زمین‌لرزه و افزایش ایمنی عمومی، مطالعه‌های پهنه‌بندی لرزه‌ای مناطق شهری و روستایی است که بایستی در مقیاس مناسب و مطلوب صورت پذیرد. پهنه‌بندی لرزه‌ای در تعیین کاربری شهری، جابه‌جایی سازه‌های مهم و تأسیسات و شریان‌های حیاتی شهری، طراحی و اجرای سازه‌ها، مدیریت بحران در حین وقوع زمین‌لرزه و نظایر آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دهه‌های اخیر پژوهشگران زیادی از تلفیق مدل‌های چند معیاره (*MCDM*[۱]) با تکنیک سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (*GIS*[۲]) جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه، بهره جسته‌اند که از آن جمله می‌توان به این مطالعات اشاره کرد [۱، ۲، ۴، ۵، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱]. روش تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*[۳]) از شناخته‌شده‌ترین و

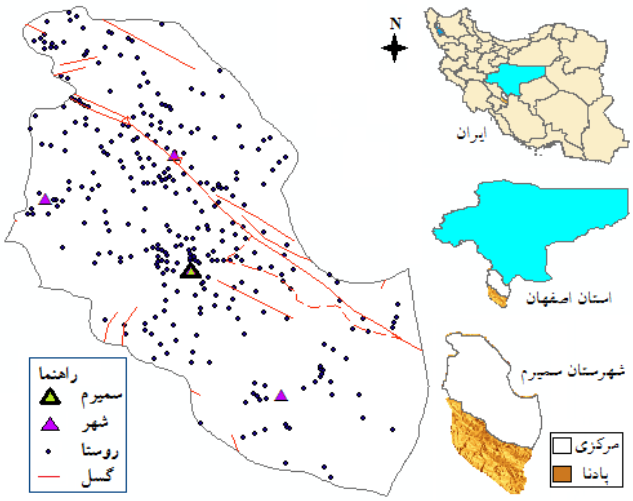
[1]. *Multiple Criteria Decision Making*
[2]. *Geographical Information System*
[3]. *Analytical Hierarchy Process*

متداول‌ترین مدل‌های چند معیاری می‌باشد [۱۰]. با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عوامل مؤثر در پهنه‌بندی زمین‌لرزه به طرز منطقی وزن‌دهی می‌شود و عوامل برحسب اهمیت، اولویت‌بندی می‌شوند و از طرفی امتیازدهی کلاس‌های مختلف هر عامل ساده است و مراحل کار را می‌توان چندین بار تکرار کرد تا به نتیجه‌ی مطلوب دست یافت و در نهایت عوامل زیادی در مدلی که به دست می‌آید، مؤثر هستند که این سبب افزایش دقت کار می‌شود. از دیگر مزایای این مدل امکان انجام مقایسه‌ی زوجی عوامل مؤثر با استفاده از روش مقایسه‌ی زوجی است که اعمال مدل نهایی در واحدهای همگن به طرز ساده‌تری انجام می‌گیرد. توابع تحلیلی سامانه اطلاعات جغرافیایی دارای توان بالایی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه می‌باشد که شناخت پهنه‌های خطر سبب حفظ سرمایه‌های انسانی و در درجه‌ی دوم منابع مالی می‌شود [۳]. در ارتباط با موضوع پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه تاکنون پژوهش‌های زیادی در سطح جهان و کشور ایران صورت گرفته است، ولی تابه‌حال در بخش مرکزی شهرستان سمیرم مطالعه‌ی جامعی صورت نگرفته است. هدف از پژوهش حاضر، پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه بخش مرکزی شهرستان سمیرم با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی است. انتخاب معیارها، تهیه لایه‌های رقومی عوامل، وزن دهی عوامل، هم‌پوشانی لایه‌ها و تهیه‌ی نقشه پهنه‌بندی از محورهای اصلی این پژوهش می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان سمیرم در جنوب‌باختری استان اصفهان با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۸ دقیقه طول‌خاوری و ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۱ دقیقه عرض‌شمالی، در مجاورت سه استان چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و فارس واقع شده است. این شهرستان از شمال به شهرضا، از خاور به آباده و اقلید و از جنوب‌باختری و باختر با مرز طبیعی رشته‌کوه‌های دنا به استان کهگیلویه و بویراحمد، از باختر به بروجن و لردگان (چهارمحال و بختیاری) محدود می‌شود. شهرستان سمیرم به‌طور عمده به دو بخش مرکزی و پادنا تقسیم می‌گردد که منطقه مورد بررسی در این مطالعه بخش مرکزی آن می‌باشد (شکل ۱).

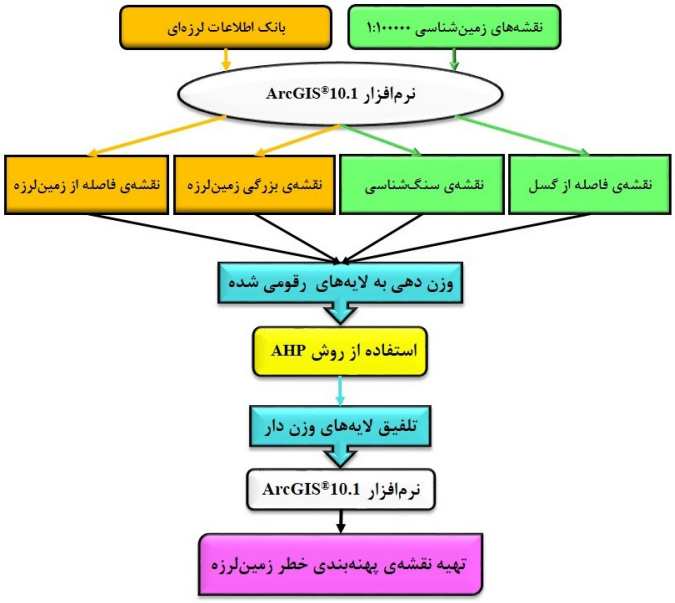


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲- روش پژوهش

در این پژوهش جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در بخش مرکزی شهرستان سمیرم داده‌های مورد نیاز به شیوه‌ی کتابخانه‌ای گردآوری شدند. موادی که در این پژوهش به کار گرفته شد، مشتمل بر معیارهای فاصله از خطوط گسل، بزرگی زمین‌لرزه، فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه و سنگ‌شناسی است که جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه به کار گرفته شدند. از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ برای تهیه نقشه‌های فاصله از گسل و سنگ‌شناسی استفاده شد. برای تهیه‌ی نقشه‌ی بزرگی

(*M*) و فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه‌ها، از بولتن (*Bulletin*) موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران استفاده شد [۱۳] و اطلاعات زمین‌لرزه‌ها در محیط نرم‌افزار *ArcGIS®10.1* به یک فایل برداری تبدیل گردید. سپس با استفاده از تابع *Inter polation* از طریق عمل درون‌یابی به روش کریجینگ (*Kriging*) نقشه‌ی بزرگی زمین‌لرزه‌ها تهیه شد. هم‌چنین برای تهیه‌ی نقشه‌های فاصله از گسل و فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه، در محیط نرم‌افزار *ArcGIS®10.1* و از اعمال تابع *Distance* استفاده شده است. تمامی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نرم‌افزار *ArcGIS®10.1* رقومی شدند. با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، وزن هر معیار و رده‌های آن معیار تعیین شد. در نهایت تلفیق لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دار در محیط نرم‌افزار *ArcGIS®10.1* و با استفاده از روش *Raster Calculator* انجام شد. در شکل (۲) خلاصه‌ای از روند انجام پژوهش نمایش داده شده است.



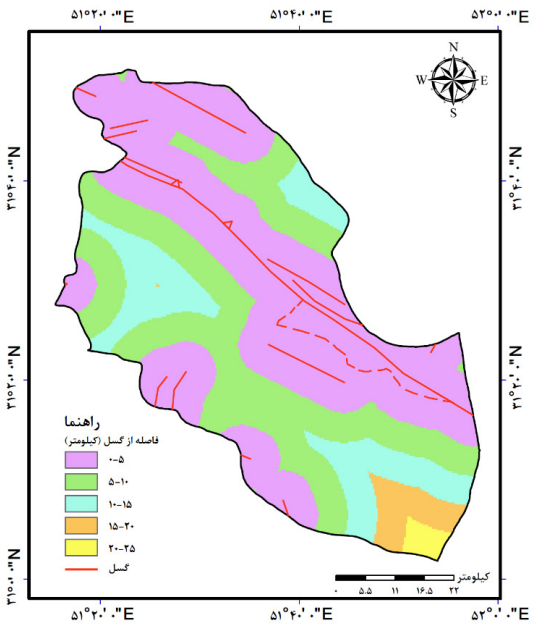
شکل ۲. روش کار در این پژوهش

اولین گام در پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه ایجاد پایگاه داده و گردآوری داده‌های مورد نیاز است. در این پژوهش ۴ عامل مؤثر در خطر زمین‌لرزه در منطقه پرداخته شده است. این عوامل عبارت‌اند از: فاصله از گسل، بزرگی زمین‌لرزه، فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه و سنگ‌شناسی. در زیر به بررسی هر یک از این عوامل در منطقه و نقش آن در خطر زمین‌لرزه پرداخته شده است.

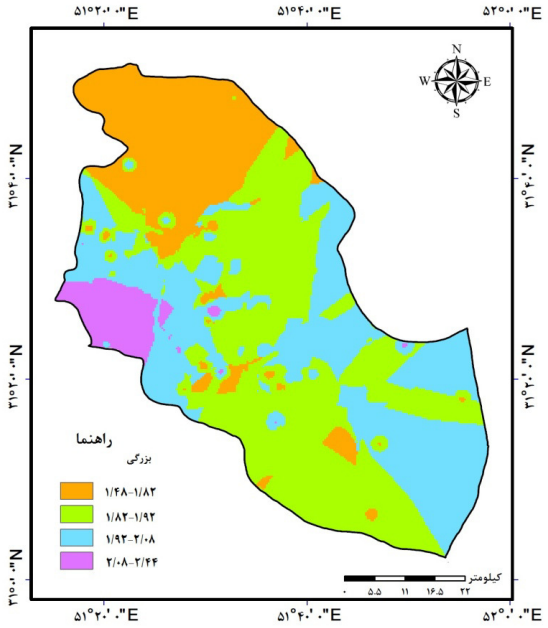
– **فاصله از گسل:** گسل‌ها به‌عنوان چشمه‌های لرزه‌ای، از جمله اصلی‌ترین عوامل در جابه‌جایی‌های صفحه‌ای و خروج نیرو محسوب می‌شوند؛ بنابراین، دور شدن از گسل‌ها می‌تواند به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل در زمینه‌ی لرزه‌خیزی باشد. در این پژوهش پس از تعیین موقعیت گسل‌ها، نقشه‌ی رقومی فاصله از گسل‌ها به ۵ رده تقسیم شد (شکل ۳).

– **بزرگی زمین‌لرزه:** از عوامل بسیار مهم در ارزیابی خطر زمین‌لرزه، بزرگی زمین‌لرزه می‌باشد که بر اساس دامنه‌ی امواج ثبت‌شده در دستگاه‌های لرزه‌نگار تعیین می‌شود. به‌طورکلی با افزایش بزرگی زمین‌لرزه خطر ناشی از زمین‌لرزه افزایش می‌یابد. پس از تهیه‌ی اطلاعات لرزه‌ای منطقه مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار *ArcGIS®10.1* و استفاده از روش کریجینگ، نقشه طبقه‌بندی‌شده بزرگی زمین‌لرزه در ۴ رده تهیه شد (شکل ۴).

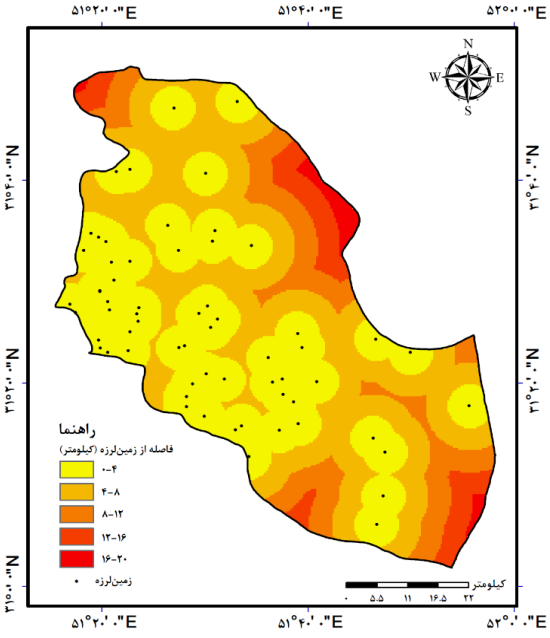
– **فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه:** نقشه فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه‌ها با درون‌یابی به روش کریجینگ و در ۵ رده در محیط نرم‌افزار *ArcGIS®10.1* تهیه گردید. در شکل (۵) نقشه طبقه‌بندی شده فاصله از زمین‌لرزه نمایش داده شده است.



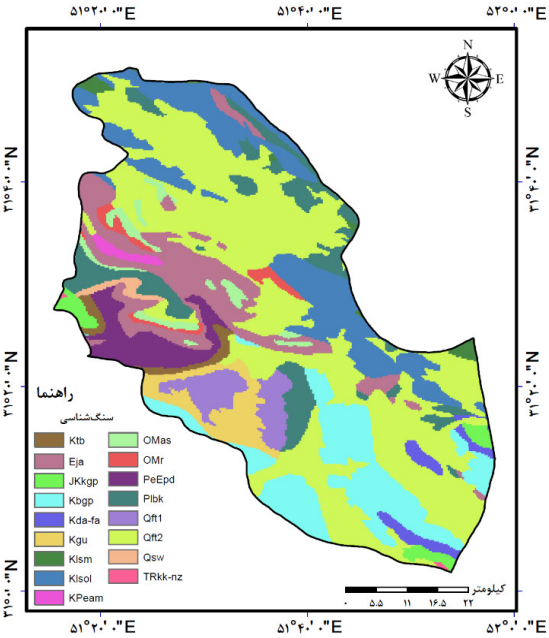
شکل ۳. نقشه‌ی طبقه‌بندی‌شده فاصله از گسل



شکل ۴. نقشه‌ی طبقه‌بندی‌شده بزرگی (*MN*) زمین‌لرزه



شکل ۵. نقشه‌ی طبقه‌بندی‌شده فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه (کیلومتر)



شکل ۶. نقشه‌ی طبقه‌بندی شده واحدهای سنگ‌شناسی

- **سنگ‌شناسی:** تنوع سنگ‌شناسی در سازندهای سنگی منطقه از دیدگاه لرزه‌خیزی حائز اهمیت است، زیرا که وجود کنگلومرا و ماسه‌سنگ سازند بختیاری و سنگ‌های کربناته‌ی سازندهای آسماری، تاربور، فهلیان و داریان با داشتن رفتاری شکننده و گسترش سازند شیلی گورپی، رازک، پابده و غیره با دارا بودن رفتاری شکل‌پذیر به ترتیب در افزایش و کاهش اثرات تخریبی زمین‌لرزه‌ها نقش اساسی دارند. شکل‌پذیری در سازند گورپی، رازک و پابده که با استهلاک انرژی زمین‌لرزه همراه است، شدت خطر ناشی از وقوع احتمالی زمین‌لرزه را کاهش می‌دهد. ولی سازندهای سخت همچون بختیاری، آسماری، تاربور، فهلیان و داریان به دلیل شکنندگی خود خسارت زیادی را به بار خواهند آورد. در شکل (۶) نقشه‌ی سنگ‌شناسی گستره مورد بررسی نمایش داده شده است.

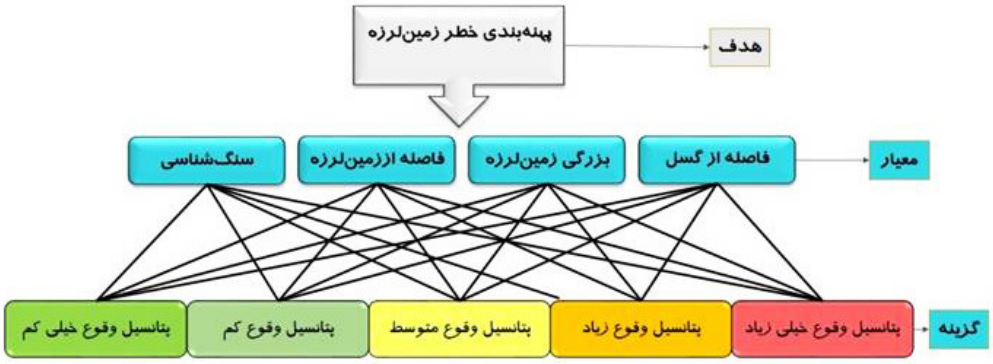
۳- بحث

پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه از اقدام‌های مفید جهت کاستن از شدت خسارت ناشی از زمین‌لرزه به‌حساب می‌آید، زیرا بدین‌وسیله می‌توان استفاده از مناطق پرخطر را محدود ساخت و از احداث برخی بناها در این محدوده‌ها جلوگیری به عمل آورد. با مشخص کردن پهنه‌های خطر در شهر می‌توان در مورد استقرار شریان‌های حیاتی در مناطق کم‌خطر تصمیم گرفت.

مدل تحلیل سلسله مراتبی برای اولین بار به وسیله توماس ال ساعتی در دهه‌ی ۱۹۸۰ ابداع شد [۱۵]. اساس روش تصمیم‌گیری بر مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده است [۷]. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شامل سه عنصر هدف، تعدادی معیار و گزینه است. برای رسیدن به هدف به تعدادی معیار مؤثر امتیاز داده می‌شود و وزن نسبی و وزن نهایی معیارها مشخص می‌گردد [۶]. مراحل اصلی تحلیل سلسله مراتبی جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه بخش مرکزی شهرستان سمیرم شامل ساختن سلسله مراتب، تعیین ضریب اهمیت معیارها، تهیه‌ی ماتریس مقایسه‌ی زوجی، تعیین وزن معیارها و رده‌های معیارها و محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری می‌باشد.

۳-۱- ساختن سلسله مراتب

ساختار سلسله مراتبی مربوط به موضوع مورد بررسی در شکل (۷) ارائه شده است. در این شکل یک سلسله مراتب ۳ سطحی شامل هدف، معیار و گزینه ارائه شده است. تبدیل موضوع مورد بررسی به یک ساختار سلسله مراتبی مهم‌ترین قسمت تحلیل سلسله مراتبی محسوب می‌شود، زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مسائل پیچیده را از طریق تجزیه آن به عناصر جزئی که به‌صورت سلسله مراتب به هم مرتبط بوده و ارتباط هدف اصلی مسئله با پایین‌ترین سطح سلسله مراتبی مشخص است، به شکل ساده‌تر در می‌آورد [۷].



شکل ۷. ساختن سلسله مراتب جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه گستره مورد بررسی

۳-۲- تعیین ضریب اهمیت معیارها

بعد از تجزیه مسئله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به‌صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس بر اساس میزان اهمیت، دو معیار ارزش‌گذاری می‌شوند. واژه‌ی غربال کردن که به وسیله ساعتی ارائه شده است بر اساس ارزیابی میزان اهمیت دو معیار استفاده می‌شود [۱۵] (جدول ۱).

۳-۳- تهیه ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی

در این مرحله با استفاده از روش مقایسه‌ی زوجی برای انجام مقایسه، ماتریسی به ابعاد ۴×۴ ایجاد شد و معیارهای مختلف دوبه‌دو با هم مقایسه گردید و مقادیر مربوط بر اساس غربال ساعتی اختصاص یافت (جدول ۲). برای محاسبه وزن هر معیار، میانگین هندسی هر سطر از ماتریس بر مجموع میانگین هندسی ستون‌ها تقسیم شد. همان‌گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود دو عامل فاصله از گسل و بزرگی زمین‌لرزه به ترتیب با داشتن وزن‌های ۰/۵۶۵ و ۰/۲۶۲ مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در خطر زمین‌لرزه در منطقه محسوب می‌شوند. به‌طور مشابه در جدول‌های (۳) تا (۶) مقادیر وزنی رده‌های ۴ عامل مؤثر در خطر زمین‌لرزه ارائه شده است.

جدول ۱. مقیاس قضاوت شفاهی برای مقایسه زوجی [۱۵]

اهمیت پارامترها نسبت به یکدیگر	*مقدار عددی*
اهمیت مساوی	۱
اهمیت به نسبت بیش‌تر	۳
اهمیت بیش‌تر	۵
خیلی مهم‌تر	۷
بسیار مهم‌تر	۹
اهمیت بین فواصل	۲، ۴، ۶ و ۸

جدول ۲. وزن‌دهی به معیارهای مؤثر در خطر زمین‌لرزه

معیارها	فاصله از گسل	بزرگی زمین‌لرزه	فاصله از زمین‌لرزه	سنگ‌شناسی	وزن
فاصله از گسل	۱	۳	۵	۷	۰/۵۶۵
بزرگی زمین‌لرزه	۰/۳۳۳	۱	۳	۵	۰/۲۶۲
فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۳	۰/۱۱۸
سنگ‌شناسی	۰/۱۴۳	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۰/۰۵۵

جدول ۳. وزن‌دهی بر اساس فاصله از خطوط گسل (کیلومتر)

فاصله از گسل	۰-۵	۵-۱۰	۱۰-۱۵	۱۵-۲۰	۲۰-۲۵
وزن	۰/۵۱۳	۰/۲۶۱	۰/۱۲۹	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳

جدول ۴. وزن‌دهی بر اساس بزرگی زمین‌لرزه (*MN*)

بزرگی زمین‌لرزه	۱/۴۸-۱/۸۲	۱/۸۲-۱/۹۲	۱/۹۲-۲/۰۸	۲/۰۸-۲/۴۴
وزن	۰/۰۵۵	۰/۱۱۸	۰/۲۶۲	۰/۵۶۵

جدول ۵. وزن‌دهی بر اساس فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه (کیلومتر)

فاصله از زمین‌لرزه	۰-۴	۴-۸	۸-۱۲	۱۲-۱۶	۱۶-۲۰
وزن	۰/۵۱۳	۰/۲۶۱	۰/۱۲۹	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳

۳-۴- بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

برای محاسبه نرخ ناسازگاری، ابتدا باید ماتریس مقایسه زوجی (A) در بردار وزن (W) ضرب گردد تا تخمین مناسبی از $\lambda_{max}W$ به دست آید به عبارتی $A\times W=\lambda_{max}$ W باشد. با تقسیم مقدار λ_{max} W بر W مربوطه مقدار λ_{max} محاسبه می‌شود. سپس مقدار شاخص ناسازگاری از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌گردد [۷]:

$$I.I.=\frac{\lambda max-n}{n-1}$$

نرخ ناسازگاری نیز از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$I.R.=\frac{I.I.}{I.I.R.}$$

که در آن مقدار $I.I.R.$ نیز از جدول (۷) استخراج می‌شود.

اگر نرخ ناسازگاری کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری سیستم قابل قبول است و اگر بیش‌تر از ۰/۱ باشد بهتر است تصمیم‌گیرنده در قضاوت‌های خود تجدیدنظر کند [۱۲]. به‌طورکلی نرخ ناسازگاری معیاری است جهت تشخیص معنی‌داری ماتریس‌های مقایسه زوجی که مقدار آن باید کم‌تر از ۰/۱ باشد. نرخ ناسازگاری برای ماتریس‌های عوامل مؤثر در خطر زمین‌لرزه بخش مرکزی شهرستان سمیرم به‌صورت جدول (۸) می‌باشد. نتایج بیانگر سازگاری ماتریس‌های عوامل مؤثر در پهنه‌بندی می‌باشد.

۳-۵- تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه

پس از تأیید معنی‌داری ماتریس‌های عوامل مؤثر در خطر زمین‌لرزه، وزن نهایی معیارها جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی منطقه به لایه‌های متناظر اعمال شد. جهت اعمال صحیح وزن‌های به‌دست‌آمده در محیط *ArcGIS®10.1* از روش *Raster Calculator* بهره گرفته شده است. نتایج حاصل به‌صورت شکل (۸) و جدول (۹) می‌باشد که نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه بخش مرکزی شهرستان سمیرم را نشان می‌دهد.

جدول ۶. وزن‌دهی بر اساس نوع واحدهای سنگ‌شناسی

واحد سنگ‌شناسی	*نام طبقه*	*وزن*
Qsw ،Qft2 ،Qft1	آبرفت	۰/۰۱۴
PeEpd	شیل و مارن با میان لایه‌های سنگ‌آهک رسی (سازند پابده)	۰/۰۱۷
OMr	مارن سیلتی با میان لایه‌های سنگ‌آهک سیلتی و ماسه‌سنگ (سازند رازک)	۰/۰۲۲
Kgu	مارن، شیل و لایه نازک آهک رسی (سازند گورپی)	۰/۰۲۸
Klsm	مارن، شیل، سنگ‌آهک ماسه‌ای و دولومیت ماسه‌ای	۰/۰۳۵
Kbgp	اساساً سنگ‌آهک و شیل (گروه بنگستان)	۰/۰۴۴
KPeam	سیلتستون، ماسه‌سنگ با کنگلومرای چرتی و سنگ‌آهک شیلی (سازند امیران)	۰/۰۵۵
TRkk-nz	دولومیت، شیل سبز و سنگ‌آهک رسی (سازند خامه کت و نیریز)	۰/۰۶۹
Eja	دولومیت (سازند جهرم)	۰/۰۸۷
Ktb *OMas*	سنگ‌آهک شیلی و رسی (سازند تاربور) سنگ‌آهک شیلی (سازند آسماری)	۰/۱۰۹
Kda-fa	سنگ‌آهک دارای مقدار ناچیز مارن (سازند فهلیان و داریان)	۰/۱۳۷
JKkgp *Klsol*	سنگ‌آهک سنگ‌آهک اوربیتولین‌دار	۰/۱۷۰
Plbk	کنگلومرا و ماسه‌سنگ (سازند بختیاری)	۰/۲۱۳

جدول ۷. مقادیر *I.I.R.* ماتریس‌های تصادفی

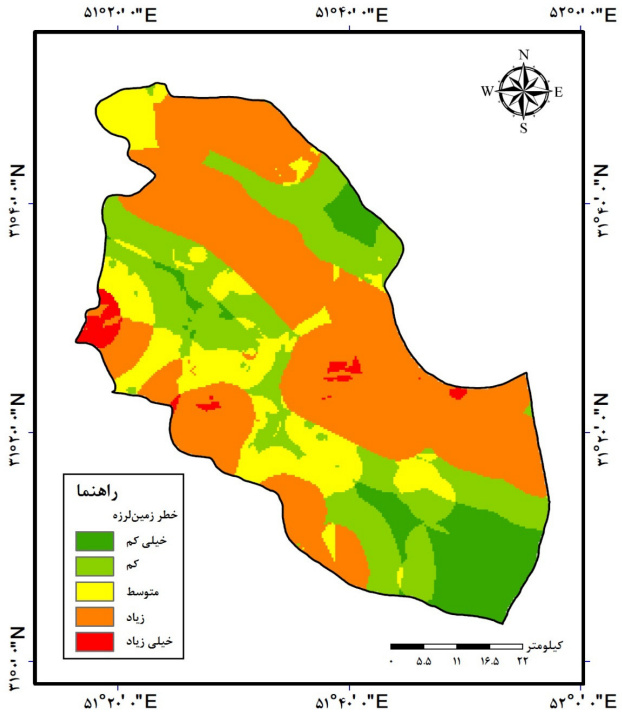
n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	...
I.I.R.	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	...

جدول ۸. نرخ ناسازگاری ماتریس‌های عوامل مؤثر در خطر زمین‌لرزه

ماتریس	*نرخ ناسازگاری*
فاصله از گسل	۰/۰۵
بزرگی زمین‌لرزه	۰/۰۴
فاصله از مرکز سطحی زمین‌لرزه	۰/۰۵
سنگ‌شناسی	۰/۰۲
معیارها	۰/۰۴

جدول ۹. درصد مساحت خطر زمین‌لرزه در گستره موردبررسی

خطر زمین‌لرزه	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
درصد مساحت	۱۰/۳۳	۲۴/۷۳	۱۵/۲۲	۴۶/۳۲	۳/۴



شکل ۸. نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در بخش مرکزی شهرستان سمیرم

۴- نتیجه‌گیری

تلفیق تکنیک سنجش‌ازدور و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*) برای برنامه‌ریزان این امکان را فراهم می‌سازد که با استفاده از توابع تجزیه‌وتحلیل معیارها و رتبه‌بندی تحلیل‌ها، مناسب‌ترین گزینه را که در این پژوهش پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه است، انتخاب نمایند. منطقه مورد بررسی بر اساس عوامل مؤثر بر خطر زمین‌لرزه در قالب لایه‌های مختلف اطلاعاتی پهنه‌بندی شد و در نهایت وقوع پهنه‌های خطر از خیلی کم تا خیلی زیاد مشخص گردید. یافته‌های حاصل از نقشه‌های پهنه‌بندی نشان می‌دهد که ۳/۴ درصد از منطقه مورد بررسی در معرض خطر خیلی زیاد قرار دارد. این نواحی بیش‌تر بخش باختری گستره مورد بررسی را دربر می‌گیرد. هم‌چنین ۴۶/۳۲ درصد از مساحت منطقه دارای خطر زیاد می‌باشد. در مجموع می‌توان بیان کرد که حدود ۴۹/۷۲ درصد از منطقه دارای خطر زمین‌لرزه بالا می‌باشد.

منابع

[۱] اسفندیاری درآباد، ف.، غفاری گیلانده، ع.، و لطفی، خ (۱۳۹۲) مدل‌سازی ضریب آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تاپسیس در محیط *GIS*. مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲، سال دوم، ۷۹-۴۳.

[۲] امیراحمدی، ا.، و آب‌باریکی، ز (۱۳۹۳) ریزپهنه‌بندی خطر زلزله شهر سبزوار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی *GIS*. مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳۵، سال دوازدهم، ۱۳۳-۱۵۲.

[۳] رحیمی‌شهید، م.، کارگران، ف.، و رحیمی، ن (۱۳۹۴) تهیه‌ی نقشه زون‌های لرزه‌ای گستره اصفهان با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، شماره ۴، سال ششم، ۴۷-۵۹.

[۴] رنگزن، ک.، کابلی‌زاده، م.، و منصورنعیمی، ا (۱۳۹۴) پهنه‌بندی خطرپذیری زلزله با استفاده از سیستم استنتاج فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، شماره ۲، سال ششم، ۱-۱۷.

[۵] شهابی، ه.، قلی‌زاده، م.ح.، و نیری، ه (۱۳۹۰) پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با روش تحلیل چند معیاره‌ی فضایی. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۲۱، سال نهم، ۶۵-۸۰.

[۶] فیروزیان، ع.، محمدیان، م.، و غفوریان، ه (۱۳۸۵) وزن دهی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر رضایت مشتریان در صنعت خودرو با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. نشریه فرهنگ مدیریت، شماره ۱۳، سال چهارم، ۳۷-۶۴.

[۷] قدسی‌پور، ح (۱۳۹۰) فرآیند تحلیل سلسله مراتبی *AHP*، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، ۲۲۴ ص.

[۸] قنبری، ا.، سالکی ملکی، م.ع.، و قاسمی، م (۱۳۹۲) پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهرها در مقابل خطر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهر تبریز). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۵، سال دوم، ۲۱-۳۵.

[۹] کریمی کردآبادی، م.، و نجفی، ا (۱۳۹۴) ارزیابی خطر زلزله با استفاده از مدل ترکیبی *FUZZY-AHP* در امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران). مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، شماره ۲۰، سال ششم، ۱۷-۳۴.

[۱۰] موسوی، س.م.، عابدینی، م.، و اسمعلی عوری، ا (۱۳۹۴) ارزیابی خطر زمین‌لرزه در حوزه‌ی شهری ایذه با استفاده از مدل‌های چند معیاری *WLC* و *AHP* در محیط *GIS*. دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۱، سال چهارم، ۹۳-۱۰۱.

[۱۱] هاشمی، م.، آل‌شیخ، ع.ا.، و ملک، م.ر (۱۳۹۳) پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زلزله به کمک *GIS* (مطالعه موردی شهر تهران). مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ویژه ۹۳، سال شانزدهم، ۳۴۹-۳۶۰.

[12] Dey, P.K., Ramcharan, E.K (2000) Analytic Hierarchy Process Helps Select Site for Limestone uarry Expansion in Barbados. Journal of Environmental Management, 88: 1384–1395.

[13] Iranian Seismological Center (ISC) (2016) Earthquake Data.

[14] Kolat, C., Ulusay, R., Lutfi Suzen, M (2012) Developmentof geotechnical micro zonation model forYenisehir (Bursa, Turkey) located at a seismically activeregion Original. Engineering Geology, 24: 36-53.

[15] Saaty, T (1980) The analytical hierarchical process: planning, priority setting resource allocation. New york, Mc Graw-Hill.

Earthquake hazard zoning using Analytical Hierarchy Process (AHP) and GIS techniques (Case study: central part of the Semirom city)

M. Rahimi Shahid[1*] and N. Rahimi[2]

1- Mining Engineering Organization of Isfahan province
2- Faculty of Earth Sciences, University of Tehran, Tehran

**Mr619htt@gmail.com*

Recieved: 2016/4/9 Accepted: 2017/10/8

Abstract

Natural hazards such as earthquake is as the nature disasters that have many financial and human losses every year. Today advances in science and technology, provided appropriate fields for the study and reduce these natural hazards. In this respect, the geographic information along with decision support tool used to assess the risk of earthquake. The aim of this study was to investigate the effects of different factors in the creation and earthquake hazard zonation of earthquake in central part of the Semirom city. For this purpose affecting factors were binary compared using analytical method by indicating the weight of each factor as indicator for their effects in occurrence of earthquake. Accordingly, the earthquake regionalization hazard map was prepared to the use of weighed information layer and weighted coefficient of each factor. Results of this study show that the analytical hierarchy method is precise method for evaluation of earthquake potential due to the use of binary comparison affecting factors and considering numerous factors for earthquake evaluation at the same time in comparison to the other prevalent method .The results indicates that the percentage of high and very high hazard class is 49.72 percent in AHP method.

Keywords*: Zoning, Earthquake, Semirom city, Analytic Hierarchy Process, Geographical Information System.*