

پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس، با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

علی‌اکبر شمس‌پور* - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
محمد شیخی - استادیار دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه علوم طباطبایی

پذیرش مقاله: ۸۹/۲/۵ تأیید مقاله: ۱۳۸۹/۸/۱۹

چکیده

عوامل طبیعی همواره در طول تاریخ و در نقاط مختلف جهان خطرهایی را به محیط‌های مصنوع و طبیعی تحمیل می‌کنند. بروز رخداد‌های بحرانی طبیعی از جمله زلزله، سیل، طوفان، ریزش و لغزش زمین، موجب بروز خسارت‌های جانی و مالی زیادی می‌گردد. ناحیه غرب فارس واقع در منطقه زاگرس در کشور، از جمله مناطقی است که به دلیل ویژگی‌های طبیعی و جغرافیایی همچون ساختار خاص زمین‌شناسی و قرارگیری روی کمربند زلزله با گسل‌های فعال و اصلی، ویژگی کوهستانی با وضعیت اقلیمی متغیر و وجود رودخانه‌های سیلابی متعدد، و نظایر اینها دارای پتانسیل بالایی در بروز مخاطرات طبیعی به‌ویژه زلزله، سیل، رانش و لغزش زمین است. در این مطالعه سعی گردید با استفاده از داده‌های حاصل از مدل‌سازی معیارها و لایه‌های مؤثر محیطی با روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و طبقه‌بندی با روش فازی با کمک قابلیت‌های مدل‌سازی و تحلیل‌های فضایی بالای سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) میزان آسیب‌پذیری محیطی ناحیه مورد توجه قرار گیرد و پهنه‌بندی گردد. بنا بر نتایج محاسبات انجام شده در فرایند تحقیق و ویژگی‌های محیط طبیعی و انسانی ناحیه، زمین‌لرزه، سیلاب و حرکات دامنه‌ای به ترتیب بالاترین میزان خطر و آسیب‌پذیری را دارند. به‌علاوه، بر پایه نتایج مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر در ناحیه غرب فارس بیش از ۳۴ درصد محدوده ناحیه مطالعاتی با ویژگی آسیب‌پذیری نسبتاً بالا تا بسیار بالا مشخص می‌شوند که به‌طور عمده مناطق کوهستانی و دامنه‌های آنها را در بخش‌های شمال شرق، شرق، محدوده کوه دراء و محور مرکزی ناحیه در برمی‌گیرد، به‌طوری‌که در مناطق مذکور، تمرکز عوامل مختلف مخاطرات، شرایط پرخطری را فراهم می‌سازد. دشت‌های مسطح و کم‌عارضه ناحیه میزان آسیب‌پذیری پایینی دارند.

کلیدواژه‌ها: آسیب‌پذیری محیطی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، طبقه‌بندی فازی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، پهنه‌بندی، ناحیه غرب فارس.

مقدمه

حوادث طبیعی به‌طور متوسط سالانه بیش از ۱۵۰ هزار نفر تلفات انسانی و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارت مالی بر کشورها و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه در بردارد (پیام هلال‌احمر، ۱۳۸۵، ۱۲). شواهد موجود نیز حکایت از افزایش مداوم همه‌انواع بحران‌های طبیعی از نظر شدت و فراوانی دارند، به‌طوری‌که از دهه ۱۹۷۰ به بعد، تعداد افراد تأثیر

پذیرفته و نیز میزان زیان‌های اقتصادی افزایش بسیاری پیدا کرده است (Charveriat, 2000, 190). ایران نیز جزو ۱۰ کشور آسیب‌پذیر از مخاطرات محیطی جهان به شمار می‌آید (پورمحمدی و مصیب‌زاده، ۱۳۸۷، ۱۱۷).

موقعیت ایران چه از نظر مخاطرات زمین‌ساختی و چه از نظر اقلیمی و هیدرولوژی حساس است، به طوری که در طول ۹۰ سال گذشته ۱۲۰ هزار نفر تلفات جانی ناشی از پدیده‌های محیطی ثبت شده است (هلال‌احمر، ۱۳۸۲، ۱). وجود محیطی امن برای زندگی در کنار سایر نیازهای فیزیولوژیک انسان نظیر تغذیه، سرپناه، بهداشت از ضروریات و نیازهای اصلی انسان است، به گونه‌ای که احساس ناامنی از محیط و نگرانی‌های ناشی از آن سایر فعالیت‌های وی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد و اگر استمرار یابد نوعی اختلال در فعالیت‌های انسانی را سبب می‌گردد (نظری، ۱۳۸۳، ۵۲۲). کوستو (۱۳۷۰) اعتقاد دارد که تجربه توسعه اقتصادی در گذشته و پیامدهای ناشی از عدم توجه به محیط زیست، زمینه شناخت محدودیت‌های بستر پذیرنده توسعه یعنی محیط زیست را طی چند دهه گذشته به وجود آورده است، به طوری که انسان به درستی دریافته است که برای فعالیت‌هایش در محیط زیست حد و مرزی وجود دارد و به منظور پایداری اکوسیستم‌های مورد بهره‌برداری نباید از آن گذر کرد (Habitat, 1992).

این حوادث از بعد مادی و اقتصادی و همچنین اجتماعی و کالبدی به جوامع آسیب وارد می‌کنند و امروزه به تجربه ثابت شده است که پدیده‌هایی مانند زلزله فقط زاینده مشیت خداوندی نیست بلکه اشتباهات انسان، عدم دوراندیشی او و برنامه‌ریزی‌های ناهماهنگ سبب تشدید فاجعه‌هایی می‌شوند که پیش‌بینی زمان و مکان رخداد آنها ناممکن است (شادی‌طلب، ۱۳۷۱). در جهان امروزی، فاصله بین یافته‌های علوم بشری و توانایی آنها برای حفظ جان و مال مردم روز به روز افزایش می‌یابد، به طوری که علوم و روند توسعه جوامع خود نیز در افزایش این خطرها تا حدودی سهیم‌اند و اشکال جدیدی از خطرها را با جلوه‌های تازه که ناشی از به‌کارگیری ناصحیح فناوری است، ایجاد کرده‌اند (Smith, 1992, 3)؛ یعنی می‌توان اذعان داشت مخاطراتی که خود انسان ایجاد کرده به همان اندازه یا بیش از آن چیزی است که از عوامل طبیعی تحمیل می‌شود (Giddens, 2000, 52). بنابراین امنیت انسان باید در مراحل مختلف برنامه‌ریزی توسعه مورد توجه قرار گیرد. مناطقی که برای انسان خطرآفرین هستند، در صورتی که نتوان آنها را بدون آسیب جبران‌ناپذیر به محیط‌های امن تبدیل کرد، نباید برای توسعه در نظر گرفته شوند. همچنین مناطقی که احتمال دارد با دخل و تصرف استفاده‌کنندگان به مناطق خطرآفرین تبدیل گردند نباید برای توسعه در نظر گرفته شوند. آثار مخرب حوادث طبیعی مانند زمین‌لرزه، سیلاب، حرکات دامنه‌ای مثل بهمن، ریزش سنگ، لغزش و رانش زمین و توده‌های گلی و سنگی در تمام مناطق جهان به نتایج مصیبت‌باری در تخریب و نابودی سکونتگاه‌های انسانی منتهی می‌شوند. آثار پدیده‌های مخرب طبیعی در جوامع کم‌رشد، جایی که انسان‌ها بیشتر مقهور عوامل طبیعی هستند، آسیب‌پذیری بیشتری در قیاس با جوامع پیشرفته دارند.

وجود عواملی از قبیل مستعد بودن ناهمواری‌ها از نظر منشأ ساختمانی و دینامیک، قطع درختان و بهره‌برداری‌های بی‌رویه از جنگل‌ها، رعایت نکردن اصول فنی در نگهداری جاده‌های جنگلی و روستایی، عدم اعمال مدیریت صحیح و بهره‌برداری غیراصولی از منابع موجود سبب شده است که هر ساله خسارت‌های زیادی بر سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های انسانی و منابع طبیعی تحمیل شود (شمسی‌پور و همکاران، ۲۰۰۸، شادفر و همکاران، ۱۳۸۴). براساس Laurini (۲۰۰۲)؛

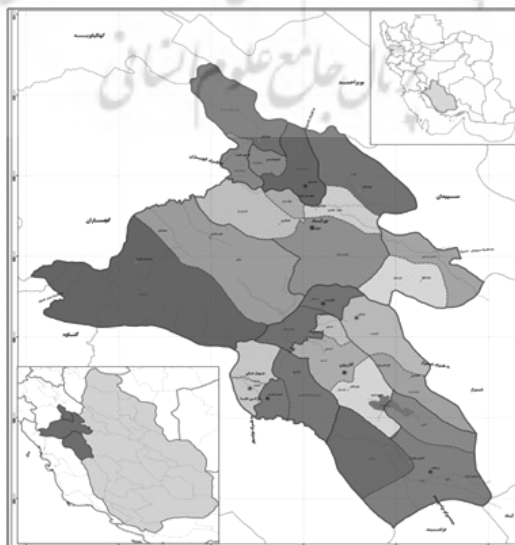
تدوین سیاست‌های کاهش و کنترل آسیب‌پذیری زیست‌محیطی از طریق شناسایی شاخص‌های زیست‌محیطی و تحلیل و طبقه‌بندی حساسیت‌های آنها و تعیین میزان آسیب‌پذیری هر یک امکان‌پذیر می‌گردد و شرایط ایجاد تعادل میان توسعه و محیط زیست فراهم می‌شود (Laurini, 2002). در ایران مطالعات وسیعی در زمینه آسیب‌پذیری جوامع انسانی و اکولوژیکی، به‌ویژه در زمینه زلزله انجام شده است. آقاپاھر و همکاران (۱۳۸۵) اعتقاد دارند شفافیت و قابل تفسیر بودن یک روش تجزیه و تحلیل و نتایج حاصل از آن، از مهم‌ترین معیارهای مدیران در پذیرش و به‌کارگیری نتایج در مدیریت بهینه اطلاعات محسوب می‌شود و بر همین اساس از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر تهران را با فاکتورهای جمعیتی و سازه‌ای مطالعه کردند (آقاپاھر و همکاران، ۱۳۸۵، ۱۰۳۳). ضرورت تعامل طرح‌های توسعه با سنجش حمل محیطی با استفاده از تکنیک دلفی، مدل ارزیابی سلسله‌مراتبی و شاخص‌های زیست‌محیطی حوزه البرز به‌وسیله شریف‌زادگان و فتحی (۱۳۸۴) انجام شد. افزون بر اینها، افتخاری و همکاران (۱۳۸۷) آسیب‌پذیری را به‌عنوان عامل تعیین‌کننده اصلی بحران برمی‌شمارند و سه دیدگاه زیستی، فیزیکی، ساخت اجتماعی و ترکیبی را در فهم صحیح علل و راه‌حل‌های کاهش خطر مورد توجه قرار می‌دهند (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۷، ۲۹).

آسیب‌پذیری محیطی مانند بسیاری دیگر از پدیده‌های طبیعی دارای پارامترهای مؤثر گوناگون، غالباً کیفی و پیچیده‌ای است که تصمیم‌گیری در مورد آنها را به دلیل نقش متفاوت و میزان اثربخشی هر کدام از پارامترها، کیفی بودن برخی و یکسان نبودن معیار سنجش، با مشکل مواجه می‌سازد. به‌طوری‌که در فرایند مطالعه، تصمیم‌گیری چندمعیاره با دو مشکل اصلی روبه‌روست: ۱- نبود استاندارد برای اندازه‌گیری معیارهای کیفی؛ و ۲- نبود واحد برای تبدیل معیارها (اعم از کیفی یا کمی) به یکدیگر (قدسی‌پور، ۱۳۸۴). برای حل مشکل و یا کاهش خطا، روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه طراحی شده‌اند که دارای مزایا و معایبی هستند (Saaty, 1997). یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که در تبدیل معیارهای کیفی به کمی به کار می‌رود، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است که به کمک آن می‌توان درخت سلسله‌مراتبی (هدف، معیارها و گزینه‌ها)، مقایسه زوجی معیارهای مختلف، نرمال‌سازی و تلفیق کلی نتایج را انجام داد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴). برای نرمال‌سازی واحدهای معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری، روش‌های مختلفی ارائه شده است که روش طبقه‌بندی فازی از مهم‌ترین و معتبرترین آنها به‌شمار می‌آید. الگوریتم‌های منطق فازی که برای اولین بار پروفسور لطفی‌زاده (زاده، ۱۹۶۵ و ۱۹۷۵) آن را معرفی کرد، از جمله مدل‌های هوشمندی است که برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه گردید. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها، شاخص‌ها و سیستم‌های نامشخص و مبهم را صورت‌بندی ریاضی بخشد و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط نامطمئن فراهم آورد (Peteri et al., 2000). یک مجموعه فازی یک تابع عضویت دارد که درجه عضویت بین صفر و یک را به سری اعطا می‌کند. عضویت، درجه‌ای معین از تعلق شیء به مجموعه فازی را نمایش می‌دهد (Al-Mohseen, 2009). در مطالعه موجود با توجه به بررسی‌ها و اطلاعات وضع موجود، از روش ارزیابی چندمعیاری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای درجه‌بندی میزان اهمیت عوامل شناسایی شده، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، به کار گرفته شد.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از جامع‌ترین مدل‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این مدل امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را نیز در مسئله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این، بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده قضاوت و محاسبه را تسهیل می‌کند و مقدار سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. در این تحقیق اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری محیطی با استفاده از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام می‌شود، و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر برای ناحیه غرب فارس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی از طریق ارزش‌گذاری به لایه‌های اطلاعاتی صورت می‌پذیرد.

موقعیت جغرافیایی ناحیه غرب فارس

ناحیه غرب استان فارس که شامل محدوده جغرافیایی شهرستان‌های کازرون و ممسنی و رستم است، محدوده‌ای به وسعت ۱۰۷۰۳ کیلومترمربع را در بر می‌گیرد که در قسمت غربی و شمال غربی استان کشیده شده است. شکل ۱ موقعیت ناحیه را نشان می‌دهد. این ناحیه از شمال و غرب به استان کهگیلویه و بویراحمد، از شرق به شهرستان‌های شیراز و سپیدان و از جنوب به شهرستان فرابند، فیروزآباد و استان بوشهر محدود می‌گردد. ارتفاعات ناحیه مطالعاتی جزء رشته‌کوه زاگرس میانی و جنوبی است، که از شمال به جنوب و از شرق به غرب از ارتفاع زمین کاسته می‌شود و به تبع آن میزان متوسط بارش سالانه کاهش و میزان دمای هوا افزایش می‌یابد. همچنین تراکم رودخانه‌ها در بخش شمال شرقی و شرق ناحیه بیشتر از بخش‌های دیگر است. زمین‌شناسی ناحیه گویای وجود سازندهای غالب آهکی است که در فازهای مختلف زمین‌ساختی و تکتونیکی شکستگی‌ها و گسل‌خوردگی‌های مختلفی را متحمل شده‌اند. از مهم‌ترین گسل‌های محدوده طرح گسل قطر - کازرون است که در طول محور مرکز ناحیه در راستای شمالی - جنوبی کشیده شده است.



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی ناحیه غرب فارس

مواد و روش‌ها

داده‌ها، لایه‌های اطلاعاتی و مدارک مورد استفاده در این مطالعه بدین شرح‌اند:

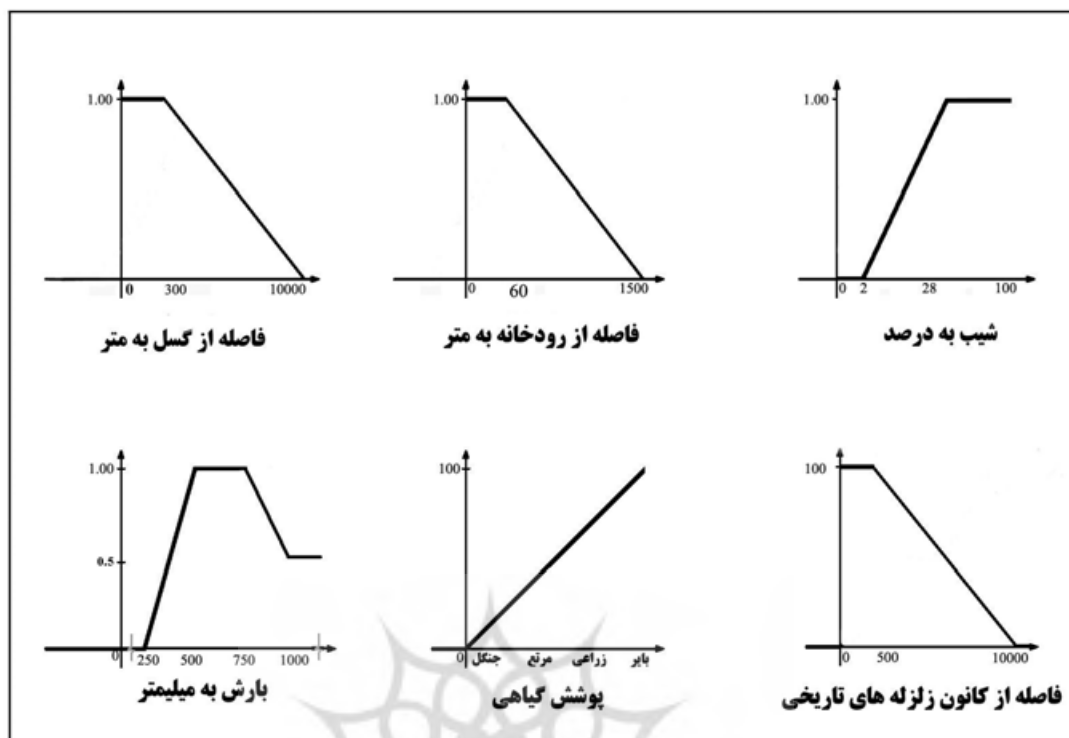
نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور با فرمت‌های SHP و DGN با پوشش کل ناحیه برای تهیه نقشه پایه توپوگرافی و هیدرولوژی ناحیه مطالعاتی؛ نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ پایه ناحیه که برای تکمیل اطلاعات و تدقیق ترسیم محدوده سکونتگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفت؛ نقشه‌های ارزیابی قابلیت اراضی، پوشش گیاهی، نقشه کاربری اراضی تدقیق شده و فرسایش با مقیاس پایه ۱:۲۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی، خطوط گسل، موقعیت زمین‌لرزه‌های تاریخی با مقیاس پایه ۱:۱۰۰۰۰۰ و سایر مجموعه نقشه‌های وزارت جهاد کشاورزی که در مراحل مختلف مطالعه دریافت شدند و مورد استفاده قرار گرفتند. تصاویر ماهواره‌ای IRS از سنجنده liss3 و تصاویر ماهواره‌ای آیکنوس (Ikonos) برای سال ۲۰۰۴ از Google Earth به‌دست آمد. داده‌های اقلیمی و عناصر جوئی از ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه استخراج و در تهیه نقشه‌های موضوعی اقلیمی به‌کار گرفته شدند.

با تعیین لایه‌های اطلاعاتی مبتنی بر داده‌های پیش‌گفته با استفاده از پرسشنامه خبره (دلفی) اولویت‌بندی لایه‌های انجام شد. بدیهی است با توجه به ضرورت انجام قضاوت گروهی و کارشناسانه از روش دلفی اقدام به دریافت دیدگاه‌ها و تکمیل پرسشنامه‌ها و جدول‌هایی به‌وسیله محققان و کارشناسان با تخصص‌هایی شامل منابع طبیعی، جغرافیای طبیعی و انسانی، برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، محیط زیست و زمین‌شناسی توزیع و در دو مرحله با رفت و برگشت و تعدیل نظریات بین تمام پرسشگران تکمیل شد. بنابراین براین امتیازات و وزن‌های به‌دست آمده، ملاک تعیین میزان اهمیت هر یک از معیارها بوده است. بنا بر نتایج پرسشنامه‌ها چهار معیار به ترتیب اولویت - شامل خطر زمین‌لرزه، سیلاب، حرکات دامنه‌ای و فرسایش - به‌عنوان عوامل اصلی مؤثر در آسیب‌پذیری ناحیه مشخص شدند (شکل ۴). همچنین معیارهای سطح دوم مدل که زیرمعیارهای هر یک از معیارهای سطح یک را تشکیل می‌دهند، تعیین و اولویت‌بندی گردیدند، که در شکل‌های ۵ تا ۸ ارائه شده‌اند.

در مرحله دوم لایه‌های اطلاعاتی و معیارهای سطح دو (زیرمعیارها) تعیین شده در مرحله قبل با استفاده از توابع فازی زیرفازی‌سازی شدند و در این مرحله تمام لایه‌های مطالعاتی به‌صورت کمی با واحد مشابه و استاندارد قابل مقایسه درآمدند، به‌طوری‌که در این مرحله نرمال‌سازی یا تخصیص واحد مشابه به تمام لایه‌ها انجام شد و تمام لایه‌های اطلاعاتی دارای ویژگی کمی با دامنه‌ای از ارقام پیوسته صفر تا یک شدند.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & x > a \\ (x_{\max} - x) / \Delta x & b > x > a \\ 0 & b > x \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$

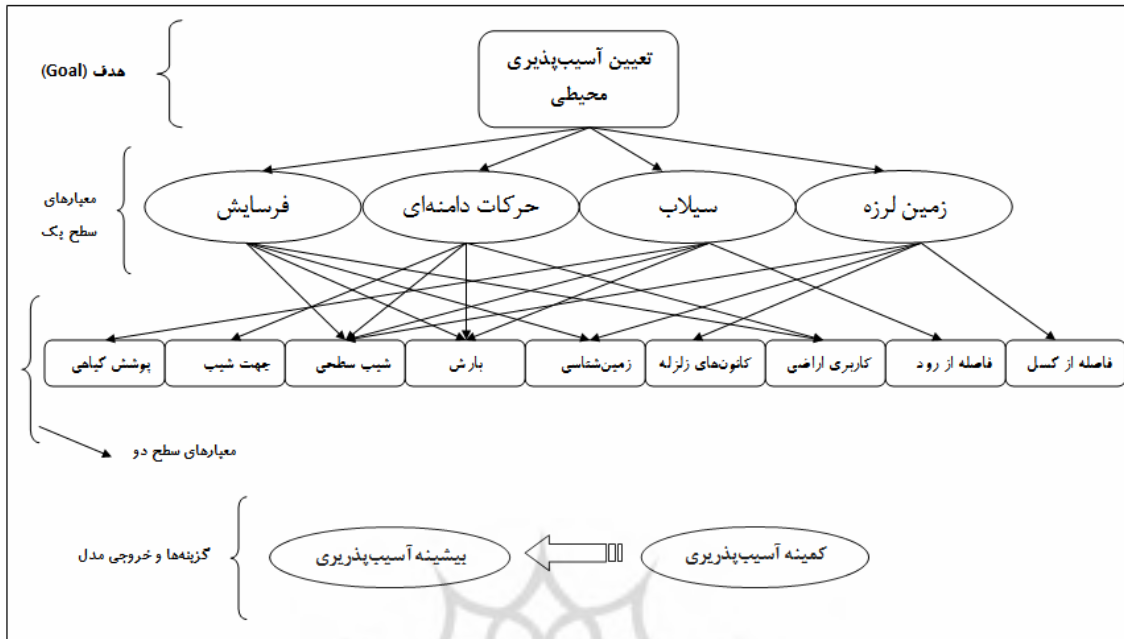
نقشه‌های توابع فازی مورد بحث در این پژوهش از نوع خطی‌اند که در شکل ۲ دیده می‌شوند.



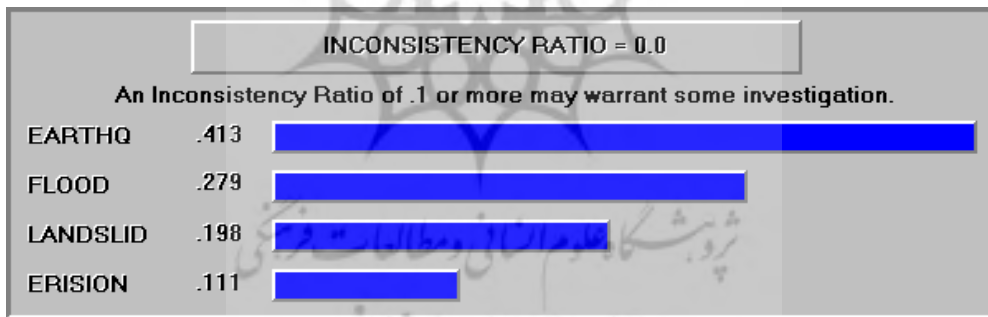
شکل ۲. الگوی توابع فازی هر یک از معیارهای آسیب‌پذیری محیطی

در مرحله سوم بعد از فازی‌سازی تمام زیرمعیارها، ضرایب به‌دست آمده (شکل‌های ۴ تا ۸) از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای تهیه نقشه‌های موضوعی چهار معیار اصلی و نیز نقشه تلفیقی و نهایی آسیب‌پذیری محیطی اعمال گردید و عملیات روی هم‌گذاری لایه‌ها در محیط Arc/gis در قالب مدل رستری انجام شد. لازم به ذکر است که اولویت‌بندی معیارهای سطح یک و دو محاسبه آسیب‌پذیری محیطی با پرسشنامه دلفی به‌دست آمد و ضرایب و وزن آنها با بهره‌گیری از مدل AHP در محیط نرم‌افزار Expert-choice در نتیجه مقایسه دو به دویی معیارهای سطح یک با هم و معیارهای سطح دو با هم با معیار درجه اهمیت تعریف شده به‌وسیله ساعتی (۱۹۷۷) و بر مبنای نتایج به‌دست آمده از پرسشنامه‌ها، وزن‌دهی شدند و اولویت و ضریب هر معیار محاسبه گردید (نتایج مقایسه‌های زوجی در شکل‌های ۴ تا ۸ ارائه شده است).

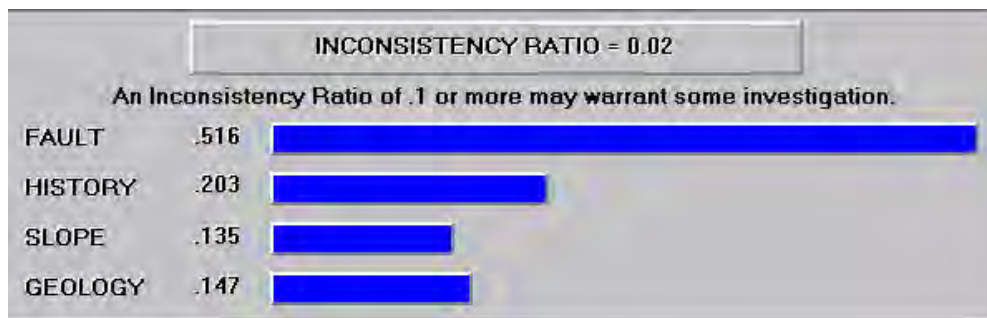
روش وزن‌دهی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از روش‌های رایج و کاربردی برای تحلیل‌های فضایی و جغرافیایی و مکان‌یابی هاست. این روش که به‌وسیله ساعتی (۱۹۷۷) ابداع شده، روشی سلسله‌مراتبی برای وزن‌دهی به معیارها و انتخاب بهترین گزینه برای هدفی مشخص را به کار می‌گیرد. در رأس سلسله‌مراتب (همان‌طور که در شکل نشان داده شده است) هدف اصلی به‌عنوان سطح اول قرار دارد. در سطح دوم معیارهای مختلف با توجه به هدف قرار دارند و در سطح پایینی یا آخر نیز گزینه‌ها یا آلترناتیوها قرار دارند که با توجه به تحلیل فضایی و سرزمین، این گزینه‌ها در واقع واحدهای زمینی هستند (شکل ۳).



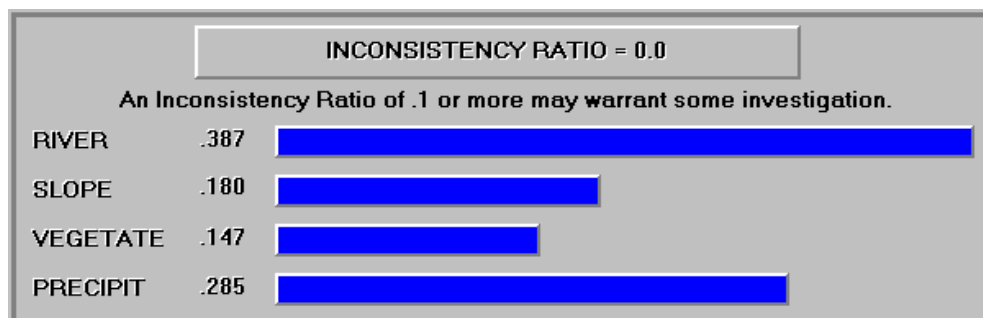
شکل ۳. نمودار فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در زمینه تحلیل آسیب‌پذیری ناحیه غرب فارس



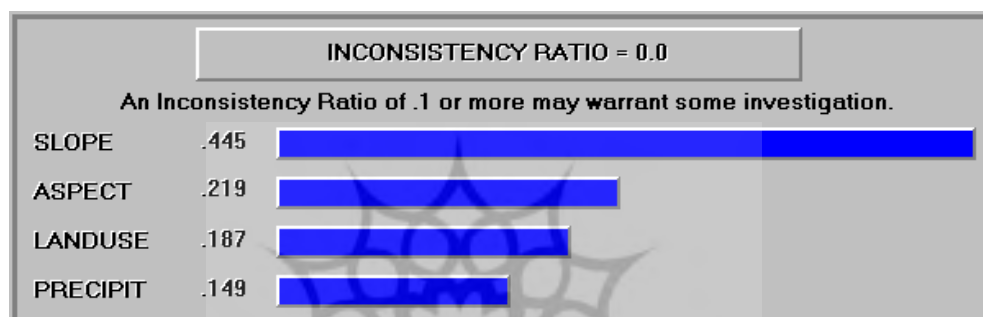
شکل ۴. ضرایب هر یک از معیارهای سطح اول آسیب‌پذیری محیطی



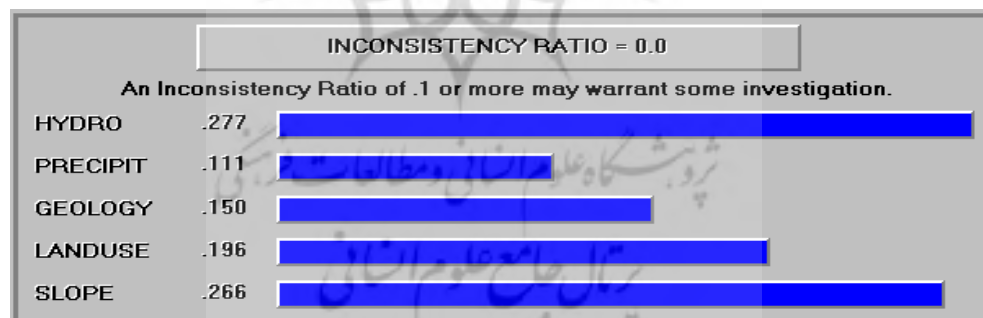
شکل ۵. ضرایب مقایسه دو به دوی زیرمعیارهای خطر زمین‌لرزه



شکل ۶. ضرایب مقایسه دو به دویی زیرمعیارهای خطر سیل



شکل ۷. ضرایب مقایسه دو به دویی زیرمعیارهای خطر حرکات دامنه‌ای



شکل ۸. ضرایب مقایسه دو به دویی زیرمعیارهای خطر فرسایش

مرحله چهارم: ترکیب لایه‌های فازی با استفاده از وزن حاصل از مدل AHP با استفاده از رابطه (۲):

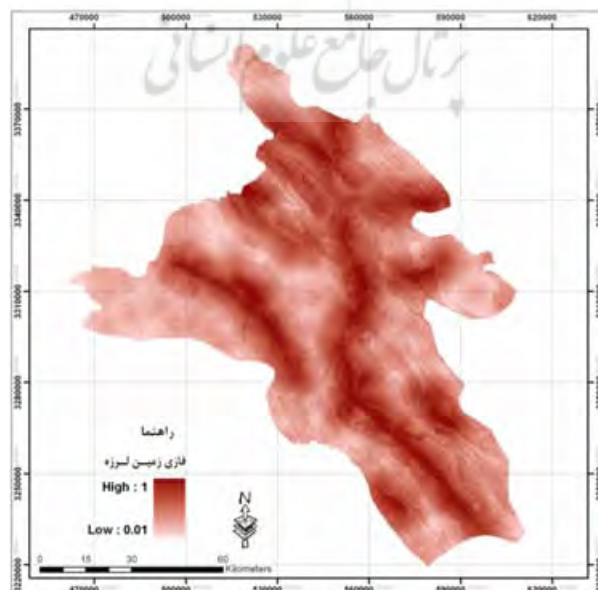
$$f(x) = \sum w_i \mu(x_i) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه $f(x)$ برآورد نهایی خطر بر مبنای معیارهای آسیب‌پذیری مختلف است، w_i وزن هر یک از معیارهای ورودی به مدل AHP، و $\mu(x_i)$ عضویت فازی هر یک از معیارها بر مبنای تابع خطی فازی است. لایه‌های اطلاعاتی فازی‌سازی شده از طریق اعمال ضرایب حاصل از مقایسه زوجی و وزن‌دهی شده AHP ترکیب شدند و لایه‌های آسیب‌پذیری موضوعی و نهایی محاسبه گردیدند.

لایه‌های اطلاعاتی در سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار Arc/GIS وارد شدند. نقشه‌ها با ساختار رستری یا سلولی با تعیین عضویت فازی به شرح شکل ۲ طبقه‌بندی شدند. ابعاد پیکسل‌ها در تمام نقشه‌ها ۵۰×۵۰ متر، و دارای سیستم مختصات یکسان UTM با پروجکشن WGS84 تعریف شدند. در مرحله بعدی ضرایب به‌دست آمده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (شکل‌های ۴ تا ۷) در لایه‌های اطلاعاتی ضرب شد و کلیه نقشه‌های وزن‌دار شده با هم جمع گردیدند و نقشه‌های نهایی خطر و آسیب‌پذیری موضوعی زلزله، سیلاب، حرکات دامنه‌ای و فرسایش به‌دست آمد. در نهایت با اعمال ضرایب شکل ۳ با تلفیق چهار نقشه آسیب‌پذیری موضوعی، نقشه نهایی خطر و آسیب‌پذیری تهیه گردید و به پنج طبقه با خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم تقسیم‌بندی شد.

یافته‌های تحقیق

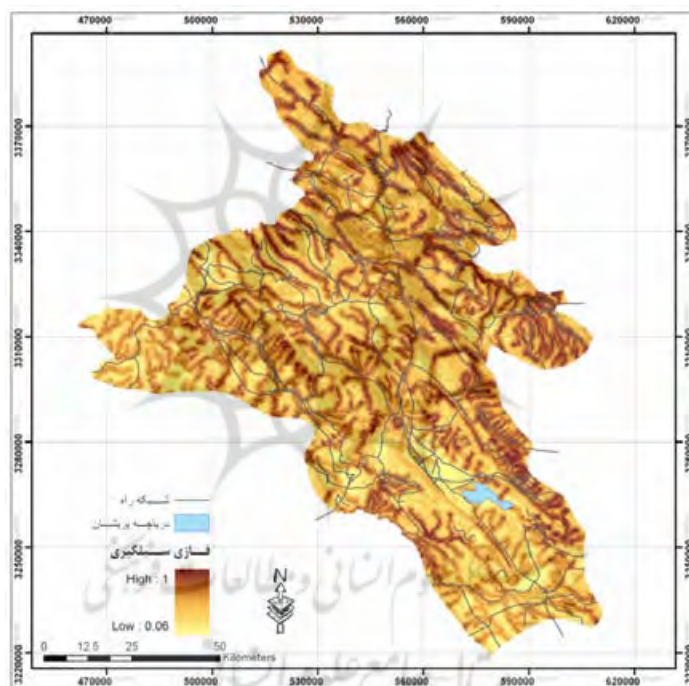
برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری و خطر ناحیه مورد مطالعه، تعداد مشخصی از معیارها مورد استفاده قرار گرفت. این معیارها که عوامل محدودکننده توسعه را از دیدگاه طبیعی و زیست‌محیطی مشخص می‌سازند، شامل خطر زلزله، سیل‌خیزی، حرکات دامنه‌ای و فرسایش است که به شرح شکل ۳ اولویت‌بندی و وزن‌دهی شدند. همچنین زیرمعیارهای مؤثر هر معیار خطر با توجه به لایه‌های اطلاعاتی موجود و بر مبنای انتخاب خیره به‌دست آمدند. شکل ۹ وضعیت محدوده مطالعاتی را از جنبه پهنه‌بندی خطر زلزله نشان می‌دهد. مطابق با نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه، محور مرکزی ناحیه با راستای شمالی - جنوبی بالاتر میزان آسیب‌پذیری را در برابر زمین‌لرزه نشان می‌دهد. همچنین در نیمه شمالی ناحیه در محدوده شهرستان ممسنی با وجود شکستگی‌ها و گسل خوردگی‌های متعدد ناشی از شرایط توپوگرافی پیچیده و فعال زاگرس، میزان خطر زمین‌لرزه بیشتر است، به طوری که رابطه بسیار نزدیکی بین شدت ناهمواری و میزان گسل‌خوردگی‌ها وجود دارد. نقشه به‌دست آمده تحت تأثیر عامل فاصله از گسل و محدوده‌های با کانون زمین‌لرزه‌های تاریخی بالاترین شدت را در حد فاصل بین کازرون و نورآباد در محدوده شهر قائمیه نشان می‌دهد.



شکل ۹. پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با روش فازی و AHP

شکل ۱۰ وضعیت ناحیه غرب فارس را از لحاظ پهنه‌بندی خطر سیل خیزی نشان می‌دهد. نقشه خطر سیل بیشتر از هر عاملی تحت تأثیر عوامل فاصله از بستر رودخانه و شیب سطحی است. مطابق با نقشه پهنه‌بندی، محدوده کوهستانی و پرشیب شمال و شرق ناحیه که همچنین دارای بالاترین میانگین بارش سالانه است، بالاترین شدت خطر رخداد سیل را دارد.

تراکم رودخانه‌ها و ویژگی کوهستانی منطقه اگر با نابودی و تخریب پوشش جنگلی و مراتع همراه باشد، شرایط سیل‌خیزی را بحرانی‌تر خواهد ساخت. بنابراین در ناحیه مطالعاتی پوشش گیاهی و کاربری زمین نقش مؤثری در شدت احتمال سیل‌خیزی ناحیه دارند.

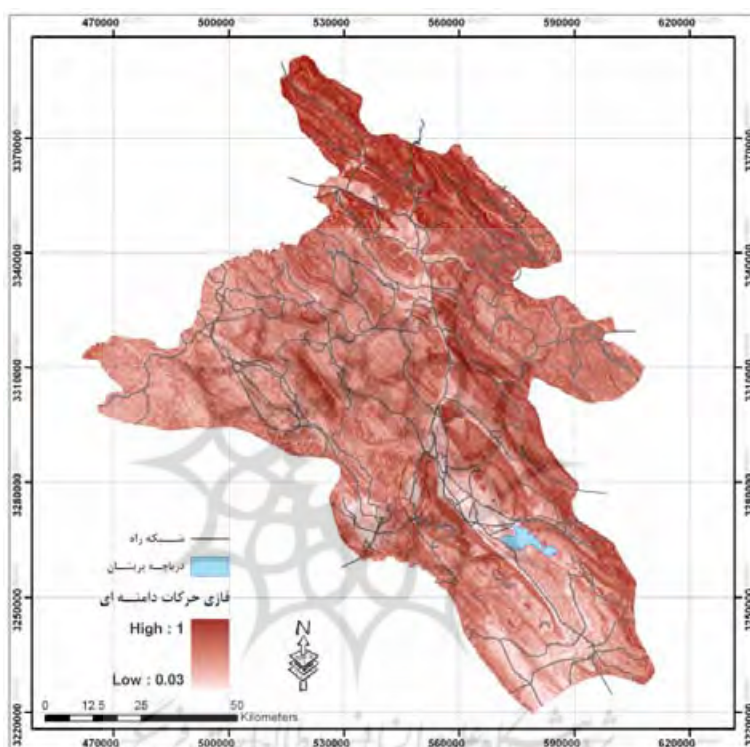


شکل ۱۰. پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری با روش فازی و AHP

نقشه خطر سیل بیشتر از هر عاملی تحت تأثیر عوامل فاصله از بستر رودخانه و شیب سطحی است. مطابق با نقشه پهنه‌بندی، محدوده کوهستانی و پرشیب شمال و شرق ناحیه که همچنین دارای بالاترین میانگین بارش سالانه است، بالاترین شدت خطر رخداد سیل را دارد.

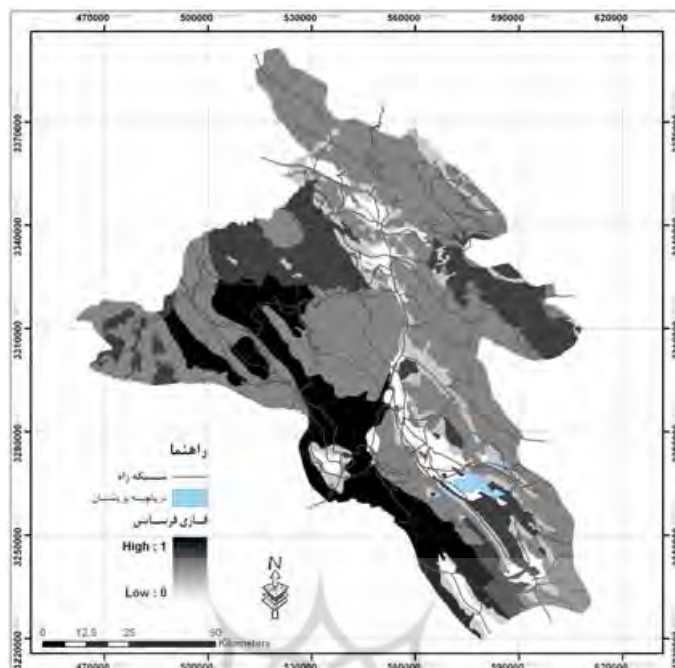
شکل ۱۱ شرایط ناحیه غرب فارس را به لحاظ پهنه‌بندی مخاطره ناشی از حرکات دامنه‌ای نشان می‌دهد. انواع حرکات دامنه‌ای در شرایط متفاوتی از لحاظ شرایط مساعد رخداد قرار دارند، به طوری که برای مثال ریزش سنگ در دامنه‌های سنگی با شرایط آب و هوای خشک رخ می‌دهد، در حالی که لغزش زمین در آب و هوای مرطوب و دامنه‌های دارای پوشش خاک عمیق بیشترین احتمال را نشان می‌دهد. با این شرایط و نیز در نظر گرفتن شرایط متنوع اقلیمی و

پوششی زمینی نقشه خطر حرکات دامنه‌ای مدل‌سازی و تهیه شد. بر مبنای نقشه به دست آمده بخش‌های شمال شرقی ناحیه با دارا بودن ویژگی‌هایی از قبیل ناهمواری‌های با شیب‌های تند، میانگین بارش‌های ۲۴ ساعته زیاد، آبراهه‌های متعدد و اغلب سیلابی و در مناطق با کاهش میزان تراکم پوشش جنگلی و مرتعی، بالاترین میزان آسیب‌پذیری ناشی از حرکات دامنه‌ای را نشان می‌دهد. بعد از آن بخش‌های شرقی ناحیه شدت خطر حرکات دامنه‌ای را در خود دارند.



شکل ۱۱. پهنه‌بندی خطر حرکات دامنه‌ای با روش فازی و AHP

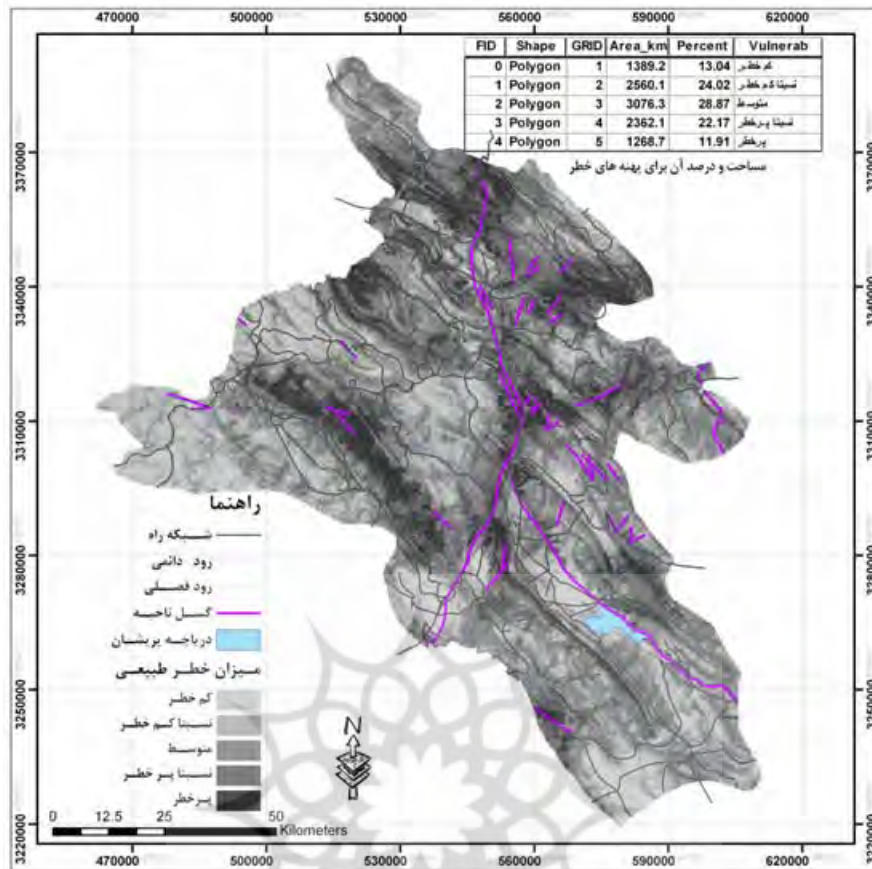
شکل ۱۲ پهنه‌بندی شدت فرسایش را در ناحیه مورد مطالعه نشان می‌دهد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی میزان شدت فرسایش خاک از انواع لایه‌های اطلاعاتی، همانند نقشه‌های زمین‌شناسی، کاربری زمین، پوشش گیاهی، شبکه زهکشی آب‌های سطحی، توپوگرافی و میزان و جهت شیب سطحی و همچنین از تصاویر ماهواره‌ای IRS هند استفاده شد. با توجه به تفاسیر چشمی و مقایسه‌های نقشه‌ای میزان و جهت شیب و هیدرولوژی آب‌های سطحی بیشترین تأثیر را در شدت فرسایش سطحی ناحیه دارند. مطابق با نقشه به دست آمده نواری در نیمه غربی ناحیه بالاترین شدت فرسایش خاک به چشم می‌خورد که منطبق بر دامنه‌های غربی عریان و بدون پوشش گیاهی است. این دامنه‌ها می‌توانند تحت تأثیر بارش‌های رگباری ناشی از سامانه‌های همدیدی سودان قرار بگیرد. کمترین میزان فرسایش در محور مرکزی و محدوده با جنگل‌های متراکم دیده می‌شود.



شکل ۱۲. پهنه‌بندی خطر فرسایش با روش فازی و AHP

در نهایت با تلفیق نقشه‌های چهارگانه خطر ذکر شده با اعمال ضرایب حاصل از اولویت‌بندی معیارها در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) (شکل ۳) نقشه نهایی آسیب‌پذیری محیطی ناحیه محاسبه و تهیه شد. در تهیه نقشه آسیب‌پذیری محیطی ناحیه با توجه به شرایط زمین‌ساختی و وجود گسل‌های فعال و عمیق متعدد از جمله گسل بزرگ قطر - کازرون، خطر زمین‌لرزه دارای ضریب بالاتری است. در رتبه دوم تصمیم‌گیری خطر سیل‌خیزی قرار دارد که تحت تأثیر تراکم زهکشی زیاد ناحیه و توپوگرافی ناهموار و نوسان‌های بارشی آن قرار دارند. حرکات دامنه‌ای و فرسایش در اولویت‌های بعدی تصمیم‌گیری جای می‌گیرند.

بنابراین در فرایند روی هم‌گذاری لایه‌ها نقاط با شدت بالای خطر زمین‌لرزه و سیلاب بالاترین مقادیر را نشان می‌دهند. در نقشه به‌دست آمده پهنه‌های تیره بیشترین میزان آسیب‌پذیری محیطی را نشان می‌دهند که در محدوده شهر قائمیه در مرکز ناحیه و پهنه‌هایی در شمال شرق، محدوده کوه دراء و پهنه‌های کم‌وسعتی در نیمه جنوبی ناحیه دیده می‌شوند. در شکل ۱۳ سطح ناحیه به ۵ طبقه با پتانسیل خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم تقسیم شده است. همان‌گونه که نقشه مذکور نشان می‌دهد، بخش‌های عمده‌ای از سطح ناحیه (حدود ۳۴ درصد) در نواحی مرکزی و غربی ناحیه دارای پتانسیل زیاد و بسیار زیادی از لحاظ خطر و آسیب‌پذیری است. این نواحی عمدتاً در بخش‌های نزدیک به گسل کازرون، نواحی با رخداد زلزله زیاد و بزرگ و حواشی رودخانه‌های اصلی و بزرگ هستند و به‌طور عمده در نیمه شمالی ناحیه و در محدوده شهرستان ممسنی و رستم قرار دارند. حدود ۳۷ درصد مساحت ناحیه نیز عمدتاً در شمال ناحیه، جنوب شهرستان کازرون و بخش‌هایی از غرب شهرستان کازرون دارای پتانسیل کم و خیلی کمی از نظر خطر به لحاظ عوامل طبیعی هستند.



شکل ۱۳. پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری از جانب عوامل طبیعی

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت شناسایی عوامل خطر آفرین و محدودیت‌ساز در برنامه‌ریزی توسعه کالبدی و اقتصادی ناحیه غرب فارس، روش مطالعه و تحلیل مبتنی بر نظر کارشناسانه و بهره‌گیری از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) قرار گرفت. برای نرمال‌سازی و طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی از سیستم طبقه‌بندی منطق فازی استفاده شد. تمام محاسبات و تلفیق لایه‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام گرفت.

با انجام محاسبات نقشه‌ای با روی هم‌گذاری لایه‌های مختلف، نقشه به‌دست آمده نشان می‌دهد که بیش از ۳۴ درصد مساحت ناحیه آسیب‌پذیری نسبتاً بالا تا زیاد دارد. مناطق با آسیب‌پذیری زیاد به‌طور عمده نوار مرکزی ناحیه با کشیدگی شمال - جنوب و بخش کوهستانی شمال و شمال‌شرقی ناحیه را اشغال می‌کنند. در مقابل، بیش از ۳۷ درصد از سطح ناحیه آسیب‌پذیری کم تا نسبتاً کم دارند. مناطق کم‌خطر به‌طور عمده دشت‌های ناحیه را در شمال غرب و جنوب ناحیه تشکیل می‌دهند، هر چند در تمام بخش‌های ناحیه پراکنش دارند. در تأکید بر تمرکز شدت آسیب‌پذیری بالای محیطی در نوار مرکزی و بخش‌های شمالی ناحیه، مراجعه به نقشه‌های موضوعی آسیب‌پذیری علل آن را به وضوح آشکار می‌کند. در اولویت‌بندی انواع مخاطرات، زمین‌لرزه بالاترین اولویت را داشته است و متمرکز بر خطوط گسلی است

و مهم‌ترین آنها گسل قطر - کازرون است که با کشیدگی شمالی - جنوبی از میانه ناحیه می‌گذرد. همچنین مناطق کوهستانی علاوه بر تکتونیک فعال به دلایل اقلیمی و هیدرولوژی مناطق فعال به لحاظ دینامیک بیرونی هستند؛ و بنابراین نتیجه فعالیت رودخانه‌ها و ویژگی سیل‌خیزی و طغیانی بودن آنها باعث می‌شود به همراه شیب تند دامنه‌ها و خطر بالا بودن فرسایش و حرکات دامنه‌ای از مناطقی باشند که آسیب‌پذیری محیطی بالا باشد.

در مناطق با خطرخیزی و آسیب‌پذیری بالا، تمرکز سکونتگاه‌های با تراکم شدید جمعیتی و فعالیتی و همچنین دارا بودن ارزش‌های عظیم اکولوژیکی جنگل‌ها و اکوسیستم ویژه آنها ارزش توجه به این مطالعات را افزون می‌سازد. در ناحیه غرب فارس محور میانی با تمرکز فعالیتی و جمعیتی و خطر لرزه‌خیزی بالا که اغلب دارای سکونتگاه‌های زیر استاندارد و سطح مقاومت نامناسب هستند، می‌تواند با بروز زمین‌لرزه متوسط تا بزرگ مقیاس، علاوه بر خطر از دست دادن پایه‌ها و شالوده‌های زیرساختی، به سبب تمرکز صنایع و فعالیت‌ها در مجاورت و نزدیک مراکز پرجمعیت، بحران و خطرهای دیگری را نیز به همراه داشته باشد. به علاوه، توجه به موقعیت پهنه‌های با خطر بالای محیطی، نشان می‌دهد که در مجموع عوامل طبیعی، افزون بر محور متمرکز فعالیتی و سکونتی مرکزی ناحیه، مناطق حاشیه جنگل‌های متراکم و مراتع که در معرض بیشترین تغییر کاربری‌ها هستند، در زمره مناطق با آسیب‌پذیری محیطی قرار دارند. با توجه به اینکه تا کنون مطالعات جامع و دقیقی در مورد حساسیت و آسیب‌پذیری ناحیه مورد مطالعه صورت نگرفته و اطلاعات دقیقی هم در مورد وضعیت سیل‌خیزی، رانش و ریزش زمین و یا میزان تخریب و پتانسیل آسیب‌پذیری منطقه در برابر زلزله وجود ندارد، لازم است تا با داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی با مقیاس دقیق‌تر به آسیب‌پذیری و یا خطرهای مختلف طبیعی و انسانی - و یا ترکیبی از آنها - پرداخته شود. بسیاری از آسیب‌ها به‌طور غیرمستقیم نتیجه عملکرد انسان در طبیعت‌اند، به‌طوری‌که در چرخه‌ای بسته، آسیب‌ها و زیان‌های آن به خود انسان می‌رسد. در این ناحیه مهم‌ترین مثال برای آن، تغییر کاربری‌های وسیع در تبدیل اراضی جنگلی به مراتع و کاربری زراعی است که لطمات فراوانی به اکوسیستم منطقه وارد می‌سازد.

منابع

- Abdollahi, M., 2004, **Crisis Management in Urban Areas**, Proceedings of Conference on Urban Planning in Iran, University of Shiraz, Faculty of Arts, Shiraz.
- AghTaher, R., Delavar, M.R., Kamalian, N., 2006, **Weighted Factors Affecting the Seismic Vulnerability of Tehran**, Publication of engineering faculty, 40, 8, 1033-1044.
- Ahmadi, H., 1997, **Role of Urbanization in Reduce of City Vulnerability**, Settlement and Revolution, Expertism journal of settlement organization, Tehran.
- Ahmadi, H., MohammadKhan, Sh., FeyzNia, C., Ghoddousi, J., 2005, **Regional Modelling of Mass Movements Risk Using AHP**, Case Study: Taleghan Basin Cachment, Iranian Ecology Journal, 58, pp.3-14.
- Al-Mohseen, K.A.A., 2009, **Drought Index Assessment for Fatha Region Using Fuzzy Logic Approach**, Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, held 23-27, at the University of Georgia. Athens, Georgia.

- Alivout, A.J., 2008, **Introduction to Sustainable Development in Developing Countries**, Translate by Rokneddin, Eftekhari, Abdolreza and Hosein Rahimi, institute of rural development, Tehran.
- Charveriat, C., 2000, **Natural Disasters in Latin America and the Caribbean: An Overview of Risk**, Working Paper No. 434, Washington, D.C., Inter-American Development Bank (IDB).
- Costo, Zhak Iio, 1991, **Special Dialogue of Behjat Alnadi with Costu**, Yonesco message, No. 258.
- Eftekhari, A.R., Ghadiri, M., Parhizkar, A., Shayan, S., 2008, **Analysis of the Theoretical Perspectives of Cummiunity Vulnerability to Natural Hazards**, Journal of Modares Human science, 13, 1, 29-62.
- Ghodsipour, S.H., 2005, **Analytical Hierarchy Process (AHP)**, Amirkabir University, Tehran.
- Giddens, A., 2000, **Runaway World**, New Yourk, Routledge.
- Habitat, 1992, **A Methodological Framework of EIA for Urban Development**, UN center for human settlements, pp. 11-18.
- Islamic Republic of Iran Red Crescent Population, 2006, **Natural Disasters**, Message Crescent, 121.
- Islamic Republic of Iran Red Crescent Population, 2005, **Security Points before, during and after Floods**, Gorgan, A – second - first time.
- Jabbarian, B., 1998, **Introduced a Identity-oriented Method to Determine the Ecological Vulnerability**, MohitShenasi, 21, pp. 57-68.
- Kessler, J.J. and Laban, P. 1994, **Planning Strategies and Funding Modalities for Land Degradation and Rehabilitation**, Vol. 5, pp. 25-32.
- Laurini, R., 2002, **Information Systems for Urban Planning**, Rutledge, London, UK.
- Nazari, R., 2004, **Disaster Preparedness and Organizing Popular Forces in Regional Scale**, Abstracts of papers in local development Vision of Tehran Sustainable Development conference, Tehran Municipality.
- Peteri, M., and Tapio, F., 2000, **Fuzzy Classifier for Star-Galaxy Separation**, The American Astronomical Society, 541, pp. 261-263.
- Pourmohammadi, M.R. and MosayebZadeh, A., 2008, **Iranian Cities Vulnerability Apposite of Earthquake and Rule of Local Communion in Them Auxiliary**, Geography and Development, Geo science institute, University of Sistan Balouchestan, Zahedan, 12, 117-144.
- Saaty, T.L., 1980, **The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting**, Resource Allocation, McGraw-HillBook Co, New York.
- Saaty, T.L., 1994, **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process**, RWS Publications, Pittsburgh, P.A.
- Saaty, T.A., 1997, **A Scaling Method for Priorities in Hierarchial Structures**, Journal of Mathematical Psychology, V.15, pp. 234-281.

- Safaian, N., M., Shokri and B., Jabarian Amiri, 2008, **Determining the Ecological Vulnerability of the Southern Margin of the Caspian Sea Ecosystems**, Environmental Studies, Tehran, 29, 4550.
- Shadfar, S., M., Yamani., And Namaki, M. 2005, **Landslide Hazard Zoning Using the Models of Information Value**, Surface Density and LNRE in Chalk River Basin, Watershed and water Journal, 3, pp. 62-68.
- Shaditalb, J., 1993, **Crisis Management: Planning After the Earthquake Disaster**, Social Sciences, 4, pp. 125-152, Tehran.
- Shamsipour, A.A., Shahabi H., M. Salari and Abbasi, M., 2010, **Landslide Hazard Zoning Using Hierarchical Analysis (AHP)**, Case study: Saghez Basin, Environment Geographic, Tehran, 1, pp. 40-52.
- Shamsipour, A.A., Nazari, S. and Kamali, H., 2008, **Evaluation of Vulnerability of Yasouj Residential Area by Fuzzy Logic and AHP Model**, IGC Tunisia, 12-15 august, oral.
- Sharifzadgan, M.H., and H., Fathi, 2005, **Environmental Vulnerability Assessment for Regional Planning in Three Areas of Alborz Environment by Hierarchical Method**, Environmental Science, 10, pp. 1-20, Tehran.
- Smith, K., 1992, **Environmental Hazards: Assessing Risk & Reducing Disaster**, Routledge Pub.
- Zadeh, Lotfi A., 1965, **Fuzzy Sets, Information and Control**, Vol. 8, pp. 338-353.
- Zadeh Lotfi A., 1975, **In Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes**, ed. L. Zadeh, K. S. Fu, K. Tanaka, & M. Shimura (London: Academic) WGA.