نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هشتم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
صفحات ۱ – ۲۰

پهنه‌بندی و تحلیل فضایی مخاطرات بالقوه محیطی مطالعه موردی: بخش سیلوانا

علی‌محمد خورشیددوست؛ استاد آب‌وهواشناسی، گروه آب‌وهواشناسی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، ایران.

سعید فتحی[1]؛ دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۷/۱۲/۰۱ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۰۸/۰۴

چکیده

امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت، جابه‌جایی آن و قرار گرفتن تعداد بیشتری از جمعیت در معرض انواع بلایا، ضرورت شناسایی مخاطرات بالقوه محیطی و تعیین پهنه‌های مخاطره‌آمیز در مناطق مختلف بیش‌ازپیش احساس می‌شود. با شناخت و ارزیابی مخاطرات هر منطقه قبل از وقوع آنها می‌توان به‌طور قابل‌توجهی از میزان خسارت‌ها کاسته و به توسعه پایدار منطقه‌ای دست‌یافت. بر همین اساس در پژوهش حاضر به تحلیل مخاطرات بالقوه محیطی در بخش سیلوانا شهرستان ارومیه با تأکید بر سه مخاطره سیلاب، زمین‌لغزش و زمین‌لرزه پرداخته‌شده است. منطقه مذکور به دلیل شرایط خاص جغرافیایی همچون موقعیت، تنوع ساختارهای توپوگرافی و اکولوژیکی، جمعیت متراکم و به‌طورکلی وجود عوامل زمینه‌ساز مخاطرات محیطی از استعداد بالایی برای وقوع مخاطرات محیطی برخوردار می‌باشد. جهت انجام تجزیه‌وتحلیل‌های موردنظر از روش تحلیل شبکه (ANP) و روش‌های فازی استفاده شده است و بدین‌منظور با بررسی عوامل مختلفی همچون توپوگرافی، اقلیم، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، انسانی، تاریخی ۱۲ عنصر شامل بارش، شیب، جهت شیب، لیتولوژی، نوع خاک، فاصله از گسل، تراکم آبراهه، سطح آبهای زیرزمینی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، تراکم لغزش‌ها و لرزه‌خیزی به‌عنوان معیارهای موردمطالعه تعیین‌شده است. نتایج تحلیل شبکه حاکی از این است که که عناصر شیب، بارش، لیتولوژی و فاصله از گسل به‌ترتیب دارای بیشترین اهمیت بوده‌اند. تلفیق معیارها نیز نشان می‌دهد که قسمت‌های عمده‌ای در شمال غرب، غرب و جنوب منطقه در نواحی بسیار مخاطره‌آمیز واقع‌شده‌اند و ۵۹ درصد از مجموع وسعت منطقه جزو مناطق پرخطر محسوب می‌شود. مطابق تحلیل خطرپذیری جمعیتی، ۶۱ درصد از کل جمعیت منطقه در معرض حداقل یک مخاطره، ۷ درصد در معرض دو مخاطره و ۸ درصد جمعیت نیز در معرض سه مخاطره واقع‌شده‌اند و این به معنای خطرپذیری محیطی زیاد بخش سیلوانا است.

واژه های کلیدی: تحلیل فضایی، مخاطرات محیطی، سیلوانا، تحلیل شبکه (ANP)، خطرپذیری

[1]. نویسنده مسئول: Email: saeedfathi۱۳۷۱@yahoo.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

مقدمه

مخاطرات طبیعی را می‌توان جزو مهم‌ترین تهدیدهای موجود برای محیط‌زیست و جوامع انسانی به‌حساب آورد که قابلیت رخ دادن در هر زمان و مکانی از کره زمین را دارا می‌باشند. گزارش بانک جهانی نشان می‌دهد که چیزی حدود ۳/۸ میلیون کیلومترمربع و ۷۹۰ میلیون نفر در سرتاسر جهان به‌طور مستقیم در معرض حداقل دو مخاطره و حدود ۰/۵ میلیون کیلومترمربع و ۱۰۵ میلیون نفر نیز در معرض سه یا چند مخاطره طبیعی قرار دارند (Gallina, et al, ۲۰۱٦). بلایای طبیعی در طی سال‌های اخیر در بسیاری از کشورهای جهان به وقوع پیوسته و موجب خسارت‌های گسترده اجتماعی و اقتصادی شده است به‌نحوی‌که آمارها نشان می‌دهد هرساله به‌طور متوسط جان ۱۵۰.۰۰۰ انسان در خطر بوده و خسارتی بالغبر ۱۴۰ میلیارد دلار بر کشورها و به‌ویژه کشورهای کم‌تر توسعه‌یافته تحمیل شده است (آزاده و تقوایی، ۱۳۹۶). این مخاطرات در اغلب موارد اثرات مخربی در جوامع شهری و روستایی برجای گذاشته و برای سالیان متمادی در ابعاد محیطی، اجتماعی، اقتصادی و روان‌شناختی محسوس می‌باشند (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۹۳). مخاطرات طبیعی در کشورهای مستعد را می‌توان یکی از عوامل اصلی بازدارنده توسعه محسوب نمود و ازآنجاکه یکی از شاخص‌های مهم توسعه کشورها میزان آمادگی آن‌ها در برابر مخاطرات طبیعی است، توجه به این مقوله دارای اهمیت بسیار زیادی است و بایستی به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی اقدامات مناسبی صورت بپذیرد.

در معرض خطر بودن، اصطلاحی است که انعکاس‌دهنده دامنه وقایع بالقوه زیان‌بخش و قابلیت تغییر آن‌ها در یک مکان معین است و عنصری مهم در تعیین حساسیت جامعه نسبت به مخاطرات محیطی در هر منطقه می‌باشد (اسمیت، ۱۳۸۲). بیشتر مردم در معرض یک خطر محیطی قرار دارند که ممکن است در جریان باشند یا از آن اطلاع نداشته باشند (پریتانو و همکاران، ۱۳۹۳). تأثیرات مخرب مخاطرات طبیعی را می‌توان با در اختیار داشتن اطلاعات جامع و مفید از مناطق مختلف به حداقل رساند. تهیه نقشه‌های چندخطری (Multi-Hazard Mapping) یکی از راه‌های دسترسی به اطلاعات ارزشمند در ارتباط با مناطق موردمطالعه است که برای مشخص نمودن مخاطرات بالقوه و ریسک‌های موجود مورداستفاده قرار می‌گیرند. با در اختیار داشتن این اطلاعات، امکان تحلیل و بررسی عناصری از قبیل جمعیت، ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و منابع حیاتی وجود دارد. نمایش فضایی مخاطرات بالقوه می‌تواند بسیار سودمند باشد زیرا امکان شناسایی مستقیم محدوده‌های در معرض خطر وجود دارد. تهیه نقشه خطرات همراه با اطلاعاتی در مورد منطقه‌ای که این خطرات در آن‌ها به وقوع خواهند پیوست، روندها و الگوهایی را نشان می‌دهند که به اشکال دیگر قابل‌دستیابی نیستند. با مجهز شدن به این نوع اطلاعات، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران می‌توانند تصمیم‌های آگاهانه‌تری درباره نحوه انجام اقدام‌های پیشگیری و کاهش اثرات سوانح بگیرند. این نقشه‌ها هم به کارشناسان و هم به مردم محلی برای شناخت خطراتی که تهدیدشان می‌کند، کمک شایانی می‌کنند (عسگری و همکاران، ۱۳۹۱). در این میان، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، ابزاری مناسب جهت نمایش مناطق مخاطره‌آمیز در مقیاس وسیع و زمانی کوتاه است (Nugraha, et al, ۲۰۱۸) و نقشه‌هایی که بدین‌وسیله تهیه می‌شوند این قابلیت را فراهم می‌کنند که اطلاعات توصیفی مربوط به پدیده‌های خاص با موقعیت مکانی آن‌ها مرتبط شده و امکان انجام تحلیل‌های پیچیده فضایی میسر گردد و تمامی این اطلاعات در ترکیب با یکدیگر در توجیه اقدام‌های پیشگیری از سوانح و بحران‌ها مورداستفاده قرار گیرند.

تحلیل فضایی مخاطرات زمین به‌واسطه برخورداری از نگاه خاص و ویژه به مسئله پهنه‌بندی و معرفی نواحی مخاطره‌آمیز ناشی از هم‌کارکردی و همزادی برخی مخاطرات طبیعی توانسته است تصویر روشن‌تر و دقیق‌تری از خطرزایی بستر و خطرپذیری گروه‌های انسانی ساکن در آن را ارائه نماید (شریفی کیا و همکاران، ۱۳۸۹) و به همین دلیل در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

تحقیقات متعددی در عرصه جهانی و ملی موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته است. تیت و سوزان (Tate and Susan, ۲۰۱۰)، در پژوهش خود با ترکیب معیارهای مربوط به دامنه خطر، خسارات مادی، زیرساخت‌ها و شاخص‌های اجتماعی در منطقه چارلستون در کارولینای جنوبی، اقدام به تهیه نقشه چندخطری برای منطقه نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان از این دارد که نقشه مذکور قابلیت بالایی در نمایش پهنه‌های آسیب‌پذیر دارا بوده و علاوه بر تعیین مناطق خطرپذیر، می‌تواند تعداد جمعیت و محل سکونت آن‌ها را نیز نشان دهد و نقش مهمی در کاهش خسارات بلایا دارد. هیسین و شنگ (Hsien and Sheng, ۲۰۱۱)، در بررسی‌های خود در کشور تایوان، با ترکیب داده‌های مربوط به مخاطرات طبیعی و کاربری زمین به تحلیل فضایی منطقه ازنظر مخاطرات طبیعی با تأکید بر خطر زمین‌لغزش پرداخته و به این نتیجه دست‌یافته‌اند که از سال ۲۰۰۶ به بعد مناطق تایپه، تایچونگ و کائوسونگ از مستعدترین مناطق ازنظر مخاطرات طبیعی می‌باشند. پنگ و همکاران (Peng, et al, ۲۰۱۲)، با استفاده از تحلیل‌های چندمعیاره، نقش تهیه نقشه‌های مخاطرات بالقوه را در جلوگیری از وقوع آثار مخرب بلایا در منطقه چانگوا تایلند موردمطالعه قرار داده‌اند. آن‌ها با تحلیل و تلفیق پتانسیل زمین‌لغزش، سیل و روانه‌های گلی نقشه مخاطرات محیطی بالقوه را در منطقه مذکور ترسیم نموده و بیان کرده‌اند که این امر می‌تواند برای دولت محلی و مردم بومی بسیار مفید و مؤثر واقع شود. مینوچر (Minucser, ۲۰۱۳)، به این نتیجه رسیده است که از مجموع ۹۷۹/۶ کیلومترمربع از منطقه کوهستانی فروسکاگورا در کشور صربستان، ۴۰درصد آن تحت‌الشعاع یک یا چند نوع مخاطره ازجمله زمین‌لرزه، حرکات دامنه‌ای، فرسایش شدید و سیلاب‌های برق‌آسا قرار دارد که این موضوع ذخایر طبیعی و فرهنگی پارک ملی فروسکاگورا در قسمت مرکزی این منطقه را تهدید می‌کند. اودوح (Udoh, ۲۰۱۵)، اقدام به ترسیم نقشه آسیب‌پذیری منطقه ساحلی آکوا در نیجریه ازنظر مخاطره سیل و فرسایش با به‌کارگیری GIS و داده‌های مربوطه نموده و منطقه مذکور را پهنه‌بندی نموده است. مطابق نتیجه‌گیری وی، نقشه چندخطری آسیب‌پذیری می‌تواند موجب تعامل اطلاعاتی مفیدی در مقوله مخاطرات محیطی شده و درک بهتری از مخاطرات محیطی را به مدیران بحران القا نماید. نوگراها و همکاران (Nugraha, et al, ۲۰۱۸)، با استفاده از منطق فازی و لایه‌های مختلف در محیط نرم‌افزار GIS منطقه شهری سمارنگ در ایالت جاوا اندونزی را ازنظر سیل، زمین‌لغزش و خشک‌سالی پهنه‌بندی نموده و با نتیجه‌گیری خود عنوان نموده‌اند که نقشه‌های چندخطری حاصل از روش‌های فازی دارای دقت بالایی به‌منظور نمایش پهنه‌های مخاطره‌آمیز هستند.

در عرصه داخلی نیز، غلامی (۱۳۹۰)، شهرستان شیروان را با هدف شناسایی نواحی آسیب‌پذیر و پرمخاطره و تهیه نقشه پتانسیل مخاطرات شامل سیلاب، زمین‌لغزش و زلزله موردمطالعه قرار داده است. وی با بهره‌گیری از GIS و مدل منطق فازی و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مدل مذکور، نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر را تهیه نموده است. نتایج این تحلیل نشان از این دارد که نواحی جنوبی و شرقی شهرستان شیروان پرمخاطره‌ترین نواحی بوده‌اند. یمانی و مرادی‌پور (۱۳۹۲)، سه استان در غرب کشور را ازنظر سه مخاطره زلزله، سیل و لغزش موردمطالعه قرار داده‌اند. نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد که استان لرستان ازنظر پتانسیل مخاطرات دارای بیشترین توسعه نسبت به سه استان کردستان، کرمانشاه و مرکزی است. علوی و همکاران (۱۳۹۴)، با به‌کارگیری لایه‌های اطلاعاتی در قالب روش AHP، به پهنه‌بندی سکونتگاه‌های روستایی شهرستان تالش ازنظر مخاطرات محیطی پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از تعداد ۳۱۵ روستای شهرستان، ۱۵۵ روستا یعنی ۴۹ درصد در معرض خطر بالای زلزله قرار دارند که این موضوع لزوم بهسازی و نوسازی مساکن روستایی را مشخص می‌کند. ایمانی و خسروانی (۱۳۹۶)، در تحلیل فضایی پهنه‌های مخاطره‌آمیز استان اردبیل با استفاده از منطق فازی، به این نتیجه رسیده‌اند که ازنظر خطر زمین‌لرزه بخش‌های وسیعی از شمال و جنوب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

منطقه در پهنه بسیار خطرناک قرار دارند. ازنظر حرکات دامنه‌ای، بخش‌های غربی و جنوب شرقی بیشترین آسیب‌پذیری را دارند و بیشترین خطر سیل‌خیزی و فرسایش در حوالی شمال غربی تا غرب و تا حدودی جنوب شرقی منطقه است. به‌طورکلی نقشه نهایی پهنه‌بندی مخاطرات آن‌ها حاکی از این است که بخش‌های شمال غربی و جنوب شرقی استان اردبیل در پهنه‌های بسیار خطرناک قرار دارند. قنبری و پاشانژاد سیلاب (۱۳۹۷)، به تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محیطی در سطح منطقه‌ای در کرانه شرقی دریاچه ارومیه با تلفیق تکنیک‌ها و داده‌های فضایی در قالب چهار شاخص پرداخته و پی برده‌اند که بیش از ۵۰ درصد سطح منطقه در گروه آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد واقع شده‌اند. عنابستانی و همکاران (۱۳۹۷)، در تحلیل فضایی سطح تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی در بخش مرکزی شهرستان فاروج به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص رضایت روستائیان از عملکرد شورا و دهیاری بیشترین نقش را در تاب‌آوری روستایی دارا می‌باشند و بر این اساس، روستاهای مفرنقاه، استاد و پیرعلی دارای حداکثر تاب‌آوری و روستاهای ریزه و رشوانلو دارای حداقل تاب‌آوری هستند.

برخی مناطق جهان به خاطر موقعیت جغرافیایی و یا شرایط حیاتی خاص خود بیش از سایر مناطق در معرض تأثیرات منفی بلایای طبیعی قرار دارند. تحقیقات مختلف (کاویانی‌راد، ۱۳۸۹؛ رکن‌الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۸۸؛ سدیدی و همکاران، ۱۳۹۵؛ زارع و کامران‌زاد، ۱۳۹۳) نشان می‌دهد که کشور ایران بنا به دلایل مختلف همچون موقعیت جغرافیایی خاص خود، عوامل محیطی، زیرساخت‌های غیراستاندارد و دانش ضعیف مردم محلی همواره با سوانح طبیعی روبه‌رو بوده است و تاریخ و علم نیز نشان داده که تقریباً هیچ جای آن مصون از مخاطرات طبیعی نیست. بخش سیلوانا به خاطر شرایط اکولوژیکی و تنوع ساختارهای توپوگرافی دارای پتانسیل‌های فراوانی برای وقوع مخاطرات طبیعی بوده و ارزیابی و تحلیل وضعیت منطقه ازنظر خصوصیات طبیعی و انسانی می‌تواند به شناخت ساختاری منطقه و تعیین نواحی آسیب‌پذیر در برابر انواع مخاطرات کمک شایانی نماید و لذا تهیه نقشه پهنه‌بندی مخاطرات در محدوده موردمطالعه ضروری و لازم به نظر می‌رسد. با توجه به موارد ذکرشده، در پژوهش حاضر اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی مخاطرات و تحلیل فضایی خطرپذیری محیطی در بخش سیلوانا با تأکید بر سه مخاطره سیلاب، زمین‌لرزه و زمین‌لغزش شده است.

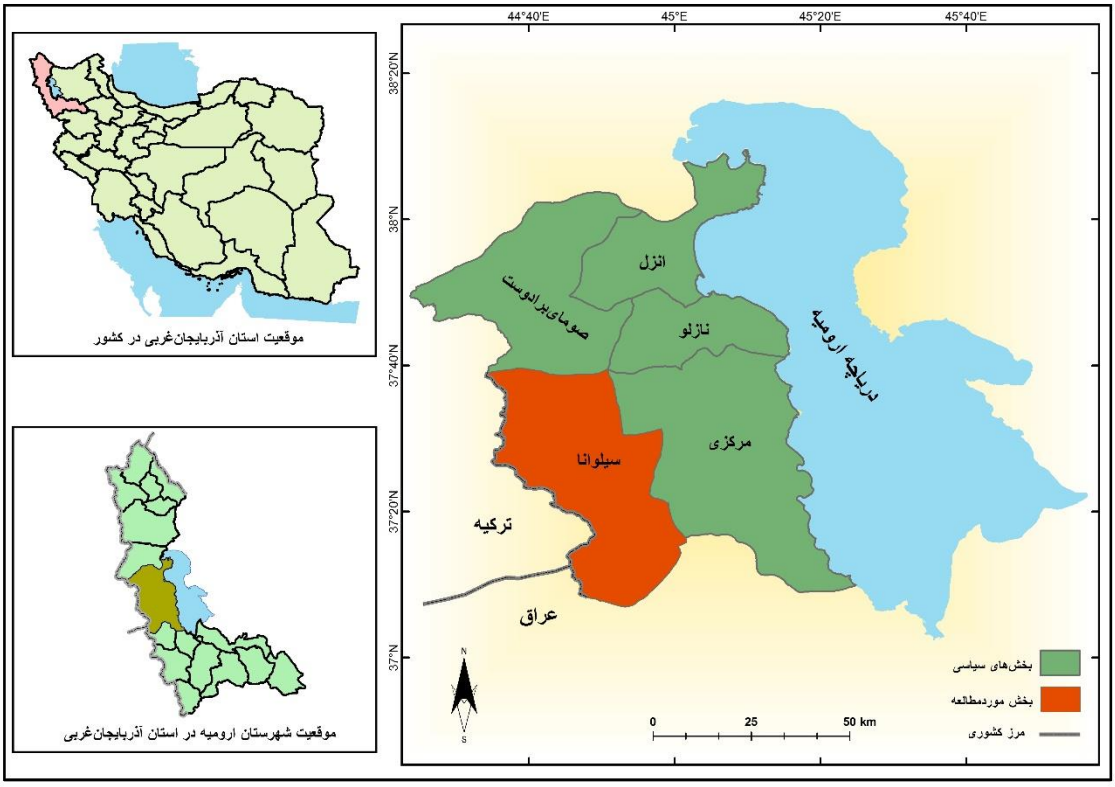
داده‌ها و روش کار

- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

محدوده موردمطالعه در این پژوهش، بخش سیلوانا به‌عنوان یکی از بخش‌های سیاسی واقع در شهرستان ارومیه در استان آذربایجان غربی است که در غرب آن واقع‌شده و مساحتی حدود ۱۳۴۶ کیلومترمربع را در برمی‌گیرد. محدوده این بخش در مختصات جغرافیایی بین ۴۴ درجه و ۳۴ دقیقه و ۹ ثانیه تا ۴۵ درجه و ۱ دقیقه و ۳۳ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۶ دقیقه و ۵۹ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه و ۳۴ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. سیلوانا از طرف شمال به بخش صومای برادوست، از طرف شرق به بخش مرکزی، از جنوب به شهرستان اشنویه، از غرب به استان حکاری ترکیه و از جنوب غربی به استان اربیل عراق منتهی می‌شود و بر این اساس می‌توان گفت که دارای مرز مشترک با دو کشور ترکیه و عراق است (شکل ۱).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]



شکل ۱. نقشه محدوده موردمطالعه

- **روش کار**

پژوهش حاضر یک پژوهش کاربردی از نوع توصیفی – تحلیلی می‌باشد. در پژوهش حاضر با توجه به تأثیر عناصر و معیارهای متعدد در مسئله موردبررسی و لزوم برقراری روابط بین عناصر، از روش فرایند تحلیل شبکه (ANP) و توابع فازی جهت تجزیه‌وتحلیل معیارها استفاده شده است و جهت گردآوری داده‌های موردنیاز پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای، نرم‌افزاری و میدانی استفاده شده است. داده‌های مورداستفاده در پژوهش و مرجع آن‌ها عبارتند از:

- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰.۰۰۰ و ۱:۲۵.۰۰۰ سیلوانا و شماره برگه ۴۹۶۴ (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)؛ لایه خطوط گسل و لایه سنگ‌شناسی منطقه با عملیات رقومی‌سازی نقشه‌های فوق استخراج شده است.
- لایه رقومی مدل ارتفاعی (DEM) با شماره N۳۷E٤٤ و N۳۷E٤٥ از آرشیو داده‌های SRTM (سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا)؛ لایه‌های شیب، جهت شیب و تراکم آبراهه از این لایه استخراج شده است.
- لایه زمین‌لرزه‌های دستگاهی روی‌داده در منطقه از تاریخ ۱۹۳۰ تا ۲۰۱۸ و با شدت بالاتر از ۳/۵ ریشتر (سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا)؛
- لایه زمین‌لغزش‌های روی‌داده در منطقه و لایه خطوط ارتباطی (استخراج از نرم‌افزار گوگل ارث)؛
- لایه‌های کاربری اراضی، نوع خاک‌ها، سطح آب‌های زیرزمینی و میزان بارندگی (ستاد احیای دریاچه ارومیه)؛
- سالنامه آماری سال ۱۳۹۵ استان آذربایجان غربی به تفکیک تقسیمات سیاسی (مرکز آمار ایران).

به‌طورکلی پژوهش حاضر در چهار مرحله اصلی و چند گام به شرح زیر صورت‌گرفته است:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

مرحله اول: آماده‌سازی پایگاه داده و تهیه نقشه‌های معیار؛ که برای این کار از توابع تحلیلی موجود در نرم‌افزار ArcGIS ۱۰.۴.۱ استفاده‌شده است.

مرحله دوم: تعیین وزن نقشه‌های معیار؛ بدین‌منظور از روش ANP استفاده‌شده است. روش مذکور یکی از فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره بوده و جزء مدل‌های جبرانی محسوب می‌شود. روش تحلیل شبکه دارای پنج گام به شرح زیر است:

گام اول: ساخت مدل شبکه‌ای و تبیین مسئله موردنظر،

گام دوم: انجام ماتریس مقایسه‌های زوجی و تعیین بردار اولویت معیارها،

گام سوم: محاسبه سوپرماتریس ناموزون،

گام چهارم: محاسبه سوپرماتریس موزون.

گام پنجم: محاسبه وزن نسبی. با توجه به تعداد زیاد محاسبات فرایند تحلیل شبکه در این پژوهش از نرم‌افزار Super Decisions ۲،۶،۰ استفاده‌شده است.

مرحله سوم: استانداردسازی نقشه‌ها؛ با توجه به هم‌مقیاس نبودن نقشه‌های معیار، این نقشه‌ها باید با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری به مقیاسی تبدیل شوند که امکان تلفیق آنها با یکدیگر فراهم شود. منطق فازی یکی از روش‌های ارزیابی ابهام و عدم قطعیت است و هر کدام از اعضای مجموعه‌های فازی دارای یک درجه عضویت خاص در آن مجموعه هستند که این درجه بین صفر تا یک متغیر است و درجه یک دارای بیشترین ارزش و درجه صفر دارای کم‌ترین ارزش می‌باشد. در پژوهش حاضر از میان توابع مختلف فازی، از سه تابع خطی (Linear)، کمینه (Small) و بیشینه (Large) استفاده شده است. در تابع خطی، یک رابطه خطی بین مقادیر حداقل تا حداکثر بر اساس مقادیر موردنظر کاربر برقرار می‌شود و مقادیر کم‌تر از میانه ارزش پایین‌تر و مقادیر بیشتر از میانه ارزش بالاتری دریافت می‌کنند. تابع کمینه زمانی استفاده می‌شود که مقادیر ورودی پایین‌تر درجه عضویت ببیشتری می‌گیرند و در تابع بیشینه نیز ورودی‌های با مقدار بالاتر از احتمال درجه عضویت کم‌تری برخوردار هستند.

مرحله چهارم: تلفیق نقشه‌ها؛ نهایتاً عملیات تلفیق فازی انجام‌گرفته است و از میان عملگرهای فازی موجود، عملگر گامای فازی ۰/۹ (Fuzzy Gamma ۰،۹) جهت همپوشانی نقشه‌های وزن‌دار و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مخاطرات محیطی مورداستفاده قرار گرفته است.

- **تشریح فرایند تحلیل شبکه‌ای**

مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای یکی از مدل‌های نسبتاً جدید تصمیم‌گیری است که قابلیت بررسی نظام‌مند روابط متقابل، روابط درونی و بازخوردهای موجود بین سطوح مختلف مسئله موردنظر را دارا می‌باشد. ازآنجاکه مسئله موردمطالعه در پژوهش حاضر یک مسئله مکانی است و عناصر این مسئله را داده‌های مکان‌محور تشکیل می‌دهند لذا جهت مشخص شدن میزان ارزش هر یک از عناصر به‌منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی مخاطرات، مدل ANP به‌صورت گام‌به‌گام به اجرا درآمده است.

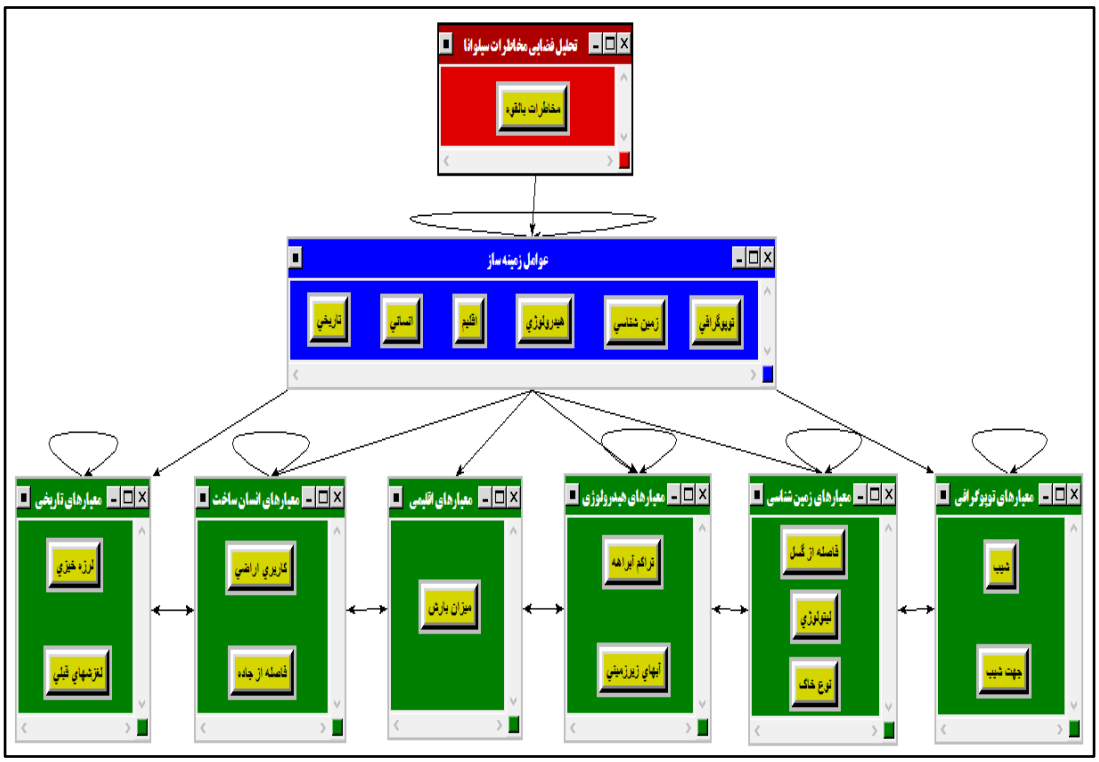
✓ **تبیین ساختار شبکه‌ای**

در اولین گام جهت تبیین ساختار مسئله موردمطالعه باید یک شبکه که معرف متغیرهای مسئله موردنظر شامل هدف، معیارها، زیرمعیارها یا گزینه‌ها باشد طراحی نمود. این شبکه خود در دو گام طراحی‌شده است: در گام اول متغیرها در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

قالب خوشه‌های مختلف از بالا به پایین در ساختار سلسله‌مراتبی قرارگرفته‌اند. هدف پژوهش بالاترین خوشه در ساختار موجود است و خوشه بعدی دربرگیرنده عوامل مؤثر در مسئله تصمیم‌گیری است که در اینجا شامل توپوگرافی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیم، عوامل انسانی و پیشینه تاریخی است. همچنین عناصر شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، لیتولوژی، نوع خاک‌ها، تراکم رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی، بارش، کاربری اراضی، فاصله از جاده‌ها، لغزش‌های رخداده و لرزه‌خیزی در خوشه مربوط به زیرمعیارها قرار دارند. با تبیین ساختار شبکه‌ای، در گام بعدی به ایجاد روابط بین متغیرها پرداخته‌شده است. با توجه به هدف پژوهش که همان پهنه‌بندی مخاطرات محیطی است، ممکن است یک عنصر یا چندین عنصر در بررسی مخاطرات موردنظر دارای نقش‌آفرینی باشند، به‌عنوان‌مثال لیتولوژی در هر سه مخاطره سیلاب، زمین‌لغزش و زمین‌لرزه تأثیرگذار است و لذا با درنظرگرفتن نقش عناصر در مخاطره موردنظر اقدام به برقراری روابط شده است. بر این اساس، علاوه بر این‌که خوشه‌ها با همدیگر در ارتباط هستند، عناصر موجود در هر خوشه نیز با همدیگر ارتباط دارند و عناصر موجود در خوشه‌های مختلف نیز در تعامل با یکدیگر می‌باشند (شکل ۲).



شکل ۲. ساختار شبکه‌ای تحلیل مخاطرات بالقوه محیطی

✓ **مقایسات زوجی معیارها**

برای انجام ماتریس مقایسات زوجی بین معیارهای پژوهش از مقیاس ساتی (Saaty) که دارای یک طیف نه کمیتی است، استفاده شده است. به‌وسیله مقیاس مذکور می‌توان قضاوت‌ها را در بازه عددی ۱ تا ۹ انجام داد به‌طوری‌که عدد ۱ بیانگر ارزش برابر دو عنصر و عدد ۹ بیانگر اهمیت بی‌نهایت زیاد یک عنصر نسبت به دیگری است (جدول ۱). بدین ترتیب با انجام ماتریس مقایسات زوجی، مقدار وزن یا ارزش نسبی عناصر موردمطالعه به دست می‌آید. جهت برقراری ماتریس مقایسه‌های زوجی میان عناصر پژوهش، با توجه به تعداد و حجم بالای محاسبات موردنیاز، از نرم‌افزار سوپردسیژن استفاده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

جدول ۱. مقیاس انجام مقایسات زوجی (Saaty, ۲۰۰۸)

مقدار عددی	میزان اهمیت	تفسیر
۱	برابر	دو عنصر دارای سهم برابر از مسئله تصمیم‌گیری هستند
۲	ضعیف یا ناچیز	
۳	متوسط	یک عنصر بر اساس تجربه و قضاوت تحلیل‌گر دارای اندکی برتری بر دیگری است
۴	متوسط تا زیاد	
۵	نسبتاً زیاد	یک عنصر بر اساس تجربه و قضاوت تحلیل‌گر دارای غلبه نسبی بر دیگری است
۶	زیاد	
۷	خیلی زیاد	یک عنصر از ارجحیت بسیار زیادی نسبت به دیگری برخوردار است
۸	فوق‌العاده زیاد	
۹	بی‌نهایت زیاد	یک عنصر به‌صراحت دارای بالاترین برتری نسبت به دیگری است

ماتریس‌های مذکور با توجه به روابط برقرارشده بین معیارها عملیاتی شده است. به‌منظور بهینه‌سازی و دستیابی به سازگاری قابل‌قبول در محاسبات و با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری (Inconsistency Ratio) استاندارد برای مقایسات زوجی حداکثر ۰/۱ است، پس از تکمیل ماتریس‌ها نسبت به رفع خطاهای احتمالی موجود در آن‌ها اقدام شده و مشخص شده است که نرخ ناسازگاری به‌دست‌آمده برای ماتریس‌های صورت‌گرفته از سازگاری قابل‌قبولی برخوردار بوده و محاسبات دارای دقت و اعتبار بالایی می‌باشد.

✓ **محاسبه سوپرماتریس ناموزون**

در اولین مرحله پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی میان عناصر، سوپرماتریس اولیه تحت‌عنوان سوپرماتریس ناموزون یا غیروزنی محاسبه شده است که مبنای محاسبات و سوپرماتریس‌های بعدی قرار خواهد گرفت. وزن‌های حاصله در این سوپرماتریس با توجه به روابط متقابل میان عناصر محاسبه شده است. در واقع این سوپرماتریس از اجتماع بردارهای ویژه حاصل از مقایسه‌های زوجی به‌دست‌آمده است و خود بردارهای ویژه نیز از استانداردسازی ماتریس‌های مرحله قبل حاصل می‌شوند (جدول ۲).

جدول ۲. سوپرماتریس ناموزون

معیار		توپوگرافی		زمین‌شناسی			هیدرولوژی		اقلیم	انسانی		تاریخی	
	عنصر	شیب	جهت شیب	فاصله از گسل	لیتولوژی	نوع خاک	تراکم رودخانه‌ها	آبهای زیرزمینی	بارندگی	کاربری اراضی	فاصله از جاده	لغزش‌های قبلی	لرزه‌خیزی
توپوگرافی	شیب	۰	۰/۲۲۹	۰/۳۸۹	۰/۲۷	۱	۱	۰	۱	۱	۰/۵	۰/۶۶	۰
	جهت شیب	۰/۲۲۹	۰	۰/۱۳۳	۰/۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶۵	۰/۲۲	۰
زمین‌شناسی	فاصله از گسل	۰	۰/۵	۰	۰/۶۶۸	۰	۰	۰/۱۴۹	۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۶۸۶

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

	لیتولوژی	۱	۰/۵	۰/۰۹	۰	۱	۱	۰/۳۷۶	۱	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۱۲۶
	نوع خاک	۰/۱۹۲	۰/۱۳۷	۰/۳۱۳	۰/۲۱۱	۰	۰/۱۳۷	۰	۰/۱۳۷	۰/۱۶۶	۰/۱۴۸	۰/۱۷۲	۰
هیدرولوژی	تراکم رودخانه‌ها	۰/۰۹۹	۰/۲۷	۰	۰/۱۲۴	۰/۱۵۷	۰	۰	۰/۶۸۹	۰/۱۶۶	۰/۱۸۴	۰/۰۹۵	۰
	آب‌های زیرزمینی	۰	۰	۰/۱۸۱	۰/۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۸۶
اقلیم	بارندگی	۰/۳۷۲	۰/۴۳۴	۰/۰۹۵	۰/۳۶۲	۰/۶۳۱	۰/۶۸۹	۰	۰	۰/۶۶۶	۰/۳۱۲	۰/۴۷	۰
انسانی	کاربری اراضی	۰/۳۳۵	۰/۱۵۷	۰/۴	۰/۳	۰/۲۱	۰/۱۷۲	۰	۰/۱۷۲	۰	۰/۳۵۳	۰/۲۶	۰
	فاصله از جاده	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۹۴	۰/۰۶۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۱	۰
تاریخی	لغزش‌های قبلی	۰/۶۹۴	۰/۶۹۴	۰/۳۸۱	۰/۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳۳۱	۰	۰
	لرزه‌خیزی	۰	۰	۰/۷۲۷	۰/۱۱	۰	۰	۰/۴۷۴	۰	۰	۰	۰	۰

✓ **محاسبه سوپرماتریس موزون**

در سوپرماتریس موزون، ستون‌های سوپرماتریس ناموزون استاندارد شده و از عناصر موجود در هر ستون بر اساس وزن نسبی آن‌ها فاکتور گرفته می‌شود و نهایتاً جمع هر ستون برابر یک خواهد شد. این موضوع مشابه زنجیره مارکوف است که مجموع احتمال تمامی وضعیت‌ها باید برابر یک گردد (ایمانی و پورخسروانی، ۱۳۹۶). در این مرحله، سوپرماتریس اولیه حاصل از مرحله قبلی نرمال‌سازی شده است و سوپرماتریس جدیدی تحت عنوان سوپرماتریس موزون یا وزن‌دار تشکیل شده است (جدول ۳). در این سوپرماتریس نیز، وزن هر عنصر از جدول نسبت به خودش صفر بوده و صفر بودن سایر عناصر نسبت به یکدیگر به نحوه تبیین ارتباطات شبکه‌ای اولیه و وجود یا عدم وجود ارتباط میان دو عنصر در دو خوشه مختلف مربوط می‌شود.

جدول ۳. سوپرماتریس موزون

خوشه		توپوگرافی		زمین‌شناسی			هیدرولوژی		اقلیم	انسانی		تاریخی	
	عنصر	شیب	جهت شیب	فاصله از گسل	لیتولوژی	نوع خاک	تراکم رودخانه‌ها	آبهای زیرزمینی	بارندگی	کاربری اراضی	فاصله از جاده	لغزش‌های قبلی	لرزه‌خیزی
توپوگرافی	شیب	۰	۰/۰۷۶	۰/۱۲۹	۰/۰۹	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۱۶۷	۰/۲۲۲	۰
	جهت شیب	۰/۰۷۶	۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۵	۰/۰۷۳	۰
زمین‌شناسی	فاصله از گسل	۰	۰/۱۶۶	۰	۰/۲۲۲	۰	۰	۰/۱۴۹	۰	۰	۰/۱۶۶	۰/۱۶۶	۰/۶۸۶
	لیتولوژی	۰/۳۳۳	۰/۱۶۶	۰/۰۳	۰	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۷۶	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۱۶۶	۰/۱۶۶	۰/۱۲۶

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

	نوع خاک	۰/۰۶۴	۰/۰۴۵	۰/۱۰۴	۰/۰۷	۰	۰/۰۴۵	۰	۰/۰۴۵	۰/۰۵۵	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰
هیدرولوژی	تراکم رودخانه‌ها	۰/۰۳۳	۰/۰۹	۰/۰۶۲	۰/۰۴۱	۰/۰۵۲	۰	۰	۰/۲۲۹	۰/۰۵۵	۰/۰۶۱	۰/۰۳۱	۰
	آب‌های زیرزمینی	۰	۰	۰/۰۶	۰/۰۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۸۶
اقلیم	بارندگی	۰/۱۲۴	۰/۱۴۴	۰/۰۳۱	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۲۲۹	۰	۰	۰/۲۲۲	۰/۱۰۴	۰/۱۵۶	۰
انسانی	کاربری اراضی	۰/۱۱۱	۰/۰۵۲	۰/۱۳۴	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۵۷	۰	۰/۰۵۷	۰	۰/۱۱۷	۰/۰۸۶	۰
	فاصله از جاده	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳۶	۰
تاریخی	لغزش‌های قبلی	۰/۲۳۱	۰/۲۳۱	۰/۱۲۷	۰/۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۱	۰	۰
	لرزه‌خیزی	۰	۰	۰/۲۴۲	۰/۰۳۶	۰	۰	۰/۴۷۴	۰	۰	۰	۰	۰

✓ محاسبه ماتریس حدی

آخرین مرحله در انجام ماتریس‌های ANP محاسبه بردار وزن عمومی است. جهت به‌دست‌آوردن مقدار وزن عمومی عناصر، اعداد سوپرماتریس موزون تا جایی به توان رسانده می‌شوند که همگرا شده و ارقام واقع در هر ردیف جدول یکسان‌سازی شده و ماتریسی که عناصر آن در هر سطر دارای یک مقدار مشخص و یکسان باشد به‌عنوان ماتریس حدی در نظر گرفته خواهد شد. مقادیر موجود در ستون‌ها نیز برای تمامی عناصر موجود با توجه به خوشه‌ها، برابر یک خواهد بود. همان‌طور که در جدول ۴ نیز قابل‌مشاهده است، در نهایت وزن نسبی تک‌تک عناصر موردمطالعه به‌دست‌می‌آید (جدول ۴).

جدول ۴. ماتریس حدی

خوشه		توپوگرافی		زمین‌شناسی			هیدرولوژی		اقلیم	انسانی		تاریخی	
	عنصر	شیب	جهت شیب	فاصله از گسل	لیتولوژی	نوع خاک	تراکم رودخانه‌ها	آبهای زیرزمینی	بارندگی	کاربری اراضی	فاصله از جاده	لغزش‌های قبلی	لرزه‌خیزی
توپوگرافی	شیب	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱
	جهت شیب	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳
زمین‌شناسی	فاصله از گسل	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶
	لیتولوژی	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲
	نوع خاک	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

هیدرولوژی	تراکم رودخانه‌ها	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸
	آب‌های زیرزمینی	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
اقلیم	بارندگی	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱
انسانی	کاربری اراضی	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶
	فاصله از جاده	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
تاریخی	لغزش‌های قبلی	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷
	لرزه‌خیزی	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶

با انجام محاسبات مذکور، مقدار وزن نهایی معیارها به‌دست‌آمده است (جدول ۵). این وزن به دو شکل وزن نهایی و وزن نرمال‌شده در هر خوشه که مربوط به ماتریس مقایسات زوجی عناصر سه مخاطره است، بیان‌شده است که بر اساس آن‌ها می‌توان به بررسی جداگانه هر سه مخاطره در سطح منطقه پرداخت. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، به ترتیب عناصر شیب، بارندگی، لیتولوژی و فاصله از گسل دارای بیشترین وزن نسبی بوده و از حداکثر اهمیت در رابطه با وقوع مخاطرات بالقوه محیطی در منطقه سیلوانا برخوردار می‌باشند. عناصر دیگر به ترتیب میزان اهمیت عبارتند از کاربری اراضی، تراکم رودخانه‌ها، لرزه‌خیزی، نوع خاک، لغزش‌های قبلی، جهت شیب، آب‌های زیرزمینی و فاصله از جاده. مقادیر وزنی حاصله در این مرحله با استفاده از تابع Raster Calculator در محیط GIS به نقشه مربوط به هر معیار تخصیص داده‌شده است.

جدول ۵. وزن نهایی عناصر پژوهش

عناصر	وزن نهایی	وزن نرمال‌شده بر اساس مخاطره		
		سیلاب	زمین‌لغزش	زمین‌لرزه
شیب	۰/۲۰۱	۰/۳۳۳	۰/۱۶۶	-
جهت شیب	۰/۰۳۳	-	۰/۰۳۴	-
فاصله از گسل	۰/۱۰۶	-	۰/۰۵۳	۰/۵
لیتولوژی	۰/۱۱۲	۰/۰۲۵	۰/۱۵۴	۰/۲۹۲
نوع خاک	۰/۰۵۵	۰/۰۴۴	۰/۰۹۹	-
تراکم رودخانه‌ها	۰/۰۷۸	۰/۳۳۳	۰/۰۴۴	-
آب‌های زیرزمینی	۰/۰۳	-	-	۰/۰۳
بارندگی	۰/۱۶۱	۰/۱۷۱	۰/۱۶۶	-
کاربری اراضی	۰/۰۹۶	۰/۰۹۲	۰/۱۵۴	۰/۱۱۶
فاصله از جاده‌ها	۰/۰۱۶	-	۰/۰۲۹	-
لغزش‌های قبلی	۰/۰۴۷	-	۰/۰۹۵	-
لرزه‌خیزی	۰/۰۶	-	-	۰/۰۵۹

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

✓ **استانداردسازی با توابع فازی**

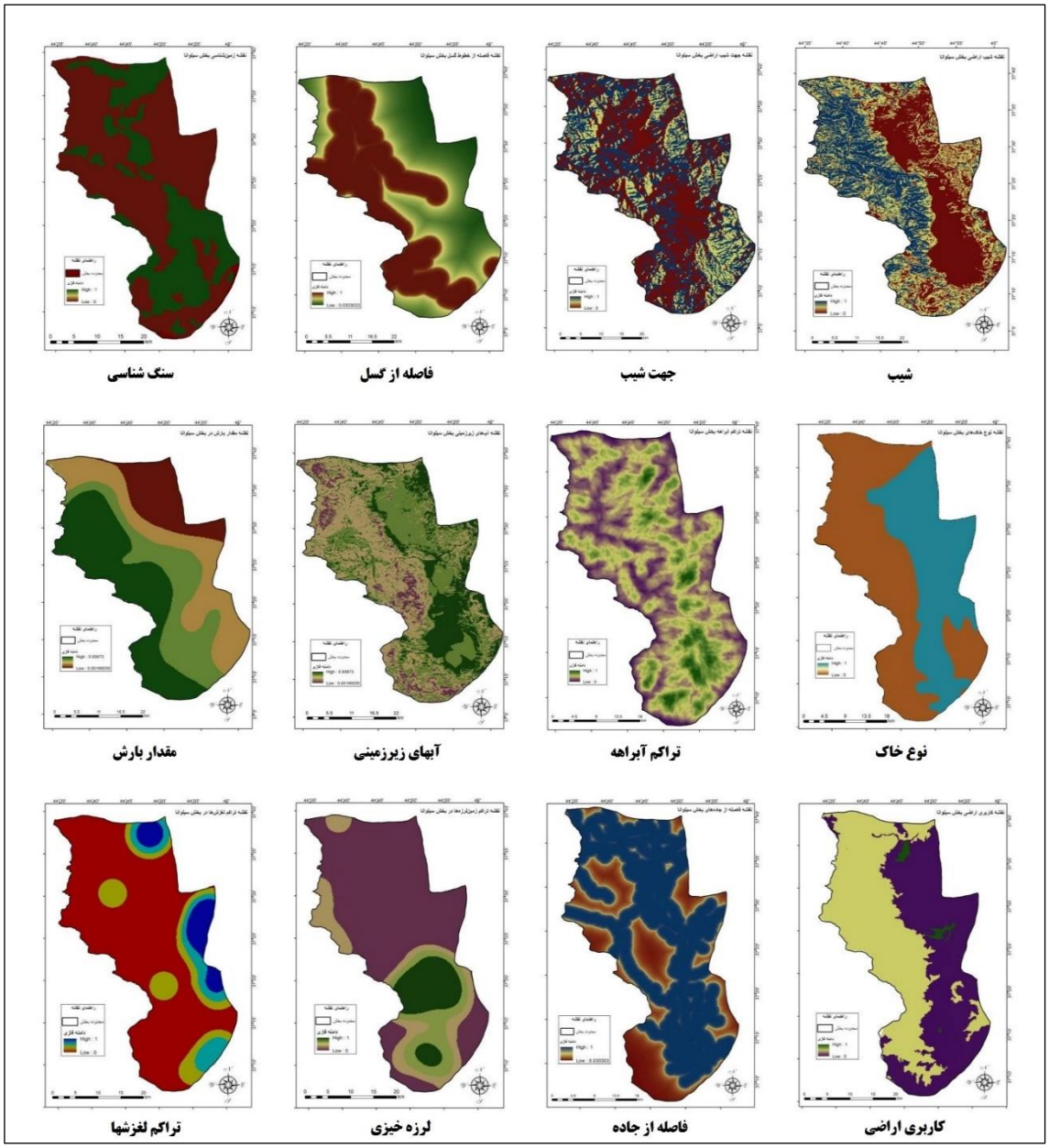
پس از تعیین وزن نهایی معیارها، از توابع فازی برای استانداردسازی نقشه‌های مربوطه برحسب نوع معیارها استفاده شده است. همان‌طور که در جدول ۶ قابل‌مشاهده است، برای نقشه‌های شیب، جهت شیب، لیتولوژی، نوع خاک، تراکم رودخانه‌ها، کاربری اراضی، لرزه‌خیزی و تراکم زمین‌لغزش‌ها با توجه به طبقه‌بندی صورت‌گرفته برای نقشه‌ها و اختصاص کد (Decode) برای طبقات، تابع Linear مورداستفاده قرارگرفته است و برای نقشه فاصله از گسل و فاصله از جاده‌ها با توجه به ماهیت کاهشی آن‌ها از تابع Small و برای نقشه آب‌های زیرزمینی و میزان بارندگی با توجه به ماهیت افزایشی آن‌ها از تابع Large استفاده‌شده است. با تخصیص وزن نهایی عناصر به نقشه‌ها و اعمال توابع فازی، نقشه‌های موردنظر به استاندارد فازی تبدیل‌شده (شکل ۳) و امکان تلفیق آنها با یکدیگر با استفاده از عملگرهای فازی فراهم می‌شود.

جدول ۶. توابع فازی مورداستفاده برای معیارهای پژوهش

ردیف	معیارها	تابع فازی	ردیف	معیارها	تابع فازی
۱	شیب	Linear	۷	آبهای زیرزمینی	Large
۲	جهت شیب	Linear	۸	میزان بارش	Large
۳	فاصله از گسل	Small	۹	کاربری اراضی	Linear
۴	لیتولوژی	Linear	۱۰	فاصله از جاده	Small
۵	نوع خاک	Linear	۱۱	لرزه‌خیزی	Linear
۶	تراکم آبراهه	Linear	۱۲	لغزش‌های قبلی	Linear

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]



شکل ۳. نقشه‌های فازی معیارهای پژوهش

✓ **تلفیق نقشه‌ها**

اگر تمام پارامترهای مسئله به‌صورت مجموعه‌های فازی با مقادیر عضویت صحیح تعریف شوند می‌توان برای تلفیق پارامترها از عملگرهای مناسب فازی استفاده نمود. نوع عملگر مورداستفاده نیز بستگی به نحوه تأثیرپذیری پارامترهای مختلف از یکدیگر و یا اثر نهایی عملگر روی مجموعه پارامترها دارد. با توجه به قابلیت بالای عملگر گامای فازی ۰/۹ در تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر، در اینجا از این عملگر جهت تلفیق نقشه‌های وزن‌دار استفاده‌شده است.

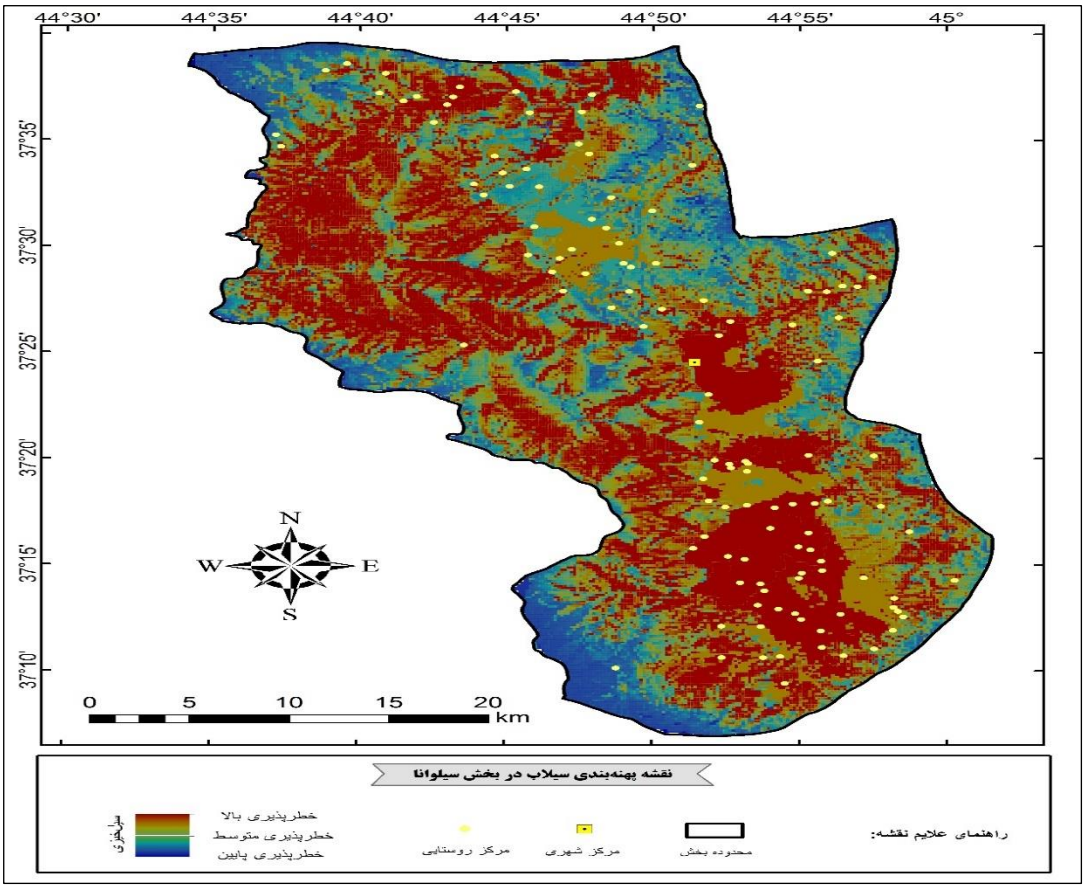
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

شرح و تفسیر نتایج

- **سیلاب**

با تلفیق و روی‌هم‌گذاری نقشه‌های بارش، تراکم آبراهه، شیب زمین، کاربری اراضی، نوع خاک و لیتولوژی، نقشه پهنه‌بندی پتانسیل وقوع سیلاب در بخش سیلوانا به‌دست‌آمده است (شکل ۴). با بررسی نقشه مربوط به پهنه‌بندی خطر سیلاب بخش سیلوانا، این موضوع به‌روشنی قابل استنباط است که منطقه از سیل‌خیزی بالایی برخوردار بوده و بخش‌های قابل‌توجهی در شمال، مرکز و جنوب آن در معرض وقوع سیلاب قرار دارند. نکته دیگری که در این زمینه قابل‌ذکر است، نقش معیارهای موردبررسی در خطر سیلاب است به‌طوری‌که با بررسی دقیق‌تر نقشه مذکور می‌توان گفت که عناصری همچون شیب، بارندگی و تراکم شبکه آبراهه را باید به‌عنوان عوامل اصلی وقوع یا شدت یافتن جریان سیلاب در منطقه قلمداد نمود که خود این امر نیز تابع شرایط خاص فیزیوگرافی منطقه است. می‌توان چنین بیان کرد که وقوع بارندگی‌های سیل‌آسا در غرب منطقه، نقطه شروع یا عامل اولیه جریان سیلاب است و به دنبال آن شرایط کوهستانی منطقه با شیب‌های تند که موجب ایجاد اختلاف ارتفاع زیاد قسمت‌های غربی و شرقی شده و درنهایت به هم پیوستن شبکه‌ای وسیع از آبراهه‌ها باعث جریان یافتن حجم وسیعی از آب با سرعت زیاد می‌گردد و آنچه که بر مخاطره‌آفرینی این پدیده در منطقه منجر می‌شود فراهم بودن شرایط انسانی یا طبیعی مستعد خطرات سیلاب از قبیل تراکم سکونتگاه‌های روستایی، اراضی کشاورزی، ضعف در ساختارهای ارتباطی و بعضاً جنس زمین یا خاک است و لذا شناسایی مناطق مخاطره‌آمیز جهت پیشگیری از پیامدهای احتمالی مخرب سیلاب گامی مهم در راستای مقابله با مخاطرات محیطی و دستیابی به توسعه پایدار در منطقه موردمطالعه محسوب می‌شود.



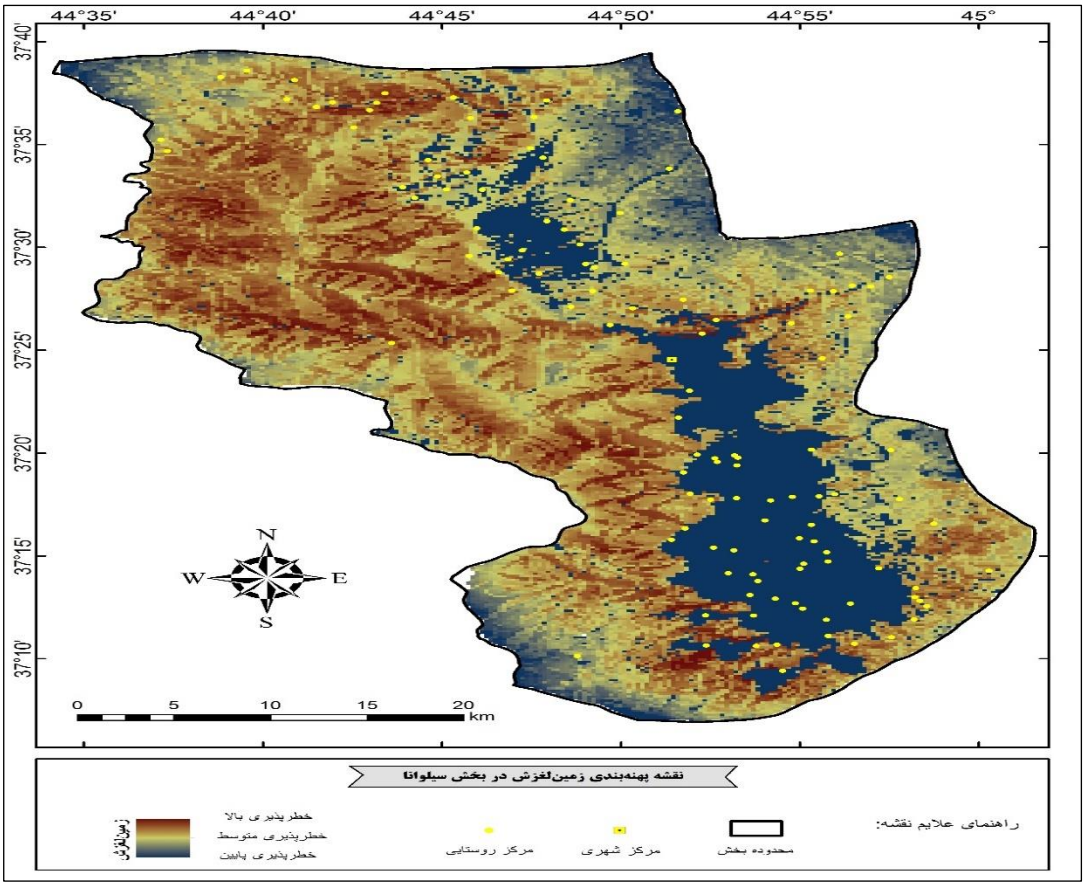
شکل ۴. نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در بخش سیلوانا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

- **زمین‌لغزش**

تهیه نقشه خطر وقوع زمین‌لغزش ابزاری اساسی برای فعالیت‌های مدیریت بحران در نواحی کوهستانی است. مدیریت ریسک و ارزیابی خطر زمین‌لغزش‌ها با شناسایی جامع و تهیه نقشه آن‌ها آغاز می‌شود و این امر می‌تواند مبنایی جهت کسب آگاهی از توزیع مکانی و زمانی آن‌ها محسوب گردد (محمدنیا و فلاح، ۱۳۹۷). جهت تعیین نواحی مستعد از نظر زمین‌لغزش، با استفاده از عملیات همپوشانی فازی و استفاده از عملگر گامای فازی ۰/۹، معیارهای مربوط به این پدیده از قبیل بارش، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، فاصله از گسل، تراکم رودخانه‌ها، فاصله از جاده، لیتولوژی، نوع خاک و لغزش‌های قبلی با یکدیگر ترکیب شده است و نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش در منطقه موردمطالعه به‌دست‌آمده است. همان‌طور که در شکل (۵) قابل‌مشاهده است، بخش‌های واقع در شمال غربی و غرب منطقه به دلیل وجود ناهمواری‌های متعدد با شیب تند و دریافت بارش‌های زیاد و نیز بافت مستعد دامنه‌ها از پتانسیل بالایی جهت وقوع زمین‌لغزش برخوردار هستند. همچنین قسمت‌های بسیار کوچکی در جنوب و شرق منطقه نیز مستعد خطر زمین‌لغزش می‌باشند.



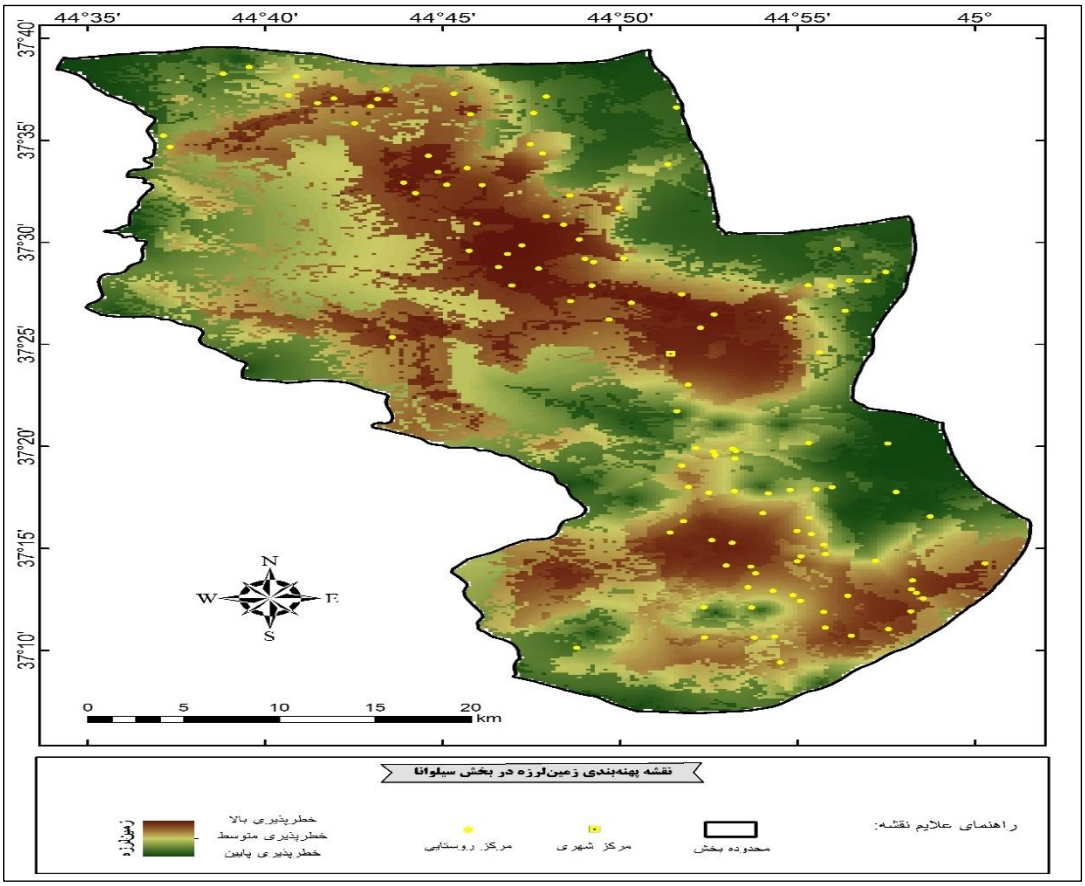
شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در بخش سیلوانا

- **زمین‌لرزه**

نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه تغییرات مواردی مانند میزان احتمال وقوع، خطر وقوع و اثرات زلزله را نسبت به نقاط مختلف یک شهر، منطقه یا کشور نشان می‌دهد و از این نقشه‌ها برای برنامه‌های عمرانی، مقاوم‌سازی، کاربری زمین، تعیین نرخ بیمه و غیره استفاده می‌شود (امیدوار، ۱۳۹۲). با ترکیب معیارهای زمین‌لرزه شامل فاصله از گسل، لیتولوژی،

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

کانون‌های زمین‌لرزه و منابع آب‌های زیرزمینی با عملگر گامای فازی ۰/۹، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه حاصل‌شده است(شکل ۶). نقاط قرمزرنگ در نقشه بیانگر پتانسیل بالا برای زمین‌لرزه است و در مقابل، نقاط سبزرنگ نشان‌دهنده پتانسیل پایین برای خطر زمین‌لرزه است. همان‌طور که در نقشه مذکور مشاهده می‌شود، قسمت‌های شمالی و مرکزی به‌علاوه قسمت‌های جنوبی منطقه در مناطق پرخطر قرارگرفته‌اند. بر همین اساس باید گفت که پهنه‌های پرخطر ازنظر زمین‌لرزه به‌طور عمده در مجاورت گسل‌ها و مناطقی که سطح آب‌های زیرزمینی در آن‌ها بالا است واقع‌شده‌اند. همچنین پهنه‌های کم‌خطر در منطقه عمدتاً در قسمت‌های شرقی قرار دارند.



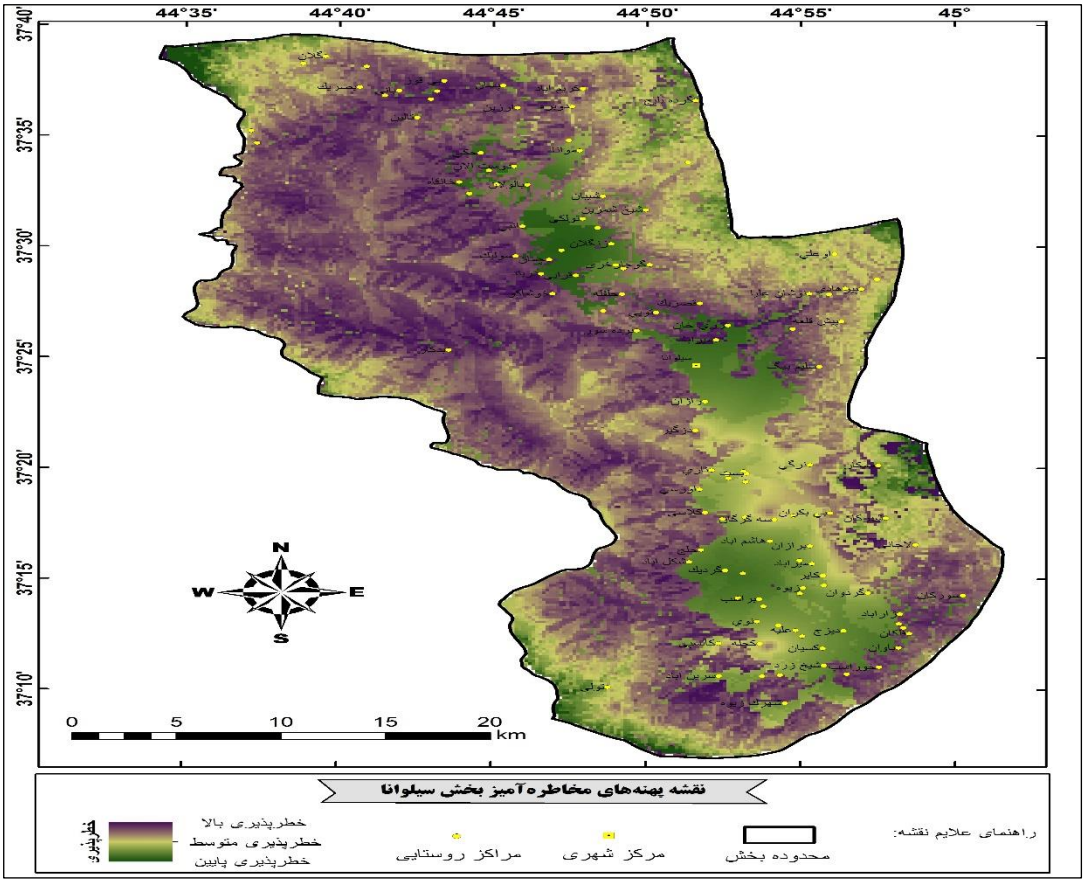
شکل ۶. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در بخش سیلوانا

- **خطرپذیری محیطی**

در نهایت با تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به سه مخاطره سیلاب، زمین‌لغزش و زمین‌لرزه با استفاده از عملگر گامای فازی ۰/۹، نقشه نهایی پهنه‌بندی مخاطرات محیطی بخش سیلوانا به‌دست‌آمده است (شکل ۷). وضعیت خطرپذیری منطقه در نقشه مذکور قابل‌مشاهده است و بر این اساس می‌توان گفت که قسمت‌های عمده‌ای در شمال غرب، غرب و جنوب منطقه در پهنه‌های بسیار مخاطره‌آمیز واقع‌شده‌اند و بیشترین مخاطرات محیطی را دربرمی‌گیرند. در مقابل، بخش‌های مرکزی، شرقی و بخش‌های کوچکی در شمال غرب و جنوب غرب منطقه در پهنه‌های کم‌خطر قرار دارند. بررسی وضعیت مخاطره‌آمیزی در منطقه حاکی از این است که قسمت‌های عمده‌ای از مساحت منطقه دارای خطرپذیری متوسط تا زیاد هستند و ازنظر خطرپذیری محیطی، ۵۹ درصد از منطقه در پهنه‌های پرخطر، ۲۰ درصد در پهنه‌های

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

خطر متوسط و ۲۱ درصد در پهنه‌های کم‌خطر قرار دارد و این امر به معنی لزوم توجه جدی به مراکز جمعیتی منطقه و تجدیدنظر در ساخت‌وسازها و برنامه‌های توسعه منطقه می‌باشد.



شکل ۷.نقشه پهنه‌بندی مخاطرات محیطی بخش سیلوانا

تعداد جمعیت در معرض خطر در جدول (۷) قابل‌مشاهده است. با توجه به اطلاعات موجود در جدول مذکور، ۳۷۳۹۴ نفر از جمعیت ساکن در بخش سیلوانا که برابر با ۶۱ درصد از مجموع جمعیت آن است در مناطقی سکونت دارند که حداقل یک مخاطره آن‌ها را تهدید می‌کند. همچنین ۳۸۱۷ نفر که ۷ درصد از کل جمعیت منطقه است در معرض دو مخاطره و ۴۹۱۴ نفر یعنی ۸ درصد از مجموع جمعیت در معرض سه مخاطره قرارگرفته‌اند. ۱۴ روستا که شامل روستاهای بیقوز، شهر ویران، کورته کویل، مارمیشو، دوستالان، تولکی، زری خان، قصریک، حلج، سورکان، باوان، فلکان، تازه کند و خوراسب می‌شود پهنه‌های بسیار پرخطر استقراریافته و هر سه مخاطره محیطی موردمطالعه یعنی سیلاب، زمین‌لغزش و زمین‌لرزه آن‌ها را تهدید می‌کند. روستاهای سوربانی، پسان، برزین، شیبان، نوشان علیا، پیرهادی، سودین‌آباد، لاجانی، گله بهی، اشکی، بانی، بصریک، میرآباد، دولاپسان، کانی دستار، سوله دوکل و چریک‌آباد نیز در معرض دو مخاطره محیطی قرار دارند. ۵۸ روستای واقع در این منطقه نیز از طرف یک مخاطره تهدید می‌شوند. همچنین شهر سیلوانا به‌عنوان تنها مرکز شهری واقع در این بخش نیز با جمعیت ۱۶۱۴ نفر از سکونتگاه‌هایی در این منطقه است که در معرض مخاطره زمین‌لرزه واقع شده است اما با توجه به اینکه این شهر دارای خطرپذیری متوسطی از نظر سیلاب است، لذا باید گفت که وقوع سیلاب نیز در آن دور از انتظار نیست. مطابق بررسی‌ها، تنها ۲۱ درصد از سطح منطقه جزو پهنه‌های کم‌خطر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

محسوب می‌شود اما این بدان معنی نیست که مخاطرات طبیعی در این مناطق هرگز به وقوع نخواهند پیوست. به‌طورکلی بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های صورت‌گرفته، می‌توان به این نکته اذعان نمود که بخش سیلوانا از استعداد بالایی برای وقوع مخاطرات محیطی دارا می‌باشد.

جدول ۷. وضعیت خطرپذیری محیطی جمعیتی بخش سیلوانا

مخاطرات محیطی	جمعیت در معرض خطر	سکونتگاه‌های در معرض خطر زیاد
یک مخاطره	۳۷۳۹۴	ارزین، کورانه، بالولان، خانقاه، حکی، موانا، انبی، شیخ شمزین، اودی، تی باتان، حلفله، خری، بدکار، گوجار، چمان، سولیک، تولی، زنگلان، خوشاکو، دربند، قرایی، میرآباد، برده‌سور، تویی، کای، راژان، کچل‌آباد، کلاسی، گردیک، شکل‌آباد، منصورآباد، هاشم‌آباد، سوسن‌آباد، براسب، کانی طایر، ملاباسک، زیوه، توپوزآباد، گلستانه، دیزج، علیه، ژراژی، نوی، ژارآباد، لورزینی سرین‌آباد، شیخ زرد، کسیان، شهرک زیوه، دوبره، طالبین، داره سنجی، احمدرسول، پیشکله، ممکان، گردوان، نوشان سفلی، سلیم بیگ، سیلوانا
دو مخاطره	۳۸۱۷	سوربانی، پسان، برزین، شیبان، نوشان علیا، پیرهادی، سودین‌آباد، لاجانی، گله بهی، اشکی، بانی، بصریک، میرآباد، دولاپسان، کانی دستار، سوله دوکل، چریک‌آباد
سه مخاطره	۴۹۱۴	شهر ویران، کورته کویل، بیقوز، مارمیشو، دوستالان، تولکی، زری خان، قصریک، حلج، سورکان، باوان، فلکان، تازه‌کند، خوراسب

نتیجه‌گیری

امروزه ارزیابی و شناسایی مخاطرات بالقوه محیطی مناطق مختلف به یکی از رویکردهای مهم در امر مدیریت مخاطرات محیطی بدل گشته است و به‌یقین می‌توان گفت که هزینه‌ها و محدودیت‌های مربوط به شناسایی مخاطرات بسیار کم‌تر از چالش‌های پس از وقوع بلایا همچون دسترسی به محل حادثه، امدادرسانی، احیا، بازسازی و غیره است و بنابراین شناسایی خطرات و ارزیابی میزان خطر احتمالی برای جوامع انسانی و محیط طبیعی را باید مهم‌ترین گام در مدیریت بحران‌ها قلمداد نمود. از طرفی دیگر، برخی مناطق به دلیل شرایط جغرافیایی خاص خود از قبیل توپوگرافی پیچیده، موقعیت حاشیه‌ای، شرایط اقلیمی سخت و از همه مهم‌تر تراکم بالایی از جمعیت روستایی که طبیعتاً نسبت به محیط‌های شهری از امکانات کم‌تری برخوردار بوده و قابلیت کنترل مخاطرات محیطی در آن‌ها پایین است، بیشتر در معرض آسیب‌های احتمالی ناشی از وقوع خطرات احتمالی قرار دارند و لذا لزوم یک برنامه‌ریزی جامع و کاربرد فنون همه‌جانبه‌نگر برای این منظور به‌شدت احساس می‌شود. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی یا همان GIS یکی از نمودهای بارز سیستم‌های جامع مدیریت محیطی است و کاربردهای روزافزون آن در مبحث مخاطرات محیطی نیز ناشی از نگرش یکپارچه آن و تلفیق عناصر مختلف با یکدیگر است. در این میان روش‌های تحلیل چندمعیاره ازآن‌جهت که امکان تعیین سهم یا اثر عناصر موردمطالعه را به شکل کمی و کیفی دارا می‌باشند و بر دقت و اعتبار نتایج نیز می‌افزایند از دیگر گزینه‌های موجود برای انجام تحلیل‌های مکان‌محور هستند.

نتایج بررسی‌های پژوهش حاضر حاکی از این است که مناطق عمده‌ای از بخش سیلوانا دارای خطرپذیری متوسط تا زیاد بوده و ۵۹درصد از مجموع وسعت منطقه در پهنه‌های پرخطر سکونت دارند که این مناطق مخاطره‌آمیز عمدتاً در شمال غرب، غرب و جنوب منطقه واقع‌شده‌اند و روستاها و جمعیت ساکن در آنها در این مناطق در معرض حجم بالایی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

از خطرات محیطی واقع‌شده‌اند. در همین ارتباط با توجه به قابلیت نقشه‌های پهنه‌بندی خطر در شناسایی مناطق مستعد و ارزیابی نوع خطرات بالقوه، این تحلیل‌ها را باید یکی از راهکارهای مناسب و بسیار مفید در مراحل مختلف مدیریت بحران به شمار آورد که می‌تواند راهگشای بسیاری از مسائل در امر پیشگیری و مقابله با حوادث طبیعی باشد.

منابع

اسمیت، کیت. ۱۳۸۲. *مخاطرات محیطی*. ترجمه ابراهیم مقیمی و شاپور گودرزی نژاد. چاپ اول. انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت). تهران.

امیدوار، کمال. ۱۳۹۲. *مخاطرات طبیعی*. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه یزد. یزد.

ایمانی، بهرام و محسن پورخسروانی. ۱۳۹۶. تحلیل فضایی پهنه‌های مخاطره‌آمیز شهرستان اردبیل. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. **۲:** ۱۲۸-۱۰۹.

آزاده، سیدرضا و مسعود تقوایی. ۱۳۹۶. تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی در برابر مخاطره زلزله مطالعه موردی: استان گیلان. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۳:** ۷۱-۸۴.

پریتانو، جان‌وی؛ رابرت ان گولدن و فردال پترسون. ۱۳۹۳. *حقایقی درباره مخاطرات محیطی*. ترجمه علی‌محمد خورشیددوست. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تبریز. تبریز.

رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ محمود قدیری؛ اکبر پرهیزکار و سیاوش شایان. ۱۳۸۸. تحلیلی بر دیدگاه‌های نظری آسیب‌پذیری جامعه نسبت به مخاطرات طبیعی. *مدرس علوم انسانی*. **۱:** ۲۹-۶۲.

زارع، مهدی و فرناز کامران‌زاد. ۱۳۹۳. پراکندگی لرزه‌خیزی در ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۴:** ۳۹-۵۸.

سدیدی، جواد؛ احسان بابایی و هانی رضاییان. ۱۳۹۵. طراحی وب‌سرویس مدیریت امدادرسانی پس از وقوع سیل با کمک اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه بر مبنای تکنولوژی متن باز. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۴:** ۷۸-۱۰۰.

شریفی کیا، محمد؛ منیره معتمدی نیا و سیاوش شایان. ۱۳۸۹. تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی ناشی از توسعه فیزیکی شهر ماهنشان. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. **۱۶:** ۱۰۵-۱۲۶.

عسگری، علی؛ پدارم رخشانی و اکبر اسمعیلی. ۱۳۹۱. *کاربرد GIS در مدیریت بحران*. چاپ اول. انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. تهران.

علوی، سیدعلی؛ یاسر رمضان نژاد؛ احداله فتاحی و ابراهیم خلیفه. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی فضایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات محیطی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور (مطالعه موردی: شهرستان تالش). *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*. **۲۰:** ۱۳۶-۱۲۵.

عنابستانی، علی اکبر؛ مهدی جوانشیری؛ حمیده محمودی؛ محمدرضا دربان آستانه. ۱۳۹۷. تحلیل فضایی سطح تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی (مورد مطالعه: بخش مرکزی شهرستان فاروج). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۱:** ۳۸-۱۷.

غلامی، صغری. ۱۳۹۰. *ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیکی (با تأکید بر سیلاب، زمین‌لغزش و زلزله) مطالعه موردی شهرستان شیروان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم تهران. تهران.

فرجی سبکبار، حسنعلی؛ سیدعلی بدری؛ رضا عباسی ورکی و الهام عباسی ورکی. ۱۳۹۳. تحلیل فضایی اثرات مخاطرات طبیعی در نواحی روستایی با استفاده از مدل مؤلفه‌های اصلی وزن جغرافیایی (مطالعه موردی: جوضه الموت قزوین). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. **۱۰:** ۹۱-۱۱۰.

قنبری، ابوالفضل؛ احسان پاشانژاد سیلاب. ۱۳۹۷. تحلیل فضایی آسیب پذیری محیطی در سطح منطقه‌ای با رویکرد برنامه ریزی محیطی: مورد پژوهی، منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. **۳:** ۴۰-۲۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]

کاویانی راد، مراد. ۱۳۸۹. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران‌های بوم‌شناسی ایران. *مطالعات راهبردی*. **۲**: ۳۳-۵۸.

محمدنیا، ملیحه و غلامعباس فلاح قالهری. ۱۳۹۷. شبیه‌سازی احتمال وقوع زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (مورد مطالعه: حوضه آبخیز پیوه ژن – ارتفاعات جنوبی بینالود). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. **۴۸**: ۱۱۵-۱۳۰.

یمانی، مجتبی و فاطمه مرادی پور. ۱۳۹۲. رتبه‌بندی پتانسیل سه مخاطره زلزله، سیل و لغزش در غرب کشور با استفاده از آنالیز تاکسونومی. *ژئومورفولوژی کاربردی ایران*. **۱**: ۱۵-۲۶.

Gallina, V.; S. Torresan, A. Critto, A. Spreotto, T. Glade, and A. Marcomini. ۲۰۱٦. A Review of Multi-Risk Methodologies for Natural Hazards: Consequences and Challenges for a Climate Change Impact Assessment. *Journal of environmental management*, ۱٦۸: ۱۲۳-۱۳۲. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jenvman.۲۰۱۵,۱۱,۰۱۱.

Hsien, L.; and C. Sheng. ۲۰۱۱. The Use of Spatial Analysis Techniques in Mapping Potential Natural Hazard Areas: A Case Study of Taiwan. *Procedia Environmental Sciences*, ۱۰: ۱۰۹۲–۱۰۹۷. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.proenv.۲۰۱۱,۰۹,۱۷٤.

Minucser, Meszaros. ۲۰۱۳. Spatial analysis of geohazard on the Fruška Gora Mountain *(Doctoral dissertation, szte).*

Nugraha, A.; M. Awaluddin, and B. Sasmito. ۲۰۱۸. Modelling Multi Hazard Mapping in Semarang City Using GIS-Fuzzy Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 123: 1*. IOP Publishing.

Peng, SH.; MJ. Shieh, and SY. Fan. ۲۰۱۲. Potential Hazard Map for Disaster Prevention Using GIS-Based Linear Combination Approach and Analytic Hierarchy Method, *Journal of Geographic Information System*, ٤: ٤۰۳–٤۱۱. http://ir.lib.ctu.edu.tw/handle/۳۱۰۹۰۹۷۰۰/٦۳۸٥.

Saaty, T. ۲۰۰۸. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, ۱: ۸۳–۹۸.

Tate, E.; S. Cutter, and M. Berry. ۲۰۱۰. Integrated Multihazard Mapping, *Environment and Planning B: Planning and Design*, ۳۷: ٦٤٦–٦٦۳. https://doi.org/۱۰,۱۰٦۸/b۳٥۱٥۷.

Udoh, J C. ۲۰۱٥. Multi-Hazard vulnerability mapping: An example of Akwa Ibom state, Nigeria, *European Scientific Journal, ESJ*, ۱۱: ۲۹۳ – ۳۰۰. ISSN: ۱۸٥۷ – ۷۸۸۱.

United States Geological Survey (USGS): Earthquake Hazards Program: <<https://eathqauke.usgs.gov/earthquake/search/>>.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.1]