

## پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره مکانی

(SMCE) (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهرستان بن استان

چهارمحال و بختیاری)

علیرضا طیبی: مدرس گروه نقشه‌برداری، دانشکده فنی و مهندسی، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی و غیردولتی البرز، قزوین، ایران\*  
مریم داداشی: کارشناس ارشد، گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشگاه آزاداسلامی واحد یزد، ایران  
سیده فاطمه نوربخش: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
علی اکبر جمالی: استادیار، آبخیز‌زداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد، ایران  
علی حسن آبادی: کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS، دانشگاه آزاداسلامی واحد یزد، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۷/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۲۲، صص ۱۱۶-۱۰۵

### چکیده

زمین‌لغزش‌ها در ایران از جمله بلاای طبیعی هستند که مورفولوژی را به‌طور ناگهانی برهم می‌زند و منجر به خسارات مالی و جانی زیادی می‌شوند. نظریه تأثیرات سویی که زمین‌لغزش‌ها بر سکونت‌گاه‌های روستایی و شهری و منابع طبیعی دارند شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش امری بسیار ضروری برای جلوگیری از چنین خسارت‌هایی بشمار می‌آید. هدف تحقیق حاضر برقراری ارتباط بین زمین‌لغزش و فاکتورهای محیطی تأثیرگذار در وقوع آن و تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش، با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره مکانی است. نقشه عوامل مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های موضوعی و بازدیدهای صحرائی تهیه شده و درختواره عوامل و محدودیت‌ها در نرم‌افزار ILWIS طراحی گردید. نقشه‌های زمین‌شناسی، شیب، کاربری اراضی و فاصله از جاده، رودخانه و فاصله از چشمه به‌عنوان عوامل و نقشه شیب به‌عنوان محدودیت به سیستم معرفی شدند. پس از وزن‌دهی به عوامل و زیرعوامل، نقشه حساسیت به زمین‌لغزش منطقه به‌دست آمد. با ارائه این نقشه به برنامه‌ریزان در مدیریت بحران و تخفیف نگرانی عمومی در سیاست‌های توسعه اراضی کمک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، زمین‌لغزش، حوضه آبخیز، ارزیابی چندمعیاره مکانی، ILWIS

منتشر شده، در سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۰ زمین‌لغزش‌ها در

حدود ۵٪ کل بلاای طبیعی را به‌خود اختصاص

داده‌اند [۵]. با توجه به روند روبه رشد شهرسازی در

مناطق کوهستانی و افزایش هشدارهای ناشی از

پیامدهای اجتماعی-اقتصادی زمین‌لغزش‌ها، تعیین

### ۱-مقدمه

زمین‌لغزش‌ها فرآیندهای زمین‌شناسی برآمده از

طبیعت هستند که می‌توانند منجر به خسارت‌های مالی

و جانی گسترده‌ای گردند [۴]. بر طبق آمارهای

مناطق مستعد زمین لغزش در سال‌های اخیر از اهمیت فراوانی برخوردار گشته‌اند [۶]. با یادآوری این اصل که گذشته کلیدی برای آینده است، بررسی زمین لغزش‌های موجود و شرایط رخداد آن‌ها می‌تواند به‌عنوان کلیدی برای بررسی وقوع آن‌ها در شرایط مشابه به حساب آید [۲]. وجود طیف عظیمی از داده‌های مکانی بادقت مناسب و وجود کامپیوترهایی با توانایی پردازش بسیار بالا این امکان را فراهم آورده است که بتوان این داده‌ها (زمین لغزش‌های موجود در گذشته و فاکتورهای تأثیرگذار در بروز آن‌ها) را در محیط GIS و ILWIS تحلیل کرده و به نقشه حساسیت زمین لغزش دست یافت [۱]. روش‌های مختلفی در سال‌های اخیر برای تهیه نقشه خطرپذیری زمین لغزش پیشنهاد شده‌اند. مدل‌های رگرسیون، شبکه‌های عصبی مصنوعی و وزن‌های نشانگر چند نمونه از کاربردی‌ترین این روش‌ها هستند که به هر حال مزایا و معایب خود را دارا هستند. بسیاری از این روش‌ها ابتکاری کیفی هستند و در آن‌ها متخصص بر پایه تجربه به هر یک از عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش امتیاز می‌دهد و سپس نقشه پهنه‌بندی براساس مجموع امتیازها به دست می‌آید [۱۵]. قابلیت اعتماد به نقشه پهنه‌بندی تا حد زیادی به کیفیت داده‌های در دسترس، مقیاس مطالعه و انتخاب یک روش مناسب بستگی دارد [۱۳]. اما در روش‌های آماری که می‌تواند دومتغیره یا چندمتغیره باشد، نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها نقش کلیدی را بازی می‌کند. در این روش‌ها وزن عوامل و طبقات مربوط به هر عامل براساس میزان وقوع زمین لغزش در آن، تعیین می‌شود و میزان حساسیت به زمین لغزش از مجموع وزن‌ها در هر یک از واحدهای کاری مشخص می‌گردد [۹ و ۱۱].

مثلاً با استفاده از روش آماری چندمتغیره منطقه شلمان رود واقع در استان گیلان را در مقیاس 1:50000 با استفاده از سیستم GIS<sup>۱</sup> پهنه‌بندی نمودند [۸]. لایه‌های به‌کاررفته شامل: شیب، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی و بارندگی می‌باشد. صحت نقشه پهنه‌بندی تهیه‌شده با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها و همچنین انجام مدل تهیه‌شده در حوضه آبخیز مجاور منطقه و تهیه نقشه پهنه‌بندی و کنترل کردن آن با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن رضایت‌بخش بود.

تعدادی از محققان اقدام به ارزیابی نتایج مدل AHP<sup>۱</sup> برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز اهرچای نمودند [۷]. نتیجه به دست آمده از پژوهش نشان داد که عامل زمین‌شناسی بیش‌ترین و عامل انسانی کم‌ترین نقش را در ایجاد لغزش در این منطقه دارند.

در سال‌های اخیر از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی چندمعیاره مکانی در حل مسائل مختلف به‌منظور کمک به مدیران و تصمیم‌گیران استفاده می‌شود. ارزیابی چندمعیاره مکانی یک روش مفید برای شناسایی و مقایسه راه‌حل‌ها برای مکان‌یابی براساس ترکیب فاکتورهای چندگانه است که می‌تواند در حداقل زمان به وسیله لایه‌های اطلاعاتی نشان داده شود. این روش بیانگر قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مدیریت و پردازش اطلاعات مکانی، انعطاف‌پذیری ارزیابی چندمعیاره مکانی برای ترکیب کردن اطلاعات مکانی (مانند نوع خاک، شیب و...) با اطلاعات کارشناسی وزندهی متغیرهای مختلف می‌باشد. ارزیابی چندمعیاره مکانی روشی است برای

<sup>۱</sup> Analytic Hierarchy Process

اصفهان قرار دارد. نام پیشین آن «دهگُرد» بوده است که پس از تبدیل به شهر (در شهریور ۱۳۱۴ خورشیدی)، به شهرکرد تغییر نام داده شده است. براساس آمار سال ۱۳۸۵ خورشیدی، جمعیت ناحیه مرکزی و قدیم شهرکرد برابر با ۱۳۱۶۱۲ نفر و جمعیت شهر شهرکرد شامل چهار ناحیه شهرک منظریه، چالستر، اشکفتک و مهدیه برابر با ۱۴۸۴۶۴ نفر بوده است. این شهرستان قسمت شمال شرقی استان چهارمحال و بختیاری قرار گرفته است. از لحاظ موقعیت نسبی از سمت شمال و شرق و جنوب شرقی به استان اصفهان از طرف غرب به شهرستان کوهرنگ و از طرف جنوب و جنوب شرقی به فارس و اردل منتهی می‌شود. مرکز این شهرستان شهرکرد است. این شهرستان در طول شرقی ۴۹ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه است و از نظر عرض جغرافیایی در عرض شمالی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۱ دقیقه قرار گرفته است. به لحاظ وضعیت توپوگرافی این شهرستان در بخش شمالی رشته کوه‌های بختیاری از سلسله جبال زاگرس و در حاشیه گسل زاگرس قرار گرفته و از ارتفاعات آن می‌توان به کوه جهانبین و کوه شیراز سامان اشاره کرد که با ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر آن را پوشانیده است. فواصل بین رشته کوه‌ها را دشت‌های وسیعی فراگرفته است از عمده‌ترین دشت‌های منطقه می‌توان به دشت شهرکرد، دشت بن، دشت هفشجان اشاره نمود. دریاچه سد زاینده رود در شمال غربی این شهرستان، رودخانه زاینده‌رود، گرداب بن، چشمه‌زدنه، چشمه دروغ‌زنان (سرچشمه فرخ‌شهر) از جمله جاذبه‌های طبیعی آن است. لازم به ذکر است در حال حاضر دریاچه سد زاینده‌رود در مز استان با استان اصفهان قرار دارد. (شهرستان چادگان)

تشخیص و ارائه راه‌حل‌های قیاسی در مسائل مکانی ترکیب عوامل چندگانه که در نهایت با نقشه نشان داده می‌شود [۱۲].

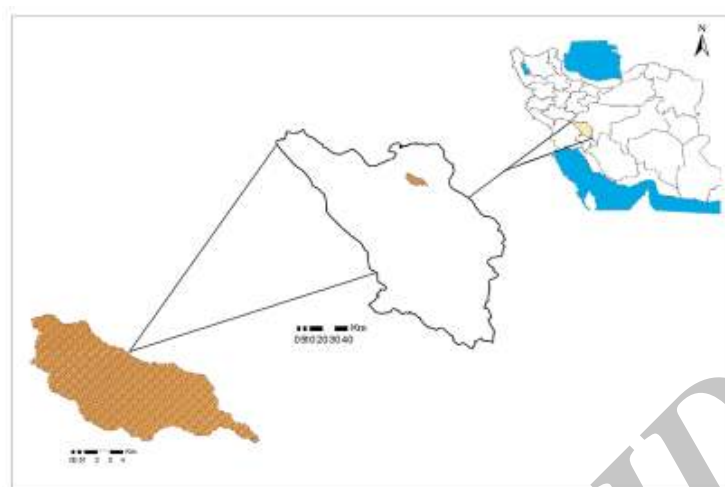
هریک از این روش‌ها عوامل مختلفی را مدنظر قرار می‌دهند از بین عوامل مورد بحث، نقش عوامل زمین‌شناسی و فاصله از گسل و شیب نسبت به عوامل دیگر در ایجاد لغزش بیشترین تاثیر را دارا می‌باشد [۳]. نقشه حساسیت زمین‌لغزش در حوضه آردیس ترکیه با سه روش تحلیل سلسله‌مراتبی سیستم‌ها (AHP)، فاکتور وزنی<sup>۱</sup> و شاخص آماری<sup>۲</sup> تهیه نمودند. عوامل زمین‌شناسی، پوشش زمین و شیب به عنوان مهم‌ترین عوامل در رخداد زمین‌لغزش‌ها بوده‌اند (احمدی، اسمعیلی عوری، ۱۳۸۴، ۳۲۳-۳۳۵). علی عبدالخانی و علی اکبر جمالی (۱۳۸۴) در تحقیقی به بررسی کاربرد GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل موثر در ایجاد لغزش در حوضه آبخیز منشا یزد، پرداخته‌اند.

هدف از این پژوهش ارزیابی کارایی مدل ارزیابی چندمعیاره مکانی در شناسایی مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر بالای زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه است تا با ارائه راه‌حل‌ها، روش‌های کنترل و مدیریت مناسب از خسارات ناشی از وقوع آن پیش‌گیری نمود.

#### ۱-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرگُرد یکی از شهرهای مرکزی ایران و مرکز استان چهارمحال و بختیاری است و مرکز شهرستان شهرکرد می‌باشد. شهرکرد در ۹۷ کیلومتری جنوب غرب

1 Weight Factor  
2 Statistical Index



شکل ۱- نقشه موقعیت حوضه آبخیز شهرستان بن استان چهارمحال و بختیاری

## ۲- مواد و روش‌ها

به‌طور خلاصه مراحل روش کار در این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

مرحله اول: گردآوری همه اطلاعات منطقه از جمله آمار، نقشه‌ها و جدول‌های اطلاعاتی موردنیاز و آماده‌سازی آن‌ها مانند ایجاد حریم اطراف عوامل مکانی و رس‌تری کردن تمامی داده‌ها برای ورود به نرم‌افزار

### ILWIS

مرحله دوم: طراحی مدل تحلیل چندمعیاره مکانی به شکل درختواره معیارها در محیط SMCE نرم‌افزار

### ILWIS

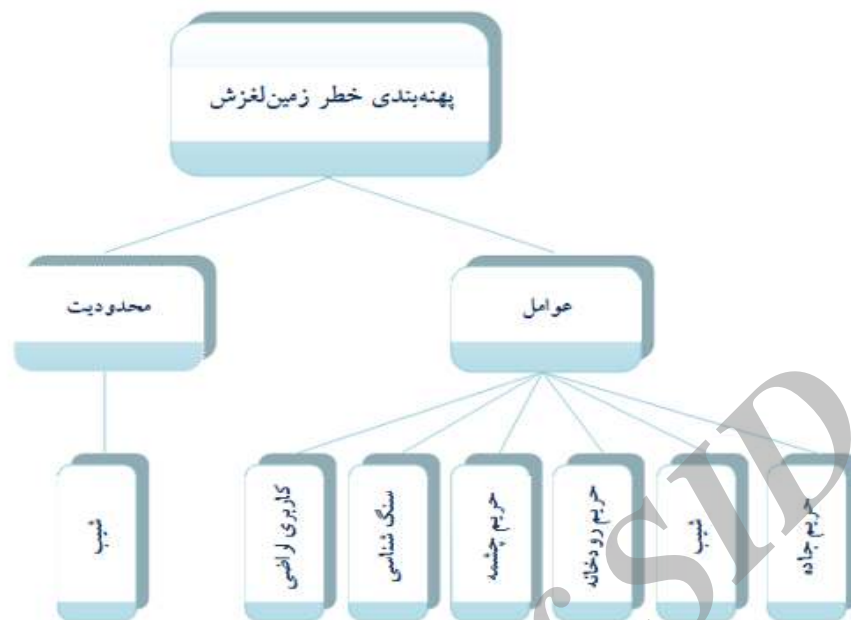
مرحله سوم: استانداردسازی عوامل در محیط<sup>۱</sup> SMCE نرم‌افزار ILWIS و وزندهی عوامل و معیارها در محیط نرم‌افزار.

مرحله چهارم: تلفیق اطلاعات آماده‌شده و تولید نقشه شاخص ترکیبی.

مرحله پنجم: پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از نقشه شاخص ترکیبی و براساس نمودار ستونی ارزش پیکسل‌های نقشه.

استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مناسب، در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش اهمیت زیادی دارد؛ بنابراین به این منظور در منطقه مطالعاتی با توجه به بررسی‌های میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای عوامل مکانی اصلی و عوامل محدودیت دخیل در وقوع زمین‌لغزش شناسایی گردید. این عوامل شامل شیب منطقه، نوع کاربری اراضی، واحدهای زمین‌شناسی، فاصله از جاده و چشمه و رودخانه می‌باشند. از مدل تحلیل چندمعیاره مکانی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده شد و شکل درختواره عوامل مکانی برای حوضه آبخیز شهرکرد براساس هدف اصلی طرح که پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بود طراحی گردید و همه نقشه‌های تهیه‌شده به‌صورت خطی، نقطه‌ای و چندضلعی پس‌از شبکه‌ای شدن در مدل طراحی شده اعمال گردید که در شکل ۲ درختواره طراحی شده نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Spatial Multi Criteria Evaluation



شکل ۲- درخت‌واره تحلیل چندمعیاره مکانی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبخیز شهرستان بن چهارمحال و بختیاری

خاک (اجزای سست و ناپیوسته) رده ۰.۷۵ تا ۱ است، بنابراین این رده می‌تواند دارای بیشترین پتانسیل زمین‌لغزش باشد. همچنین با صرف نظر از رده ۰.۷۵ تا ۱، به ترتیب با افزایش شیب، پتانسیل زمین‌لغزش افزایش می‌یابد.

- سنگ شناسی: عامل سنگ‌شناسی (لیتولوژی) یک پارامتر کلیدی در وقوع زمین‌لغزش است، زیرا واحدهای مختلف لیتولوژی نسبت به فرایندهای ژئومورفولوژیکی حساسیت متفاوتی را نشان می‌دهند. نقشه سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه پس از انجام بررسی‌های دقیق نقشه‌های زمین‌شناسی، داده‌های ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و پیمایش صحرایی، تهیه شد. واحد سنگ‌شناسی به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی مانند هوازگی شدید، نفوذپذیری کم و باقی ماندن حجمی زیادی آب در داخل آن، همچنین

لایه‌های اطلاعاتی: در این نوشتار پس از بررسی عوامل مختلف مؤثر لایه‌های اطلاعاتی شیب، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، گسل، فاصله از جاده، فاصله از چشمه و فاصله از آبراهه در نرم‌افزار ArcGIS10 تهیه شد. در ادامه به تشریح این ۶ عامل که به عنوان عوامل اصلی شناسایی شده‌اند، پرداخته می‌شود.

- شیب: از مهم‌ترین پارامترهای مرتبط با پایداری دامنه‌ها، مقدار شیب است. نقشه شیب منطقه مورد مطالعه، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ (سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۷۲) و ۱:۵۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۷۸) و توابع Topo to Raster به منظور ایجاد نقشه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و slope در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. این نقشه به ۵ رده تقسیم می‌شود. با توجه به این‌که بیشترین شیب در مناطق با سازندهای حساس به لغزش و مناسب برای تشکیل

نبود پوشش گیاهی چشمگیر، حتی در شیب‌های کم نیز امکان لغزش و حرکت دارد.

- فاصله از جاده: نقشه فاصله از جاده با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و اعمال توابع Distance و Reclassify و Union کردن آن با نقشه پراکنش لغزش‌ها در محیط ArcGIS تهیه شد. سپس در محیط ArcGIS طبقات فاصله از جاده به پنج رده تقسیم شد. بر اساس نقشه مربوطه، با افزایش فاصله از جاده پتانسیل زمین لغزش کاهش می‌یابد.

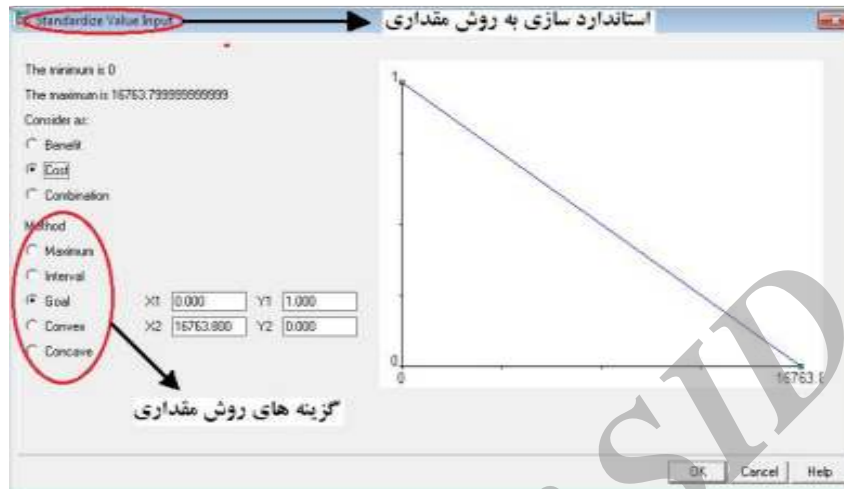
- فاصله از گسل: برای تهیه نقشه گسل‌های منطقه از داده‌های ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار ENVI4.7 استفاده شد. با استفاده از فرایند بازسازی تصاویر، گسل‌ها و شکستگی‌های اصلی و فرعی منطقه به دقت شناسایی شدند. برای بازسازی تصاویر معمولاً از یک سری فیلترهای مکانی استفاده می‌شود. بر اساس نقشه‌های مربوطه، با افزایش فاصله از گسل، پتانسیل زمین لغزش کاهش می‌یابد. ضمناً منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، فاقد خط گسل می‌باشد.

- فاصله از آبراهه: سیستم آبراهه‌ها به دلیل فرسایش دامنه‌ها، هوازدگی سنگ‌ها و تأثیر در محتوای آب دامنه، نقش مهمی در ناپایداری شیب‌ها دارد. نقشه فاصله از آبراهه نیز مانند نقشه جاده با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و اعمال تابع Distance و Reclassify و Union آن با نقشه پراکنش لغزش‌ها در محیط ArcGIS تهیه شد. بر اساس نقشه مربوطه، رده ۰.۷۵ تا ۱، بیشترین پتانسیل لغزش را دارد. به‌طور کلی با افزایش فاصله از آبراهه میزان پتانسیل زمین لغزش کاهش می‌یابد.

- کاربری زمین‌ها و پوشش گیاهی: از آنجاکه نوع پوشش گیاهی و کاربری زمین‌ها در رخداد پدیده زمین لغزش مؤثر است، بنابراین با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور و همچنین پیمایش صحرائی، نقشه پوشش گیاهی تهیه شد. بر اساس نتایج، مناطق کشاورزی به دلیل اثرات ناشی از آبیاری و زهکشی و مرتع فقیر (poorrange) بیشترین پتانسیل را دارد. با توجه به این‌که نقشه‌های ورودی می‌توانند محتوا و خصوصیات مختلفی داشته باشند و تعدادی ممکن است خصوصیات توصیفی چون دوری و نزدیکی را شامل شوند و یا تعدادی دیگر ارقامی چون صفر یا ۱ یا ۱۰ و... را شامل می‌گردند، بنابراین لازم است نقشه‌ها استاندارد شوند.

در این سامانه تمامی خصوصیات نقشه‌ها به مقادیر بین ۰-۱ استاندارد می‌گردد. برای استاندارد کردن نقشه‌های ورودی در محیط SMCE می‌توان از یکی از روش‌های استاندارد کردن نرم‌افزار شامل روش مقاداری روش بولین<sup>۱</sup> و روش خصوصیات کیفی<sup>۲</sup> استفاده کرد. در این پژوهش برخی نقشه‌ها مثل فاصله از گسل به دلیل مقاداری بودن با روش استاندارد کردن مقاداری و برخی دیگر از نقشه‌ها به دلیل توصیفی بودن با روش استاندارد کردن توصیفی استاندارد گردید. در این روش استاندارد کردن به وسیله یک تابع خطی با استفاده از مقادیر حداقل و حداکثر مورد نظر صورت می‌گیرد. مقادیر بین حداقل و حداکثر مقادیری بین صفر و ۱ را می‌گیرند. در این رابطه مقدار حداقل صفر و مقدار حداکثر ۱ بوده است. به‌عنوان مثال برای استانداردسازی نقشه گسل از روش مقاداری و از متد هدف استفاده گردید به طوری که هرچه فاصله از گسل

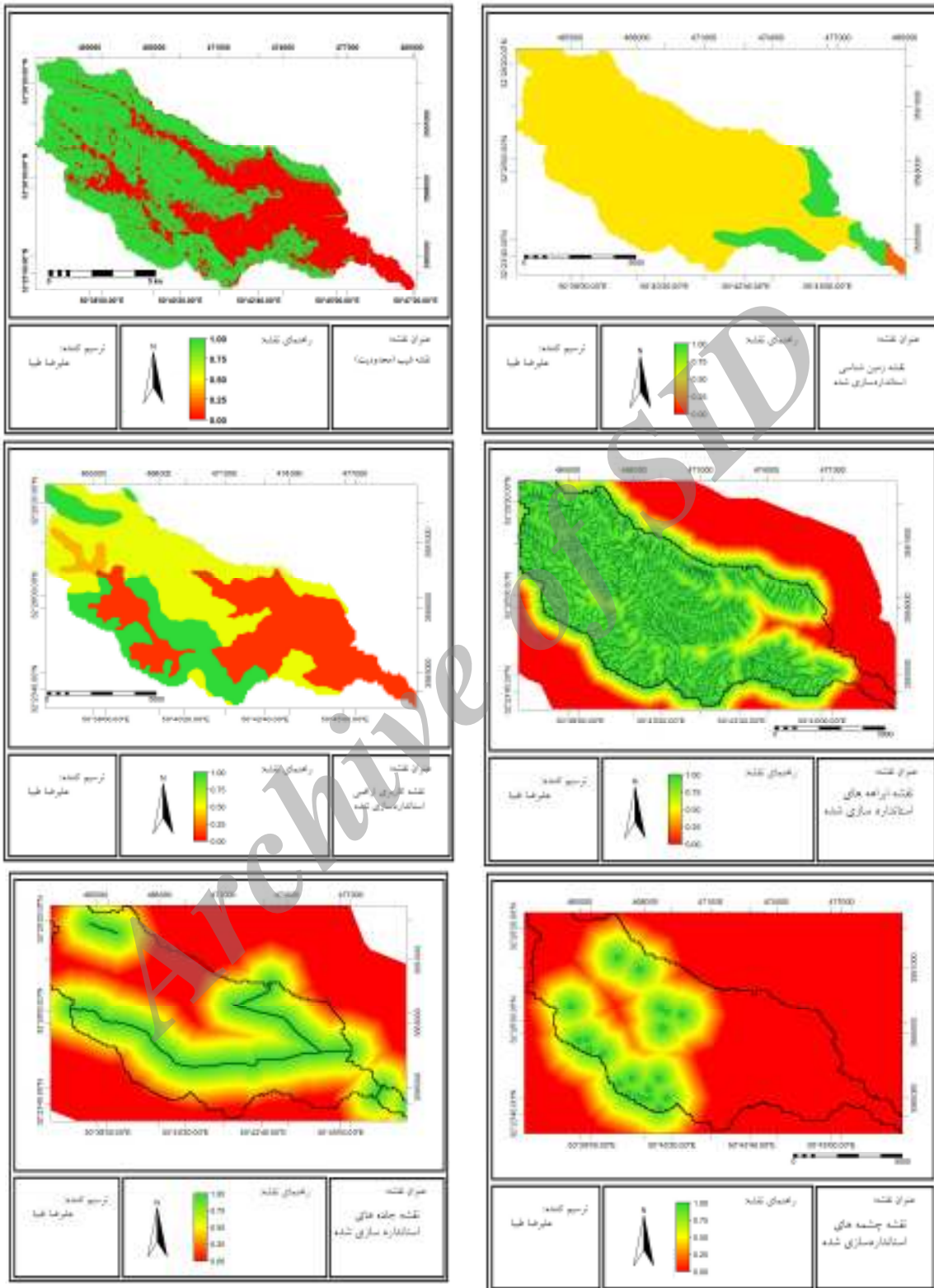
زیادتر شود به صفر نزدیک می‌شود که در شکل ۳ نشان داده شده است.



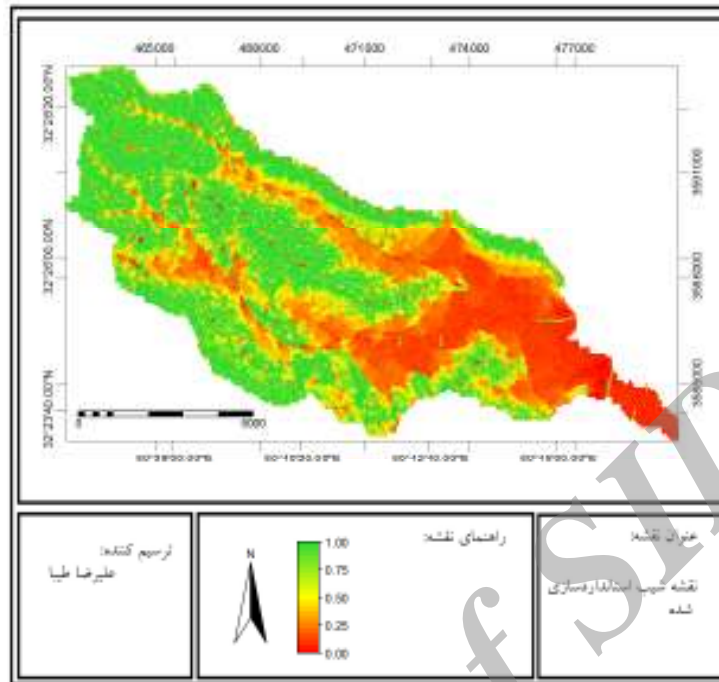
شکل ۳- استاندارد سازی نقشه گسل به روش مقداری

با بالاترین سازگاری به دست می‌آید و گروه‌بندی انجام می‌دهند. باید دقت کرد که نرخ ناسازگاری در نباید بیش‌تر از  $0/1$  باشد [۱۴]. پیکسل‌های نقشه خروجی مقادیر بین صفر و ۱ دارد. پیکسل‌ها با مقادیر نزدیک صفر به نواحی غیرحساس و پیکسل‌های با مقادیر نزدیک ۱ به نواحی با حساسیت زیاد به وقوع زمین‌لغزش اشاره دارد. نقشه خروجی، ترکیبی از همه نقشه‌های ورودی است؛ به عبارت دیگر نقشه خروجی نتیجه رابطه‌های وزن‌دهی تجمیع و رابطه‌های استاندارد سازی است؛ اما نواحی که در نقشه شاخص مرکب به عنوان محدودیت‌ها در برنامه قرار دارند، از نظر مناسب بودن ارزش صفر را خواهند گرفت.

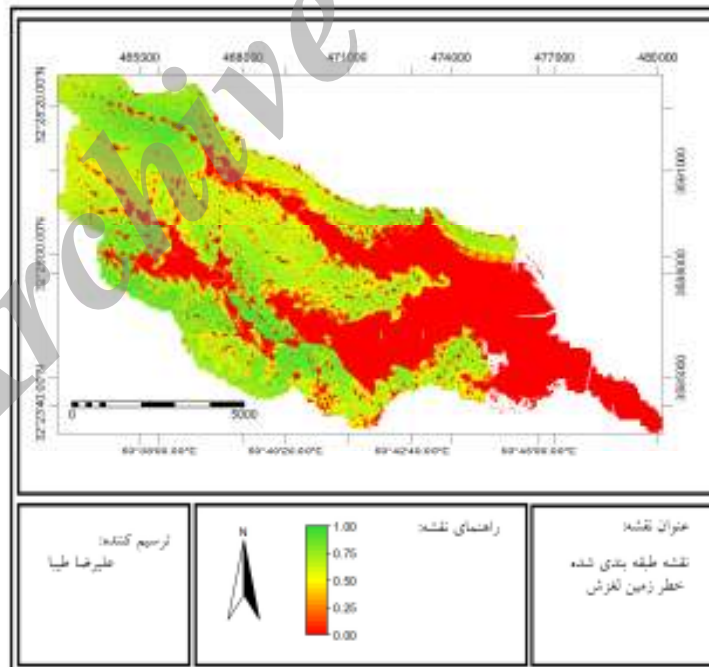
برای وزن‌دهی نقشه‌های استاندارد شده عوامل و زیر عامل‌ها از روش‌های مقایسه زوجی<sup>۱</sup> و رتبه‌بندی مستقیم<sup>۲</sup> استفاده شد. مقصود از وزن‌دهی (هدف عینی یا صفت) بیان اهمیت هر معیار نسبت به معیارهای دیگر می‌باشد. روش‌های مستقیم و مقایسه زوجی که نوعی تحلیل سلسله مراتبی است، در وزن‌دهی عوامل به‌کاربرده شد. در تحلیل سلسله مراتبی، عوامل به صورت جفتی مقایسه می‌شوند و اهمیت نسبی عوامل در تعیین مناسب بودن یک پیکسل برای نوع خاصی از تصمیم برای تصمیم‌گیرنده ارزیابی می‌شود و فقط دو معیار، در یک‌زمان مقایسه می‌شود. تحلیل‌ها و بررسی‌ها در نرم‌افزار انجام می‌شود و وزن‌ها از ماتریس







شکل 4 نقشه طبقه‌بندی شده خطر زمین‌لغزش را که از ترکیب نقشه‌های ورودی از جمله محدودیت و عوامل به دست آمده، را نشان می‌دهد.



شکل 4: نقشه شاخص ترکیبی حوضه آبخیز شهرستان بن چهارمحال و بختیاری

### ۳- بحث و نتیجه‌گیری

در نقشه نهایی (شکل 4) به دست آمده مشاهده می‌شود که مناطق با خطر بالای لغزش در حاشیه جاده اصلی و پر تردد و نیز در نزدیکی چشمه‌ها وجود دارد. همان‌طور که در قسمت مواد و روش‌ها اشاره شد، با افزایش فاصله از جاده، پتانسیل زمین‌لغزش کاهش می‌یابد و همچنین با افزایش فاصله از آبراهه و چشمه نیز میزان پتانسیل زمین‌لغزش کم می‌شود.

این نقشه برای مقابله بهتر با بلایای طبیعی در این حوضه شهری محلها را مشخص کرده است. با ارائه این نقشه به برنامه ریزان در مدیریت بحران کمک می‌شود. در مقایسه با تحقیقی که (نفوتی، ۱۳۸۹) در حوضه آبخیز شلمانرود در شرق استان گیلان با این روش انجام داده است، می‌توان کارآمدی آن را برای مقابله و آمادگی در برابر خطرات زمین لغزش نیز یادآور شد که در آن نیز عوامل و محدودیت‌های مکانی مرتبط با مناطق گیلان در حوضه آبخیز شلمانرود در زمین لغزش بررسی شده و نقشه پتانسیل زمین لغزش پیشنهاد شده است.

در روش ارزیابی چندمعیاره مکانی می‌توان به‌طور مستقیم مناطقی را که امکان وقوع زمین‌لغزش در آن صفر یا نزدیک به صفر است را از مدل با اعمال محدودیت حذف نمود. از آنجاکه در بسیاری از روش‌های آماری و امتیاز عوامل و طبقات آن براساس روی هم گذاری نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و نقشه عوامل به دست می‌آید ممکن است یک واحد کاری، با توجه به کاربری خاص، سنگ‌شناسی خاص و بارندگی

مشخص و ... امتیاز بالایی را کسب نماید. حال آنکه این واحد کاری در شیب نزدیک به صفر قرار داشته باشد که در عمل احتمال وقوع زمین‌لغزش در آن در حد صفر است. شکل‌های زیر نقشه‌های عوامل و محدودیت‌ها را نشان می‌دهند.

ارزیابی چندمعیاره مکانی توانایی جمع‌بندی اثرات عوامل و بررسی اثرات تجمعی آن‌ها را دارا می‌باشد و هیچ‌گونه محدودیتی در تعداد لایه‌های ورودی و تلفیق آن‌ها ندارد. آن‌چنان‌که برای مکان‌یابی پخش سیلاب‌دشت ورامین و مکان‌یابی دفع زباله از این روش استفاده نمودند و نتایج مطلوبی کسب کردند [۱۶].

روش ارزیابی چندمعیاره مکانی پتانسیل زیادی را به‌منظور کاهش هزینه و زمان و بالا بردن دقت تصمیم‌گیری مکانی در زمینه شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش دارا می‌باشد و چارچوب مناسبی را در اختیار مدیران برای سیاست‌گذاری‌های توسعه اراضی قرار می‌دهد تا از تغییر کاربری اراضی در مناطق پرخطر جلوگیری نمایند و با انجام اقدامات اصلاحی مانند زه کشی، شمع کوبی و... در مناطق پرخطر از بروز خسارات جانی و مالی پیش‌گیری کنند. تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبخیز با این روش و تطبیق آن با زمین‌لغزش‌های به‌وقوع پیوسته در این منطقه نشان داد که این روش به‌خوبی توانسته مناطق حساس به زمین‌لغزش را شناسایی نماید. از سوی دیگر بیانگر این است که عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها به‌درستی و به‌خوبی شناسایی و به مدل معرفی شده است.

منابع

- Azimpoor, A. Sadogh, H. Dalal Oghli, A. and Servati, M. 2009. Evaluation AHP model for landslide hazard zonation. case study: Ahar Chai watershed. *J. Geograph. Space*, 9:26. 71-87.
- Feiznia, S. Ahmadi, H. and Hassanzadeh Nafuti, M. 2001. Landslide hazard zonation. *Iranian J. Natur. Res.* 54:3. 207-219.
- Hassanzadeh Nafuti, M. 2010. Multiple model for landslide hazard zonation. *Proceedings of Indian Geotechnical Conference.* 16-18 December 2010.
- Korki Nezhad, M. Ownegh, M. and Sepehri, A.S. 2005. Landslide hazard zonation in Golestan watershed Rudbar black. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* ۱۲:۳. ۹۹-۹۱.
- Magliulo, P. Di Lisio, A. Russo, F. and Zelano, A. 2008. Geomorphology and landslide susceptibility assessment using GIS and bivariate statistics: a case study in southern Italy. *Springer Science. Natural Hazards. (Natural Hazards*
- Malczewski, J. 2006. Gis-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *I. J. Geographic Information Sci.* 20:7. 703-726.
- Nielsen, T.H. Wrigth, R.H. Vlastic, T.C. and Spangle, W.E. 1979. Relative slope stability and land-use planning in the San Francisco Bay region, California.
- صلانی، م. و آل شیخ، ع.ا. و شاد، ر.، ۱۳۹۰، تهیه نقشه حساسیت رانش زمین توسط سیستم استنتاج قاعده مبنای فازی و GIS. *سنجش از دور و GIS* ایران، ۲(۲)، ۳۵-۵۴.
- رهنماد، ج. و یادگارزائی، م. ح. و کنگی، ع.، ۱۳۸۹، پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه اسکل آباد خاش با استفاده از روش آماری دو متغیره و سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، ۶(۴)، ۲۵۷-۲۷۷.
- ثنایی نژاد، سید حسین (۱۳۷۶)، مترجم، مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۷۳
- Tangestani, M. H., 2009, A comparative study of Dempster-Shafer and fuzzy models for landslide susceptibility mapping using a GIS: An experience from Zagros Mountains, SW Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, 35(2009), 66-73.
- Kanungo, D. P., Arora, M. K., Sarkar, S., and Gupta, R. P., 2006, A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas, *Engineering Geology*, 85(3-4), 347-366
- Aleotti, P., and Chowdhury, R., 1999, Landslide Hazard Assessment: Summary, Review and New Perspectives, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58(1), 21-44.

Sharifi, M.A. and Retsios, V. 2003. Site selection for waste disposal through spatial multiple criteria decision analysis. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International conference on decision support for telecommunications and information society DSTIS, 4-6 September 2003, Warsaw, Poland, 15p.

US Geological Survey Professional, 944p.

Saaty, T. 1980. The analytical hierarchy process. New York, McGraw-Hill.

Shariat Jafari, M. 1996. Landslide Foundation and Principal of the Natural Slope Stability. Sazeh Publication, 218p.

Archive of SID