مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال یکم، شماردوم، زمستان ۱۳۹۲
Vol.1, No.3, Winter 2014

صحت‌سنجی روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و رگرسیون چندمتغیره (MR) در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به کمک تکنیک GIS (مطالعه موردی: حوضه رودخانه ماربر)

کورش شیرانی[۲]*، عبداله سیف[۲]، مسعود علیمرادی[۳]

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه اصفهان
۲- استادیار دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه اصفهان
۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه اصفهان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۲/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۴/۲۹

چکیده

مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی به وقوع خسارت‌های زیاد ناشی از زمین‌لغزش‌ها دامن زده است. یکی از راهکارهای مهم برای کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع زمین‌لغزش‌ها، دوری جستن از این مناطق است. بدین منظور لازم است تا نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش نسبتاً دقیقی از بین روش‌های موجود برای این مناطق تهیه گردد. هدف این تحقیق آن است تا در مرحله نخست به کمک رابطه رگرسیونی چندمتغیره (MR)، اولویت نسبی (ارجحیت) عوامل مؤثر تعیین گردد و از آنها به‌جای اولویت‌بندی عوامل در روش سلسله‌مراتبی (AHP) ـ که به صورت کارشناسی مشخص می‌شوند ـ استفاده گردد. در مرحله بعد، ضمن تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، صحت دو روش نیز ارزیابی و مقایسه می‌شود. برای انجام این تحقیق، به‌وسیله عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و بررسی‌های میدانی به کمک سامانه موقعیت‌یاب (GPS)، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها در حوضه رودخانه ماربر از زیرحوضه‌های بالادست حوضه کارون شمالی به وسعت ۸۰۰ کیلومترمربع واقع در جنوبی‌ترین قسمت استان، تهیه شده است. سپس ۹ عامل لیتولوژی، شیب، کاربری اراضی، بارش، پوشش گیاهی، جهت شیب، و عناصر خطی جاده، گسل و آبراهه (۵۴ پارامتر در قالب ۹ عامل) مورد بررسی قرار گرفته و عوامل مؤثر در لغزش نیز تعیین شده‌اند. به‌منظور بالا بردن دقت، سرعت و سهولت آنالیز تمامی اطلاعات مکانی و توصیفی وارد سیستم GIS گردیدند و به‌وسیله نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۹/۳ به‌صورتِ برداری هم‌پوشانی داده شدند. از هم‌پوشانی نقشه‌های عوامل مذکور، ۲۷۴۶۶ واحد همگن حاصل شد که مبنای اعمال روابط حاصل از دو روش تحلیل رگرسیونی چند متغیره (MR) و سلسله‌مراتبی (AHP) قرار گرفت. تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده نشان داد که هر دو روش، دارای دقت تقریباً یکسان در تفکیک پهنه‌های خطر با شاخص زمین‌لغزشِ کاملاً مشخصی هستند؛ اما روش سلسله‌مراتبی براساس شاخص مجموع کیفیت (Qs) ـ که شاخص صحت نیز نامیده می‌شود ـ دارای مطلوبیت بیشتری است.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، پهنه‌بندی خطر، حوضه آبخیز رودخانه ماربر، رگرسیون چندمتغیره، تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، سامانه اطلاعات مکانی (GIS).

* نویسنده مکاتبه‌کننده: اصفهان، شهرک امیرحمزه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان. تلفن ۰۹۱۳۳۱۳۷۳۵۶

Email: k_sh424@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

۱- مقدمه

حرکت‌های دامنه‌ای ـ و به طور اخص زمین‌لغزش‌ها ـ در زمره پرخسارت‌ترین مخاطرات طبیعی‌اند که با دستکاری بشر در سیستم‌های طبیعی در دهه اخیر شتاب فزاینده‌ای یافته‌اند [۱]. از آنجا که پیش‌بینی زمان رخداد زمین‌لغزش‌ها خارج از توان شناخت و دانش بشری است، تنها با شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش و رتبه‌بندی کردن آنها تا حدودی می‌توان از خطر ناشی از بروز زمین‌لغزش جلوگیری کرد [۲]. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، سطح زمین را به نواحی ویژه و مجزایی از درجات بالفعل و یا بالقوه خطر ـ از هیچ تا بسیار زیاد ـ تقسیم می‌کند [۳]. این فرایند که برمبنای شناخت ویژگی‌های طبیعی و مدل‌سازی کمّی بر پایه داده‌های ناحیه مورد مطالعه صورت می‌گیرد، می‌تواند مبنایی برای اقدامات بعدی و برنامه‌ریزی‌های آتی توسعه و عمران در مقیاس منطقه‌ای و ناحیه‌ای و محلی محسوب گردد [۴]. در مورد پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای تا کنون بررسی‌های زیادی صورت گرفته است و محققان مختلف با استفاده از روش‌های گوناگون، طبقه‌بندی‌های متنوع و متعددی را ارائه کرده‌اند [۵]. اما بسته به وضعیت موجود منطقه مورد مطالعه، دقت و انعطاف هر یک از این روش‌ها متفاوت با دیگری است. بنابراین برای شناخت مناطق دارای پتانسیل زمین‌لغزش و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر باید بهترین و دقیق‌ترین روش را با توجه به عوامل مؤثر در رخداد وضعیت منطقه برگزید [۲].

تاکنون تحقیقات متعددی در داخل و خارج کشور در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش انجام گرفته است که عمدتاً شامل استفاده از روش‌های آماری دومتغیره و چندمتغیره [۲۰ و ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۱۶، ۱۵، ۱۴، ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۱۰، ۹، ۸، ۷، ۲]، و یا مقایسه روش‌های آماری مذکور با روش تحلیل سلسله‌مراتبی [۲۶ و ۲۵، ۲۴، ۲۳، ۲۲، ۲۱، ۶]، رگرسیون چندمتغیره و ارزش اطلاعاتی است [۲۸ و ۲۷، ۹] . از آنجا که پدیده‌های طبیعی مختلف همچون زمین‌لغزش تحت تأثیر و تعامل پارامترهای طبیعی متعدد که به‌صورت همزمان و با هم تأثیرگذارند، وقوع می‌یابند. لذا پژوهشگران مختلف که پیش‌تر به برخی از آنها اشاره شد، کوشیده‌اند تا مدل‌هایی را که با شرایط ذاتی پدیده‌های طبیعی هم‌خوانی و قرابت بیشتری دارند، به کار بگیرند.

به همین خاطر نیز از روش آماری چندمتغیره، که در آن عوامل طبیعی مؤثر به‌عنوان متغیرهای مستقل، به‌صورت یک‌جا و با هم نسبت به عامل زمین‌لغزش به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود، برای وزن‌دهی به عوامل استفاده شده است. همچنین در روش سلسله‌مراتبی به کمک مقایسه دو به دوی پارامترها براساس نظر کارشناسی به بررسی تأثیر آنها در رخداد زمین‌لغزش در قالب ایجاد ماتریس پرداخته می‌شود. به‌نظر می‌رسد که اگر بتوان به کمک روش آماری رگرسیون چندمتغیره به استخراج اوزان نسبی پارامترهای مؤثر پرداخت و سپس از آنها در روش سلسله‌مراتبی استفاده کرد، می‌توان با حذف نظر کارشناسی در اولویت‌بندی عوامل روش سلسله‌مراتبی و جایگزینی اوزان نسبی استخراجی حاصل از روش آماری رگرسیونی به‌جای آن، دقت روش سلسله‌مراتبی را بالاتر برد. لازم به ذکر است که پژوهشگران تاکنون از روش‌های یاد شده به‌صورت مجزا استفاده کرده‌اند و هیچ‌گاه نکوشیده‌اند که دیدگاه‌های کارشناسی را در اولویت‌بندی و ارجحیت دادن نسبی عوامل حذف کنند. این در حالی است که یکی از اهداف اصلی کاربرد مدل‌های آماری در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، کاهش یا حذف دیدگاه‌ها و قضاوت‌های کارشناسی از پیش تعیین شده است.

پژوهش حاضر بر آن است تا ضمن پهنه‌بندی حوضه رودخانه ماربر از نظر خطر رخداد زمین‌لغزش با استفاده از دو روش رگرسیون چندمتغیره (MR[1]) و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP[2])، به استخراج ضرایب

1. Multivariate Regression
2. Analytical Hierarchy Process

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

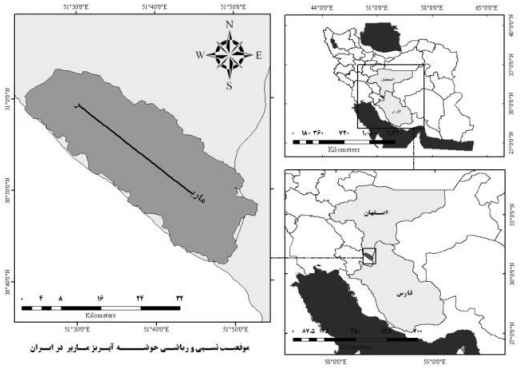
متغیرهای مستقل به کمک روش رگرسیون چندمتغیره (MR) به عنوان وزن کمّی عوامل مؤثر، به‌جای قضاوت کارشناسی اهمیت نسبی عوامل مؤثر در ماتریس تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) بپردازد و در نهایت ضمن ارزیابی دو روش مذکور، میزان دقت آنها را تعیین کند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه ماربر در حد فاصل ″30′41 48 تا ″31′3 20 عرض شمالی و ″51′23 18 تا ″51′52 54 طول شرقی واقع شده است. وسعت حوضه ماربر حدود ۸۰۰ کیلومترمربع است و در ۵۵ کیلومتری جنوب شهر سمیرم قرار دارد. این حوضه در جنوبی‌ترین قسمت استان اصفهان و تقریباً شمال استان فارس قرار می‌گیرد.

ناحیه مورد نظر در سلسله‌جبال زاگرس در زون زاگرس مرتفع جای گرفته است و در واقع به دلیل عملکرد راندگی دنا، بیده و کوه سیاه ناگهان به پیکر بلندی در کنار و موازی بخش زاگرس چین‌خورده قرار دارد [۲]. بالاترین ارتفاع منطقه ۴۳۰۰ متر و پایین‌ترین ارتفاع آن به ۱۹۷۱ متر می‌رسد. منطقه مورد مطالعه در حوضه شماره ۲ (خلیج‌فارس و دریای عمان) و در دامنه شمال شرقی قله دنا واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه رودخانه ماربر واقع در پادنای علیای سمیرم اصفهان

حوضه ماربر طبق نام‌گذاری جاماب در واحد هیدرولوژیک ۲-۱-۴-۳ به نام کهردان واقع شده است [۳۰و ۲۹]. با توجه به تقسیم‌بندی نواحی اقلیمی ایران به‌وسیله مسعودیان (۱۳۸۷) حوضه ماربر از نظر موقعیت جغرافیایی جزء اقلیم بلندی‌ها و برحسب ویژگی‌های اقلیمی جزء اقلیم «سرد، بارشمند، خشک» است [۳۱]. متوسط بارش سالانه در منطقه ۵۶۶/۸ میلیمتر است [۳۰].

۲-۲- تهیه نقشه‌های عوامل مؤثر

پس از زمین‌مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی به‌وسیله نرم‌افزار ENVI 4.7 و ArcGIS 9.3 اقدام به تهیه لایه‌های مورد نیاز بدین شرح گردید:

- تهیه لایه اطلاعاتی شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه و جاده با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی و نقشه توپوگرافی حوضه در محیط ArcGIS9.3. لازم به ذکر است که مبنای نقشه توپوگرافی مورد استفاده، نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور است.
- تهیه لایه اطلاعاتی لیتولوژی و فاصله از گسل از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور.

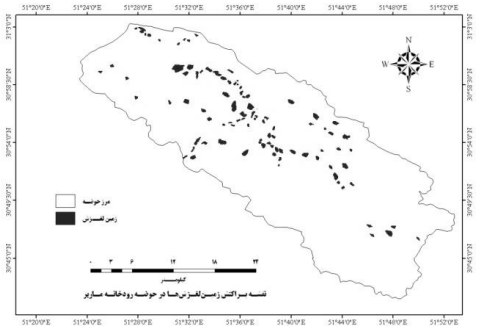
- تهیه لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی، کاربری اراضی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای ETM+۲۰۰۲ در نرم‌افزار ENVI۴/۷ و نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در مقیاس ۱/۲۵۰,۰۰۰.

- تهیه لایه اطلاعاتی خطوط هم‌باران سالانه به کمک درون‌یابی آمار ۳۱ ایستگاه هواشناسی در محیط Surfer 9.

- پراکنش زمین‌لغزش‌ها در منطقه مورد بررسی با استفاده از عکس‌های هوایی منطقه، مربوط به سال ۱۳۷۲ با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ به روش استریوسکپی، تفسیر و مناطق لغزشی تعیین گردیدند. سپس موقعیت

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

دقیق‌تر لغزش‌ها با استفاده از بررسی‌های صحرایی و دستگاه GPS به نقشه درآمدند (شکل ۲).



شکل ۲. پراکنش زمین‌لغزش‌های حوضه رودخانه ماربر واقع در پادنای علیای سمیرم اصفهان

لازم به ذکر است که برای به‌دست آمدن واحدهای همگن و کمّی کردن عوامل، در مورد برخی از عوامل مانند شیب، بارندگی، فاصله از آبراهه، گسل و جاده، نقشه هر عامل (به‌صورت محدوده‌های بافر از عناصر خطی) با توجه به ویژگی‌های آن عامل و با استفاده از نمودار فراوانی تجمعی پیکسل‌ها در برابر ارزش هر پیکسل استفاده شده است. بر روی این منحنی مناطقی که شیب منحنی تغییر می‌یابد، به عنوان مرز هر کلاس با کلاس دیگر در نظر گرفته شد. افزون بر اینها، رده‌بندی برای نقشه‌های جهت شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، و پوشش گیاهی ـ با توجه به محتویات هر لایه ـ انجام گرفت.

۲-۳- انجام روش رگرسیون چندمتغیره (MR)، با استفاده از داده‌های گسسته

۲-۳-۱- تعیین واحدهای همگن

به منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه ماربر با روش رگرسیون خطی چندمتغیره، لایه‌های رقومی عوامل مؤثر و لایه پراکنش زمین‌لغزش‌ها برای به‌دست آمدن نقشه واحدهای همگن در محیط GIS و به‌وسیله ابزار Union هم‌پوشانی گردید و ۲۷۴۶۶ واحد همگن ایجاد شد. از میان واحدهای همگن به‌دست آمده، ۲۰۰۱ واحد آنها لغزش داشته‌اند. لازم به ذکر است که واحدهای همگن واحدهایی هستند دارای ویژگی‌های مشترکی از نظر عوامل سنگ‌شناختی (LIT)، شیب (SLP)، کاربری اراضی (LUS)، بارش (RAN)، پوشش گیاهی (RNG)، جهت شیب (ASP)، زمین‌لغزش (SLD) و نیز عناصر خطی مانند جاده (ROD)، گسل (FLT)، آبراهه (DRN)؛ و اینها به واسطه اختلاف در ـ دست کم ـ یکی از عوامل ذکر شده، از واحدهای مجاورشان تمایز می‌یابند. به این ترتیب در مورد هر عامل می‌توان تعداد واحدهای همگن دارای لغزش را برگزید و مقدار تأثیر آنها را در وقوع زمین‌لغزش‌ها بررسی کرد و به مقدار کمّی بدل ساخت [۲۱].

۲-۳-۲- کمّی‌کردن عوامل مؤثر، و وزن دادن به آنها

متغیرهای مورد استفاده در تحلیل خطر زمین‌لغزش در برخی از موارد کمّی‌اند (عناصر خطی، بارش، شیب) و در مواردی هم کیفی هستند (جهت شیب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، لیتولوژی). بدین ترتیب، چون در روش‌های آماری از داده‌های کمّی استفاده می‌شود و روش رگرسیون چندمتغیره خطی نیز روشی آماری است، لازم است که داده‌های کیفی به داده‌های کمی تبدیل گردند. به منظور تبدیل داده‌های کیفی عوامل و وزن‌دهی کلاس‌های مختلف آنها، مساحت هر کلاس و درصد سطح لغزش‌یافته آن با واحدهای همگن محاسبه شد و به‌عنوان مبنای وزن‌دهی و در نهایت نیز کمّی کردن پارامترها در رگرسیون چندمتغیره به کار رفت.

پس از تهیه نقشه واحدهای همگن، آن دسته از واحدهای همگنی که در آنها لغزش رخ داده بود، برای به‌دست آوردن درصد سطح لغزش‌یافته و وزن‌دهی به کلاس‌های هر یک از عوامل ۹ گانه در محیط ArcGIS با ابزار Clip جدا شدند. همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، کلاسه‌بندی عامل شیب و بارش و عناصر خطی با توجه به شکست‌های طبیعی نمودار فراوانی تجمعی به‌دست آمدند و برای دیگر عوامل از محتویات موجود در هر نقشه استفاده شد. سپس جدول کلاسه‌بندی هر کدام از عوامل تنظیم گردید و براساس درصد سطح

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

لغزش‌یافته در هر کلاس به آنها وزن داده شد. برای مثال، عامل بارش به سه کلاس تقسیم گردید: (۶۵۰-۴۵۰ میلی‌متر) Ran1، (۸۰۵-۶۵۰ میلی‌متر) Ran2، (۱۰۰۰-۸۵۰ میلی‌متر) Ran3. گفتنی است که به منظور دستیابی به هدف پژوهش، ابتدا داده‌های پیوسته مؤثر در لغزش (عوامل مؤثر) به داده‌های گسسته (کلاس‌های هر پارامتر) تبدیل گردیدند. سپس از نسبت مساحت سطح لغزش‌یافته به مساحت کل هر کلاس، به‌عنوان مبنای وزن‌دهی و نهایتاً کمّی کردن پارامترها (به کمک رگرسیون چندمتغیره) استفاده شد. عدد به‌دست آمده برای هر پارامتر به درصد بدل گردید و به عنوان وزن اولیه آن پارامتر برای تشکیل معادله رگرسیونی در نظر گرفته شد. بدیهی است هر چه سطح لغزش‌یافته یکی از کلاس‌ها بیشتر باشد، اهمیت آن کلاس نسبت به رخداد زمین‌لغزش، و همچنین وزن آن بیشتر خواهد بود.

۲-۳-۳- تجزیه و تحلیل آماری و انجام رابطه رگرسیونی بین عوامل

به منظور انجام رگرسیون چندمتغیره بین عوامل مؤثر، پس از به‌دست آوردن وزن‌های اولیه کلاس‌های مختلف هر یک از عوامل، اطلاعات به محیط SPSS وارد شدند، که در آن ۵۴ کلاس مربوط به ۹ عامل مورد نظر به عنوان متغیرهای مستقل در برابر واحدهای همگن به تعداد ۲۷۴۶۶ تکرار گردیدند و عامل سطح زمین‌لغزش در هر واحد همگن به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. در انتخاب روش رگرسیون چندمتغیره روش گام به گام (Stepwise) انتخاب شد که نتایج حاصل از اعمال این روش با درصد اطمینان بیش از ۹۵ درصد تعیین گردید. پس از انجام عملیات رگرسیونی از میان ۵۴ پارامتر دخالت داده شده در رگرسیون ۲۴ پارامتر به دلیل داشتن ضریب معنی‌داری کمتر از ۹۵ درصد و نداشتن رابطه آماری قوی با درصد سطح لغزش‌های رخ داده در واحدهای همگن، حذف شده‌اند. ۳۰ پارامتر باقی‌مانده در سطح اطمینان بین ۹۵ تا ۹۹ درصد معنی‌دار، و ضریب همبستگی (R) آنها ۰/۵۷ بوده است.

مدلی که سرانجام به دست آمده، بدین صورت است:

رابطه (۱)

$$Y = B\circ + B1 * X1 + B2 * X2 + \ldots + Bn * Xn$$

Y = متغیر وابسته (رخداد زمین‌لغزش واحد همگن)

B0 = ضریب یا مقدار ثابت در معادله رگرسیون خطی، که در این تحقیق صفر به دست آمد.

B۱ الی Bn= ضریب یکم تا nامِ متغیرهای مستقل (عوامل مؤثر طبیعی) معادله رگرسیون خطی.

X۱ الی Xn= متغیرهای مستقل (عوامل مؤثر طبیعی) معادله رگرسیون خطی.

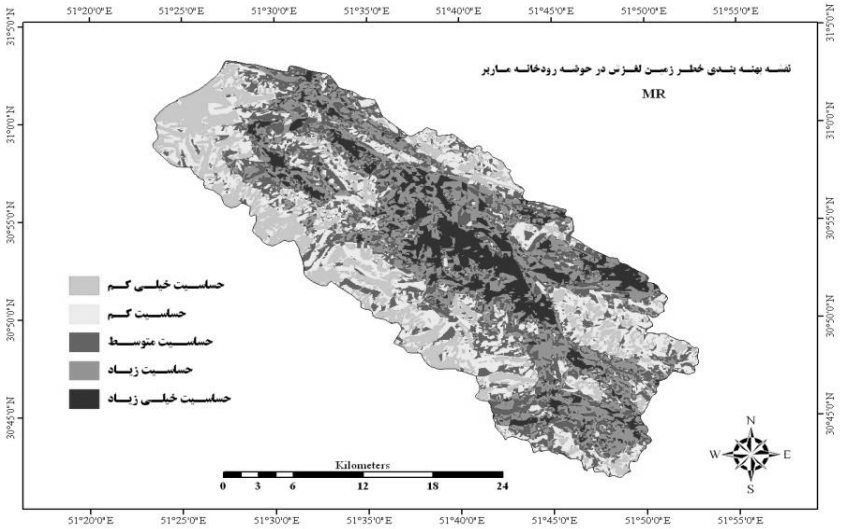
مقادیر عددی ضرایب (B۱) الی (Bn) (ضرایب رگرسیونی) و همچنین متغیرهای مستقل (عوامل مؤثر طبیعی) معادله رگرسیون خطی X۱ الی Xn در جدول ۲ برای هر عامل و در جدول ۶ برای رده‌های هر عامل در منطقه مورد مطالعه آمده است. رابطه رگرسیونی مذکور در محیط Excel برای کلیه واحدهای همگن اعمال گردید، و وزن‌های به‌دست آمده برای واحدهای همگن به جدول اطلاعاتی لایه رقومی آنها در محیط GIS افزوده شد. پس از ترسیم نمودار فراوانی براساس وزن‌های به‌دست آمده برای واحدهای همگن و همچنین به‌منظور مقایسه منطقی نتیجه به‌دست آمده در این روش با روش تحلیل سلسله‌مراتبی، حوضه رودخانه ماربر از نظر حساسیت نسبت به رخداد زمین‌لغزش به ۵ کلاس تقسیم گردید (جدول ۱) و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره به دست آمد (شکل ۳).

جدول ۱. گستره‌های لغزشی حوضه رودخانه ماربر در روش رگرسیون چندمتغیره

$Y < ۱۱$	گستره‌های با حساسیت خیلی کم
$۱۱ < Y < ۲۰$	گستره‌های با حساسیت کم
$۲۰ < Y < ۲۹$	گستره‌های با حساسیت متوسط
$۲۹ < Y < ۴۰$	گستره‌های با حساسیت زیاد
$۴۰ < Y$	گستره‌های با حسایت خیلی زیاد

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]



شکل ۳. نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه رودخانه ماربر به روش رگرسیون چندمتغیره (MR)

۲-۳-۴- انجام روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) با استفاده از دانش داده‌ای (ضرایب رگرسیونی)

ساختار سلسله‌مراتبی به‌کار رفته در این روش، با آنچه که در تحلیل سلسله‌مراتبی با استفاده از دانش کارشناسی به‌کار می‌رود یکسان است و از نوع سلسله‌مراتبی وظیفه‌ای با ساختار ناقص؛ با این تفاوت که در روش دانش داده‌ای با استفاده از ضرایب رگرسیونی برای اولویت‌بندی (ارجحیت) عوامل و محاسبه وزن نسبی پارامترها از ضرایب رگرسیونی آنها (جدول ۲) استفاده نمی‌شود و نظر کارشناسی به منظور اولویت‌بندی عوامل یا رده‌های آنها، اعمال نمی‌گردد. نکته درخور توجه در این روش آن است که مقادیر ضرایب رگرسیونی به‌رغم کمک در تعیین عدد اولویت‌بندی (ارجحیت) نسبی عوامل، می‌توانند در تعیین فواصل یا نرخ ارجحیت در تحلیل سلسله‌مراتبی تأثیرگذار باشد.

۲-۳-۴-۱- ماتریس مقایسه زوجی و محاسبه وزن آیتم‌ها (عوامل و کلاس‌ها)

همان‌طور که اشاره شد، در روش دانش داده‌ای برای اولویت‌بندی و محاسبه وزن نسبی پارامترها از ضریب رگرسیونی آنها (جداول ۲، ۳ و ۶) استفاده می‌شود و دیگر نظر کارشناسی اعمال نمی‌گردد. در این روش پارامتری که بیشترین مقدار ضریب رگرسیونی را دارد، بیشترین اهمیت یا ارجحیت را نیز نسبت به هدف دارد؛ و در ماتریس مقایسه زوجی بالاترین اولویت یعنی عدد ۱ و پارامتری که کمترین مقدار ضریب رگرسیونی را دارد، در عین حال دارای کمترین اهمیت یا ارجحیت نسبت به هدف است و در ماتریس مقایسه زوجی، پایین‌ترین اولویت ـ یعنی عدد ۹ ـ را به خود اختصاص می‌دهد [۳۳]. تمامی پارامترهایی که ضریب رگرسیونی‌شان صفر است، پارامترهای حذف شده از معادله رگرسیونی‌اند و برای آنها در ماتریس، اولویت یکسانی در نظر گرفته می‌شود. زیرا همان‌طور که در مبحث روش رگرسیون خطی بیان گردید، مقدار ضریب بیشتر نشانگر افزایش ناپایداری و پارامترهای حذف شده که دارای ضریب صفرند، نسبت به هدف (رخداد زمین‌لغزش) تأثیر خنثی داشته‌اند. در مرحله بعد، به تشکیل ماتریس مقایسه زوجی عوامل (جدول ۲) و نیز چنین ماتریسی برای کلاس‌های هر عامل، پرداخته می‌شود. ماتریس مقایسه زوجی کلاس‌های فاصله از

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

جاده (ROD) با ۴ کلاس جدول ۳ به‌عنوان نمونه آمده است. بدیهی است که برای کلاس‌های ۸ عامل مؤثر دیگر نیز به همین صورت اقدام می‌گردد. پس از تشکیل ماتریس‌های مذکور مراحل تحلیل سلسله‌مراتبی برای پهنه‌بندی، به شرحی که در ادامه ذکر می‌گردد، انجام می‌شود:

۲-۳-۴-۲- نرمال کردن داده‌ها و محاسبه وزن عوامل و کلاس‌ها

پس از تشکیل اولویت‌بندی، برای بی‌بُعد کردن داده‌ها و به‌دست آوردن وزن پارامترها از روش میانگین حسابی (یکی از روش‌های تقریبی) استفاده می‌شود. بدین منظور، ابتدا جمع مقادیر هر یک از ستون‌ها به‌دست می‌آید، و سپس نسبت مقادیر هر پارامتر به جمع تمامی ستون‌های مربوط به آن پارامتر محاسبه می‌شود. در مرحله بعد میانگین مقادیر عناصر در هر سطر محاسبه می‌گردد تا وزن پارامتری که در آن سطر قرار دارد، به‌دست آید. در جدول ۴ نتایج حاصل از نرمالیزه کردن ماتریس‌های مقایسه زوجی عوامل مؤثر، و در جدول ۵ نیز زیر عامل‌ها یا کلاس‌های فاصله از جاده (ROD) به عنوان نمونه آمده است. ستون متوسط (میانگین هر سطر) در ماتریس نرمالیزه وزن نسبی هر عنصر را نشان می‌دهد.

پس از محاسبه وزن نسبی عوامل، برای محاسبه وزن نهایی کلاس‌ها یا زیرعامل‌ها، وزن‌های نسبی هر عامل در زیرعامل‌های مربوط ضرب می‌گردد و وزن نهایی زیرعامل‌ها برای تحلیل سلسله‌مراتبی به کمک ضرایب رگرسیونی به دست می‌آید (جدول ۶). به عنوان مثال، کلاس یا زیرعامل فاصله از جاده ۰-۵۰۰ (RODI) با وزن نهایی ۰/۱۶۴ نتیجه حاصل‌ضرب عدد ۰/۲۹۱ (وزن نسبی عامل ROD) در عدد ۰/۵۶۳ (وزن نسبی کلاس RODI) است، که به ترتیب از جداول ۳ و ۵ به‌دست آمده‌اند. در شکل ۴، نقشه‌های وزنی عوامل مؤثر نشان داده شده است.

جدول ۲. ماتریس مقایسه زوجی عوامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش در حوضه رودخانه ماربر

معیارها	ROD	LIT	RNG	DRN	LUS	SLP	ASP	RAN	FLT	ضریب رگرسیونی
ROD	۱	۱	۴	۴	۵	۶	۷	۹	۹	۰/۱۳۴۸
LIT	۱	۱	۳	۳	۴	۵	۶	۹	۹	۰/۱۳۳۰
RNG	۰/۲۵۰	۰/۳۳۳	۱	۱	۳	۴	۵	۷	۷	۰/۰۲۰۸
DRN	۰/۲۵۰	۰/۳۳۳	۱	۱	۲	۳	۴	۶	۶	۰/۰۲۰۳
LUS	۰/۲۰۰	۰/۲۵۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۲	۳	۵	۵	۰/۰۱۵۴
SLP	۰/۱۶۷	۰/۲۰۰	۰/۲۵۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۲	۳	۳	۰/۰۱۰۷
ASP	۰/۱۴۳	۰/۱۶۷	۰/۲۰۰	۰/۲۵۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۲	۲	۰/۰۰۲۰
RAN	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۴۳	۰/۱۶۷	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۱	-۰/۰۲۵۷
FLT	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۴۳	۰/۱۶۷	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۱	-۰/۰۴۷۲
مجموع	۳/۲۳۲	۳/۵۰۶	۱۰/۰۶۹	۱۰/۴۱۷	۱۶/۲۳۳	۲۲/۱۶۷	۲۹	۴۳	۴۳	

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی کلاس‌های فاصله از جاده (ROD)

ضریب رگرسیونی	فاصله از جاده (متر)	(ROD1) ۰-۵۰۰	(ROD2) ۵۰۰-۱۰۰۰	(ROD3) ۱۰۰۰-۵۰۰۰	(ROD4) ۵۰۰۰<
۰/۲۳۸۰	(ROD1) ۰-۵۰۰	۱	۳	۵	۷
۰/۱۷۵۰	(ROD2) ۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۳۳۳	۱	۳	۵
۰/۰۹۰۹	(ROD3) ۱۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۲
۰/۰۳۵۳	(ROD4) ۵۰۰۰<	۰/۱۴۲	۰/۲	۰/۵	۱
	مجموع	۱/۶۷۶	۴/۵۳۳	۹/۵	۱۵

جدول ۴. ماتریس نرمال داده‌ها و محاسبه وزن عناصر با استفاده از روش میانگین حسابی

معیارها	ROD	LIT	RNG	DRN	LUS	SLP	ASP	RAN	FLT	میانگین(وزن نسبی عامل)
ROD	۰/۳۰۹۴	۰/۲۸۵۳	۰/۳۹۷۳	۰/۳۸۴۰	۰/۳۰۸۰	۰/۲۷۰۷	۰/۲۴۱۴	۰/۲۰۹۳	۰/۲۰۹۳	۰/۲۹۱
LIT	۰/۳۰۹۴	۰/۲۸۵۳	۰/۲۹۷۹	۰/۲۸۸۰	۰/۲۴۶۴	۰/۲۲۵۶	۰/۲۰۶۹	۰/۲۰۹۳	۰/۲۰۹۳	۰/۲۵۳
RNG	۰/۰۷۷۴	۰/۰۹۵۱	۰/۰۹۹۳	۰/۰۹۶۰	۰/۱۸۴۸	۰/۱۸۰۵	۰/۱۷۲۴	۰/۱۶۲۸	۰/۱۶۲۸	۰/۱۳۷
DRN	۰/۰۷۷۴	۰/۰۹۵۱	۰/۰۹۹۳	۰/۰۹۶۰	۰/۱۲۳۲	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۷۹	۰/۱۳۹۵	۰/۱۳۹۵	۰/۱۱۶
LUS	۰/۰۶۱۹	۰/۰۷۱۳	۰/۰۳۳۱	۰/۰۴۸۰	۰/۰۶۱۶	۰/۰۹۰۲	۰/۱۰۳۴	۰/۱۱۶۳	۰/۱۱۶۳	۰/۰۷۸
SLP	۰/۰۵۱۶	۰/۰۵۷۱	۰/۰۲۴۸	۰/۰۳۲۰	۰/۰۳۰۸	۰/۰۴۵۱	۰/۰۶۹۰	۰/۰۶۹۸	۰/۰۶۹۸	۰/۰۵۰
ASP	۰/۰۴۴۲	۰/۰۴۷۶	۰/۰۱۹۹	۰/۰۲۴۰	۰/۰۲۰۵	۰/۰۲۲۶	۰/۰۳۴۵	۰/۰۴۶۵	۰/۰۴۶۵	۰/۰۳۴
RAN	۰/۰۳۴۴	۰/۰۳۱۷	۰/۰۱۴۲	۰/۰۱۶۰	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۵۰	۰/۰۱۷۲	۰/۰۲۳۳	۰/۰۲۳۳	۰/۰۲۱
FLT	۰/۰۳۴۴	۰/۰۳۱۷	۰/۰۱۴۲	۰/۰۱۶۰	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۵۰	۰/۰۱۷۲	۰/۰۲۳۳	۰/۰۲۳۳	۰/۰۲۱
مجموع	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

جدول ۵. ماتریس نرمالیزه کلاس‌های فاصله از جاده (ROD)

فاصله از جاده (متر)	(ROD1) ۰-۵۰۰	(ROD2) ۵۰۰-۱۰۰۰	(ROD3) ۱۰۰۰-۵۰۰۰	(ROD4) ۵۰۰۰<	میانگین (وزن نسبی کلاس)
(ROD1) ۰-۵۰۰	۰/۵۹۷	۰/۶۶۲	۰/۵۲۶	۰/۴۶۷	۰/۵۶۳
(ROD2) ۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۱۹۹	۰/۲۲۱	۰/۳۱۶	۰/۳۳۳	۰/۲۶۷
(ROD3) ۱۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۱۱۹	۰/۰۷۴	۰/۱۰۵	۰/۱۳۳	۰/۱۰۸
(ROD4) ۵۰۰۰<	۰/۰۸۵	۰/۰۴۴	۰/۰۵۳	۰/۰۶۷	۰/۰۶۲
مجموع	۱	۱	۱	۱	۱

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

۲-۳-۴-۳- محاسبه نرخ ناسازگاری داده‌ها

نرخ ناسازگاری، معیاری است برای سنجش معناداری و دقت داده‌های وارد شده در ماتریس‌ها و مقدار مناسب و پذیرفتنی آن در روش تحلیل سلسله‌مراتبی کمتر از ۰/۱ است [۳۳]. برای محاسبه میزان ناسازگاری ماتریس، پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی (A) و به‌دست آوردن بردار وزن (W)، ماتریس مقایسه زوجی (A) در بردار وزن (W) ضرب می‌شود تا تخمین مناسبی از $\lambda \max W$ به دست آید. به عبارتی $A \times W = \lambda \max W$ است. با تقسیم $\lambda \max W$ بر W مربوط، مقدار $\lambda \max$ محاسبه می‌شود. پس محاسبه متوسط $\lambda \max$ مقدار شاخص ناسازگاری را می‌توان از طریق رابطه (۲) محاسبه کرد [۳۳].

رابطه (۲)

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

I.I.= شاخص ناسازگاری، n = بعد ماتریس

نرخ ناسازگاری نیز از رابطه (۳) به‌دست می‌آید:

رابطه (۳)

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

I.I.R = نرخ ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی،

I.R= نرخ ناسازگاری.

بدین ترتیب، برای محاسبه نرخ ناسازگاری داده‌ها از روش میانگین حسابی استفاده شد، و مقدار آن برای ماتریس عوامل مؤثر (جدول ۲) ۰/۰۰۴۶ به‌دست آمد، که پذیرفتنی است.

مراحل مذکور برای تمامی کلاس‌های هر عامل به صورت جداگانه و براساس ضرایب رگرسیونی اختصاص یافته، مطابق آنچه که پیش‌تر تشریح گردید، انجام گرفت تا وزن هر کلاس نسبت به کلاس‌های دیگر با توجه به هدف (رخداد زمین‌لغزش) به‌دست آید. سپس سازگاری تمامی داده‌ها کنترل گردید. نتایج به دست آمده، در جدول ۶ نشان داده شده است.

۲-۳-۴-۴- اعمال اولویت‌بندی‌ها و پهنه‌بندی حوضه

برای به‌دست آمدن مدل نهایی یا نقشه پهنه‌بندی، ابتدا مجموع حاصل‌ضرب وزن نسبی کلاس در وزن نسبی هر عامل محاسبه می‌شود، تا وزن نهایی عوامل ۹گانه به‌دست آید (رابطه ۴).

رابطه (۴)

$$W = ((C1.X) + (C2.X) + ... + (Cn.X))$$

W = وزن نهایی عامل،

C = وزن نسبی کلاس،

X = وزن نسبی عامل

از حاصل جمع وزن نهایی عوامل، مدل پهنه‌بندی استخراج می‌گردد (رابطه ۵).

رابطه (۵)

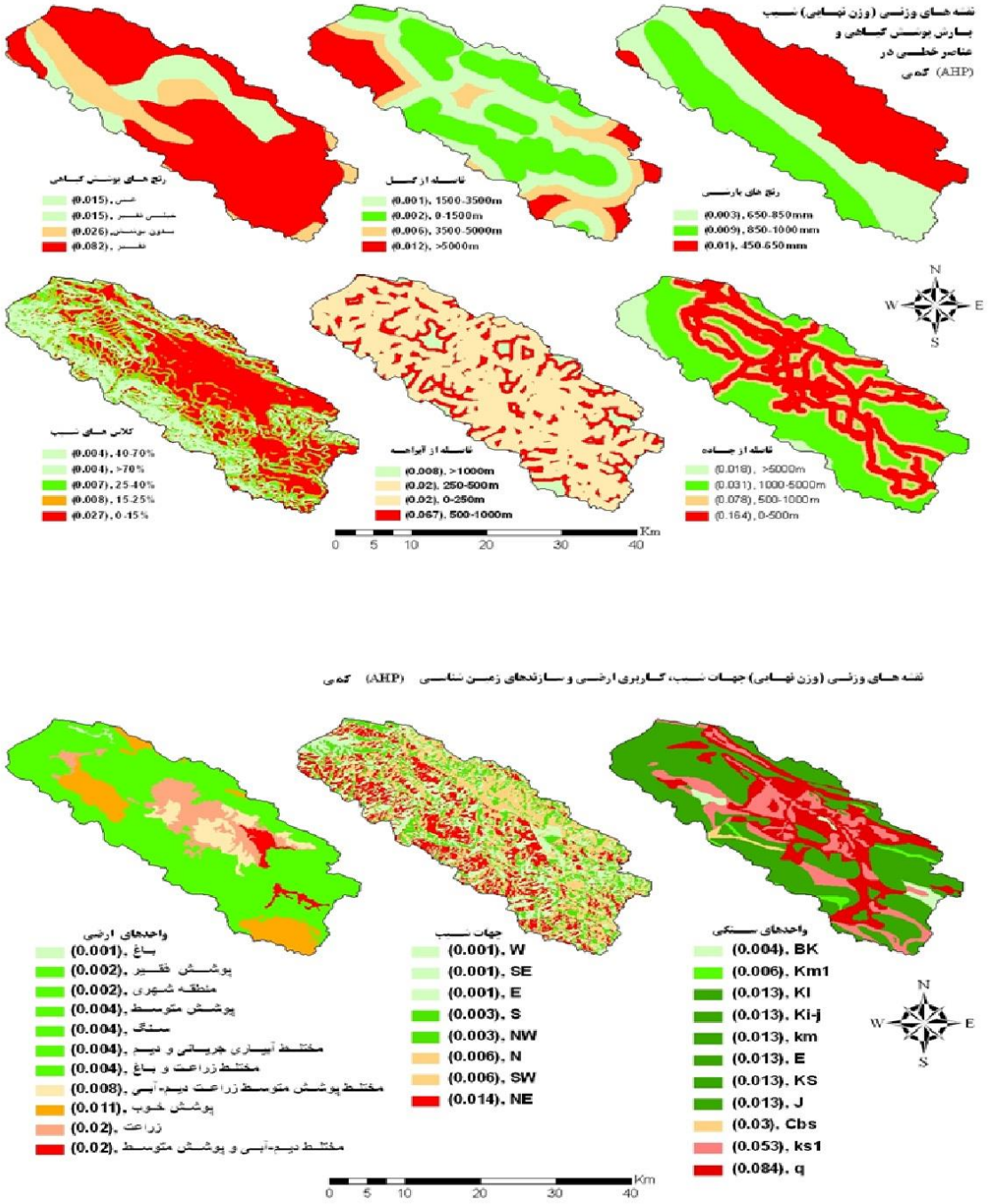
$$M = (W1 + W2 + ... + Wn)$$

M = مدل نهایی، W = وزن نهایی عوامل

برای انجام محاسبات یاد شده و اعمال صحیح اوزان به‌دست آمده برای تک‌تک پارامترها و به‌دست آوردن خروجی مدل یعنی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، استفاده از نرم‌افزار ArcGIS9.3 اجتناب‌ناپذیر است. در محیط GIS، مدل مورد نظر را می‌توان با روش‌های مختلفی چون Weighted Overlay، Weighted Sum، Extention AHP و Raster Calculator تهیه کرد. در این پژوهش به منظور ارائه مدل نهایی، از روش Weighted Sum ـ به دلیل در نظر گرفتن وزن نسبی هر عامل و اعمال آن در وزن نسبی کلاس‌های هر عامل به صورت هم‌زمان و یک‌جا ـ استفاده شد؛ و لایه به‌دست آمده براساس شکست‌های طبیعی نمودار فراوانی پیکسل‌ها و با هدف مقایسه نتایج با روش رگرسیون چندمتغیره به ۵ کلاس لغزشی تقسیم گردید (جدول ۷). شکل ۵ نقشه پهنه‌بندی خطر رخداد زمین‌لغزش در حوضه ماربر را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی با داده‌های کمّی، نشان می‌دهد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]



شکل ۴. نقشه وزنی عوامل مؤثر به روش AHP با استفاده از ضرایب رگرسیونی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

جدول ۶. نتایج به‌دست آمده برای هر کلاس پس از طی مراحل سلسله‌مراتبی

وزن نهایی	وزن نسبی کلاس	ضریب رگرسیونی	نام کلاس	کد کلاس	وزن نسبی عامل	کد عامل	وزن نهایی	وزن نسبی کلاس	ضریب رگرسیونی	نام کلاس	کد کلاس	وزن نسبی عامل	کد عامل
۰/۰۰۲	۰/۱۰۸	-۰/۰۷۲۴	0-1500m	FLT1	۰.۰۲۱	FLT	۰/۱۶۴	۰/۵۶۳	۰/۲۳۸۰	0-500m	ROD1	۲۹۱/۰	ROD
۰/۰۰۱	۰/۰۶۲	-۰/۰۷۷۵	1500-3500m	FLT2			۰/۰۷۸	۰/۲۶۷	۰/۱۷۵۰	500-1000m	ROD2		
۰/۰۰۶	۰/۲۶۷	-۰/۰۳۸۹	3500-5000m	FLT3			۰/۰۳۱	۰/۱۰۸	۰/۰۹۰۹	1000-5000m	ROD3		
۰/۰۱۲	۰/۵۶۳	۰	>5000m	FLT4			۰/۰۱۸	۰/۰۶۲	۰/۰۳۵۳	>5000m	ROD4		
۰/۰۲۶	۰/۱۹۱	۰	بدون پوشش	RNG1	۰.۱۳۷	RNG	۰/۰۲۰	۰/۱۷۴	۰	0-250m	DRN1	۱۱۶/۰	DRN
۰/۰۸۲	۰/۵۹۶	۰/۰۸۳۳	فقیر	RNG2			۰/۰۲۰	۰/۱۷۴	۰	250-500m	DRN2		
۰/۰۱۵	۰/۱۰۷	۰	خیلي فقیر	RNG3			۰/۰۶۷	۰/۵۸۱	۰/۱۰۵۹	500-1000m	DRN3		
۰/۰۱۵	۰/۱۰۷	۰	غني	RNG4			۰/۰۰۸	۰/۰۷۱	-۰/۰۲۴۸	>1000m	DRN4		
۰/۰۰۱	۰/۰۳۹	-۰/۰۱۹۲	E	ASP1	۰۳۴/۰	ASP	۰/۰۱۰	۰/۴۵۸	۰	450-650mm	RAN1	۰۲۱/۰	RAN
۰/۰۰۶	۰/۱۷۴	۰/۰۲۱۴	N	ASP2			۰/۰۰۳	۰/۱۲۶	-۰/۰۲۵۷	650-850mm	RAN2		
۰/۰۱۴	۰/۴۰۶	۰/۰۷۸۸	NE	ASP3			۰/۰۰۹	۰/۴۱۶	۰	850-1000mm	RAN3		
۰/۰۰۳	۰/۰۷۶	۰	NW	ASP4			۰/۰۲۷	۰/۵۳۷	۰/۰۵۳۵	0-15%	SLP1	۰۵/۰	SLP
۰/۰۰۳	۰/۰۷۶	۰	S	ASP5			۰/۰۰۸	۰/۱۶۶	۰/۰۰۸۰	15-25%	SLP2		
۰/۰۰۱	۰/۰۲۹	-۰/۰۲۱۷	SE	ASP6			۰/۰۰۷	۰/۱۳۱	۰/۰۰۳۰	25-40%	SLP3		
۰/۰۰۶	۰/۱۸۰	۰/۰۲۳۶	SW	ASP7			۰/۰۰۴	۰/۰۸۳	۰	40-70%	SLP4		
۰/۰۰۱	۰/۰۱۹	-۰/۰۶۶۶	W	ASP8			۰/۰۰۴	۰/۰۸۳	۰	>70%	SLP5		
۰/۰۲۰	۰/۲۵۱	۰/۰۸۳۰	کشاورزي	LUS1	۰۷۸/۰	LUS	۰/۰۰۴	۰/۰۱۷	-۰/۰۳۶۸	بختياري	LIT1	۲۵۳/۰	LIT
۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	-۰/۰۴۴۶	باغ	LUS2			۰/۰۳۰	۰/۱۱۹	۰/۰۴۳۳	ميلا	LIT2		
۰/۰۱۱	۰/۱۴۰	۰/۰۴۸۹	مرتع خوب	LUS3			۰/۰۱۳	۰/۰۵۱	۰	كشكان	LIT3		
۰/۰۲۰	۰/۲۵۱	۰/۰۸۳۱	مختلط (كشت ديم،آبي و مرتع متوسط)	LUS4			۰/۰۱۳	۰/۰۵۱	۰	سورمه	LIT4		
۰/۰۰۸	۰/۱۰۲	۰/۰۳۴۸	مختلط (مرتع متوسط، كشت ديم و آبي)	LUS5			۰/۰۱۳	۰/۰۵۱	۰	گورپي	LIT5		
۰/۰۰۴	۰/۰۴۷	۰	مرتع متوسط	LUS6			۰/۰۰۶	۰/۰۲۳۰	-۰/۰۱۱۱	ايلام	LIT6		
۰/۰۰۲	۰/۰۲۱	-۰/۰۲۰۵	مرتع فقير	LUS7			۰/۰۱۳	۰/۰۵۰۵	۰	ايلام_سروك	LIT7		
۰/۰۰۲	۰/۰۳۱	-۰/۰۱۵۷	شهر	LUS8			۰/۰۵۲	۰/۲۰۴۶	۰/۰۶۰۳	گورپي ۲	LIT8		
۰/۰۰۴	۰/۰۴۷	۰	مختلط (كشت ديم و آبي)	LUS9			۰/۰۸۴	۰/۳۳۳۸	۰/۰۹۰۸	كواترنر	LIT9		
۰/۰۰۴	۰/۰۴۷	۰	سنگ	LUS10			۰/۰۱۳	۰/۰۵۰۵	۰	داريان	LIT10		
۰/۰۰۴	۰/۰۴۷	۰	مختلط (زراعت و باغ)	LUS11			۰/۰۱۳	۰/۰۵۰۵	۰	داريان_ فهليان	LIT11		

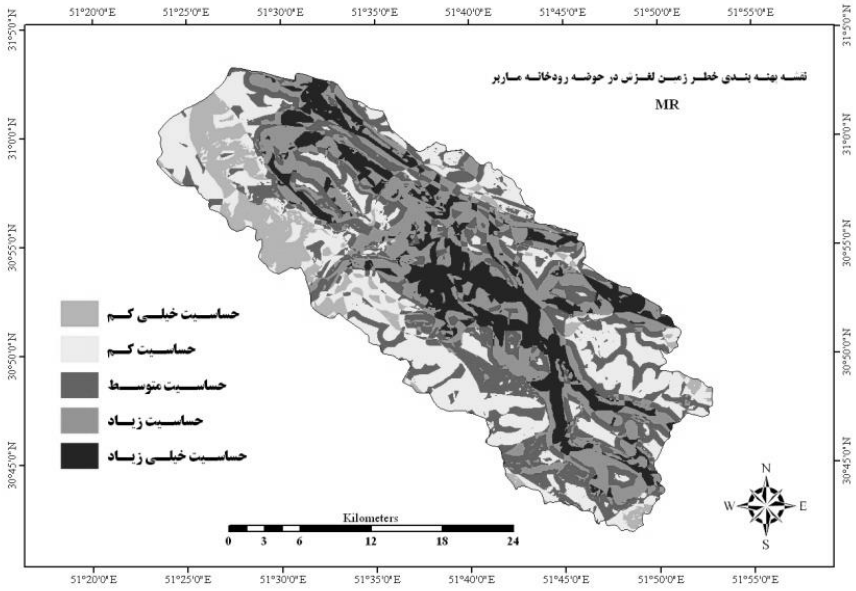
جدول ۷. گستره‌های لغزشی حوضه رودخانه ماربر در روش تحلیل سلسله‌مراتبی

۰/۰۷۴-۰/۱۴۲	گستره‌های با حساسیت خیلی کم
۰/۱۴۲-۰/۲	گستره‌های با حساسیت کم
۰/۲-۰/۲۷۱	گستره‌های با حساسیت متوسط
۰/۲۷۱-۰/۳۴۷	گستره‌های با حساسیت زیاد

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

۰/۳۴۷-۰/۴۶۸	گستره‌های با حساسیت خیلی زیاد



شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی خطر رخداد زمین‌لغزش در روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) با استفاده از ضرایب رگرسیونی

۲-۴- صحت‌سنجی و مقایسه روش‌های مورد استفاده

در این مرحله با تلاقی نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های حوضه و نقشه‌های پهنه‌بندی خطر در محیط GIS، به ارزیابی و مقایسه روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، با استفاده از روش مجموع کیفیت (QS) و دقت (P) پرداخته می‌شود و مدل مناسب منطبق با منطقه مورد بررسی، انتخاب می‌گردد. برای ارزیابی و مقایسه دقت بین پهنه‌ها یا رده‌های خطر در هر روش از روش‌های پهنه‌بندی، نسبت تراکم (Dr) به کار می‌رود [۳۷ و ۳۶، ۳۵، ۳۴، ۳۲، ۲۵، ۲۳، ۲۰، ۱۵، ۱۴، ۱۲، ۹، ۸، ۲].

پس از برداشت لغزش‌ها و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش‌های آماری چندمتغیره (MR) و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، برای تطبیق این نقشه‌ها با نقشه واقعیت زمینی و مقایسه آنها با یکدیگر، از رابطه مجموع کیفیت (Qs) یا همان صحت روش، استفاده شد [۱۲، ۲۵ و ۳۴].

۲-۴-۱- صحت یا مجموع کیفیت (QS)

برای تعیین مجموع کیفیت، لازم است ابتدا نسبت تراکمی محاسبه گردد، که این محاسبه در قالب رابطه (۶) صورت می‌پذیرد [۹ و ۱۲].

رابطه (۶)

$$Dr = \frac{\frac{Si}{Ai}}{\frac{\sum_{i}^{n} Si}{\sum_{f}^{n} Ai}}$$

که در آن: Si = مجموع مساحت زمین‌لغزش‌های واقع در هر رده خطر؛ Ai= مساحت iمین رده خطر در یک نقشه پهنه‌بندی؛ و n = تعداد رده‌های خطر.

در یک روش (نقشه) پهنه‌بندی، تراکم لغزش رده با Dr=۱ معادل با متوسط تراکم لغزش در کل منطقه و رده دارای نسبت تراکمی۲، دارای تراکم لغزشی معادل با دو برابر تراکم لغزش منطقه است. بنابراین هر چه تفکیک بین رده‌های خطر به‌وسیلهٔ شاخص نسبت تراکم بهتر صورت گرفته باشد، روش (نقشه) دارای

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

دقت یا مطلوبیت بیشتری است.

مقدار مجموع کیفیت (Qs) که از طریق رابطه (۶) محاسبه می‌گردد، نشان‌دهنده صحت یا مطلوبیت عملکرد روش در پیش‌بینی خطر رانش زمین در منطقه است. معمولاً مقدار این شاخص برای روش‌های مختلف در گستره صفر و ۷ قرار می‌گیرد. البته از بُعد نظری (تئوریک) حدی برای آن وجود ندارد. در ارزیابی روش‌ها هر چه مقدار مجموع کیفیت (Qs) در روشی بیشتر باشد، آن روش صحت یا مطلوبیت بیشتری در تفکیک خواهد داشت. مقدار مجموع کیفیت از رابطه (۷) به دست می‌آید [۳۴ و ۱۵، ۹، ۸، ۲].

رابطه (۷)

$$Qs = \sum_{i=1}^{n}((Dr-1)^2 \times S)$$

Qs= مجموع کیفیت؛ Dr= نسبت تراکم؛ S= نسبت مساحت هر رده خطر به مساحت کل منطقه؛ و

n = تعداد کلاس خطر

۲-۴-۲- دقت روش (P)

عبارت است از نسبتِ مساحت سطح لغزش‌یافته در پهنه‌های خطر بالا و خیلی بالا به مساحت کل آن پهنه‌ها (رابطه ۸) [۱۵].

رابطه (۸) $P = KS/S$

P = دقت روش در پهنه‌های دارای خطر متوسط به بالا

KS= مساحت سطح لغزش‌یافته در پهنه‌های دارای خطر متوسط به بالا

S = مساحت پهنه‌های خطر مرتبط

۳- نتایج و بحث

در روش رگرسیون چندمتغیره، رابطه متقابل بین متغیرهای مستقل (عوامل مؤثر) نسبت به یکدیگر و نسبت به متغیر وابسته (رخداد زمین‌لغزش)، یک‌جا در نظر گرفته می‌شود [۳۲]. در این روش داده‌های اولیه و نتایج حاصل از پردازش به صورت کمّی ارائه می‌شود. اما روش تحلیل سلسله‌مراتبی سیستم‌ها بر مقایسه زوجی معیارها استوار است و ابتدا با وزن‌دهی به تک‌تک عوامل در نظر گرفته شده و سپس امتیازدهی به هر کدام از کلاس‌های مربوط به هر معیار، ضرایبی به دست می‌آیند که مدل نهایی براساس آنها ارائه می‌گردد [۳۳].

برای ارزیابی و طبقه‌بندی نقشه‌های خطر لغزش زمین، از دو شاخص با عناوین نسبت تراکم (DR[1]) رابطه (۶) و مجموع کیفیت (QS[2]) رابطه (۷) استفاده گردید. لازم به ذکر است که شاخص زمین‌لغزش (LI[3]) به‌کار برده شده به‌وسیله ون وستن (۱۹۹۷)، شیرانی (۱۳۸۳)، شیرانی (۱۳۸۵) معادل همان نسبت تراکمی (Dr) است که شیرانی (۱۳۸۴)، جی (۱۹۹۲)، شریعت جعفری (۱۳۸۷) به‌کار برده‌اند [۳۵ و ۳۴، ۹، ۸، ۲]. به‌طور کلی شاخص زمین‌لغزش (LI) و نسبت تراکمی (Dr) و پیش‌بینی[4] (P)، برای ارزیابی و مقایسه دقت بین پهنه‌ها یا رده‌های خطر در هر روش از روش‌های پهنه‌بندی و شاخص مجموع کیفیت (Qs) برای ارزیابی و مقایسه بین روش‌های مختلف کاربرد دارد.

از آنجا که روش AHP به منظور تصمیم‌گیری نهایی در مورد هدف (نقشه خطر لغزش) بر قضاوت کارشناسی و مقایسه زوجی صفات (عوامل مؤثر در لغزش) مبتنی است، لذا در این تحقیق از ضرایب متغیرهای مستقل حاصل از روش رگرسیونی به‌منظور حذف نظر کارشناسی در مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) بهره گرفته شد و اقدام به تنظیم ماتریس داده‌ها گردید. این در حالی است که محققانی چون شادفر، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) براساس قضاوت کارشناسی استفاده کرده‌اند [۲۳].

نتایج حاصل از داده‌های جدول ۸ بیانگر آن است

1. Density Ratio
2. Quality Sum
3. Landslide Index
4. Results Precision of the Predicted

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

که در هر دو روش، نسبت تراکمی (Dr) ـ که همان مقادیر شاخص زمین‌لغزش (LI) مربوط به پهنه‌های خطری است که ون وستن (۱۹۹۸، ۱۹۹۷) اشاره کرده است [۳۶ و ۳۵، ۱۴] ـ ضمن تفکیک‌پذیری جدّی، متناسب با افزایش خطر پهنه‌ها، رو به فزونی نهاده است. به‌علاوه، دقت هر روش نیز در این جدول ارائه شده است که نشانگر دقت خوب تفکیک‌پذیری هر دو روش است که در مورد روش رگرسیونی مؤید تحقیق شیرانی (۱۳۸۶) و پژم (۱۳۷۵) نیز هست. [۷ و ۹]. به علاوه، همان‌طور که در جدول ۶ آمده است، مقدار شاخص مجموع کیفیت (Qs) که مقایسه و ارزیابی روش‌ها را در قیاس با یکدیگر نشان می‌دهد، در روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مقدار بیشتری (۰/۴۵) از روش رگرسیونی (۰/۴۲) به دست آورده است، و به عبارت دیگر مطلوبیت بهتری دارد. این در حالی است که دقت پیش‌بینی خطر (P) در هر دو روش برابر ۰/۰۳ است، و این موضوع تفکیک‌پذیری یکسان و مناسب پهنه‌های خطر را نیز تأیید می‌کند.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به سوابق تحقیق، نتایج حاصل از مدل‌سازی با استفاده از این دو روش، دقت‌های متفاوتی را نشان می‌دهد. در صورتی که براساس این پژوهش دقت (P) که نشان از تفکیک‌پذیری پهنه‌های خطر در هر روش دارد، در هر دو روش تقریباً یکسان است و محدودیتی برای دخالت دادن پارامترها (۳۰ پارامتر در روش رگرسیون چندمتغیره یا ۵۴ پارامتر در روش سلسله‌مراتبی) به چشم نمی‌خورد. اختلاف در صحت یا مطلوبیت (QS) که بیان‌کننده ارجحیت روش‌هاست، می‌تواند ناشی از مواردی از این دست باشد: یکسان نبودن پارامترها و عوامل شرکت‌دهنده در فرایندها، هنگامی که هدف همانا مقایسه باشد. به‌عبارت دیگر، ماهیت ذاتی پارامترها یا عوامل مؤثر متفاوت‌اند و روشی که بتواند اولویت عوامل مؤثر و مقدار وزن آن را با همدیگر محاسبه کند، دارای صحت بیشتری است، و به‌عبارت دیگر انطباق بهتری با پتانسیل لغزش‌خیزی منطقه خواهد داشت. در این مورد روش سلسله‌مراتبی مبتنی بر به‌کارگیری ضرایب حاصل از روش رگرسیونی (روش تلفیقی)، به‌رغم موارد پیش‌گفته، به‌دلیل مقایسه زوجی بین عوامل و کلاس‌های مورد نظر ارجحیت بیشتری را نشان می‌دهد (جدول ۸).

از آنجا که اولویت‌بندی داده‌ها یا عوامل مؤثر در مدل AHP به صورت قضاوت کارشناسی تعیین می‌گردد، لذا کاربرد آن بدون کاهش یا حذف قضاوت کارشناسی، موجب به دست آمدن برآوردهای نادرستی از رخداد خطر زمین‌لغزش خواهد شد.

محدودیت تکنیکی و پردازشی در به‌کارگیری صرفِ مدل رگرسیونی با استفاده از داده‌های پیوسته و رویکرد اجتناب‌ناپذیر تبدیل داده‌ها به داده‌های گسسته به‌منظور پردازش، تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر را با مشکل و محدودیت رو به‌رو می‌سازد و موجب کاهش انطباق مدل (نقشه) با پتانسیل لغزش‌خیزی منطقه می‌شود.

رده‌بندی متفاوت مدل نهایی از نظر حساسیت لغزشی، در صورتی‌که از روال مشخصی در تعیین حدود رده‌های خطر لغزش استفاده نگردد، موجب ارزیابی نادرست از مدل مورد استفاده خواهد گردید. به‌عنوان مثال عدم توجه به نقاط عطف منحنی تجمعی فراوانی مساحت لغزش‌ها نسبت به مساحت کل هر رده خطر.

در پاسخ به مسئله اساسی این تحقیق، می‌توان اشاره کرد که با استفاده از ضرایب رگرسیونی برای انجام فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، علاوه بر اینکه می‌توان نقش هر عامل را بر لغزش بررسی کرد بلکه تأثیر همزمان پدیده‌های مستقل در طبیعت نیز مد نظر قرار خواهند گرفت. از این نظر، ضرایب معادله خط رگرسیونی برازش داده شده، به عنوان وزن کمّی عوامل مؤثر در ماتریس اولیه تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) (روش تلفیقی) محاسبه می‌شوند و بدین ترتیب، نقشه نهایی خطر زمین‌لغزش، انطباق بیشتری با پتانسیل لغزه‌خیزی منطقه خواهد داشت. این در حالی است که

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

محققان پیشین، صرفاً از دو روش مذکور به صورت مجزا در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده می‌کردند و به مقایسه آنها با همدیگر می‌پرداختند.

در روش رگرسیون خطی و تحلیل سلسله‌مراتبی داده‌ای عوامل فاصله از جاده، لیتولوژی، پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، شیب، جهت شیب، بارش و فاصله از گسل به ترتیب بیشترین تأثیر را در رخداد زمین‌لغزش داشته‌اند.

از میان کلاس‌های تعیین شده، با توجه به وزن نهایی آنها در روش رگرسیون خطی و سلسله‌مراتبی داده‌ای کلاس وجه شیب غربی کمترین تأثیر را داشته، و کلاس ۵۰۰-۰ متر فاصله از جاده، بیش از همه در رخداد زمین‌لغزش مؤثر بوده است.

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، به‌طور کلی شاخص نسبت تراکمی (Dr) و پیش‌بینی (P)، برای ارزیابی و مقایسه دقت بین پهنه‌ها یا رده‌های خطر در هر روش از روش‌های پهنه‌بندی کاربرد دارد و براساس جدول ۵ تفکیک‌پذیری پهنه‌های خطر در هر دو روش یکسان (۰/۰۳) هستند. اما با توجه به اینکه شاخص مجموع کیفیت (Qs) برای ارزیابی و مقایسه روش‌های مختلف کاربرد دارد، لذا روش تحلیل سلسله‌مراتبی مبتنی بر اوزان عوامل مؤثر حاصل از رگرسیون چندمتغیره، مطلوبیت (Qs) و کارایی بهتری در قیاس با روش رگرسیونی در منطقه مورد مطالعه دارد.

جدول ۸. صحت و دقت روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه مورد بررسی

(P) دقت روش	(Qs) مجموع کیفیت	(Qs) درهر رده	(S) درصد مساحت	(Dr) نسبت تراکمی	(Si) مساحت لغزش پهنه (Km^2)	(Ai) مساحت پهنه (Km^2)	رده حساسیت نسبت به خطر لغزش	مدل پهنه‌بندی
۰/۰۳	۰/۴۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۳۲	۶۹/۳۰	خیلی کم	AHP
		۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۲۹	۱/۲۵	۲۰۷/۴۸	کم	
		۰/۰۱	۰/۲۵	۰/۸۴	۳/۵۱	۲۰۳/۵۷	متوسط	
		۰/۰۶	۰/۱۵	۱/۴۸	۵/۴۴	۱۲۲/۶۸	زیاد	
		۰/۲۰	۰/۲۵	۲/۱۵	۶/۰۳	۱۹۷/۱۲	خیلی زیاد	
					۱۶/۵۰	۸۰۰/۱۵	جمع	
۰/۰۳	۰/۴۲	۰/۱۱۹	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۴۳	۱۳۳/۴۸	خیلی کم	MR
		۰/۰۴۳	۰/۲۴	۰/۵۷	۲/۲۳	۱۸۹/۳۷	کم	
		۰/۰۰۴	۰/۲۴	۰/۸۷	۳/۴۰	۱۹۰/۴۸	متوسط	
		۰/۰۵۹	۰/۲۳	۱/۵۱	۴/۷۱	۱۰۲/۲۳	زیاد	
		۰/۱۹۴	۰/۱۳	۲/۲۳	۵/۷۳	۱۸۴/۵۹	خیلی زیاد	
					۱۶/۵۰	۸۰۰/۱۵	جمع	

این نتایج با نتایج احمدی (۱۳۸۶) و شادفر (۱۳۸۷)، که AHP را روش مناسب و کارآمدی در اکثر شرایط آب و هوایی برمی‌شمارند، هم‌خوانی دارد [۲۱ و ۲۳]. براساس نتایج به دست آمده، روش رگرسیونی کارایی کمتری از روش دیگر در منطقه مورد مطالعه دارد.

براساس روش آماری چندمتغیره، فقط ۳۰ رده متغیر از مجموع ۵۴ رده متغیر در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار هستند و بقیه اختلاف معنی‌داری ندارند. ضریب R برای معادله رگرسیون ۵۷ درصد به

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

دست آمد که کاملاً پذیرفتنی است. فاصله از جاده، لیتولوژی، پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، مقدار و جهت شیب، بارندگی سالانه، و فاصله از گسل به ترتیب بیشترین تأثیر را در زمین‌لغزش دارند.

دیگر اینکه ۲۴ پارامتر حذف شده در رگرسیون چندمتغیره، در روش تحلیل سلسله‌مراتبی دخالت داده شدند و مشخص شد که وزن آنها در هر عامل برابر است. در پایان، به نظر می‌رسد که در روش تحلیل سلسله‌مراتبی مبتنی بر وزن داده‌های رگرسیونی (روش تلفیقی)، علاوه بر اینکه نقش هر عامل با لغزش بررسی می‌گردد، بلکه تأثیر همزمان پدیده‌های وابسته نیز در نظر گرفته می‌شود و از این لحاظ نقشه نهایی خطر زمین‌لغزش انطباق بیشتری با پتانسیل لغزه‌خیزی منطقه خواهد داشت. البته شکی نیست که دقت در تهیه نقشه پارامترهای مؤثر، مستقیماً در دقت نقشه‌های خروجی مؤثر خواهد بود.

۵- منابع

[1] Emami, S. and Ghayomian, J., 2003. Investigation on the Mechanism on the Landslide Rock Fall, Case Study: Afsrabad Landslide in Chaharmahal and Bakhtiari. In: *The Third Conference on Engineering Geology and Environment of Iran*, University in Bu Ali Sina Hamedan.

[2] Shirani, K., 2004. *Evaluate the Most Important Landslide Hazard Zonation Methods to Select an Appropriate Method for the South of Isfahan Province, Semirom Region*. Ministry of Agriculture, Soil Conservation Research Institute, 104.

[3] Cornforth, D.H., 2005. *Landslides in Practice*. USA: john wiley & sons Inc, 591.

Landslides Hazard Zonation Methods and a Test of Predictive Capability. In: Bell, Davi, H. (eds.), *Proceedings 6th International Symposium on Landslide*, 48-56.

[13] Guzzetti, F., Cardinali, M., Relchenbach, P. and Carrara, A., 2000. Comparing Landslide Maps: A Case Study in the Upper Tiber

[4] Ramesht, M.H., 1996. *Application of Geomorphology In Regional National and Economic Planning*. first printed, University of Esfahan, 268.

[5] Alesheikh, A., Vahidnia, M.H., Alimohammadi, A. and Hosseinali, F., 2009. Landslide Hazard Zonation Using Quantitative Methods in GIS. *International Journal of Civil Engineerng*, 7(3), 176-189.

[6] Behnyafar, A., Ghanbarzadeh, H. and Mansouri, M.R., 2009. *Landslide Hazard Zonation and Unstable Slope by AHP Methods and Probability* (*case study: basin Kong River, northern slopes Binalud*). Journal of geographical space, Azad University, Ahar, 37, 55-78.

[7] Pezham, M., 1996. *Mass Movements Hazard Zoation in Alamoutrood Watershed*. M.Sc. of Abkhizdari, Natural Resources Faculty, University of Tehran.

[8] Shariat Jafari, M., Ghayomian, J., 2008. Evaluation of Bivariate Statistical Analysis Models in Sandslide Hazard Zonation. *Tehran University Journal*, 34 (1), 137-143.

[9] Shirani, K., Ghayomian, J., and Mokhtari, A., 2005. Evaluation of Bivariate and Multivariate Statistical Methods in Landslide Hazard Zonation. *Journal of Water and Watershed*, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 2(2), 36-48.

[10] Safai, J., Onagh, M., Mesdaghi, M. and Shariat Jafari, M., 2009. Empirical and Statistical Models to Compare Performance Landslide Hazard Zonation (case study: watershed Alamut River). *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 16(4), 35-45.

[11] Geraei, P., Soleimani, K., Mousavi S.R. and Kaviyan, A., 2009. Landslide Hazard Regional Modelling by Using Multivaration Regression Statistical Method in Lajimrood Watershed of Sari. *Journal of Earth Sciences*, 73, 29-36.

[12] Gee, M.D., 1992. Classification of

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

River Basin. *Central Italy, Environmental management*, 25, 247-263.

[14] Ilwis Applications Guide, 1997. Ilwis 2.1 for Windows. *International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC)*, Ensched, Netherlands.

[15] Jade, S. and Sarkar, S., 1993. *Statistical Models for Slope Instability Classifications Engineering Geology*. 36, 91-98.

[16] Nefeslioglu, H.A., Duman, T.Y, and Durmaz, S., 2008. Landslide Susceptibility Mapping for a Part of Tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). *Geomorphology*, 94 (3-4), 401-418.

[17] Saro, Lee and Kyungduck, M., 2001. Statistical Analysis of Landslide Susceptibility at Yonging. Korea, *Environmental Geology*, 40, 1095-1113.

[18] Varnes, D.J., 1978. *Landslide Type and Processes*. In: E. B Eckel, eds.Landslide and Engineering Practice, Special Report NO. 29., Highway Research Board, 20-47.

[19] Varnes, D.J., 1984. *Landslide Hazard Zonation a Review of Principle and Practice.* Irancel United Nation Educational Scientific and Cultural (UNSSCO) France.

[20] Yin, K.J. and Yan, T.Z., 1988. Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphosed Rocks. *Proceedings 5th International Symposium on Landslides*, Lausanne, Switserland, 2, 1269-1272.

[21] Ahmadi, H., Asmaly, A., Feiznia, S. and Shariat Jafari, M., 2003. Hazard Zonation Mass Movements Using Two Methods of Multiple Regression (MR) and AHP (case study: Garmi chayei watershed). *Journal of Natural Resources*, Jad 56, 326-323.

[22] Feiznia, S., Klarstaghy, A., Ahmadi, H. and Safaei, M., 2004. Factors Affecting the Occurrence of Landslides and Landslide Hazard Zonation (Case Study: Shirin River Watershed Dam Tajan). *Journal of Natural Resources*, 57 (1), 3-22.

[23] Shadfar, S., Yamani, M., Ghodousi, J. and Ghayomian, J., 2007. Landslide Hazard Zonation by Using AHP (case study: watershed Chalkrod Tonekabon). *Journal of Research and the Construction of Natural Resources*, 75. 118-126.

[24] Alijani, B., Ghohrodi, M. and AmirAhmadi, A., 2007. Landslide Hazard Zonation in the northern Shah Jahan Slopes by Using GIS (Case study: basin Astrkhy Shirvan). *Geographical Research Quarterly*, 116-131. 84.

[25] AliMohammadi, S., Pashaii aval, A., Shtay Jooybari, Sh. and Parsaei, L., 2009. Iran Efficiency Assessment of Landslide Hazard Zonation in the Watershed Sydklath Rummy. *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 16 (1), p 59-78.

[26] Ownegh, M., 2004. Assessing the Applicabilty of Austalian Landslide Databases for Hazard Management. In: *13th International Soil Conservation Organization Conference*, Brisbane, July.

[27] Haghshenas, E., 1996. *Landslide Hazard Zonation and Relationship Its to Sediment Yield in Taleghan*. M.Sc. Thesis, Tarbiyat Modares university.

[28] Sadoaldin, A., 1993. *Investigation of Hydrogeomorphologic Parameters Effects on Mass Movements Slope Matter in Chasham-khatirkouh watershed of Semnan*. M.Sc. Thesis, Tarbiyat Modares university.

[29] Movahed Danesh, A.A., 1994. *Hydrology of Surface waters of Iran*. Tehran: Samt Publication.

[30] Water project of Iran, 1999. *Karoon Basin Report*. Consulting engineers company of Jamab related to Niro ministry.

[31] Masodian, A. and Kaviani, M., 2007. *Climatology Iran*, Isfahan: University of Isfahan press.

[32] Nagarajan, R., Roy, A., Vinodkumar, R., Mukherjee, A. and Khire, M.V., 2000. *Landslide Hazard Susceptibility Mapping based on Terrain and Climatic Factors for Tropical Monsoon Regions*. Bull. Eng. Geol. Env. 58.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

[33] Ghodsipour, S.H., 2009. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Tehran: Amirkabir university Publication.

[34] Shirani, K., Chavoshi, S. and Ghayomian, J., 2006. Evaluation of Methods for Landslide Hazard Zonation in the Uptown Padena Semirom. *Research Journal of Sciences, Isfahan University*, 23(1), 23-38.

[35] Van Westen, C.J., Rengers, N., Terline, M.T.J. and Soeters, R., 1997. Predication of the Occurrence of Slope Instability Phenomena through GIS-Based Hazard Zonation. *Geologisches Rundschau*, 86, 404-414.

[36] Van Westen, C.J. 1998. *Geographic Information Systems in Slope Instability Zonation (GISSIZ)*, Volume I, II.

[37] Yalcin., A., 2008. *GIS-based Landslide Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchy Process and Bivariate Statistics in Ardesen (Turkey)*, Comparisons of results and confirmations Catena, 72, 1 – 12.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.1, No.2, Winter 2014
91-108

Accuracy Investigation of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Multivariate Regression (MR) Methods in Landslide Hazard Zonation, Using GIS (Case Study: Marbor River Basin)

Shirani K.[1]*, Saif A.[2], Alimoradi M.[3]

1. Ph.D. Candidate, Geomorphology Dep., Geographic Sciences Faculty, University of Isfahan
2. Assistant Prof. Geomorphology Dep., Geographic Sciences Faculty, University of Isfahan
3. M.Sc. of Geomorphology Dep., Geographic Sciences Faculty, University of Isfahan

Abstract

A combination of natural and human factors have caused numerous landslide related damaged. One of the main strategies for reducing the damages of landslides is to avoid these regions. For this purpose it is necessary to be prepared landslide hazard zonation map precisely among available methods for these areas. At first, the object of this research is the relative weight determination of effective parameters, using Multivariate Regression (MR) in substitute of parameters priority in Analytical Hierarchy Process (AHP). For implementing this research, first of all, by aerial photos and satellite images, geological maps and studies of the field by using GPS, landslide inventory map in Marbor River Basin (sub-basin of the upper part of North Karoon Basin), an 800 square kilometers area located on the lower part of Southern Isfahan province, were prepared. By Using field studies and reviewing the related studies about similar areas with basins of Karoon and Dez Upper North and the existing thematic maps, 9 factors including lithology, slope, land use, rainfall, vegetation, aspect, and lineaments elements, containing fault and drainages, the action of factors in determining landslide (54 parameters in the consist of eight main factors) were measured. For the purpose of enhancing accuracy, accelerating and easing the analysis, all spatial and descriptive data entered into GIS system and were overlayed ArcGIS version9.3 software as vector. By overlaying these maps, 27466 homogeneous units were resulted, that were based upon calculating two methods including MR an AHP related to Multivariate decision analysis the results of analysis showed that both methods have almost had the same accuracy in separation landslide hazard zones, and the landslide hazard index was obvious too. Of course, it should be noticed that hierarchical approach based on regression data, on the basis the sum of quality index as an indicator of the accuracy, is more desirable.

Keywords: Landslide, Hazard zonation, Marbor watershed, Multivariate regression, Analytical Hierarchy Process, GIS.

* Correspondence Address: Isfahan Center for Rescearch of Agricultural science and Natural Resources, Amirhamzeh, Isfahan
Tel: 09133137356
Email: k-sh424@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jgit.1.2.91]