پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در شهرستان اردل (استان چهارمحال و بختیاری) با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

هدی بصیری دهکردی[۱*]، مهدی نادری خوراسگانی[۲] و جهانگرد محمدی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۲)

چکیده

زمین‌لغزش به عنوان یک فاجعه جهانی مسبب خسارات مالی و جانی بزرگی می‌باشد. شناسایی عوامل زمین‌لغزش و محل وقوع آن به کنترل ناپایداری‌ها و مکان‌یابی پروژه‌های عمرانی کمک می‌کند. این مطالعه با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر پدیده زمین لغزش و مشخص کردن مناطق ناپایدار در شهرستان اردل (استان چهارمحال و بختیاری) به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام شد. نقشه پراکنش زمین لغزش‌های موجود با استفاده از بازدیدهای میدانی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه شد. با استفاده از نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، خاک، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی و دانش تخصصی ماتریس مقایسات زوجی طراحی گردید. وزن کلیه نقشه‌های موضوعی مورد استفاده محاسبه و با تلفیق نقشه‌های موضوعی مناطق حساس به زمین‌لغزش پهنه‌بندی شدند. نقشه خطر زمین‌لغزش نشان داد که بیش از ۷۷ درصد از زمین لغزش‌های موجود در کلاس‌های با خطر زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته‌اند. مقایسه نقشه خطر زمین‌لغزش و عوامل مؤثر بر لغزش مشخص می‌کند که فاصله از جاده و شیب بیشترین تأثیر و فاصله از گسل و جهت شیب کمترین تأثیر را بر زمین لغزش دارند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری، ماتریس مقایسات زوجی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، فاصله از جاده‌ها، فاصله از گسل‌ها

۱. گروه فیزیک و حفاظت خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

۲. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hodadehkordi@gmail.com

مقدمه

حوادث غیرمترقبه، زاییده پدیده‌های طبیعی هستند که بر اثر تغییرات در پوسته کره زمین رخ می‌دهند و همه ساله علاوه بر خسارات فراوان در جهان، هزاران قربانی به جای می‌گذارند. شناسایی عوامل مؤثر در وقوع این حوادث و پهنه‌بندی خطر آن ابزارهایی هستند که در مکان‌یابی پروژه‌های عمرانی مؤثرند و از خسارات مالی و جانی جلوگیری می‌کنند. در مورد پهنه‌بندی خطر زمین لغزش تحقیقات متنابهی در کشورهای مختلف انجام گرفته است.

ارکانوگلو و همکاران (۱۵) به روش تحلیل سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را در منطقه مستعدی در غرب دریای سیاه (ترکیه) انجام دادند. این محققین گزارش کردند که روش تحلیل سلسله مراتبی رضایت بخش می‌باشد و می تواند یک روش مفید در ارزیابی حساسیت زمین لغزش محسوب گردد. یالسین و بولوت (۲۱) در منطقه اردسن ترکیه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information System) پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را انجام دادند. آنها عوامل مؤثر در زمین لغزش را آب و هوا، سنگ شناسی، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، مقاومت برشی، فاصله از رودخانه، تراکم آبراهه‌ها و فاصله از جاده معرفی کردند. این محققین پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را به روش تحلیل سلسله مراتبی و فناوری فتوگرامتری رقومی انجام دادند و منطقه مورد مطالعه خود را به ۵ ناحیه با خطر لغزش خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه بندی کردند و صحت نقشه تهیه شده را ۸۴٪ گزارش کردند. نتایج مطالعه محققین مذکور نشان داد که ۲۳۰۰ نفر از مردم در مناطقی با پتانسیل بالا و بسیار بالای وقوع زمین لغزش سکونت دارند. گورسکی و همکاران (۱۶) به منظور تهیه نقشه خطر زمین لغزش، از منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که روش تحلیل سلسله مراتبی به علت انعطاف‌پذیری و دقت بالایی که دارد، می‌تواند به عنوان یک ابزار در تصمیم‌گیری و تهیه نقشه خطر لغزش مؤثر واقع شود. در ایران شادفر و همکاران (۴) پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را در حوزه آبخیز چالکرود تنکابن انجام دادند. این محققین گزارش کردند که روش تحلیل سلسله مراتبی به دلیل استوار بودن بر مبنای مقایسات زوجی موجب سهولت و دقت در انجام محاسبات شده و نتایج به دلیل دخالت عوامل متعدد محیطی در مقایسه با سایر روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش از اعتبار قابل توجهی برخوردار است. آنها صحت نقشه تهیه شده را با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها مقایسه کردند و گزارش نمودند که مدل تحلیل سلسله مراتبی حدود ۸۵ درصد از زمین لغزش‌ها را در پهنه‌های با خطر بالا قرار داده است.

در تحقیقی مشابه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در حوزه مادرسو توسط بای و میررحیمی (۲) صورت گرفت. آنها عوامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، باران، گسل، فاصله از رودخانه و فاصله از جاده را برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در نظر گرفتند و گزارش کردند که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی روشی مناسب برای این منطقه است. عظیم پور و همکاران (۶) پهنه‌بندی خطر وقوع حرکات توده‌ای در حوضه آبریز اهرچای را با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام دادند و نتیجه‌گیری نمودند که عامل زمین‌شناسی بیشترین تأثیر و عامل انسانی کمترین تأثیر را در وقوع پدیده زمین‌لغزش دارند. امیر احمدی و همکاران (۱) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز چلاو آمل را انجام دادند. با استفاده از مطالعات میدانی و منابع اطلاعاتی موجود عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش را به ترتیب زمین شناسی، خاک‌شناسی، عناصر خطی (جاده، رودخانه)، شیب، بارش، کاربری اراضی و ارتفاع معرفی کردند و نتیجه گرفتند که اثر زمین‌شناسی در منطقه از بقیه عوامل بیشتر است. این محققین منطقه مورد مطالعه خود را به ۴ کلاس خطر لغزش شامل بی خطر، خطر کم، خطر زیاد و خطر بسیار زیاد طبقه‌بندی کردند.

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، به طوری که در این روش افزون بر امکان تحلیل مسئله به صورت سلسله مراتبی، امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی دررابطه با موضوع یا مسئله مورد نظر نیز وجود دارد (۱۳). روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی مطرح گردید. ارجحیت عوامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش در تحلیل سلسله مراتبی به صورت کمی- عددی و بین ۱ تا ۹ رتبه بندی می‌شوند و عدد ۹ به معنی ارجحیت کامل یک عامل نسبت به عوامل دیگر می‌باشد (۱۹).

رانش روستای چلو در استان چهارمحال و بختیاری با ۳ نفر کشته در سال ۱۳۷۱ و آبیکار با ۵۵ نفر کشته در سال ۱۳۷۷ در این استان از حادثه خیزترین سوانح در طی سال‌های اخیر است (۸). با توجه به اهمیت لغزش و رانش زمین در استان چهارمحال و بختیاری و خصوصاً شهرستان اردل این مطالعه با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر پدیده زمین‌لغزش و مشخص کردن مناطق حساس به لغزش در شهرستان اردل (استان چهارمحال و بختیاری) به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در شهرستان اردل واقع در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد (شکل ۱). وسعت منطقه ۱۳۳۶/۸ کیلومتر مربع می‌باشد. منطقه در فاصله بین طول‌های جغرافیایی ′۴۹ °۵۰ تا ′۹۶ °۵۰ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′۷۲ °۳۱ تا °۳۲ شمالی واقع است. این ناحیه تحت تأثیر آب و هوای مدیترانه‌ای است که از غرب وارد می‌شود و اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه از نوع سردسیر است (۷).

تهیه نقشه‌های عوامل مؤثر

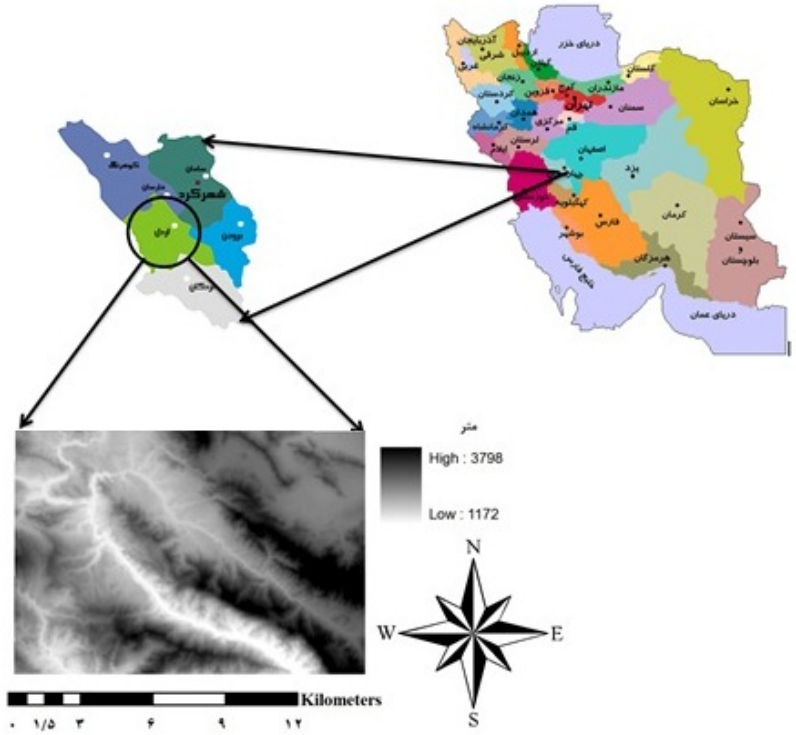
نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های وقوع یافته در منطقه طی بازدیدهای میدانی، تفسیر تصاویر زمین گوگل (Google Earth) و نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه گردید. اراضی لغزش یافته موجود در منطقه به تعداد ۸۶ قطعه در اندازه‌های گوناگون هستند که مساحت کل آنها ۵/۹ کیلومترمربع می‌باشد (شکل ۲).

از نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ جهت تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع با پیکسل‌های ۸۶ متر در ۸۶ متر استفاده شد و نقشه‌های شیب و جهت شیب از آن مشتق گردیدند. با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردل، نقشه سازندهای زمین‌شناسی و نقشه گسل‌های محدوده مطالعاتی تهیه شد. نقشه آبراهه‌ها و جاده‌های منطقه با استفاده ازنقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه و رقومی گردید. نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، مشاهدات میدانی و اطلاعات موجود در گزارش طرح جامع استان چهارمحال و بختیاری (۵) تهیه و لایه‌های رقومی تهیه گردید. نقشه خاک منطقه با استفاده از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ منابع و قابلیت اراضی و با استفاده از اطلاعات موجود در طرح جامع استان تهیه شد. نقشه‌های مربوط به عوامل مؤثر ذکر شده، در محیط نرم‌افزار آرک جی آی اس (ArcGIS 9,3)(10) تهیه و برای پردازش آماده شدند. از نقشه‌های جاده‌ها، گسل‌ها و رودخانه‌ها به ترتیب نقشه‌های فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از رودخانه استخراج شد.

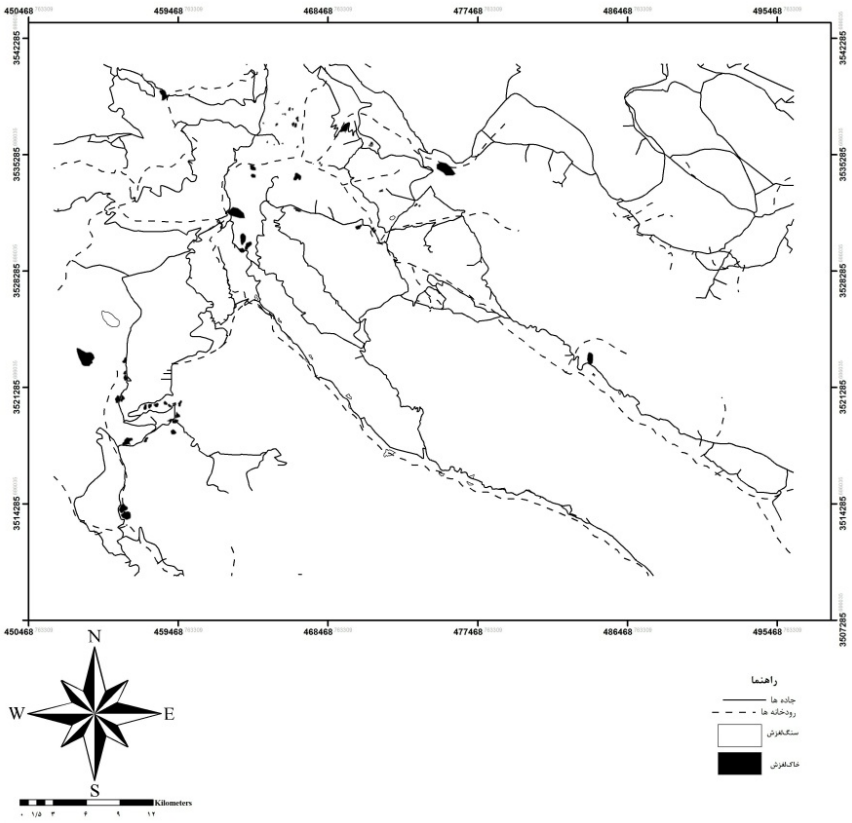
روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

برای برآورد اوزان هریک از نقشه‌های موضوعی و نشان دادن میزان تأثیر هر یک از عوامل بر لغزش زمین کمیته‌ای متشکل از کارشناسان خبره زمین‌شناسی، آبخیزداری، خاک‌شناسی و حفاظت خاک تشکیل گردید و با توجه به جدول وزن دهی و ارجحیت ارائه شده (جدول ۱) توسط ساعتی (۱۹) اهمیت هر عامل و ارجحیت آن نسبت به عوامل دیگر تعیین گردید و ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شد.

مراحل محاسبه اوزان نسبی عوامل عبارت اند از: (۱۹)



شکل ۱. توپوگرافی و موقعیت منطقه مطالعاتی در استان چهارمحال و بختیاری و کشور



شکل ۲. نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و موقعیت رودخانه‌ها و جاده‌ها در منطقه مطالعاتی

۱) مقادیر هریک از ستون‌های ماتریس مقایسات زوجی با هم جمع می‌گردد. ۲). هر عنصر در ماتریس مقایسه زوجی را به جمع ستون‌های خودش تقسیم کردیم تا ماتریس نرمال شود. جمع هر ستون در ماتریس نرمال برابر یک است. ۳). مقدار متوسط (میانگین) عناصر در هر سطر از ماتریس نرمال محاسبه می‌شود. این مقادیر متوسط، یک تخمین از وزن‌های مورد نظر است.

برای تعیین درجه دقت و صحت وزن دهی از شاخص پایداری (Consistency Index) استفاده می‌شود. ماتریس مقایسات زوجی را در بردار ستونی (وزن نسبی) ضرب کرده، بردار جدیدی که از این طریق به‌دست می‌آید، بردار مجموع وزنی (Weighted sum Vector) نامیده می‌شود. عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار اولویت نسبی تقسیم و بردار حاصل را بردار پایداری (Consistency Vector) می‌نامیم. شاخص پایداری به‌صورت زیرمحاسبه شد (۱۷).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - ۱} \qquad [۱]$$

که در آن:

n تعداد عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش و λ متوسط بردار پایداری است.

نسبت پایداری (Consistency ratio) از تقسیم شاخص پایداری به شاخص تصادفی (Random Index) حاصل گردید.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad [۲]$$

که در آن CI شاخص پایداری، RI شاخص تصادفی است که از جدول استاندارد (۲) استخراج می‌شود. چنانچه نسبت پایداری معادل یا کمتر از ۰/۱ باشد، وزن دهی صحیح بوده در غیر این‌صورت، وزن‌های نسبی داده شده به عوامل مؤثر روی زمین‌لغزش باید تغییر یابند و وزن‌دهی باید مجدداً انجام شود. با محاسبه نسبت پایداری (CR) و قابل قبول بودن اوزان، وزن مربوط به هر فاکتور مکانی داده می‌شود و از جمع نقشه‌های موضوعی نقشه خطر زمین‌لغزش تهیه می‌شود.

استانداردسازی نقشه‌های عوامل مؤثر

برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آنها به واحدهای قابل مقایسه از فرآیند استاندارد سازی عوامل استفاده شد. استانداردسازی داده‌ها، کلیه مقادیر و ارزش لایه‌های نقشه‌ای را به دامنه یکسانی مثلا بین صفر تا یک یا صفر تا ۲۵۵ تبدیل می‌کند (۲۰). در روش استاندارد سازی فازی، برای باز قالب بندی مقادیر معمولاً از توابع مختلفی چون S شکل (Sigmodia)، J شکل (J-Shape) و خطی (Linear) استفاده می‌شود (۱۴). در پژوهش حاضر نقشه‌های عوامل مؤثر با استفاده از توابع خطی استاندارد شده‌اند و ارزش‌های آنها به واحدهای قابل مقایسه‌ای از صفر تا یک تبدیل شده است.

نتایج و بحث

با تشکیل ماتریس مقایسات زوجی اولویت بندی عوامل مؤثر انجام گرفت (جدول ۳). پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی تمامی عوامل با استفاده از روش تقریبی میانگین حسابی، وزن نسبی آنها محاسبه شد (جدول ۴). نتایج حاصل از نرمال کردن ماتریس مقایسات زوجی در جدول ۴ آورده شده است. ستون متوسط (میانگین هر سطر) در ماتریس نرمال وزن نسبی هر عامل را نشان می‌دهد. نسبت پایداری برای ماتریس‌عوامل با استفاده از روش تقریبی میانگین حسابی محاسبه شد که شرح آن در جداول ۵ و ۶ آمده است.

با توجه به جدول ۶ متوسط بردار پایداری، شاخص پایداری و نسبت پایداری به‌صورت زیر محاسبه شدند:

λ =(۱۰/۹۳+۱۰/۴۷+۱۰/۳۸+۱۱+ (متوسط بردار پایداری)

۱۱/۲۳+۱۰/۴+۱۰/۴+۱۰/۴۴+۱۰/۴۴+۱۰/۳۴)/۱۰=۱۰/۶

CI = (۱۰/۶ − ۱۰) / (۱۰−۱) = ۰/۰۶۷

CR = ۰/۰۶۷ ÷ ۱/۴۹ = ۰/۰۴۵

چنانچه مشاهد می‌شود مقدار نسبت پایداری برابر ۰/۰۴۵ است و کمتر از ۰/۱ می‌باشد و وزن‌های محاسبه شده صحیح و قابل استفاده می‌باشند.

جدول ۱. وزن دهی به عوامل بر اساس ارجحیت به صورت مقایسه زوجی (۱۹)

ترجیحات	مقدار عددی	ترجیحات	مقدار عددی
اهمیت یکسان	۱	ترجیح قوی	۷
کمی ارجح	۳	کاملا ارجح	۹
ارجح	۵	ترجیحات بینابین	۸،٦،۴،۲

جدول ۲. شاخص تصادفی (۱۷)

تعداد عوامل مؤثر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
شاخص تصادفی	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

جدول ۳. ماتریس مقایسات زوجی و ارجحیت نسبی عوامل موثر

عامل	شیب زمین	جهت شیب	ارتفاع	فاصله آبراهه‌ها	فاصله از جاده	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	خاک	لیتولوژی	فاصله از گسل
شیب زمین	۱	۴	۳	۲	۲	۴	۴	۳	۳	۴
جهت شیب	۰/۲۵	۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵
ارتفاع	۰/۳۳	۲	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۲	۲	۰/۵	۰/۵	۲
فاصله از آبراهه‌ها	۰/۵	۳	۳	۱	۰/۳۳	۴	۴	۳	۳	۴
فاصله از جاده	۰/۵	۳	۳	۳	۱	۵	۵	۴	۴	۶
کاربری اراضی	۰/۲۵	۱	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲	۱	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۲
پوشش گیاهی	۰/۲۵	۱	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲	۱	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۲
خاک	۰/۳۳	۴	۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۳	۳	۱	۱	۳
لیتولوژی	۰/۳۳	۴	۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۳	۳	۱	۱	۳
فاصله از گسل	۰/۲۵	۲	۰/۵	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۵	۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۱
مجموع	۳/۹۹	۲۵	۱۶	۸/۰۷	۵/۰۶	۲۴/۵	۲۴/۵	۱۳/۷۴	۱۳/۷۴	۲۷/۵

پس از محاسبه نسبت پایداری ماتریس و تایید قابل قبول بودن داده‌ها، وزن‌های نهایی عوامل جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی منطقه اعمال گردید. شکل (۳) پهنه‌بندی خطر رخداد زمین‌لغزش در منطقه را به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نشان می‌دهد که به ۵ کلاس خطر لغزش تقسیم گردیده است. اولویت‌بندی عامل‌ها، با بهره‌گیری از این روش نشان داد که عامل فاصله از جاده و شیب بیشترین تأثیر را بر رخداد زمین‌لغزش در منطقه مطالعاتی دارند. به نظر می‌رسد تخریب محل‌های اتکای نواحی مستعد لغزش به وسیله انسان در راه‌سازی‌ها و یا توسط رودخانه‌ها و آبراهه‌ها عامل مهم تحریک لغزش‌ها در منطقه است.

رنجبر و روغنی (۳) نیز که در همین منطقه لغزش‌ها را به روش‌های دیگری مطالعه و نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. فاصله از رودخانه در رتبه دوم از لحاظ تأثیر بر رخداد زمین‌لغزش می‌باشد. با توجه به جدول ۴ خاک و لیتولوژی سومین عوامل مؤثر بر لغزش می‌باشند. رنجبر و روغنی نیز

جدول ۴. محاسبه وزن نسبی عوامل موثر بر لغزش

عوامل	شیب زمین	جهت شیب	ارتفاع	فاصله از آبراهه‌ها	فاصله از جاده ها	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	خاک	لیتولوژی	فاصله از گسل‌ها	وزن نسبی
شیب زمین	۰/۲۵۱	۰/۱۶۰	۰/۱۸۸	۰/۲۴۸	۰/۳۹۵	۰/۱۶۳	۰/۱۶۳	۰/۲۱۸	۰/۲۱۸	۰/۱۴۵	۰/۲۱۵
جهت شیب	۰/۰۶۳	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۴۱	۰/۰۶۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۳۷
ارتفاع	۰/۰۸۳	۰/۰۸۰	۰/۰۶۳	۰/۰۴۱	۰/۰۶۵	۰/۰۸۲	۰/۰۸۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۷۳	۰/۰۶۴
فاصله از آبراهه‌ها	۰/۱۲۵	۰/۱۲۰	۰/۱۸۸	۰/۱۲۴	۰/۰۶۵	۰/۱۶۳	۰/۱۶۳	۰/۲۱۸	۰/۲۱۸	۰/۱۴۵	۰/۱۵۳
فاصله از جاده‌ها	۰/۱۲۵	۰/۱۲۰	۰/۱۸۸	۰/۳۷۲	۰/۱۹۸	۰/۲۰۴	۰/۲۰۴	۰/۲۹۱	۰/۲۹۱	۰/۲۱۸	۰/۲۲۱
کاربری اراضی	۰/۰۶۳	۰/۰۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۷۳	۰/۰۴۰
پوشش گیاهی	۰/۰۶۳	۰/۰۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۷۳	۰/۰۴۰
خاک	۰/۰۸۳	۰/۱۶۰	۰/۱۲۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۰۷۳	۰/۰۷۳	۰/۱۰۹	۰/۰۹۵
لیتولوژی	۰/۰۸۳	۰/۱۶۰	۰/۱۲۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۰۷۳	۰/۰۷۳	۰/۱۰۹	۰/۰۹۵
فاصله از گسل‌ها	۰/۰۶۳	۰/۰۸۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶
مجموع	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

عامل لیتولوژی را یکی از عوامل تأثیر گذار در منطقه معرفی کردند. عامل ارتفاع رتبه چهارم تأثیر و فاصله از گسل و جهت شیب کمترین تأثیر را بر زمین‌لغزش دارند.

شکل ۳ نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد از منطقه مورد مطالعه در شرایط خطر زمین‌لغزش زیاد و خیلی زیاد، ۴/۲۱ درصد در وضعیت خطر متوسط، ۲۹/۳۶ درصد در شرایط خطر کم و ۱۴/۶۸ درصد در وضعیت خطر خیلی کم قرار گرفته است. تلفیق نقشه زمین‌لغزش‌های موجود (شکل ۲) و نقشه پهنه‌بندی خطر لغزش (شکل ۳) نشان می‌دهد که بیش از ۷۷ درصد از زمین‌لغزش‌های موجود در کلاس‌های خطر زمین‌لغزش زیاد و بسیار زیاد قرار می‌گیرند.

ایالو و یاماگاشی (۱۱) در منطقه یاهیکو- کاکودای ژاپن نزدیکی به جاده را اولین و مؤثرترین عامل وقوع زمین‌لغزش معرفی کردند و عنوان کردند که اکثر زمین‌لغزش‌ها در فاصله ۱۰۰ – ۰ متری از جاده‌ها متمرکز شده‌اند. در تحقیقی مشابه ایالو و همکاران (۱۲) در جزیره سادو ژاپن به ترتیب زمین‌شناسی، شیب و ارتفاع را از مهم‌ترین عوامل معرفی کردند. در پژوهشی اکگان و ترک (۹) در منطقه غرب ترکیه

جدول ۵ . مقادیر بردار مجموع وزنی

عوامل	شیب زمین	جهت شیب	ارتفاع	فاصله از آبراهه‌ها	فاصله از جاده‌ها	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	خاک	لیتولوژی	فاصله از گسل‌ها		وزن نسبی
شیب زمین	۱	۴	۳	۲	۲	۴	۴	۳	۳	۴		۰/۲۱۵
جهت شیب	۰/۲۵	۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۱	۱	۰/۲۵	۰/۵		۰/۰۳۷
ارتفاع	۰/۳۳	۲	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۲	۲	۲	۰/۵	۲		۰/۰۶۴
فاصله از آبراهه‌ها	۰/۵	۳	۳	۱	۰/۳۳	۴	۴	۴	۳	۴		۰/۱۵۳
فاصله از جاده	۰/۵	۳	۳	۳	۱	۵	۵	۵	۴	۶	×	۰/۲۲۱
کاربری اراضی	۰/۲۵	۱	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲	۱	۱	۱	۰/۳۳	۲		۰/۰۴۰
پوشش گیاهی	۰/۲۵	۱	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲	۱	۱	۱	۰/۳۳	۲		۰/۰۴۰
خاک	۰/۳۳	۴	۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۳	۳	۳	۱	۳		۰/۰۹۵
لیتولوژی	۰/۳۳	۴	۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۳	۳	۳	۱	۳		۰/۰۹۵
فاصله از گسل‌ها	۰/۲۵	۲	۰/۵	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۳۳	۱		۰/۰۳۶

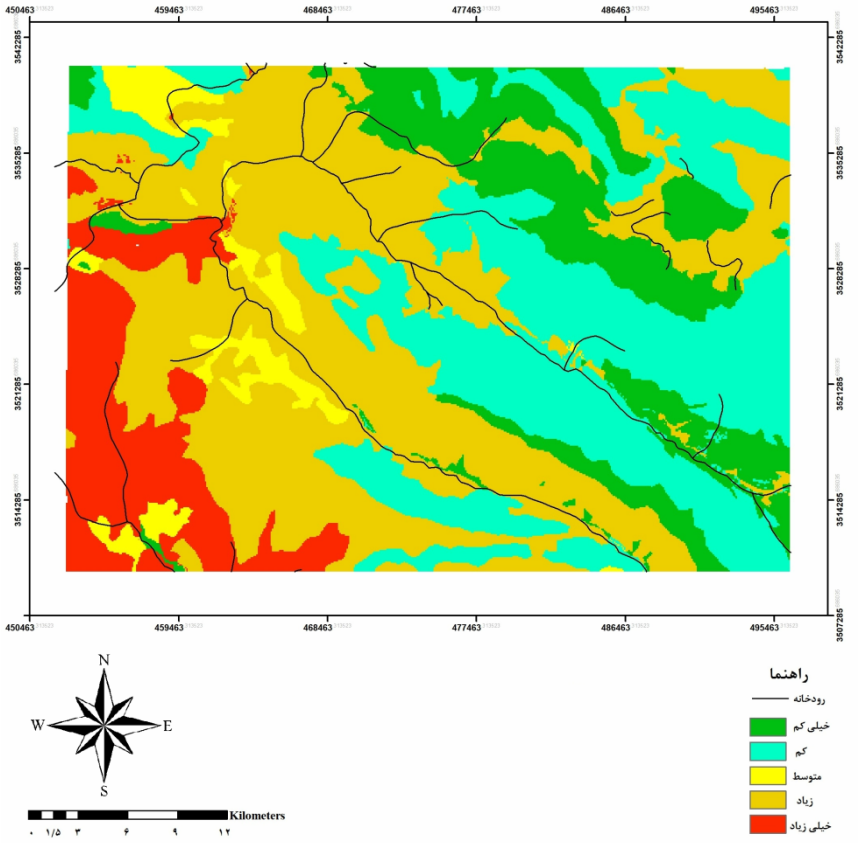
جدول ۶. مقادیر بردار پایداری

عوامل	بردار مجموع وزنی		وزن نسبی		بردار پایداری
شیب زمین	۲/۳۵		۰/۲۱۵		۱۰/۹۳
جهت شیب	۰/۳۹		۰/۰۳۷		۱۰/۴۷
ارتفاع	۰/۶۶		۰/۰۶۴		۱۰/۳۸
فاصله از آبراهه‌ها	۱/۶۸		۰/۱۵۳		۱۱
فاصله از جاده‌ها	۲/۴۸	÷	۰/۲۲۱	=	۱۱/۲۳
کاربری اراضی	۰/۴۲۳		۰/۰۴۰		۱۰/۴
پوشش گیاهی	۰/۴۲۳		۰/۰۴۰		۱۰/۴
خاک	۰/۹۹		۰/۰۹۵		۱۰/۴۴
لیتولوژی	۰/۹۹		۰/۰۹۵		۱۰/۴۴
فاصله از گسل‌ها	۰/۳۷۶		۰/۰۳۶		۱۰/۳۴

شیب را به عنوان مؤثرترین عامل و جهت شیب و پوشش گیاهی را به عنوان کم اثرترین عوامل معرفی کردند. روزس و همکاران (۱۸) در منطقه شرق آچایا در یونان مهم‌ترین عوامل را به ترتیب شیب، زمین‌شناسی، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و گسل، کاربری، جهت شیب و ارتفاع معرفی کردند.

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که فاصله از جاده تأثیرگذارترین عامل بر زمین‌لغزش در منطقه است و با توجه به این‌که توسعه جاده‌ها توسط عامل انسانی صورت می‌گیرد پیشنهاد می‌شود در ترانشه زنی‌ها و راه‌سازی‌های منطقه اصول لازم رعایت شود. هم‌چنین



شکل ۳. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به روش AHP

با توجه به تأثیر شیب و فاصله از رودخانه‌ها بر زمین‌لغزش اجتناب از ایجاد تأسیسات عمرانی در شیب‌ها و حواشی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها ضروری است.

هم‌چنین اجتناب از تخریب و کار غیر اصولی از قبیل احداث جاده، قطع پوشش گیاهی در مناطق با پتانسیل خطر زمین‌لغزش زیاد و بسیار زیاد توصیه می‌شود و در اراضی با خطر زمین‌لغزش باید عملیات حفاظتی را نیز مورد توجه قرار داد.

منابع مورد استفاده

۱. امیراحمدی، ا. و ح. کامرانی دلیر. و م. صادقی. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مطالعه موردی حوضه آبخیز چلاو آمل. فصلنامه علمی – پژوهشی انجمن جغرافیای ایران ۲۷(۸) :۱۸۱–۲۰۳.

۲. بای، ن. و م. ح. میررحیمی ۱۳۸۷. پهنه بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز، دانشکده منابع طبیعی ایران، کرج.

۳. رنجبر، م. و پ. روغنی. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهرستان اردل. رشد آموزش جغرافیا ۲۴(۴):۳۷–۴۱.

۴. شادفر، ص. ، م. یمانی، ج. قدوسی و ج. غیومیان. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعهٔ موردی:حوزه‌ی آبخیز چالکرود تنکابن). مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی ۷۵:۱۲۶–۱۱۸.

۵. طرح جامع توسعه استان چهارمحال و بختیاری. ۱۳۷۹. گزارش نهایی، جلد دوم، مطالعات زمین و خاک.

۶. عظیم‌پور ع. ر. ، ح. صدوقی ، ع. دلال اوغلی و م. ر. ثروتی. ۱۳۸۸. ارزیابی نتایج مدل AHP در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزه (مطالعه موردی حوضه آبریز اهرچای)، مجله علمی پژوهشی فضای جغرافیایی ۲۶(۹):۷۱–۷۸.

۷. علیجانی، ب. ۱۳۸۶. *آب و هوای ایران*. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه پیام نور، دانشگاه تهران.

۸. مردانیان، ع. ر. ۱۳۸۶. آنالیز ۴۰۰ مورد زمین‌لغزش در سطح استان چهارمحال و بختیاری و بررسی تأثیر آبهای زیرزمینی بر سازندهای زمین شناسی و ایجاد زمین لغزش. ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، مهندسی عمران، دانشگاه شهرکرد.

9. Akgun, A. and N. Tu¨rk. 2010. Landslide susceptibility mapping for Ayvalik (Western Turkey) and its vicinity by multicriteria decision analysis. Environ. Earth. Sci. 61: 595–611.
10. ArcGIS (version 9.3). 2005. Integrated geographical information system software. ESRI, CA.
11. Ayalew, L. and H.Yamagishi. 2005. The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. Geomorphology 65: 15-31.
12. Ayalew, L., H. Yamagishi, H. Marui and T. Kanno . 2005. Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. Eng. Geol. 81: 432–445.
13. David, H. A. 1983. The Methode of Paired Comparisons. Hafner Pub., New York.
14. Eastman, J. R. 1997. IDRISI for windows users guide, version 3.2, Clark labs for cartographic technology and Geographic Analysis, Clark University.
15. Ercanoglu, M., O. Kasmer and N. Temiz. 2008. Adaptation and comparison of expert opinion to analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping. Bull. Eng. Geol. Environ. 67: 565–578.
16. Gorsevski, P .V., P. Jankowski and P. E. Gessler. 2006. An heuristic approach for mapping landslide hazard by integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process. Control and Cybernetics 35: 121–141.
17. Malczewski, J. 1999. GIS and Multicritia Decision Analysis. John Wiley and Sonc Inc. Pub., USA.
18. Rozos, D. G., D. Bathrellos and H. D. Skillodimou. 2011. Comparison of the implementation of rock engineering system and analytic hierarchy process methods, upon landslide susceptibility mapping, using GIS: a case study from the Eastern Achaia County of Peloponnesus, Greece. Environ. Earth Sci. 63: 49-63
19. Saaty, T. L. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. Eur. Oper. Res. 48:2–26.
20. Sui, D. Z. 1999. A fuzzy GIS Modeling appeoach for urban land Evaluation. Computer, Environment and Urban systems. 16: 21-27.
21. Yalcin, A. and F. Bulut. 2007. Landslide susceptibility mapping using GIS and digital photogrammetric techniques: a case study from Ardesen (NE-Turkey). Natur. Hazards 41: 201–226.

Landslide Hazard Zonation in Ardal County (CHaharmahal va Bakhtiari Province, Iran) Using Analytical Hierarchy Process (AHP)

H. Basiri Dehkordi[1]*, M. Naderi Khorasgani[2] and J. Mohammadi[2]

(Received : Feb. 18-2012 ; Accepted : Sep. 23-2012)

Abstract

Landslide as a global disaster causes great human and financial damages. Identification of landslide causes and zonation assist in instability control and construction projects siting. This study aimed to identify landslide causes and instability zonation in Ardal county, Chaharmahal va Bakhtiari province, Iran, using Analytical Hierarchy Process (AHP). Current landslides were delineated through field survey and interpretation of Earth Google images and geologic maps. By using Digital Elevation Model (DEM), slope, aspect, geologic, soil, distance to faults, distance to roads, distance to rivers and landuse/landcover maps and expert knowledge, the pairwise comparison matrix was designed. The weights for all the involved thematic maps were calculated and susceptible zones were mapped. The hazard map indicated more than 77% of current landslides are located in the severe and very severe hazard classes. Comparing landslide hazard map and trigger maps revealed the most influential factors in landslides are distance to roads and slope maps while distance to faults and aspect show the lowest impacts on landslides.

Keywords: Multicritia Decision Analysis, Pairwise comparison matrix, GIS, Distance to rivers, Distance to faults.

1. Dept. of Soil Physics and Conservation College of Agric., Shahrekord Univ. Shahrekord, Iran.
2. Dept. of Soil Sci., College of Agric., Shahrekord Univ. Shahrekord, Iran.
*: Corresponding Author, Email: hodadehkordi@gmail.com