

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۱، تابستان ۱۳۹۶، صص ۱۰۵-۱۲۵

وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۶ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۰

پیش‌بینی دبی سیلابی با استفاده از شبکه‌ی عصبی موجک

ابوالقاسم امیراحمدی^۱

مهناز ناعمی تبار^{۲*}

بهار گلکار استادی^۳

چکیده

منطقه‌ی باجگیران به دلیل شرایط جغرافیایی از جمله مناطق مستعد برای وقوع زمین لغزش است. هدف اصلی از این پژوهش اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزه در منطقه می‌باشد. بدین منظور بعد از انجام مطالعات کتابخانه‌ای و تهیه‌ی نقشه‌ی پراکندگی لغزش منطقه از ده پارامتر تأثیرگذار شامل ارتفاع، بارندگی، شیب، جهت شیب، شکل شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، پوشش زمین و لیتولوژی استفاده شد و ماتریس آنتروپی برای این عوامل محاسبه و در محیط GIS پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه انجام شد. اولویت‌بندی عوامل مؤثر با استفاده از شاخص آنتروپی نشان داد که لایه‌های شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل و ارتفاع بیشترین نقش را در وقوع زمین لغزش در منطقه دارند. پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با مدل مذکور نشان می‌دهد که ۴۲٪ زمین‌لغزه‌ها در محدوده‌ی خطر زیاد، ۳۱٪ در محدوده‌ی خطر متوسط، ۲۷٪ در محدوده‌ی خطر کم واقع شده است. نتایج نشان می‌دهد

۱ - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

۲- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار (نویسنده‌ی مسئول)
E-mail:mahnaznaemi70@gmail.com

۳ - فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

بیشترین درصد لغزش‌های رخ داده در منطقه، در پهنه خطر زیاد که توسط مدل آنتروپی مشخص شده بود، قرار گرفته است. این امر حاکی از آن است که مدل پیشنهادی مدلی مناسب برای تعیین خطر حساسیت وقوع زمین لغزش در منطقه است.

کلمات کلیدی: زمین لغزش، پهنه‌بندی، مدل آنتروپی، Gis، منطقه باجگیران

مقدمه

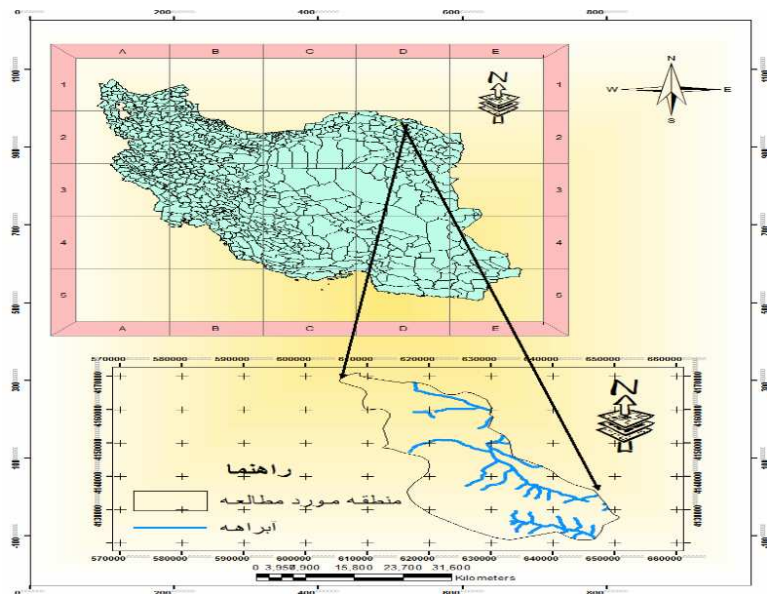
زمین‌لغزش^۲ یکی از پدیده‌های طبیعی است که هر ساله سبب ایجاد خسارات مالی و جانی فراوانی در سطح کشور می‌شود (کامران‌زاد، ۱۳۹۳: ۱۰۱). زمین‌لغزش در ایران به عنوان یک بلای طبیعی، سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می‌سازد (علیپور و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۷۷). امروزه موضوع زمین‌لغزش از مهم‌ترین مباحث در زمینه‌ی مخاطرات طبیعی است، چرا که وقوع آن می‌تواند خسارات انسانی و اقتصادی فراوانی را به ویژه در مناطق کوهستانی در پی داشته باشد. در سال‌های اخیر با توجه به صدمات زمین‌لغزش در زیرساخت‌های جامعه مانند جاده‌ها، ساختمان‌ها و...، تلاش‌های بسیاری به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع این پدیده انجام گرفته است (حسین‌پور میل‌آغاردان و همکاران، ۱۳۹۳). این پدیده زمانی رخ می‌دهد که نیروی حاصل از وزن مواد بیش از نیروی مقاومت برشی ناشی از نیروی برشی خاک باشد (معماریان و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۰۵). آنتروپی شانون تابعی از توزیع احتمال و معیاری برای اندازه‌گیری میزان عدم قطعیت در محتوای اطلاعات یک پارامتر است و با در نظر گرفتن فرکانس وقوع زیرگروه‌های آن پارامتر، بیانگر سطح ناهمگونی است و بدین ترتیب، تأثیر هر یک از پارامترها را بر نتایج سیستم محاسبه می‌کند (حسین‌پور میل‌آغاردان و همکاران، ۱۳۹۳). شارما و همکاران^۱ (۲۰۱۰)، مدل آنتروپی را به منظور طبقه‌بندی خطر در منطقه‌ای از کشور

هندوستان به کار بردند. همچنین پورقاسمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز به بررسی وقوع زمین لغزش در منطقه‌ی صفارود پرداختند و مدل‌های احتمال شرطی و آنترپوی را در این راستا به کار گرفتند. زو و همکاران^۲ (۲۰۱۴) به منظور تجزیه و تحلیل پایداری شیب با استفاده از منطق فازی و مدل آنترپوی شانون به این نتیجه رسیدند که با استفاده از این روش‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌توان ارزیابی کارآمد و قابل اطمینانی را ارائه داد. تاکنون روش‌های مختلفی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در کشور ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به کارهای پیشین انجام شده به روش AHP (بای و حاجی میررحیمی، ۱۳۸۷، حاتمی فرد و همکاران، ۱۳۹۱)، روش آمار دو متغیره (نصرآزادانی و شیرانی، ۱۳۸۸)، روش نیلسن (شریفی و دریاباری، ۱۳۸۴)، روش رگرسیون چندمتغیره (جوادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ کردی و همکاران، ۱۳۹۱)، روش مدل آنترپوی (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱)، روش فاکتور اطمینان (بهشتی‌راد و همکاران، ۱۳۸۸)، روش منطق فازی (فرداد و همکاران، ۱۳۹۰)، روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی (راکعی و همکاران، ۱۳۸۶؛ سوری و همکاران، ۱۳۹۰) و روش SVM (احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۴) اشاره کرد. پورقاسمی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تئوری بی‌زین در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به این نتیجه رسیدند که عوامل لیتولوژی و فاصله از جاده به عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در منطقه‌ی مورد مطالعه محسوب می‌شوند. بندریک و همکاران^۳ (۲۰۱۰)، با استفاده از توزیع دو متغیره‌ی آماری به ارزیابی حساسیت زمین لغزش در منطقه کارل اونری در اسلوکی پرداختند و برای محاسبه‌ی وزن لایه‌های مورد بررسی از شاخص آنترپوی استفاده کردند. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، با استفاده از GIS و RS به بررسی عوامل مؤثر زمین لغزش در سد دوستی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که به دلیل وجود بازارچه‌ی مرزی سرخس و رونق فعالیت‌های کشاورزی در پایین دست، تردد ماشین‌های سنگین موجب تسریع وقوع

لغزش‌ها می‌شود. روستایی و همکاران (۱۳۹۴)، معیارهای بارندگی، لیتولوژی، طبقات ارتفاعی نقش مهمی در زمین‌لغزش‌های حوضه‌ی آبخیز میمه در استان گیلان دارند. اهداف این پژوهش شامل انتخاب معیارها و استانداردها، تهیه‌ی لایه‌های رقومی عوامل، تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه، تشخیص نقاط پرخطر با استفاده از شاخص آنروپی شانون، ارائه‌ی راه کار مناسب جهت پیشگیری از خطرات احتمالی و ارائه‌ی راهکارهایی به منظور کاهش خسارات در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد.

– موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

باجگیران، مرکز بخش باجگیران جزء دهستان دولتخانه از شهرستان قوچان است که در شمال شرقی استان خراسان و در سه کیلومتری مرز ایران و ترکمنستان و در فاصله‌ی تقریبی ۲۳ کیلومتری عشق‌آباد مرکز آن کشور قرار دارد. این شهر در مدار ۷۳ درجه و ۹۳ دقیقه به طول ۸۵ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. فاصله این شهر تا قوچان، مرکز شهرستان ۴۸ کیلومتر و تا مشهد، مرکز استان ۴۱۲ کیلومتر می‌باشد. بر اساس تقسیمات آب و هوایی باجگیران از نوع معتدل کوهستانی است. از لحاظ زمین‌شناسی - ساختمانی جزء حوضه‌ی رسوبی کپه‌داغ است. از نظر چینه‌شناسی در منطقه‌ی مورد مطالعه، رخنمون‌هایی از واحدهای سنگی ژوراسیک تا عهد حاضر دیده می‌شود (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش شامل ارتفاع، بارندگی، شیب، جهت شیب، شکل شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، پوشش زمین و لیتولوژی به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش شناسایی و نقشه‌های مذکور در محیط GIS رقومی شد. بدین منظور با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM)، عوامل درجه شیب، جهت شیب، شکل شیب، طبقه ارتفاعی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده تهیه شد. با استفاده از نقشه کاربری اراضی ۱:۲۵۰۰۰ لایه‌های اطلاعاتی کاربری اراضی استخراج شد. برای تهیه نقشه‌ی لیتولوژی، فاصله از گسل از نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد. برای تهیه نقشه بارندگی از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی ۵ ایستگاه

درونگر، محمدتقی بیگ، امان‌قلی، کیکان، هی‌هی قوچان، بهمن جان استفاده شد. نقشه‌ی شیب، جهت شیب، شکل شیب از طریق ابزار Spatial Analyst و گزینه‌های slope و Aspect در نرم‌افزار Gis به دست آمد. نقشه‌ی فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از جاده از طریق ابزار Distance در Spatial Analyst تهیه شد. برای تهیه‌ی نقشه‌ی بارندگی از آمار ۱۵ ساله ایستگاه‌ها استفاده شد و با به دست آوردن رابطه‌ی همبستگی بین ایستگاه‌ها نقشه همبارش به دست آمد. با توجه به نقش هر عامل در وقوع لغزش به هر پارامتر بر اساس نظریات کارشناسی امتیاز داده شد و ماتریس ابتدایی با توجه به روش آنتروپی تشکیل شد. ماتریس تصمیم‌گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود و با محاسبه ماتریس آنتروپی و وزن کل هر عامل (W_j)، میزان H_i به عنوان ضریب وقوع خطر زمین‌لغزش به دست می‌آید (محمدخان و همکاران، ۱۳۹۳: ۹۴). سپس تمامی نقشه‌ها به رستر تبدیل شده و در وزن کل ده عامل که توسط مدل آنتروپی به دست آمده ضرب و در نهایت پس از جمع ده نقشه‌ی مذکور توسط ابزار Raster Calculator نقشه‌ی نهایی H_j حاصل شد. محتوای اطلاعاتی موجود در ماتریس تصمیم‌گیری در فرایند آنتروپی از رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m P_{i,j} \ln p_{i,j} \quad (۱) \text{ رابطه‌ی}$$

در این رابطه E_j ارزش آنتروپی و $p_{i,j}$ ماتریس تصمیم‌گیری است.

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (۲) \text{ رابطه‌ی}$$

در این رابطه r_{ij} ارزش یا همان امتیاز اختصاص داده شده به هر لایه است.

$$K = (\ln m)^{-1} \quad (۳) \text{ رابطه‌ی}$$

K ضریب ثابت و m تعداد زمین‌لغزش‌ها را نشان می‌دهد.

پس از تشکیل ماتریس تصمیم و به دست آمدن مقدار E_j ، می‌بایست مقدار V_j توسط رابطه‌ی (۴) محاسبه گردد.

$$V_j = 1 - E_j \quad \text{رابطه‌ی (۴)}$$

V_j درجه‌ی انحراف عدم اطمینان است.

در پایان برای محاسبه‌ی وزن نهایی تمام عوامل (W_j) از رابطه‌ی (۵) استفاده شد.

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j} \quad \text{رابطه‌ی (۵)}$$

جهت تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی از رابطه‌ی (۶) استفاده شد.

$$H_i = \sum_{j=1}^n W_j \times r_{ij} \quad \text{رابطه‌ی (۶)}$$

در رابطه‌ی فوق H_i ضریب رخداد خطر زمین‌لغزش، W_j وزن نهایی تمام عوامل، r_{ij} وزن هرکدام از عوامل (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۲).

بحث و نتایج

با بررسی‌های صورت گرفته از منطقه و شناسایی نقش عوامل تأثیرگذار در وقوع زمین لغزش و با توجه به ویژگی‌های لغزش‌های رخ داده به هریک از لایه‌های اطلاعاتی امتیاز داده شد (جدول ۱). سپس تمام لایه‌های اطلاعاتی (ارتفاع، بارندگی، شیب، جهت شیب، شکل شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، پوشش زمین و لیتولوژی) به رستر تبدیل شده و امتیازدهی شدند و این لایه‌ها به عنوان داده‌های اصلی در تشکیل ماتریس آنترپی استفاده شدند.

جدول (۱) امتیاز اختصاص یافته به هر یک از عوامل موثر در وقوع زمین لغزش

امتیاز	جهت شیب	امتیاز	فاصله از گسل	امتیاز	کاربری اراضی
۱	مسطح	۹	≥ 300	۵	مخلوط زراعت و باغ
۹	شمال	۷	۳۰۰-۷۰۰	۸	زراعت دیم
۷	شمال شرقی	۵	۷۰۰-۱۱۰۰	۷	کم تراکم
۴	شرق	۲	۱۱۰۰-۱۵۰۰	۶	نیمه تراکم
۲	جنوب شرقی	۱	$1500 <$	۵	متراکم
۳	جنوب			۶	بیرون زدگی سنگی
۵	جنوب غربی			۴	شور با پوشش گیاهی
۳	غرب			۷	مخلوط مرتع و دیم
۶	شمال غربی			۵	باتلاق
امتیاز	فاصله از آبراهه	امتیاز	بارندگی	امتیاز	ارتفاع
۹	$100 >$	۵	۱۰۰-۲۰۰	۱	۸۰۰-۹۰۰
۸	۱۰۰-۲۰۰	۹	۲۰۰-۳۰۰	۳	۹۰۰-۱۰۰۰
۷	۲۰۰-۳۰۰	۷	$300 <$	۴	۱۰۰۰-۱۱۰۰
۵	۳۰۰-۴۰۰			۵	۱۱۰۰-۱۲۰۰
۳	۴۰۰-۵۰۰			۶	۱۲۰۰-۱۳۰۰
۱	$1500 <$			۷	۱۳۰۰-۱۴۰۰
				۸	۱۴۰۰-۱۵۰۰
				۹	۱۵۰۰-۱۶۰۰
امتیاز	شیب	امتیاز	فاصله از جاده (m)	امتیاز	لیتولوژی
۶	۱۵-۳۰	۴	$300 >$	۹	شیل خاکستری و مارن
۸	۳۰-۴۵	۷	۳۰۰-۱۰۰	۶	مارن روشن
۷	۴۵-۶۰	۹	$100 <$	۸	سنگ آهک
۹	$60 >$			۹	سنگ آهک و شیل قهوه‌ای روشن (سازند تیرگان)
		امتیاز	شکل شیب	۴	نئوژن قرمز

ادامه‌ی جدول (۱)

امتیاز	جهت شیب	امتیاز	فاصله از گسل	امتیاز	کاربری اراضی
۸		۱	محدب	۱	کواترنری
۵		۶	مقعر	۶	سازند شورپیچ
۲		۳	یکنواخت	۳	ماسه سنگ و کنگلومرای ماسه- ای و مارن
		۷		۷	سازند سنگانه
		۸		۸	سازند سرچشمه
		۴		۴	تراس

ماخذ: نگارندگان

جدول (۱) ماتریس تصمیم‌گیری

	X_1	X_2	.	.	X_a
A_1	r_{11}	r_{12}	.	.	r_{1a}
A_2	r_{21}	R_{22}	.	.	r_{2a}
.
.
.
A_m	r_{m1}	r_{m2}	.	.	r_{mn}

ماخذ: شریفی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۳۹

در این پژوهش از مقیاس دو قطبی برای تبدیل مقادیر کیفی به کمی استفاده شد، مقیاس دو قطبی فاصله‌ای روشی عمومی در رتبه‌بندی شاخص‌های کمی و کیفی است. اندازه‌گیری در این روش بر اساس یک مقیاس ده نقطه‌ای است. به طوری که صفر مشخص‌کننده‌ی کمترین ارزش ممکن که عملاً قابل درک باشد و ده نشان دهنده‌ی حداکثر ارزش ممکن از شاخص مورد نظر است (محمدخان و همکاران، ۱۳۹۳: ۹۵). ماتریس تصمیم‌گیری حاوی اطلاعاتی است که که آنتروپی می‌تواند به

عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود (جدول ۱). در این ماتریس A_i گزینه‌هایی است که می‌خواهیم رتبه‌بندی کنیم. X_j شاخص‌هایی است که گزینه‌ها را بر اساس آنها ارزیابی می‌کنیم. F_{ij} ارزش هر شاخص متناسب با هر یک از گزینه‌ها است. پس از تشکیل ماتریس آنتروپی (F_{ij}) و تبدیل این معیارها به عدد صحیح با محاسبه نمودن روابط و تبدیل مقادیر کیفی به کمی اطلاعات موجود در ماتریس به صورت (P_{ij}) به دست آمد و برای هر کدام از عوامل مؤثر در لغزش منطقه مقدار E_j محاسبه شد (جدول ۲).

جدول (۲) مقادیر شاخص‌های محاسبه شده برای عوامل مؤثر در لغزش‌های منطقه

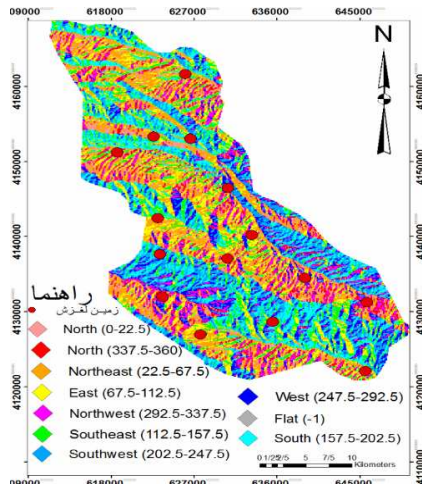
شاخص- های محاسبه شده	ارتفاع	بارندگی	جهت شیب	شکل شیب	شیب	فاصله از آبراه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی	لیتولوژی
E_j	۰/۹۰۷۰۱	۰/۹۵۱۷۱	۰/۹۹۸۱۱۰	۰/۹۶۷۱۴۱	۰/۹۴۱۱۳	۰/۰۹۴۲۱۱۰	۰/۰۹۹۱۱۲۰	۰/۰۹۷۱۰۱	۰/۹۹۸۷۱	۰/۹۱۵۴۱۱
d_j	۰/۹۰۷۰۱	۰/۴۴۱۱۱	۰/۰۰۲۰۵۴	۰/۰۱۱۲۱۱	۰/۰۱۴۷۰۱	۰/۰۱۱۳۰۱	۰/۰۹۱۷۱۲۰	۰/۰۹۷۲۰۱	۰/۱۱۲۹۰۱	۰/۰۵۱۱۶۲
W_j	۰/۰۲۱۱۳	۰/۰۳۱۱۴۲	۰/۰۱۱۰۲۴	۰/۰۱۱۶۱۱۰	۰/۰۱۱۳۴۲	۰/۰۴۵۱۶۱	۰/۱۱۳۴۰۱	۰/۰۹۹۸۷۱	۰/۹۹۷۱۱۰	۰/۰۴۵۵۷

$$H_i = (H \times 0.2113) + (R \times 0.31142) + (S \times 0.11024) + (C \times 0.116110) + (A \times 0.11342) + (XS \times 0.45161) + (XG \times 0.113401) + (F \times 0.99871) + (K \times 0.997110) + (Df \times 0.455793)$$

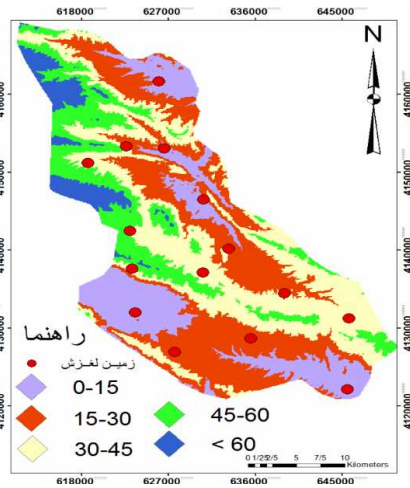
در این پژوهش، به منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از ده پارامتر تأثیرگذار شامل ارتفاع، بارندگی، شیب، جهت شیب، شکل شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، پوشش زمین و لیتولوژی استفاده شد که به صورت رستر رقومی شده و امتیازدهی شدند. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در لغزش منطقه عامل شیب می‌باشد، در نواحی مرتفع استان به علت وجود چین خوردگی‌ها و ارتفاعات بلند، شیب‌های تند بسیار زیاد است، نقشه شیب منطقه بر پایه‌ی مدل ارتفاعی

رقومی (DEM) تهیه شد و تغییرات شیب متوسط دامنه‌ها از صفر تا ۶۰ درجه تعیین شد. تعداد ۸ زمین لغزش منطقه در شیب بیش از ۶۰ درجه رخ داده است (شکل ۲). جهت شیب از عوامل تأثیرگذار در میزان دریافت نور و میزان بارش در جهات مختلف است. در منطقه‌ی مورد مطالعه دامنه‌های شمالی در طول روز به دلیل دریافت کمتر تابش خورشیدی از میزان بارش بیشتری برخوردار بوده و مرطوب و پرباران است. در جهات دیگر دامنه‌ها به دلیل دریافت بیشتر تابش خورشیدی و جهت حرکت عمومی بادها از آب و هوای خشکی برخوردار بوده و تأثیر کمتری در وقوع زمین لغزش دارند (شکل ۳). بررسی شکل شیب نشان می‌دهد که بیشترین لغزش‌های منطقه در شیب‌های محدب رخ داده و این عامل نقش موثری در همگرایی و واگرایی جریان انتقالی از بالا دست به پایین دست منطقه داشته است (شکل ۴). فاصله از آبراهه از عوامل تعیین‌کننده در وقوع زمین لغزش است. اختلاف سطح ایجاد شده بین کف دره و ارتفاعات و برش پای دیواره از عوامل مؤثر جداکننده‌ی سنگ‌ها است. در عامل فاصله از آبراهه بیشترین لغزش در فاصله‌ی ۱۰۰ > متری و کمترین لغزش در فاصله ۱۵۰۰ < متری قرار دارد (شکل ۵). فاصله از جاده به دلیل تغییر شیب دامنه‌ها، جاده‌سازی، خاکبرداری و زیر بری دامنه‌ها از دیگر عوامل تأثیرگذار در وقوع زمین لغزش است. بیشترین میزان زمین لغزش در فاصله‌ی ۱۰۰ < متری و کمترین میزان زمین لغزش در فاصله ۳۰۰ > متر در منطقه اتفاق افتاده است (شکل ۶). میان فاصله از گسل و وقوع زمین لغزش رابطه‌ی معکوسی وجود دارد. این عامل به دلیل شکستگی در لایه‌ها و خردشدگی سنگ‌ها باعث کاهش مقاومت دامنه‌ها می‌شود. بیشترین میزان لغزش رخ داده در فاصله‌ی ۳۰۰ > متری و کمترین میزان در فاصله ۱۵۰۰ < متری رخ داده است (شکل ۷). انواع مختلف پوشش زمین عملکرد متفاوتی در وقوع زمین لغزش دارد. اراضی دیمی و مرتعی به دلیل نقش انسان در تخریب پوشش گیاهی، استفاده نادرست از مراتع

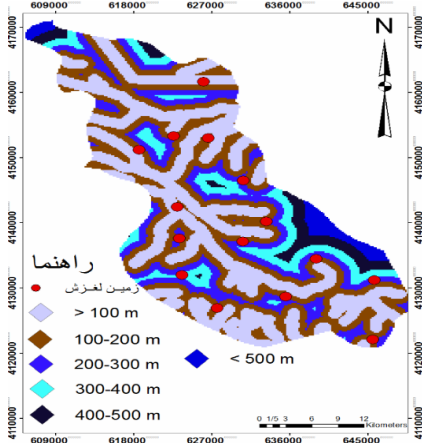
مرغوب، بیشترین تأثیر را در وقوع زمین لغزش دارد (شکل ۸). لیتولوژی و نوع جنس سنگ‌ها به دلیل تفاوت در نوع رسوبات تشکیل‌دهنده و شرایط شکل‌گیری، از عوامل تأثیرگذار در لغزش است. بیشترین میزان لغزش‌های رخ داده در منطقه در سنگ‌های آهکی، مارنی و شیل‌ها می‌باشد (شکل ۹). عامل ارتفاع تأثیر به‌سزایی در تغییرات دما و بارش دارد و از عوامل مهمی در ثبات پایداری یک منطقه محسوب می‌شود. مرتفع‌ترین نقطه در منطقه‌ی مورد مطالعه ۱۶۰۰ متر و کم‌ارتفاع‌ترین نقطه در ارتفاع ۸۰۰ متر است. بیشترین میزان لغزش رخ داده در ارتفاع ۱۶۰۰ متری به وقوع پیوسته است (شکل ۱۰). بارش از جمله عواملی است که رابطه‌ی مستقیمی با زمین لغزش دارد. بررسی عامل بارش در منطقه‌ی بیانگر آن است که بیشترین لغزش‌های منطقه‌ی زمانی رخ داده است که بارش در منطقه زیاد است. در زیر کلاس < 300 متر بیشترین لغزش در منطقه اتفاق افتاده است (شکل ۱۱). با استفاده از رابطه‌ی ۷ و ضرب نمودن هر کدام از عوامل در نقشه‌ی رستری مربوط به خود و جمع نقشه‌های حاصل، در نهایت نقشه‌ی پهنه‌بندی زمین لغزش‌های منطقه در سه کلاس کم، متوسط و زیاد تهیه شد (شکل ۱۲). جدول (۳) میزان تأثیر هر یک از عوامل بررسی شده در وقوع زمین لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



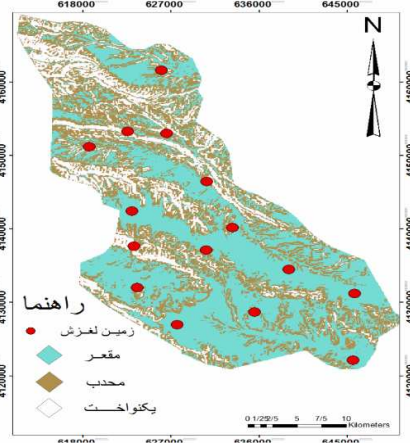
شکل (۳) جهت شیب



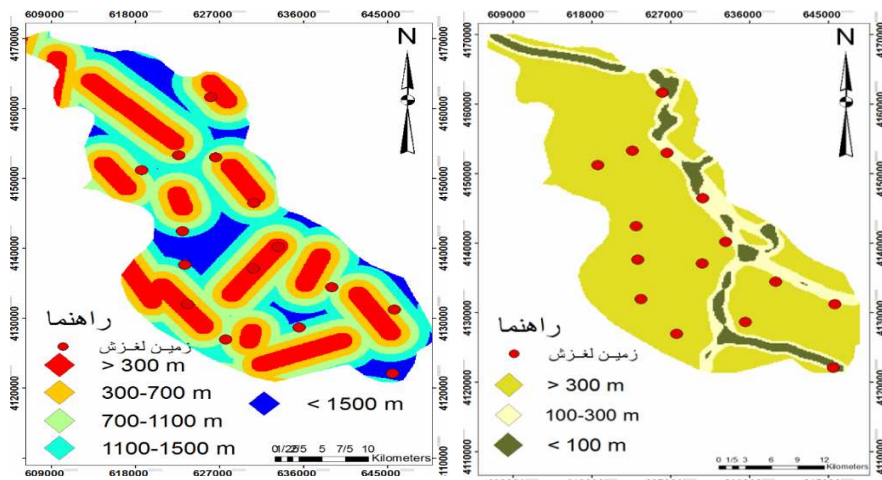
شکل (۲) شیب



شکل (۵) شکل شیب

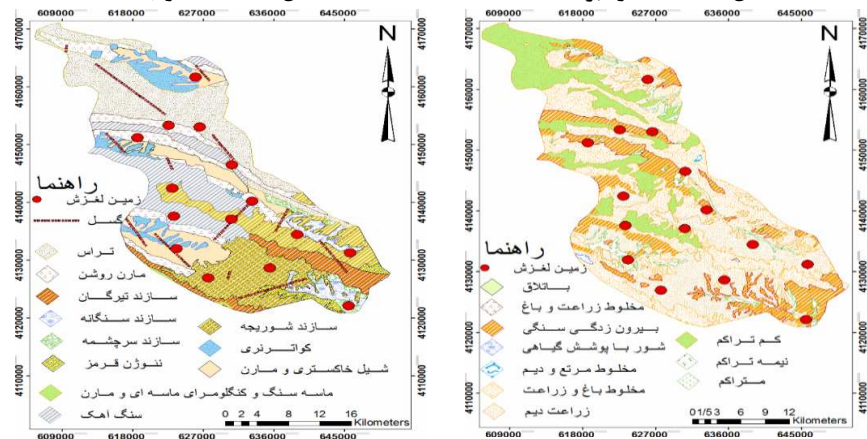


شکل (۴) جهت شیب



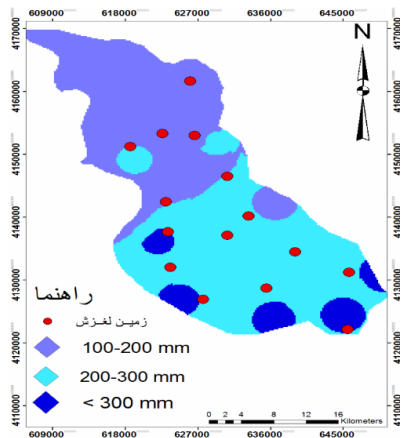
شکل (۷) فاصله از جاده

شکل (۶) فاصله از آبراهه

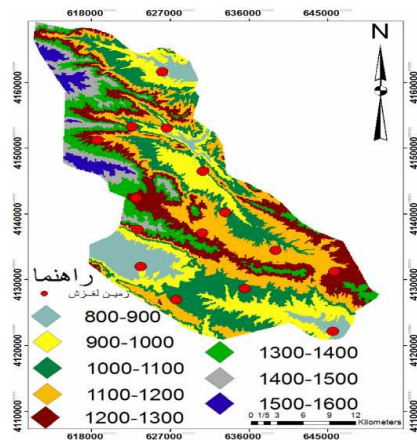


شکل (۹) پوشش زمین

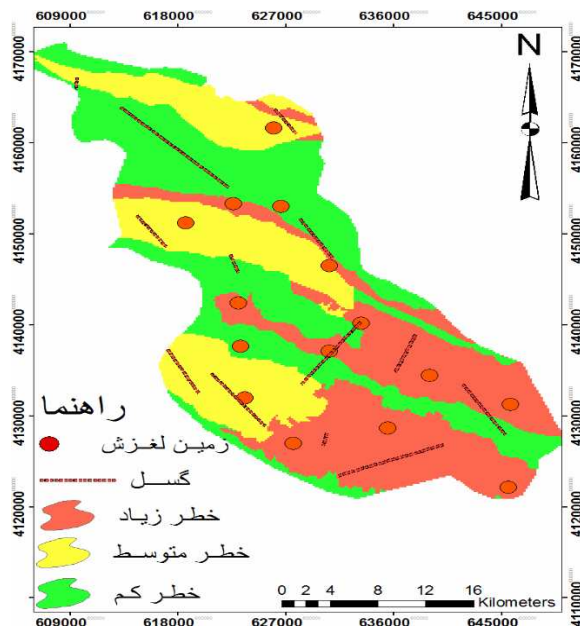
شکل (۸) فاصله از گسل



شکل (۱۱) بارندگی



شکل (۱۰) لیتولوژی



شکل (۱۲) پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش

جدول (۳) مساحت، درصد و تعداد لغزش رخ داده در مناطق خطر زیاد، متوسط و کم

پهنه‌های لغزشی	مساحت (Km ²)	درصد زمین لغزش	تعداد زمین لغزش
خطر زیاد	۴۱۰	۴۲	۹
خطر متوسط	۲۳۴	۳۱	۴
خطر کم	۱۷۳	۲۷	۲
مجموع	۸۱۷	۱۰۰	۱۵

ماخذ: نگارندگان

نتیجه‌گیری

هدف از تحقیق حاضر اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه‌بندی حساسیت آن در منطقه‌ی باجگیران با استفاده از شاخص آنتروپی است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل مؤثر در زمین‌لغزش منطقه‌ی مورد مطالعه لایه‌های شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل و ارتفاع می‌باشند. پس از وزن‌دهی پارامترها و تشکیل ماتریس آنتروپی اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی شد. بدین منظور ابتدا لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار Arc Gis تهیه و به فرمت رستری تبدیل شدند. با توجه به نقشه‌ی پهنه‌بندی به دست آمده حاصل از مدل آنتروپی ۱۵ زمین‌لغزش در منطقه به وقوع پیوسته است که ۹ لغزش در پهنه خطر زیاد (۴۲٪)، ۴ لغزش در پهنه‌ی خطر متوسط (۳۱٪) و ۲ لغزش در پهنه خطر کم (۲۷٪) قرار می‌گیرد. در مورد عامل شیب می‌توان گفت بیشترین لغزش در شیب بیش از ۶۰ درصد اتفاق افتاده که به دلیل عدم وجود فرایند خاکزایی مستعد حرکات دامنه‌ای است. در مورد عامل جهت شیب، بیشترین لغزش در دامنه‌های شمالی و ارتفاع ۱۶۰۰ متری به وقوع پیوسته که منطبق با گسل‌های منطقه و تشکیلات آهکی، مارنی و شیلی است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل آنتروپی در شناسایی مناطق خطر و پهنه‌بندی آن در منطقه‌ی مورد

مطالعه از عملکرد مناسبی برخوردار می‌باشد. همچنین از نتایج این پژوهش می‌توان در تصمیم‌گیری و مدیریت کاربری زمین و برنامه‌یزی شهری استفاده کرد.

منابع

- احمدآبادی، علی و مریم رحمتی (۱۳۹۴)، کاربرد شاخص‌های کمی ژئومورفومتریکی در شناسایی پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش با استفاده از مدل SVM (مطالعه‌ی موردی: آزادراه خرم آباد - پل زال)، پژوهش‌های کمی، سال ۴، شماره ۳، صص ۱۹۷-۲۱۳.
- بای، ناصر، حاجی و سیدمحمود میررحیمی (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش AHP، همایش ژئوماتیک، صص ۹.
- بهشتی‌راد، مسعود؛ فیض‌نیا، سادات؛ سلاجقه، علی و حسن احمدی (۱۳۸۸)، بررسی کارایی مدل پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش فاکتور اطمینان (CF)، مطالعه‌ی موردی حوضه‌ی آبخیز معلم کلایه، فصلنامه‌ی جغرافیای طبیعی، سال ۲، شماره ۵، صص ۱۹-۲۸.
- پورقاسمی، حمیدرضا؛ مرادی، حمیدرضا و سیدمحمود فاطمی عقدا (۱۳۹۳)، اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش و پهنه‌بندی حساسیت آن با استفاده از شاخص آنتروپی شانون، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال ۱۸، شماره ۷۰، صص ۱۹۱-۱۸۱.
- پورقاسمی، حمیدرضا؛ مرادی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید؛ مصطفی‌زاده، رئوف و عباس‌گلی جیرنده (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تئوری بی‌زین، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال ۱۶، شماره ۶۲، صص ۱۰۹-۱۲۱.
- جوادی، محمدرضا؛ طهرانی‌پور، ه؛ غلامی، ش.ع، فتاحی اردکانی، م.ع. (۱۳۹۱)، مقایسه‌ی روش‌های مورا و وارسون و رگرسیون چندمتغیره در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی آبخیز کن، پژوهشنامه مدیریت حوضه‌ی آبخیز، سال ۳، شماره ۵، صص ۱۰۵-۹۲.

- حاتمی‌فرد، رامین، موسوی، سید حجت، علیمراد، مسعود (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل AHP و تکنیک GIS در شهرستان خرم‌آباد، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست‌وسوم، پیاپی ۴۷، شماره‌ی ۳، صص ۴۳-۶۰.
- حسین‌پور میل‌آغاردان، امین و رحیم‌علی عباسپور (۱۳۹۳)، بهبود نتایج پیش‌بینی وقوع زمین‌لغزش با استفاده از تئوری آنتروپی شانون، دانش مخاطرات، دوره‌ی ۱، شماره‌ی ۲، صص ۲۵۳-۲۶۸.
- حسین‌زاده، سیدرضا؛ قربانی شورشستانی، علی؛ نورمحمدی، علی‌محمد و محسن رضایی عارفی (۱۳۹۴)، بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از GIS و RS (مطالعه‌ی موردی سد دوستی)، هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۴، صص ۲۱-۳۸.
- راکعی، بابک؛ خامه‌چیان، ماشاله؛ عبدالملکی، پرویز و پانته‌آ گیاهیچی (۱۳۸۹)، کاربرد سیستم شبکه‌ی عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش. مطالعه‌ی موردی: ناحیه‌ی سفیدار گله در استان سمنان، مجله‌ی علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۳، شماره-۱، صص ۵۷-۶۴.
- روستایی، شهرام؛ مختاری، داوود؛ حسینی، زهرا؛ اطمانی و مهدی حقویران (۱۳۹۴)، بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی میمه در استان ایلام به روش تحلیل شبکه (ANP)، هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۴، صص ۱۰۱-۱۲۳.
- سوری، سلمان، لشکری‌پور، غلامرضا و محمد غفوری (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی کشوری (نوژیان)، زمین‌شناسی مهندسی، جلد ۵، شماره‌ی ۱، صص ۱۲۶۹-۱۲۸۶.

- شریفی، رضا؛ میرآبادی، احمد و احسان ارفع (۱۳۹۰)، بررسی و انتخاب سیستم سیگنالینگ مناسب به روش آنتروپی - پرومیتی برای راه آهن چابهار - زاهدان، فصلنامه‌ی مهندسی حمل و نقل، سال ۲، شماره‌ی ۴، صص ۳۴۶-۳۳۵.
- شریفی، رحمان، درباباری، سیدجمال (۱۳۸۴)، روش نیلسن و بهینه‌سازی آن در پهنه - بندی خطر زمین لغزش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۰، شماره‌ی ۱، پیاپی ۷۶، صص ۷۸-۸۹.
- علیپور، حمید، ملکیان، آرش (۱۳۹۴)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه‌ی آبخیز جهان اسفراین خراسان شمالی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال ۱۳، شماره‌ی ۳۹، صص ۱۶۵-۱۸۰.
- فرداد، مهدی؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ حکیم‌پور، فرشاد و علیرضا وفایی‌نژاد (۱۳۹۰)، پهنه - بندی حساسیت خطر زمین لغزش با روش‌های منطق فازی (Fuzzy) و شبکه عصبی (Neural Network) در GIS، (مطالعه‌ی موردی منطقه‌ی مال خلیفه)، پانزدهمین همایش زمین‌شناسی ایران، صص ۸.
- کامران‌زاد، فرزانه؛ محصل‌افشار، عماد؛ مجرب، مسعود و حسین معماریان (۱۳۹۳)، پهنه - بندی خطر زمین لغزش در استان تهران با استفاده از روش‌های داده محور و تحلیل سلسله‌مراتبی، علوم زمین، سال ۲۵، شماره‌ی ۹۷، صص ۱۰۱-۱۱۴.
- کردی، عبدالواحد؛ دشتی مرویلی، مریم و بهارک معتمدوزیری (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از رگرسیون چندمتغیره (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز کوهسار)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال ۲، شماره‌ی ۸، صص ۴۹-۶۱.
- محمدخان، شیرین؛ ویسی، عبدالکریم و کیوان باقری (۱۳۹۳)، پتانسیل‌سنجی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی، مطالعه موردی (منطقه کوهستانی شیرپناه در جنوبغرب استان کرمانشاه)، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال ۱۱، شماره‌ی ۴۴، صص ۱۰۳-۸۸.

- معماریان، حمید، سیارپور، مجید (۱۳۸۵)، نقش پارامتر شیب دامنه در بروز خطا در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، نشریه‌ی دانشکده‌ی فنی، جلد ۴۰، شماره‌ی ۱۰۵، صص ۱۳-۱.

- مقیمی، ابراهیم، باقری سیدشکری، سجاد و طاهر صفرراد (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی (مطالعه‌ی موردی: تقادیس نثار زاگرس شمال غربی)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۷۹، صص ۷۷-۹۰.

- نصرآزادانی، احمد و کوروش شیرانی (۱۳۸۸)، ارزیابی و مقایسه‌ی روش‌های پهنه‌بندی آماری دومتغیره با استفاده از GIS (مطالعه‌ی موردی حوضه‌ی آبخیز دز علیا)، همایش ژئوماتیک.

-Bednarik, M. Magulova, B. Matys, M. Marschalko, M (2010), **Landslide susceptibility Assessment of the kral ovany-Liptovsky Mikulas Railways case study**, physics and chemistry of the Earth, PP. 162-171.

-Sharma, L.P; Patel, Nilanchal; Ghose M.K; and Debnat P. (2012), **Influence of Shannon's entropy on landslide-causing parameters for vulnerability study and zonation—a case study in Sikkim, India**, Arab J Geosci, 5, PP. 421– 431.