

تاریخ ارسال 1395-06-26 تاریخ پذیرش 1396-03-10

## اولویت بندی و پهنه بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی<sup>1</sup>

(مطالعه موردی: منطقه باجگیران، قوچان)

ابوالقاسم امیر احمدی، دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار  
مهناز ناعمی تبار، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری،  
سبزوار(نویسنده مسئول) mahnaznaemi70@gmail.com

بهار گلکار استادی، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم  
سبزواری، سبزوار

چکیده

منطقه باجگیران به دلیل شرایط جغرافیایی از جمله مناطق مستعد برای وقوع زمین لغزش است. هدف اصلی از این پژوهش اولویت بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزه در منطقه می باشد. بدین منظور بعد از انجام مطالعات کتابخانه‌ای و تهیه نقشه پراکندگی لغزش منطقه از ده پارامتر تاثیر گذار 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 پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه انجام شد. اولویت بندی عوامل مؤثر با استفاده از شاخص آنتروپی نشان داد که لایه‌های شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل و ارتفاع بیشترین نقش را

---

<sup>1</sup>ENTROPY

<sup>2</sup>Land slide

در وقوع زمین لغزش در منطقه دارند. پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با مدل مذکور نشان می‌دهد که ۴۲٪ زمین لغزه‌ها در محدوده خطر زیاد، ۳۱٪ در محدوده خطر متوسط، ۲۷٪ در محدوده خطر کم واقع شده است. نتایج نشان می‌دهد 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.

**کلید واژه‌ها:** زمین لغزش، پهنه بندی، مدل آنتروپی، Gis، منطقه باجگیران

#### مقدمه

زمین لغزش<sup>۲</sup> یکی از پدیده‌های طبیعی است که هر ساله سبب ایجاد خسارات مالی و جانی فراوانی در سطح کشور میشود (کامران‌زاد، ۱۳۹۳: ۱۰۱). زمین لغزش در ایران به عنوان یک بلای طبیعی، سالیانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می‌سازد (علیپور و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۷۷). امروزه موضوع زمین لغزش از مهم ترین مباحث در زمینه 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 زمین لغزش در زیرساخت‌های جامعه مانند جاده‌ها، ساختمان‌ها و ...، تلاش‌های بسیاری به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع این پدیده انجام گرفته است (حسین‌پور میل آغاردان 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 (حسین پور میل آغاردان و همکاران، ۱۳۹۳). شارما و همکاران<sup>۱</sup> (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 منطقه صفارود پرداختند و مدل‌های احتمال شرطی و آنتروپی را در این راستا به کار گرفتند. زو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) به منظور تجزیه و تحلیل پایداری شیب با استفاده از منطق فازی و مدل آنتروپی شانون به این نتیجه رسیدند که با استفاده از این روش‌ها در منطقه 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 چند متغیره (جوادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ کردی و همکاران، ۱۳۹۱)، روش مدل آنتروپی (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱)، روش فاکتور اطمینان (بهشتی راد و همکاران، ۱۳۸۸)، روش منطق فازی (فرداد و همکاران، ۱۳۹۰)، روش شبکه 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 منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شوند. بندریک و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۰)، با استفاده از توزیع دو متغیره آماری به ارزیابی حساسیت زمین لغزش در منطقه کارل اونری در اسلوکی پرداختند و برای محاسبه وزن لایه‌های مورد بررسی از شاخص آنتروپی استفاده کردند. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، با استفاده از

---

<sup>۱</sup>Sharma. Etal

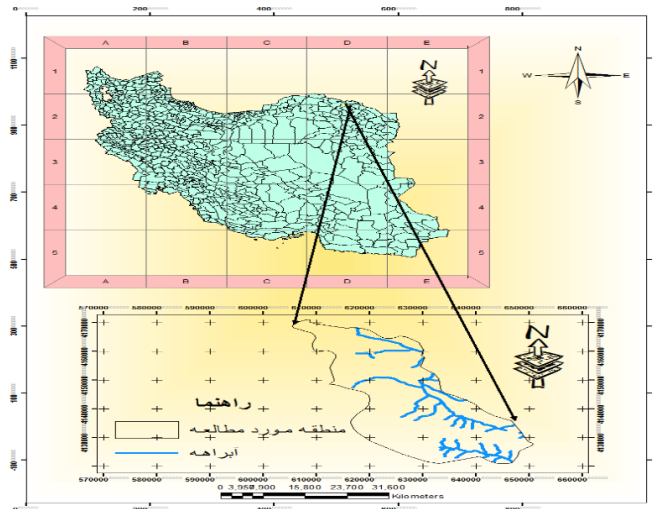
<sup>۲</sup>Zou . etal

<sup>۳</sup>Bednarik. etal

GIS و RS به بررسی عوامل مؤثر زمین لغزش در سد دوستی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بدلیل وجود بازارچه 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 زمین لغزشهای حوضه آبخیز میمه در استان گیلان دارند. اهداف این پژوهش شامل انتخاب معیارها و استانداردها، تهیه لایه‌های رقومی عوامل، تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه، تشخیص نقاط پرخطر با استفاده از شاخص آنتروپی شانون، ارائه راه کار مناسب جهت پیشگیری از خطرات احتمالی و ارائه راهکارهایی به منظور کاهش خسارات در منطقه مورد مطالعه می باشد.

#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

باجگیران، مرکز بخش باجگیران جزء دهستان دولتخانه از شهرستان قوچان می‌باشد که در شمال شرقی استان خراسان و در سه کیلومتری مرز ایران و ترکمنستان و در فاصله تقریبی ۲۳ کیلومتری عشق آباد 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 زمین شناسی- ساختمانی جزء حوضه رسوبی کپه داغ ست. از نظر چینه شناسی در منطقه مورد مطالعه رخنمون هایی از واحدهای سنگی ژوراسیک تا عهد حاضر دیده می شود(شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش شامل ارتفاع، بارندگی، شیب، جهت شیب، شکل شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، پوشش زمین و لیتولوژی بعنوان عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش شناسایی و نقشه های مذکور در محیط Gis رقومی شد. بدین منظور با استفاده از نقشه 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 نقشه لیتولوژی، فاصله از گسل از نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد. برای تهیه نقشه بارندگی از آمار ایستگاه‌های باران سنجی ۵ ایستگاه درونگر، محمد تقی بیگ، امان قلی، کیکان، هی هی قوچان، بهمن جان استفاده شد. نقشه شیب، جهت شیب، شکل شیب از طریق ابزار Spatial Analysyt و گزینه

های slope و Aspect در نرم افزار Gis بدست آمد. نقشه فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از جاده از طریق ابزار Distance در Spatial Analyst تهیه شد. برای تهیه نقشه بارندگی از آمار ۱۵ ساله ایستگاهها استفاده شد و با بدست آوردن رابطه همبستگی بین ایستگاهها نقشه همبارش بدست 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 تصمیم گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود و با محاسبه ماتریس آنتروپی و وزن کل هر عامل (Wj)، میزان Hi به عنوان ضریب وقوع خطر زمین لغزش به دست می آید (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 نقشه مذکور توسط ابزار Raster Calculator نقشه نهایی H<sub>j</sub> حاصل شد. محتوای اطلاعاتی موجود در ماتریس تصمیم گیری در فرایند آنتروپی از رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$E_j = -K = \sum_{i=1}^m P_{i,j} \ln p_{i,j} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه E<sub>j</sub> ارزش آنتروپی و P<sub>i,j</sub> ماتریس تصمیم گیری است.

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad \text{رابطه ۲:}$$

در این رابطه P<sub>ij</sub> ارزش یا همان امتیاز اختصاص داده شده به هر لایه است.

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

K ضریب ثابت و m تعداد زمین لغزشها را نشان می دهد.

پس از تشکیل ماتریس تصمیم و به دست آمدن مقدار E<sub>j</sub> می بایست مقدار V<sub>j</sub> توسط رابطه شماره (۴) محاسبه گردد.

$$V_j = 1 - E_j \quad \text{رابطه ۴:}$$

$V_j$  درجه انحراف عدم اطمینان است.

در پایان برای محاسبه وزن نهایی تمام عوامل ( $W_j$ ) از رابطه شماره (۵) استفاده شد.

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m v_j} \quad \text{رابطه ۵:}$$

جهت تهیه نقشه نهایی از رابطه شماره (۶) استفاده شد.

$$H_i = \sum_{j=1}^n W_j \times r_{ij} \quad \text{رابطه ۶:}$$

در رابطه فوق  $H_i$  ضریب رخداد خطر زمین لغزش،  $W_j$  وزن نهایی تمام عوامل،  $r_{ij}$  وزن هر کدام 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 هر یک 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 امتیاز دهی 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

کاربری اراضی	امتیاز	فاصله از گسل	امتیاز	جهت شیب	امتیاز
مخلوط زراعت و باغ	۵	> ۳۰۰	۹	مسطح	۱
زراعت دیم	۸	۳۰۰-۷۰۰	۷	شمال	۹

۷	شمال شرقی	۵	۷۰۰-۱۱۰۰	۷	کم تراکم
۴	شرق	۲	۱۱۰۰-۱۵۰۰	۶	نیمه تراکم
۲	جنوب شرقی	۱	<۱۵۰۰	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	>۱۰۰	۵	۱۰۰-۲۰۰	۱	۸۰۰-۹۰۰
۸	۱۰۰-۲۰۰	۹	۲۰۰-۳۰۰	۳	۹۰۰-۱۰۰۰
۷	۲۰۰-۳۰۰	۷	<۳۰۰	۴	۱۰۰۰-۱۱۰۰
۵	۳۰۰-۴۰۰			۵	۱۱۰۰-۱۲۰۰
۳	۴۰۰-۵۰۰			۶	۱۲۰۰-۱۳۰۰
۱	<۱۵۰۰			۷	۱۳۰۰-۱۴۰۰
				۸	۱۴۰۰-۱۵۰۰
				۹	۱۵۰۰-۱۶۰۰
امتیاز	شیب	امتیاز	فاصله (m) از جاده	امتیاز	لیتولوژی
۶	۱۵-۳۰	۴	>۳۰۰	۹	شیل خاکستری و مارن
۸	۳۰-۴۵	۷	۳۰۰-۱۰۰	۶	مارن روشن
۷	۴۵-۶۰	۹	<۱۰۰	۸	سنگ آهک
۹	>۶۰			۹	سنگ آهک و شیل قهوه‌ای روشن (سازند تیرگان)
		امتیاز	شکل شیب	۴	نئوژن قرمز



		۸	محدب	۱	کواترنری
		۵	مقعر	۶	سازند شوربجه
		۲	یکنواخت	۳	ماسه سنگ و کنگلومرای ماسه‌ای و مارن
				۷	سازند سنگانه
				۸	سازند سرچشمه
				۴	تراس

ماخذ: نگارندگان

در این پژوهش از مقیاس دو قطبی برای تبدیل مقادیر کیفی به کمی استفاده شد، مقیاس دو قطبی فاصله‌ای روشی عمومی در رتبه بندی شاخص‌های کمی و کیفی است. اندازه‌گیری در این روش بر اساس یک مقیاس ده نقطه‌ای است. به طوری که صفر مشخص کننده کمترین ارزش ممکن که عملاً قابل درک باشد و ده نشان دهنده حداکثر ارزش ممکن از شاخص موردنظر است (محمدخان و همکاران، ۱۳۹۳: ۹۵). ماتریس تصمیم‌گیری حاوی اطلاعاتی است که که آن‌تروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن بکار رود (جدول ۱). در این ماتریس  $A_{ij}$  گزینه‌هایی است که می‌خواهیم رتبه بندی کنیم.  $X_j$  شاخص‌هایی است که گزینه‌ها را بر اساس آنها ارزیابی می‌کنیم.  $I_{ij}$  ارزش هر شاخص متناسب با هر یک از گزینه‌ها است. پس از تشکیل ماتریس آن‌تروپی  $(I_{ij})$  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 موثر در لغزش منطقه مقدار  $E_j$  محاسبه شد (جدول ۲).

جدول ۱: ماتریس تصمیم‌گیری

$X_1$	$X_2$	۰	۰	$X_a$
-------	-------	---	---	-------

$A_1$	$r_{11}$	$r_{12}$	*	*	$r_{1a}$
$A_2$	$r_{21}$	$R_{22}$	*	*	$r_{2a}$
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*
$A_m$	$r_{m1}$	$r_{m2}$	*	*	$r_{mn}$

ماخذ: شریفی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۳۹

جدول ۲: مقادیر شاخص‌های محاسبه شده برای عوامل موثر در لغزش‌های منطقه

لیتولوژی	کاربری اراضی	فاصله از گسل	فاصله از جاده	فاصله از آبراهه	شیب	شکل شیب	جهت شیب	بارندگی	ارتفاع	شاخص های محاسبه شده
۹۱۵۴ ۰/۱۱	۰/۹۹۸۷۱	۰/۹۷۱۰۱	۰/۰۹۹۱۱۲۰	۰/۰۹۴۲۱۱۰	۰/۹۴۱۱۳	۰/۹۶۷۱۴۱	۰/۹۹۸۱۱۰	۰/۰۹۵۱۷۱	۰/۹۰۷۰۱	$E_j$
۰/۰۵۱۱۶۲	۰/۱۱۲۹۰۱	۰/۰۹۷۲۰۱	۰/۰۹۱۷۱۲۰	۰/۱۱۳۰۱	۰/۰۱۴۷۰۱	۰/۰۱۱۲۱۱	۰/۰۰۲۰۵۴	۰/۴۴۱۱۱	۰/۹۰۷۰۱	$d_j$
۰/۰۴۵۵۷	۰/۹۹۷۱۱۰	۰/۰۹۹۸۷۱	۰/۱۱۳۴۰۱	۰/۰۴۵۱۶۱	۰/۰۱۱۳۴۲	۰/۰۱۱۶۱۱۰	۰/۰۱۱۰۲۴	۰/۰۳۱۱۴۲	۰/۰۲۱۱۳	$W_j$

ماخذ: نگارندگان

پس از تبدیل معیارها به عدد صحیح و تشکیل ماتریس اولیه مقدار  $(P_{ij})$  از رابطه ۱ و مقدار  $(k)$  از رابطه ۳ محاسبه شد. برای محاسبه مقدار  $(E_j)$  برای هر معیار از رابطه ۲ استفاده شد که مقادیر آن محاسبه شد (جدول ۲). در این رابطه  $E$  که مقدار آن تابع  $n$  است، برای هر  $n$  دلخواه در صورتی که  $(P_i)$  برابر باشد،  $E$  بیشینه مقدار می‌شود که از توزیع احتمال  $(P_i)$  بر اساس آماری محاسبه می‌شود. سپس عدم اطمینان یا درجه انحراف هر معیار  $(d_j)$  که از کسر مقدار  $(E_j)$  از عدد ۱ حاصل می‌شود به ازای شاخص‌های موثر در زمین لغزش منطقه محاسبه شد (جدول ۲). سپس با استفاده از رابطه ۵، وزن هر یک از پارامترهای استفاده شده در ماتریس

آنتروپی زمین لغزش ( $W_j$ ) که شامل ارتفاع (۰/۰۲۱۱۳)، بارندگی (۰/۰۳۱۱۴۲)، جهت شیب (۰/۰۱۱۰۲۴)، شکل شیب (۰/۰۱۱۶۱۱۰)، شیب (۰/۰۱۱۳۴۲)، فاصله از آبراهه (۰/۰۴۵۱۶۱)، فاصله از جاده (۰/۱۱۳۴۰۱)، فاصله از گسل (۰/۰۹۹۸۷۱)، کاربری اراضی (۰/۹۹۷۱۱۰)، لیتولوژی (۰/۰۹۵۱۴۸) است حاصل شد. بنابراین مدل ناحیه ای میزان خطر زمین لغزش در منطقه با استفاده از رابطه ۶ به دست آمد.  $H_i$  میزان خطر زمین لغزش در منطقه است (رابطه ۷).

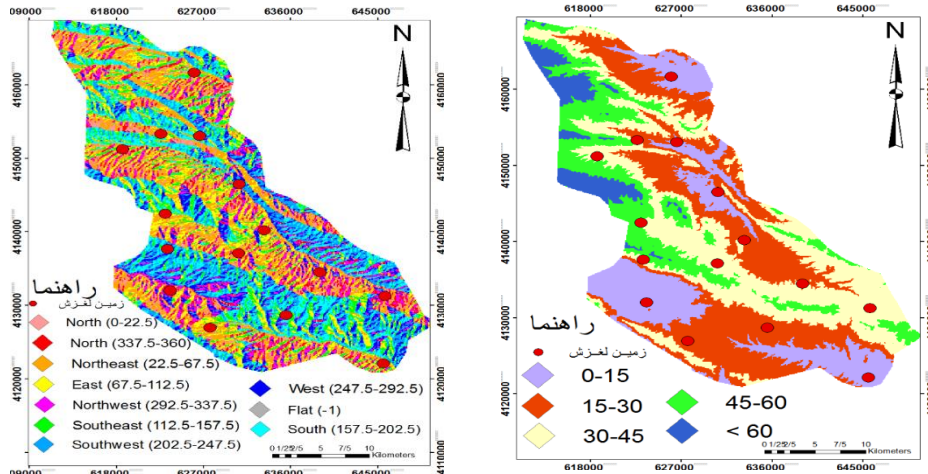
#### رابطه ۷:

$$H_i = (H \times 0.2113) + (R \times 0.31142) + (S \times 0.11024) + (C \times 0.11611) + (A \times 0.11342) + (XS \times 0.45161) + (XG \times 0.113401) + (F \times 0.99871) + (K \times 0.99711) + (Df \times 0.455793)$$

در این پژوهش، به منظور پهنه بندی خطر زمین لغزش از ده پارامتر تاثیر گذار 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 امتیاز دهی 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 پایه 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 تاثیر گذار در میزان دریافت نور و میزان بارش در جهات مختلف است. در منطقه مورد مطالعه دامنه‌های شمالی در طول روز به دلیل دریافت کمتر تابش خورشیدی از میزان بارش بیشتری برخوردار بوده و مرطوب و پر باران است. در جهات دیگر دامنه‌ها به دلیل دریافت بیشتر تابش خورشیدی و جهت حرکت عمومی بادها از آب و هوای خشکی برخوردار بوده و تاثیر 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 تعیین کننده در وقوع زمین لغزش است. اختلاف سطح ایجاد شده بین کف دره و ارتفاعات و برش پای دیواره از عوامل موثر جدا کننده سنگ‌ها است. در عامل فاصله از آبراهه بیشترین لغزش در فاصله  $100 >$  متری و کمترین لغزش در فاصله  $1500 <$  متری قرار دارد (شکل ۵). فاصله از جاده به دلیل تغییر شیب دامنه‌ها، جاده سازی، خاک برداری و زیر بری دامنه‌ها از دیگر عوامل تاثیر گذار در وقوع زمین لغزش است. بیشترین میزان زمین لغزش در فاصله  $100 <$  متری و کمترین میزان زمین لغزش در فاصله  $300 >$  متر در منطقه اتفاق افتاده است (شکل ۶). میان فاصله از گسل و وقوع زمین لغزش رابطه معکوسی وجود دارد. این عامل به دلیل شکستگی در لایه‌ها و خرد شدگی سنگ‌ها باعث کاهش مقاومت دامنه‌ها می شود. بیشترین میزان لغزش رخ داده در فاصله  $300 >$  متری و کمترین میزان در فاصله  $1500 <$  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 تاثیر را در وقوع زمین لغزش دارد (شکل ۸). لیتولوژی و نوع جنس سنگ‌ها به دلیل تفاوت در نوع رسوبات تشکیل دهنده و شرایط شکل گیری، از عوامل تاثیر گذار در لغزش است. بیشترین میزان لغزش‌های رخ داده در منطقه در سنگ‌های آهکی، مارنی و شیل‌ها می باشد (شکل ۹). عامل ارتفاع تاثیر به سزایی در تغییرات دما و بارش دارد و از عوامل مهمی در ثبات پایداری یک منطقه محسوب می شود. مرتفع ترین نقطه در منطقه مورد مطالعه  $1600$  متر و کم ارتفاع ترین نقطه در ارتفاع  $800$  متر است. بیشترین میزان لغزش رخ داده در ارتفاع  $1600$  متری به وقوع پیوسته است (شکل ۱۰). بارش از جمله عواملی است که رابطه مستقیمی با زمین لغزش دارد. بررسی عامل بارش در منطقه بیانگر آن است که بیشترین لغزش‌های منطقه زمانی رخ داده است که بارش در منطقه زیاد است. در

زیر کلاس ۳۰۰ متر بیشترین لغزش در منطقه اتفاق افتاده است (شکل ۱۱). با استفاده از رابطه ۷ و ضرب نمودن هر کدام از عوامل در نقشه رستری مربوط به



خود و جمع نقشه های حاصل، در نهایت

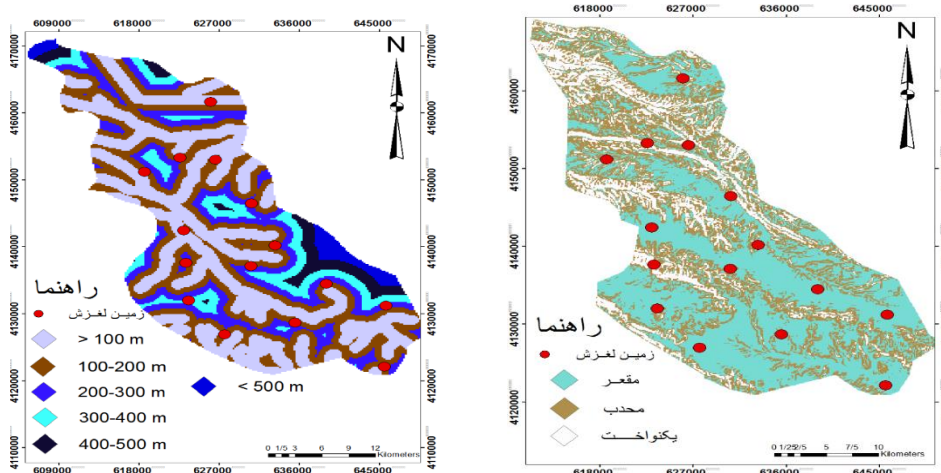
نقشه پهنه بندی زمین لغزش های منطقه در سه کلاس کم، متوسط و زیاد تهیه شد (شکل ۱۲). جدول شماره ۳ میزان تاثیر هر یک از عوامل بررسی شده در وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

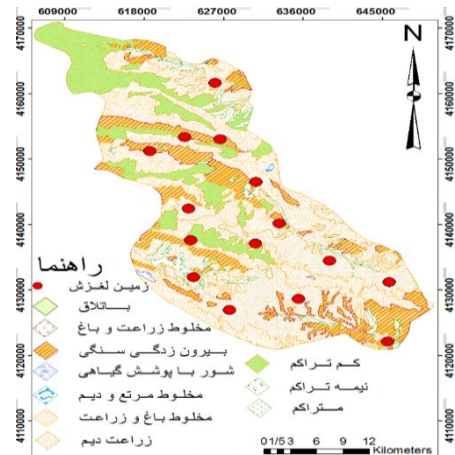
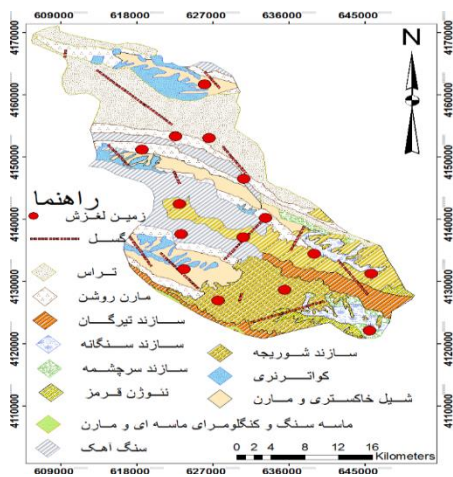
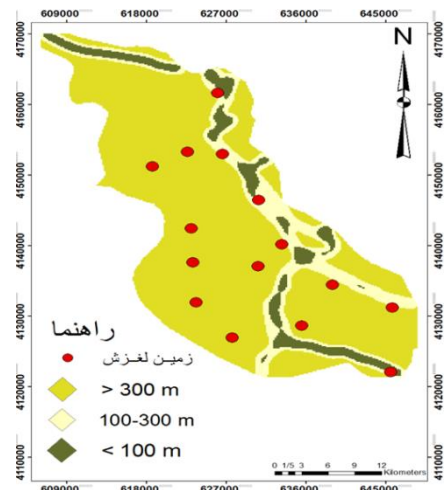
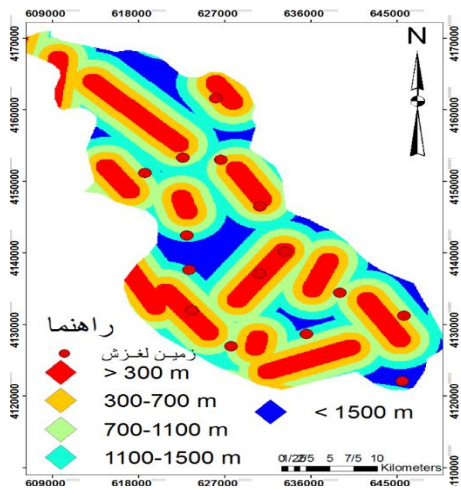
شکل ۴: شیب

شکل ۳: جهت شیب

شکل ۴: شیب

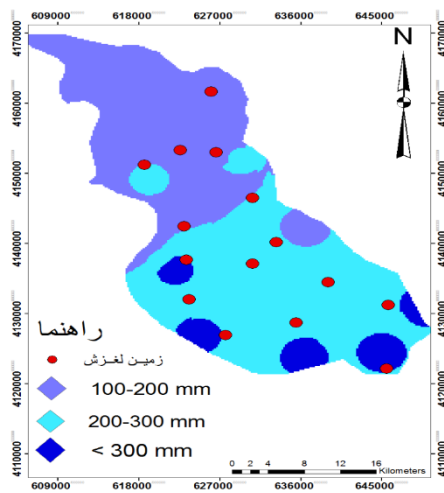
شکل ۵: فاصله از آبراهه



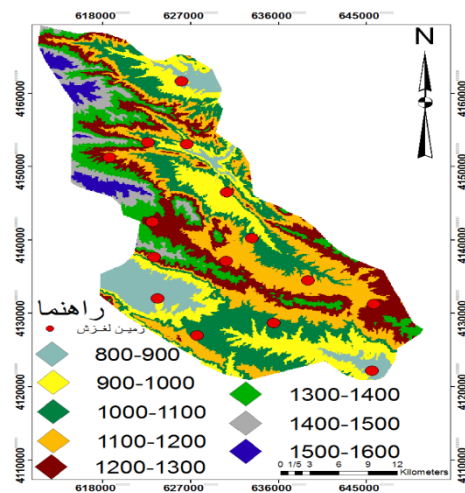


شکل ۶: فاصله از جاده

شکل ۷: فاصله از گسل



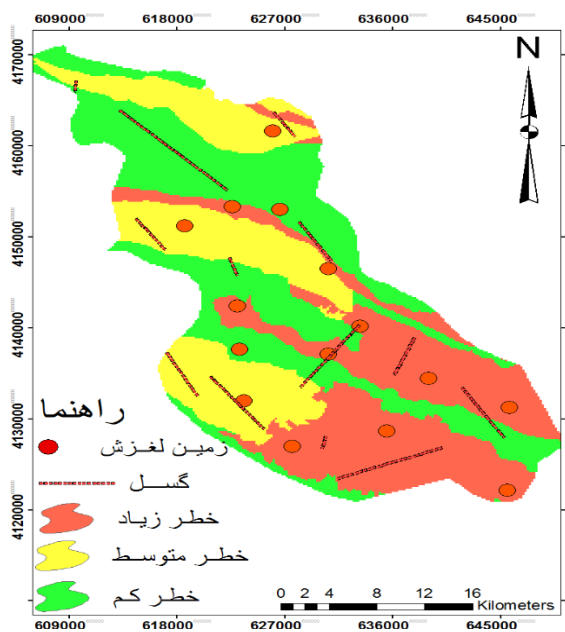
شکل ۹: لیتولوژی



شکل ۸: پوشش زمین

شکل ۱۰: ارتفاع

شکل ۱۱: بارندگی



شکل

شکل ۱۲: پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش

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

تعداد زمین لغزش	درصد زمین لغزش	مساحت (Km <sup>2</sup> )	پهنه های لغزشی
۹	۴۲	۴۱۰	خطر زیاد
۴	۳۱	۲۳۴	خطر متوسط
۲	۲۷	۱۷۳	خطر کم
۱۵	۱۰۰	۸۱۷	مجموع

ماخذ: نگارندگان

نتیجه گیری:



هدف از تحقیق حاضر اولویت بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی حساسیت آن در منطقه باجگیران با استفاده از شاخص آنتروپی است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل موثر در زمین لغزش منطقه مورد مطالعه لایه‌های شیب، جهت شیب، لیتولوژی، فاصله از گسل و ارتفاع می باشند. پس از وزن دهی پارامترها و تشکیل ماتریس آنتروپی اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی شد. بدین منظور ابتدا لایه های اطلاعاتی در محیط نرم افزار Arc Gis تهیه و به فرمت رستری تبدیل شدند. با توجه به نقشه پهنه‌بندی به دست آمده حاصل از مدل آنتروپی ۱۵ زمین لغزش در منطقه به وقوع پیوسته است که ۹ لغزش در پهنه خطر زیاد(۴۲٪)، ۴ لغزش در پهنه 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 دامنه ای است. در مورد عامل جهت شیب، بیشترین لغزش در دامنه های شمالی و ارتفاع ۱۶۰۰ متری به وقوع پیوسته که منطبق با گسل های منطقه و تشکیلات آهکی، مارنی و شیلی است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل آنتروپی در شناسایی مناطق خطر و پهنه بندی آن در منطقه مورد مطالعه از عملکرد مناسبی برخوردار می باشد. همچنین از نتایج این پژوهش می توان در تصمیم گیری و مدیریت کاربری زمین و برنامه یزی شهری استفاده کرد.

#### منابع و مأخذ:

احمدآبادی، علی، رحمتی، مریم (۱۳۹۴)، کاربرد شاخصهای کمی ژئومورفومتریکی در شناسایی پهنه‌های مستعد زمین لغزش با استفاده از مدل SVM (مطالعه موردی: آزادراه خرم آباد - پل زال)، پژوهشهای کمی، سال ۴، شماره ۳، صص ۱۹۷-۲۱۳.

بای، ناصر، حاجی میررحیمی، سید محمود (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش AHP، همایش ژئوماتیک، صص ۹.

بهشتی راد، مسعود، فیض نیا، سادات، سلاجقه، علی، احمدی، حسن (۱۳۸۸)، بررسی کارایی مدل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش فاکتور اطمینان (CF)، مطالعه موردی حوزه آبخیز معلم کلایه، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال ۲، شماره ۵، صص ۲۸-۱۹.

پورقاسمی، حمیدرضا، مرادی، حمیدرضا، فاطمی عقدا، سید محمود (۱۳۹۳)، اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش و پهنه‌بندی حساسیت آن با استفاده از شاخص آنتروپی شانون، مجله 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، گلی جیرنده، عباس (۱۳۹۱)، پهنه بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تئوری بی‌بین، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال ۱۶، شماره ۶۲، صص ۱۰۹-۱۲۱.

جوادی، محمد رضا، طهرانی پور، ه، غلامی، ش، ع، فتاحی اردکانی، م. ع (۱۳۹۱)، مقایسه روش های مورا و وارسون و رگرسیون چندمتغیره در پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز کن، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، سال ۳، شماره ۵، صص ۱۰۵-۹۲.

حاتمی‌فرد، رامین، موسوی، سید حجت، علیمرادی، مسعود (۱۳۹۱)، پهنه-بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل AHP و تکنیک GIS در شهرستان خرم‌آباد، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست و سوم، پیاپی ۴۷، شماره ۳، صص ۴۳-۶۰.

حسین پور میل آغاردان، امین، عباسپور، رحیم علی (۱۳۹۳)، بهبود نتایج پیش بینی وقوع زمین لغزش با استفاده از تئوری آنتروپی شانون، دانش مخاطرات، دوره ۱. شماره ۲، صص ۲۵۳-۲۶۸.

حسین زاده، سید رضا، قربانی شورستانی، علی، نورمحمدی، علی محمد، رضایی عارفی، محسن (۱۳۹۴)، بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش با استفاده از GIS و RS (مطالعه موردی سد دوستی)، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۴، صص ۲۱-۳۸.

راکعی، بابک، خامه چیان، ماشاله، عبدالملکی، پرویز، گیاهیچی، پانته آ (۱۳۸۹)، کاربرد سیستم شبکه عصبی مصنوعی در پهنه بندی خطر زمین لغزش، مطالعه موردی: ناحیه سفیدار گله در استان سمنان، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۳، شماره ۱، صص ۵۷-۶۴.

روستایی، شهرام، مختاری، داوود، حسینی، زهرا، اطمانی حقویران، مهدی (۱۳۹۴)، بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش در حوضه آبخیز رودخانه میمه در استان ایلام به روش تحلیل شبکه (ANP)، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۴، صص ۱۰۱-۱۲۳.

سوری، سلمان، لشکری پور، غلامرضا، غفوری، محمد (۱۳۹۰)، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مطالعه موردی: حوضه کشوری (نوزیان)، زمین شناسی مهندسی، جلد ۵، شماره ۲، صص ۱۲۶۹-۱۲۸۶.

شریفی. رضا، میرآبادی. احمد، ارفع، احسان (۱۳۹۰)، بررسی و انتخاب سیستم سیگنالینگ مناسب به روش آنتروپی- پرومتی برای راه آهن چابهار- زاهدان، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال ۲، شماره ۴، صص ۳۳۵-۳۴۶.

شریفی، رحمان، دریاباری، سیدجمال (۱۳۸۴)، روش نیلسن و بهینه سازی آن در پهنه بندی خطر زمین لغزش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۰، شماره ۱، پیاپی ۷۶، صص ۷۸-۸۹.

علیپور، حمید، ملکیان، آرش (۱۳۹۴)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه-ی آبخیز جهان اسفراین خراسان شمالی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال ۱۳، شماره ۳۹، صص ۱۶۵-۱۸۰.

فرداد، مهدی، آل شیخ، علی اصغر، حکیم پور، فرشاد، وفایی نژاد، علیرضا (۱۳۹۰)، پهنه بندی حساسیت خطر زمین لغزش با روشهای منطق فازی (Fuzzy) و شبکه عصبی (Neural Network) در GIS، (مطالعه موردی منطقه مال خلیفه)، پانزدهمین همایش زمین شناسی ایران، صص ۸.

کامران زاد، فرناز، محصل افشار، عماد، مجرب، مسعود، معماریان، حسین (۱۳۹۳)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در استان تهران با استفاده از روشهای داده محور و تحلیل سلسله مراتبی، علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۷، صص ۱۰۱-۱۱۴.

کردی، عبدالواحد، دشتی مرویلی، مریم، معتمد وزیری، بهارک (۱۳۹۱)، پهنه-بندی خطر زمین لغزش با استفاده از رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کوهسار)، پژوهشهای فرسایش محیطی، سال ۲، شماره ۸، صص ۴۹-۶۱.

محمد خان، شیرین، ویسی، عبدالکریم، باقری، کیوان (۱۳۹۳)، پتانسیل سنجی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی، مطالعه موردی (منطقه کوهستانی شیرپناه در جنوبغرب استان کرمانشاه)، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال ۱۱، شماره ۴۴، صص ۱۰۳-۸۸.

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

مقیم، ابراهیم، باقری سیدشکری، سجاد، صفراد، طاهر (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آنتروپی (مطالعه‌ی موردی: تاکدیس نسا زاکرس شمال غربی)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۹، صص ۷۷-۹۰.

نصراذانی، احمد، شیرانی، کوروش (۱۳۸۸)، ارزیابی و مقایسه روش‌های پهنه‌بندی آماری دو متغیره با استفاده از GIS (مطالعه موردی حوضه 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. 5:421– 431.

Zou, Zuyin; Chen, H; Chen, Y; Long, X. (2016). Stability Analysis of Slope Based on Hierarchical Analysis of Fuzzy Entropy, Vol. 21, pp: 1399-1416.