



پانزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
(آبخیزداری و امنیت ملی)

۶-۷ آبان ماه ۱۳۹۹ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

15th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Watershed Management and National Security

دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی ساری

ارزیابی شاخص‌های توپوگرافی در ناپایداری دامنه‌های طبیعی در حوزه آبخیز

علی دسترنج^۱، حمزه نور^۱

چکیده

ناپایداری دامنه‌های طبیعی یکی از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی است که در تغییر شکل سطح زمین نقش مؤثری دارد. وقوع پدیده زمین‌لغزش موجب تخریب پوشش گیاهی، باغات، اراضی زراعی و حتی تلفات انسانی می‌گردد. ارائه راهکارهای مفید برای پیشگیری و کاهش خسارت‌های ناشی از زمین‌لغزش امری اجتناب‌ناپذیر است. بر همین اساس مطالعه حاضر با هدف ارزیابی خطر زمین‌لغزش در دامنه‌های رشته‌کوه‌های بینالود استان خراسان رضوی با در نظر گرفتن شاخص‌های توپوگرافی با استفاده از روش تحلیل سلسله مرتبی (AHP) پرداخته است. بدین منظور شاخص توان آبراهه (SPI)، شاخص طول شیب (LS) و شاخص رطوبت توپوگرافیکی (TWI) در دامنه‌های رشته‌کوه‌های بینالود مورد بررسی قرار گرفت. مطابق نتایج بدست آمده از نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش ۵۷٪ مساحت منطقه را طبقات کم و خیلی کم، ۱۹٪ مساحت منطقه را طبقات زیاد و خیلی زیاد و ۲۴٪ مساحت منطقه دارای حساسیت متوسط نسبت به زمین‌لغزش هست.

واژگان کلیدی: شاخص توپوگرافی، زمین‌لغزش، ناپایداری، ArcGIS

۱. بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، مشهد Dastranj66@gmail.com



پانزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
(آبخیزداری و امنیت ملی)

۶-۷ آبان ماه ۱۳۹۹ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

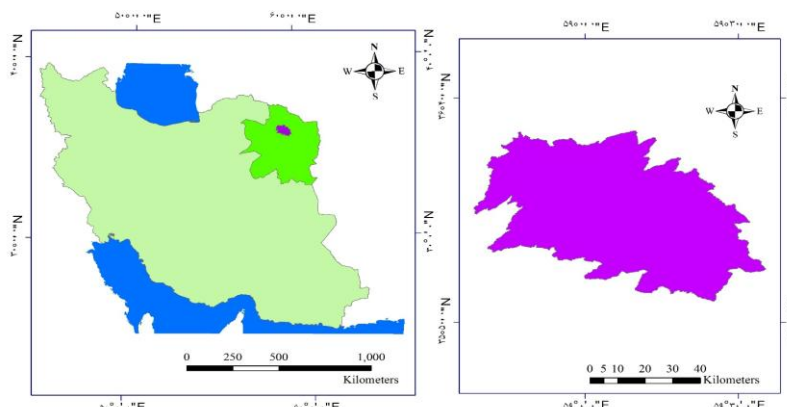
15th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Watershed Management and National Security

۱- مقدمه

کشور ایران به دلیل مساعد بودن شرایط جغرافیایی، ضعف مدیریت جامع و عدم رعایت آستانه‌های محیطی، به‌عنوان یک کشور پرمخاطره به شمار می‌رود (۱۰). ایران از نظر بلایای طبیعی جزء ده کشور اول دنیا بوده و هرساله وقوع زمین‌لغزش‌ها در مناطق مختلف کوهستانی آن خسارات و صدمات جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد (۴). ناپایداری دامنه‌های طبیعی یکی از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی است که در تغییر شکل سطح زمین نقش مؤثری دارد (۸). از میان حرکات دامنه‌ای زمین‌لغزش‌ها با توجه به تکرار وقوع این پدیده و خسارات زیان‌بار آن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (۹). این پدیده زمانی رخ می‌دهد که نیروی حاصل از وزن مواد بیش از نیروی مقاومت ناشی از نیروی برشی خاک باشد (۷). زمین‌لغزش‌های ایران به‌عنوان یکی از بلایای طبیعی هرساله نقش بسزایی در تخریب جاده‌های ارتباطی، تخریب مراتع و باغ‌ها، مناطق مسکونی و همچنین فرسایش خاک و انتقال حجم بالای رسوب در حوضه‌های آبخیز کشور دارند (۱). با توجه به اینکه بسیاری از خسارات ناشی از زمین‌لغزش به دلیل عدم رعایت اصول صحیح در گسترش مناطق مسکونی، ساخت سدها، احداث راه‌ها و تأسیسات و غیره به وجود آمده‌اند، بنابراین لزوم شناخت مناطق حساس به زمین‌لغزش از اهمیت بسیاری برخوردار است (۳). با تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌توان مناطق حساس به زمین‌لغزش را شناسایی و درباره برنامه‌های موردنظر تصمیم‌گیری کرد (۲). در نتیجه، کنترل و استفاده از روش‌های پایدارسازی با توجه به خصوصیات توده‌های لغزشی را میسر می‌سازد، در نتیجه امکان کاهش خسارات ناشی از زمین‌لغزش کاهش خواهد یافت. لذا برای حفظ سرمایه‌های ملی ضروری است تا در برخورد با بلایای طبیعی مدیریتی جامع اعمال گردد که منظور از آن اتخاذ تدابیر و فعالیت‌هایی است که موجب پیشگیری، کنترل و ترمیم خسارت‌های ایجادشده می‌گردد. برای دستیابی به کاهش خسارات ناشی از زمین‌لغزش برنامه‌ریزی کلی و اعمال مدیریت خطر زمین‌لغزش ضروری است لکن می‌توان گفت که یکی از مهم‌ترین اقدامات در این رابطه شناخت مناطق دارای پتانسیل خطر زمین‌لغزش، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و برنامه‌ریزی جهت کاربری مناسب در این‌گونه مناطق می‌باشد. بر همین اساس مطالعه حاضر با هدف ارزیابی خطر زمین‌لغزش در دامنه‌های رشته‌کوه‌های بینالود استان خراسان رضوی با در نظر گرفتن شاخص‌های توپوگرافی با استفاده از روش تحلیل سلسله مرتبی (AHP) پرداخته است.

۲- روش کار:

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه دامنه‌های شمالی و جنوبی کوه‌های بینالود می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بین طول جغرافیایی $58^{\circ} 38' 12''$ تا $59^{\circ} 35' 21''$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 15' 30''$ تا $36^{\circ} 11' 58''$ شمالی واقع شده است (شکل ۱). دارای ارتفاع ۳۲۹۸-۱۰۹۵ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در پایین‌دست تا ۵۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش کار:

۱- تهیه نقشه شاخص‌های توپوگرافی:

ابتدا مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه تهیه سپس با استفاده از روابط مربوط به هر شاخص به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) و نرم افزار SAGA اقدام به تهیه لایه‌های مربوط به شاخص‌های توپوگرافی گردید.

❖ شاخص توان آبراهه^۱ (SPI):

شاخص توان آبراهه (SPI) از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد (۶). نقشه شاخص توان آبراهه (SPI) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) و نقشه شیب در محیط نرم‌افزار SAGA استخراج شد.

$$SPI = A_s \tan \beta$$

رابطه ۱:

A_s : مساحت حوزه و $\tan \beta$: مقدار شیب منطقه در هر پیکسل

❖ شاخص رطوبت توپوگرافی^۲ (TWI):

شاخص رطوبت توپوگرافی ابزاری مفید و رایج برای توصیف شرایط رطوبتی در مقیاس حوزه می‌باشد و مناطق اشباع سطحی و توزیع مکانی رطوبت خاک در حوزه‌ها را با فرض برابر بودن شیب آب زیرزمینی با شیب سطح زمین، تقریب می‌زند. که می‌تواند تأثیر توپوگرافی را بر روی تولید رواناب به صورت کمی بیان کند (۶). نقشه شاخص TWI با استفاده از نرم‌افزار SAGA تهیه گردید. از رابطه زیر به دست می‌آید: α : زهکش شیب بالاست در واحد طول و β : شیب منطقه‌ای

$$TWI = \ln \alpha / \tan \beta$$

رابطه ۲:

❖ شاخص طول شیب^۳ (LS^{*})

شاخص طول شیب (LS) یا حمل رسوب (STI^۱) بیانگر توان حمل آبراهه و یا به عبارتی عامل LS در مدل AUSLE است که مدل مذکور اصلاح شده معادله جهانی تلفات خاک کی باشد. درواقع تأثیر توپوگرافی را بر فرسایش مشخص می‌کند. نقشه شاخص TWI با استفاده از نرم‌افزار SAGA تهیه گردید. این شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

¹ - Stream Power Index

² - Stream Power Index

³ -Length and Slope

$$\left(\frac{As}{22/13}\right)^{0/6} \left(\frac{\sin\beta}{0/0896}\right)^{1/3}$$

STI= رابطه ۳:

A_s : مساحت حوضه آبخیز و β : گرادیان شیب بر حسب درجه

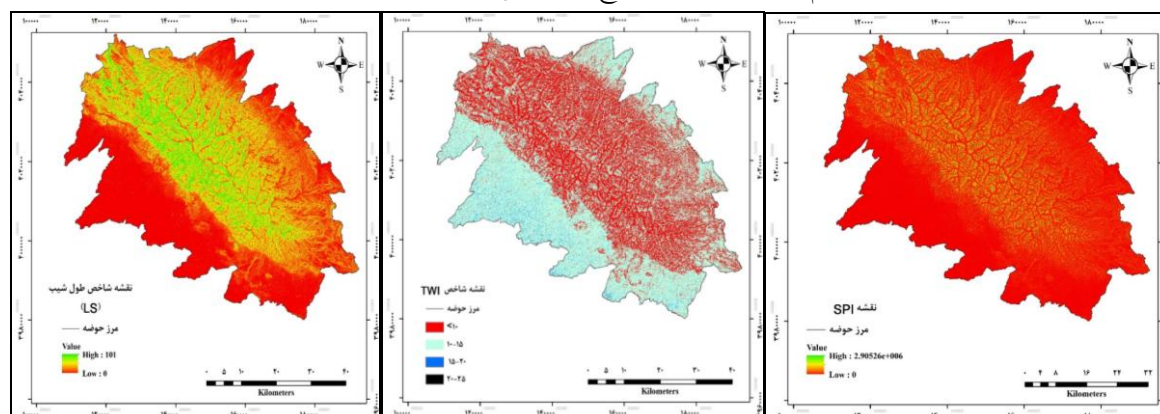
۲- وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی به کمک تحلیل سلسله مراتبی (AHP):

پس از انتخاب لایه‌های مورد نیاز، نوبت به وزن دهی لایه‌ها می‌رسد. در این فرآیند عناصر هر سطح نسبت به عناصر سطوح بالاتر به صورت زوجی مقایسه و وزن دهی می‌شوند که وزن نسبی نامیده می‌شود و با تلفیق وزن‌های نسبی وزن نهایی مطلق به دست می‌آید که جهت انجام این تحقیق از نرم افزار Expert Choice استفاده می‌شود.

۳- نتایج

نقشه شاخص شاخص های توپوگرافی:

نقشه شاخص طول شیب (LS)، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) و شاخص توان آبراهه (SPI) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) و لایه شیب (Slope) در محیط نرم افزار SAGA استخراج شد (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه شاخص طول شیب (LS)، نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) و نقشه شاخص توان آبراهه (SPI)

نتایج وزن دهی به شاخص‌ها و تلفیق نقشه‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از AHP:

با تلفیق سه شاخص طول شیب (LS)، شاخص توان آبراهه (SPI) و شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) نقشه نهایی شاخص‌های توپوگرافی به دست آمد. سپس با استفاده از نرم افزار Expert choice مقایسات زوجی و وزن دهی به نقشه شاخص‌های توپوگرافی انجام گرفت. وزن و میانگین هندسی مقایسه زوجی متغیر شاخص‌های توپوگرافی به ترتیب در شکل (۳) و جدول (۱) قابل ملاحظه می‌باشد. شکل (۴) ارزش نسبی شاخص‌های توپوگرافی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از AHP را نشان می‌دهد. در نهایت با استفاده از ابزار Raster Calculator و بر اساس ارزش‌های نسبی به دست آمده برای هر شاخص، نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. بعد از تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش به پنج ناحیه از رده خیلی کم تا خیلی زیاد تقسیم گردید (شکل ۴). شکل (۵) درصد مساحت هر یک از طبقات را نشان می‌دهد.

¹ - Sediment Transport Index

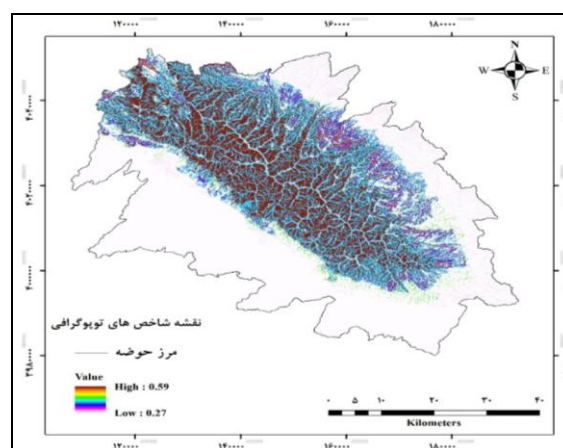
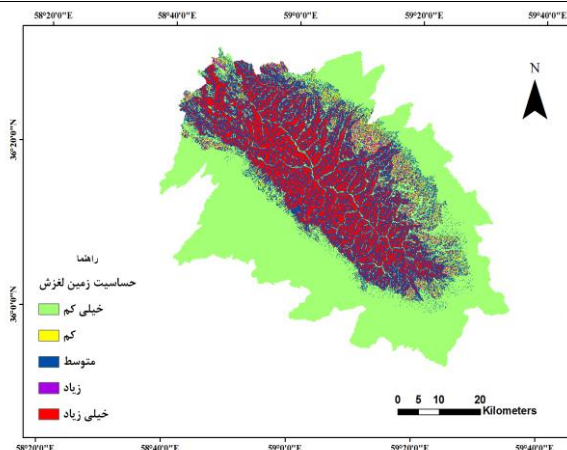
SPI	.490	
TWI	.321	
LS Factor	.189	
Inconsistency = 0.03 with 0 missing judgments.		

شکل ۳: اولویت‌بندی زیرشاخص‌های شاخص توپوگرافی

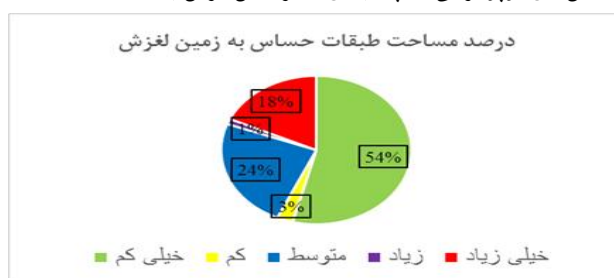
جدول ۳: میانگین هندسی مقایسه زوجی متغیر شاخص‌های توپوگرافی

شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)	شاخص توان آبراهه (SPI)	طول شیب (LS)	شاخص‌های توپوگرافی
۰/۵	۰/۴۵	۱	طول شیب (LS)
۱/۸	۱		شاخص توان آبراهه (SPI)
۱			شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)

نرخ ناسازگاری: ۰/۰۳



شکل ۴: ارزش نسبی معیار شاخص‌های توپوگرافی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از AHP و نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش



شکل ۵: درصد مساحت هر یک از طبقات حساس به زمین‌لغزش

۴- نتیجه‌گیری و بحث

ناپایداری دامنه‌های طبیعی یکی از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی است که در تغییر شکل سطح زمین نقش مؤثری دارد. زمانی که این فرایند فعالیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار دهد به پدیده‌ای خطرناک تبدیل می‌شوند. همواره به دنبال وقوع بلایای طبیعی بخشی از سرمایه‌های ملی چه انسانی و چه فیزیکی در رویارویی با پدیده‌های مذکور به هدر می‌روند. بررسی پدیده ناپایداری دامنه‌ای به کمک تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، از یک سو به منظور شناسایی مناطق دارای قابلیت لغزش در



پانزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
(آبخیزداری و امنیت ملی)

۶-۷ آبان ماه ۱۳۹۹ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

15th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Watershed Management and National Security

محدوده فعالیت‌های بشری و از سوی دیگر برای شناسایی مکان‌های امن برای توسعه زیستگاه‌های جدید و یا سایر کاربری‌های آتی انسان نظیر جاده‌ها، مسیرهای انتقال نیرو، انرژی و غیره حائز اهمیت بوده و در مقیاس‌های مختلف مورد توجه برنامه ریزان قرار دارد. با تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌توان مناطق حساس به زمین‌لغزش را شناسایی و درباره برنامه‌های مورد نظر تصمیم‌گیری کرد. در نتیجه، کنترل و استفاده از روش‌های پایدارسازی با توجه به خصوصیات توده‌های لغزشی میسر می‌سازد، در نتیجه امکان کاهش خسارات ناشی از زمین‌لغزش خواهد یافت.

یکی از عواملی که بر خطر وقوع زمین‌لغزش مؤثر هست، شاخص‌های توپوگرافی می‌باشد. که شامل شاخص توان آبراهه (SPI)، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) و شاخص طول شیب (LS) می‌باشند. شاخص توان آبراهه گویای میزان قدرت فرساینده‌گری جریان آب است، با افزایش آن تلاطم ناشی از جریان آب و در نتیجه زیر شویی، زمینه را جهت رخ داد لغزش‌های کناری تسهیل می‌کند. در مجموع شاخص توان آبراهه گویای این بحث است در مناطقی که قدرت رودخانه بیشتر می‌گردد تأثیر آن بر وقوع زمین‌لغزش بیشتر است. شاخص رطوبت توپوگرافی برای توصیف شرایط رطوبتی در مقیاس حوضه می‌باشد و مناطق اشباع سطحی و توزیع مکانی رطوبت خاک در حوضه‌ها را با فرض برابر بودن شیب آب زیرزمینی با شیب سطح زمین، تقریب می‌زند. که می‌تواند تأثیر توپوگرافی را بر روی تولید رواناب به صورت کمی بیان کند. هر این مقدار بیشتر باشد میزان اشباع‌شدگی خاک در موقع بارش سریع انجام می‌گیرد و شرایط برای وقوع لغزش مساعدتر می‌شود. چون یکی از شرایط اساسی در ایجاد زمین‌لغزش وجود رطوبت کافی می‌باشد. شاخص طول شیب (LS) یا حمل رسوب (STI) بیانگر توان حمل آبراهه است. در واقع تأثیر توپوگرافی را بر فرسایش مشخص می‌کند. در واقع هر چه طول شیب بیشتر باشد توان حمل رسوب بالاتری دارد در نتیجه شرایط فرسایش کناری بیشتر شده و زمین‌لغزش‌های کناری بیشتر می‌شود. در منطقه مورد مطالعه در بین سه شاخص مربوط به شاخص‌های توپوگرافی در زمینه تأثیر آن‌ها بر خطر وقوع زمین‌لغزش، شاخص توان آبراهه (SPI) دارای بیشترین و شاخص طول شیب دارای کمترین وزن هست. مطابق نتایج بدست آمده از نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش ۵۷٪ مساحت منطقه را طبقات کم و خیلی کم، ۱۹٪ مساحت منطقه را طبقات زیاد و خیلی زیاد و ۲۴٪ مساحت منطقه دارای حساسیت متوسط نسبت به زمین‌لغزش هست. بنابراین برای دستیابی به کاهش خسارات ناشی از زمین‌لغزش برنامه‌ریزی کلی و اعمال مدیریت خطر زمین‌لغزش ضروری است لکن می‌توان گفت که یکی از مهم‌ترین اقدامات در این رابطه شناخت مناطق دارای پتانسیل خطر زمین‌لغزش، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و برنامه‌ریزی جهت کاربری مناسب در این گونه مناطق می‌باشد.

منابع

۱. پورهایمی، س، احمدی، ا؛ اکبری، ا. ۱۳۹۴. مدل‌سازی و برآورد حجم پهنه‌های زمین‌لغزش بر پایه مساحت (مطالعه موردی: حوضه بقیع نیشابور)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۶ (۵۹): ۹۸.
۲. چناری، ص؛ کاظم، س، محمدی، ح. ۱۳۹۴. ارزیابی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و LNRF، اکوهیدرولوژی، ۲ (۱): ۱۰۵-۱۱۶.



پانزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
(آبخیزداری و امنیت ملی)

۶-۷ آبان ماه ۱۳۹۹ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

15th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Watershed Management and National Security

۳. حبیبی پور، اع؛ طالبی، ع. ۱۳۹۰. بررسی نقش و اهمیت ساختار لیتولوژی در وقوع زمین لغزش، هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود.
۴. حجازی، ا، رنجبریان شادباد، م. ۱۳۹۳. شناسایی عوامل مؤثر و پهنه بندی خطر زمین لغزش در بخش غربی حوضه آبریز سرند چای، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، ۳۱۳: ۱۱۴-۱۲۹.
۵. سازمان جنگل ها و مراتع کشور. ۱۳۹۷. گروه مطالعه امور زمین لغزش، دفتر مهندسی و ارزیابی طرح ها
۶. عظیم پور مقدم، و. ۱۳۹۴. پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از تئوری بیضین و دمپستر-شیفر (مطالعه موردی: بخش از حوزه آبخیز بابلرود). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه ساری.
۷. علی پور، ح و ملکیان، آ. ۱۳۹۴. پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز جهان اسفراین خراسان شمالی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۳ (۳۹): ۱۶۵-۱۸۰.
۸. مددی، ع؛ غفاری گیلانده، ع؛ پیروزی، ال. ۱۳۹۴. ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل ویکور (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آق لاقان چای)، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، ۴۱۳: ۱۲۴-۱۴۱.
۹. میرصانعی، ر، کاردان، ر. ۱۳۷۸. نگرش تحلیلی بر ویژگی های زمین لغزش کشور، مجموعه مقالات اولین کنفرانس زمین شناسی مهندسی محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.
۱۰. باراحمدی، ج، روستایی، ش، شریفی کیا، م، روستایی، م. ۱۳۹۴. شناسایی و پایش ناپایداری دامنه ای به روش اینترنتی ترافیک فاضلی مطالعه موردی: حوضه آبریز گرمی چای میانه، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، ۴: ۴۴-۵۹.

Evaluation of topographic indicators in the instability of natural slopes in the watershed

Ali Dastranj¹, Hamzeh Noor¹

Abstract

Natural domain instability is one of the geomorphological and geological phenomena that plays Landslides cause the destruction of vegetation, an effective role in deforming the earth's surface , agricultural lands and even human casualties. Accordingly, the present study aims to assess the risk of landslides in the foothills of the Binalood Mountains in Khorasan Razavi Province by considering topographic indicators using the Analytic Hierarchy Process (AHP). For this purpose, stream power index (SPI), slope length index (LS) and topographic Wetness index (TWI) in the foothills of the Binalood Mountains were studied. According to the results obtained from the landslide zoning map, 57% of the area is low and very low, 19% of the area is high and very high, and 24% of the area is moderately sensitive to landslides.

Keywords: Topography index, Landslide, Instability, ArcGIS

1- Soil Conservation and Watershed Management Department, khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center,AREEO, Mashhad, Iran