

پهنه بندی خطر زمین لغزش در مراتع شبه آلیپی با روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و شاخص لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ماسوله)

محمد حسن جوری^۱، محمد زارع*^۲، مونا فخرقازی^۳، تینا سالاریان^۴، دیانا عسکری‌زاده^۵
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱

چکیده:

اکوسیستم‌های شبه آلیپی تحت تاثیر عوامل زیستی و محیطی از شکنندگی بالایی برخوردارند. زمین لغزش‌ها، یکی از تبعات منفی در این اکوسیستم‌هاست. از مناطق مستعد در بروز این عامل طبیعی، حوزه آبخیز ماسوله در شمال کشور می باشد. به منظور پهنه بندی خطر زمین-لغزش از روش شاخص لغزش و تحلیل سلسله مراتبی بر اساس ۱۴ عامل موثر که شامل: زمین شناسی، شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از اطرافگاههای دام، شاخص قدرت رودخانه، شاخص ترکیب توپوگرافی، وضعیت مرتع، بافت خاک، بارندگی و کاربری اراضی استفاده شد. همچنین به منظور ارزیابی مدل از روش جمع کیفی استفاده گردید. نتایج مدل‌ها نشان داد دو عامل زمین شناسی و وضعیت مرتع نقش مهمی در ایجاد خطر زمین لغزش منطقه داشته است. بطوریکه سازند حساس شمشک بخاطر ریزدانه بودن از دسته عوامل فیزیکی و نیز عامل چرای بیش از حد، خارج از فصل، زودتر از مؤعد، خروج دیر هنگام دام و نیز دام مازاد از عوامل زنده مستقیم تأثیرگذار بر وضعیت پوشش گیاهی، نقش توأمان ایجاد خطر زمین لغزش را داشته‌اند. یافته‌ها همچنین نشان می دهند وضعیت های بحرانی مرتع و نیز مراتع حریم اطرافگاهها بیشترین میزان زمین لغزش را دارا بودند. نتایج حاصل از ارزیابی‌ها نشان داد مدل شاخص لغزش با مقدار جمع کیفی ۰/۷۴۴ کارایی بهتری نسبت به مدل تحلیل سلسله مراتبی با مقدار ۰/۴۸۹ داشته است. مدیران و حافظان این منطقه می توانند با کنترل چرای دام و استفاده از ابزارهای مکانیکی در مناطق لغزشی در جلوگیری و کنترل زمین لغزش‌ها مبادرت ورزند.

واژه‌های کلیدی: اکوسیستم شبه آلیپی، زمین لغزش، شاخص لغزش، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ماسوله

^۱ استادیار، گروه مرتعداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، نور، ایران

^۲ دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: Email: Mohammad_zare64@yahoo.com

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، نور، ایران

^۴ کارشناس ارشد مرتعداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، نور، ایران

^۵ کارشناس ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گرگان، گرگان، ایران

مقدمه:

نقشه برداری، تهیه نقشه حساسیت، نقشه خطر و ارزیابی خطر نیاز است (۲۵). زمین لغزش‌ها تحت تاثیر عوامل مختلف به وقوع می‌پیوندد که گستردگی در عوامل ایجاد آن و تعیین ارتباط بین عوامل پیچیده است (۱۰). به همین دلیل تکنیک‌های مختلفی برای شناخت و ارتباط عوامل ایجاد زمین لغزش وجود دارد. به عبارتی دیگر با اولویت‌بندی منطقه تلاش برای کاهش خطر با استفاده از پهنه‌بندی خطر زمین لغزش^۱ و تشریح رتبه بندی منطقه بر اساس وجود یا عدم وجود پتانسیل تهدید زمین لغزش در آینده می‌توان فراهم نمود (۴).

Yalcin *et al.*, (2011) نقشه خطر زمین لغزش را در ترکیه با بهره‌گیری از مدل شاخص لغزش، فاکتور وزنی رگرسیون لجستیک و AHP تهیه نمودند. آنها زمین شناسی، شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده را به عنوان عامل‌های موثر در زمین لغزش معرفی کردند. ارزیابی مدل‌ها نشان دادند که مدل فاکتور وزنی نسبت به مدل‌های دیگر در منطقه، دقت بیشتری دارند. تحقیقات مختلفی با استفاده از AHP در پهنه‌بندی زمین لغزش در دنیا صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات Barredo *et al.*, (2000)، Ayalew *et al.*, (2005)، Akgun & Turk (2010) و Rozos *et al.*, (2011) اشاره کرد.

به لحاظ تعریف، مراتع شبه آلیپی در بالای خط دارمرز، با شدت تشعشعات خورشیدی، باد سرد، آب و هوای سرد و برف و یخبندانهای متناوب واقع شده است و به لحاظ پوشش گیاهی،

اکوسیستم‌های شبه آلیپی به علت اینکه در ارتفاعات بالا قرار دارند به دور از دسترس انسان و ماشین‌آلات بوده، بستر مناسبی برای رشد و نمو گونه‌های گیاهی و جانوری محسوب می‌شوند (۵۵). اما با توجه به شرایط محیطی خاص خود از شکنندگی بالایی برخوردارند (۲۰) که مدیریت آگاهانه آن‌ها نیاز به دامنه تحقیق و بررسی وسیع‌تری در این اکوسیستم‌ها دارد. این اکوسیستم‌ها دارای گونه‌های مرتعی-چمنی می‌باشند (۲۰ و ۳۳) که بعضاً به علت عوامل فیزیکی و زیستی دچار آشفستگی می‌شوند (۲۸). از جمله عوامل غیرزنده می‌توان به تغییرات آب و هوا و اقلیم (۳۹)، سازندهای زمین شناسی و عوارض توپوگرافی نظیر شیب و ارتفاع (۲۹) و بافت و شیمی خاک اشاره کرد که در طی زمان می‌توانند به آشفستگی‌های چمنزارهای شبه آلیپی دامن بزنند. همچنین فعالیت‌های انسانی نظیر توریسم (۱۱ و ۶۱)، چرای دام (۳۵) به مقدار زیاد و در حد کم نیز فعالیت ریشه گیاهان (۵۳) به عنوان عوامل زنده در این آشفستگی‌ها نقش دارند. یکی از تبعات منفی عوامل زنده و غیر زنده ایجاد زمین لغزش است. زمین لغزش‌ها تحت تاثیر عوامل مختلفی نظیر زمین شناسی و گسل (۲۲، ۴۲)، ۳۷ و ۴۳، توپوگرافی شامل شیب، جهت و ارتفاع (۵۸ و ۳۲)، رودخانه و شاخص قدرت رودخانه (۴۱)، کاربری اراضی (۱۰)، جاده (۹)، بارندگی (۹) و عوامل مربوط به خاک نظیر عمق و بافت خاک (۱۸ و ۱۹) می‌باشند. به منظور کاهش و کنترل مشکلات ناشی از زمین لغزش، مطالعه سیستماتیک لغزش‌ها از جمله

^۱ - Landslide Hazard Zonation

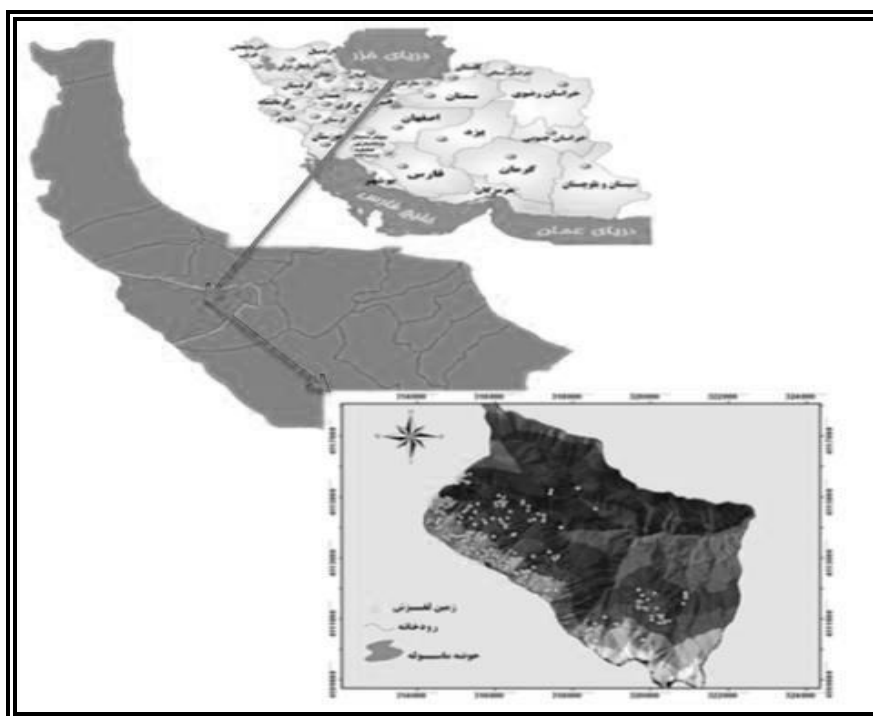
میزان ریزش‌های جوی سالانه حوزه آبخیز ماسوله، به طور متوسط حدود ۶۰۱ میلی‌متر بوده که بیشترین مقادیر آن آبان ماه و فصل پاییز و کمترین مقادیر آن نیز به تیر ماه و فصل تابستان تعلق دارد. تعداد روزهای یخبندان آن برابر ۹۰ روز در سال بوده و بیشترین آن در ماه بهمن و اسفند مشاهده می‌گردد. بافت خاک منطقه غالباً از نوع لومی و رسی است.

مراتع حوزه آبخیز ماسوله از سامان‌های عرفی مجزا تشکیل گردیده که هریک از این سامان‌ها که دارای بهره برداران مشترک است با هم ممیزی شده‌اند (۱۶). مساحت مراتع شبه آلبی این منطقه ۶۳ درصد است دامهای غالب منطقه گوسفند و بز است که در مراتع این منطقه از ۱۵ خرداد تا ۱۵ مهر مشغول چرا هستند. سیمای پوشش گیاهی این منطقه به مراتع شبه آلبی نزدیک است؛ جائیکه گونه‌های گیاهی به صورت چمنزار با غالبیت گراسها، عمدتاً پس از خط رویشی درختی (دارمرز) ظاهر می‌شود و دارای اقلیم مرطوب سرد است (۵۴) و تحت برودت سرما و بارش برف و باران نامنظم در آمده است (۲۴). در کل حوزه آبخیز ماسوله ۲۵۸ زمین لغزش بر اساس طبقه بندی وارنر رخ داده است (۵۷). بزرگ‌ترین زمین لغزش دارای مساحت ۱،۲۸ هکتار و کوچک‌ترین آن، ۱۰۲ متر مربع بوده است. میانگین مساحت لغزش‌های این حوزه آبخیز ۱۲۵۵ متر مربع است (شکل ۱).

گیاهان این مراتع بیشتر شامل گراسها، فوربها و جگن‌های چندساله به همراه بوته‌ای‌های خاردار بالشتکی و بعضاً درختی‌های خوابیده نظیر ارس است (۳۱ و ۴۸). این منطقه به دلیل وقوع زمین‌لغزش‌های متعدد در سطح وسیعی از آن، دچار آشفته‌گی‌هایی شده است که تبعات آن می‌تواند کاهش سطح مفید مراتع برای تعلیف دام باشد. به نظر می‌رسد که آشفته‌گی فیزیکی این چنین، ریشه در عوامل زنده، نظیر چرای مفرط دام (۵ و ۲۳) و غیر زنده نظیر حلالیت پذیری خاک حساس این مناطق داشته باشد. از آنجایی که مدیریت اکوسیستم‌های مرتعی نیازمند آگاهی از مؤلفه‌های زنده و غیر زنده در آن است. لذا تغییرات فیزیکی مهمی که در منطقه مذکور در حال شکل‌گیری و گسترده شدن است، نیاز به مطالعات میدانی جهت درک درست از واقعیت پیشرو و نیز مدیریت بخردانه آن دارد که ضرورت تحقیق حاضر را سبب شده است.

مواد و روش‌ها:

حوزه آبخیز ماسوله با وسعت حدود ۴۰۰۰ هکتار در قسمت غربی شهرستان فومن واقع شده است. منشأ ریزش‌های جوی در منطقه، بیشتر تأثیر توده‌های هوای پرفشار سیبری و مدیترانه‌ای است که از نواحی شمال و شمال شرق و یا سمت غرب و شمال غرب، منطقه را مورد تهاجم قرار می‌دهند (۱۷). اقلیم ناحیه به روش آمبرژه از نوع مرطوب سرد است (۱۳).



شکل ۱- موقعیت منطقه و زمین لغزش‌های زیر حوزه آبخیز ماسوله

روش تحقیق:

ماهواره ای ETM سال ۲۰۰۲ بدست آمد. نقشه بارندگی منطقه نیز از ایستگاه هواشناسی ماسوله و میان‌یابی ایستگاههای مجاور حوزه به دست آمد. نقشه بافت خاک حوزه نیز از طریق نمونه برداری خاک در مناطق مختلف و در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ تهیه شد (۱۶). نقشه‌های کاربری اراضی، هم بارش، شیب، جهت شیب، بافت خاک، هیپسومتری، فاصله از گسل، شاخص قدرت رودخانه (SPI)، شاخص ترکیب توپوگرافی (CTI)، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، بافت خاک، و سنگ شناسی در محیط GIS تهیه شدند. فاصله از آغل نیز برای تعیین نقش مناطق پر تردد دام در ایجاد زمین لغزش با استفاده از GPS Extra vista برداشت شد و سپس وارد نرم افزار ArcGIS v.9.3 به عنوان یک لایه اطلاعاتی استفاده گردید. در این مطالعه آنالیز حساست زمین لغزش از روش

به منظور تعیین مناطق مستعد خطر زمین لغزش در مراتع شبه آلی ماسوله، در مناطق مختلف آن اقدام به نمونه‌گیری به صورت کاملا تصادفی به وسیله پلات یک مترمربع (۳۴) که بر اساس روش حداقل سطح^۱ بدست آمد. همچنین تعداد نمونه های مورد نیاز از روش آماری بدست آمده و وضعیت مرتع توسط روش شش فاکتوره (۱۲) تعیین گردید. جهت تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش، با استفاده از GPS نقاط لغزشی حوزه آبخیز ثبت و وارد نرم‌افزار ArcGIS9.3 گردید (شکل ۱). نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه از سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه و نقشه کاربری اراضی منطقه از طریق تصاویر

^۱- Minimal Area

بودن ساختار قضاوتی، تصمیم‌گیری بر مبنای تخصص و تجربه، مقایسه ماتریسی و دو به دو عوامل و وزن‌دهی آن‌ها دانست (۴۹ و ۵۲). مهم‌ترین نقطه ضعف این روش اولویت ذهنی در رتبه بندی است یعنی نظرات متخصصان نسبت به یکدیگر متفاوت است. در روش تحلیل سلسله مراتبی به منظور مقایسه دو به دو عوامل، نمرات در نظر گرفته شده از ۱ تا ۹ است و بر اساس آن نحوی امتیازدهی به عوامل موثر در وقوع زمین لغزش تعیین شد (۶۰). این اعداد حاصل نظر کارشناسان و متخصصین در این زمینه بوده و در مرحله بعد، نمرات داده شده وارد نرم‌افزار ExpertChoice^۲ 11 گردید. در آنجا وزن نهایی برای هر فاکتور محاسبه گردید (شکل ۲). این نرم‌افزار همچنین ضریب ناسازگاری را مشخص می‌کند که اگر کمتر از ۰/۱ باشد قابل قبول و در غیر این صورت دوباره مقایسات انجام می‌شود. پس از محاسبه وزن عوامل در نرم افزار، وزن هر یک از کلاس‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$W = \left[\frac{A}{B} / \frac{C}{D} \right] \quad (2)$$

A: تعداد پیکسل‌های لغزشی در هر کلاس B:
 تعداد پیکسل‌های هر کلاس C: تعداد کل پیکسل‌های لغزش D: تعداد کل پیکسل‌های نقشه (۶۰).

بررسی کارایی مدل‌های پهنه بندی:

در تهیه نقشه‌های پهنه بندی برای وزن دهی به لایه‌های مختلف اطلاعاتی از نقشه پراکنش زمین لغزش منطقه استفاده شد. بعد از تهیه

تحلیل سلسله مراتبی و شاخص زمین لغزش^۱ به کار برده شد (۵۶) که معیاری جهت تعیین تراکم لغزش‌ها است (۵۹) و بر اساس لگاریتم طبیعی (ln) تراکم لغزش‌ها در هر کلاس به تراکم لغزش‌های کل نقشه می‌پردازد (۴۴) و (۵۶). رابطه آن به صورت زیر است:

$$W = \ln \frac{Densclass}{Densmap} \ln \frac{Npix(S)}{SNpix(S)} \quad (1)$$

که در آن، W_i : وزن هر یک از کلاس‌ها در نقشه؛ Densclass: تراکم زمین لغزش در هر یک از کلاس‌ها؛ Densmap: تراکم زمین لغزش در کل نقشه؛ $Npix(N_i)$: تعداد کل پیکسل‌ها در یک کلاس مشخص؛ $SNpix(S_i)$: تعداد کل پیکسل‌های لغزشی نقشه؛ $SNpix(N_i)$: تعداد کل پیکسل‌های نقشه؛

تحلیل سلسله مراتبی:

تحلیل سلسله مراتبی یک روش نیمه کیفی است که تصمیم‌گیری براساس مقایسه زوجی بین عوامل انجام می‌گیرد (۵۱). تحلیل سلسله مراتبی متشکل از پنج مرحله است: حل مشکل تصمیم‌گیری به عوامل جز، ترتیب این عوامل در یک نظم سلسله مراتبی، ارزش‌گذاری عددی برای تعیین اهمیت نسبی هر عامل با توجه به ارتباط موضوعی، محاسبه و مقایسه ماتریس‌ها، وزن‌دهی هر یک از عوامل (۵۰) مزیت استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در تجزیه و تحلیل حساسیت لغزش را می‌توان به دخالت دادن تمام اطلاعات مربوط به زمین لغزش، دارا

^۲<http://expertchoice.com>

^۱-Landslide index

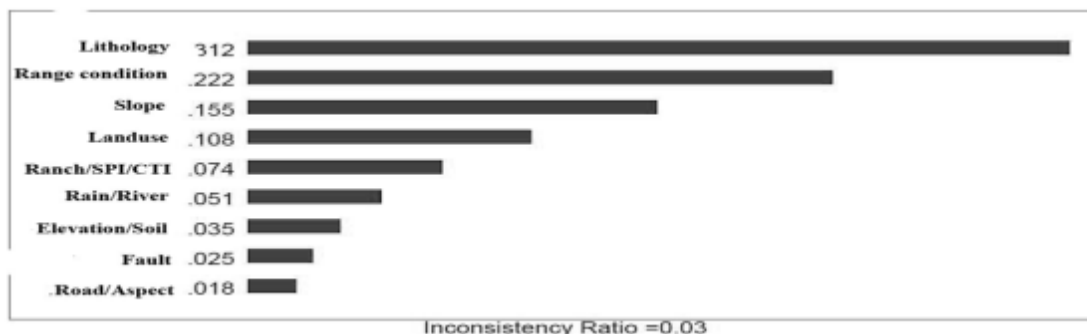
نقشه های وزنی بر اساس رابطه مدل، نقشه پهنه بندی زمین لغزش تهیه و در چهار کلاس خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه گردید. در نتیجه جهت ارزیابی نقشه پهنه بندی زمین لغزش نمی توان از نقشه پراکنش زمین لغزش حوضه استفاده کرد (۴۱ و ۴۵). جهت حل این مشکل از ۲۵۸ نقطه لغزشی که در منطقه شناسایی گردید دو سوم نقاط لغزشی (۱۷۱ نقطه لغزشی) برای پهنه بندی و یک سوم نقاط لغزشی (۸۷ نقطه لغزشی) برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفت (۲۰۲۷). سپس نقشه حاصله با نقشه پراکنش زمین لغزش مقایسه گردید. برای مقایسه رده های مختلف خطر از تراکم زمین لغزشها یا نسبت تراکمی (Dr) در هر یک از رده های خطر استفاده شد. نسبت تراکم با تقسیم نمودن تراکم زمین لغزش در رده خطر خاص به تراکم متوسط زمین لغزشها محاسبه گردید. با استفاده از مقدار جمع کیفی (QS) نقشه های صحیح تر و با دقت بیشتر را می توان شناسایی نمود. QS بالاتر نمایانگر جدایش بهتر بین رده های خطر مختلف است. جمع کیفی (QS) به صورت رابطه تعریف می گردد (۱۵،۳۶) :

$$QS = \sum_{i=1}^n (Dr - 1)^i \times S \quad (3)$$

که در آن:
 n: تعداد رده های خطر، S: مساحت رده خطر به درصد در منطقه است. از نظر تئوری حد فوقانی خاصی برای QS نمی توان در نظر گرفت ولی معمولاً مقدار آن بین صفر تا هفت است. هر نقشه پهنه بندی که دارای QS بالاتر باشد دارای صحت و دقت بیشتری است (۱۴ و ۴۰).

نتایج:

نتایج حاصل از وزن دهی از طریق فرم های وزن دهی و با استفاده از نظرات ۷ تن از متخصصان، بصورت وزن نهایی عوامل بدست آمد (شکل ۲). لازم به ذکر است بعضی از عوامل به علت تشابه وزن های کسب شده با هم ترکیب گردیدند. همانطور که ملاحظه می شود ضریب ناسازگاری برابر با ۰/۰۳ بدست آمد که قابل قبول است. با ضرب وزن بدست آمده از نرم افزار با وزن بدست آمده از کلاسه ها (رابطه ۲) معادله نهایی حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی بدست می آید (جدول ۱). سپس نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش های شاخص لغزش و تحلیل سلسله مراتبی تهیه شد (شکل ۳). در نهایت ارزیابی مدل های بکار رفته در جدول ۲ نشان داده شد.

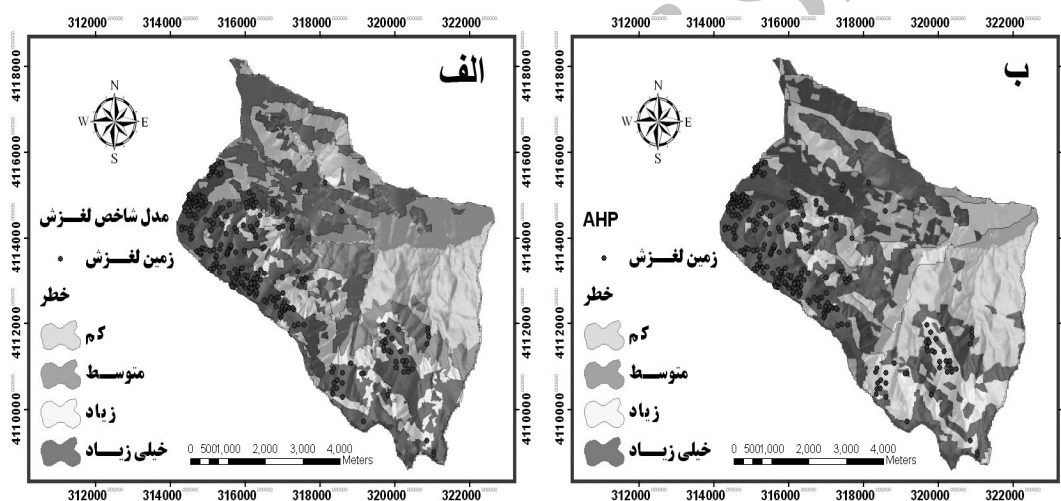


شکل ۲- وزن هر یک از فاکتورها در خروجی نرم افزار Choice Expert

جدول ۱- وزن عوامل موثر در بروز لغزش‌ها

کلاس	زیر کلاس	حوزه آبخیز ماسوله				شاخص لغزش	AHP
		پیکسل‌های فاقد لغزش		پیکسل‌های لغزشی			
		مقدار	نسبت	مقدار	نسبت		
جهت شیب	N	۷۴۷۰۰	۱۷/۸	۳۵	۲۰/۳۵	۰/۱۳۳	۰/۰۲
	NE	۱۱۰۱۳۲	۲۶/۲۵	۸۶	۵۰	۰/۶۴۴	۰/۰۳۴
	NW	۳۹۷۲۵	۹/۴۷	۸	۴/۶۵	-۰/۷۱	۰/۰۰۸
	E	۵۲۰۲۱	۱۲/۴	۲۲	۱۲/۷۹	۰/۰۳۱	۰/۰۱۸
	W	۱۳۲۴۳	۳/۱۶	۳	۱/۷۴	-۰/۵۹۳	۰/۰۰۹
	S	۵۶۴۴۶	۱۳/۴۵	۷	۴/۰۷	-۰/۱۱۹	۰/۰۰۵
	SE	۳۳۶۳۴	۸/۰۲	۵	۲/۹۱	-۰/۱۰۱	۰/۰۰۶
	SW	۲۷۸۴۳	۶/۶۴	۶	۳/۴۹	-۰/۶۴۳	۰/۰۰۹
	F	۱۱۸۱۵	۲/۸۲	۰	۰	-۰/۳۱	۰
CTI	۰ - ۴	۱۳۱۶۲۴	۳۱/۳۷	۳۹	۲۲/۶۷	-۰/۳۲۴	۰/۰۵۳
	۴ - ۸	۱۱۴۹۱۸	۲۷/۳۹	۴۷	۲۷/۳۳	-۰/۰۰۲	۰/۰۷۳
	۸ - ۱۲	۱۶۰۱۷۹	۳۸/۱۸	۷۹	۴۵/۹۳	۰/۱۸۴	۰/۰۸۹
	>۱۲	۱۲۸۳۸	۳/۰۶	۷	۴/۰۷	۰/۲۵۶	۰/۰۹۸
ارتفاع (m)	<۱۰۰۰	۹۵۹۵	۲/۲۹	۳	۱/۱۶	-۰/۶۷۶	۰/۰۱۷
	۱۰۰۰ - ۱۳۰۰	۳۳۰۹۵	۷/۸۹	۰	۰	-۰/۳۱	۰
	۱۳۰۰ - ۱۶۰۰	۵۹۶۵۴	۱۴/۲۲	۴	۲/۳۳	-۰/۸۱	۰/۰۰۵
	۱۶۰۰ - ۱۹۰۰	۱۰۱۰۱۷	۲۴/۰۸	۲۱	۱۲/۲۱	-۰/۶۷	۰/۰۱۷
	۱۹۰۰ - ۲۱۰۰	۶۹۰۰۷	۱۶/۴۵	۲۵	۱۴/۵۳	۰/۱۲۳	۰/۰۰۳
	۲۱۰۰ - ۲۴۰۰	۸۹۹۵۰	۲۱/۴۴	۸۱	۴۷/۰۹	۰/۷۸۶	۰/۰۷۸
	۲۴۰۰ - ۲۷۰۰	۴۹۹۶۶	۱۱/۹۱	۳۸	۲۲/۰۹	۰/۶۱۷	۰/۰۶۴
	۲۷۰۰ - ۳۰۰۰	۷۲۷۵	۱/۷۳	۱	۰/۵۸	-۰/۱۰۹	۰/۰۱۱
فاصله از گسل (m)	<۱۰۰	۲۹۳۶	۸/۰۹	۱۵	۸/۷۲	۰/۰۷۵	۰/۰۰۱
	۱۰۰ - ۲۰۰	۳۳۴۸	۹/۲۲	۱۳	۷/۵۶	-۰/۱۹۹	۰/۰۰۴
	۲۰۰ - ۳۰۰	۳۴۵۵	۹/۵۲	۱۶	۹/۳	-۰/۰۲۲	۰/۰۰۵
	۳۰۰ - ۴۰۰	۳۵۳۶	۹/۷۴	۲۷	۱۵/۷	۰/۴۷۷	۰/۰۱۱
	>۴۰۰	۲۳۰۲۳	۶۳/۴۳	۱۰۱	۵۸/۷۲	-۰/۰۷۷	۰/۰۰۱
کاربری اراضی	فضای خالی جنگل	۱۱۶۰	۳/۲	۲	۱/۱۶	-۰/۱۰۱	۰/۰۳۹
	جنگل	۲۰۲۰۲	۵۵/۶۶	۱۷	۹/۸۸	-۰/۱۷۲	۰/۰۱۹
	مرتع	۸۴۶۹	۲۳/۳۳	۱۱۱	۵۴/۵۳	۱/۰۱	۰/۳۹۸
	سنگ	۱۲۴۶	۳/۴۳	۳	۱/۷۴	-۰/۶۷۷	۰/۰۵۴
	مناطق جنگل کاری شده	۵۲۲۱	۱۴/۳۸	۳۹	۲۲/۶۷	۰/۴۵۵	۰/۱۷
سنگ شناسی	Jsc	۲۸۶۷	۷/۹	۱	۰/۵۸	-۰/۴۴	۰/۳۹۸
	Js	۱۲۵۲۱	۳۴/۵	۱۲۲	۷۰/۹۳	۰/۷۲	۰/۶۴
	Kln	۱۱۳۷۴	۳۱/۳۴	۲۷	۱۵/۷	-۰/۶۹۱	۰/۱۵۶
	P	۱۹۲۲	۵/۳	۵	۲/۹۱	۰/۵۹۹	۰/۱۷۱
	Pzs	۴۹۲۵	۱۳/۵۷	۰	۰	-۰/۱۰	۰
	Qal	۳۴	۰/۰۹	۰	۰	-۰/۱۰	۰
	T	۲۶۵۵	۷/۳۱	۵	۲/۹۱	-۰/۹۲۲	۰/۱۲۳

بارندگی (mm)	۴۸۸	۳۵۳۴	۹/۷۴	۸	۴/۶۵	-۰/۷۳۸	۰/۰۲۴
	۶۶۸	۱۷۷۰۶	۴۸/۷۸	۱۰۶	۶۱/۶۳	۰/۲۳۳	۰/۰۶۴
	۸۴۸	۹۴۶۳	۲۶/۰۷	۳	۱/۷۴	-۰/۲۷	۰/۰۰۳
	۹۰۸	۵۵۹۵	۱۵/۴۱	۵۴	۳۱/۴	۰/۷۱۱	۰/۱۰۳
وضعیت مرتع	عالی	۲۷۱۴	۷/۴۸	۳	۱/۷۴	-۰/۱۴۵	۰/۰۵۱
	خوب	۵۱۵۸	۱۴/۲۱	۳	۱/۷۴	-۰/۲۰۹	۰/۰۲۷
	متوسط	۱۶۳۰۹	۴۴/۹۳	۹۱	۵۲/۹۱	۰/۱۶۳	۰/۲۶۱
	فقیر	۱۰۳۸۳	۲۸/۶	۶۳	۳۶/۶۳	۰/۲۴۷	۰/۲۸۴
	خیلی فقیر	۱۷۳۷	۴/۷۹	۱۲	۶/۹۸	۰/۳۷۷	۰/۳۲۳
فاصله از جاده (m)	<۱۰۰	۴۰۳۷	۱۱/۱۲	۱۸	۱۰/۴۷	-۰/۰۶	۰/۰۱۶
	۱۰۰-۲۰۰	۳۶۴۴	۱۲/۰۴	۱۸	۱۰/۴۷	۰/۰۴۱	۰/۰۱۸
	۲۰۰-۳۰۰	۳۳۵۳	۹/۲۴	۲۱	۱۲/۲۱	۰/۲۷۸	۰/۰۲۳
	۳۰۰-۴۰۰	۳۱۹۲	۸/۷۹	۱۳	۷/۵۶	-۰/۱۵۱	۰/۰۱۵
	>۴۰۰	۲۲۰۷۲	۶۰/۸۱	۱۰۲	۵۹/۳	-۰/۰۲۵	۰/۰۱۷



شکل ۳- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از شاخص لغزش (الف) و روش AHP (ب)

جدول ۲- ارزیابی مدل‌های بکارگرفته شده در پهنه بندی خطر زمین لغزش

نوع مدل	طبقه بندی خطر	درصد مساحت	درصد زمین لغزش	Dr	$(Dr-1)^2 \times \text{area}\%$	جمع کیفی
AHP	کم	۲۵/۰۲	۲/۹	۰/۱۱۵	۰/۱۹۵	۰/۴۸۹
	متوسط	۲۵/۱۶	۱۷/۶۴	۰/۷۰۱	۰/۰۲۲	
	زیاد	۲۵/۲۹	۲۹/۴۱	۱/۱۶	۰/۰۰۶	
	خیلی زیاد	۲۴/۵۱	۵۰	۲/۰۳	۰/۲۶۵	
شاخص لغزش	کم	۳۲/۱۹	۸/۸۲	۰/۲۷۴	۰/۱۶۹	۰/۷۴۴
	متوسط	۲۱/۸۳	۵/۸۸	۰/۲۶۹	۰/۱۱۶	
	زیاد	۱۸/۹۴	۲۳/۵۲	۱/۲۴	۰/۰۱۱	
	خیلی زیاد	۲۷/۰۱	۶۱/۷۶	۲/۲۸	۰/۴۴۶	

بحث و نتیجه گیری:

همانطور که نتایج تحلیل سلسله مراتبی نشان داد عامل سنگ‌شناسی و وضعیت مرتع به عنوان مهم‌ترین عوامل در بروز لغزش‌ها در منطقه شناخته شدند. اما در بررسی نقش زیر کلاسه‌ها نتایج AHP و وزن دهی هر یک از زیر کلاسه‌ها، سازند شمشک و عامل وضعیت مرتع (وضعیت خیلی فقیر و فقیر) بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند. همچنین در بررسی مدل شاخص لغزش در بین عوامل موثر، عامل کاربری مرتع و فاصله از اطراقگاه (کمتر از ۵۰۰ متر) بیشترین وزن را در بین عوامل موثر به خود اختصاص دادند. اغلب زمین لغزش‌های منطقه در سازند شمشک به وقوع پیوسته است. این سازند متشکل از ماسه سنگ، سیلتستون، شیل و رس سنگ بوده است (۱). علت اصلی حساس بودن سازند شمشک به وقوع زمین لغزش به دلیل ماهیت سنگ‌های تشکیل دهنده این سازند است که بسیار حساس است و با جذب آب حالت ارتجاعی یافته و باعث سرخوردن لایه های بالایی به صورت لغزش می‌گردد. تحقیقات Porghasemi (2006) و Mohammadi *et al.* (2010) نیز به این مورد اشاره داشته است. در بین طبقات شیب، طبقه شیب ۱۵-۳۰ درصد فراوان‌ترین زمین لغزش‌ها را دارا بود و این درحالی است که در شیب‌های کم (>۱۵٪) و خیلی زیاد (<۶۰٪) فراوانی لغزش‌ها حداقل می‌باشد. در شیب‌های کم معمولاً نیروهای مقاوم مانند اصطکاک خاک و دیگر مواد دامنه‌ای بیشتر از نیروهای محرک مانند نیروی ثقل است. در شیب‌های خیلی زیاد نیز توان خاکسازي و تجمع خاک به منظور

ایجاد زمین لغزش فراهم نیست. شیب‌های متوسط (۱۵-۳۰٪) بیشترین میزان زمین لغزش به دلیل ذوب سریعتر برف در مناطق بالاتر و نیز افزایش نیروی محرک در این طبقه شیب داشته است که با مطالعات Choi *et al.* (2012) مطابقت داشت. از طرف دیگر در همین طبقه، دامپهای چراکننده که بعنوان عامل مستقیم در کاهش پوشش سطحی خاک هستند، بیشترین تردد را نیز دارند که بالطبع باعث قهقرايي پوشش گیاهی نیز می‌شوند. در نتیجه بعنوان عامل دوم تأثیر گذار بر افزایش خطر زمین لغزش در نتایج ظاهر شده است. مهم‌ترین عامل موثر در بروز لغزش‌ها از نظر بافت خاک مربوط به خاک با بافت لومی و لومی-شنی بوده است. این امر مربوط به اندازه خاکدانه ها است. زمانی که بارندگی رخ می‌دهد به علت بزرگ‌تر بودن بافت لومی-شنی و لومی نسبت به بافت رسی آب مابین فضای خالی خاکدانه ها قرار گرفته و آب بیشتری را جذب می‌کند (۳۰) که با افزایش بارهای اضافی مانند افزایش شیب و فشار مازاد ناشی از سم دام شرایط برای زمین لغزش فراهم می‌شود. در بین کاربری‌های اراضی بیشترین لغزش‌ها در مراتع اتفاق افتاده است. رابطه تنگاتنگی که بین بروز لغزش و وضعیت‌های ضعیف مرتع و نیز مراتع حریم اطراقگاهها وجود دارد (جدول ۱) به خوبی مؤید نقش تأثیرگذار دام چراکننده بر این اکوسیستم است. چرای بیش از حد، خارج از فصل، زودتر از موعد و خروج دیر هنگام و همچنین دام مازاد از عوامل مستقیم تأثیرگذار بر پوشش گیاهی است که در منطقه توانسته، ضمن تضعیف درجات وضعیت مرتع، لغزشهای

انتخاب مناسب مهم‌ترین عوامل در روش AHP توسط کارشناسان و در نتیجه کاهش وزن کلاسه های موثر تر سبب عدم امتیاز دهی مناسب به عوامل موثر در وقوع لغزش شده و همین امر باعث کارایی پایین‌تر این روش نسبت به روش شاخص لغزش شده است.

یافته های تحقیق مؤید این است که مراتع شبه آلبی منطقه با توجه به جامعه غالب گراس-فورب پاکوتاه به شدت دچار آشفته‌گی‌های توامان فیزیکی و زنده شده است. زمین ساخت و خاک حساس از یک طرف و عامل زنده دام از طرف دیگر در این آشفته‌گی حداکثر نقش داشته است. انسان تنها از طریق کنترل عامل بیولوژیکی یعنی چرای دام و نیز استفاده از ابزارآلات مکانیکی برای مناطق لغزش واقع شده، می تواند به مدیریت این مناطق حساس بپردازد که امید است متولیان امر در این خصوص اهتمام ورزند.

زیادی را در اکوسیستم مرتعی ایجاد کند. مشاهدات و آنالیزها نشاندهنده این واقعیت است که در مناطق بحرانی (لغزشی و اطراف اطراقگاههای دام) جامعه گیاهی بومی و چندساله جای خود را به گونه های یکساله فورب و گراس که دارای ریشه های سطحی هستند، داده است. بنابراین به علت عدم ریشه دوانی عمیق و گسترده توسط گونه های چندساله، خاک حساس منطقه تحت تأثیر بارندگی و اقلیم منطقه به لغزشهای کوتاه گرایش پیدا کرده است که این مهم در قسمتهای مختلف مرتع مورد مطالعه به صورت لکه‌های کوچک و بزرگ قابل مشاهده است. یافته‌های تحقیق در تأیید گزارشات Hobbs (1996)، Augustine & McNaughton (1998)، Moore & Kulakowski & Veblen (2007) (2011) و Allard (2011) قرار دارد. نتایج ارزیابی مدل نشان داد، مدل شاخص لغزش کارایی بهتری نسبت به مدل تحلیل سلسله مراتبی داشته است. به نظر می‌رسد عدم

References:

- 1-Ahmadi, H., & S. Feiznia, 2006. Quaternary formations, university of Tehran press, 627p.
- 2-Ahmadi, H., S. Mohammadchan, S. Feiznia, & J. ghodosi, 2006. The made area model mass movements hazard using quality characteristics and AHP systems, Case study: Taleghn watershed. Iranian J. natural Resources 58: 3-14. (In Persian)
- 3-Akgun, A., & N. Türk, 2010. Landslide susceptibility mapping for Ayvalik (Western Turkey) and its vicinity by multicriteria decision analysis. Environmental Earth Sciences 61: 595-611.
- 4-Anbalagan, R., 1992. Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. Eng. Geology 32: 269-277.
- 5-Augustine, D.J., & S.J. McNaughton, 1998. Ungulate effects on the functional species composition of plant communities: herbivore selectivity and plant tolerance. J Wildl Manag, 62:1165-1183.
- 6-Austrheim, G., E. Gunilla, A. Olsson, & E. Grontvedt, 1999. Land-use impact on plant communities in semi-natural sub-alpine grasslands of Budalen, central Norway. Biological Conservation 87:369-379.

- 7-Ayalew, L., H. Yamagishi, & N. Ugawa, 2004. Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River. Niigata prefecture Japan Landslides 1: 73–81.
- 8-Barredo, J.I., A. Benavides, J. Hervàs, & C.J. van Westen, 2000. Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 2(1): 9–23.
- 9-Bui, D. T., B. Pradhan, O. Lofman, I. Revhaug, & O. Dick, 2012. Landslide susceptibility assessment in the Hoa Binh province of Vietnam: A comparison of the Levenberg–Marquardt and Bayesian regularized neural networks. Geomorphology 171-172: 12-29.
- 10-Choi, J., H. Oh, H. Lee, C. Lee, & S. Lee, 2012. Combining landslide susceptibility maps obtained from frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models using ASTER images and GIS. Engineering Geology 124: 12–23.
- 11-Cole, D. N. & D. R. Spildie, 2006. Restoration of Plant Cover in Subalpine Forests Disturbed by Camping: Success of Transplanting. Natural Areas Journal 26:168–178.
- 12-Daubenmire, R., 1968. Plant communities: A textbook on plant synecology. Harper and Row New York NY 5: 209-266.
- 13-Ebadifar, M. 2011. Weather Report and Climate Plan watershed studies aimed at flood control and erosion and sediment control design company Alborz abz, 177pp. (In Persian)
- 14-Feiznia, S., A. Klarestaghi, H. Ahmadi, & M. Safaei, 2003. Investigation effective parameters in Landslide occurs and Landslide hazard zoning (Case study: Tejen dam watershed). Iranian J. natural Resources 57 (1) : 3-10. (In Persian)
- 15-Gee, M.D, 1991. Classification of landslide hazard zonation methods and a test of predictive capability, Landslides, Bell (ed.), Balkema, Rotterdam, 952PP.
- 16-Ghaderi, B., 2011. Watershed studies aimed at curbing economic reports and flood control and erosion and sedimentation, Albrzsbz designers company, 121pp. (In Persian)
- 17-Gilan Regional Water Corporation, Office based studies of water resources , Bank Statistics and Information. (In Persian)
- 18-Hasekioullari, G. D., & M. Ercanoglu, 2012. A new approach to use AHP in landslide susceptibility mapping: a case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey). Natural Hazards 63(2): 1157–1179.
- 19-Heshmati, M., A. Arifin, J. Shamshuddin, M. Majid, & M. Ghaituri, 2011. Factors affecting landslides occurrence in agro-ecological zones in the Merek catchment, Iran. Journal of Arid Environments 75: 1072-1082.
- 20-Heshmati, M., J. Shamshuddin, N. M. Majid, & M. Ghaituri, 2011. Factors affecting landslides occurrence in agro-ecological zones in the Merek catchment, Iran. Journal of Arid Environments 75: 1072-1082.
- 21-Hobbs, NT., 1996. Modification of ecosystems by ungulates. J Wildl Manag 60: 695–713.
- 22-Jia, N., Y. Mitani, M. Xie, & I. Djamaluddin, 2012. Shallow landslide hazard assessment using a three-dimensional deterministic model in a mountainous area. Computers and Geotechnics 45: 1–10.
- 23-Johnson, C. G. Jr., 2004. Alpin and Subalpine Vegetation of the wallowa , Seven Devils and Blue Mountains .USDA , Forest Service Pacific Northwest Region , 617pp.

- 24-Kammar, M.P, 2002. Factors Controlling Species Richness in Alpine Plant Communities :An Assessment of the Important of Stress and Disturbance, Arctic, Antarctic, and Alpine Research 34: 398-407.
- 25-Kayastha,P., M. R. Dhital, & F. D. Smedt, 2012. Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) for landslide susceptibility mapping: a case study from the Tinau watershed, west Nepal. Computers & Geosciences 98: 300-347.
- 27-Komac, M., 2006. A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in prialpine Slovenia. Geomorphology 74:17-28.
- 28-Kulakowski, D. & T.T. Veblen, 2007. Effect of prior disturbances on the extent and severity of wildfire in Colorado subalpine forests. Ecology 88(3) :759 – 769.
- 29-Kulakowski, D. & T.T. Veblen, 2002. Influences of fire history and topography on the pattern of a severe wind blowdown in a Colorado subalpine forest. Journal of Ecology 90: 806–819.
- 30-Lee, S., J. Choi, & I. Woo, 2004. The effect of spatial resolution on the accuracy of landslide susceptibility mapping: a case study in Boun, Korea. Geosciences Journal 8(1) : 51-60.
- 31-Löve, D., 1970. Subarctic and Subalpine: Where and What? Arctic and Alpine Research, 2(1): 63-73.
- 32-Marjanovic, M., M. Kovacevic, B. Bajat, & V. Vozenilek, 2011. Landslide susceptibility assessment using SVM machine learning algorithm. Engineering Geology 123: 225-234.
- 33-Mclean,A., T. M. Lord, & A. J. Green, 1970. Utilization of the Major Plant Communities in the SimilkameenVally,British Columbia.Plant Ecologist and Pedologists , Canada Department of Agriculture , Research Stations , Kamloops and Vancouver , B.C,Canada, 154pp.
- 34-Mesdaghi, M., 2003. Plant ecology, Jahad Mashhad publication, 187pp. (In Persian)
- 35-Miller, E. A. & Ch. B. Halpern, 1998. Effects of environment and grazing disturbance on tree establishment in meadows of the central Cascade Range, Oregon, USA. Journal of Vegetation Science 9: 65-282.
- 36-Mirsanei, R., 2002. Evaluation and application of landslide hazard zonation maps in 1:250000 scale by using GIS(Case study: Tehran), M.Sc thesis, Tarbiat Moaalem University, 120pp. (In Persian)
- 37-Mohammadi, M., H. Moradi, S. Feiznia, & H. Porghasemi, 2010. Comparison of the Efficiency of Certainty Factor, Information Value and AHP Models in Landslide Hazard Zonation (Case study: Part of Haraz Watershed). Iranian Journal of Natural Resources 62(4): 539-551. (In Persian)
- 38-Mondal, S., & R. Maiti, 2012. Landslide susceptibility analysis of Shiv-Khola watershed, Darjiling: A remote sensing & GIS based Analytical Hierarchy Process (AHP). Journal of the Indian Society of Remote Sensing 40(3): 483–496.
- 39-Moore, B. A. & G. Allard, 2011. Abiotic disturbances and their influence on forest health: A review. Forest Health & Biosecurity Working Paper FBS/35E. 51pp.
- 40-Mosafai, J., 2005. Performance comparison of statistical models and empirical landslide hazard zonation in Alamut watersheds and provide risk management program., MSc thesis watershed management, natural resources faculty of goran university, 102 pp. (In Persian)

- 41-Oh, H.J., & B. Pradhan, 2011. Application of a neuro-fuzzy model to landslide-susceptibility mapping for shallow landslides in a tropical hilly area, *Computers and Geosciences* 37: 1264-1276.
- 42-Pavel, M., J. Nelson, & R. Fannin, 2011. An analysis of landslide susceptibility zonation using a subjective geomorphic mapping and existing landslides. *Computers and Geosciences* 37: 554-566.
- 43-Porghasemi, H., 2006. Landslide Hazard Assessment Using of Fuzzy Logic, M.Sc. thesis Watershed Management, natural resources faculty of Tarbiat Modares University, 92pp. (In Persian)
- 44-Rautela, P., & R.C, Lakhera, 2000. Landslide risk analysis between Giri and Ton Rivers in Himalaya (India). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 2: 153–160.
- 45-Remendo, J., A. Gonzales, J. Teran, A. Cendrero, A. Fabbri & C. Chung. 2003. Validation of landslide susceptibility maps, examples and applications from a case study in northern Spain. *Natural Hazard* 12: 437-449.
- 46-Robin Fell, J., C. Corominas., L. Bonnard, E. Cascini, W. Leroi, & P. Savage, 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zonation for land-use planning. *Engineering Geology* 102: 99-111.
- 47-Rozos, D., G. D. Bathrellos, & 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. *Environmental Earth Sciences* 63: 49 63.
- 48-Rundel, P.W., D. J. Parsons, & D. T. Gordon, 1977. Montane and subalpine vegetation of the Sierra Nevada and Cascade Ranges. In Barbour, M.G.; Major, J..Terrestrial vegetation of California. New York, USA: Wiley, 61: 559–599.
- 49-Saaty, T. L., 2000. The fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process, Vol VI, 2nd edn., RWS Publications, Pitsburg, 478 pp.
- 50-Saaty, T. L., & L. G. Vargas, 2001. Models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process, Kluwer, Dordrecht, 333 pp.
- 51-Saaty, T. L., 1980. The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation, McGraw-Hill Book Co, New York, 287 pp.
- 52-Saaty, T. L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* 15: 234–281.
- 53-Schmidt, K.M., J.J. Roering, J.D. Stock, W.E. Dietrich, D.R. Montgomery & T. Schaub, 2011. The variability of root cohesion as an influence on shallow landslide susceptibility in the Oregon Coast Range. *Can. Geotech*, 38: 995-1024.
- 54-Tatland, Q., & J.M. Alatalo, 2002. Effects of temperature and data of snowmelt on growth, reproduction, and flowering phenology in the arctic/alpine herb, *Ranunculus glacialis*, *Oecologia*, 133:168-175.
- 55-Thomas, T., .1979. Wildlife habitats in managed forests-the Blue Mountains of Oregon and Washington. *Agric. Handb.* 553. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 512pp.
- 56-Van Westen, C. J., 1993. Application of Geographic Information Systems to Landslide Hazard Zonation, Ph-D Dissertation Technical University Delft. ITC Publication Number 15, ITC, Enschede, The Netherlands, 245 pp.
- 57-Varnes, D. J., 1984. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Paris, 55pp.

- 58-Yalcin, A., S. Reis, A.C. Aydinoglu, & T. Yomralioglu, 2011. A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey. *Catena* 85: 274-287.
- 59-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.
- 60-Zare, M., H. Ahmadi, S.A. Gholami, 2010. Landslide hazard assessment by using AHP and GIS. *Natural Ecosystems of Iran* 1(2) :168-179. (In Persian)
- 61-Zhang, J-T., Ch. Xiang & M. Li, 2012. Effects of Tourism and Topography on Vegetation Diversity in the Subalpine Meadows of the Dongling Mountains of Beijing. *China Environmental Management* 49: 403-411

Archive of SID