

ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP) مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان^۱

حسن احمدی^۲ شیرین محمدخان^۳ سادات فیض نیا^۴ جمال قدوسی^۵

چکیده

در این تحقیق با استفاده از منابع و تحقیقات مختلف ابتدا کلیه عوامل تاثیر گذار بر وقوع حرکت‌های توده‌ای استخراج و سپس با کنترل این عوامل در منطقه عوامل شش‌گانه سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، شیب، جهت، بارش و ارتفاع به عنوان عوامل تاثیر گذار بر حرکت‌های توده‌ای در منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. سپس با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات صحرایی، تغییرات کاربری اراضی و نواحی دارای حرکات توده‌ای به دست آمده و با عوامل دیگری نظیر شیب، جهت، ارتفاع، بارش و سنگ‌شناسی تلفیق گردید. در ادامه با توجه به کیفی بودن عوامل موجود از روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها برای تعیین وزن عوامل مختلف استفاده گردید.

نتایج مشخص گردید که وزن معیارهای شش‌گانه سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، شیب، جهت، بارش و ارتفاع به ترتیب ۰/۰۶، ۰/۱، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۰۴ است (اشل تعریف شده بین ۰ تا ۱ است). بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که اثر سنگ‌شناسی در منطقه از بقیه عوامل بیشتر بوده و بعد از آن به ترتیب کاربری اراضی، شیب، جهت، ارتفاع و بارش دارای بیشترین اثرات هستند. پس از تعیین وزن هر یک از معیارهای مربوط به شاخص‌های اندازه‌گیری شده معلوم گردید که سازند gyv که دارای مارن‌های دوران سوم است بیشترین مقدار حرکت‌های توده‌ای، پس از آن مراتع با وضعیت ضعیف و متوسط، کلاس شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد، دامنه‌های شمالی، بارندگی بین ۵۵۰ تا ۶۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۲۲۰۰ متر شاخص‌هایی هستند که بیشترین خطر حرکت‌های توده‌ای را دارا هستند.

در نهایت با ضرب وزن هر معیار در شاخص آن در هر نقطه و جمع این اعداد ضریبی به نام MI تعریف گردید که نشانگر خطر منطقه مورد نظر نسبت به حرکت‌های توده‌ای است. مقدار این ضریب بین صفر تا صد بوده که صفر نشان دهنده بی‌خطر بودن منطقه و ۱۰۰ نشانگر حداکثر خطر است ولی برای پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای می‌توان حد فاصل بین ۰ تا ۱۰۰ را به چهار قسمت تقسیم کرده و به ترتیب به صورت نوارهای بی‌خطر، کم خطر، پر خطر و بسیار پرخطر طبقه‌بندی کرد.

واژه‌های کلیدی: حرکت‌های توده‌ای، لغزش، تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، سیستم اطلاعاتی جغرافیایی.

^۱ تاریخ دریافت: ۸۲/۲/۸، تاریخ پذیرش: ۸۲/۲/۲۸

^۲ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (E-mail: Ahmadi@ut.ac.ir)

^۳ دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۴ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۵ عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

مقدمه

ما همواره در طبیعت با پدیده‌هایی روبه‌رو هستیم که عوامل متعددی در رویداد آنها موثرند. اگر تنها یک عامل باعث رویداد پدیده‌ای در طبیعت می‌شد تصمیم‌گیری درباره آن و پیش بینی وقوع آن بسیار ساده بود ولی عموماً پدیده‌هایی که در طبیعت با آن روبه‌رو هستیم دارای عوامل موثر کیفی و کمی بسیاری می‌باشند.

وقتی عاملی تغییر یابد، با تعریف یک واحد اندازه‌گیری می‌توان به راحتی آن را سنجید، ولی وقتی معیار مورد مطالعه کیفی باشد تصمیم‌گیری مشکل بوده و لازم است ابتدا استاندارد برای آن تعریف شود. در حالتی که معیارها چندگانه باشند علاوه بر مشکل فوق مسئله تبدیل معیارها به یکدیگر نیز مطرح است. بنابراین گفته می‌شود که در این فرایند تصمیم‌گیری چند معیاره با دو مشکل اصلی زیر روبه‌رو است (۳ و ۸):

- ۱- فقدان استاندارد برای اندازه‌گیری معیارهای کیفی،
- ۲- فقدان واحد برای تبدیل معیارها (اعم از کیفی یا کمی) به یکدیگر.

بنابراین در جایی که فرایند سنجش یا تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه انجام می‌گیرد تصمیم‌گیری ساده نیست و به علت عدم وجود استاندارد از سرعت و دقت تصمیم‌گیری به مقدار زیادی کاسته شده و باعث می‌شود که این فرایند به مقدار زیادی به فرد تصمیم‌گیرنده وابسته باشد. برای این مشکل و یا حداقل کردن آثار جانبی آن روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه طراحی شده‌اند که هر کدام از قوانین و اصول خاصی پیروی کرده و دارای مزایا و معایبی هستند (۱۰). فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و

محاسبه را تسهیل می‌نماید، همچنین مقدار سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره است (۳ و ۱۰).

امکانات، مزایا و ویژگی‌های چنین فرایندی باعث شده است تا بتوان بهترین نتیجه را از اعمال این فرایند بر پدیده‌های طبیعی گرفت، زیرا اکثر پدیده‌هایی که در طبیعت پیرامون ما اتفاق می‌افتند دارای پارامترهای موثر گوناگون، پیچیده و غالباً کیفی هستند که تصمیم‌گیری در مورد آنها به علت نقش متفاوت هر کدام از پارامترها بر پدیده مورد نظر، مقدار اثر بخشی متفاوت آنها، کیفی بودن برخی و یکسان نبودن معیار سنجش در مورد بقیه عناصر باعث می‌شود که نتوان به راحتی در مورد وقوع یا عدم وقوع آنها در مناطق مختلف اظهار نظر کرد، ولی بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان معیارهای گوناگون را ابتدا دو به دو مقایسه کرد و سپس به تلفیق کلی نتایج حاصله در منطقه مورد مطالعه پرداخت و در آخر مدلی ارائه داد که می‌توان از آن در مناطق مشابه استفاده کرد. پدیده حرکت‌های توده‌ای نیز همانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی به عوامل متعددی بستگی دارد که می‌توانند کیفی یا کمی باشند، که با کمک این فرایند می‌توان آنرا در قالب مدلی برای منطقه‌ای خاص ارائه داد (۸).

مواد و روش‌ها

حرکت‌های توده‌ای در اثر گسیختگی حجمی از خاک دامنه به دنبال غلبه نیروی برشی بر مقاومت برشی توده خاک دامنه اتفاق می‌افتد. که بر هم خوردن تعادل بین این دو نیرو در نتیجه برخی عوامل درونی و بیرونی است که در این تحقیق سعی شده است تا در منطقه مورد مطالعه عوامل اصلی و اثر گذار شناسایی شده و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی یا AHP^۱ مدلی برای منطقه مورد مطالعه ارائه گردد. به طور کلی مدل AHP جزء مدل‌های چند معیاره تصمیم‌گیری است. این مدل‌ها به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند.

۱- Analytical Hierachy Process

محاسبه وزن (نرمال سازی و تعیین الویت ها): برای پهنه‌بندی و به دست آوردن مقدار اثر گذاری هر کدام از عوامل مورد استفاده از مفهوم نرمال سازی و میانگین موزون استفاده گردید. یعنی گزینه‌های مختلف را براساس نتایج به‌دست آمده از نظر هر معیار با یکدیگر مقایسه کرده و سپس توسط میانگین وزنی نرمال گردید. به این صورت الویت هر گزینه به دست آمد. که در زیر چگونگی عملیات آن به تفصیل آورده شده است.

محاسبه وزن

در فرایند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عناصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده وزن آنها محاسبه می‌گردد.

این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامند. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد که آن را وزن مطلق می‌نامیم. کلیه مقایسه‌ها در فرایند سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد. در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد به گونه‌ای که اگر عنصر i با j مقایسه شود تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات زیر است.

- کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر،
- اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی،
- اهمیت یا مطلوبیت قوی،
- کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر،
- اهمیت یا مطلوبیت یکسان.

این قضاوت‌ها توسط ساعتی^۲ (۱۹۸۰) به مقادیر کمی بین ۱ الی ۹ تبدیل شده‌اند که در جدول (۱) مشخص گردیده‌اند (۱۱).

براساس هدف روش تحقیق که در این مطالعه مد نظر بوده است و برای پس از تعیین عوامل اصلی و اثرگذار با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی یا AHP مراحل کار به شرح زیر انجام گرفت.

۱- مدل‌های چند منظوره (چند هدفه^۱).

۲- مدل‌های چند شاخصه (MADM)^۲.

مدل‌های MODM مانند مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی در طراحی به کار می‌روند. مدل‌های MODM به منظور انتخاب گزینه برتر در جایی که معیارها معلوم و دست نیافتنی گزینه‌ها نیز مشخص باشند و هدف ارزیابی الویت‌بندی راهکارها و انتخاب بهترین راه باشد استفاده می‌گردند AHP نیز از گروه MODM است (۱۰). در روش سلسله مراتبی برای تعیین ارزش نسبی پارامترها یا گزینه‌ها از مقایسات زوجی استفاده می‌کنند. هر پارامتر یا گزینه با پارامترهای هم لایه خود مقایسه شده و امتیاز دریافت می‌کند، به عنوان مثال در لایه اول این تحقیق ۶ فاکتور سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، مقدار بارندگی، ارتفاع، شیب و جهت با یکدیگر به صورت زوجی مقایسه شده و امتیاز دریافت کردند و سپس هر کدام از زیر عامل‌های مربوط به عوامل اصلی با یکدیگر مقایسه و ارزش نسبی به آنها داده شد. به عنوان مثال زیر عامل‌های کاربری اراضی عبارت بودند از مرتع، روستا، مزرعه، باغ و ... که پس از مقایسه به هر کدام وزنی داده شد. چنانچه مقایسه پارامترها یا گزینه‌ها به صورت کمی امکان پذیر باشد نسبت (کسر) مقادیر نشان دهنده ارجحیت یا امتیاز یک پارامتر یا گزینه به پارامترها یا گزینه‌های دیگر است. اما اگر مقایسه به صورت کمی امکان پذیر نباشد ارجحیت بر اساس جدول (۱) محاسبه خواهد شد (۳).

مراحل اجرای روش AHP

۱- ایجاد درخت سلسله مراتبی: درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری بیانگر استراتژی تصمیم به صورت گرافیکی است. سطوح میانی معیارهای موثر بر تصمیم‌گیری و سطح آخر گزینه‌های تصمیم‌گیری هستند. مهم‌ترین بخش در این مرحله انتخاب معیارها و عوامل موثر بر هدف تصمیم است. (۶)

۲- مقایسه زوجی: در این مرحله با توجه به عوامل موثر،

۳- ماتریس وزن جهت مقایسه زوجی تشکیل گردد.

۱-Multiple Object Decision Making(MODM)

۲-Multiple Attribute Decision Making

جدول ۱- مقادیر ترجیحات یا قضاوت شفاهی در سیستم ۹ تایی برای مقایسه زوجی (۱۱)

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲ و ۴ و ۸	الویت‌های بین فواصل

همچنین ساخت نقشه‌هایی چون رخساره‌های ژئومورفولوژی و کاربری اراضی برای مقایسه سری‌های زمانی با استفاده از، تصاویر ماهواره لندست TM باندهای ۴، ۷ و ۱ که برای تشخیص حرکات توده‌ای مناسب می‌باشند نیز انجام گرفت.

نتایج

براساس نقشه‌های به دست آمده و مقایسه عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای که در سه سری زمانی به طول ۲۰ سال تهیه شده‌اند و رشد تغییرات مناطقی که در آنها حرکت‌های توده‌ای ایجاد شده بودند، همزمان با تطبیق و مقایسه پیشروی این مناطق و عوامل موثر پیشنهادی و با استفاده از سایر تحقیقاتی که بر روی علل موثر بر حرکت‌های توده‌ای انجام گرفته است (۷، ۵، ۴ و ۱۰) شش عامل شیب، جهت، ارتفاع، کاربری اراضی، بارش و سنگ‌شناسی به عنوان عوامل موثر در ایجاد این پدیده انتخاب شده و لایه‌های اطلاعاتی هر کدام برای تعیین مقدار اثر بخشی هر یک در ایجاد حرکت‌های توده‌ای آماده شد. که ابتدا به شرح وضعیت هر کدام از آنها به تنهایی در منطقه پرداخته و سپس با مقایسه دو به دو آنها با یکدیگر ماتریس وزن را تشکیل داده تا با نرمال کردن آن وزن نسبی هر یک از عوامل نسبت به مجموعه به دست آید.

شناسایی عوامل اصلی در پدیده حرکت‌های توده‌ای، رقومی کردن نقشه توپوگرافی و کمک‌های صحرایی ۱۳۴۵/۷۰۰ و ۱۳۷۰ و اعمال مختصات جغرافیایی بر روی آنها،

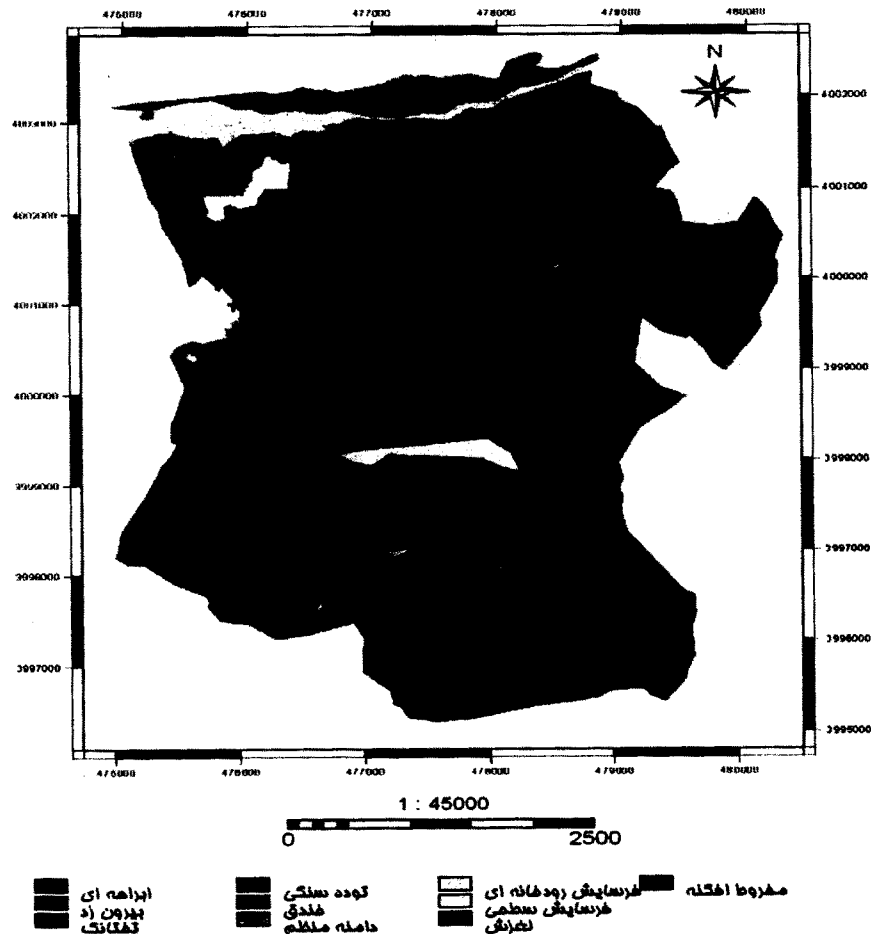
تغییر کمکها و تهیه نقشه ژئومورفولوژی، تهیه مدل رقومی ارتفاع زمین (DEM) و تهیه نقشه شیب، جهت (هیپسومتری)، تهیه نقشه هم دما و همباران،

ساخت نقشه‌های رخساره ژئومورفولوژی و کاربری اراضی، مقایسه سری‌های زمان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست TM باندهای ۴ و ۷ و ۱ جهت بررسی حرکت‌های توده‌ای.

مراحل زیر به صورت گام به گام جهت شناسایی عوامل اصلی دخیل در وقوع حرکت‌های توده‌ای از یک سو و یافتن مقدار تاثیر گذاری آنها از سوی دیگر انجام پذیرفت:

پس از رقومی کردن نقشه توپوگرافی و عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۴۵ و ۱۳۷۰ منطقه اعمال مختصات جغرافیایی بر روی آنها جهت تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی تفسیر عکس‌ها صورت گرفته شکل (۱) رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه (سال ۱۳۷۰) می‌باشد. پس مدل رقومی ارتفاع زمین (DEM)، با استفاده از آن نقشه شیب، جهت، و هیپسومتری منطقه به دست آمده و با استفاده از گرادیان بارندگی حوزه که از طریق اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌های اطراف به دست آمده بودند، نقشه همباران منطقه تهیه گردید.

نقشه رخساره های ژئومورفولوژی



شکل ۱- رخساره های ژئومورفولوژی منطقه باریکان - میاوند سال ۱۳۷۰

۱- سنگ شناسی

دوره ذکر شده و عکس ماهواره ای به خوبی مشخص می شود که مناطقی که در همین زیر حوزه و دارای همین مشخصات از نظر بارش، شیب و ارتفاع می باشند ولی دارای جنس سنگی مانند Com, Dr, pEk, Ngc هستند به هیچ وجه تا این حد دچار پدیده حرکات توده ای نشده اند ولی مناطق کناری که دارای جنس سنگ هایی مثل gy_۱ و gy_۲ هستند به شدت دچار پدیده حرکت های توده ای شده اند، بنابراین نتیجه گرفته می شود در این منطقه عامل جنس سنگ به عنوان یک عامل کلیدی باعث ایجاد این پدیده ها شده است.

سنگ شناسی مهم ترین عامل در بین عوامل شش گانه مورد مطالعه است بیشتر مناطق حوزه در روی نقشه زمین شناسی با علامت Q2 نشان داده شده است و علامت نهشته های لغزشی دوران کواترنر را دارند، ولی با بررسی های صورت گرفته مشخص می شود که در اصل این همان تیپ gy است که به علت وقوع حرکات توده ای در این سازند در دوران کواترنر در نقشه های زمین شناسی این قسمت ها به عنوان نهشته های لغزش و سولیفولکسیون دوره کواترنر نشان داده شده اند. با بررسی عکس های هوایی دو

۲- کاربری اراضی

کاربری اراضی یکی از عوامل مهمی است که در این مناطق حساس موجب تشدید پدیده حرکت‌های توده‌ای شده است. با مطالعه در عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۵ مشاهده گردید بیشتر اراضی منطقه دارای کاربری مرتع و یا دیم‌زار بوده است ولی در سال ۱۳۷۰ و بعد از آن به تدریج اراضی دیم وسعت کمتری پیدا کرده‌اند و برخی نیز رها شده و دچار فرسایش سطحی و انواع حرکات توده‌ای شده‌اند. در عوض به وسعت باغات میوه افزوده شده است. همچنین مدیریت غیراصولی مرتع در طی این سه فاز زمانی (سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۹) باعث کاهش پوشش گیاهی شده است. تبدیل اراضی مرتعی با پوشش گیاهی بسیار مناسب و انبوه به زمین‌های دیم کم بازدهی که دچار فرسایش سطحی شده‌اند و تبدیل زمین‌های کشاورزی دیم به باغاتی که احتیاج به آبیاری دارند و وارد کردن مقادیر زیادی آب از طریق اجرای آبیاری سنتی به روش غرقابی به سازندگی که از نظر سنگ‌شناسی مستعد حرکات توده‌ای است، رعایت نکردن فاصله مناسب کاشت درختان، عدم استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار و قطره‌ای و از طرف دیگر تبدیل اراضی شیب‌دار به اراضی مسطح برای خانه‌سازی باعث شده است که باز هم آب بیشتری به داخل سازند حساس وارد شود و ما شاهد انواع حرکات توده‌ای باشیم.

با مقایسه عکس‌های هوایی سه سری زمانی فوق مشخص گردید که وسعت مناطق مسکونی و خانه‌های ویلایی به تدریج در طی این دوره افزایش داشته است و این هم خود باعث ورود فاضلاب روستاها به داخل سازند شده و استعداد منطقه به وقوع حرکات توده‌ای را افزایش می‌دهد.

۳- شیب

با بررسی گراف‌ها و جداول به‌دست آمده در این منطقه و با آزمون t بر روی نتایج شیب به این نتیجه رسیدیم که شیب‌های ۲۰ الی ۴۰ درصد در این منطقه در ایجاد حرکات توده‌ای تاثیر به‌سزایی داشته و بعد از آن شیب‌های بین ۱۰ الی ۲۰ درصد بیشترین خطر و ریسک را از نظر ایجاد حرکات توده‌ای دارا می‌باشند (۱).

۴- جهت جغرافیایی

نقشه جهت نشان می‌دهد که اکثر دامنه‌های موجود در این منطقه دارای جهت شمالی یا متمایل به شمال می‌باشند و بخشی هم دارای جهت غربی هستند و این همان جهتی است که مستعد حرکات توده‌ای است.

۵- ارتفاع

ارتفاع در منطقه مورد مطالعه از نظر تبدیل نوع بارش از باران به برف می‌تواند در وقوع حرکات توده‌ای بسیار موثر باشد با مطالعات انجام شده معلوم گردید که تا اواخر اردیبهشت ماه منطقه پوشیده از برف باقی می‌ماند و ذوب تدریجی برف باعث ایجاد بسیاری از این پدیده‌ها از جمله تخت‌انک‌ها می‌شود. با توجه به جداول مربوط به ارتفاع اثرگذاری این عامل را بهتر می‌توان دید. زیرا بر اساس این جداول بیشترین فراوانی حرکات توده‌ای از ارتفاع ۱۹۰۰ متری است که این ارتفاع در منطقه مورد مطالعه خط برف محسوب می‌شود.

۶- بارش

با بررسی منحنی‌های بارش و ترسالی و خشکسالی‌ها مشخص گردید که اکثر سال‌های مورد مطالعه جزء سال‌های خشک محسوب می‌شوند و در معدودی هم که بالای خط متوسط قرار گرفته فاصله چندانی با خط متوسط بارش ندارند. نوع بارش‌ها که اغلب به صورت برف است در به وجود آمدن حرکات توده‌ای موثر است. طبق جداول به‌دست آمده بیشترین مقدار حرکات توده‌ای در محدوده بارندگی ۵۵۰ الی ۶۰۰ میلیمتر اتفاق افتاده است.

محاسبه وزن یا مقدار اثر بخشی هر یک از عوامل مورد مطالعه

برای تعیین وزن هر یک از معیارهای شش‌گانه ماتریس 6×6 به صورت جدول ۲ تعریف گردید. سپس با مقایسه دو به دو عناصر ماتریس مربوطه و با استفاده از جدول (۱) همچنین نظر کارشناسان که از طریق پرسش‌نامه‌ها به‌دست آمده بود و مقایسه آنها با درصد مساحت شاخص‌های موثر در حرکات توده‌ای نسبت به کل مساحت رخصاره حرکات توده‌ای و واسنجی این اعداد نسبت به اشل ۹ تایی تعیین شده در جدول (۱) تعیین گردید.

جدول (۱) عدد ۴ را در نظر گرفت. به همین ترتیب سایر عناصر ماتریس شماره ۲ نیز تکمیل گردید. همان گونه که مشاهده می‌شود قطر این ماتریس یک است که نشان دهنده اهمیت یکسان معیارها بر خود است به عنوان مثال الویت یا اهمیت ارتفاع به ارتفاع، یا شیب به شیب عدد یک است.

نیمه راست ماتریس به این شکل تکمیل شده و نیمه‌چپ معکوس نیمه راست است. به این صورت که اگر الویت سنگ‌شناسی به کاربری اراضی ۴ باشد الویت یا اهمیت کاربری اراضی به سنگ‌شناسی $\frac{1}{4}$ خواهد بود.

به عنوان مثال عنصر ۱ و ۱ ماتریس مورد نظر (ستون ۱، ردیف ۱) نشانگر الویت معیار سنگ‌شناسی به معیار سنگ‌شناسی است که دارای الویت یا اهمیت یکسانی نسبت به هم می‌باشند و عددی که برای این الویت در جدول (۱) ذکر شده است برابر ۱ است. که در این خانه ماتریس جایگزین خواهد شد و یا خانه ۱ و ۲ ماتریس (ستون ۲، سطر ۱) که الویت یا اهمیت معیار سنگ‌شناسی به کاربری اراضی را نشان می‌دهد که اکثر کارشناسان با توجه به داده‌های به‌دست آمده در منطقه اهمیت معیار سنگ‌شناسی نسبت به کاربری اراضی را کمی مهم‌تر و یا با اهمیت قوی دانسته‌اند که می‌توان برای آن بر اساس

جدول ۲- ماتریس وزن دهی به معیارها

	ارتفاع	بارش	جهت	شیب	کاربری اراضی	سنگ‌شناسی
سنگ‌شناسی	۹	۸	۷	۷	۴	۱
کاربری اراضی	۸	۷	۶	۶	۱	$\frac{1}{4}$
شیب	۵	۴	۱	۱	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$
جهت	۵	۴	۱	۱	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$
بارش	۲	۱	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$
ارتفاع	۱	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$

این روش شامل سه مرحله زیر است:

۱- مقادیر هر یک از ستون‌ها را با هم جمع می‌کنیم (جدول ۳).

به عنوان مثال برای ستون سنگ‌شناسی به صورت زیر عمل می‌گردد:

مجموع ستون سنگ‌شناسی برابر است با:

$$1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{7} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} = 1/77$$

حال جهت نرمال‌سازی و محاسبه وزن و الویت‌های نسبی هر گزینه از ماتریس مقایسه زوجی (ماتریس شماره ۲) چندین روش پیشنهاد شده است که اهم آنها عبارتند از:

روش حد اقل مربعات معمولی،

روش حد اقل مربعات لگاریتمی،

روش بردار ویژه،

روش تقریبی.

در این تحقیق از روش تقریبی (میانگین حسابی) استفاده شده است.

جدول ۳- محاسبه مجموع اولویت هر کدام از ستون‌ها

	ارتفاع	بارش	جهت	شیب	کاربری اراضی	سنگ‌شناسی
سنگ‌شناسی	۹	۸	۷	۷	۴	۱
کاربری اراضی	۸	۷	۶	۶	۱	$\frac{1}{4}$
شیب	۵	۴	۱	۱	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$
جهت	۵	۴	۱	۱	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$
بارش	۲	۱	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$
ارتفاع	۱	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$
مجموع	۳۰	$\frac{24}{5}$	$\frac{15}{45}$	$\frac{15}{45}$	$\frac{5}{60}$	$\frac{1}{77}$

۲- تقسیم هر عنصر از ماتریس به جمع کل ستون همان به عنوان مثال برای 1,1 به صورت زیر خواهد بود:

عناصر (جدول ۴). $i_{11} = 1 \div 1/77 = 0/5644$

جدول ۴- محاسبه ضریب اولویت بدون بعد در هر ستون

	ارتفاع	بارش	جهت	شیب	کاربری اراضی	سنگ‌شناسی
سنگ‌شناسی	۰/۳	۰/۳۲۶۵	۰/۴۵۳۱	۰/۴۵۳۱	۰/۷۱۱۴	۰/۵۶۴۴
کاربری اراضی	۰/۲۶۶۷	۰/۲۸۵۷	۰/۳۸۸۳	۰/۳۸۸۳	۰/۱۷۸۵	۰/۱۴۱۱
شیب	۰/۱۶۶۷	۰/۱۶۳۳	۰/۰۶۴۷	۰/۰۶۴۷	۰/۰۲۹۸	۰/۰۸۰۶
جهت	۰/۱۶۶۷	۰/۱۶۳۳	۰/۰۶۴۷	۰/۰۶۴۷	۰/۰۲۹۸	۰/۰۸۰۶
بارش	۰/۰۶۶۷	۰/۰۴۰۸	۰/۰۱۶۲	۰/۰۱۶۲	۰/۰۲۵۵	۰/۰۷۰۵
ارتفاع	۰/۰۳۳۳	۰/۰۲۰۴	۰/۰۱۲۹	۰/۰۱۲۹	۰/۰۲۲۳	۰/۰۶۲۷

۳- محاسبه متوسط عناصر در هر سطح به عنوان مثال متوسط سطر و یا وزن نسبی معیار به صورت

زیر محاسبه می‌شود (جدول ۵):

$$\Omega_1 = \frac{0/5644 + 0/7114 + 0/4531 + 0/4531 + 0/3265 + 0/03}{6} = 0/2834 \approx 0/4 \rightarrow \text{وزن سنگ‌شناسی}$$

جدول ۵- محاسبه وزن هر کدام از عوامل

	متوسط سطر	ارتفاع	بارش	جهت	شیب	کاربری اراضی	سنگ‌شناسی
سنگ‌شناسی	۰/۳۸۳۴	۰/۳	۰/۳۲۶۵	۰/۴۵۳۱	۰/۴۵۳۱	۰/۷۱۱۴	۰/۵۶۴۴
کاربری اراضی	۰/۲۷۴۸	۰/۲۶۶۷	۰/۲۸۵۷	۰/۳۸۸۳	۰/۳۸۸۳	۰/۱۷۸۵	۰/۱۴۱۱
شیب	۰/۰۹۵	۰/۱۶۶۷	۰/۱۶۳۳	۰/۰۶۴۷	۰/۰۶۴۷	۰/۰۲۹۸	۰/۰۸۰۶
جهت	۰/۰۹۵	۰/۱۶۶۷	۰/۱۶۳۳	۰/۰۶۴۷	۰/۰۶۴۷	۰/۰۲۹۸	۰/۰۸۰۶
بارش	۰/۰۳۹۳	۰/۰۶۶۷	۰/۰۴۰۸	۰/۰۱۶۲	۰/۰۱۶۲	۰/۰۲۵۵	۰/۰۷۰۵
ارتفاع	۰/۰۲۷۴	۰/۰۳۳۳	۰/۰۲۰۴	۰/۰۱۲۹	۰/۰۱۲۹	۰/۰۲۲۳	۰/۰۶۲۷

$$\Omega_1 = 0/4$$

سنگ‌شناسی:

بنابراین وزن هر کدام از معیارها در مورد خطر وقوع زمین

$$\Omega_2 = 0/3$$

کاربری اراضی:

لغزش در منطقه مورد مطالعه که حاصل رندکردن متوسط

$$\Omega_3 = 0/1$$

شیب:

سرهای جدول (۵) است به شرح زیر است:

شیب‌های ۱۰ تا ۲۰ درصدی که در آن حرکت توده‌ای نیز اتفاق افتاده باشد).

A_{Ti} : کل مساحت معیار مورد نظر به هکتار (به عنوان مثال کل مساحت شیب‌های ۱۰ تا ۲۰ درصد موجود در منطقه).
 X_i : درصد مساحت هر معیار که دچار حرکت توده‌ای شده است نسبت به مساحت کل همان معیار.

پس از محاسبه تمام X_i ها حداکثر آن را انتخاب کرده و وزن شاخصی را که X_i آن حداکثر شده ۱۰۰ قرار می‌دهیم (این اشل انتخابی است). سپس برای محاسبه وزن سایر شاخص‌ها از فرمول زیر استفاده می‌شود. (توجه! برای هر فاکتور علامت مخصوصی طراحی شده است به عنوان مثال برای سنگ‌شناسی L در نظر گرفته شده است ولی رابطه تغییر می‌نخواهد کرد).

$$L = \frac{X_i}{X_{i_{max}}} \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

$X_{i_{max}}$: حداکثر X_i محاسبه شده برای هر معیار

L : وزن شاخص‌ها در معیار سنگ‌شناسی (در مورد محاسبه وزن شاخص‌های کاربری اراضی، شیب، جهت، بارش و ارتفاع این حرف به ترتیب به حروف H-R-A-S-U تبدیل خواهد شد).

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس روابط (۱ و ۲) محاسبه وزن نسبی تمامی شاخص‌های معیارهای شش‌گانه انجام گرفت که در جداول (۶-۱۱) در زیر آورده شده است.

جهت: $\Omega_4 = 0/1$

بارش: $\Omega_5 = 0/06$

ارتفاع: $\Omega_6 = 0/04$

سپس برای اندازه‌گیری هر کدام از معیارهای شش‌گانه فوق شاخص‌هایی تعیین می‌گردد. به عنوان مثال در سنگ‌شناسی نوع سنگ یا در شیب، طبقات آن و... بعد از این مرحله لایه اطلاعاتی مربوط به معیارهای سنجش شاخص‌های شش‌گانه با نقشه حرکت‌های توده‌ای سال ۱۳۷۹ روی هم انداخته می‌شوند و مساحت هر کدام از واحد‌های این انطباق به‌دست آمده و درصد آنها نسبت به مساحت کل معیار مورد نظر به‌دست می‌آید. به عنوان مثال اگر ۷۰ درصد از مناطقی که دارای شیب ۲۰-۴۰ درصد می‌باشند دچار حرکت‌های توده‌ای شده است و این طبقه شیب دارای بالا ترین درصد وقوع حرکت‌های توده‌ای است. اثرگذاری این رده را در اشل ۰ تا ۱۰۰،۱۰۰ (حداکثر اشل) قرار داده و سپس مقدار اثرگذاری سایر رده‌ها بر حسب درصد محاسبه شده و اشل تعریفی سنجیده می‌شود. برای مثال اگر رده شیب ۱۰ تا ۲۰ درصد دارای فراوانی ۴۵/۵ درصد باشد، مقدار اثرگذاری آن ۶۵ خواهد بود. به همین ترتیب اثرگذاری سایر معیارها برای سنجش شاخص‌های شش‌گانه به‌دست می‌آید که در ذیل آورده شده است. این عملیات را می‌توان به صورت فرمول‌های زیر نیز ارائه داد:

$$x_i = \frac{A_i}{A_n} \times 100 \quad (1)$$

که در آن:

A_i : مساحت هر معیار که در آن حرکت توده‌ای رخ داده به هکتار است. (به عنوان مثال مساحت آن قسمت از

جدول ۶- محاسبه وزن نسبی عامل سنگ‌شناسی

سنگ‌شناسی		
ردیف	سازند	L (وزن شاخص‌های سنگ‌شناسی)
۱	gy	۱۰۰
۲	Pr	۲۵
۳	gy2	۱۵
۴	Q2	۱۰
۵	Qaf-Ngc-Pek-gom-ekv	۰

جدول ۷- محاسبه وزن نسبی کاربری اراضی

کاربری اراضی		
ردیف	نوع کاربری	U (وزن شاخص کاربری اراضی)
۱	مرتع با وضعیت متوسط و ضعیف	۱۰۰
۲	باغات میوه در صورت تغییر کاربری اراضی مرتعی با پوشش خوب به باغ میوه یا شیوه آبیاری غرقایی	۵۰
۳	اراضی کشاورزی دیم	۲۰
۴	مراتع با وضعیت خوب و اراضی سنگی و رودخانه‌ها	۰

جدول ۸- محاسبه وزن نسبی عامل شیب

شیب		
ردیف	کلاس شیب	S (وزن شاخصهای شیب)
۱	۲۰ الی ۴۰ درصد	۱۰۰
۲	۱۰ الی ۲۰ درصد	۶۵
۳	۴۰ الی ۶۰ درصد	۲۰
۴	۵ الی ۱۰ درصد	۵
۵	۰ الی ۵ درصد و بیشتر از ۶۰ درصد	۰

جدول ۹- محاسبه وزن نسبی عامل جهت

جهت		
ردیف	جهت جغرافیایی	A (وزن شاخصهای جهت)
۱	شیب شمالی	۱۰۰
۲	شیب غربی	۷۵
۳	شیب شرقی	۷
۴	شیب جنوبی	۳
۵	مناطق مسطح	۰

جدول ۱۰- محاسبه وزن نسبی عامل بارش

بارش		
ردیف	مقدار بارندگی	R (وزن شاخصهای بارش)
۱	۵۵۰ الی ۶۰۰ میلیمتر	۱۰۰
۲	۵۰۰ الی ۵۵۰ میلیمتر	۸۰
۳	۶۰۰ الی ۶۵۰ میلیمتر	۵۵
۴	۶۵۰ الی ۷۰۰ میلیمتر	۱۰
۵	کمتر از ۵۰۰ میلیمتر	۰

جدول ۱۱- محاسبه وزن نسبی عامل ارتفاع

ارتفاع		
ردیف	مقدار ارتفاع (متر)	H (وزن شاخصهای ارتفاع)
۱	۲۰۰۰ الی ۲۲۰۰ متر	۱۰۰
۲	۱۹۰۰ الی ۲۰۰۰ متر و ۲۲۰۰ الی ۲۴۰۰ متر	۶۰
۳	۲۴۰۰ الی ۲۵۰۰ متر	۴۰
۴	۱۸۰۰ الی ۱۹۰۰	۲۰
۵	کمتر از ۱۸۰۰ متر و بیشتر از ۲۶۰۰ متر	۰

برای پهنه‌بندی مناطق مشابه با استفاده از این ضریب می‌توان این محدوده را به ۴ قسمت تقسیم کرده و به این ترتیب محدوده‌هایی بی‌خطر، دارای خطر کم، پر خطر و بسیار پر خطر را بر اساس جدول (۱۲) مشخص کرد و به این ترتیب نقشه پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای را به‌دست آورد.

اعداد جدول (۱۲) پس از اعمال وزن شاخص‌ها و معیارهای به‌دست آمده در منطقه و مقایسه آن با نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی در سه سری زمانی امتحان گردید و نتیجه قابل قبولی را ارائه دادند.

حال پس از ضرب وزن هر معیار در شاخص مورد نظر و جمع این اعداد که به صورت فرمول زیر ارائه شده است می‌توان ضریب خطر یا ریسک منطقه را نسبت به حرکت‌های توده‌ای محاسبه کرد. که در اینجا این ضریب به نام M خوانده می‌شود. محدوده M محاسبه شده برای مناطق مختلف بین ۰ تا ۱۰۰ نوسان خواهد داشت ($0 \leq M \leq 100$). در صورتی که $M=0$ باشد نشانگر عدم وجود خطر حرکت‌های توده‌ای بوده و $M=100$ نشانگر حد اکثر ریسک یا خطر است.

$$M = \Omega_1 * L + \Omega_2 * U + \Omega_3 * S + \Omega_4 * A + \Omega_5 * R + \Omega_6 * H$$

جدول ۱۲- کلاسه‌بندی خطر حرکات توده‌ای براساس روش AHP

مقدار خطر	امتیاز	کلاس درجه بندی (M)
بی‌خطر	۲۵-۰	۱
خطر کم	۵۰-۲۵	۲
خطر زیاد	۷۵-۵۰	۳
خطر بسیار زیاد	۱۰۰-۷۵	۴

منابع

- ۱- احمدی، حسن، شیرین محمدخان، ۱۳۷۹. بررسی اثرات شیب و جهت بر روی حرکات توده‌ای از طریق GIS ارائه شده در اولین کنفرانس کاربرد های GIS, RS در بیابان زدایی.
- ۲- احمدی، حسن، ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی جلد ۱، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- آراسته، محمد رضا، ۲۰۰۲. همایون معدل، همایون، بررسی جذابیت پیل سوختی در مقایسه با سایر فناوری های قابل استفاده در صنعت خودرو کشور با استفاده از AHP، دانشگاه صنعتی شریف، نشریات.
- ۴- حافظی مقدس، ناصر، ۱۳۷۲. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زمین شناسی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- زکی زاده، حمیدرضا، ۱۳۷۳. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه تهران.
- ۶- صالحی صدقیانی، ۲۰۰۲. جمشید، رویکردی ریاضی به فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مجله مطالعات مدیریت ص ص ۱۳۶-۱۱۱.
- ۷- فلاح راد، ۱۳۶۹. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۸- قدسی پور، حسن، ۱۳۷۹. تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP) انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

9-Davidson, k apustka, koch, 1991. The Role of Plant Root Distribution and Strenght in Moderating Erosion of Red Clay in the Lake Superior Watershed , Soil and Fertilizer.

10- Saaty, Thomas, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Journal of Athemactical Psychology.

11- Xilin in *et al.*, 2001. Influence of Geologic Factors on Landslides in Zhaotong, China Environ Geol Water Sci, Vol, 19, No 2.

A Modeling of Mass Movement Hazard, Case Study: Taleghan Drainage Catchment

H. Ahmadi¹

Sh. Mohammadkhan²

S. Feiznia³

J. Ghoddousi⁴

Abstract

The aim in this research was to initially study and determine the factors affecting mass movement through literature review, then by further investigation find the specific factors that are most effective in mass movement in the study area. A time interval of years 1966 to 2000 was employed. A study of change in factors during this interval, area affected by mass movement, and field surveys to check for accuracy of data were carried out. The resulting tables and statistical results were used in a later phase of investigation.

In the latter phase, it was found that traditional statistical tests for structuring a simple model usable for landslide hazard are not applicable due to the fact that the effective factors used are qualitative. Therefore, another method, called systematic hierarchal analysis, was employed, and on the basis of oral as well as descriptive standards, coefficient Ω was obtained for each factor. Then for each factor, new values were obtained through multiplication by the factor coefficient. were added to reach a final value. By classifying this value; the ranges of mass movement hazard were obtained in four different classes in the region.

¹ -Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran (E-mail: Ahmadi@ut.ac.ir)

² -Ph.D. Scholar of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

³ -Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

⁴ -Scientific Member, Soil conservation and watershed Management Research Institute