Archive of SID

پهنه بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)
(مطالعه موردی حوزه آبخیز گرمی چای)[۱]

حسن احمدی [۲] اباذر اسمعلی[۳] سادات فیض نیا[٤] محسن شریعت جعفری[٥]

چکیده

بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های یک منطقه و پهنه‌بندی خطرهای حاصل از آن می‌تواند کمک موثری در کاهش خسارت‌های حاصل از این پدیده بنماید، تحقیق حاضر تلاشی در این زمینه بوده و با بررسی عوامل موثر ایجاد زمین‌لغزش‌ها و روش‌های مختلف پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای، اقدام به پهنه‌بندی حوزه آبخیز گرمی چای به دو روش رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسله مراتبی نموده است. روش کار به این صورت انجام گرفت که ابتدا عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه بررسی شده و مهم‌ترین عوامل موثر به ترتیب اولویت شامل سنگ شناسی، شیب، کاربری اراضی، عناصر خطی، بارش، جهت دامنه و ارتفاع شناسایی شدند و سپس نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها تهیه شد. در روش رگرسیون چند متغیره از چهار تیمار اول استفاده شد و نقشه واحدهای همگن ژئومورفولوژی مربوط به آنها توسط GIS[٦] تهیه شد. به منظور کمی کردن عوامل و وزن دهی آنها از درصد سطح لغزش یافته در واحدهای مختلف استفاده شد و تجزیه تحلیل آماری با استفاده از روش گام به گام [۷]انجام گرفت که در نهایت مدل پهنه‌بندی با استفاده از این روش با حذف عامل بارش به‌دست آمد. در روش تحلیل سلسله مراتبی از هفت عامل یاد شده استفاده شد که در این روش عوامل در نظر گرفته شده به‌صورت زوجی مقایسه شده و وزن عوامل محاسبه می‌شود. برای کلاسه بندی عوامل نیز از منحنی تجمعی استفاده شد و با در نظر گرفتن درصد سطح لغزش یافته امتیازدهی آنها انجام پذیرفت. در پایان با در نظر گرفتن وزن‌های به‌دست آمده برای هر عامل و امتیازهایی که به خود اختصاص دادند مدل پهنه بندی به‌دست آمد در مقایسه نتایج به‌دست آمده با استفاده از این دو روش معلوم شد که، روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها به‌دلیل برخورداری از متغیرهای بیشتر و کلاسه بندی اصولی و بدون اعمال نظر کارشناس نسبت به روش رگرسیون چند متغیره از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و دقت بیشتری دارد. بنابراین مدل به‌دست آمده از این روش به عنوان مدل نهایی انتخاب شد.

واژه های کلیدی: *پهنه‌بندی، حرکت‌های توده‌ای، زمین لغزش، رگرسیون چند متغیره، تحلیل سلسله مراتبی، گرمی چای، GIS.*

---

[۱] – تاریخ دریافت:۸۱/۹/۱۲ تاریخ تصویب نهایی:۸۲/۳/۲٦

[۲] – استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران(E-mail:Ahmadi@chamran.ut.ac.ir)

[۳] – دانشجوی دوره دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

[٤] – استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

[٥] – مربی پژوهشی مرکزتحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

[٦]_Geographic Information System

[۷]- Stepwise

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

زمین لغزش‌ها هر ساله موجب خسارت‌های سنگینی می‌گردند که بعضاً جبران این خسارت‌ها ممکن نیست و یا نیاز به صرف وقت و هزینه بسیار زیاد دارد. لذا برنامه‌ریزی برای جلوگیری از این خسارت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و موجب جلوگیری از هدر رفتن بسیاری از منابع ملی می‌گردد. به طور کلی می‌توان هدف نهایی از بررسی و مطالعه زمین لغزش‌ها را یافتن راه‌های کاهش خسارت‌های ناشی از آنها ذکر کرد. این کار ممکن است به روش‌های مختلف مانند پهنه‌بندی خطر زمین لغزش برای تعیین مناطق خطرناک و تهیه دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌ها برای استفاده مناسب یا پرهیز از این مناطق یا به‌وسیله مطالعه موردی یک زمین لغزش و ارائه راه‌حل برای کنترل آن یا هر روش دیگر صورت گیرد(۵).

در اثر بارندگی‌های شدید در مهر ماه ۱۳۷۴ در شهرستان گرمی در استان اردبیل، زمین لغزش وسیعی در محله کتول آباد این شهرستان رخ داد و موجب تخریب حدود ۲۵۰ واحد مسکونی و خسارت‌های فراوان دیگر گردید، بخش وسیع دیگری از شهر نیز درگیر زمین لغزش دیگری معروف به زمین لغزش پشت بیمارستان است که دارای وسعت حدود ۱۲۰ هکتار بوده و همچنان فعال است (۲).

اگرچه مطالعات پراکنده‌ای در مورد زمین لغزش‌های این منطقه انجام گرفته است ولی تاکنون مطالعه جامعی از لحاظ عوامل ایجاد این زمین لغزش‌ها و بررسی مناطق مختلف از لحاظ حساسیت به زمین لغزش صورت نگرفته است.

براب و همکارانش[1] (۱۹۷۲) در اولین کار تجزیه و تحلیل پایداری شیب در منطقه سن میتو[2] در کالیفرنیا از نقشه پراکنش زمین لغزش برای ارزش‌دهی کیفی به عواملی مانند زمین شناسی و شیب استفاده نمودند و پهنه‌بندی را به‌طور کیفی انجام دادند(۶).

ناگاراجان و همکاران[3] (۲۰۰۰) برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در نواحی حاره‌ای هند از روش وزن‌دهی به پارامترهای منطقه‌ای و اقلیمی استفاده کرده‌اند و با در نظر گرفتن فراوانی زمین لغزش‌ها در کلاس‌های مختلف عوامل ایجاد زمین لغزش‌ها، کلاس‌های نهایی را پس از وزن دهی کارشناسانه برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش انتخاب کرده‌اند(۱۱).

حسن زاده (۱۳۷۹) عمل پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را با در نظر گرفتن عوامل سنگ شناسی، شیب دامنه، بارندگی و کاربری اراضی در حوزه آبخیز شلمانرود انجام داده و با به‌کار گیری روش رگرسیون چند متغیره و حذف عامل بارندگی پهنه‌بندی نهایی را برای حوزه آبخیز شلمانرود در استان گیلان انجام داده و در نهایت برای نتیجه‌گیری بهتر مدل نهایی را در روی حوزه آبخیز کیارود اعمال کرده و نتایج به‌دست آمده را قابل قبول ارزیابی می‌کند(۴).

محمد خان (۱۳۸۰) عمل پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای را برای حوزه آبخیز طالقان و با در نظر گرفتن شش عامل شیب، ارتفاع، سنگ شناسی، بارندگی، جهت دامنه و کاربری اراضی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پهنه‌بندی کرده است(۸).

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعه شده حوزه آبخیز گرمی چای است که در محدوده جغرافیایی "۱۱ ′۱ °۴۸ تا "۵۲ ′۹ °۴۸ طول شرقی و "۵۸ ′۵۳ °۳۸ تا "۵۸ ′۱۱ °۳۹ عرض شمالی قرار گرفته است. این حوزه از نظر تقسیمات کشوری مربوط به استان اردبیل، شهرستان گرمی است و از شمال و جنوب به جمهوری آذربایجان و از شرق به حوزه آبخیز آراز چای و از غرب به حوزه آبخیز ساری قمیش چای محدود می‌شود. این حوزه دربرگیرنده شهرستان گرمی بوده که در مرکز حوزه قرار گرفته است. مساحت آن در حدود ۱۸۰ کیلومتر مربع است که ۵۵ درصد آنرا مناطق کوهستانی و ۴۵ درصد آنرا دشت تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

---

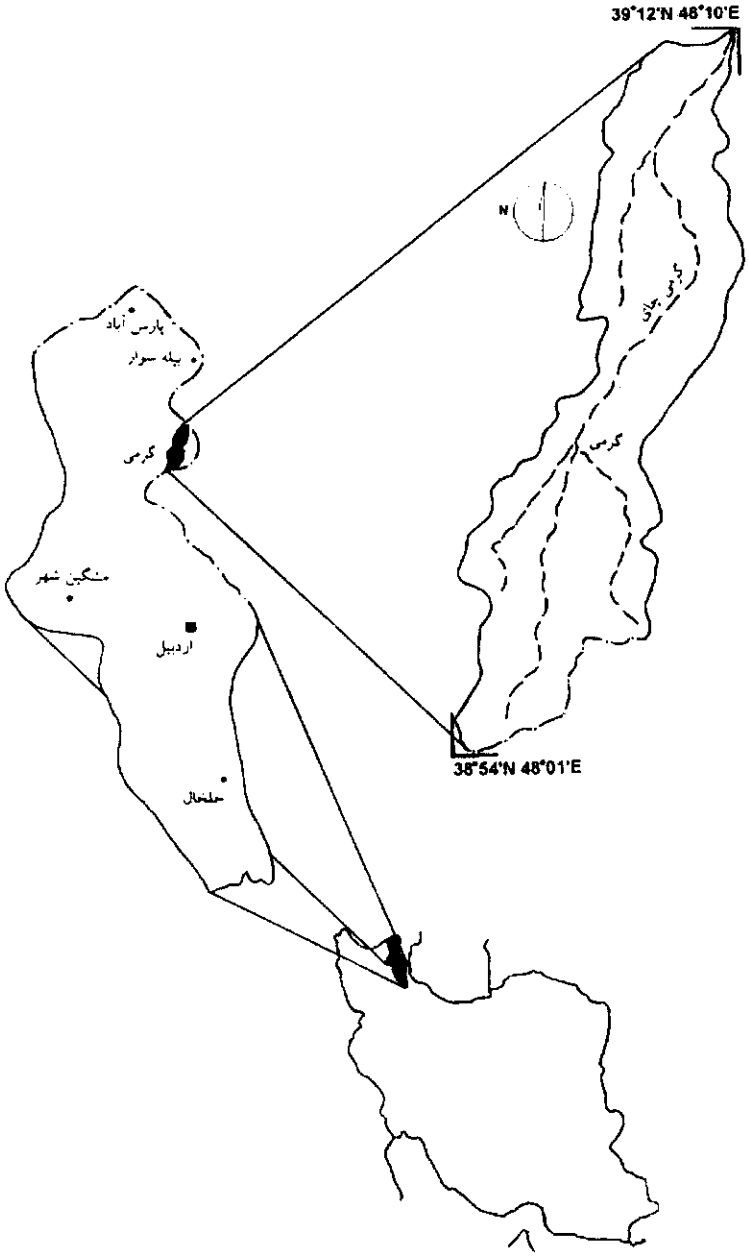
[1]- Brabb et al.

[2]- Sanmateo

[3]- Nagarajan et al.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز گرمی چای

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

روش‌های به‌کار رفته برای پهنه بندی حوزه آبخیز گرمی چای شامل روش‌های رگرسیون چند متغیره و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها می‌باشند که روش رگرسیون چند متغیره رابطه متقابل متغیرهای مستقل (عوامل موثر) با همدیگر و تاثیر عوامل مختلف را به‌طور یکجا در وقوع زمین لغزش (متغیر وابسته) در نظر می‌گیرد. از این نظراین روش نسبت به روش‌های تجربی که تاثیر هر یک از عوامل را به‌طور جداگانه در وقوع زمین لغزش‌ها بررسی می‌کنند، ارجحیت دارد (۳و۱۱).

روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها نیز بر پایه مقایسه زوجی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها استوار بوده و ابتدا با وزن دهی به تک تک عوامل موثر در نظر گرفته شده برای پهنه بندی و سپس امتیاز دهی به هر کدام از کلاس‌های مربوط به هر یک از عوامل، ضرایبی به دست می‌آورد که بر اساس آنها مدل نهایی را ارائه می‌نماید(۷).

- بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های حوزه آبخیز گرمی چای

معمول‌ترین روش بررسی عوامل موثر استفاده از پرسشنامه و مرفومتری زمین لغزش‌های موجود در داخل حوزه با استفاده از کارهای زمینی می‌باشد که برای حوزه آبخیز گرمی چای صورت گرفته است. در کارهای زمینی توجه به مواردی از قبیل موقعیت زمین لغزش‌ها، ساختار سنگ شناسی، پوشش گیاهی، نوع کاربری اراضی در محدوده زمین لغزش، شیب دامنه و عواملی مثل جاده‌سازی، وجود آبراهه و رودخانه، ارتفاع منطقه، جهت دامنه و ... الزامی بوده و کارشناس مربوطه می‌تواند با بررسی این عوامل تا حدودی به عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها پی ببرد(۹).

- اولویت بندی عوامل موثر

با توجه به متفاوت بودن درجه اهمیت عوامل موثر در ایجاد زمین لغزش‌ها، شناسایی و اولویت‌بندی درست عوامل نیز الزامی است که بخشی از این‌کار به‌وسیله پرسشنامه صورت می‌گیرد و بخش دیگر با مقایسه تک تک هر کدام از عوامل با یکدیگر انجام می‌گیرد. بنابراین با در نظر گرفتن پارامترهای مانند درصد سطح لغزش یافته مربوط به هر کلاس عوامل و نحوه پراکنش زمین لغزش‌های هر کلاس (پراکنده یا مجتمع) و با توجه به کارهای صحرایی، مهم‌ترین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های حوزه آبخیز گرمی چای به ترتیب الویت به‌صورت زیر شناسایی شدند:

۱- نوع سازند، ۲- شیب، ۳- کاربری اراضی، ۴- جاده و رودخانه (عناصر خطی)، ۵- بارش، ۶- جهت دامنه ۷- ارتفاع

- تهیه نقشه پراکنش زمین لغزشها

با تفسیر عکس‌های هوایی ۲۰،۰۰۰ : ۱ سال ۱۳۷۱مناطق مستعد به زمین لغزش مورد شناسایی قرار گرفتند و مناطقی را که مرفولوژی آنها زمین لغزش را نشان می‌داد علامت گذاری شدند تا در منطقه مورد بازبینی قرار گیرند. اما مهم‌ترین بخش تهیه نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها مربوط به بازدیدهای منطقه‌ای و تطبیق زمینی بوده است به این صورت که تک تک مناطق علامت‌گذاری شده در روی عکس‌های هوایی بایستی با مشاهده زمینی و تکمیل پرسشنامه مورد بازدید قرار گرفته و مناطقی را که احتمالاً مربوط به زمین لغزش نبوده و علت‌های دیگری داشته‌اند حذف شدند(۱۳). همچنین برای تعیین موقعیت دقیق هر کدام از زمین لغزش‌ها و تهیه نقشه پراکنش آنها از دستگاه GPS[1] استفاده شد که در نهایت پس از تهیه نقشه پراکنش زمین لغزشها، این نقشه با استفاده از امکانات GIS رقومی شده و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید تا در تعیین عوامل موثر در وقوع زمین لغزشها برای تلفیق با نقشه‌های دیگر آماده باشد.

- تهیه نقشه‌های عوامل موثر

۱- Global Positioning System

www.SID.ir

Archive of SID

نقشه های مربوط به هفت عامل موثر که قبلا به آنها اشاره شد توسط امکانات GIS تهیه شده و به منظور ایجاد واحدهای همگن و کمی کردن عوامل با توجه به قابلیت‌های مربوط به هر نقشه به چند کلاس طبقه‌بندی شدند، که در بر گیرنده نقشه‌های زیر می باشند:
۱- نقشه عامل سنگ شناسی؛ ۲- نقشه شیب؛ ۳- نقشه کاربری اراضی؛ ۴- نقشه عناصر خطی؛ ۵- نقشه طبقات بارش؛ ۶- نقشه طبقات ارتفاع؛ ۷- نقشه جهت دامنه ها.

- تعیین واحدهای همگن در منطقه

به منظور پهنه‌بندی حوزه آبخیز گرمی چای با روش رگرسیون خطی چند متغیره در ابتدا نقشه‌های سنگ‌شناسی، شیب، کاربری اراضی و بارش انتخاب و نقشه واحد همگن ژئومورفولوژی منطقه تهیه گردید که این کار از طریق منوی overlay درمحیط نرم افزار Idrisi انجام پذیرفت و در کل ۱۲۶ واحد همگن به‌دست آمد. این واحدهای همگن واحدهایی هستند که دارای ویژگی‌های مشترکی از نظر عوامل سنگ شناسی، شیب، کاربری اراضی و بارش هستند و به واسطه داشتن اختلاف با واحدهای مجاور خود از نظر یکی از عوامل ذکر شده از آنها متمایز می‌شوند. به این ترتیب در مورد هر عامل می‌توان تعدادی از واحدهای همگن را انتخاب کرده و مقدار تاثیر آنرا در وقوع زمین لغزش‌ها را بررسی و به مقادیر کمی تبدیل نمود.

- کمی کردن عوامل موثر و وزن دهی آنها

کمی کردن عوامل و وزن دهی کلاسه‌های مختلف آن با توجه به درصد سطح لغزش یافته در واحدهای همگنی صورت می‌گیرد که از نظر تمامی عوامل در نظر گرفته شده مشابه بوده و به واسطه تغییر تنها یکی از عوامل متفاوت می‌باشند، به این منظور ابتدا نقشه واحدهای همگن و نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها را روی هم انداخته و مساحت زمین لغزش‌های موجود در هر واحد همگن به‌دست می‌آید. نسبت این مساحت به مساحت واحد همگن به عنوان Y در نظر گرفته می‌شود که در واقع بیانگر درصد سطح لغزش یافته در هر واحد همگن می‌باشد، و به این دلیل درصد سطح لغزش یافته مدنظر است که می‌توان آثار هر کدام از عوامل را نسبت به درصد سطح لغزش یافته مقایسه کرد و در اینجا Y تابعی خواهد بود از هر کدام از عوامل موثر. به عنوان مثال در مورد عامل شیب، واحدهای همگنی را که از نظر سه عامل سنگ شناسی، کاربری زمین‌ها و بارندگی مشابه بوده و تنها به واسطه کلاسه‌های مختلف عامل شیب از هم مجزا شده‌اند در نظر گرفته و مقدار Y در آنها مقایسه می‌شود، که حاصل آن جدولی با پنج ستون کلاس شیب و ردیف‌هایی که واحدهای همگن با تغییر به واسطه کلاسه‌های مختلف شیب می‌باشند. برای کدگذاری (وزن دهی) به کلاسه‌های مختلف هر یک از عوامل، رابطه رگرسیونی بین زوج کلاسه‌هایی (ستون‌های اشاره شده) که بیشترین همبستگی را با هم دارند، در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان مثال برای عامل شیب که دارای پنج کلاس است، رابطه رگرسیون خطی بین تمامی کلاس‌های آن با همدیگر در نظر گرفته شده است و با اختصاص کد ۱۰ برای کلاس ۳ که بیشترین میانگین درصد سطح لغزش یافته را داشته است، مقادیر ۴/۷۱ برای کلاس ۱، ۹/۰۴ برای کلاس ۹/۲،۴ برای کلاس ۴ و ۵/۹۹ برای کلاس پنجم شیب بدست می‌آید، که بیانگر مقدار ارزش هر کدام از کلاس‌ها و تاثیر آنها در وقوع زمین لغزش‌ها می‌باشد.

پهنه بندی حوزه آبخیز گرمی چای با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره(MR)

- تجزیه و تحلیل آماری و ایجاد رابطه رگرسیونی بین عوامل

به منظور انجام رگرسیون چند متغیره بین عوامل، پس از دستیابی به کدهای مربوط به کلاسه‌های مختلف هر یک از عوامل، این اطلاعات به محیط نرم افزار spss منتقل شد که در آن چهار تیمار شیب، سنگ شناسی، بارش و کاربری زمین‌ها در برابر واحدهای همگن به تعداد ۱۲۶ تکرار قرار گرفت. در انتخاب روش رگرسیون چند متغیره روش stepwise با درصد اطمینان بیش از ۹۰ درصد انتخاب

www.SID.ir

Archive of SID

شـد. باتوجـه بـه نـتایج حاصل از تجزیه وتحلیل رگرسیون چـند متغیره، عامل بارش به‌دلیل داشتن ضریب معنی‌داری کمتر از ۹۰ درصد (برای بارش ضریب معنی‌داری در حدود ۴۵ درصـد بـه‌دست آمده است که از نظر آماری رابطه قوی بـا درصـد سـطح لغـزش یافته در واحدهای همگن نداشته اسـت) حذف شده است ولی عوامل شیب، سنگ شناسی و کاربـری زمیـن‌هـا در سـطح اعتماد بین ۹۳ تا ۱۰۰ درصد معنی‌دار بوده و مقدار r آنها ۰/۷۴۳ بوده است.

در نهایـت بـا استفاده از نتایج حاصل، مدل به‌دست آمده به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Y = 4.977X_1 + 2.034X_2 + 1.229X_3 - 24.309 \quad (۱)$$

که در آن:

Y: عامل حساسیت؛

X1 : عامل کاربری اراضی؛

X2 : عامل سنگ شناسی؛

X3 : عامل شیب می‌باشند.

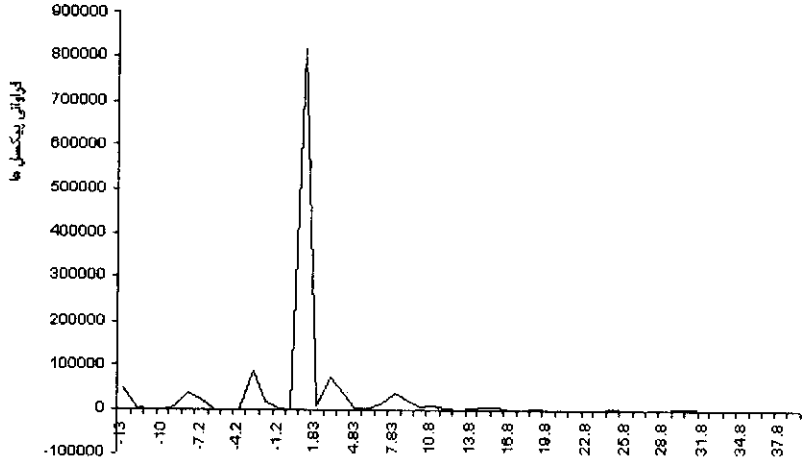
پـس از بـه‌دست آمدن مدل فوق، این مدل در کلیه واحدهـای همگن اعمال شد و پس از انتقال فایل جدول آن به محیط نرم افزاری Excel و ترسیم رابطه بین مقادیر Y و فراوانـی پیکسـل‌هـای مـربوط بـه آنها (شکل ۲)، منطقه گرمی چای از نظر حساسیت به زمین لغزش به شش کلاس زیر طبقه‌بندی شده و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزشهای حـوزه بـا اسـتفاده از روش رگرسـیون چـند متغیره بدست آمد(شکل۳).

بطوریکه:

Y<-10	مناطق غیر حساس
-10<Y<-5	مناطق با حساسیت کم
-5<Y<-0.17	مناطق با حساسیت متوسط
-0.17<Y<1.83	مناطق نسبتاً حساس
1.83<Y<5.73	مناطق با حساسیت زیاد
5.73<Y	مناطق با حساسیت خیلی زیاد

پهـنه بـندی حـوزه آبخـیز گرمـی چـای با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

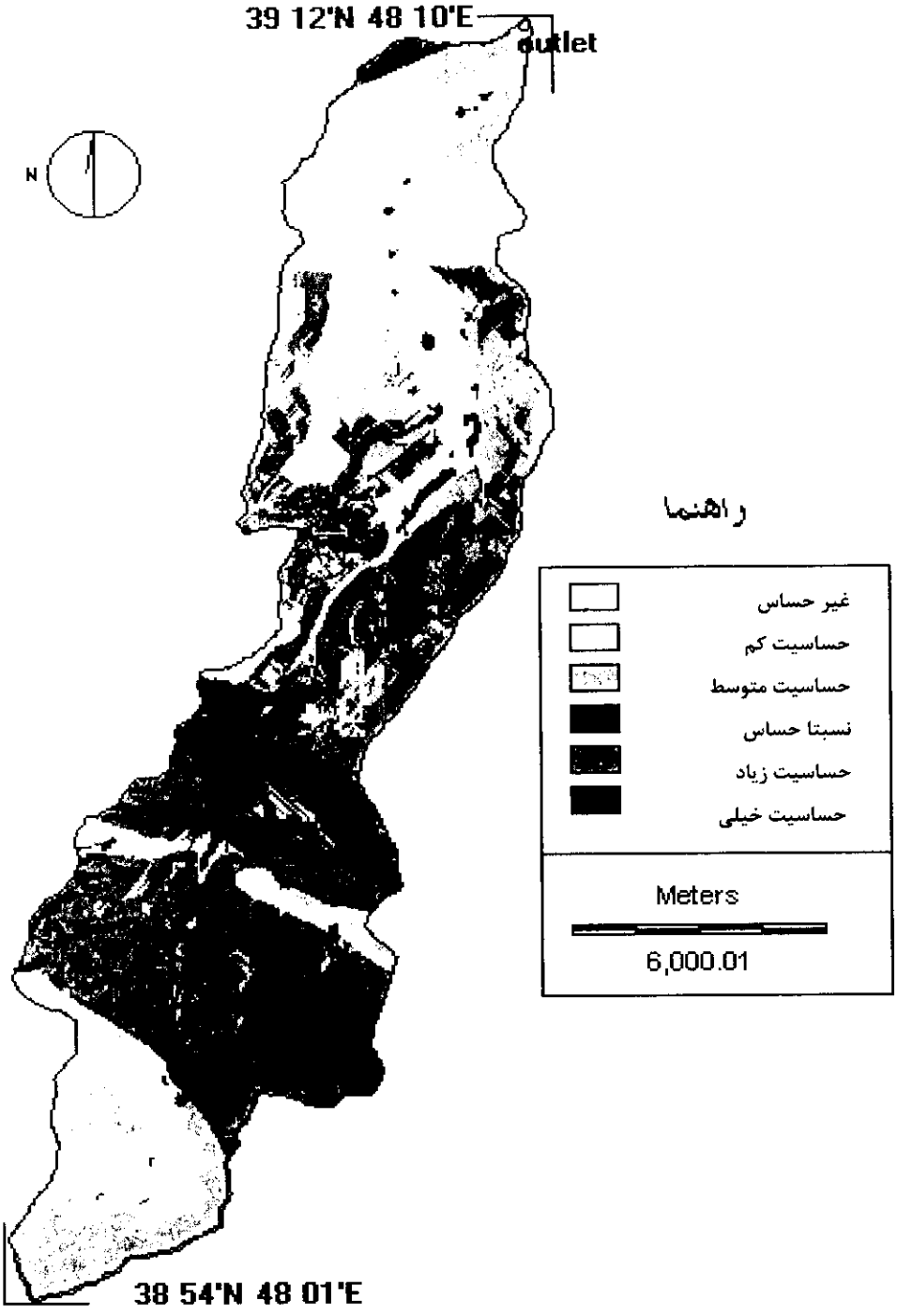
در ایـن روش ابـتدا بمـنظور تعیین ارجحیت عوامل مخـتلف و تـبدیل آنها به مقادیر کمی از قضاوتهای شفاهی (نظـر کارشناسـی) اسـتفاده مـی شود به طوری که تصمیم گـیرنده ارجحیـت یـک عـامل را نسـبت بـه عامل دیگر به صورت جدول (۱) در نظر گرفته و این قضاوتها را به مقادیر کمـی بیـن ۱ الـی ۹ تـبدیل می نماید (۷). واضح است که محـدوده اعـداد کمـی شـده صرفا بر اساس نظر کارشناسی بـوده و متخصـص مـربوطه می تواند محدوده اعداد کمی را بصـورت تجربـی و با بررسی کارهای مشابه تعیین نماید که در اینجا مقادیر کمی ۱ الی ۹ در نظر گرفته شده است.



شکل ۲- فراوانی پیکسل‌ها در برابر مقادیر Y در پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش رگرسیون چند متغیره (MR)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش‌های حوزه آبخیز گرمی چای با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره(MR)

www.SID.ir

Archive of SID

پس از تشکیل جدول فوق به منظور انجام عمل پهنه بندی به ترتیب مراحل زیر انجام می شود:

۱- مقایسه زوجی بین عوامل و اولویت‌بندی عوامل براساس وزن آنها

به منظور مقایسه زوجی عوامل مختلف و تعیین میزان ارجحیت عوامل مختلف نسبت به یکدیگر جدولی بصورت زیر تشکیل گردید:

جدول ۲- مقایسه زوجی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های حوزه آبخیز گرمی چای

	سنگ شناسی	شیب	کاربری اراضی	عناصرخطی	بارش	جهت دامنه	ارتفاع
سنگ شناسی	۱	۳	۵	۵	۷	۸	۹
شیب	۱/۳	۱	۳	۳	۴	۵	۶
کاربری اراضی	۱/۵	۱/۳	۱	۱	۳	۴	۵
عناصر خطی	۱/۵	۱/۳	۱	۱	۳	۴	۵
بارش	۱/۷	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱	۲	۳
جهت دامنه	۱/۸	۱/۵	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۱	۲
ارتفاع	۱/۹	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱
جمع	۲/۱۱۲	۵/۲۸۳	۱۰/۷۸۳	۱۰/۷۸۳	۱۸/۸۳۳	۲۴/۵	۳۱

حال برای محاسبه وزن هر گزینه از ماتریس مقایسه زوجی از روش تقریبی (میانگین حسابی) استفاده می‌کنیم.

این روش به این صورت است که ابتدا مقادیر هر یک ازستون‌ها را با هم جمع می‌کنیم (که در جدول ۲ این کار انجام گرفته است) و سپس مقادیر هر عنصر از ماتریس را به جمع کل ستون‌های همان عنصر تقسیم کرده و در مرحله آخر متوسط عناصر در هر سطر را به‌دست می‌آوریم(جدول ۳).

جدول ۳- روش میانگین حسابی جهت محاسبه وزن عوامل

	سنگ شناسی	شیب	کاربری	عناصر خطی	بارش	جهت دامنه	ارتفاع	متوسط
سنگ‌شناسی	۰/۴۷۳۵	۰/۵۶۷۹	۰/۴۶۳۷	۰/۴۶۳۷	۰/۳۷۱۷	۰/۳۲۶۵	۰/۲۹۰۳	۰/۴۲۳
شیب	۰/۱۵۷۸	۰/۱۸۹۳	۰/۲۷۸۲	۰/۲۷۸۲	۰/۲۱۲۴	۰/۲۰۴۱	۰/۱۹۳۵	۰/۲۱۶
کاربری	۰/۰۹۴۷	۰/۰۶۳۱	۰/۰۹۲۷	۰/۰۹۲۷	۰/۱۵۹۳	۰/۱۶۳۳	۰/۱۶۱۳	۰/۱۱۸
عناصرخطی	۰/۰۹۴۷	۰/۰۶۳۱	۰/۰۹۲۷	۰/۰۹۲۷	۰/۱۵۹۳	۰/۱۶۳۳	۰/۱۶۱۳	۰/۱۱۸
بارش	۰/۰۶۷۶	۰/۰۴۷۳	۰/۰۳۰۹	۰/۰۳۰۹	۰/۰۵۳۱	۰/۰۸۱۶	۰/۰۹۶۸	۰/۰۵۸
جهت دامنه	۰/۰۵۹۲	۰/۰۳۷۹	۰/۰۲۳۲	۰/۰۲۳۲	۰/۰۲۶۵	۰/۰۴۰۸	۰/۰۶۴۵	۰/۰۳۹
ارتفاع	۰/۰۵۲۶	۰/۰۳۱۵	۰/۰۱۸۵	۰/۰۱۸۵	۰/۰۱۷۷	۰/۰۲۰۴	۰/۰۳۲۳	۰/۰۲۸

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین اولویت هر کدام از عوامل بر اساس مقادیر وزن دریافتی در مورد خطر زمین لغزش‌ها در منطقه مورد مطالعه به‌صورت زیر خواهد بود:

۱- سنگ شناسی	α_1 = ۰/۴۲۳
۲- شیب	α_2 = ۰/۲۱۶
۳- کاربری	α_3 = ۰/۱۱۸
۴- عناصر خطی	α_4 = ۰/۱۱۸
۵- بارش	α_5 = ۰/۰۵۸
۶- جهت دامنه	α_6 = ۰/۰۳۹
۷- ارتفاع	α_7 = ۰/۰۲۸

۲- کلاسه‌بندی عوامل با استفاده از منحنی تجمعی

روشی که در اینجا مورد بررسی قرار می‌گیرد شامل تقسیم‌بندی عوامل مختلف به کلاسه‌های مختلف با الهام از تغییرات ناگهانی این عوامل در ذات طبیعی خود می‌باشد. مثلاً اگر بخواهیم نقشه ارتفاع را کلاسه‌بندی کنیم بهتر است تغییرات ناگهانی توپوگرافی منطقه را از نظر ارتفاع در نظر گرفت که این تغییرات را می‌توان از طریق رسم منحنی‌های تجمعی بین مقادیر این عوامل در مقابل فراوانی پیکلسهای مربوط به آنها مشخص کرد (۱۰).

به این ترتیب برای عامل ارتفاع ۴ کلاس ۶۰۰-۲۹۰، ۱۲۰۰-۶۰۰، ۱۸۵۰-۱۲۰۰ و ۲۲۰۰-۱۸۵۰ متر به‌دست آمد و برای کلاسه بندی سایر عوامل نیز به همین ترتیب عمل شده است.

۳- امتیازدهی به هر کدام از کلاس‌های مربوط به عوامل مختلف

برای این منظور با استفاده از درصد سطح زمین لغزش‌ها در هر کدام از کلاسه‌های مربوط به عوامل مختلف می‌توان کلاسه‌های مختلف را بین صفر تا ۱۰۰ امتیازبندی کرد. به این صورت که برای طبقه‌ای که بیشترین درصد سطح زمین لغزش را دارا می‌باشد ارزش ۱۰۰ داده می‌شود و متناسب با آن برای هر کدام از کلاسهای بعدی با توجه به مقادیر درصد سطح لغزش یافته‌شان ارزشهای متفاوتی داده می‌شود. بعنوان مثال مقادیر به‌دست آمده برای عامل ارتفاع به صورت زیراست:

۱- کلاس ۶۰۰-۲۹۰ و ۲۲۲۰-۱۸۵۰ متر که فاقد زمین لغزش بودند، m=۰،

۲- کلاس ۱۲۰۰-۶۰۰ متر که بیشترین درصد سطح لغزش یافته را داشت، m=۱۰۰،

۳- کلاس ۱۸۵۰-۱۲۰۰ ، m =۴۸/۲۴،

۴- ارائه مدل و پهنه‌بندی حوزه

پس از امتیاز دهی منطقه مورد نظر از نظر هفت فاکتور در نظر گرفته شده، حال می‌توان مقادیر امتیازهای مربوط به کلاسه‌های مختلف عوامل هفت گانه را در ضرایب وزنی به‌دست آمده (α_1 تا α_7) ضرب کرده و با هم جمع نمود که در نهایت فاکتور کلی M و مدل مورد نظر به‌دست خواهد آمد:

$$M=\alpha_1x_1+\alpha_2x_2+\alpha_3x_3+\alpha_4x_4+\alpha_5x_5+\alpha_6x_6+\alpha_7x_7 \quad (۲)$$

و با جایگذاری مقادیر(α_1 تا α_7) که قبلا به‌دست آمده اند می توان مدل نهایی را به صورت زیر نوشت:

$$M=۰/۴۲۳X_1+۰/۲۱۶X_2+۰/۱۱۸X_3+۰/۱۱۸X_4+۰/۰۵۸X_5+۰/۰۳۹X_6+۰/۰۲۸X_7 \quad (۳)$$

که در آن:

M: عامل حساسیت ،

فاکتورهای x1 تا x7 به ترتیب مربوط به عوامل سنگ شناسی، شیب، کاربری اراضی، عناصر خطی، بارش، جهت و ارتفاع می‌باشند؛

و α_1 تا α_7 مربوط به مقادیر وزنی هر کدام از فاکتورهای x_1 تا x_7 می‌باشد.

با توجه به اینکه مقدار تغییرات M بین صفر تا ۱۰۰ می‌باشد. بنابراین می‌توان برای مقادیر کمتر منطقه را نسبت به خطر زمین لغزش بی‌خطر توصیف کرد و نیز برای مقادیر بیشتر منطقه نسبت به خطر زمین لغزش پرخطر خواهد بود. به منظور تفکیک مقادیر M به کلاسه‌های مختلف حساسیت اقدام به رسم منحنی تجمعی فراوانی پیکلسها در برابر مقادیر M شده است (شکل ۴) که با توجه به این منحنی می‌توان حوزه گرمی چای را به پنج کلاس حساسیت به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱- $0 \le M \le 30$ منطقه غیر حساس

www.SID.ir

Archive of SID

۲_ $30 < M \leq 45$ منطقه با حساسیت کم

۳_ $45 < M \leq 62$ منطقه با حساسیت متوسط

۴_ $62 < M \leq 89$ منطقه با حساسیت زیاد

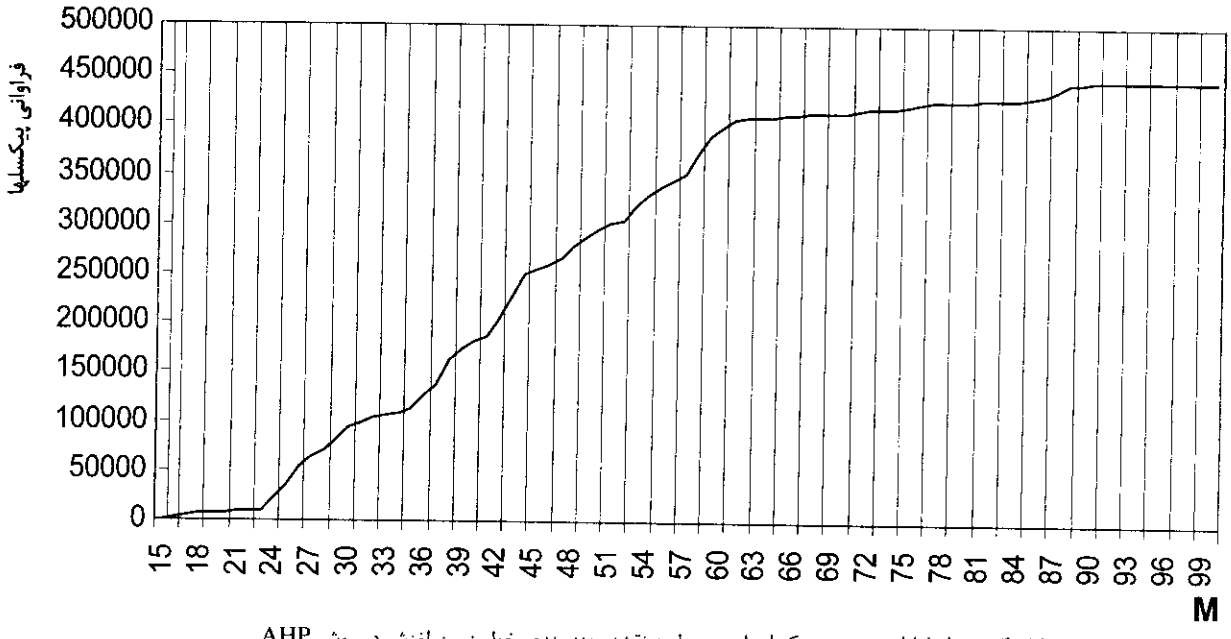
۵_ $89 < M \leq 100$ منطقه با حساسیت خیلی زیاد

نتایج

برای مقایسه دو روش به کار رفته در پهنه بندی حوزه آبخیز گرمی چای و تعیین مدل مناسب می‌توان از نتایج حاصل از انقطاع (Crosstab) هر کدام از نقشه‌های پهنه بندی شده با نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوزه استفاده کرد. به طوری‌که با توجه به نتایج حاصله می‌توان جدول زیر را در نظر گرفت که در آن مساحت و در صد سطح لغزش یافته در هر کدام از طبقات پهنه بندی با استفاده از دو روش آورده شده است.

جدول ۴- مشخصات مربوط به مساحت و درصد سطح لغزش یافته به دو روش پهنه بندی AHP و MR

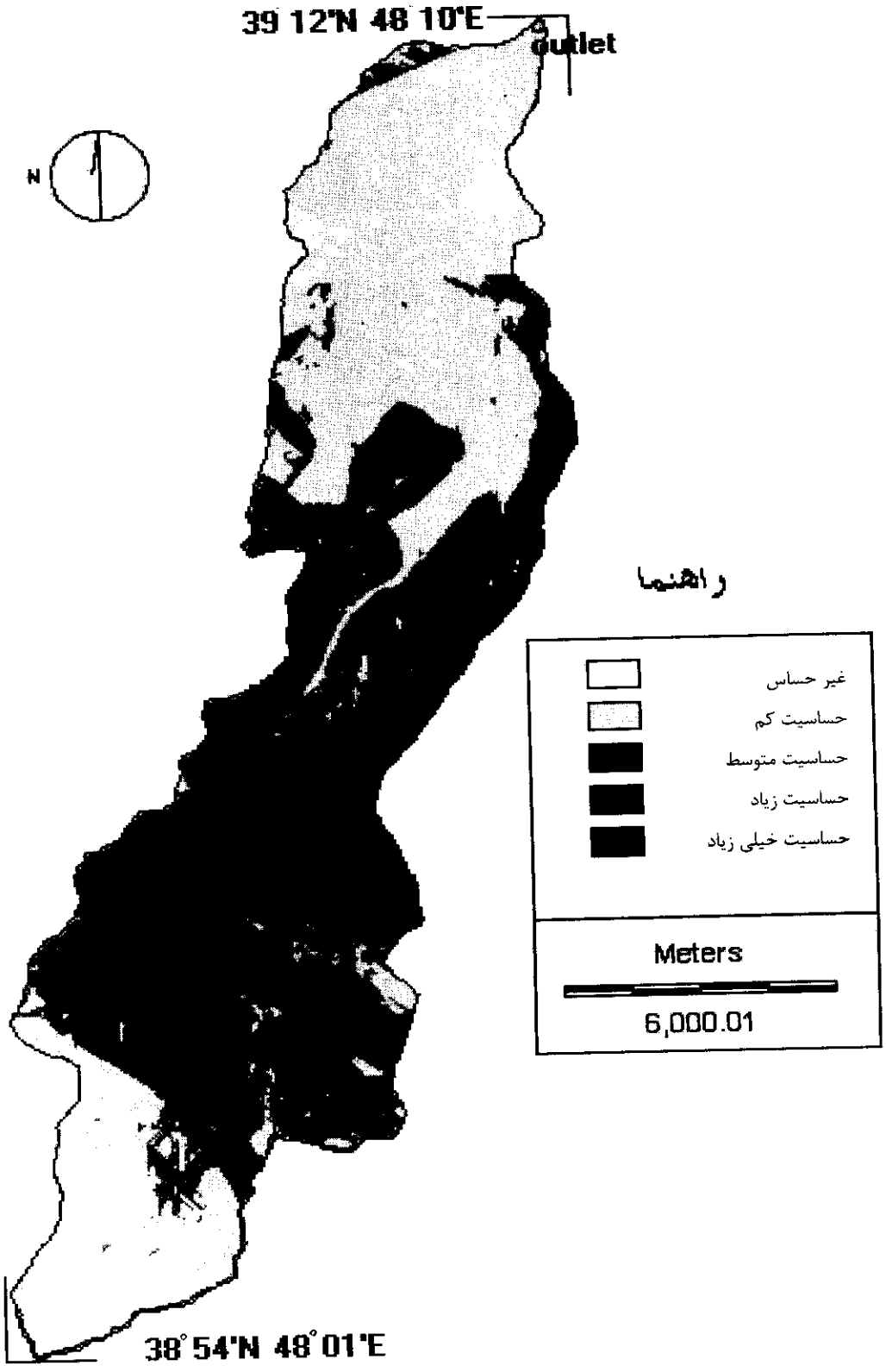
کلاس حساسیت	مدل AHP		مدل MR	
	مساحت(Pixel)	در صد سطح لغزش یافته	مساحت(Pixel)	در صد سطح لغزش یافته
۱	۹۸۰۵۹	۰	۵۲۴۳۴	۰/۰۸۶
۲	۱۶۰۷۷۹	۰/۱۱	۶۶۵۱۵	۰/۱۷۶
۳	۱۴۹۸۶۲	۲/۷۲	۱۰۲۴۳۶	۰/۲۸۳
۴	۳۶۱۲۶	۹/۵۱	۹۷۶۴	۵/۳۶
۵	۵۸۰	۵۹/۸۳	۱۰۵۳۲۶	۱/۳۳۷
۶	-	-	۱۰۸۹۳۱	۵/۱۸



شکل ۴- نمودار فراوانی تجمعی پیکسل‌های مربوط به نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در روش AHP

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٥- نقشه‌پهنه‌بندی خطر زمین لغزش‌های حوزه آبخیز گرمی چای با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نوع عوامل ایجاد زمین‌لغزش‌های این منطقه در ابتدای امر برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش‌های حوزه آبخیز گرمی چای روش رگرسیون چند متغیره انتخاب شد و روش کار به همان صورتی انجام گرفت که در طی چند سال گذشته به‌طور پراکنده در برخی از نواحی ایران کار شده‌اند. ولی پس از دست‌یابی به مدل پهنه‌بندی از این روش نتایج قانع‌کننده‌ای به‌دست نیامد. چرا که عامل بارندگی از مدل حذف شد و کار پهنه‌بندی تنها با سه عامل سنگ شناسی، شیب و کاربری امکانپذیر شد که بی‌شک کار با تعداد سه عامل از دقت پایینی برخوردار خواهد بود.

بنابراین دستیابی به مدلی دیگر با تعداد عوامل بیشتر مد نظر قرار گرفت و روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP) انتخاب شد. با استفاده از این روش که به مزایای آن قبلا اشاره شد با تعداد عوامل بیشتری (هفت عامل شامل سنگ شناسی، شیب، کاربری زمین‌ها، عناصر خطی، بارش، ارتفاع و جهت دامنه) کار پهنه‌بندی صورت گرفت که از دقت بیشتری نیز برخوردار خواهد بود.

هر کدام از روش‌های رگرسیون چند متغیره و تحلیل سیستم‌ها دارای مزایایی می‌باشند که به شرح زیر است:

در روش رگرسیون چند متغیره رابطه بین تک تک عوامل با متغیر وابسته (Y) و نیز نسبت به همدیگر به صورت رگرسیون خطی درنظر گرفته می‌شود و نحوه کلاسه‌بندی و کد گذاری عوامل مختلف بر روی همدیگر تاثیر گذار خواهد بود و در نهایت برای مدلی که برآورد می‌شود عواملی انتخاب می‌شود که ضریب معنی‌دار بالایی با متغیر وابسته (Y) داشته باشند و بنابراین عوامل با ضریب معنی داری کمتر که باعث کاهش دقت کار پهنه‌بندی می‌شوند حذف می‌شوند. از اینرو استفاده از این روش در صورتی‌که عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها به درستی و به تعداد بیشتر کلاسه‌بندی شوند جواب بهتری خواهد داد (۴).

از مزایای روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) این است که در آن عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها در ابتدای کار به طرز منطقی‌تری وزن دهی شده و عوامل مختلف به ترتیب اهمیت‌شان اولویت‌بندی می‌شوند و از طرفی امتیاز دهی کلاسه‌های مختلف هر عامل ساده‌تر بوده و مراحل کار را چندین بار می‌توان تکرار کرد تا به نتایج بهتر دست یافت و در نهایت مدلی که به‌دست می‌آید در آن دخالت عوامل زیادی در نظر گرفته شده است که از این طریق نیز دقت بیشتری در کار پهنه‌بندی وجود خواهد داشت. از مزایای دیگر روش AHP انجام ساده‌تر آن با استفاده از روش‌های GIS می‌باشد که اعمال مدل نهایی در واحدهای همگن به طرز ساده‌تری انجام می‌گیرد.

با توجه به جدول (۴) می‌توان مدل AHP را در پهنه بندی حوزه آبخیز گرمی چای از نظر حساسیت به زمین لغزش مناسب ارزیابی کرد، چرا که در آن با افزایش حساسیت طبقات، درصد سطح لغزش یافته نیز به تناسب افزایش یافته است و در صد سطوح لغزش یافته در کلاس‌های مختلف آن نسبت به روش MR منطقی‌تر است.

در نتیجه گیری نهایی می‌توان گفت که روش AHP به دلیل برخورداری از متغیرهای بیشتر و کلاسه‌بندی اصولی و بدون اعمال نظر کارشناس نسبت به روش MR برتر بوده و از دقت بیشتری برخوردار است. بنابراین مدل به‌دست آمده از این روش به‌عنوان مدل نهایی برای پهنه بندی حوزه آبخیز گرمی چای انتخاب شد.

منابع

۱- احمدی، حسن و علی طالبی اسفندرانی، ۱۳۸۰. بررسی عوامل موثر در ایجاد زمین لغزه در منطقه اردل، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۴ شماره ۴.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- انصاری، فرهاد و محمد جواد بلورچی، ۱۳۷۴. زمین لغزش شهرستان گرمی استان اردبیل (گزارش مقدماتی)، سازمان زمین‌شناسی کشور.

۳- بداغی، بهزاد، ۱۳۷۶. بررسی و ارائه مدل جهت پهنه بندی خطر حرکتهای توده‌ای در حوزه آبخیز شاهرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

۴- حسن زاده نفوتی، محمد، ۱۳۷۹. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه آبخیز شلمانرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۵- سفیدگری، رضا، ۱۳۷۲. مجموعه سخنرانی‌های نخستین گردهمایی کارشناسان معاونت آبخیزداری پیرامون پدیده زمین لغزش، معاونت آبخیز داری جهاد سازندگی، دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها.

۶- شریعت جعفری، محسن، ۱۳۷۵. زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی)، انتشارات سازه.

۷- قدسی پور، سید حسن، ۱۳۷۹. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه امیر کبیر.

۸- محمدخان، شیرین. ۱۳۸۰. تهیه مدل برای پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

9- Abramson, Lee.w., Thomas S.Lee, Sunil Sharma, Glenn M.Boyce, 1995, slope stability & stabilization methods.

10- Nagarajan, R., A. Mukherjee, A. Roy and M.V. Khire, 1998, *Temporal remote sensing data and GIS application in landslide hazard zonation of part of western ghat,* India. Int. J. Remote sensing, Vol. 19, No.4, 573-585.

11- Nagarajan, R., A. Roy, R. Vinodkumar, A. Mukherjee, & M.V. Khire, 2000, *Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions*. Bull Eng Geol Env (2000) 58.

12- Van western, C.J. & R. Soeters, 1997, GISSIZ: Geographic information system in slope instability zonation, ITC, Netherlands. 156 PP.

13- Varnes, David J. UNESCO, 1984, Landslides hazard zonation: a review of principles and practice, printed in France.

www.SID.ir

Archive of SID

Mass Movements Hazard Zonation With Two Multiple Regression (MR) and Analytical Hierarchy Process (AHP) Methods (Case Study: Germichay Watershed)

H. Ahmadi[1] A. Esmali[2] S.Feiznia[3] M. Shariat Jafari[4]

Abstract

Studying landslide triggering factors and zoning of their hazards can effectively help in reducing the damages. This research was an effort in this regard, studying landslide triggering factors and mass movement hazard zoning for the Germichay watershed, zoned by both Multiple Regression (MR) and Analytical Hierarchy Process (AHP) methods. Finally, a regional model has been presented.

Methodologically, first the landslide triggering factors of the area were studied; then, the most important factors along with their priority arrangement including lithology, slope, land use, lineament factors, precipitation, aspect and altitude were investigated. Next, the map of landslide distribution was prepared. In MR method, four factors were examined, and the map of their homogeneous units was prepared using GIS. In order to quantify the factors and give them weights, landslides percentage in different units was determined. Employing the stepwise regression method, the zoning model was found after omitting the precipitation factor. In AHP method, the above mentioned seven factors were used where the proposed factors were compared in pair, with their weights being then determined. Moreover, cumulative curve was used to classify the above factors, and the landslide value (%) was then determined for ranking. Eventually, according to the weight earned by each factor as well as rank values, the zoning model was finalized.

Comparing the results of these two methods, it was found that the AHP method is clearly more accurate and reliable than the MR method as the former contained more variables as well as a rational classification without any expert's bias/interference. Therefore, the AHP model was evantually evantually selected as the final model.

Keywords: Zoning, Mass Movements, Landslide, Multiple Regression (MR), Analytical Hierarchy Process (AHP), Germichay, Hazard, GIS.

[1] -*Full Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*

[2] -*Ph.D. Student of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*

[3] - *Full Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran*

[4] -*Scientific Member of Research Center of Soil Conservation and Watershed Management.*

www.SID.ir