Archive of SID

جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۷، زمستان ۱۳۸۹

پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP)
مطالعه موردی حوضه آبخیز چلاو آمل

دکتر ابوالقاسم امیر احمدی[۱]، حمید کامرانی دلیر[۲] و محسن صادقی[۳]

چکیده

حوضه‌های شمالی کشور از جمله مناطقی هستند که میزان درصد زمین لغزش آنها به طور نسبی زیاد بوده و همچنین ترکیب عوامل طبیعی و انسانی باعث وقوع خسارت‌های زیاد ناشی از این پدیده شده است. 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 با دوری جستن از این مناطق بنماید، با این هدف لازم است تا نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش برای این مناطق تهیّه گردد. روش کار به این صورت انجام گرفت پس از بررسی‌های میدانی و تهیّه لایه‌های اطلاعاتی از طریق نقشه‌ها و منابع موجود، عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های حوضه بررسی شده و مهم‌ترین عوامل موثر به ترتیب: زمین شناسی، خاک شناسی، عناصر خطی، شیب، بارش، کاربری اراضی و ارتفاع شناسایی شدند. پس از اینکه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هفت عامل در محیط Arc GIS و با کمک نرم افزارExpertChoice تهیه شد، هر کدام از این لایه‌ها با لایه اطلا عاتی پراکنش زمین لغزش‌ها OverLayout شدند .
در ادامه با توجه به کیفی بودن عوامل موجود از روش تحلیل سلسله مراتبی[۴] (AHP) برای تعیین وزن عوامل مختلف استفاده گردید. نتایج مشخص گردید که وزن معیارهای

---

۱. استادیار دانشگاه تربیت معلم سبزوار، 09155710401، AMIR AHMADI@STTU.IR
۲ . کارشناس ارشد جغرافیایی طبیعی(ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی) دانشگاه تهران
۳ . کار شناس ارشد جغرافیایی طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشگاه تربیت معلم سبزوار

4. Analytical Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

هفت گانه زمین شناسی،خاک شناسی،عناصر خطی،شیب،بارش،کاربری اراضی و ارتفاع به ترتیب ۰/۴، ۰/۲۲، ۰/۱۶، ۰/۱۱، ۰/۰۴۵، ۰/۰۴۵، ۰/۰۲است .بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که اثر زمین شناسی در منطقه از بقیه عوامل بیشتر بوده و بعد از آن به ترتیب خاک‌شناسی، عناصر خطی، شیب، بارش، کار بری اراضی و ارتفاع می‌باشند. در نهایت با ضرب هر معیار در شاخص آن در هر منطقه و جمع این اعداد ضریبی به نام M تعریف گردید که نشانگر خطر منطقه مورد نظر نسبت به زمین لغزش است. مقدار این ضریب بین صد تا صفر بوده که صفر نشان دهنده بی‌خطر بودن منطقه و۱۰۰نشانگر حداکثر خطر است ولی برای پهنه‌بندی خطر می‌توان حد فاصل بین۰تا۱۰۰را در چهار قسمت به صورت نوارهای بی‌خطر، خطر کم، خطر زیاد و خطر بسیار زیاد طبقه‌بندی کرد که این کار در محیط Arc GIS انجام شده است.

کلیدواژگان: زمین لغزش،پهنه‌بندی، مدلAHP، سیستم اطلاعات جغرافیایی، حوضه چلاو

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مناطق شمالی کشور به علت شرایط خاص اقلیمی، زمین شناسی وتوپوگرافی وهمچنین برخی از عوامل انسانی مانند تغییر کار بری زمین‌ها واحداث شبکه‌راهها ارتباطی، درصد وقوع زمین لغزش‌ها نسبت سایر نقاط کشور زیاد بوده و هر ساله خسارات مالی در قالب، تخریب مراکز فعالیت‌های اقتصادی، فرسایش خاک، تخریب راههای ارتباطی و... متوجه این مناطق می‌باشد. با توجه به اینکه از بین انواع مخاطرات طبیعی، پدیده زمین لغزش مدیریت‌پذیرتر می‌باشد، لذا جهت استفاده بهینه از محیط طبیعی و منابع موجود در آن و همچنین برای ایجاد تاسیسات اقتصادی و زیر بنایی، با شناخت کامل از محیط و با اعمال مدیریت صحیح در استفاده از آن، نسبت به تشدید و تسهیل لغزش‌ها جلوگیری نموده و با برنامه‌ریزی دقیق و درک شرایط طبیعی حاکم بر محیط به ساخت و ایجاد تاسیسات زیربنایی اقدام نمود. در شکل (۱) آثار مخاطره‌آمیز پدیده زمین لغزش در منطقه نشان داده شده است.

شکل ۱: نمای برخی حرکات زمین لغزه‌ای در منطقه چلاو.

www.SID.ir

Archive of SID

الف) پدیده لغزش در منطقه وسیعی از حوضه. ب) حرکات دامنه‌ای و تاثیر آن بر سازه‌های مسکونی. ج) تاثیر لغزش بر جاده‌های دسترسی. د) گسستگی در دیواره‌های منازل مسکونی و جاده‌های ارتباطی منطقه.

در سالهای اخیر مطالعات گسترده‌ای در مورد علل، درجه و پهنه‌بندی خطر، نحوه تثبیت و نحوه پیشگیری زمین لغزش‌ها در جهان و ایران صورت گرفته است. از جمله آن راد بروج و ونت‌ورس[1] نقشه برآورد فراوانی زمین لغزش را در ناحیه سانفرانسیکو (کالیفرنیا) با مقیاس۱:۷۰۰۰۰ تهیه کرده‌اند. آن نقشه به عنوان نقشه آزمایشی که فراوانی و احتمال رویداد زمین لغزش را در این ناحیه با تقریب اولیه شش رده که رده یک با حداقل فراوانی زمین لغزش و رده شش با حداکثر وقوع زمین لغزش می‌باشد را تهیه کرده‌اند. براب و همکا ران[2] (۱۹۷۲) تقریباً در همان محدوده‌ای که راد بروج و ونت ورس کار کرده بودند، نقشه استعداد یا پتانسیل گسیختگی زمین لغزش را تهیه کرده‌اند. روش براب کامل‌تر از روش پیشین به شمار می‌رود زیرا آنها پهنه‌بندی و وضع پایداری واحدهای زمین‌شناسی را با تعیین در حد گسیختگی تشکیلات زمین‌شناسی یا گروه لیتولوژی مورد توجه قرار داده‌اند که کلاسهای این نقشه را در هفت رده با کمترین استعداد تا مناطق با بیشترین استعداد برای زمین لغزش طبقه‌بندی کرده‌اند (شریعت جعفری،۱۳۷۵).

نب‌رودی[3] (۲۰۰۳) در چین، انواع حرکت‌های توده‌ای را مطالعه کرده و فعالیتهای انسانی شامل فعالیتهای کشاورزی، شهرسازی و جاده‌سازی را مهمترین عامل در وقوع حرکت‌های توده‌ای دانسته است. بلدیوز[4] (۲۰۰۴) در حوضه ال‌تورونفو[5] با استفاده از مدلی که بر اساس چها ر متغیر شیب، جهت، الگوی زهکشی و نو ع پوشش زمین بود و با استفاده از توپوگرافی و سنجش از دور تهیه شده بود، نتیجه گرفتند که لغزش به شدت تحت تاثیر

1.D.H.Radbruch and C.H.Went Woorth
2 .Brabb ، etal
3 . Nebrodi
4 . Baldievez
5 . ELTrunfo

www.SID.ir

Archive of SID

شیب وکار بری اراضی است. سژوف و گادنف[1] (۲۰۰۴) در هند یک روش سیستماتیک را برای شناساندن شیب‌های ناپایدار مستعد لغزش ارائه دادند. پارامترهای مورد بررسی شامل: شکل شیب، زهکشی، گرادیان شیب، جهت، کاربری اراضی و پوشش گیاهی بودند (آقابیگی،۱۳۸۳). احمدی (۱۳۷۴) در مطا لعات خود در مورد زمین لغزش در دره طالقان به این نتیجه رسید که زمین لغزش این منطقه بیشتر با جنس زمین (به علت رسوبات تبخیری نئوژن در این منطقه) در ارتباط است. محمدخان (۱۳۸۰) عمل پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای را برای حوضه آبخیز طالقان و با درنظر گرفتن عامل شیب، ارتفاع، سنگ‌شناسی، بارندگی، جهت دامنه و کاربری اراضی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پهنه‌بندی کرده است. احمدی و همکاران (۱۳۸۲) در یک بررسی تحت عنوان "پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغییره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)" عوامل تاثیرگذاری از جمله: سنگ‌شناسی، شیب، کاربری اراضی، عناصر خطی، بارش، جهت دامنه و ارتفاع را در روش تحلیل سلسله مراتبی و تنها چهار عامل نخست را در روش رگرسیون چند متغییره مورد بررسی قرار دادند و در نهایت روش سلسله مراتبی سیستم‌ها به دلیل برخورداری از متغییرهای بیشتر و کلاسه‌بندی اصولی و بدون اعمال نظر کارشناس نسبت به روش رگرسیون چندمتغییره انتخاب و مدل نهایی از آن روش بکارگرفته شد. آقابیگی (۱۳۸۳) در بررسی تاثیر کاربری اراضی بر وقو ع زمین لغزش در حوضه آبخیز جنت رودبار با توجه به محاسبه نسبت مساحت زمین لغزش در هر کار بری به مساحت آن کار بری، اولویت‌بندی کاربریها در حوضه انجام گرفت که نشان داد کاربری مرتع بیشترین درصد زمین لغزش منطقه را به خود اختصاص داده و کار بری کشاورزی و جنگل به ترتیب دوم و سوم می‌باشند. قربانپور (۱۳۸۴) در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوض چرمله با استفاده از GIS و با تهیه چهار نقشه پهنه‌بندی با چهار روش تراکم سطح، وزن متغیرها، قضاوت کارشناسی و ارزش اطلاعاتی به این نتیجه رسید که نقشه قضاوت کارشناسی بیشترین تناسب را با زمین

1. Gardnev and Seczuk

www.SID.ir

Archive of SID

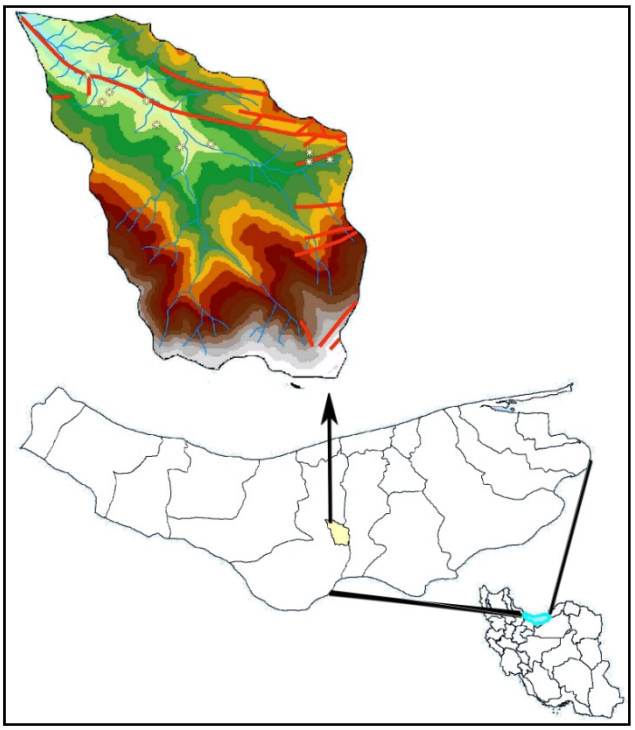
لغزشهای مشاهده شده حوضه دارد. امیراحمدی (۱۳۸۵) در بررسی حرکات دامنه‌ای در ارتفاعات شمال خراسان با استفاده از سیستم اطلات جغرافیایی (GIS) جهت کنترل بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آن با تهیه نقشه پهنه‌بندی از منطقه به این نتیجه رسید که کاربری اراضی و لیتولوژی بیشترین همبستگی را با درجه ریسک زمین لغزش دارند و پس از آن بارندگی و ارتفاع از اهمیت بالاتری نسبت به فاکتورهای دیگر بر خوردارند. سلملیان (۱۳۸۵) در بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزه‌های حوضه زهکشی صفا رود شهرستان رامسر با کمک GIS به این نتیجه رسید عوامل اقتصادی و اجتماعی بیشترین تاثیر را در وقوع زمین لغزش داشته بعد از عامل انسانی عوامل اقلیمی، بویژه باران نقش اساسی دارد.

منطقه مورد مطالعه

حوضه چلاو یکی از زیر حوضه‌های رودخانه هراز به مساحت ۱۳۱/۸ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ″۹ ′۲۲ °۵۲ تا ″۳۱ ′۳۱ °۵۲ طول شرقی و ″۲۶ ′۶ °۳۶ تا ″۴۷ ′۱۴ °۳۶ عرض شمالی در جنوب شهرستان آمل واقع شده است. (شکل۲)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز چلاو

از لحاظ پوشش گیاهی، بیشتر سطح منطقه توسط زمین‌های جنگلی پوشیده شده است. حوضه مورد مطالعه بیشتر دارای پوشش جنگلی انبوه بوده و دارای گونه‌هایی از جمله: راش، ممرز، توسکا، افرا، ون، آزاد، بلوط، گردو، نمدار و... است. دمای متوسط سالانه ۱۰/۰۴ درجه سانتیگراد و متوسط بارندگی سالانه ۵۵۴ میلی‌متر است نوع اقلیم منطقه به روش دومارتن نیمه‌مرطوب و به روش آمبرژ، مرطوب سرد است. از نظر زمین‌شناسی، بیشتر سازندهای زمین‌شناسی از دوران ژوراسیک است به خاطر تشکیلات کنگلومرا، شیلی و سیلتی حساس به زمین لغزش بوده که وقوع ۱۰ مورد زمین لغزش در منطقه بیانگر این موضوع می‌باشد (صادقی،۱۳۸۶).

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روشها

روش بکار رفته برای پهنه‌بندی حوضه چلاو روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) می‌باشد که این روش بر پایه مقایسه زوجی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌ها و زیر عاهل‌های مربوط به عوامل اصلی استوار بوده؛ ابتدا با وزن دهی به تک تک عوامل مؤثر در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی و سپس امتیازدهی به هر کدام از کلاسهای مربوط به هر یک از عوامل ضرایبی به دست می‌آورد که براساس آنها مدل نهایی را ارائه می‌نماید (امیر احمدی، ۱۳۸۵). در فرایند پهنه‌بندی منطقه می‌بایست معیارهای مختلفی مورد ملاحظه قرار گیرد، بنابراین کاربرد روش‌هایی که قادر به تامین معیارهای مورد نظر باشند، ضروری است. بدین منظور در بررسی حاضر ابزار GIS و مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد استفاده قرار گرفته است (پناهنده و همکاران، ۱۳۸۸). این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این برمبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم گیری چندمعیاره می‌باشد (پیرمرادی، ۱۳۸۶). مزایای استفاده از این روش از دیدگاه بنیان‌گذار منطق فازی (ساعتی، ۱۹۹۰) به شرح زیر آمده است: یگانگی (Unity)، پیچیدگی (Complexity)، همبستگی متقابل (Interdependency)، ساختار سلسله مراتبی (Hierarchy Structure)، اندازه‌گیری (Measurement)، سازگاری (Consistency)، تلفیق (Synthesis)، تعادل (Tradeoff)، قضاوت گروهی (Judgment & Consensus) و تکرار (Repetition).

بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های حوضه چلاو

معمول‌ترین روش بررسی عوامل مؤثر استفاده از پرسشنامه و مرفومتری زمین لغزش‌های موجود در داخل حوضه با استفاده از کارهای زمینی می‌باشد که برای حوضه چلاو صورت گرفته است. در کارهای زمینی توجه به مواردی از قبیل موقعیت زمین لغزش‌ها ساختار سنگ‌شناسی، جنس خاک، نوع کاربری اراضی در محدوده زمین لغزش، پوشش گیاهی،

www.SID.ir

Archive of SID

شیب و جهت دامنه، عناصر خطی (جاده‌سازی، شبکه آبراهه‌ها، گسل‌ها)، ارتفاع منطقه و... الزامی بوده و کارشناس مربوطه می‌تواند با بررسی این عوامل تا حدودی به عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌ها پی ببرد.

اولویت‌بندی عوامل مؤثر

با توجه به متفاوت بودن درجه اهمیت عوامل مؤثر در ایجاد زمین لغزش‌ها، شناسایی و اولویت‌بندی درست عوامل نیز الزامی است که بخشی از این کار به وسیله 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 تجمع) و با توجه به کارهای صحرایی، مهمترین عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های حوضه چلاو به ترتیب اولویت به صورت زیر شناسایی شدند:

۱- زمین شناسی ۲- جنس خاک ۳- عنا صر خطی(جاده، رودخانه و گسل) ۴- شیب۵- بارش۶- کاربری اراضی و ۷- ارتفاع

تهیه نقشه پراکنش زمین لغزشها

با تفسیر عکس‌های هوایی ۲۰/۰۰۰ : ۱ سال ۱۳۷۱ مناطق مستعد به زمین لغزش مورد شناسایی قرار گرفتند و مناطقی را که مرفولوژی آنها زمین لغزش را نشان می‌داد علامتگذاری 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 داشته اند حذف شده است. همچنین موقعیت دقیق هر کدام از زمین لغزشها به وسیله دستگاه

www.SID.ir

Archive of SID

موقعیت‌یاب جهانی (GPS)[1] بدست آمد و سپس در محیط Arc GIS رقومی شده تا به عنوان یک لایه؛ برای تعیین عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزشها جهت تلفیق وقطع دادن با لایه‌های دیگر آماده باشد.

تهیه نقشه‌های عوامل مؤثر

نقشه‌های مربوط به هفت عامل مؤثر که قبلاً به آنها اشاره شد توسط امکانات Arc GIS تهیه شده و به منظور کمی کردن عوامل با توجه به قابلیت‌های مربوط به هر نقشه به چند کلاس طبقه‌بندی شدند، که در برگیرنده نقشه‌های زیر می‌باشند:

۱-نقشه زمین‌شناسی ۲- نقشه خاکشناسی ۳- نقشه عناصر خطی ۴- نقشه شیب ۵- نقشه طبقات بارش ۶- نقشه کاربری اراضی ۷- نقشه طبقات ارتفاعی

نتایج و مباحث

پهنه‌بندی حوضه چلاو با استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی (AHP)

در این روش ابتدا به منظور تعیین ارجحیت عوامل مختلف و تبدیل آنها به مقادیر کمی از قضاوتهای شفاهی (نظر کارشناسی) استفاده می‌شود به طوری که تصمیم گیرنده ارجحیت یک عامل را نسبت به علل دیگر به صورت (جدول ۱) در نظر گرفته و این قضاوتها را به مقادیر کمی بین ۱ الی ۹ تبدیل می‌نماید (قدسی پور،۱۳۷۹). واضح است که محدوده اعداد کمی شده صرفاً براساس نظر کارشناسی بوده و متخصص مربوطه می‌تواند محدوده اعداد کمی را به صورت تجربی و با بررسی کارهای مشابه تعیین نماید که در اینجا مقادیر کمی۱ الی ۹ در نظر گرفته شده است.

1. Global Positioning System

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مقادیر ترجیحات یا قضاوت شفاهی در سیستم ۹ تایی برای مقایسه زوجی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مهمتر یا کاملاً مطلوب‌تر	**Extremely preferred**	۹
اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	**Very strongly preferred**	۷
اهمیت یا مطلوبیت قوی	**Strongly preferred**	۵
کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر	**Moderatly preferred**	۳
اهمیت یا مطلوبیت یکسان	**Equally preferred**	۱
اولویت‌های بین عوامل		۲ و ۴ و ۶ و ۸

محاسبه وزن یا مقدار اثربخشی هر یک از عوامل مؤثر در زمین لغزش

برای تعیین وزن هر یک از معیارهای هفت‌گانه ماتریس۷×۷ 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 به دست آمده بود و مقایسه آنها با درصد مساحت شاخص‌های مؤثر در زمین لغزش و واسنجی این اعداد نسبت به اشل۹تایی تعیین شده در جدول(۱) تعیین گردید. به عنوان مثال عنصر۱و۱ماتریس موردنظر (ستون۱، ردیف۱) نشانگر اولویت معیار زمین‌شناسی، به معیار زمین شناسی است که دارای اولویت یا اهمیت یکسانی نسبت به هم می‌باشند و عددی که برای این اولویت در جدول (۵- ۲) ذکر شده است برابر ۱ است. که در این خانه ماتریس جایگزین خواهد شد و یا اهمیت معیار زمین‌شناسی به خاک‌شناسی را نشان می‌دهد که اکثر کارشناسان با توجه به داده‌های به دست آمده در منطقه اهمیت معیار زمین‌شناسی نسبت به خاک‌شناسی را کمی مهمتر و یا با اهمیت قوی دانسته‌اند که می‌توان برای آن براساس جدول۱ عدد۳ را در نظر گرفت. به همین ترتیب سایر عناصر ماتریس شماره ۲ نیز تکمیل گردید. همانگونه که مشاهده می‌شود قطر این ماتریس یک است که نشاندهنده اهمیت یکسان معیارها بر خود است به عنوان مثال اولویت یا اهمیت ارتفاع به ارتفاع یا شیب به شیب عدد یک است. نیمه چپ ماتریس به این شکل تکمیل شده و نیمه راست معکوس نیمه چپ است. به این صورت

www.SID.ir

Archive of SID

که اگر اولویت زمین شناسی به خاکشناسی۳ باشد اولویت یا ا همیت خاکشناسی به زمین‌شناسی⅓ خواهد بود.

حال جهت نرمال‌سازی و محاسبه وزن و اولویت‌های نسبی هر گزینه از ماتریس مقایسه زوجی (جدول ۵- ۲) چندین روش پیشنهاد شده است که اهم آنها عبارتند از:

- روش حداقل مربعات معمولی
- روش حداقل مربعات لگاریتمی
- روش بردار ویژه
- روش تقریبی

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

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 طبقات ارتفاعی به صورت زیر عمل می‌گردد: مجموع ستون طبقات ارتفاعی برابر است با:

۹ + ۷ + ۷ + ۵ + ۳ +۳ +۱ = ۳۵

۲) تقسیم هر عنصر از ماتریس به جمع کل ستون همان عنصر (جدول ۴) به عنوان مثال برای۱ ,۱ iبه صورت زیر خواهد بود:

i۱,۱ = ۱ ÷ 2/8 = .0/46

۳) محاسبه متوسط عناصر در هر سطح

به عنوان مثال متوسط سطر و یا وزن نسبی معیار به صورت زیر محاسبه می‌شود (جدول ۵)

www.SID.ir

Archive of SID

وزن زمین شناسی:

$$a_1 = \frac{0/46 + 0/56 + 0/5 + 0/43 + 0/29 + 0/29 + 0/26}{7} = 0/3985 \cong 0/4$$

بنابراین وزن هر کدام از معیارها در مورد خطر وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه که حاصل رند کردن متوسط سطرهای جدول۵ است به شرح زیر است:

- زمین شناسی a1 = 0/4
- خاک شناسی a2 = 0/22
- عناصر خطی a3 = 0/16
- شیب a4 = 0/11
- بارش a5 = 0/045
- کاربری اراضی a6 = 0/045
- ارتفاع a7 = 0/02

جدول ۲: ماتریس وزن دهی به معیارها

شرح	زمین شناسی	خاکشناسی	عناصرخطی	شیب	بارش	کاربری اراضی	ارتفاع
زمین شناسی	1	3	4	5	7	7	9
خاکشناسی	$\frac{1}{3}$	1	2	3	6	6	7
عناصر خطی	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	5	5	7
شیب	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	4	4	5
بارش	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	1	1	3
کاربری اراضی	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	1	1	3
ارتفاع	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: محاسبه مجموع اولویت هر کدام از ستونها

شرح	زمین شناسی	خاکشناسی	عناصر خطی	شیب	بارش	کاربری اراضی	ارتفاع
زمین شناسی	1	3	4	5	7	7	9
خاکشناسی	$\frac{1}{3}$	1	2	3	6	6	7
عناصر خطی	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	5	5	7
شیب	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	4	4	5
بارش	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	1	1	3
کاربری اراضی	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	1	1	3
ارتفاع	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1
مجموع	2/8	5/31	8/04	11/7	24/33	24/33	35

جدول ۴: محاسبه ضریب اولویت بدون بعد در هر ستون

شرح	زمین شناسی	خاکشناسی	عناصر خطی	شیب	بارش	کاربری اراضی	ارتفاع
زمین شناسی	0/46	0/56	0/5	0/43	0/29	0/29	0/26
خاکشناسی	0/15	0/19	0/25	0/26	0/25	0/25	0/2
عناصر خطی	0/11	0/09	0/12	0/17	0/2	0/2	0/2
شیب	0/09	0/06	0/06	0/085	0/16	0/16	0/14
بارش	0/07	0/03	0/025	0/021	0/04	0/04	0/086
کاربری اراضی	0/07	0/03	0/025	0/021	0/04	0/04	0/086
ارتفاع	0/05	0/027	0/018	0/017	0/014	0/14	0/029

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵: محاسبه وزن هر کدام از عوامل

شرح	زمین شناسی	خاکشناسی	عناصرخطی	شیب	بارش	کاربری اراضی	ارتفاع	متوسط سطر
زمین شناسی	0/46	0/59	0/5	0/43	0/29	0/29	0/26	0/3989
خاکشناسی	0/15	0/19	0/25	0/26	0/25	0/25	0/2	0/2214
عناصر خطی	0/11	0/09	0/12	0/17	0/2	0.2	0/2	0/1557
شیب	0/09	0/06	0/06	0/085	0/16	0/16	0/14	0/1079
بارش	0/07	0/03	0/025	0/021	0/04	0/04	0/086	0/0446
کاربری اراضی	0/07	0/03	0/025	0/021	0/04	0/04	0/086	0/0446
ارتفاع	0/05	0/027	0/018	0/017	0/014	0/14	0/029	0/0241

امتیاز دهی به هرکدام از شاخص‌های عوامل هفت گانه

سپس برای اندازه‌گیری هر کدام از معیارهای هفت‌گانه فوق شاخص‌هایی تعیین می‌گردد. برای این منظور با استفاده از درصد سطح زمین لغزش‌ها در هر کدام از شاخص‌های مربوط به عوامل، می‌توان شاخص‌های مختلف را بین صفر تا ۱۰۰ به طور نسبی وزن‌دهی کرد. بدین‌صورت که برای طبقه‌ای که بیشترین درصد سطح زمین لغزش را دارا می‌باشد وزن نسبی (۹) داده می‌شود و متناسب با آن برای هر کدام از شاخص‌های بعدی با توجه به مقادیر درصد سطوح لغزش یافته شان وزن‌های متفاوتی داده می‌شود به عنوان نمونه مقادیر به دست آمده برای عامل بارش به صورت زیر است:

- شاخص ۵۵۰ الی ۶۰۰میلی متر که بیشترین سطح لغزش یافته را داراست (۸لغزش)۱۰۰ = M
- شاخص ۶۰۰ الی ۶۵۰ میلی‌متر (۲ زمین لغزش) ۲۵ = M
- شاخص کمتر از ۵۵۰ میلی متر و بیشتر از ۶۵۰میلی متر که فاقد زمین لغزش بودند. ۰ =M

که برای محاسبه وزن نسبی هر یک از شاخص‌ها می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

$$a = \frac{Xi}{Xi\max} \times 100 \quad (۱)$$

که در این فرمول :

a = عامل

Xi = تعداد لغزش در هرشاخص

Ximax = حداکثر Xi محاسبه شده برای شاخص‌ها

به عنوان نمونه برای محاسبه وزن نسبی شاخص طبقات ارتفاعی ۱۳۰۰الی ۱۵۰۰، بدین صورت عمل می‌کنیم :

$$a_7 = \frac{Xi}{Xi\max} \times 100 \Rightarrow \frac{3}{4} \times 100 = 75$$

ارائه مدل و پهنه‌بندی حوضه

براساس مطالب بیان شده و رابطه (۱) محاسبه وزن نسبی تمامی شاخص‌های معیارهای هفت گانه انجام گرفت که در جدول (۶ تا۱۲) آورده شده است.

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 زمین لغزشها محاسبه کرد که در اینجا این ضریب به نام M خوانده می‌شود. محدوده M محاسبه شده برای مناطق مختلف بین۰ تا ۱۰۰ نوسان خواهد داشت ($0 \le M \le 100$). در صورتی که M=0 باشد نشانگر عدم وجود خطر زمین لغزش بوده و M=100 نشانگر حداکثر ریسک یا خطر است(۱۰).

(۲)

$$M = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7$$

با جایگذاری مقادیر (a1 تا a7) ضرایب وزن محاسبه شده از جدول ۵ که قبلاً به دست آمده اند می‌توان مدل نهایی را به صورت زیر نوشت:

www.SID.ir

Archive of SID

(۳)

$$M = 0/4x_1 + 0/22x_2 + 0/16x_3 + 0/11x_4 + 0/045x_5 + 0/045x_6 + 0/02x_7$$

M = کلاس درجه بندی

فاکتورهای x1 تا x7 به ترتیب مربوط به وزن نسبی شاخص‌های عوامل زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، عناصر خطی، شیب، بارش، کاربری اراضی و ارتفاع می‌باشند. برای پهنه‌بندی مناطق مشابه با استفاده از این ضریب می‌توان این حوضه را به ۴ قسمت تقسیم کرده و به این ترتیب محدوده‌هایی بی خطر دارای خطر کم، پرخطر و بسیار پرخطر براساس جدول-۱۳ مشخص کرد و بدین صورت نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزشهای منطقه مورد مطالعه را ارایه داد .

جدول ۶: محاسبه وزن نسبی عامل زمین شناسی

زمین شناسی		
ردیف	سازند	x1 (وزن شاخصهای سنگ‌شناسی)
۱	شمشک - R3 JS	100
۲	رسوبات کوار ترنر - Q	28/5
۳	الیکا –Re1	12/5
۴	تیز کوه – لار –دلیچای– نسن- روته K-J1-Jd-Pn-pr	0

جدول ۷: محاسبه وزن نسبی عا مل خا ک شناسی

خاک شناسی		
ردیف	**جنس خاک**	**X2 (وزن شاخص‌های‌خاکشناسی)**
۱	پوشش خاکی نیمه عمیق تا عمیق بافت متوسط تا سنگین (این خاک اغلب یک لایه غیرقابل‌نفوذ دارند)	100
۲	خاک‌های با بافت نسبتا درشت و عمق خاک نیمه عمق تا عمیق	80
۳	پوشش خاک کم عمق تا بسیار کم عمق با با فت سنگین اغلب شامل خاکهای رسی با لایه غیرقابل نفوذ در نزدیکی سطح ا لارض می‌باشند	20
۴	خاکهای شنی عمیق و سنگریزهای با مقداری سیلیت و رس	0

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸: محاسبه وزن نسبی عامل عناصر خطی

عناصر خطی		
ردیف	عناصر	x3 (وزن شا خص‌های عناصر خطی)
۱	شبکه راههای ارتباطی	100
۲	گسل	80
۳	شبکه هیدروگراف	60
۴	سایر	0

جدول ۹: محاسبه وزن نسبی عامل شیب

شیب		
ردیف	کلاس شیب	x4 (وزن شاخص‌های شیب)
۱	30 الی 65 درصد	100
۲	15 الی 30 در صد	60
۳	5 الی 12 درصد	20
۴	12 الی 15 در صد	20
۵	0 الی 5 درصد و بیشتر از 65 درصد	0

جدول۱۰: محاسبه وزن نسبی عا مل بارش

بارش		
ردیف	مقدار بارش	x 5 (وزن شاخص‌های بارش)
۱	600 الی 650 میلیمتر	100
۲	550 الی 600 میلیمتر	25
۳	بیشتر از 650 میلیمتر	0
۴	کمتر از 550 میلیمتر	0

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱۱: محا سبه وزن نسبی عامل کاربری اراضی

کار بری اراضی		
ردیف	نوع کاربری	x 6(وزن شا خص کاربری اراضی)
۱	عموماً بایر، در بعضی قسمتها زراعت دیم	100
۲	بوته‌زار و درختچه‌زار	33/3
۳	جنگل (مخلوط درختان پهن‌برگ خزان‌دار)	33/3
۴	مراتع با وضعیت خوب و اراضی سنگی	0

جدول۱۲: محا سبه وزن نسبی عا مل ارتفاع

ارتفاع		
ردیف	مقدار ارتفاع به متر	x7 (وزن شاخص‌های ارتفاع)
۱	900 ا لی 1100 متر	100
۲	1300ا لی 1500 متر	75
۳	700 الی 900 متر	50
۴	1100 ا لی 1300 متر	25
۵	کمتر از 700 متر بیشتر از 1500 متر	0

جدول۱۳:کلاسه‌بندی خطر زمین لغزش براساس روش AHP

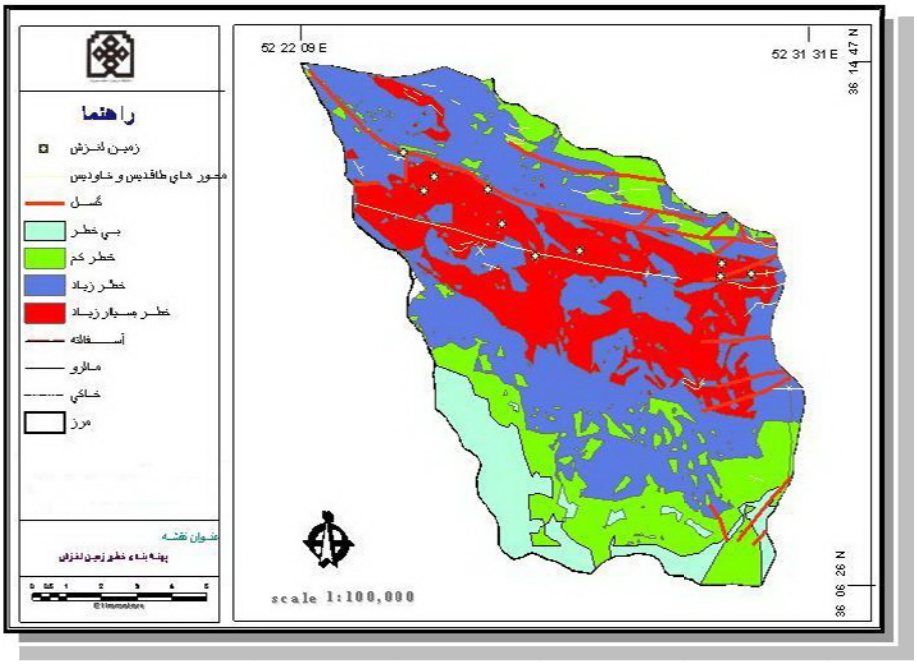
کلاس درجه‌بندی (M)	امتیاز	ارزیابی
۱	25-0	بی‌خطر
۲	50-25	خطر کم
۳	75-50	خطر زیاد
۴	100-75	خطر بسیار زیاد

www.SID.ir

Archive of SID

مراحل تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در محیط Arc GIS

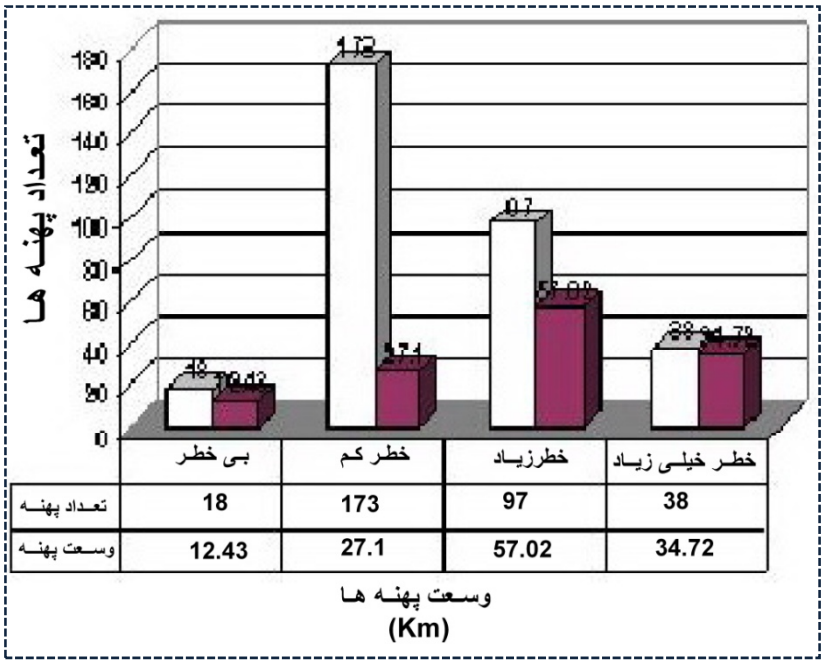
ابتدا تمامی لایه‌هایی را که توسط مدل AHP وزندهی شده را در محیط Arc GIS بصورت رقومی در آورده سپس از طریق Spatial Analyst (تحلیل فضایی) با استفاده از دستور Reclassify لایه‌های مذبور را بر اساس وزن دهی بدست آمده به چهار کلاس بین ۱تا ۱۰۰ تقسیم‌بندی می‌نماییم (جدول۱۳)، سپس از همان منو برای تلفیق لایه‌ها از دستور Raster calculator همگی لایه‌ها را با هم جمع می‌بندیم که در نهایت خروجی ما نقشه پهنه‌بندی حوضه می‌باشد(۶). (شکل ۲)



شکل ۳: نقشه نهایی پهنه‌بندی خطرزمین لغزش حوضه چلاو

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴: مساحت پهنه‌های لغزش به تفکیک تعداد پهنه‌های لغزش و میزان خطرپذیری

نتیجه‌گیری

براساس نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش بدست آمده، مناطق مختلف حوضه چلاو از لحاظ میزان ریسک خطرپذیری به چهار پهنه بی‌خطر، خطرکم، خطر زیاد و خطربسیار زیاد استخراج و شناسایی گردیدند (شکل ۳) همچنین مناطق مختلف حوضه به تفکیک تعداد رویدادهای لغزش و وسعت هریک از آنها محاسبه و نمودار مربوطه (شکل۴) استخراج و رسم گردید. بر این اساس از کل مساحت حوضه چلاو ۳۴/۷۵ کیلومترمربع در پهنه خیلی زیاد قرار داشته که شاهد ۳۸ رویداد لغزش می‌باشد. از طرفی مناطقی که دارای ویژگی *خطر کم* هستند دارای بیشترین پراکندگی پهنه‌ها (۱۷۳پهنه) در سطح منطقه می‌باشند ولی مناطقی با ویژگی *بی‌خطر* دارای کمترین پراکندگی (۱۸پهنه) و همینطور کمترین وسعت (۱۲.۴۳کیلومتر) می‌باشند این امر نشان می‌دهد حدوداً تمامیت سطوح منطقه دارای پتانسیل زمین لغزش با ضرایب مختلف هستند و تنها محدوده کمی از ضلع جنوب‌شرقی حوضه دارای این قابلیت نمی‌باشند. در صورتیکه مناطق مرکزی حوضه که در کنار رودخانه و دره واقع شده‌اند دارای بیشترین ریسک

www.SID.ir

Archive of SID

خطرپذیری هستند. این وضعیت نشان‌دهنده دخالت عوامل اثرگذار به لحاظ کیفی و کمی می‌باشد. این پهنه‌ها جزو مناطقی هستند که بیشتر آبادیها و روستاها در آنجا واقع شده‌اند، لذا در این مناطق جهت هرگونه کاربری و استفاده از محیط باید بطور کارشناسانه و منطقی برخورد شود. در نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت که روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) به دلیل چند معیاره بودن از دقت نسبی بالایی برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه چلاو برخوردار می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. آقابیگی (۱۳۸۳)، بررسی تاثیر کاربری اراضی بر وقوع زمین لغزش در حوضه جنت رودبار، پایان‌نامه کار شناسی ارشد، دانشگاه تر بیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی.

۲. احمدی (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران.

۳. احمدی حسن، اباذر اسمعلی، سادات فیض‌نیا، محسن شریعت جعفری، ۱۳۸۲، پهنه‌بندی خطر حرکتهای توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسله مراتبی، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶، شماره ۴، ص۱۱و۱۳.

۴. امیراحمدی (۱۳۸۵)، بررسی نقش اقلیم در حرکت دامنه‌ای در ارتفاعات شمال خراسان با استفاده از سیستم اطلات جغرا فیایی (GIS) جهت کنترل بلایای طبیعی وراهکارهای مقابله با آن، پایان‌نامه دکترا، دانشگاه تر بیت معلم تهران.

۵. پناهنده، محمد، بهروز ارسطو، آریامن قویدل، فاطمه قنبری، ۱۳۸۸، در مکانیابی جایگاه دفن (AHP) کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی پسماند شهر سمنان، مجله سلامت و محیط، صلنامهی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۸ ، صفحات ۲۷۶ تا ۲.

۶. پیرمرادی، علیرضا، ۱۳۸۶، دومین کنفرانس بین‌المللی شهرداری الکترونیکی، وزارت کشور، سازمان شهرداریهای کشور.

۷. سلملیان (۱۳۸۵)، بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزه‌های حوضه آبی صفا رود شهرستان رامسر با کمک GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

۸. صادقی(۱۳۸۶)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌چلاو با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم سبزوار دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

۹. قدسی پور(۱۳۷۹)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.

۱۰. قربانپور(۱۳۸۴)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌چرمله با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

۱۱. محمدخان (۱۳۸۰)، تهیه مدل برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

www.SID.ir