

بررسی تاثیر اقلیم بر سوانح راه آهن در منطقه زاگرس: ناحیه دورود

چکیده

مطالعات انجام شده در ارتباط با عدم تعادل دامنه‌ای نشانگر این مهم است که ریزش‌های دامنه‌ای به صورت تصادفی رخ نمی‌دهند. بر این اساس مناطق دارای ریسک بالای ریزش می‌توانند بر مبنای شواهد اقلیمی و ژئومورفولوژیکی موجود شناسایی و طبقه‌بندی شوند. بنابراین می‌توان نقشه ریسک ریزش‌های دامنه‌ای را که عمدتاً نتیجه فرسایش دامنه‌های پرشیب هستند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه کرد. ریزش‌های دامنه‌ای از جمله مهم‌ترین مخاطرات طبیعی در نزدیکی ترانشه‌ها، خطوط حمل و نقل ریلی و راه‌های دسترسی بین شهری در مناطق کوهستانی می‌باشند. ریزش سنگ‌ها در دامنه‌های کوهستانی عمدتاً تحت تاثیر عوامل اقلیمی، ژئومورفولوژیکی یا بیولوژیکی است که با ایجاد تغییر در فرآیندهای تاثیرگذار بر پوشش‌های سنگی دامنه‌های پرشیب ریزش‌های احتمالی را ترغیب می‌کنند. به عبارت دیگر مجموعه عوامل مذکور به طور مستقیم از فعالیت‌های اقلیمی، ژئومورفولوژیک و انسانی منطقه که تعادل دامنه‌ای را بر هم می‌زنند تاثیر می‌پذیرند. در این ارتباط برخی از عوامل مذکور شامل: بارش، فرسایش مواد و لایه‌های محاط سنگ‌ها در نتیجه بارش‌های سنگین، فرآیند دوره‌ای ذوب و انجماد در آب و هوای سرد و ارتفاعات، هوازگی شیمیایی و فیزیکی سنگ‌ها، رشد ریشه گیاهان و وزش بادهای شدید می‌باشند. در پژوهش حاضر با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به تهیه نقشه ریسک ریزش‌های دامنه‌ای در محدوده مسیر ریلی دورود تا اندیمشک شد. برای انجام این کار از ۸ معیار (۱) گسل، (۲) لایه زمین‌شناسی، (۳) ارتفاع، (۴) شیب، (۵) متوسط اختلاف دمای روزانه، (۶) کاربری اراضی، (۷) میزان بارش و (۸) تراکم شبکه زهکشی در راستای تهیه نقشه ریسک ریزش استفاده شد. در همین ارتباط در جهت بررسی اثر اقلیم بر سوانح ریلی از نوع سنگ‌ریزش و تهیه نقشه‌های ریسک فصلی از شاخص‌های اقلیمی بارش و اختلاف درجه حرارت به صورت فصلی استفاده شد. در نهایت پس از انجام مقایسات زوجی و تلفیق داده‌های مذکور در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه ریسک ریزش‌های دامنه‌ای بر مبنای ارزش دهی ۰ تا ۱ تهیه گردید.

واژه‌های کلیدی: ریزش دامنه‌ای، نقشه ریسک ریزش، GIS، سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، Fuzzy Analytical Hierarchy Process.

۱-مقدمه

با توجه به این مهم که ناپایداری دامنه‌ها و ریزش‌های سنگی همواره از خطرات اصلی در مسیر راه‌های ریلی و جاده‌ها در مناطق کوهستانی می‌باشد نیاز فراوانی به انجام این پژوهش و پژوهش‌های مشابه احساس می‌شود. ریزش‌های دامنه‌ای به صورت تصادفی رخ نمی‌دهند. بر این اساس مناطق دارای ریسک بالای ریزش می‌توانند بر مبنای شواهد اقلیمی و ژئومورفولوژیکی موجود شناسایی و طبقه‌بندی شوند. برای ارزیابی خطر سنگ ریزش در مسیر راه‌های ریلی و جاده‌ها، روش‌های متعددی وجود دارد انتخاب یک روش کارآمد در تهیه نقشه ریسک سنگ‌ریزش و به کار بستن آن در یک طرح پژوهشی عاری از نقض نیست. بر همین مبنا در این تحقیق

پس از انجام مطالعات اولیه روش‌شناسی مورد نظر انتخاب شده و نقشه ریسک ریزش در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است. در کشور ایران، به دلیل شرایط آب و هوایی، زمین‌شناسی و توپوگرافی مستعد، وقوع حرکات توده‌ای و ریزش‌های دامنه‌ای متداول بوده و این قبیل حرکات تلفات جانی و خسارت‌های مالی و زیست محیطی قابل توجهی به همراه دارد، به طوری که علاوه بر تخریب خاک‌های حاصلخیز، موجب تهدید و تخریب سکونتگاه‌های انسانی و زیرساخت‌های بشری و خصوصاً قطع راه‌های ارتباطی ریلی و بین شهری می‌شوند (کرمی و دیگران ۱۳۸۶). در کشور ایران، به دلیل شرایط آب و هوایی، زمین‌شناسی و توپوگرافی مستعد، وقوع حرکات توده‌ای، تلفات جانی و خسارت‌های مالی و زیست محیطی قابل توجهی به همراه دارد، به طوری که علاوه بر تخریب خاک‌های حاصلخیز، موجب تهدید و تخریب سکونتگاه‌های انسانی و زیرساخت‌های بشری، قطع راه‌های ارتباطی و ... می‌شوند. در نواحی مختلف کشور ایران چنانکه تا سال ۱۳۸۰ تعداد ۳۲۵۰ مورد زمین‌لغزش به ثبت رسیده و تخمین زده می‌شود که تعداد آنها بالغ بر دو برابر این رقم باشد (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۰، ۲۰۰۸). تحقیقات با ارزشی در زمینه پهنه بندی خطر حرکات توده‌ای و سنگ‌ریزش بر اساس روش‌های آماری چند متغیره با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است. که از آن میان می‌توان به نمونه‌هایی مانند فیض نیا و همکاران (۱۳۸۰)، شیرانی و همکاران (۱۳۸۴) و ... اشاره کرد. سایر مطالعات بنیادی با ارزشی که در زمینه ژئومورفولوژی توده کوهستانی سهند (خیام، ۱۳۶۴) و همچنین حوضه ی آبریز اوجان چای (جنتی‌سراب، ۱۳۷۲) انجام شده نیز از همین دسته می‌باشند، ولی پژوهش حاضر به منظور ادامه روند مطالعات قبلی و دستیابی به نتایج مطلوب در آینده، برای اولین بار به شناسایی و تعیین نواحی مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای از نوع ریزش پرداخته که در این مورد خصوصاً در کشور ما مطالعات کمی چندانی صورت نگرفته است.

با این حال خطر سنگ ریزش در مسیر راه‌های کوهستانی، همیشه مورد توجه پژوهشگران بوده است و در این زمینه، در سایر کشورها مطالعات زیادی انجام شده که می‌توان به مطالعات Lied (1977) در نروژ و Wiczorek و همکاران (1998) در دره یومیست ایالات متحده و همچنین به پژوهش‌های Batterson و همکاران (2006) در ارزیابی خطرات زمین‌شناسی مرتبط با سنگ‌ریزش در کانادا اشاره کرد.

بر طبق نظر Jabyedoff & Labiouse (2003) استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعه سنگ ریزش‌ها دارای دو مزیت عمده است که شامل: (۱) یافتن میزان پتانسیل شیب‌های مستعد سنگ ریزش و (۲) برآورد بیشترین فاصله‌ای است که یک سنگ ریزش می‌تواند تحت تأثیر خود قرار دهد. در ایران نیز مطالعات پراکنده در ارزیابی پایداری مسیر راه‌ها صورت گرفته که نمونه آن گزارش بررسی خطر سنگ‌ریزش ارائه شده توسط بلورچی و همکاران (۱۳۸۵) است. مطالعات پیشین در ارتباط با عدم تعادل دامنه‌ای نشانگر این مهم است که ریزش‌های دامنه‌ای به صورت تصادفی رخ نمی‌دهند. بر این اساس مناطق دارای ریسک بالای ریزش می‌توانند بر مبنای شواهد اقلیمی و ژئومورفولوژیکی موجود شناسایی و طبقه بندی شوند (Baillifard 2003). به منظور ارزیابی خطر سنگ ریزش در مسیر راه‌ها، روش‌های متعددی وجود دارد که لازم است پس از انجام بررسی‌های اولیه روش‌شناسی کارآمد و متناسب با موضوع تحقیق انتخاب و در جهت ارائه راهکار مناسب برای مدیریت ریزش‌های سنگی در مسیرهای ریلی به کار گرفته شود. شایان

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

ذکر است از آنجا که نتایج به دست آمده نشان می‌دهد از مطالعات پیشین که خطر سنگ ریزش رابطه مستقیمی با شیب دامنه‌های سنگی و شرایط توپوگرافی آن دارد. همچنین نوع سنگ در گسترش و شکل‌گیری جابه‌جایی سنگ ریزش‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. نیازسنجی اولیه و تهیه نقشه‌های ریسک اولین گام در اجرای طرح‌های راهداری و انجام اقدامات پیشگیرانه از جمله احداث حفاظ‌های مانع ریزش سنگ، دیوارکشی و ... است که هدف نهایی آن ارزیابی میزان نیاز به احداث حفاظ سنگ‌گیر و سایر اقدامات ایمنی در موقعیت‌های مکانی مختلف و در طول میسر راه‌های ریلی و سایر راه‌ها می‌باشد. مطالعات مربوط به تهیه نقشه‌های ریسک ریزش- دامنه‌ای در طول مسیر راه‌های ریلی بطور کلی شامل انتخاب محل مناسب برای انجام اقدامات اصلاحی (احداث حفاظ، دیوار کشی و انتخاب نوع عمل پیشگیرانه می‌باشد.

۲- داده‌ها و روش پژوهش

فرایند تهیه نقشه ریسک ریزش^۱ و به طور کلی تهیه نقشه ریسک در سال‌های اخیر پیچیده‌تر شده است. این پیچیدگی ناشی از در نظرگیری تمام ابعاد مرتبط با موضوع و سعی در پیش بینی پیامدها و نتایج تغییرات در چگونگی معیارهای مورد استفاده در مدل‌سازی ریسک می‌باشد. در جهت پاسخگویی و رفع این پیچیدگی‌ها ابزارهای گوناگونی از سوی کارشناسان مطرح شده است تا بتوانند تمام ابعاد مساله را مورد بررسی قرار دهند. سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری از این دسته ابزارها محسوب می‌شوند. به عبارت دیگر برنامه‌ریزی‌های مکانی جهت اجرا باید به صورت جامع و کامل انجام شوند. لازمه این‌گونه برنامه‌ریزی‌ها شناسایی همه معیارها و گروه‌های مرتبط با موضوع به شکل صحیح می‌باشد. روش‌های موجود برای تصمیم‌گیری‌های مکانی متعدد می‌باشند با این وجود هر کدام مزایا و معایبی دارند لذا جهت اطمینان از نتایج این روش‌ها ضروری خواهد بود نتایج این روش‌ها حین استفاده با یکدیگر مقایسه شده و سپس به کار گرفته شوند. در این مطالعه سعی شده است با توجه به شرایط محلی مسیر ریلی دورود-اندیمشک، مرور منابع و مصاحبه و پرسش‌نامه، معیارهای موثر در تهیه نقشه ریسک سنگ‌ریزش شناسایی شده و سپس با اجرای ترکیبی روش‌های فرآیند تحلیل سلسه مراتبی و تئوری مجموعه‌های فازی در قالب فرآیند تحلیل سلسه مراتبی فازی به معرفی اولیه پتانسیل‌های موجود برای مطالعات تفصیلی پرداخته شود. به طور کلی مراحل اجرای تحقیق عبارتند از:

- ۱- مطالعه سوابق علمی و تحقیقاتی (داخلی و خارجی) مرتبط با موضوع،
- ۲- جمع‌آوری داده‌های ضروری و مورد نیاز
- ۳- پیاده‌سازی مدل فرآیند تحلیل سلسه مراتبی فازی
- ۴- بررسی اثر بارش و تغییرات درجه حرارت و تغییرات فصلی آنها در مدل به صورت مجزا
- ۵- ارزیابی حساسیت و بررسی دقت نتایج به دست آمده از مدل‌ها.

¹. Rockfall Susceptibility Mapping (RSM)

داده‌های مورد نیاز

عوامل و مولفه‌های تاثیرگذار در تهیه نقشه‌های ریسک سنگ‌ریزش متعدد می‌باشند. عوامل و مولفه‌های که در این پژوهش با توجه به شرایط محلی مسیر ریلی دورود-اندیمشک، مرور منابع و مصاحبه و پرسش‌نامه در نظر گرفته شده‌اند عبارتند از:

- گسل
- زمین‌شناسی
- ارتفاع
- شیب
- متوسط اختلاف دمای سالانه
- کاربری اراضی
- بارش
- شبکه‌های زهکشی

امروزه در کنار سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به طور گسترده‌ای برای حل مسائل فضایی بالاخص مکانیابی و پهنه‌بندی (تهیه نقشه‌های ریسک) به کار گرفته می‌شوند (چنگ و همکاران، ۲۰۰۷، ۲). استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی در ترکیب با سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به وضوح کارایی و دقت فرآیند تهیه نقشه‌های ریسک را افزایش می‌بخشد. البته باید توجه داشت که سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با توجه به نوع کاربرد در مقایسه با یکدیگر دارای نقاط ضعف و قوت مختص به خود بوده و انتخاب یکی از این سیستم‌ها با توجه به نقاط ضعف و قوت مذکور عاری از دشواری نیست. سیستم حمل و نقل ریلی بدون شک ایمن ترین سیستم حمل و نقل در جهان می‌باشد. حرکت در مسیر معین و کنترل شده باعث می‌شود که سیستم حمل و نقل ریلی امنیت بیشتری نسبت به سایر سیستم‌های حمل و نقل داشته باشد. اما این موضوع به این معنا نیست که در سیستم حمل و نقل ریلی هیچ حادثه‌ای رخ نمی‌دهد. مزیت راه‌آهن در عبور از یک مسیر ثابت می‌تواند به عنوان ضعف این سیستم نیز تلقی شود. زیرا در صورت بروز یک مشکل در مسیر امکان تغییر مسیر وجود نخواهد داشت (قاسمی نژاد و علی ذاکری ۱۳۹۰؛ ۱). حرکات توده ای مواد، فرآیندهای ژئومورفیک طبیعی هستند که بر اساس ویژگی های خاص محیطی یک محل اتفاق می افتند (گلید، ۲۰۰۳). این پدیده‌ها که بخشی از فرآیندهای فرسایش دامنه ای هستند، سبب انتقال حجم زیادی از مواد دامنه ای، مانند سنگریزه ها، واریزه ها و غیره به دره ها می‌شوند (لارسن و پاکز، ۱۹۹۷). حرکات توده‌ای مواد به حرکت رو به پایین سنگ، خاک، واریزه، یا مخلوطی از این مواد روی دامنه در اثر نیروی ثقل اطلاق می‌شود (Crozier, 1999) و طبق طبقه‌بندی وارنر شامل انواع ریزش‌ها، واژگون‌ها، لغزش‌ها، جریان‌ها، خزش‌ها و غیره می‌باشد (Alcantara, 2002). این نوع پدیده‌ها در اثر نیروی گرانش، عوامل طبیعی از قبیل بارش‌های شدید، زلزله، اشباع خاک از آب و همچنین علل انسانی مانند عملیات نادرست مهندسی، بارگذاری و باربرداری از روی شیب، حفر پای شیب، تخریب پوشش گیاهی و غیره به وقوع می‌پیوندند. بزرگی آنها از حرکت‌های کوچک پیوسته

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

همراه با خزش خاک تا لغزش‌های سریع و فاجعه بار تغییر می‌کند (بنت و دوپلد، ۱۳۸۰). آب عامل مهمی است که این حرکت را آسان می‌گرداند. آب با نفوذ خود به داخل سنگ موجب می‌شود که هم چسبی و اصطکاک داخلی دانه‌ها و قطعات سنگ یا به عبارتی مقاومت آن‌ها در مقابل حرکت کاهش یابد. هوازدگی سنگ‌ها نیز موجب خرد و متلاشی شدن سنگ‌های متراکم زمین می‌شود و آن‌ها را برای حرکت آماده می‌نماید. در همین ارتباط همچنان که در انواع حرکات توده‌ای تنوع زیادی وجود دارد، علل وقوع این حرکات نیز متنوع بوده و تابع شرایط زمانی و مکانی است. به طور کلی دلایل عمده وقوع این حرکات در نگاه اول شامل: عواملی است که در افزایش نیروهای برشی موثر باشند، که از این جمله می‌توان به جابجایی تکیه گاه جانبی (فرسایش بر اثر رودخانه و یخچال، عمل امواج، هوازدگی، لغزش یا گسل خوردگی)، اضافه شدن بار دامنه ای (افزایش وزن بر اثر بارندگی، برف، پوشش گیاهی، تجمع مواد واریزه ای در پای دامنه)، جابجایی لایه های تحتانی که نقش تکیه گاهی دارند (انحلال در عمق و کارهای معدنی و کم شدن لایه های تحتانی رسوبی) اشاره کرد. تکنیک‌های تصمیم‌گیری به دنبال یافتن دلایل منطقی برای مسائل تصمیم‌گیری، به شیوه ای سازمان یافته و در نتیجه، ایجاد یک فرآیند تصمیم‌گیری ساده و تکرارپذیر است. علم تصمیم‌گیری کاربردهای فراوانی در علوم مهندسی، مدیریت نظامی، تجاری و نظایر آن پیدا کرده است. اگرچه، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری متعارف در استراتژی‌های نظامی، به صدها سال پیش باز می‌گردد. اما پایه گذاری علمی این شاخه از علوم، به دوران جنگ جهانی دوم باز می‌گردد. با وجودی که تا به امروز، انبوهی از روش‌های تصمیم‌گیری، ارائه شده و در بخش‌های گوناگون کاربرد پیدا کرده اند، اما فقط تعداد نسبتاً اندکی از آن‌ها در مسائل مکان‌یابی بکار گرفته شده اند، به طوری که می‌توان آن‌ها را در سه گروه جای داد (محمدزاده، ۱۳۸۶).

۱. روش‌های جبری نقشه: این روش‌ها شامل تعدادی توابع مکانی استاندارد و روش‌های برهم‌نهی ساده جهت گزینش فضاهای مطلوب با استفاده از عملگرهای منطقی یا محاسباتی ساده است.

۲. روش‌های ارزیابی چند معیاره: این روش‌ها امکان رده‌بندی پی‌آمدهای معیاری روی یک مقیاس مدرج و تعیین اهمیت نسبی یا وزن هر یک از معیارها را در فرایند تصمیم‌گیری فراهم می‌کنند.

روش‌های هوش مصنوعی (محاسبات نرم): شبکه‌های عصبی، سیستم‌های فازی و الگوریتم‌های تکاملی جزء این گروه از روش‌ها به شمار می‌آیند. ویژگی بارز این روش‌ها ماهیت نسبتاً پیچیده، اما کارایی بالا در حل مسائل مکانی بغرنج است. تکنیک جبری نقشه، در عین سادگی کاربرد و فهم آسان، مبنای بسیاری از روش‌های پیچیده و ابزار قدرتمندی جهت مکانیابی به شمار می‌آید. با این وجود، بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که استفاده از این تکنیک به تنهایی، منجر به ساده سازی بیش از حد تحلیل می‌شود و نمی‌تواند جوابگوی مسائل تصمیم‌پیچیده باشد. ارزیابی چند معیاره (MCE)

که در دهه ی ۱۹۷۰ رواج یافت، به روش‌های حل مسائل تصمیم‌پیچیده اشاره دارد. MCE در بسیاری از پژوهش‌ها، به عنوان روشی مناسب و سازگار با تصمیمات فضایی به رسمیت شناخته شده است. این تکنیک، به ویژه برای شرایط تصمیم‌گیری چند

معیاره گسسته نظیر تخصیص فضا مناسب است و می تواند داده های کمی و یا کیفی را مدیریت کند. روش های MCE در بررسی تعدادی از گزینه های پیشنهادی بر حسب معیارهای چندگانه و الویت های مغایر با یکدیگر کاربرد دارد (1983 Voogd). تصمیم گیری یک فرایند است که در برگزیده یک توالی از فعالیت هایی است که از شناخت مساله تصمیم گیری شروع شده و با ارائه پیشنهاد به پایان می رسد. بسیاری بر این باورند که کیفیت تصمیم گیری به توالی بکار گرفته شده در رابطه با انجام فعالیت ها وابسته است (مالچوفسکی، ۱۹۹۹).

روش های چندی در سازماندهی توالی فعالیت ها در فرایند تصمیم گیری مطرح شده اند. در این راستا، کینی (۱۹۹۲) دو رویکرد عمده را مطرح کرده است: رویکرد گزینه محور که در آن ایجاد گزینه های تصمیم گیری مورد تاکید قرار می گیرد و رویکرد ارزش محور که در آن، ارزش ها (معیارهای ارزیابی) به عنوان عناصر پایه ای در تحلیل تصمیم مورد استفاده قرار می گیرند. در این دو رویکرد، توالی فعالیت ها مورد توجه قرار می گیرد (پرهیزکار، ۱۳۸۵). با مقایسه این دو رویکرد می توان به این نکته پی برد که تفاوت میان آن ها در رابطه با این سوال مطرح است که آیا باید اول گزینه ها را ایجاد کرد و سپس، ساختار مبتنی بر ارزش را تعیین نمود یا برعکس این روند، بهتر است که گزینه ها از ساختار مبتنی بر ارزش استخراج شوند. اصل کلی در ساخت فرایند تصمیم گیری بدین ترتیب است که ایجاد گزینه های تصمیم گیری باید به گونه ای باشد که حصول به ارزش های تعیین شده در یک وضعیت تصمیم گیری، به بهترین صورت انجام پذیرد. این امر دلالت بر آن دارد که در یک نظم فکری، در وهله اول، بر تعیین مطلوبیت مورد نظر تاکید می شود و سپس، گزینه های دستیابی به آن مطلوبیت مورد توجه قرار می گیرند. به عبارت دیگر، در مساله تصمیم گیری، ارزش ها اساسی تر از گزینه ها هستند (مالچوفسکی، ۱۹۹۹). این چارچوب، بر پایه رویکرد ارزش محور قرار دارد. بر اساس این چارچوب، پنج مرحله عمده کار عبارتند از:

۱. تعیین معیارهای ارزیابی و استانداردسازی آن ها
۲. وزن دهی به معیارهای ارزیابی
۳. شناسایی گزینه های ممکن و ایجاد ماتریس تصمیم
۴. انجام رویه تجمیع
۵. انجام تحلیل حساسیت

فرآیند پهنه بندی با استفاده از GIS، شامل یک سری مراحل معین و مشخص بوده که برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان، اجرای آنها اجتناب ناپذیر می باشد. بطور کلی فرآیند پهنه بندی در محیط GIS شامل مراحل شناخت، تعیین داده ها و پارامترهای ورودی، بررسی ویژگی های محدوده مورد مطالعه، جمع آوری و آماده سازی داده ها، تهیه نقشه ها، وزن دهی به نقشه ها، تلفیق نقشه ها، نقشه نهایی می باشد.

موقعیت جغرافیایی

مسیر ریلی دورود-اندیمشک از داخل محدوده شهرستان دورود در استان لرستان شروع شده و تا ایستگاه اندیمشک در محدوده شهرستان اندیمشک در استان خوزستان ادامه دارد. استان لرستان دارای آب و هوای متنوعی است، این تنوع از شمال به جنوب و از شرق به غرب کاملاً محسوس می باشد به طوری که با حرکت از ابتدای مسیر ریلی مذکور به سمت قسمت انتهایی درجه حرارت هوا

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

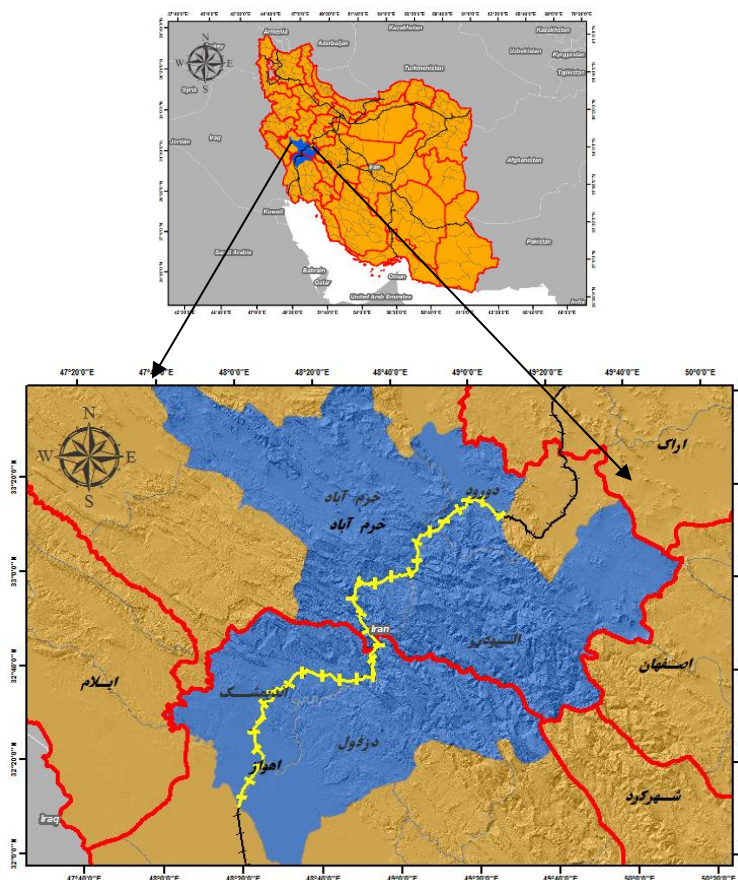
(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

با افزایش محسوسی رو به رو است. میزان بارش سالانه نیز در راستای این مسیر ریلی یکسان نبوده و به طور متوسط بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ میلی متر در نوسان است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۰۲/۱ متر است از نظر آب و هوا بدلیل واقع شدن در منطقه کوهستانی دارای آب و هوای سرد و خشک می باشد.



شکل ۱ - موقعیت و محدوده مطالعاتی

پس از مطالعه پژوهش‌های داخلی و خارجی مشابه به انتخاب و آماده‌سازی لایه‌های مکانی موثر در فرآیند پهنه‌بندی خطر سنگ ریزش اقدام گردید. سپس بعد از طراحی بانک داده مکانی-توصیفی بر مبنای لایه‌های انتخابی تکمیل بودن یا نبودن لایه‌های مکانی و همچنین میزان اهمیت هر یک از آنها در فرآیند مکان‌یابی با تهیه پرسشنامه و انجام فاز نظرسنجی تعیین شد. در مرحله بعدی پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS لایه‌های مذکور بر مبنای مقادیر وزنی مشخص در غالب یک لایه خروجی به صورت یک لایه نهایی تجمیع شدند. پس از تهیه مدل ریسک خطر سنگ ریزش با انجام مراجعات میدانی خروجی نهایی تدقیق شد. در نهایت با استفاده از داده‌های میانگین بارش فصلی به بررسی تاثیر بارش به عنوان مهمترین عامل اقلیمی موثر بر سوانح (سنگ‌ریزش) در طول مسیر ریلی دورود- اندیمشک اقدام شد. پردازش و تحلیل داده‌ها در این پژوهش باتوجه به پارامترهای (۱) گسل، (۲) لایه

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

زمین‌شناسی، (۳) ارتفاع، (۴) شیب، (۵) متوسط اختلاف دما، (۶) کاربری اراضی، (۷) بارش و (۸) شبکه‌های زهکشی صورت گرفته است. پس از آماده‌سازی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی، برای کد کردن وزن معیارها در فاز نظرسنجی از روش FAHP استفاده گردید. در همین ارتباط محاسبه وزن‌ها از طریق نرم‌افزار Matlab انجام گرفت. در مرحله بعد اوزان فازی هر یک از لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای اعداد فازی مثلثی با استناد به منابع مختلف در پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش و همچنین اعمال نظر کارشناسی در هریک از شاخه‌های اصلی و یا زیرشاخه‌های فرعی با استفاده از تکنیک FAHP به صورتی که در قسمت بعد بیان می‌شود محاسبه شد.

جدول ۱- مقادیر فازی مربوط به توزین لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش را نمایش می‌دهد.

گسل	زمین‌شناسی	ارتفاع	شیب	متوسط اختلاف دما	کاربری ارضی	بارش	تراکم شبکه زهکشی	
گسل	۰.۵ ۰.۸ ۲	۰.۲ ۰.۵ ۰.۲۵	۰.۵ ۰.۲۵ ۱	۰.۵ ۱ ۱.۵	۰.۷۵ ۲	۰.۸ ۲.۵	۱.۳ ۲.۵	
زمین‌شناسی	(۱،۱،۱)	۱ ۳ ۶	۰.۵ ۰.۸ ۲.۲	۱.۵ ۲.۵ ۵	۰.۸ ۲ ۴	۰.۷ ۲ ۳	۱.۵ ۳ ۵	
ارتفاع		(۱،۱،۱)	۰.۲ ۰.۴ ۰.۸	۱ ۲ ۳	۰.۷۵ ۱.۲ ۰.۵	۰.۸ ۱ ۲	۱ ۲ ۳	
شیب			(۱،۱،۱)	۳ ۵ ۷	۱ ۳ ۵	۲ ۳ ۵	۲ ۴ ۶	
متوسط اختلاف دما				(۱،۱،۱)	۰.۲۵ ۰.۵ ۱	۰.۵ ۱ ۱.۵	۰.۸ ۱.۵ ۲	
کاربری ارضی					(۱،۱،۱)	۰.۵ ۲ ۴	۲ ۳ ۵	
بارش						(۱،۱،۱)	۱.۵ ۲ ۳	
تراکم شبکه زهکشی							(۱،۱،۱)	

۳ - یافته‌های پژوهش

پهنه‌بندی فعالیت‌هایی است که استعدادهای فضایی و غیر فضایی یک سرزمین را شناسایی کرده و امکان انتخاب مکان مستعد برای کاربری خاص را فراهم می‌آورد. در ارتباط با تهیه مدل ریسک سنگ‌ریزش، استفاده از لایه اطلاعاتی گسل اجتناب ناپذیر است. در این ارتباط از لایه خطوط گسل تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری کشور، استفاده شده است و پس از تبدیل این لایه وکتوری به رستری، تابع Sigmoidal بر آن برازش شد که بر این اساس ارزش پیکسلی با افزایش فاصله کمتر می‌شود. لایه زمین‌شناسی بر خلاف سایر لایه‌ها ماهیت پیوسته ندارد برازش توابع فازی بر آن میسر نخواهد بود بر همین اساس امتیاز دهی کلاس‌های زمین‌شناسی در این لایه اطلاعاتی به صورت گسسته انجام پذیرفت. از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری استفاده شده و پس از تبدیل این لایه وکتوری به رستری، تابع سیگموئیدی بر آن برازش شد که بر این اساس ارزش پیکسلی با افزایش ارتفاع بیشتر

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

می‌شود. از آنجایی که احتمال سنگ‌ریزش در شیب‌های مختلف متفاوت می‌باشد پس از برازش تابع بر مقادیر ورودی (قابل رستر میزان شیب) نقشه استخراج شده شامل یک نقشه پیوسته با درجه عضویت ۰ تا ۱ می‌باشد که در این ارتباط درجه عضویت یک نشانگر مناسب‌ترین مقدار شیب و درجه عضویت صفر نشانگر نامناسب‌ترین مقدار شیب در ایجاد پدیده سنگ‌ریزش یا به عبارتی کمترین احتمال وقوع پدیده سنگ‌ریزش می‌باشد. در تمام کاربری‌ها لزوماً امکان وقوع سنگ‌ریزش وجود ندارد. و همچنین با توجه به اینکه نقشه کاربری زمین بیانگر چگونگی استفاده از یک قطعه زمین می‌باشد (همانند زمین‌های کشاورزی، مسکونی و نواحی جنگلی) از اینرو داشتن اطلاعات صحیح از کاربری اراضی برای ارزیابی ریسک سنگ‌ریزش در مجاورت خطوط ریلی ضروری می‌باشد. از آنجا که لایه کاربری همانند لایه زمین‌شناسی بر خلاف سایر لایه‌ها ماهیت پیوسته ندارد برازش توابع فازی بر آن میسر نخواهد بود بر همین اساس امتیاز دهی کلاس‌های زمین‌شناسی در این لایه اطلاعاتی به صورت گسسته انجام پذیرفت. آب عامل موثری در هوازدهی فیزیکی و شیمیایی مواد است. با پیشرفت هوازدهی مقاومت مواد کاهش می‌یابد. ضمناً یکی از عواملی که می‌تواند باعث افزایش بالقوه ریزش شود، کاهش اصطکاک در سطح دامنه و افزایش وزن مواد دامنه است. عامل بارش یکی از مجموعه عواملی است که با میزان ریسک سنگ‌ریزش در حاشیه مسیرهای ریلی رابطه مستقیم دارد. با افزایش میزان میانگین بارش سالانه ارزش پیکسلی هم افزایش خواهد یافت. اوزان فازی هر یک از لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای اعداد فازی مثلثی با استناد به منابع مختلف در پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش و همچنین اعمال نظر کارشناسی در هریک از شاخه‌های اصلی و یا زیرشاخه‌های فرعی با استفاده از تکنیک FAHP به صورتی که در قسمت بعد بیان می‌شود محاسبه شد. در این مرحله با استفاده از تعاریف فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، ضرایب هر یک از ماتریس‌های مقایسات زوجی، از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} = (48/94 \quad 82/96 \quad 148/29)^{-1} = (0/006 \quad 0/012 \quad 0/020)$$

$$S_{\text{گسل}} = (3/75 \quad 6/65 \quad 14/5) * (0/006 \quad 0/012 \quad 0/020) = (0/025 \quad 0/080 \quad 0/296)$$

$$S_{\text{زمینشناسی}} = (7/5 \quad 15/5 \quad 28/2) * (0/006 \quad 0/012 \quad 0/020) = (0/050 \quad 0/187 \quad 0/576)$$

$$S_{\text{ارتفاع}} = (5/16 \quad 9/48 \quad 16) * (0/006 \quad 0/012 \quad 0/020) = (0/034 \quad 0/114 \quad 0/526)$$

$$S_{\text{شیب}} = (11/7 \quad 21/75 \quad 35) * (0/006 \quad 0/012 \quad 0/020) = (0/078 \quad 0/262 \quad 0/715)$$

$$S_{\text{مختلاف دما}} = (3/89 \quad 6/1 \quad 9/5) * (0/006 \quad 0/012 \quad 0/020) = (0/015 \quad 0/048 \quad 0/139)$$

$$S_{\text{کاربری}} = (6/28 \quad 11/5 \quad 23) * (0/006 \quad 0/012 \quad 0/020) = (0/032 \quad 0/091 \quad 0/310)$$

$$S_{\text{بارش}} = (4/8 \quad 7/5 \quad 15/1) * (0/006 \quad 0/012 \quad 0/020) = (0/032 \quad 0/091 \quad 0/310)$$

$$S_{\text{تاثیر زهکشی}} = (3/13 \quad 4/35 \quad 6/91) * (0/006 \quad 0/012 \quad 0/021)$$

$$= (0/021 \quad 0/052 \quad 0/14)$$



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

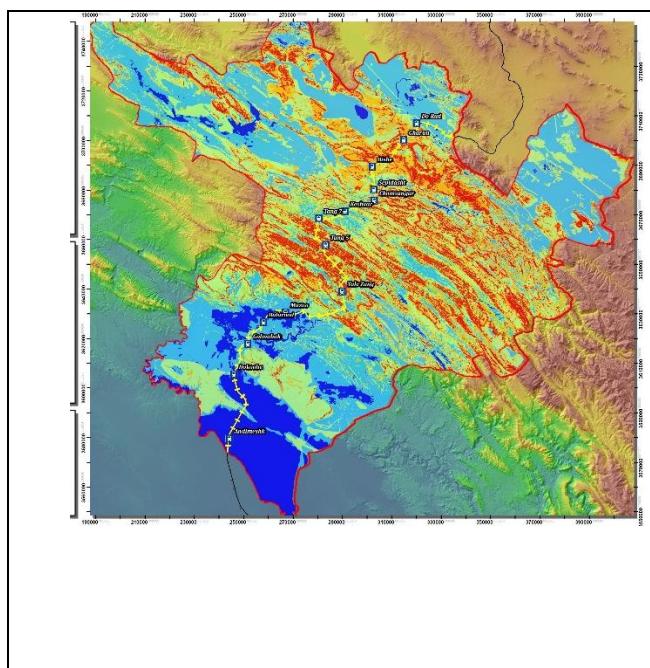
در نهایت بردار وزنی شاخص‌ها که در قسمت قبل محاسبه شد، باید نرمالیزه شود:

$$W(x_i) = \frac{0.103}{0.103 + 0.158 + 0.111 + 0.254 + 0.074 + 0.138 + 0.056}$$

جدول ۲ ماتریس وزن‌های محاسبه شده از جدول فازی به شکل قطبی

تراکم شبکه زهکشی	بارش	کاربری ارضی	متوسط اختلاف دما	شیب	ارتفاع	زمین شناسی	گسل
۰/۰۵۶	۰/۱۰۵	۰/۱۳۸	۰/۰۷۴	۰/۲۵۴	۰/۱۱۱	۰/۱۵۸	۰/۱۰۳

در ادامه اوزان فوق که در حقیقت خروجی مدل FAHP می‌باشند به عنوان وزن‌های لایه‌های اطلاعاتی در مدل پهنه‌بندی خطر ریسک سنگ‌ریزش در مجاورت مسیر ریلی دورود-اندیمشک مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه ۲ نشانگر خروجی مدل مکانی پیشنهادی جهت پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش در مجاورت مسیر ریلی دورود-اندیمشک می‌باشد. به بیان دیگر این مدل مکانی نشانگر احتمال وقوع سنگ‌ریزش بر طبق لایه‌های اطلاعاتی انتخابی و اوزان مربوطه می‌باشد. شایان ذکر است که در ادامه پس از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، خروجی مدل مکانی در ۵ کلاس بسیار مناسب، مناسب، بینابین، نامناسب و بسیار نامناسب طبقه بندی شد.



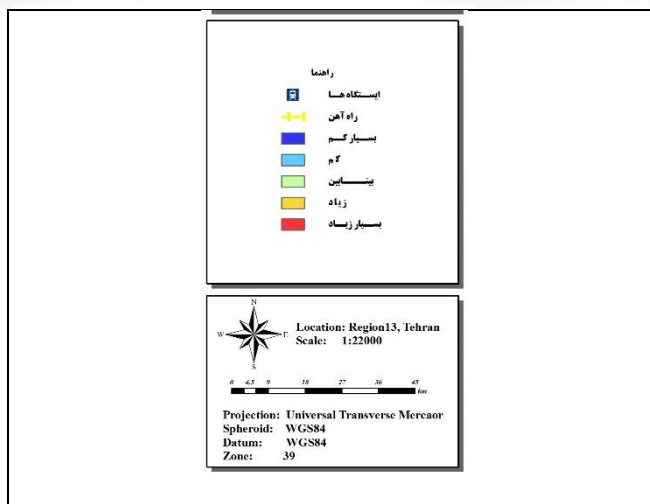
12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲



نقشه ۲ خروجی مدل مکانی احتمال وقوع خطر

۴- نتیجه گیری

در پژوهش حاضر با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به تهیه نقشه ریسک ریزش‌های دامنه‌ای در محدوده مسیر ریلی دورود تا اندیمشک شد. برای انجام این کار از ۸ معیار (۱) گسل، (۲) لایه زمین‌شناسی، (۳) ارتفاع، (۴) شیب، (۵) متوسط اختلاف دمای روزانه، (۶) کاربری اراضی، (۷) میزان بارش و (۸) تراکم شبکه زهکشی در راستای تهیه نقشه ریسک ریزش استفاده شد. در همین ارتباط در جهت بررسی اثر اقلیم بر سوانح ریلی از نوع سنگ‌ریزش و تهیه نقشه‌های ریسک فصلی از شاخص‌های اقلیمی بارش و اختلاف درجه حرارت به صورت فصلی استفاده شد. در نهایت پس از انجام مقایسات زوجی و تلفیق داده‌های مذکور در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه ریسک ریزش‌های دامنه‌ای بر مبنای ارزش دهی ۰ تا ۱ تهیه گردید.

۵- منابع و مآخذ

- [۱] احمدی، حسن؛ طالبی، علی (۱۳۸۰): بررسی عوامل مؤثر در ایجاد حرکت‌های توده‌ای (منطقه چهارمحال و بختیاری). مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۴. شماره ۴
- [۲] اصغرپور، محمد جواد، (۱۳۸۸): تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، موسسه انتشارات دانشگاه تهران، صص ۳۶۰-۳۵۸.
- پرهیزکار، اکبر، عطا غفاری گیلانده، (۱۳۸۵): سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، انتشارات سمت، تهران.
- [۳] جنتی سراب، ابوالفضل (۱۳۷۲)، "مطالعات ژئومورفولوژی و هیدرومورفولوژی حوضه اوجان‌چای"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، گروه جغرافیای طبیعی، ص ۲۳۰.

- [۴] شیرانی، کوروش و همکاران (۱۳۸۴): بررسی عوامل مؤثر در زمین‌لغزش با استفاده از روش متغیر مجازی در تحلیل‌های آماری چندمتغیره (حوضه کارون جنوبی). مجموعه مقالات کنفرانس بلایای طبیعی و مخاطرات ژئومورفولوژیک، دانشگاه تبریز.
- [۵] فیض‌نیا، سادات؛ احمدی، حسن؛ حسن‌زاده، محمد (۱۳۸۰): پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه‌ی آبخیز شلمانرود در استان گیلان. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۴. شماره ۴.
- [۶] قاسمی نژاد، حسین، علی‌ذاکری، جبار، (۱۳۹۰)، شناسایی عوامل مؤثر در خروج از خط قطار، دومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، آبان ماه ۱۳۹۰، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.
- [۷] قدسی پور، حسن (۱۳۸۴): فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صص ۸۳-۸۰.
- [۸] کرمی، فریبا؛ بیاتی خطیبی، مریم؛ مختاری، داوود؛ (۱۳۸۶)؛ ارزیابی و پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد در حوضه آبریز اوجان‌چای، مجله جغرافیا و توسعه.
- [۹] کوره‌پزان دزفولی، امین، ۱۳۸۷، اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مدلسازی مسائل مهندسی آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.

Abdoos and Mozayani, N. (2005) "Fuzzy decision making based on relationship analysis between criteria," in Proc. North American Fuzzy Information Processing Society Annual Conf., IEEE, pp. 743-747, Jun.

Alcantara-Ayala, I. (2002): Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries, Geomorphology, Vol.47:107-124.

Batterson, M., McCuaig, S. & Taylor, D., 2006- Mapping and assessing risk of geological hazard on the Northeast Avalon peninsula and Humber valley, Newfoundland, Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources, Geological Survey, Report 06-1, pages 147-160

Baillifard, F., Jaboyedoff, M. & Sartori, M., (2003): Rock-fall hazard mapping along a mountainous road in Switzerland using an empirical approach. **Natural Hazards and Earth System Sciences**. Vol. 3, 435-442.

Cheng EWL, Li H, Yu L, (2007), A GIS approach to shopping mall location selection; 42:884-892

Crozier, M.J., and T, Glade (1999): Frequency and magnitude of land sliding :Fundamental Research Issues. Zeitchrift fur geo-morphology, Supplement, 115:141-155.

Eastman, J.R., and H. Jiang. (1996). Fuzzy measures in multi-criteria evaluation. Proceedings, Second International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Studies, 527-534. Fort Collins, CO: May 21-23, 2996.

Eastman, J.R.; Jin, W.; Kyem, P.A.K.; Toledano, J. (1995). Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 61: 539-547.

Geneletti, D., (2004). A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in an alpine valley. Land Use Policy 21, 149-160

Jaboyedoff, M., 2003- CONEFALL 1.0 User's Guide. Open report – Soft 01, Quanterra. www.quanterra.org, 15p. Lied, K., 1977- Rock-fall problems in Norway. In: Rock-fall dynamics and protective work effectiveness. ISMES publ. n.90. Bergamo, 51-53.

Jiang, H., and Eastman. J.R. (2000). Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. International Journal of Geographical Information Science 14 no. 2: 173-184.

Janic and Reggiani, A. (2002.) "An application of the multiple criteria decision making analysis to the selection of a new hub airport," EJTIR, vol. 2, no. 2, pp. 113-141.

Herrera, F. Herrera-Viedma E. (1996), J.L. Verdegay, A model of consensus in group decision making under linguistic assessments, Fuzzy Sets and Systems, 78 (1996) 73-87.

Larsen, M.G. and J.E (1997): How wide is a road? The association of roads and mass wasting in a forested mountain, Ear. Sur. Pro. and Landforms, Vol: 22.835-845.

Lied, K., 1977- Rock-fall problems in Norway. In: Rock-fall dynamics and protective work effectiveness. ISMES publ. n.90. Bergamo, 51-53.

Malczewski J., (1999). GIS and Multi-criteria Decision Analysis, Wiley & Sons INC.

Petti, C.(2008), 'An Integrated Multi-Scaled Decision support framework and Evaluation of Land use, London, pp 88-93s.

Sovary, F. (2008) 'GIS and Multi-criteria Decision analysis, New York, pp 63-69

Sprague, R. H., and E. D. Carlson (1982) Building effective Decision Support Systems. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc.

Investigating the impact of climate on railway accidents in the Zagros region: Durud region

Abstract

studies of rock slope instabilities generally show that rock-fall do not occur at random locations: the failure zone can be classified as sensitive from climatic and geomorphological evidences. Rock-falls are natural process of cliff and hillside erosion, therefore, zones susceptible to failure can be mapped by the computer programs (i.e., Geographic Information Systems). Rock-falls are a major hazard in rock cuts for highways and railways, and in mountainous terrain. Rock-falls are generally initiated by some climatic, geomorphologic or biological event that causes a change in the forces acting on a rock. In other words, those events are strictly linked with those climatic and geomorphologic one and also with human activities which created slope instability. These events may include pore pressure increases due to rainfall infiltration, erosion of surrounding material during heavy rain storms, freeze-thaw processes in cold climates, chemical degradation or weathering of the rock, root growth or leverage by roots moving in high winds. This paper describes the application of a well-known Multi Criteria Decision Making (MCDM) technique called Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) to explore Rock-falls Susceptibility Mapping (RSM). In order to locate areas from which a rock-fall might originate areas were assessed with respect to the presence or absence of five criteria: (1) fault, (2) geology, (3) elevation, (4) slope, (5) average annual temperature difference (6) land-use, (7) rainfall (8) Drainage Density. Also, climatological criteria are analyzed periodically in order to produce seasonal rock-fall risk maps. These criteria were integrated into a Geographic Information System (GIS) using existing topographic, geomorphological, and geological vector and raster digital data. The proposed model yields a rating from 0 to 1, and gives a relative hazard map.

Keywords: GIS, multi-criteria decision-making systems, Fuzzy Analytical Hierarchy Process.