



پهنه بندی خطر سقوط سنگ در دامنه های مشرف به مسیر خط راه آهن لرستان با استفاده از GIS

حسین حسینی^{*}، محمدرضا قلی نژاد^۲، سیاوش تهرانی مقدس^۳

- ۱- دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(دریافت ۱۳۹۱/۵/۱۰، پذیرش ۱۳۹۲/۷/۲۸)

چکیده

بخش قابل توجهی از سرمایه گذاری های ملی و زیر بنایی مربوط به فعالیت های عمرانی در طبیعت می باشد. این سرمایه ها باید با اطمینان کافی و انتخاب شده به مصرف برسند تا متضمن بقا و دوام منافع حیاتی باشند. در این پژوهش پس از برداشت اطلاعات مختلف زاویه شیب، لیتولوژی، طول گسل، طول رودخانه و راه، بارندگی، زمین لرزه و پوشش گیاهی در نقشه سلول بندی شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پردازش صورت گرفته و در نهایت نقشه پهنه بندی خطر رانش زمین در مسیر راه آهن دورود-اندیمشک ارائه گردیده است. برای تهیه نقشه پهنه بندی از روش مورا و وارسون و برای اعتبارسنجی این روش از AHP استفاده شده است. زاویه شیب از نقشه رقومی ارتفاعی منطقه بدست می آید، برای بدست آوردن نقشه رقومی ارتفاعی از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شده است. برای تهیه لیتولوژی منطقه از نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه استفاده شده است. طول گسل، طول راه و رودخانه و پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره ای لندست بدست آمده است. بارندگی و زمین لرزه نیز به ترتیب از داده های سازمان هواشناسی کشور و موسسه ژئوفیزیک تهران استفاده گردیده است. در پایان نقاط اصلی حادثه خیز معرفی شده اند

کلمات کلیدی

نقشه پهنه بندی، سقوط سنگ، روش AHP، سیستم اطلاعات جغرافیایی، راه آهن دورود- اندیمشک

* نویسنده مسئول وعهده دار مکاتبات Email: hhassani@aut.ac.ir

۱- مقدمه

کیلومتر، در دو استان لرستان و خوزستان واقع گردیده است. اداره کل راه آهن لرستان به مرکزیت اندیمشک دارای دو ایستگاه تشکیلاتی درجه ۱، دو ایستگاه نیمه تشکیلاتی درجه ۱ و ۱۰ ایستگاه درجه ۳ می باشد. در جهت حرکت به سمت تهران از سوزنهای ورودی ایستگاه اندیمشک شروع و تا سوزنهای خروجی ایستگاه درود ادامه دارد و در مجموع دارای ۲۰۷ کیلومتر خط می باشد. از جلگه خوزستان شروع شده و از قلب زاگرس در حاشیه رود دز حرکت نموده و به استان لرستان و شهرستان درود ختم می شود. دارای پلهای بسیار بلند و استراتژیکی چون پل تله زنگ، پل آب سیرم، پل شهبازان، پل توه، پل بیشه، پل آب مامون و ... می باشد و دارای بیش از ۱۳۰ تونل است که تونل های ۲۲ و ۲۳ آن به طولهای بیش از ۲۵۰۰ متر طولانی ترین تونلهای راه آهن خاور میانه می باشند و در مجموع بالغ بر ۶۰ کیلومتر این مسیر درون تونل می باشد. روزانه حدود ۱۰۰۰۰ نفر از طریق این مسیر تردد می کنند. محدوده مورد مطالعه در زون ساختمانی زاگرس شامل زاگرس مرتفع، زاگرس چین خورده و دشت خوزستان واقع گردیده است. گسله‌های اصلی منطقه شامل گسل زاگرس، گسله جوان اصلی زاگرس و گسل دورود می باشد.

در محدوده مورد مطالعه سازندها و واحدهای سنگی مختلفی از ژوراسیک تا عهد حاضر رخنمون دارند که وضعیت لیتولوژیکی و مقاومتی آنها در میزان پایداری و ناپایداری توده سنگها و در نتیجه در پهنه بندی خطر سقوط سنگ در مسیر راه آهن لرستان تاثیر بسزائی دارد. سازندهای محدوده طرح به ترتیب از قدیم به جدید سازند بنگستان، سازند گورپی، سازند امیران، سازند کشکان، سازند پابده، سازند آسماری، سازند گچساران، سازند آغاچاری، سازند بختیاری و آبرفتهای کواترنری میباشد [۴].

به طور کلی در محدوده مورد مطالعه جنگل های تنک، نیمه تنک به حالت وحشی و طبیعی دیده می شود. مساحت جنگل های محدوده حوضه های آبریز رودخانه های دز و سزار که مسیر خط راه آهن به موازات این دو رودخانه میباشد حدود ۱۵۰ هزار هکتار است که به این وسعت حدود ۲۵۰۰۰۰ هکتار مرتع نیز باید اضافه کرد. پوشش نباتی محدوده دورود تا اندیمشک از گونه ها مختلف و متنوع گیاهی است.

۳- روش شناسی

۱-۳- بررسی و امتیاز بندی عوامل مؤثر بر ناپایداری دامنه ها

نقشه زمین لغزش گام اول در هر برنامه پایدار سازی است [۱]. کمتر از یک دهه است روش های GIS به عنوان شیوه سریع برای دستیابی به نقشه های حساسیت در کشور ما رواج یافته و به کار گرفته شده است و به ویژه از نظر فنی در حال توسعه می باشد [۲]. آنالوگان طی تحقیقی به این نتیجه رسید که شناسایی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و پهنه بندی خطر آن جهت مشخص نمودن مناطق مستعد خطر و ناپایدار و کمک به برنامه ریزان برای انتخاب مکان های مساعد توسعه ای از قبیل ساختن جاده ها و مناطق مسکونی در مراحل اولیه برنامه ریزی بسیار مفید و باعث رعایت احتیاط های لازم جهت پایداری می گردد [۱]. اسماعیلی و احمدی در بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش و پهنه بندی خطرهای حاصل از آن، به دو روش رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسله مراتبی انجام دادند. که در این بررسی از هفت پارامتر استفاده گردیده است و در نهایت مشخص شد روش تحلیل سلسله مراتبی نسبت به روش رگرسیون چند متغیره از دقت بیشتری برخوردار است [۳].

روشهای مختلفی توسط محققین جهان از جمله روشهای مورا و وارسون و کاناگوا به منظور طبقه بندی عوامل ناپایداری زمین لغزشها منتشر شده است. با توجه به بررسیهای انجام شده بر روی این روشها ملاحظه گردید که کاربرد روشهای مختلف از سوی محققین دیگر نمیتواند روشی مناسب جهت پهنه بندی کلیه مناطق در برابر زمین لغزش باشد. لذا ما را به همین دلیل که در این تحقیق عوامل مؤثر در ناپایداریها را، متناسب با شرایط ساختاری، لیتولوژیکی، توپوگرافی و کلیماتولوژی محدوده مورد مطالعه طبقه بندی و امتیاز دهی نمائیم. امتیاز دهی هر یک از پارامترها با استفاده از نقشه شبکه بندی شده انجام شده است. در این تحقیق پس از برداشت اطلاعات مختلف زاویه شیب، لیتولوژی، طول گسل، طول رودخانه و راه، بارندگی، زمینلرزه و پوشش گیاهی در نقشه سلول بندی شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پردازش صورت گرفته و در نهایت نقشه پهنه بندی خطر رانش زمین در مسیر راه آهن دورود- اندیمشک ارائه می گردد.

۲- محدوده مورد مطالعه

گستره مورد مطالعه از لحاظ جغرافیایی در جنوب استان لرستان و شمال استان خوزستان قرار دارد. راه آهن دورود- اندیمشک در محور سراسری تهران - جنوب به طول ۲۱۵

لیتولوژی

ترکیب بافت و ساخت مصالح و مواد تشکیل دهنده دامنه ها، نقش بسزایی در پایداری و ناپایداری ها ایفا می کنند. دامنه هایی که واجد سنگ های سست با مقاومت برشی کم می باشند استعداد بیشتری جهت گسیختگی دارند [۳]. برای تعیین ضریب نفوذپذیری و تورم سازند ها از آزمایش نفوذپذیری و تورم استفاده شده است، برای تعیین تخلخل و جذب آب، مقاومت برشی و فشارشی از آزمایشات مکانیک سنگ استفاده شده است. مصالح موجود در منطقه از نظر رفتاری و مقاومت در مقابل لغزش، بطور کلی در پنج کلاس در جدول (۲) طبقه بندی گردیده است.

جدول شماره (۲): امتیازدهی سنگها از نظر مقاومت در برابر لغزش (FL)

طبقه	توصیف	امتیاز
I	سنگ آهک توده ای- سنگ آهک ضخیم لایه- دولومیت توده ای- سنگ آهک دولومیتی ضخیم لایه - کنگلومرا با سیمان سیلیسی	۱
II	ماسه سنگ و ماسه سنگ کوارتزی با لایه بندی متوسط و سیمان آهکی- ماسه سنگ آهک دار - سیلتستون- آهکهای نازک لایه	۲
III	سنگ آهک مارنی با لایه بندی متوسط- سنگ آهک رسی - ماسه سنگ کوارتزی با لایه بندی متوسط- شیل های پیریت دار- آهکهای دانه متوسط تا توده ای	۳
IV	شیل - آندزیت - مارن گچ دار- گچ - نمک	۴
V	رسوبات و آبرفت های عهد حاضر - شن و ماسه - رسوبات پرکننده دره ها حاوی مارن و گچ	۵

طول رودخانه و راه

در تحلیل و ارزیابی عامل شیب در گستره مورد مطالعه به دلیل وجود محدودیت شیب و فراز در طراحی مسیر راه نیاز به خاکبرداری و احداث ترانشه در مسیر عبور اجتناب ناپذیر می باشد که این عملیات

باعث بوجود آمدن شیب های مصنوعی با میزان شیب حداقل ۴۵ درجه در مسیر راه می گردد. آبهای جاری نیز یکی از عوامل محرک در افزایش ناپایداری دامنه ها می باشند [۶]. با توجه به ناپایداری های رخ داده در گستره طرح عوامل مربوط به طول ترانشه های راه و طول آبراهه ها و رودخانه ها نقش تعیین کننده دارند. بر همین اساس تراکم طول راه ها و رودخانه ها درجه بندی شده و در جدول (۳) درج گردیده است.

عوامل گوناگونی از قبیل شرایط توپوگرافی، لیتولوژی، هیدروژئولوژی، تکتونیک و لرزه ای در ناپایداری دامنه های سنگی و خاکی مؤثر بوده و ممکن است به طرق مختلفی با تاثیر متقابل بر یکدیگر موجب تشدید ناپایداری گردند. در این راستا نقش فعالیت های انسان را در ناپایداری دامنه ها نیز نباید از نظر دور داشت. بطور کلی می توان عوامل ناپایدار نمودن دامنه ها را به دو دسته عوامل ذاتی و محیطی تقسیم نمود. عوامل ذاتی شامل ترکیب، بافت و ساخت مصالح تشکیل دهنده و شکل هندسی دامنه، می باشد و از مهمترین عوامل محیطی می توان به حفر ترانشه و خاکبرداری، افت سریع آب، تکتونیک، بارندگی، یخبندان، هوازگی، ارتعاشات و تکانهای ناشی از زلزله اشاره نمود. در این تحقیق، کلیه عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و با توجه به مقیاس طرح بطور کلی هفت عامل زاویه شیب دامنه ها، لیتولوژی یا مصالح و مواد تشکیل دهنده دامنه ها، عوامل ساختاری ایجاد ترانشه در مسیر راه و راه آهن، پوشش گیاهی، میزان بارندگی و زلزله بعنوان عوامل مؤثر در ناپایداری شیب ها در گستره طرح در نظر گرفته شده است.

زاویه شیب دامنه ها

زاویه شیب از عوامل اصلی ایجاد گسیختگی دامنه ها به شمار می رود و به دو صورت طبیعی و مصنوعی تغییر می نماید [۵].

برای طبقه بندی شیب ها در محدوده مورد مطالعه از نقشه های توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰) استفاده گردید. برای تعیین جهت و زاویه شیب دامنه ها در گستره طرح ابتدا مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه از روی نقشه های توپوگرافی توسط نرم افزار ArcGIS تهیه شد. سپس زاویه شیب در محدوده منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. از نظر تئوری، با فرض یکسان بودن سایر عوامل، احتمال خطر لغزش در مناطقی که شیب بیشتری داشته باشند بیشتر است. از نظر زاویه شیب دامنه ها در پنج رده طبقه بندی شد. نتایج این طبقه بندی در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱): تاثیر زاویه شیب در ناپایداری دامنه ها (FI)

میزان زاویه شیب (درجه)	۱۵-۵	۲۵-۱۶	۳۵-۲۶	۴۵-۳۶	> ۴۵
تاثیر در ناپایداری دامنه ها	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
ضریب (FI)	۱	۲	۳	۴	۵

جدول (۳): تاثیر طول رودخانه و راه در ناپایداری (F_D)

طول رودخانه و راه (متر)	<250	-750	-1500	-2250	>2250
میزان تاثیر در ناپایداری	کم	نسبتاً کم	متوسط	نسبتاً زیاد	زیاد
ضریب (F_D)	۱	۲	۳	۴	۵

جدول (۵): چگونگی تأثیر خطر نسبی زلزله (F_R)

خطر نسبی هر پهنه	بسیار پائین	پائین	متوسط	بالا	بسیار بالا
ضریب (F_R)	۱	۲	۳	۴	۵

پوشش گیاهی

پوشش گیاهی یک عامل غیر مستقیم بر پایداری شیب است. دامنه‌های لم‌یزرع و بدون پوشش گیاهی نسبت به مناطق جنگلی، استعداد بیشتری برای زمین‌لغزش و فرسایش سریعتر و ناپایداری بیشتر دارند. به عبارت دیگر علفزارها و جنگل‌ها فرآیند فرسایش را کند می‌کنند. نفوذ ریشه درختان درون خاک باعث پایداری دامنه‌ها می‌شود. پوشش درختی می‌تواند هم از لحاظ تبخیر و تعرق بالایی که دارد آب موجود در خاک را به هوا پلایش نموده و باعث کم کردن اثر رطوبت در خاک می‌گردد، چرا که رطوبت موجود در توده خاک یکی از عوامل مهم در رسیدن توده به حالت اشباع و وقوع زمین لغزش ها می باشد. همچنین پوشش درختی می‌تواند با ریشه‌های عمیق و پیوسته ای که دارد باعث تثبیت و تحکیم توده خاک روی دامنه‌های شیبدار می‌گردد [۷]. نوع و مقدار پوشش گیاهی توسط تصاویر ماهواره ای لندست تعیین می‌گردد. از نظر پوشش گیاهی منطقه به پنج رده تقسیم شد، نتایج این طبقه بندی در جدول (۶) آمده است. به طور کلی با افزایش پوشش گیاهی خطر سقوط سنگ کاهش می‌یابد.

جدول (۶): چگونگی تأثیر پوشش گیاهی (F_{LC})

پوشش گیاهی	زیاد	نسبتاً زیاد	متوسط	نسبتاً کم	کم
ضریب (F_{LC})	۱	۲	۳	۴	۵

۳-۲- تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سقوط سنگ

برای تعیین اهمیت و تاثیر نسبی عوامل و فاکتورهای مؤثر در پهنه بندی خطر زمین‌لغزش معمولاً از روش وزن‌دهی یا امتیازدهی استفاده می‌شود. در این روش بر اساس قضاوت مهندسی و تجربیات موجود به هر یک از عوامل مؤثر وزن یا امتیاز داده می‌شود. طی مطالعات طولانی و گسترده در طرفین مسیر راه‌آهن در بخشهای مختلف منطقه مورد مطالعه، تعدادی از رانشهای قدیمی و جوان و عوامل وقوع آنها شناسائی شد. نتایج این بخش از مطالعات بعنوان عامل کالیبره کردن روش مورد نظر در تأیید شناخت عوامل افزایش پتانسیل لغزش دامنه‌های

میزان بارندگی

چگونگی تاثیر عامل بارندگی در افزایش استعداد ناپایداری و ایجاد حرکات دامنه ای نیز بررسی شد. بدین منظور از نقشه میانگین بارش سالیانه در کشور مربوط به ۴۰ سال گذشته استفاده گردید. تاثیر عامل بارندگی هم به صورت افزایش رطوبت خاک بر اثر افزایش میزان بارندگی و در نتیجه افزایش پتانسیل لغزش و هم بعنوان عامل شروع کننده رانش در صورت وقوع بارندگیهای شدید و طولانی در نظر گرفته شده است [۶]. چگونگی تاثیر میزان بارندگی در ناپایداری دامنه‌ها در جدول (۴) آمده است.

جدول (۴): چگونگی تاثیر میزان بارندگی سالیانه در ایجاد رانش

میزان بارندگی (mm)	<300	-400	-500	500	>600
میزان تاثیر در ناپایداری	خیلی کم	نسبتاً کم	متوسط	نسبتاً خیلی زیاد	خیلی زیاد
ضریب (F_R)	۱	۲	۳	۴	۵

زمین لرزه

زمین‌لرزه یکی دیگر از عوامل محرک در ایجاد ناپایداری در گستره مورد مطالعه می باشد. نیروی ناشی از زمین‌لرزه باعث گسیختگی و ترکهای کششی اولیه در دامنه‌ها می‌گردد. عدم تداوم این نیرو دلیل عدم گسیختگی کامل و لغزش بوده و در صورت رویداد دوباره زمین‌لرزه عمق و میزان بازشدگی ترکها افزایش می‌یابد ولی پس از رخداد زمین‌لرزه و به مرور زمان عوامل دیگری تأثیر نموده و وزن توده ناشی از نیروی ثقل باعث تکمیل تأثیر عامل زمین‌لرزه در ایجاد ناپایداری می‌گردد. دامنه‌ها بطور مستقیم تحت تأثیر شتاب ناشی از زمین‌لرزه‌ها می‌باشند [۶]. رده بندی حداکثر شتاب افقی تأثیر گذار در محدوده مورد بررسی در جدول (۵) قید شده است.

۳-۳- کاربرد روش AHP در اعتبار سنجی ضرایب

در مدل‌هایی مانند برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی عدد صحیح، برنامه‌ریزی غیر خطی، تخصیص و عمده مدل‌های کلاسیک، نتیجه تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری بر اساس چندین معیار بررسی و تجزیه و تحلیل شده باشد. مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مواردی مانند مدل SAW، TOPSIS، ELECTRE و AHP را در برمی‌گیرند [۸] که ما در اینجا به معرفی مدل AHP می‌پردازیم.

روش AHP

روش AHP توسط فردی عراقی الاصل به نام توماس ساعتی در دهه ۱۹۷۰ پیشنهاد شد. AHP تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد تا اثرات متقابل و همزمان بسیاری از وضعیت‌های نامعین و پیچیده را تعیین کنند. در این روش احساسات و قضاوتها نیز در نظر گرفته می‌شوند.

روش AHP طی مراحل زیر صورت می‌گیرد:

۱- الگوریتم AHP: شامل تعیین هدف، انتخاب شاخصهای مهم، تعیین گزینه‌ها و تعیین ماتریس مقایسات زوجی شاخصها می‌باشد. سپس ماتریس مقیسات زوجی، به هنجار(نرمال) می‌گردد. برای این منظور هر یک از عناصر ماتریس مرحله قبل را بر مجموع ستون مربوطه تقسیم می‌کنیم. ماتریسی که به این ترتیب به دست می‌آید را ماتریس هنجار شده (نرمال شده) می‌نامند. سپس وزنهای نسبی هر شاخص بوسیله محاسبه میانگین حسابی هر سطر ماتریس نرمال شده محاسبه می‌گردد. سپس ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها تعیین گردیده و سپس ماتریس نرمال شده و وزنهای نسبی برای آنها به تفکیک هر شاخص محاسبه می‌گردد.

۲- رتبه بندی گزینه‌ها: ضرب ماتریس وزن نسبی شاخصها در ماتریس وزن نسبی گزینه‌ها و رتبه بندی بر اساس اعداد حاصل ضرب ۲ ماتریس. در این مرحله کار رتبه بندی به پایان رسیده است.

۳- محاسبه نرخ ناسازگاری (تعیین اینکه آیا بین مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد یا خیر؟)

- بردار مجموع وزنی (WSV) = ماتریس مقایسات زوجی (D) × بردار وزنهای نسبی (W)

- مولفه ای WSV تک به تک بر وزنهای نسبی شاخصها

تقسیم می‌کنیم تا بردار سازگاری (CV) بدست‌آید.

منطقه مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به شرایط خاص منطقه، عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها شامل لیتولوژی، زاویه شیب دامنه‌ها، راه و رودخانه، گسل، میزان بارندگی و زلزله بررسی گردید. این عوامل در شرایط مختلف با یکدیگر می‌باشند و با توجه به درجه خطر نسبی هر یک از این عوامل، تأثیرات متفاوتی بر روی ناپایداری دامنه‌ها اعمال می‌نمایند. منطقه مورد مطالعه به شبکه‌ای از سلولهای منظم متشکل از واحدهای مربع شکل به ابعاد ۲۵۰×۲۵۰ متر و در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تقسیم بندی شده و با استفاده از نتایج طبقه بندی عوامل مؤثر در ناپایداری، امتیاز ناپایداری در هر واحد تعیین گردید. با توجه به درجه تأثیر هر عامل در ناپایداری دامنه‌ها، برای عوامل مذکور ضرایب مناسبی با میزان تأثیر هر عامل در ناپایداری شیب در نظر گرفته شد. با توجه به عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها می‌توان رابطه کلی زیر را برای منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت.

$$LHZ = (C_L \times F_L) + (C_I \times F_I) + (C_F \times F_F) + (C_D \times F_D) + (C_R \times F_R) + (C_S \times F_S) + (C_{LC} \times F_{LC})$$

در این رابطه: F_L = فاکتور لیتولوژی، F_I = فاکتور زاویه شیب، F_F = فاکتور طول گسلش، F_D = فاکتور طول رودخانه و راه، F_R = فاکتور میزان بارندگی، F_S = فاکتور خطر نسبی زلزله، F_{LC} = فاکتور پوشش گیاهی می‌باشد. ضرایب C بیانگر اهمیت هر یک از عوامل در مجموعه پارامترهای مؤثر بر ناپایداری می‌باشد. مقادیر بدست آمده در گستره طرح با توجه به مطالعات انجام شده وقضاوت مهندسی بر روی مناطق الگو بدست آمده است که در جدول (۷) قید شده است.

جدول (۷): مقادیر مربوط به ضریب اهمیت نسبی (C) در گستره

طرح						
ضریب	C_L	C_I	C_F	C_D	C_R	C_{LC}
مقدار	۱/۵	۱	۱/۲	۰/۷۵	۱	۱/۶
	0/75					

در اعمال ضریب در هر یک از عوامل هفتگانه مؤثر در ناپایداری دامنه‌ها، مقدار ضریب لیتولوژی (C_L)، زاویه شیب (C_I)، گسل (C_F)، راه و رودخانه (C_D)، میزان بارندگی (C_R) و ضریب زلزله (C_S) ضریب پوشش گیاهی (C_{LC}) تعیین شده و در هر واحد اعمال گردیده است.

ضرایب B بیانگر اهمیت هر یک از عوامل در مجموعه پارامترهای مؤثر بر ناپایداری می باشد. مقادیر بدست آمده در گستره طرح با توجه به مطالعات انجام شده، استفاده از تجربیات محققین و قضاوت مهندسی بر روی مناطق الگو بدست آمده است که در جدول شماره ۸ قید شده است. به منظور اعتبارسنجی ضرایب، مراحل مربوط به روش AHP را بر روی ضرایب B انجام داده و نتایج آن نشان می دهد که روش AHP این ضرایب را تایید می کند.

نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش (RHZ) در مسیر راه آهن لرستان

در بخشهای قبلی اطلاعات هر یک از فاکتورهای مؤثر در ناپایداری و سقوط سنگ در مسیر راه آهن لرستان بر روی نقشه سلول بندی شده با استفاده از نرم افزار ArcGIS به تفکیک تهیه شد. در این بخش بر مبنای اطلاعات و نتایج بدست آمده تا این مرحله، کلیه اطلاعات با استفاده از نرم افزار فوق الذکر پس از پردازش با هم تلفیق و در نقشه سلول بندی شده به صورت نقشه پهنه بندی سقوط سنگ (RHZ) بدست آمد. براساس مقادیر RHZ، منطقه مورد مطالعه از نظر ناپایداری به پنج رده (ناحیه) شامل رده خیلی زیاد (بحرانی)، زیاد، متوسط، کم و بدون خطر تقسیم بندی گردید (جدول ۹). فراوانی تعداد سلول های هر یک از رده ها در شکل (۳) آمده است.

جدول (۹): میزان ریسک پذیری (شاخص ناپایداری) دامنه ها در

گستره طرح

امتیاز زونهای ۵ گانه					مقادیر RHZ
۲۴/۴	-۲۱/۶۹	-۱۸/۹۶	-۱۶/۲۳	-۱۳/۵	۱۶/۲۳
	۲۴/۴۲	۲۱/۶۹	۱۸/۹۶	۱۳/۵	۱۶/۲۳
خیلی زیاد (بحرانی)	زیاد	متوسط	پائین	بدون خطر	میزان خطر
۱۳/۰۶۲	۸۵/۶۲۵	۲۶۰/۷۵	۲۹۱/۴۳	۱۵۴/۹۳	پوشش Km ²
۱/۸۵	۱/۱۳	۳۶/۹۴	۴۱/۲۹	۷/۷	درصد پوشش
%	%				

- محاسبه میانگین حسابی عناصر CV که آن را با λ_{max} نشان می دهیم.
- محاسبه شاخص ناسازگاری

$$II = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$$

n تعداد متغیرها را بیان می کند.

- محاسبه نرخ ناسازگاری:

$$IR = II / IRI$$

که IRI از جدول زیر به دست می آید:

جدول (۸): مقدار IRI بر حسب تعداد متغیرها

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
IR	۰	۰	۰	۰	۱,۱	۱,۲	۱,۳	۱,۴	۱,۴	۱,۴
I			۶	۹	۲	۴	۲	۱	۵	۵

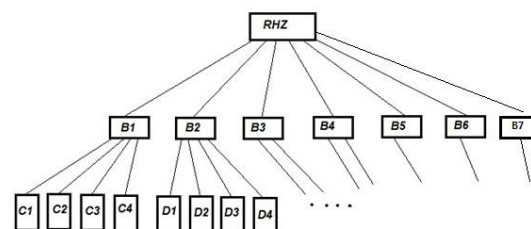
این مرحله را برای گزین ها و شاخصها به طور جداگانه انجام می دهیم.

در صورتی که IR کوچکتر از 0.1 باشد در مقایسات زوجی سازگاری قابل قبولی وجود دارد [۸].

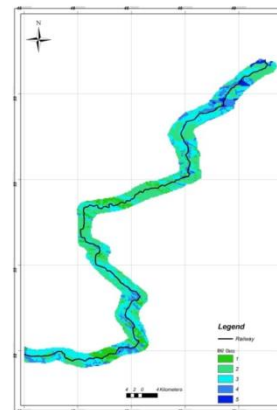
در این مطالعه از روش AHP برای پهنه بندی خطر ریزش و سقوط سنگ در مسیر راه آهن لرستان استفاده شده است. ابتدا باید ارتباط میان پارامترها تعیین گردد. برای این منظور از فلوچارت زیر (شکل ۱) استفاده می شود.

فاکتورهای مؤثر در سقوط سنگ عبارت اند از: B1: فاکتور لیتولوژی، B2: فاکتور زاویه شیب، B3: فاکتور طول گسلش، B4: فاکتور طول رودخانه و راه، B5: فاکتور میزان بارندگی، B6: فاکتور خطر نسبی زلزله، B7: فاکتور پوشش گیاهی.

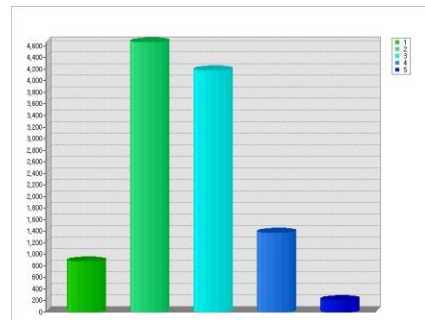
شکل (۱): فلوچارت ارتباط بین پارامترهای مؤثر در سقوط سنگ



شکل (۲): نقشه پهنه بندی خطر سقوط سنگ در مسیر راه آهن لرستان



شکل (۳): نمودار فراوانی سلول ها در نقشه سلول بندی RHZ



۴- بحث و نتیجه گیری

طرح پهنه بندی خطر سقوط سنگ در مسیر راه آهن لرستان یک طرح تحقیقاتی کاربردی و توسعه ای بوده که نتایج آن،

۶- مراجع

- [۱] آقناباتی، سیدعلی، "زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی ایران، ویرایش دوم، ۱۳۸۳.
- [۲] احمدی، حسن، "پهنه بندی خطر حرکت های توده ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مجله منابع طبیعی ایران"، جلد ۵۲، شماره ۴، از صفحه ۳۲۳ تا ۳۳۶، ۱۳۸۲.
- [۳] حسینی، حسین، "روش های نوین مدیریت ترانشه ها در راه و راه آهن"، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ویرایش اول، ۱۳۸۷.

مناطق دارای پتانسیل ناپایداری دامنه ها را مشخص می نماید. نتایج بدست آمده از این طرح می تواند مبنائی برای توسعه و انتخاب مناطق دارای ایمنی بیشتر جهت احداث راه و راه آهن باشد. در این صورت لازمست مناطق مورد نظر با مطالعات دقیق تر و مقیاس بزرگتر مورد بررسی قرار گیرد.

ایجاد سقوط سنگ برآیند عملکرد مجموعه ای از عوامل اصلی و فرعی است و بندرت یک عامل به تنهایی می تواند ایجاد کننده این پدیده باشد. در پیش بینی و پهنه بندی خطر سقوط سنگ در یک منطقه، تنها روشهایی جواب مناسب خواهند داد که نقش واقعی عوامل مؤثر در این پدیده مخرب را دربر داشته باشند. در این مطالعه با روش پهنه بندی مورا و وارسون منطقه با استفاده از ۷ فاکتور زاویه شیب، لیتولوژی، طول گسل، طول رودخانه و راه، بارندگی، زمین لرزه و پوشش گیاهی در نقشه سلول بندی شده از لحاظ خطر سقوط سنگ به ۵ رده تقسیم گردید، و مناطق با خطر متوسط، زیاد و بحرانی شناسایی گردیدند. پس از انجام مطالعات تکمیلی ۴۳ نقطه حادثه خیز با خطر سقوط متوسط تا بحرانی مشخص گردید که جهت بهسازی و جلوگیری از ریزش به مرکز تحقیقات راه آهن ارائه گردید.

۵- تقدیر و تشکر

بر خود لازم می داریم از تمام کسانی که در طول این تحقیق ما را یاری کردند تشکر نماییم، از مسئولین و مدیریت دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر که در طول انجام آزمایشات کمال همکاری را داشته تشکر می کنیم. از مرکز تحقیقات راه آهن جمهوری اسلامی ایران و کارشناسان ناحیه که در طول جمع آوری داده ها و انجام تحقیق ما را یاری کردند کمال تشکر را داریم.

[۴] حسینی، حسین، "مطالعات پهنه بندی خطر رانش زمین در مسیر راه آهن قزوین - رشت - انزلی"، وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۴.

[۵] موسوی، سیده فاطمه، "تلفیق سنجش از دور و GIS به منظور پتانسیل یابی مناطق مناسب جهت تغذیه آب زیرزمینی، مطالعه موردی: محدوده تاقدیس کمستان"، ۱۳۸۵.

[۶] Carusio, L., "An approach for GIS-based landslide susceptibility zonation: the case of Enna (Italy)", International Conference on Management of Landslide Hazard in the Asia-Pacific Region, Tokyo, Pages 649-660, 2008.

Crosta. G.B., Chen. H. ,“Forecasting hazard scenarios and implications for the evaluation of countermeasure efficiency for large debris avalanches”, Engineering Geology 83, 236– 253, 2006. [۸]

Chacon.J. ,“Engineering geology maps landslides and geographical information systems”, Bull Eng Geol Environ, 65, Pages 341-411, 2006. [۷]