



مجله کاربرد نقش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی (سال دوم / شماره ۱) بهار ۱۳۹۰



بررسی حساسیت مناطق کارستی استان کرمانشاه نسبت به فروریختن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

آرینا منزه^{۱*}، مظفر شریفی^۲

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اکولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، مرکز مطالعات محیط زیست دانشگاه رازی کرمانشاه
۲. استاد، گروه زیست شناسی، مرکز مطالعات محیط زیست دانشگاه رازی کرمانشاه

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۳ دی ۱۳۸۹

پذیرش: ۵ اردیبهشت ۱۳۹۰

دسترسی اینترنتی: ۲۵ تیر ۱۳۹۰

واژه‌های کلیدی:

کارست

آب‌های زیر زمینی

گسل

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی
کرمانشاه

چکیده

در این مطالعه حساسیت مناطق کارستی استان کرمانشاه نسبت به فروریختن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی، پارامترهای توپوگرافی و پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی، مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا نقشه حریم برای لایه‌های گسل، سیستم زهکشی، جاده‌ها و مناطق مسکونی شهری ایجاد و همجنس گردید. به منظور مشخص کردن درجه حساسیت مناطق کارستی استان با توجه به پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی و پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی و نیز با توجه به هر سه پارامتر، از تکنیک همپوشانی و وزن دهی استفاده شد. نتایج حاصل از همپوشانی پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی نشان داد که ۲۳/۶۷ درصد از مناطق کارستی دارای درجه آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد، ۵۹/۳۲ درصد از این مناطق یعنی معادل با ۵۲۱۱ کیلومتر مربع در شیب کمتر از ۸، یعنی در منطقه بسیار حساس به فروپاشی، ۳۸/۲۷ درصد از مناطق کارستی تحت تأثیر پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی دارای درجه آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد، و در نهایت ۴۵/۴۱ درصد از مناطق کارستی تحت تأثیر هر سه پارامتر دارای آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد می باشد.

مقدمه

اکوسیستم کارست غالباً گونه‌های گیاهی و جانوری مختلفی را مورد حمایت قرار می‌دهند. مناطق کارستی، باردهی بالاتری نسبت به مناطق غیر کارستی دارند. این افزایش باردهی می‌تواند به دلیل زهکشی خوب، خاک و چرخه مواد معدنی در کارست باشد. حفره‌های کارستی به وسیله سطوح غیرآهکی از یکدیگر جدا می‌شوند، در نتیجه جریان ژن بین آن‌ها محدود است و این باعث شده است تا کسونه‌ها در این زیستگاه‌های جزیره‌ای دارای نرخ بالای آندمیسیم باشند (۶). بنا به اهمیت مناطق کارستی تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری این مناطق برای مهندسان زمین شناسی بسیار با اهمیت می‌باشد (۷).

فروپاشی ساختار کارست یک خطر زمین شناسی جدی است زیرا می‌تواند تاسیسات، مناطق مسکونی و دریاچه‌های طبیعی را مورد تهدید قرار دهد و موجب نفوذ آلاینده‌ها به آب‌های زیر زمینی گردد. از این رو تهیه نقشه آسیب‌پذیری نسبت به فروپاشی می‌تواند برای برنامه ریزان شهری بسیار مفید باشد (۱۷). مطالعات کمی در خصوص تهیه نقشه خطر فروپاشی کارست صورت گرفته است که به عنوان مثال می‌توان به مطالعات گاگراک (۱۱)، باکالوویس (۳)، جان (۱۰)، کافیمین و کوینیف (۱۳) و ویلماز (۱۷) اشاره کرد.

هدف این مطالعه تهیه نقشه خطر فروپاشی تشکیلات کارستی استان کرمانشاه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با وسعت حدود ۲۴۵۰۰ کیلومتر مربع به مرکزیت شهر کرمانشاه در میانه ضلع غربی کشور در محدوده جغرافیایی "۳۲°۳۶'۰۰" تا "۳۵°۱۵'۰۰" عرض شمالی "۲۴'۰۰" ۴۵° تا "۴۸°۳۰'۰۰" طول شرقی قرار گرفته است. این استان را می‌توان از نظر زمین ریخت شناسی به دو بخش شرقی و غربی تقسیم کرد. بخش شرقی که مرتفع‌تر و به طور عمده کوهستانی است شامل سری‌های رورانده از سنگ‌های آذرین و دگرگونی (واحد سسندج - سیرجان)، سنگ‌های آهکی و رادیولاریتی (زاگرس رورانده) و چین‌های بلند آهکی و دولومیتی (زاگرس

قسمت عمده‌ای از محدوده سیاسی استان کرمانشاه در بخش رورانده و چین خورده زاگرس قرار دارد. پیکربندی بخش قابل توجهی از این ارتفاعات از سازندهای سخت (کربناته) تشکیل شده است که تحت فازهای زمین ساختی مختلف شکل گرفته اند. در این صورت شرایط مناسبی از نظر زمین ساختی و سنگ شناسی برای توسعه و تکامل فرآیند کارست فراهم شده است (ملکی و دیگران، ۱۳۸۷). از منظرهای مختلف مناطق کارستی دارای اهمیت هستند. کارست یک محیط منحصر به فرد، غیر قابل تجدید و دارای ارزش‌های زیستی، هیدرولوژیکی، علمی، فرهنگی، تفریحی، کانی شناسی و اقتصادی است (۳، ۸، ۱۰ و ۱۲).

پهنه‌های کارستی نقش مهمی در تأمین و تغذیه آبخوان‌های منطقه مطالعه شده با بیش از ۵۵۰ سراب و چشمه‌های کارستی یکی از استان‌هایی است که عمده منابع تأمین آب سکونتگاه‌های آن را همین سراب‌ها، چشمه‌ها و آبخوان‌های کارستی تشکیل می‌دهد (۲). آب‌های زیرزمینی یکی از منابع آبی بسیار ارزشمند هستند که دسترسی به آن امکان پذیر است (۵ و ۹). این منابع آبی در زون‌های متفاوت اقلیمی جهان بسیار با اهمیت می‌باشند (۳). بهره برداری از آب‌های زیر زمینی برای کشاورزی، اهداف صنعتی، شهری و دامپروری به علت کیفیت بالای آن و نزدیکی آن به مکان‌های مورد استفاده، افزایش یافته است (۱۲). آب‌های زیرزمینی کارست‌ها یکی از مهم‌ترین منابع آبی را تشکیل می‌دهند (۱۵). آب کارست حدود ۲۵ درصد از آب جمعیت جهان را تأمین می‌کند. آب کارست یک منبع اجتناب ناپذیر برای بسیاری از اکوسیستم‌ها است (۳، ۱۰ و ۱۲). این واحد دورنما به عنوان یک منبع مهم برای تغذیه رودخانه‌ها و چشمه‌ها عمل می‌کند. اما فشار جوامع انسانی بر منابع آب زیر زمینی در فعالیت‌های کشاورزی باعث کاهش این منابع شده است (۵).

بعضی از کارست‌ها دارای خاک‌های غنی و دارای باردهی بالا هستند که برای کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۸). میلیون‌ها نفر از مردم در مناطق کارستی زندگی می‌کنند، اما خاک کارست بدلیل فشارهای طبیعی بسیار آسیب پذیر است (۱۸).

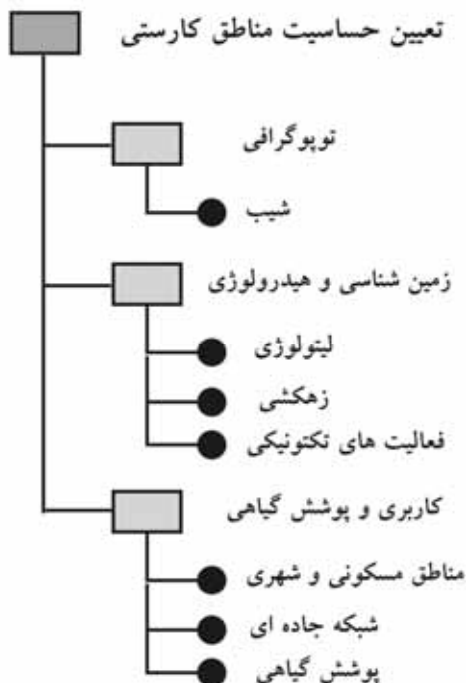
تکنیک همپوشانی و وزن دهی و با دادن وزن‌های یکسان به لایه‌ها، تهیه گردید.

پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی

در این مطالعه، لیتولوژی، نزدیکی به گسل‌ها، نزدیکی به سیستم زهکشی به عنوان پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی به کار گرفته شد.

لیتولوژی

ساختار زمین شناسی استان کرمانشاه شامل مواد آواری، شیست، آندزیت، سنگ بستر، سنگ آهک، گنگومرا، سیلت، شیل‌های کربناته، سنگ‌های آذرین دیابازیک، مارل، فلیش، گابرو، گرانیت، گنیس، رسوبات و مواد آبرفتی قدیم و جدید و غیره می‌باشد، که هر کدام نسبت به فرسایش حساسیت‌های متفاوتی را دارا هستند. در نقشه درجه فرسایش (شکل ۲) عدد ۱ نشان دهنده مناطق با کمترین درجه فرسایش و عدد ۶ نشان دهنده مناطقی با بیشترین درجه فرسایش است.



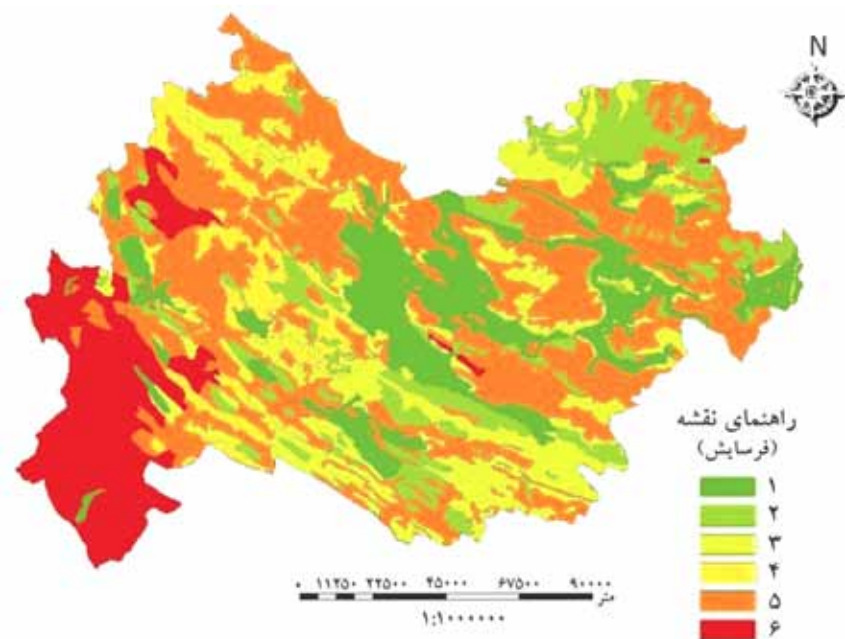
شکل ۱. پارامترهای مؤثر در تعیین حساسیت مناطق کارستی

چین خورده) است (۲). بارش متوسط سالانه در این منطقه بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی متر در سال است. چنین شرایط آب و هوایی در غرب ایران شرایط را برای رویش گونه‌های متفاوت جنگلی فراهم می‌کند، که یکی از وسیع‌ترین مناطق جنگلی باز به طور معمول از درخت بلوط (*Quercus brantii*) تشکیل شده است. در گذشته مناطق جنگلی وسیعی در این منطقه وجود داشت که طی قرن گذشته همراه با توسعه کشاورزی و تخریب جنگل به منظور افزایش وسعت زمین‌های کشاورزی، وسعت این جنگل‌ها بسیار کاهش یافته است (۱). وسیع‌ترین تیپ گیاهی، در مراتع استان آستراگالوس (*Astragalus*) با ۲۴ تیپ گیاهی است که در حدود ۶۴ درصد کل سطح مراتع استان کرمانشاه را پوشش می‌دهد.

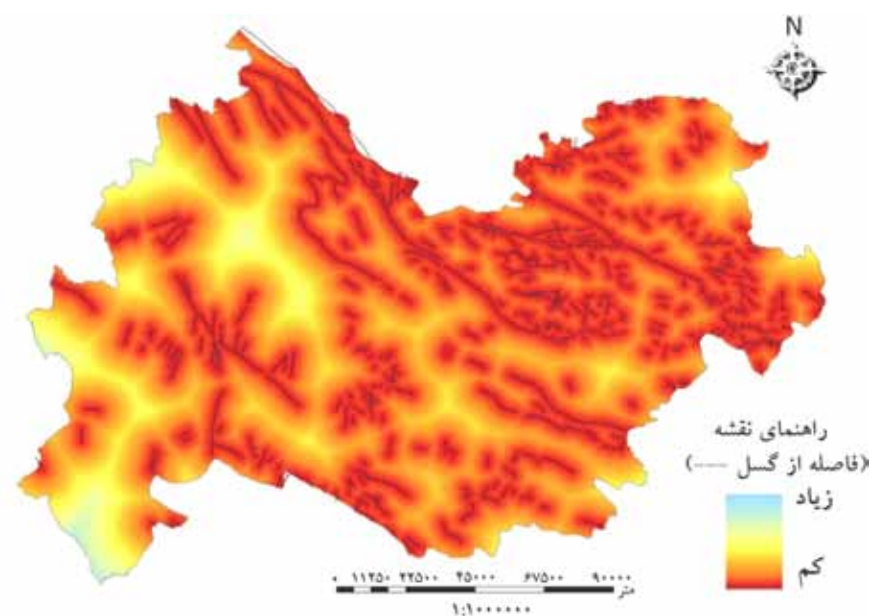
روش تحقیق

در این مطالعه به منظور بررسی حساسیت مناطق کارستی استان کرمانشاه نسبت به فروپاشی بر اساس مطالعات ویلماز (۱۷) پارامترهای زمین‌شناسی (لیتولوژی و فعالیت‌های تکتونیکی) و هیدرولوژی (سیستم زهکشی)، پارامترهای توپوگرافی (شیب) و پارامترهای کاربری (مناطق مسکونی شهری و جاده‌ها) و پوشش گیاهی به کار گرفته شد (شکل ۱). بر این اساس در مناطقی که فرسایش زیاد و فعالیت‌های تکتونیکی بالاست (نزدیک به گسل)، مناطق نزدیک به شبکه رودخانه‌ای، شبکه جاده‌ای و مناطق مسکونی، و دارای پوشش گیاهی فقیرتر و شیب کمتر، احتمال فروپاشی کارست بیشتر از مناطقی است که دارای فرسایش پایین، فعالیت‌های تکتونیکی کم (دور از گسل)، شبکه رودخانه‌ای، شبکه جاده‌ای و مناطق مسکونی و نیز دارای شیب و پوشش گیاهی بیشتر می‌باشند.

در ابتدا نقشه‌های رستری در محیط Arc map 9.2 برای همه لایه‌های فوق تهیه گردید. سپس نقشه حریم برای لایه‌های گسل، سیستم زهکشی، جاده‌ها و مناطق مسکونی شهری ایجاد و همجنس (Reclassify) گردید. سپس به منظور مشخص کردن درجه حساسیت مناطق کارستی استان، نقشه زمین شناسی و هیدرولوژی، پارامترهای توپوگرافی، کاربری و پوشش گیاهی و نیز با توجه به هر سه پارامتر، با استفاده از



شکل ۲. درجه فرسایش برای مناطق مختلف استان کرمانشاه



شکل ۳. پراکنش گسل‌ها در استان کرمانشاه و فواصل مختلف از آن‌ها

فعالیت‌های تکتونیکی

یکی از مهمترین مناظر فعالیت‌های تکتونیکی وجود گسل می‌باشد. گسل در مناطقی وجود دارد که یک سطح از همگسسته در طول یک بستر از یک سو به سوی دیگر امتداد یافته باشد (۴). گسل‌ها در مناطقی که فروپاشی کارست رخ داده است می‌توانند گردش آب را تسهیل کنند. فعالیت‌های تکتونیکی منطقه به خصوص وجود گسل یک فاکتور مهم است که می‌تواند بر

گسترش فروپاشی کارست موثر باشد (۱۷). فواصل مختلف از گسل‌های استان کرمانشاه در شکل ۳ نشان داده شده است.

سیستم زهکشی

فاصله از رودخانه‌ها می‌تواند یک عامل کنترل کننده برای فروپاشی‌ها باشد. ویلماز (۱۷) نشان داد تعداد فروپاشی‌ها با کاهش فاصله از سیستم زهکشی افزایش می‌یابد. شکل ۴

پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی

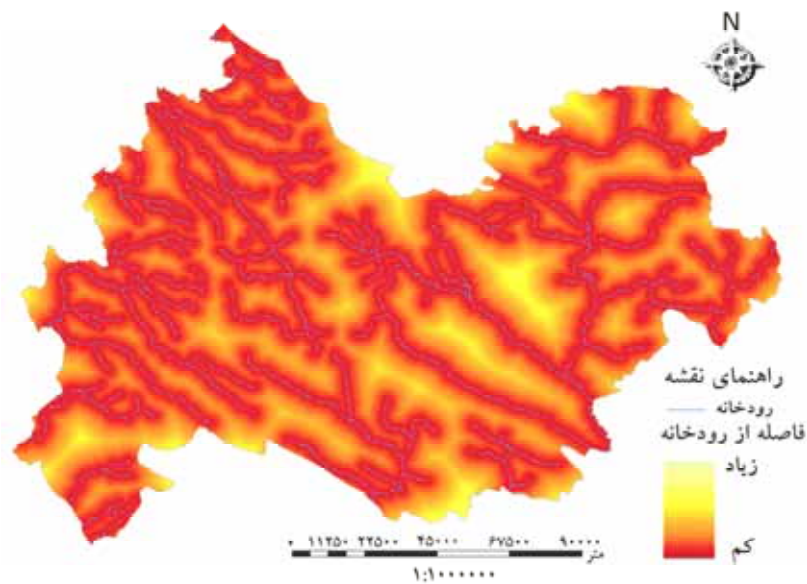
در آنالیزهای قابلیت فروپاشی کارست، پوشش گیاهی، فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از جاده‌ها به عنوان فاکتورهای بسیار تأثیر گذار مورد بررسی قرار می‌گیرند (۱۷). در این مطالعه فاصله از مناطق مسکونی شهری و فاصله از جاده‌ها به عنوان فاکتور کاربری زمین مورد بررسی قرار گرفت. نوع پوشش زمین یعنی جنگل، علف زار و زمین‌های کشاورزی نیز به عنوان فاکتور پوشش گیاهی مورد توجه قرار گرفت.

پراکنش رودخانه‌های استان کرمانشاه و فواصل مختلف از آن‌ها را نشان می‌دهد.

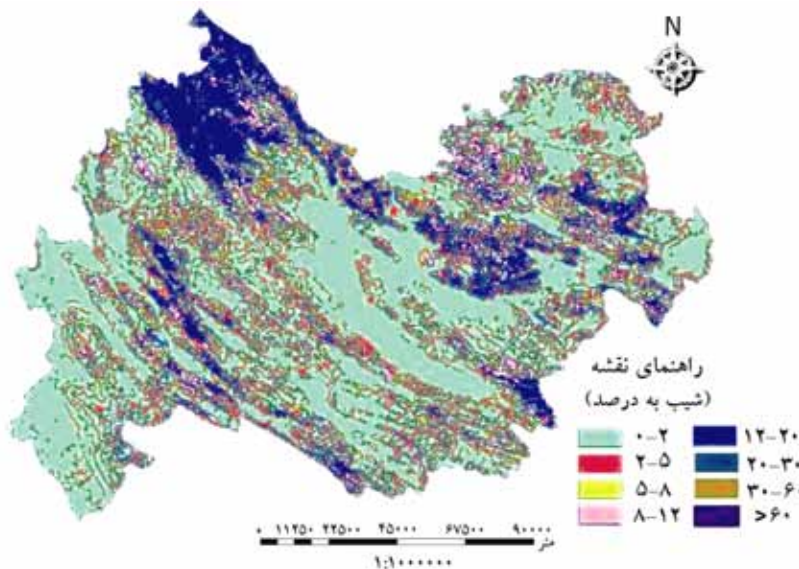
پارامترهای توپوگرافی

درجه شیب

فاکتور شیب بر گسترش و توسعه فروپاشی ساختار کارست دارای تأثیر معکوس می‌باشد (۱۷). یعنی مناطقی که دارای شیب کمتری هستند نسبت به فروپاشی ساختارهای کارستی آسیب پذیرتر می‌باشند و احتمال گسترش فروپاشی در این مناطق بیشتر می‌باشد. در شکل ۵ نقشه شیب استان کرمانشاه آورده شده است.



شکل ۴. رودخانه‌های استان کرمانشاه و فواصل متعدد از آن‌ها



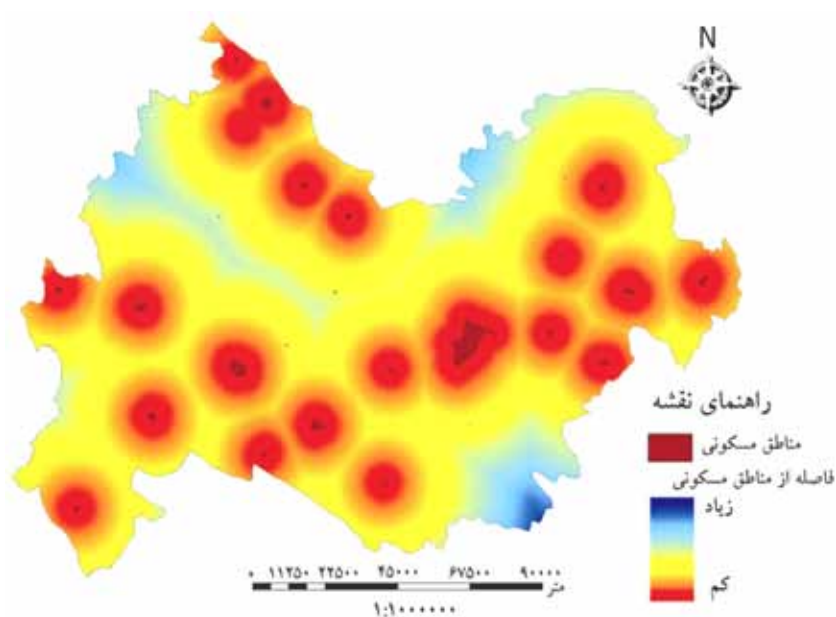
شکل ۵. درجه شیب در مناطق مختلف استان کرمانشاه

مناطق مسکونی شهری

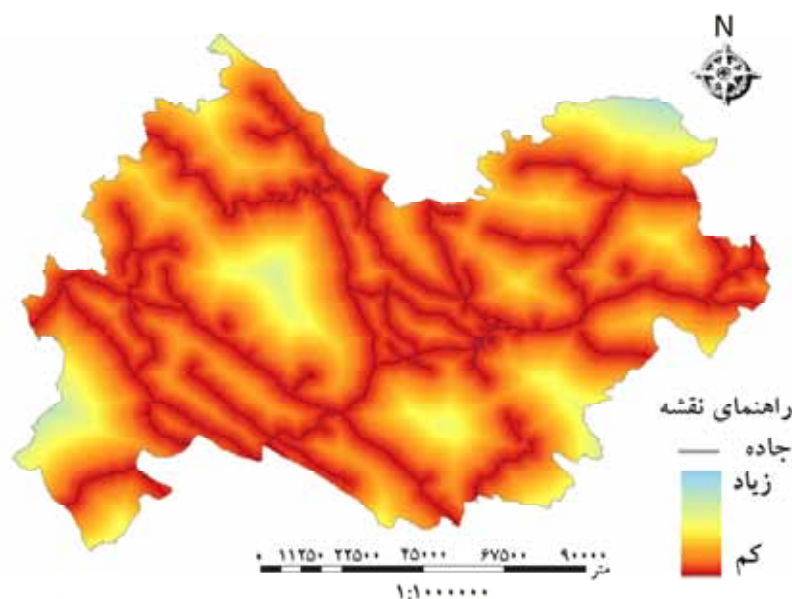
فاصله از مناطق مسکونی و میزان رخ دادن فرو پاشی کارست نسبت معکوس دارند، یعنی با افزایش فاصله از مناطق مسکونی احتمال ایجاد، توسعه و گسترش فروپاشی کاهش می‌یابد. بهره برداری‌های انسان موجب تأثیراتی مانند ایجاد منابع آبی انسان ساز، کاهش سطح آب‌های زیرزمین به علت افزایش بهره برداری انسان، ارتعاشات ناشی از همجواری با مکان‌های فعالیت‌های انسانی و غیره می‌گردد (۱۷). شکل ۶ پراکنش مناطق مسکونی شهری در استان کرمانشاه را نشان می‌دهد.

شبکه جاده‌ای

فاصله از جاده‌ها همانند فاصله از مناطق مسکونی، با میزان رخ دادن فرو پاشی کارست نسبت معکوس دارند. با افزایش فاصله از جاده‌ها احتمال ایجاد، توسعه و گسترش فروپاشی کاهش می‌یابد. شکل ۷ پراکنش جاده‌های استان کرمانشاه و فواصل از آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۶. مناطق مسکونی شهری و فواصل متعدد از آن



شکل ۷. فاصله از جاده‌های استان کرمانشاه

پوشش گیاهی

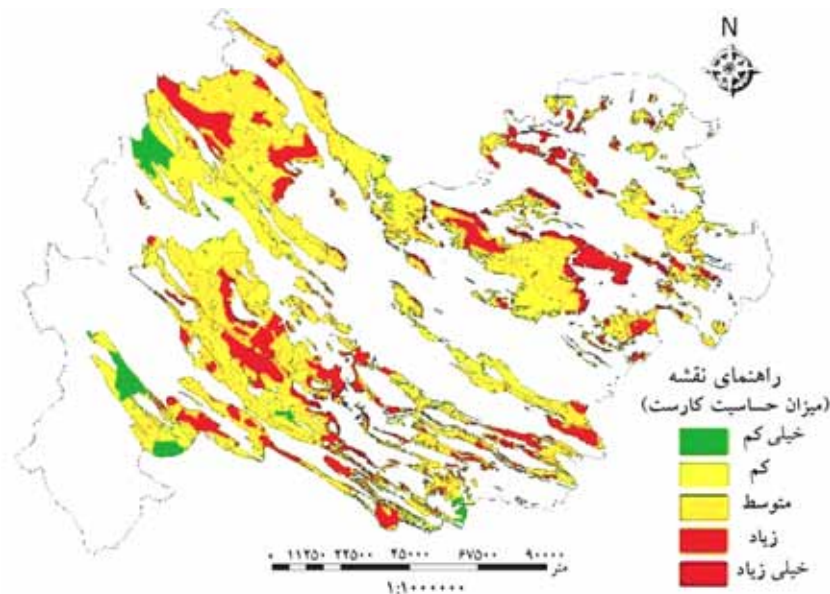
نوع پوشش گیاهی می‌تواند بر توسعه فروپاشی کارست مؤثر باشد. مناطقی که دارای پوشش علفی و بوته‌ای نسبت به مناطقی که دارای پوشش جنگلی هستند، بیشتر در معرض فروپاشی کارست قرار دارند. در شکل ۸ پوشش گیاهی مناطق مختلف استان کرمانشاه آورده شده است.

نتایج

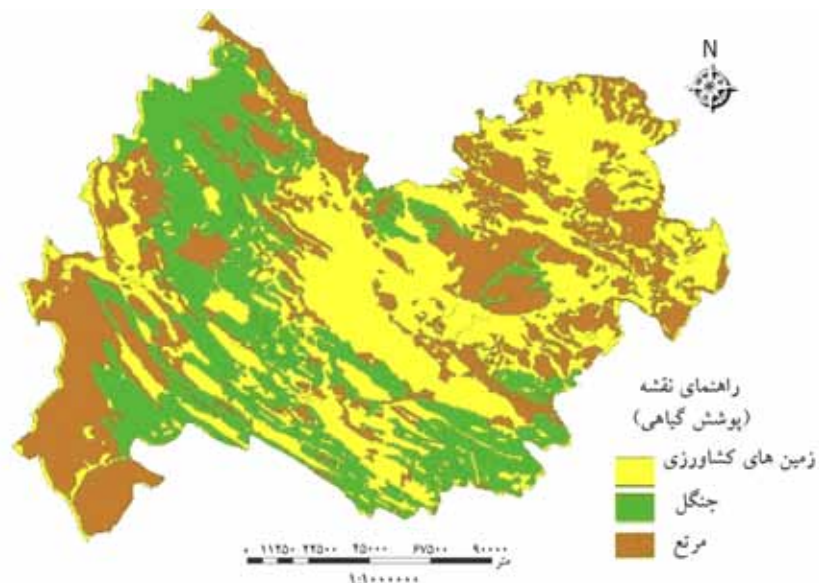
حساسیت مناطق کارستی با توجه به پارامترهای زمین

شناسی و هیدرولوژی

نتایج حاصل از همپوشانی پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی نشان می‌دهد ۲۳/۶۷ درصد از مناطق کارستی دارای درجه آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد، ۴۹/۲۹ درصد از مناطق کارستی دارای درجه آسیب پذیری متوسط و ۲۷/۰۵ درصد از مناطق کارستی استان کرمانشاه دارای درجه آسیب پذیری کم و بسیار کم می‌باشد. شکل ۹ وضعیت آسیب پذیری مناطق کارستی مختلف نسبت به فروپاشی و شکل ۱۰ درصد درجات متفاوت آسیب پذیری مناطق کارستی نسبت به فروپاشی تحت تأثیر پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی را نشان می‌دهد.



شکل ۹. آسیب پذیری مناطق کارستی تحت تأثیر پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی

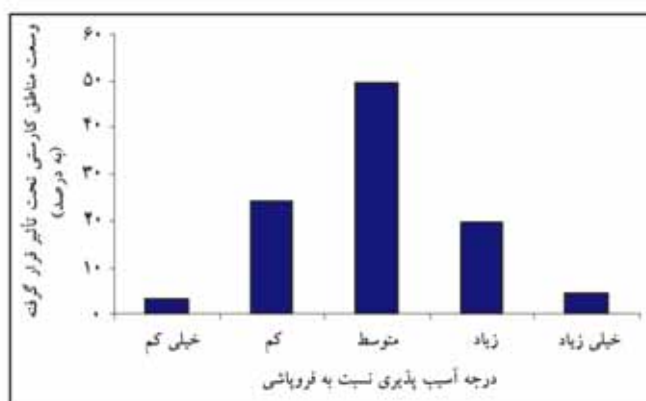


شکل ۸. نوع پوشش گیاهی در مناطق مختلف استان کرمانشاه

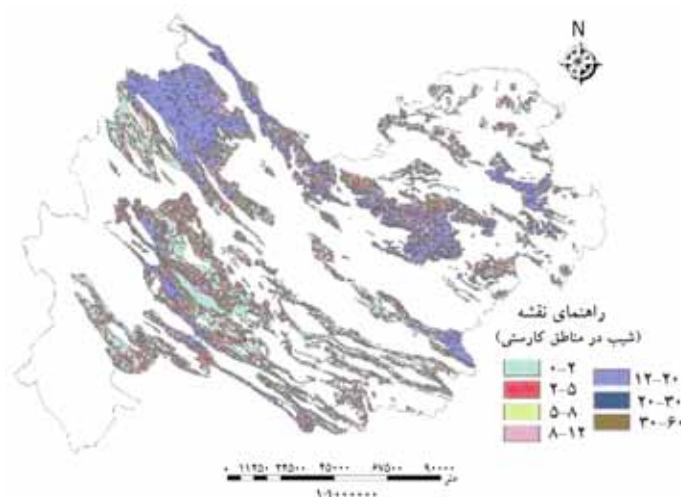
حساسیت مناطق کارستی با توجه به پارامتر شیب

گرفته است. شکل ۱۱ درجه‌های متفاوت شیب در مناطق کارستی مختلف و شکل ۱۲ درصد درجات متفاوت شیب در مناطق مختلف کارستی را نشان می‌دهد.

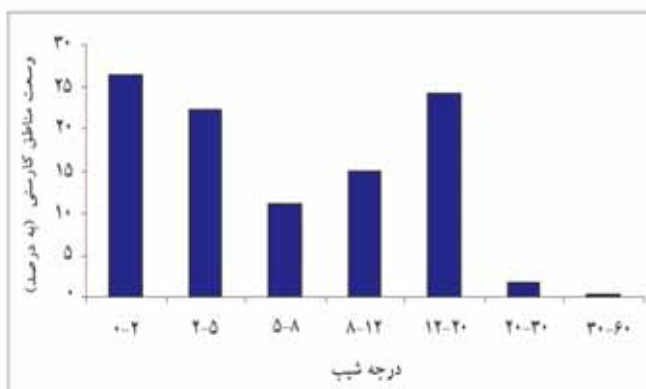
نتایج حاصل از بررسی درجات متفاوت شیب در مناطق کارستی نشان می‌دهد ۵۹/۳۲ درصد از مناطق کارستی در شیب کمتر از ۸، یعنی در منطقه بسیار حساس به فروپاشی قرار



شکل ۱۰. درجات متفاوت آسیب پذیری مناطق کارستی با توجه پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی



شکل ۱۱. طبقات شیب در مناطق کارستی



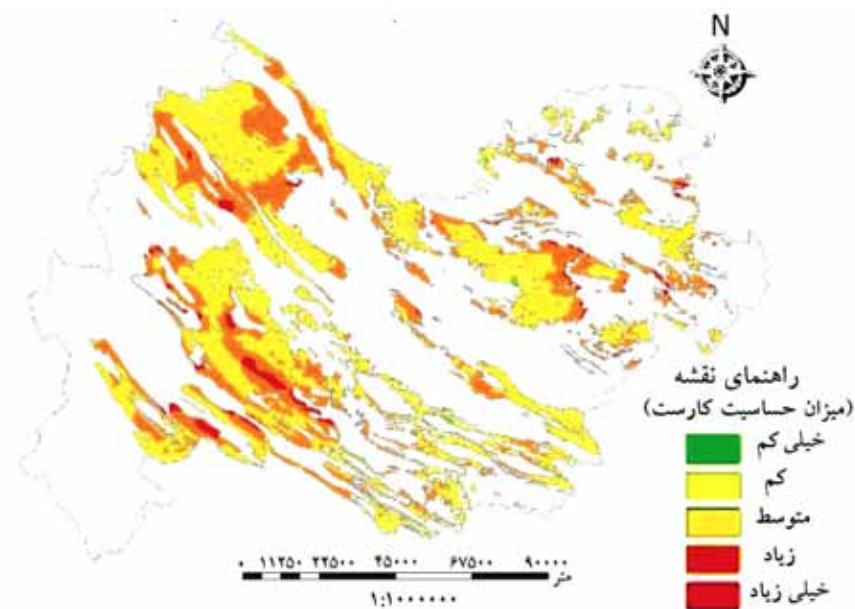
شکل ۱۲. درصد طبقات شیب در مناطق کارستی

حساسیت مناطق کارستی با توجه هر سه پارامتر

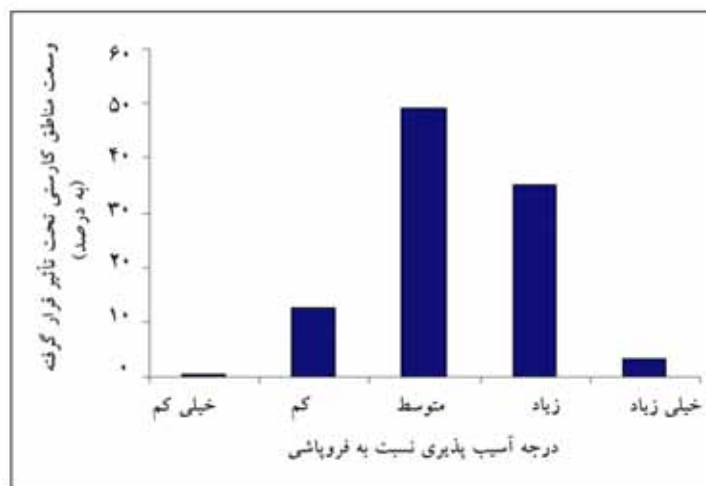
نتایج حاصل از همپوشانی هر سه پارامتر زمین شناسی و هیدرولوژی، درجه شیب و کاربری و پوشش گیاهی نشان می‌دهد ۴۵/۴۱ درصد از مناطق کارستی دارای درجه آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد، ۳/۹۷ درصد دارای درجه آسیب پذیری متوسط و ۵۰/۶۲ درصد دارای درجه آسیب پذیری کم می‌باشد. شکل ۱۵ وضعیت آسیب پذیری مناطق کارستی نسبت به فروپاشی و شکل ۱۶ درصد آسیب پذیری مناطق کارستی نسبت به فروپاشی تحت تأثیر هر سه پارامتر را نشان می‌دهد.

حساسیت مناطق کارستی با توجه پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی

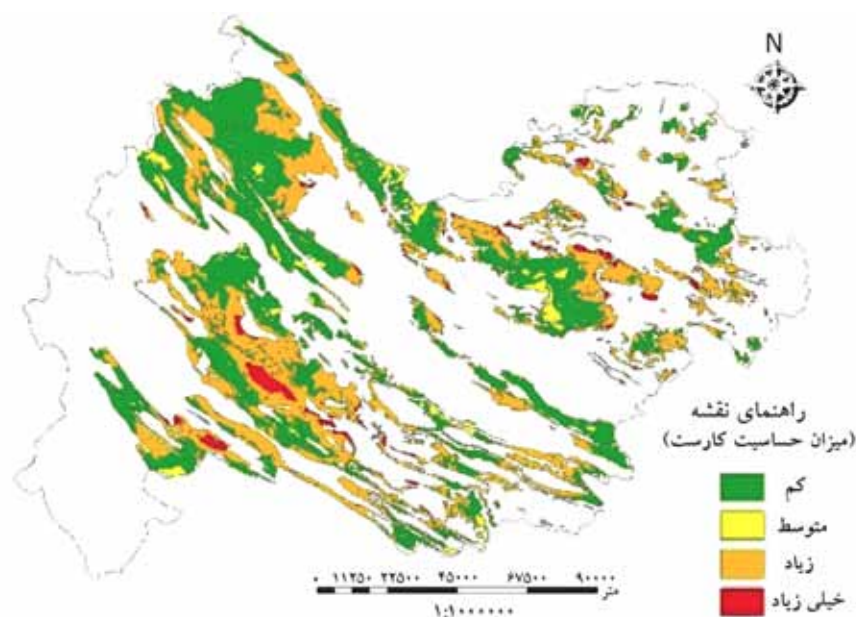
نتایج حاصل از همپوشانی پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی نشان می‌دهد ۳۸/۲۷ درصد از مناطق کارستی دارای درجه آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد، ۴۹ درصد از مناطق کارستی دارای درجه آسیب پذیری متوسط و ۱۲/۳۳ درصد از مناطق کارستی استان کرمانشاه دارای درجه آسیب پذیری کم و بسیار کم می‌باشد. شکل ۱۳ وضعیت آسیب پذیری مناطق کارستی مختلف نسبت به فروپاشی و شکل ۱۴ درصد درجات متفاوت آسیب پذیری مناطق کارستی نسبت به فروپاشی تحت تأثیر پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.



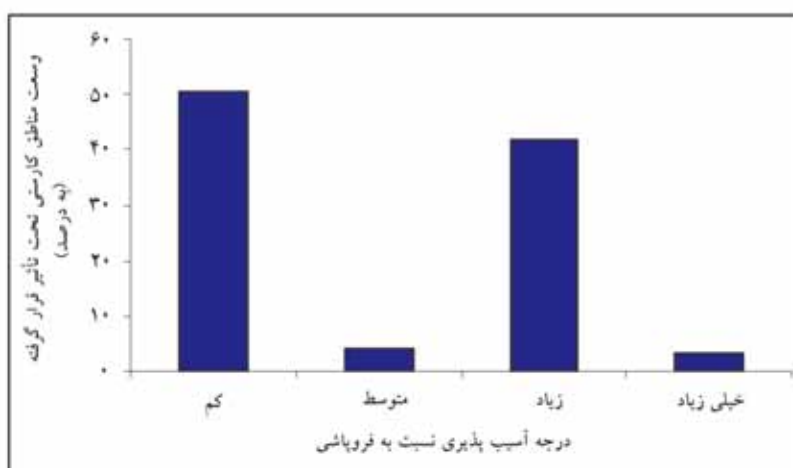
شکل ۱۳. آسیب پذیری مناطق کارستی با توجه به پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی



شکل ۱۴. درصد آسیب‌پذیری مناطق کارستی با توجه به پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی



شکل ۱۵. آسیب پذیری مناطق کارستی مختلف نسبت به فروپاشی تحت تأثیر هر سه پارامتر



شکل ۱۶. درصد آسیب پذیری مناطق کارستی نسبت به فروپاشی تحت تأثیر هر سه پارامتر

اطلاعات در زمینه مشخص نقاط کارستی حساس، می تواند به مسئولین در برنامه ریزی توسعه شهری کمک نماید (۱۷).

در این مطالعه نقشه های درجه حساسیت مناطق کارستی نسبت به فروپاشی با توجه به پارامترهای زمین شناسی (لیتولوژی و فعالیت های تکتونیکی) و هیدرولوژی (سیستم زهکشی)، پارامترهای توپوگرافی (شیب) و پارامترهای کاربری (مناطق مسکونی شهری و جاده ها) و پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک همپوشانی و وزن دهی تهیه گردید. نتایج این بررسی نشان می دهد که نتایج حاصل از همپوشانی پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی نشان داد که ۲۳/۶۷ درصد از مناطق

نتایج و بحث

تهیه نقشه درجه آسیب پذیری مناطق مختلف کارستی استان کرمانشاه نسبت به فروپاشی هدف این تحقیق می باشد. فروپاشی ساختار کارست یک خطر زمین شناسی جدی است زیرا می تواند تاسیسات، مناطق مسکونی، دریاچه های طبیعی و غیره را مورد تهدید قرار دهد و موجب نفوذ آلاینده ها به آب های زیرزمینی گردد. از این رو تهیه نقشه آسیب پذیری کارست برای طرح های توسعه ای و اقدام های مدیریتی در بسیاری از زمینه ها بسیار ارزشمند است. همچنین ارائه

۱۳۷۹. بیشه‌های مقدس غرب کشور، مجله محیط شناسی. ۲۶ (۲۵): ۴۹-۵۸.
۲. ملکی، ا.، د. شوهانی، م. علایی طالقانی. ۱۳۸۸. پهنه‌بندی تحول کارست در استان کرمانشاه. فصلنامه مدرس علوم انسانی. دوره ۱۳، شماره ۱ (پیاپی ۶۰)، ۲۷۱-۲۹۵.
3. Bakalowicz, M. 2005. Karst groundwater: A challenge for new resources. *Hydrogeol* 13:148-160.
 4. Bell, F.G. 1993. *Engineering Geology*. Blackwell Scientific Publications. 358 pp.
 5. Butscher, C. and P. Huggenberger. 2009. Enhanced vulnerability assessment in karst areas by combining mapping with modeling approaches, *Science of the Talenvir on Ment*. 407: 1153-1163.
 6. Clementsa, Nga P. K. L., Lub, X. Ambuc, S. Schilthuisz and M. Bradshawe. 2008. Using biogeographically patterns of endemic land snails to improve conservation planning for limestone karsts. *Biological Conservation*. 14 (1): 2751 - 2764.
 7. Dimitriou E., I. Karaouzas, K. Sarantakos, I. Zacharias, K. Bogdanos and A. Diapoulis. 2007. Groundwater risk assessment at a heavily industrialized catchment's and the associated impacts on a peri-urban wetland. *Journal of Environmental Management* 88: 526-538.
 8. Ducci D., G. De Masi and G.Delli Priscoli. 2008. Contamination risk of the Alburni Karst System (Southern Italy). *Engineering Geology*, 99: 109-120.
 9. Han, D. M., H. L. Xu and X. Liang. 2006. GIS-based regionalization of a karst water system in Xishan Mountain area of Taiyuan Basin, north China. *Journal of Hydrology*. 331: 459- 470.
 10. John, G. 2004. *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Published by Fitzroy Dearborn an imprint of the Taylor and Francis Group 29 West 35 Street New York, NY 10001-2299.
 11. Kaçarog, F. Lu. 1999. Review of groundwater pollution and protection in karst areas. *Water, Air, and Soil Pollution*. 113: 337-356.
 12. Karacan, E. and I. Yilmaz. 1997. Collapse do lines in the Miocene gypsum: an example from SW Sivas (Turkey). *Environmental Geology*. 29 (3/4): 263-266.
 13. Kaufmann, O. and Y. Quinif. 2002. Geohazard map of cover-collapse sinkholes in the Tournaisis area southern Belgium. *Engineering Geology* 65: 117-124.
 14. Memon B. A., M. Mumtaz Azmeh and M. Wallace Pitts. 2002. The environmental hazards of locating wastewater impoundments in karst terrain. *Engineering Geology* 65: 169-177.
 15. Mimi Z. A. and A. Assi. 2009. Intrinsic vulnerability, hazard and risk mapping for karst aquifers: A case study. *Journal of Hydrology* 364: 298-310.
 16. Mozafar, S., O. Monazah and K. Taheri. 2010.

کارستی یعنی معادل با ۲۰۷۹ کیلومتر مربع دارای درجه آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد می‌باشد. بالاترین درجه آسیب پذیری کارست نسبت به پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی در قسمت‌های مرکزی و جنوب شرقی شهرستان دالاهو و قسمت‌های غربی شهرستان صحنه و کنگاور و سنقر، شمال غرب شهرستان هرسین و شمال شرقی شهرستان کرمانشاه قرار گرفته است. نتایج حاصل از بررسی درجات متفاوت شیب در مناطق کارستی نشان داد که ۵۹/۳۲ درصد از مناطق کارستی یعنی معادل با ۵۲۱۱ کیلومتر مربع در شیب کمتر از ۸، یعنی در منطقه بسیار حساس به فروپاشی قرار گرفته است. در قسمت شمال غرب تا مرکز شهرستان ثلاث باباجانی و قسمت‌های شمال غربی تا جنوب شرقی شهرستان دالاهو و بخش‌های پراکنده‌ای در شهرستان‌های اسلام آباد غرب، کرمانشاه و گیلان غرب دارای کمترین درجه شیب یعنی ۰-۲ می‌باشد. نتایج حاصل از همپوشانی پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی نشان می‌دهد ۳۸/۲۷ درصد از مناطق کارستی یعنی معادل با ۳۳۶۲ کیلومتر مربع دارای درجه آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد می‌باشد. بالاترین درجه آسیب پذیری کارست نسبت به پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی در قسمت‌های جنوب شرقی شهرستان دالاهو، قسمت‌های مرکزی و جنوب شرق دالاهو، غرب صحنه، جنوب جوانرود، شمال و مرکز هرسین، مرکز کنگاور و شمال شرق کرمانشاه قرار گرفته است. نتایج حاصل از همپوشانی هر سه پارامتر یعنی پارامترهای زمین شناسی و هیدرولوژی، درجه شیب و پارامترهای کاربری و پوشش گیاهی نشان می‌دهد ۴۵/۴۱ درصد از مناطق کارستی یعنی معادل با ۳۹۸۹ کیلومتر مربع دارای درجه آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد می‌باشد. بالاترین درجه آسیب‌پذیری کارست نسبت به هر سه پارامتر در قسمت‌های مرکزی و جنوب شرقی شهرستان دالاهو و گیلان غرب، و بخش‌های پراکنده‌ای در شرق صحنه، سنقر و شمال کرمانشاه قرار گرفته است. یعنی این مناطق دارای بالاترین احتمال خطر فروپاشی مناطق کارستی می‌باشند.

منابع مورد استفاده

۱. شریفی، م.، ف. نجفی، ح. یوسف شاهی و ز. همتی.

- 89-103.
18. Watson, J., E. Hamilton-smith, D. Gillieson and K. Kiernan. 1997. Guidline for cave and karst protection. IUCN Gland Switzerland and Cambridge, UK. 63pp.
19. White, W. B. 2002. Karst hydrology: recent developments and open questions. *Engineering Geology*. 65: 85-105.
- Groundwater vulnerability Assessment in Kermanshah Province, Iran. Proceedings of The First Iranian National Conference on Applied Research in Water Resources, Kermanshah, Iran 11-13 May 2010 Kermanshah Regional Water Co. Kermanshah University of Technology.
17. Vilmaz, I. 2007. GIS based susceptibility mapping of karst depression in gypsum: A case study from Sivas basin (Turkey). *Engineering Geology*. 90:



GIS based collapse susceptibility assessment in the karstic area in Kermanshah province

A. Monazah ^{1*}, M. Sharifi ²

1. Former MSc. Student of Plant Ecology, Faculty of Science, Razi University Center for Environmental Studies

2. Prof. of Plant Ecology, Faculty of science, Razi University Center for Environmental Studies

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 January 2011

Accepted 25 April 2011

Available online 16 July 2011

Keywords:

Karst

Groundwater

Fault

Geographic Information System (GIS)

Kermanshah

ABSTRACT

In this study vulnerability of karst areas of Kermanshah Province to collapse has been investigated using Geographic Information System (GIS). Geological, hydrological, topographical, land use and vegetation parameters, have been used in order to investigate the vulnerability of karst areas to collapse. For this purpose, boundary maps for layers of fault, drainage systems, roads and urban residential areas were created and reclassified. In order to determine the degree of vulnerability of karstic areas to various parameters weighted and overlay techniques were used. The result of overlapping geological and hydrological parameters shows that 23.67 percent of the karstic areas have a high and very high vulnerability, 59.32 percent of the karstic areas equivalent to 5,211 km² in the slope of less than 8, are sensitive areas to collapse, 38.27 percent of karstic areas affected by land use and vegetation parameters with high and very high vulnerability, and finally, 45.41 percent of karstic areas affected by all parameters have high and very high risk to collapse.

* Corresponding author e-mail address: monazah.arina@gmail.com