پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال سوم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۳
صص. ۱۵۷-۱٤٤

ارزیابی پتانسیل توسعه کارست در تاقدیس کبیرکوه استان ایلام با استفاده از تلفیق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سنجش از دور و GIS

ناهید زروش* – دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه تبریز
عبدالرضا واعظی– استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه تبریز
حاجی کریمی– دانشیار دانشکده کشاورزی– دانشگاه ایلام

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۱۴ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۱/۰۷

چکیده

کشف منابع آب زیر زمینی به عنوان یکی از راه های تأمین آب شرب در جهان با توجه به نیاز روزافزون جهانیان به آب، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. در این تحقیق به بررسی درجه اهمیت عوامل موثر در توسعه کارست در بخشی از پهنه کارستی زاگرس در محدوده تاقدیس کبیرکوه در استان ایلام پرداخته شده است. بدین منظور لایه‌های اطلاعاتی لیتولوژی، چگالی خطواره‌ها، شیب سطح زمین، بارش، ارتفاع، پوشش گیاهی و تراکم آبراهه‌ها با استفاده از اطلاعات رقومی سنجش از دور، نقشه‌های زمین شناسی، نقشه‌های توپوگرافی و آمار بارش فراهم شد و برای تهیه مدل پتانسیل توسعه کارست به نرم افزار ArcGIS معرفی شد. لایه‌های اطلاعاتی مختلف با اعمال قضاوت کارشناسی و بازدید های صحرایی به صورت نقشه-های معیار طبقه‌بندی شده و با توجه به درجه اهمیت هرکدام از پارامترها رتبه ای از ۱ تا ۹ داده شده و همچنین به هر لایه براساس اولویت در پتانسیل توسعه کارست و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن مناسب اختصاص داده شد. سپس لایه‌ها به نرم افزار Idrisi انتقال یافته و با استفاده از روش فازی استاندارد سازی روی آنها اعمال شده است. سپس برای تهیه نقشه پتانسیل توسعه کارست لایه های موجود با روش هم پوشانی در محیط نرم افزار Idrisi با استفاده از ماژول Image Calculator با هم تلفیق شدند. در این روش وزن هر لایه با توجه به تأثیری که آن لایه در توسعه کارست دارد به صورت درصد و نقشه یا مدلی بدست آمد که توسعه کارست را در سازندهای مختلف دارای پتانسیل نشان می‌دهد. آنالیز حساسیت مدل مذکور نشان داد که مهمترین پارامتر تأثیرگذار بر روی توسعه کارست در تاقدیس کبیرکوه، پارامتر لیتولوژی می‌باشد. این مدل با استفاده از آمار چشمه‌های منطقه و حوضه آبگیر آنها بویژه چشمه های پر آب منطقه ارزیابی و صحت سنجی گردید. بطوریکه همخوانی مطلوبی بین حوضه آبگیر چشمه‌های پر آب منطقه و مناطق با توسعه کارست مشاهده گردید.

واژگان کلیدی: پتانسیل کارست، AHP، تاقدیس کبیرکوه، GIS

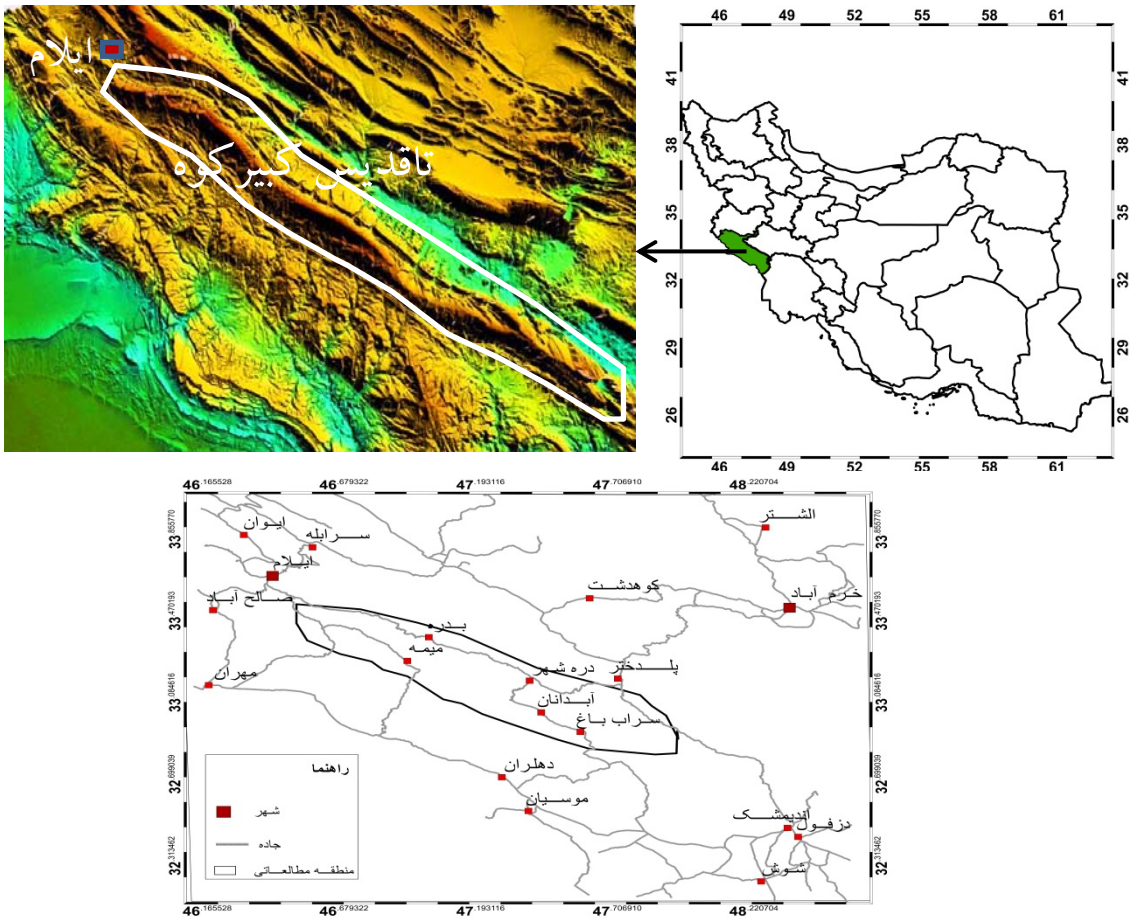
---

* نویسنده مسئول: ۰۹۳۶۴۴۳۶۴۲۶ E-mail: na.zarvash@yahoo.com

مقدمه

سازندهای کربناته حدود ۱۱ درصد از وسعت ایران به مساحت ۱۸۵۰۰۰ کیلومترمربع را پوشش می‌دهند و رشته کوه‌های زاگرس حدود ۵۵/۲ درصد از کل سازند های کارستی در ایران را شامل می‌شود (Raeisi, 2002). با توجه به موقعیت خاص آب و هوائی ایران و کمبود بارش و توزیع نامناسب مکانی و زمانی آن، همچنین به علت محدودیت منابع آب آبرفتی از نظر کیفی و کمی و به علت گسترش وسیع سازندهای کارستی در سطح کشور، مطالعات و تحقیقات منابع آب کارست به منظور بهره برداری آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. سنجش از دور و GIS با فواید مکانی، طیفی و زمانی قابل دسترس و به‌کارگیری داده‌های مناطق وسیع و غیر قابل دسترس درون یک بازه زمانی کوچک، ابزارهای سودمندی در دستیابی، بازبینی و نگهداری منابع آب زیرزمینی هستند (Yeh et al, 2008).

رائو و همکاران (۲۰۰۹) از نقشه های هیدروژئومورفولوژی و هیدروژئولوژیکی برای محاسبه پتانسیل منابع آب در منطقه Visakhapatnam در هند استفاده کردند و پتانسیل منطقه را به کلاس‌های از خیلی فقیر تا خوب تقسیم کردند. چنینی و مامو(۲۰۱۰) به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های عددی توان بازیابی منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک را مورد مطالعه قرار داده‌اند. میشرا و همکاران(۲۰۱۰) با استفاده از داده های سنجش از دور و تکنیک GIS، زمین شناسی، کاربری اراضی و مشخصات ژئومورفیک پتانسیل منابع آب زیرزمینی در حوضه رودخانه باهاما را تعیین نموده‌اند. سنجش از دور یکی از منابع اصلی جمع آوری اطلاعات در مورد عوارض سطحی مربوط به آبهای زیرزمینی مانند سنگ شناسی، عوارض ساختاری کاربری اراضی و... می‌باشد. این قبیل اطلاعات می‌توانند به سادگی به عنوان ورودی محیط ArcGIS برای یکپارچه سازی با دیگر انواع داده‌ها و آنالیز آنها استفاده شوند (Oh et al, 2011) . با توجه به کاربرد وسیع GIS و سنجش از دور در زمینه‌های مختلف مطالعاتی و نقش مهم آن در کاهش هزینه‌های تحقیقاتی و ایجاد فضایی قابل درک و شماتیک برای بررسی موضوع و تسلط ایجاد شده بر منطقه مورد ارزیابی از طریق آن، جهت پتانسیل یابی کارست در این منطقه از این روش استفاده شده است. هدف از انجام این مطالعه بررسی عوامل مؤثر در توسعه ی کارست در تا قدیس کبیرکوه استان ایلام با استفاده از اطلاعات رقومی سنجش از دور و GIS و بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می باشد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه های دسترسی به منطقه را نشان می دهد.



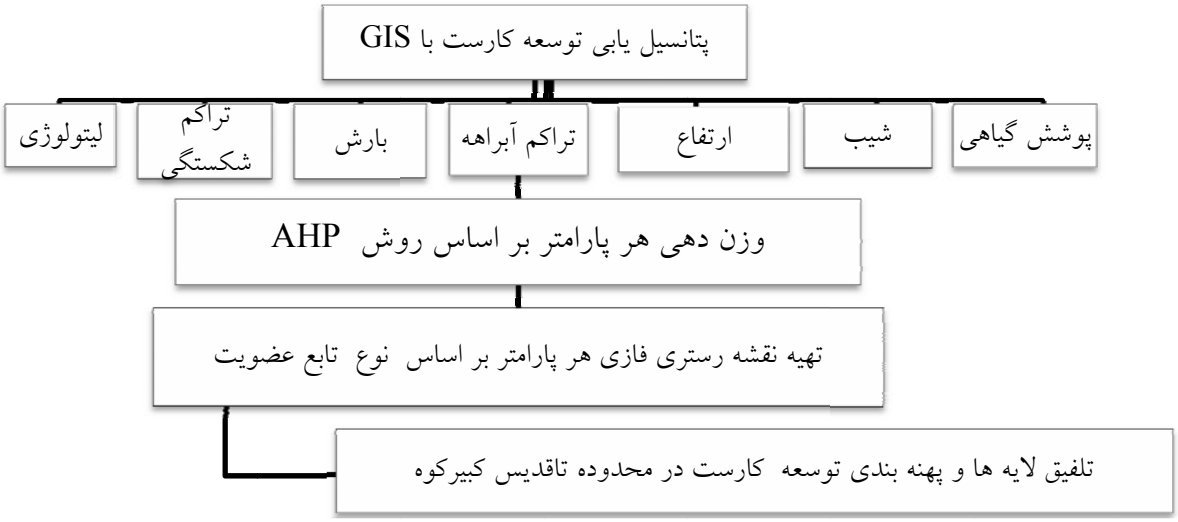
شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه های دسترسی به آن

مواد و روش ها

تاقدیس کبیرکوه با طول بیش از ۱۵۰ کیلومتر که یکی از طولانی ترین تاقدیس های زاگرس محسوب می شود، که در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی در رشته کوه‌های زاگرس و در زاگرس چین خورده در جنوب شرقی شهر ایلام واقع شده است. در این تحقیق به بررسی درجه اهمیت عوامل موثر در توسعه کارست در بخشی از پهنه کارستی زاگرس در محدوده تاقدیس کبیرکوه در استان ایلام پرداخته شده است. بدین منظور لایه‌های اطلاعاتی لیتولوژی، چگالی خطواره‌ها، شیب سطح زمین، بارش، ارتفاع، پوشش گیاهی و تراکم آبراهه‌ها با استفاده از اطلاعات رقومی سنجش از دور، نقشه‌های زمین شناسی، نقشه‌های توپوگرافی و آمار بارش فراهم شد و برای تهیه مدل پتانسیل توسعه کارست به نرم افزار ArcGIS معرفی شد. لایه‌های اطلاعاتی مختلف با اعمال قضاوت کارشناسی و بازدید های صحرایی به صورت نقشه‌های معیار طبقه‌بندی شده و با توجه به درجه اهمیت هرکدام از پارامترها رتبه ای از ۱ تا ۹ داده شده و همچنین به هر لایه براساس اولویت در پتانسیل توسعه کارست و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] وزن مناسب اختصاص داده شد. سپس لایه‌ها به نرم افزار Idrisi انتقال یافته و با استفاده از روش فازی استاندارد سازی روی آنها اعمال شده

[1] Analytic hierarchy process

است. سپس برای تهیه نقشه پتانسیل توسعه کارست لایه های موجود با روش هم پوشانی در محیط نرم افزار Idrisi با استفاده از ماژول Image Calculator با هم تلفیق شدند. (شکل ۲) مراحل انجام تحقیق را نشان می دهد.

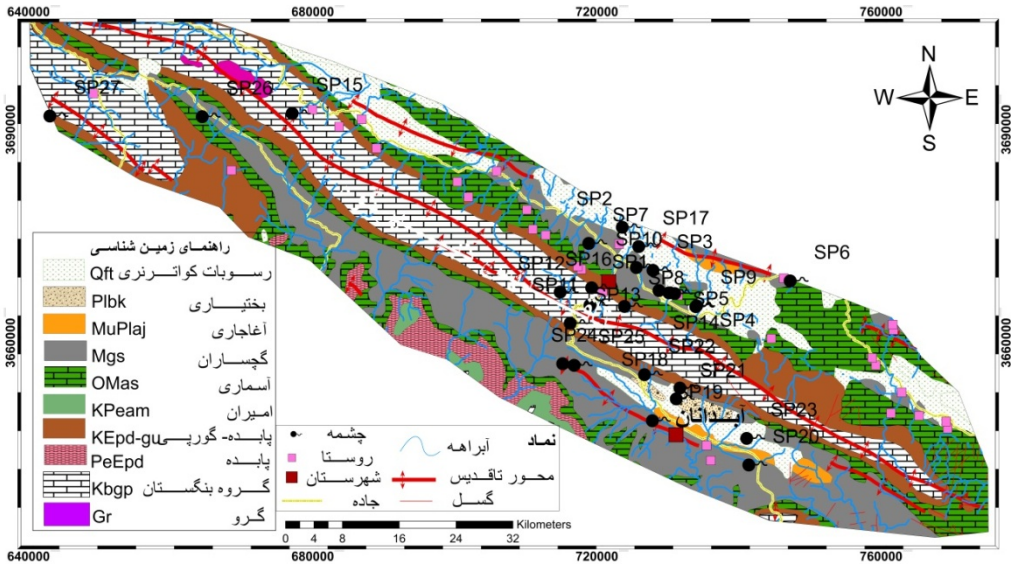


شکل (۲) فلوچارت مراحل انجام تحقیق

بحث و نتایج

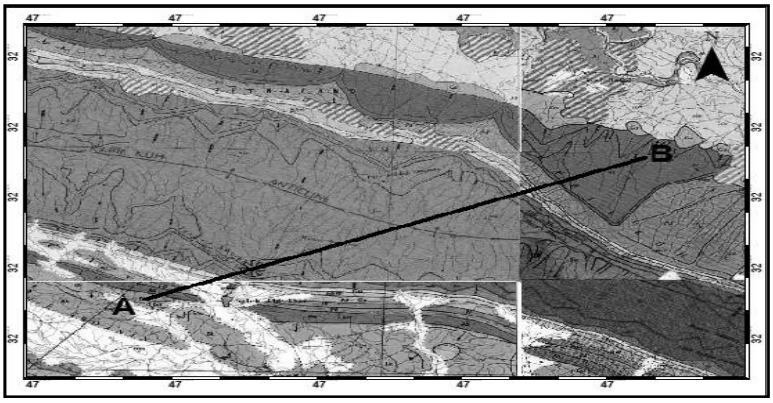
زمین شناسی منطقه

از نظر تقسیمات زمین شناسی ایران (Nabavi, 1976) این ناحیه در زاگرس چین خورده قرار گرفته است. با استفاده از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ایلام و دهلران نقشه زمین شناسی منطقه تهیه شده است (شکل۳). از سازندهای قدیمی تر، تنها سازند گرو در مرکز کبیرکوه بیرون زدگی دارد. سازند شیلی گرو از تناوب آهکهای بسیار رسی سیاه تا خاکستری تیره حاوی رادیولاریا با شیلهای سیاه رنگ بیتومین دار و پیریتی تشکیل شده است. سن این سازند متعلق به نئوکومین –آپسین می باشد بر روی این سازند آهک های سازند سروک قرار می گیرند. به طور کلی سازندهایی که در منطقه رخنمون دارند به ترتیب از پایین به بالا شامل گرو، سروک، سورگاه، ایلام، پابده، گورپی، آسماری و گچساران هستند. سازند سروک بیشتر از طبقات آهک ضخیم لایه تشکیل یافته و ضخامت آن به بیش از ۸۰۰ متر در کبیر کوه می رسد. سازند سورگاه غالباً از شیل‌های خاکستری در تناوبی از آهک‌های ریز دانه رسی هوازده تشکیل شده است. لیتولوژی سازند ایلام در منطقه شامل آهک‌های بسیار ریزدانه خاکستری روشن با رگه های کلسیتی با آهک‌های متبلور ریزدانه با لایه بندی منظم و نازک می‌باشد. سازند گورپی از شیل‌های سبز رنگ، آهک‌های مارنی تشکیل شده است و بخش لوفادار سیمره از شاخص‌های این سازند در استان ایلام است. سازند پابده از لحاظ گسترش منطقه ای عمدتاً مارنی – شیلی است و شامل دو بخش شیل‌های ارغوانی (پابده تحتانی) و سازند تله زنگ می‌باشد که هر دو بخش کمابیش در بعضی از نقاط استان به چشم می‌خورد. سازند آسماری از آهک‌های کرم رنگ، قهوه ای رنگ و در بعضی نقاط از دولومیت های خاکستری کرم و قهوه ای رنگ تشکیل شده است. سازند گچساران در استان ایلام شامل رسوبات گچی، نمک، و مارن های قرمز رنگ است.

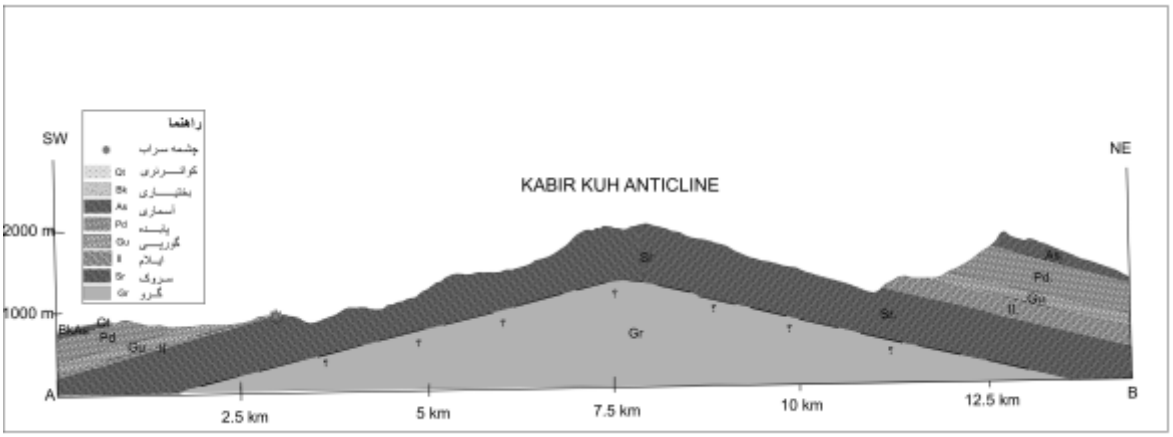


شکل (۳) نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

بر اساس اطلاعات حاصل از نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰.۰۰۰ (دال پری، دهلران، پل دختر و کبیرکوه) (شکل ۴) مقطع زمین شناسی در امتداد A-B تهیه گردید. (شکل ۵) توالی واحدهای رسوبی و وضعیت ساختمانی تاقدیس کبیرکوه در مسیر A-B را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می شود سازندهای کربناتی توسط لایه های نفوذ ناپذیر گرو، پابده – گورپی و گچساران محصور شده است. سازند پابده به واسطه داشتن لایه‌های مارن با نفوذپذیری کم عموماً به صورت سد هیدرولیکی عمل نموده و به عنوان سنگ پوش سازند ایلام – سروک عمل می‌کند و از لحاظ هیدروژئولوژیکی عمق کارست شدگی در آهک‌های آسماری را مشخص می‌کند. در واقع این سازند سنگ کف آبخوان کارستی آسماری را تشکیل داده است و سازند گرو به عنوان سنگ کف سازند ایلام – سروک عمل می‌کند، اعتقاد بر این است که سازند گرو به عنوان سنگ منشأ در حوضه زاگرس عمل کرده است.



شکل (۴) امتداد مقطع زمین شناسی در مسیر A-B



شکل (۵) مقطع زمین شناسی در جهت A-B

لایه های ایجاد شده جهت تعیین پتانسیل توسعه کارست

– **لیتولوژی:** سنگهای آهکی نظیر سازند ایلام– سروک، آسماری برای ایجاد پتانسیل کارست زایی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و سازندهای تبخیری نظیر سازند گچساران که در منطقه رخنمون زیادی دارد، در رتبه بعدی قرار می‌گیرد و کمترین وزن به رسوبات آبرفتی اختصاص یافت. جهت تهیه این لایه از نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ایلام و دهلران تهیه شده توسط شرکت نفت ایران استفاده شده است. سپس سازند های محدوده بر اساس اهمیت آنها در کارست زایی با استفاده از روش مقایسه زوجی وزن داده شده، سپس در محیط نرم افزار IDRISI فازی شده و بدین صورت نقشه لیتولوژی محدوده مطالعاتی تهیه گردید (شکل۶ الف).

– **ارتفاع:** یکی از پارامتر های فیزیکی که نقش موثری در میزان وقوع بارندگی، تبخیر و تعرق، دما و پوشش گیاهی دارد، ارتفاع است به طور کلی توپوگرافی نقش موثری در تغذیه و تخلیه و برونزد چشمه های کارستی دارد. با افزایش ارتفاع در یک منطقه پتانسیل توسعه کارست به دلیل افزایش گرادیان هیدرولیکی، افزایش می‌یابد. جهت تهیه این لایه از نقشه رقومی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه استفاده شده است. سپس مدل رقومی ارتفاعی منطقه تهیه و به ارتفاع بیشتر امتیاز بیشتری اختصاص یافته است (شکل۶ ب).

– **بارش:** بارندگی، منبع اولیه تأمین کننده آب زیرزمینی در هر منطقه می‌باشد. ارتباط بارندگی با ایجاد آب زیرزمینی به وسیله فاکتورهایی مانند توپوگرافی، پوشش گیاهی و لیتولوژی کنترل می‌شود، این فاکتورها بر مقدار آبی که به درون زمین نفوذ می‌کند، مؤثر هستند. با توجه به اینکه حجم بارش در توسعه کارست و پتانسیل آبهای کارستی نقش بسزایی دارد، اقدام به تهیه لایه اطلاعاتی بارش گردید. برای تهیه نقشه همبارش در منطقه مورد مطالعه از آمار ۳۶ ساله (۱۳۵۰ تا ۱۳۸۶) ۱۲ ایستگاه موجود در منطقه مورد مطالعه، استفاده شد. سپس با استفاده از روش درون یابی اقدام به تهیه نقشه همبارش گردید (شکل۶ ج).

– **پوشش گیاهی:** وجود پوشش گیاهی در هر منطقه سرعت جریان سطحی را کاهش داده و سبب نفوذ بیشتر آب به داخل زمین می‌شود با توجه به نقشی که پوشش گیاهی در توسعه کارست دارد، کسب اطلاعات از وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آن از اهمیت زیادی برخوردار است. مناطق جنگلی میزان نفوذ زیادی دارند، بنابراین در مواقع بارندگی باعث کاهش رواناب می‌شوند و بیشتر آب به د اخل زمین نفوذ می نماید. در این تحقیق جهت تهیه این لایه از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور استفاده شده است. سپس بیشترین ارزش به مناطق جنگلی انبوه و کمترین ارزش به مناطق شهری اختصاص یافته است. در نهایت به روش AHP وزن دهی صورت گرفت است (شکل۶ د).

– **شیب:** از دیگر فاکتورهایی توپوگرافی موثر که گرادیان هیدرولیکی و جهت حرکت آب زیرزمینی را تعیین می‌کند شیب توپوگرافی یا شیب سطح زمین می‌باشد. میزان شیب هم در میزان رواناب حاصل از بارش و هم در میزان نفوذ آب به داخل زمین و عمل انحلال توسط بارش نقش موثری ایفا می‌کند. برای تهیه این لایه ابتدا مدل رقومی ارتفاعی منطقه تهیه سپس لایه شیب استخراج شد؛ و به شیب کمتر امتیاز بیشتری اختصاص داده شد (شکل ۶ ه).

– **تراکم آبراهه:** در مورد نقش رده های آبراهه‌ها بر روی منابع آب زیر زمینی مطالعات متعددی صورت گرفته و رده های ۳ به بالا را برای پتانسیل یابی منابع آب مناسب دانسته‌اند (Saraf et al, 2005). الگوی رودها منعکس کننده نسبت بین آب نفوذی بارش به رواناب سطحی است. ارتباط بین نسبت آب نفوذی و رواناب به وسیله قابلیت نفوذ کنترل می‌شود و قابلیت نفوذ خود به نوع سنگ و شکستگی‌های موجود در سنگ‌های زیرسطحی بستگی دارد (سپند و همکاران، ۱۳۸۶). مطالعات نشانگر آنست که نوع شبکه زهکشی هر منطقه توسط لیتولوژی واحدهای زمین شناسی، توپوگرافی و ساختارهای تکتونیکی و زمین شناسی منطقه کنترل می‌شود. بر این اساس، آبراهه‌ها نقش انتقال رواناب را داشته و با نفوذپذیری زمین رابطه عکس دارند برای تهیه این لایه ابتدا نقشه شبکه آبراهه رده ۲ و ۳ منطقه با فرمت Shp با استفاده از نرم افزار ArcGIS به صورت Raster در آمده و توسط این نرم افزار لایه تراکم آبراهه تهیه گردیده است (شکل ۶ و).

– **چگالی شکستگی:** شکستگی‌ها و ساختارهای تکتونیکی که اصطلاحاً خطواره نیز نامیده می‌شوند به دلیل ایجاد فضاهایی در سازندها و واحدهای زمین شناسی جهت عبور آب و حرکت آن به نقاط پایین‌تر درون زمین نقاط ضعفی تلقی می‌شوند که اهمیت آن‌ها در سازندهای سخت و آهکی بیشتر است. این پدیده بخصوص در سنگ‌هایی با تخلخل پایین نظیر سنگ‌های آهکی و کربناتی موثرتر هستند (محمودی، ۱۳۸۵). تراکم شکستگی معیاری برای خردشدگی سازند می‌باشد، بدین معنی که تعداد درزه و شکستگی به ازای هر واحد طول در یک منطقه ظاهر می‌شوند، مد نظر است. افزایش تراکم درزه‌ها و گسل‌ها در هر منطقه نقش موثری در نفوذ و انتقال آب زیر زمینی دارد. بنابراین به عنوان پارامتر مثبتی جهت پتانسیل توسعه کارست در نظر گرفته می‌شود. جهت تهیه این لایه از تصاویر ماهواره ای محدوده مورد مطالعه از سنجنده ی Landsat7ETM و همچنین نقشه زمین شناسی و عکس‌های هوایی منطقه همچنین از آبراهه های رده یک برای تشخیص شکستگی‌ها و خطواره ها استفاده گردیده است. پس از آن تصاویر تهیه شده جهت رقومی سازی شکستگی‌ها به محیط نرم افزار GIS انتقال یافته است. سپس لایه فازی شده و به تراکم بیشتر ارزش بیشتری تعلق گرفته است (شکل ۶ ز). نقشه پراکندگی خطواره ها نیز در (شکل ۷) نمایش داده شده است. تحلیل خطواره ها در دیاگرام گل سرخی (شکل ۸) ارائه گردیده است که مطابق این شکل جهت غالب آرایش خطواره ها شمال شرق - جنوب غرب است که با درزه های کششی ناشی از چین خوردگی منطقه قابل توجیه است. این شکستگی‌ها از نوع عرضی و کششی هستند و در مناطقی به وجود می‌آیند که در اثر چین خوردگی، به موازات محور چین، لایه‌ها دچار کشش می‌شوند و در نتیجه موجب تراوایی بیشتر سازندهای سخت شده و نقش مهمی در هدایت و انتقال آب در منطقه ایفا می‌نمایند و از نظر هیدروژئولوژی حائز اهمیت هستند.

– **وزن دهی لایه‌ها:** یکی از مراحل مهم پیش از تلفیق فاکتورها و نقشه های مربوطه تعیین اهمیت نسبی فاکتورهای موثر و اختصاص وزن مناسب به هر یک از آنها می‌باشد. برخی از روش‌های وزن دهی که به طور کلی برای تصمیم گیری‌های چند معیاره و با استفاده از دانش کارشناسی صورت می‌گیرد، شامل روش‌های رده بندی، رتبه بندی و مقایسه زوجی می‌باشد که در این تحقیق از روش مقایسه زوجی استفاده شده است چون در این روش تمام معیارها با هم مقایسه می‌شوند و وزن بدست آمده برای آنها دقیق‌تر و دارای محدوده بیشتری است. ولی در روش رده بندی و رتبه بندی معیارها مستقیماً در یک ترتیب خاص نسبت به هم قرار می‌گیرند.

– **روش مقایسه زوجی:** این روش وزن دهی بخشی از روش (AHP) می‌باشد که در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی (Saaty, 1980) مطرح گردیده است. AHP یکی از تکنیک‌های کارآمد در تصمیم گیری‌های چند متغیره می‌باشد. در روش وزن دهی مقایسه زوجی، معیارها دو به دو با هم مقایسه شده و اهمیت آنها نسبت به یکدیگر تعیین می‌گردد. سپس یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن همان رتبه های تعیین شده و خروجی آن وزن نسبی مربوط به معیارها می‌باشد (Malczewski, 1999) . در نرم افزار IDRISI ماژول WEIGHT از فن مقایسه جفتی برای وزن دهی به فاکتورها که مجموع آنها یک می‌شود، استفاده می‌کند. یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین اهمیت ضریب سازگاری برای معیارهاست، که برای این منظور ضریبی به نام ضریب ناسازگاری محاسبه می‌شود (Saaty, 1998). تجزیه و تحلیل سازگاری صورت می‌پذیرد، این ضریب باید کمتر از ۰/۱ باشد (Dey et al, 2000). در صورتی که مقدار این ضریب بیشتر باشد باید در اهمیت نسبی پارامترها تجدید نظر شود (Changa et al, 2007). یکی دیگر از مزیت‌های روش وزن دهی خطی، توانایی آن در اختصاص وزن‌های نسبی متفاوت به هر یک از فاکتورها در فرایند ترکیب است (ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸). با توجه به اینکه میزان تأثیر هر پارامتر در هدف مورد نظر متفاوت می‌باشد. به منظور تهیه نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی، هر لایه اطلاعاتی به کلاس‌های مختلفی تقسیم شد و سپس به هر طبقه از لایه‌ها براساس مدل (آبشیرینی و همکاران، ۱۳۸۷) وزنی از ۱ تا ۹ با توجه به درجه اهمیت هر پارامتر نسبت به یکدیگر و شناخت منطقه و دانش کارشناسی اختصاص داده شده است. به طوری که وزن ۹ بیشترین وزن و عدد ۱ به عنوان کمترین وزن در کلاس بندی در نظر گرفته شد (جدول ۱). برای تعیین وزن هر یک از پارامترها ابتدا ماتریس پارامترها به روش AHP در محیط نرم افزار IDRISI تشکیل و مقایسه دو به دو پارامترها انجام شده (جدول ۲) و در نهایت وزن هر یک از پارامتر ها با نرخ سازگاری ۱٪ محاسبه شده است (جدول ۳).

جدول ۱ : رتبه بندی لایه‌ها نسبت به یکدیگر

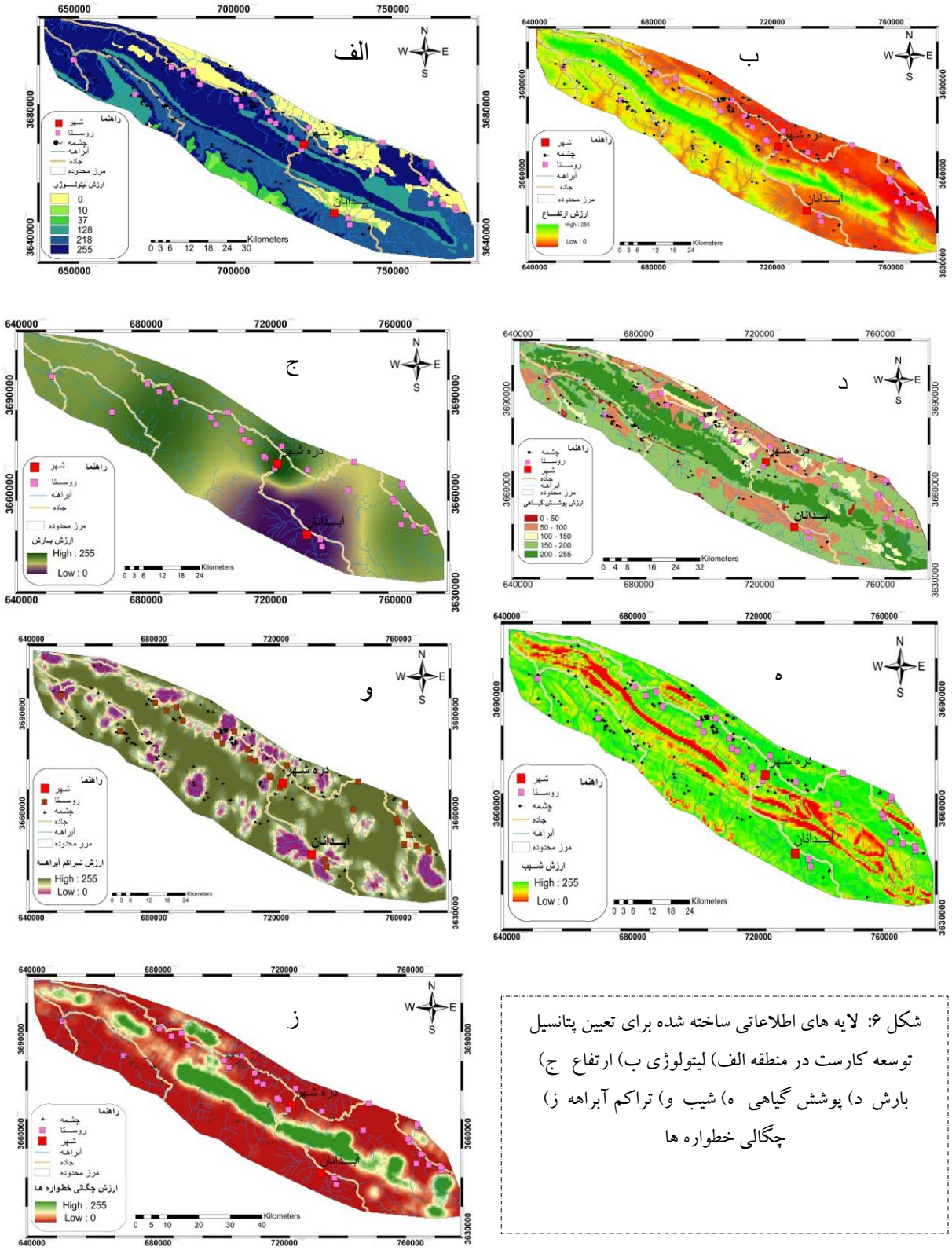
پارامتر	لیتولوژی	چگالی‌شکستگی	بارش	ارتفاع	پوشش گیاهی	تراکم آبراهه	شیب
وزن انتسابی	۹	۷	۶	۴	۳	۲	۱

جدول ۲ ماتریس مقایسه عوامل موثر در پتانسیل توسعه کارست به روش AHP

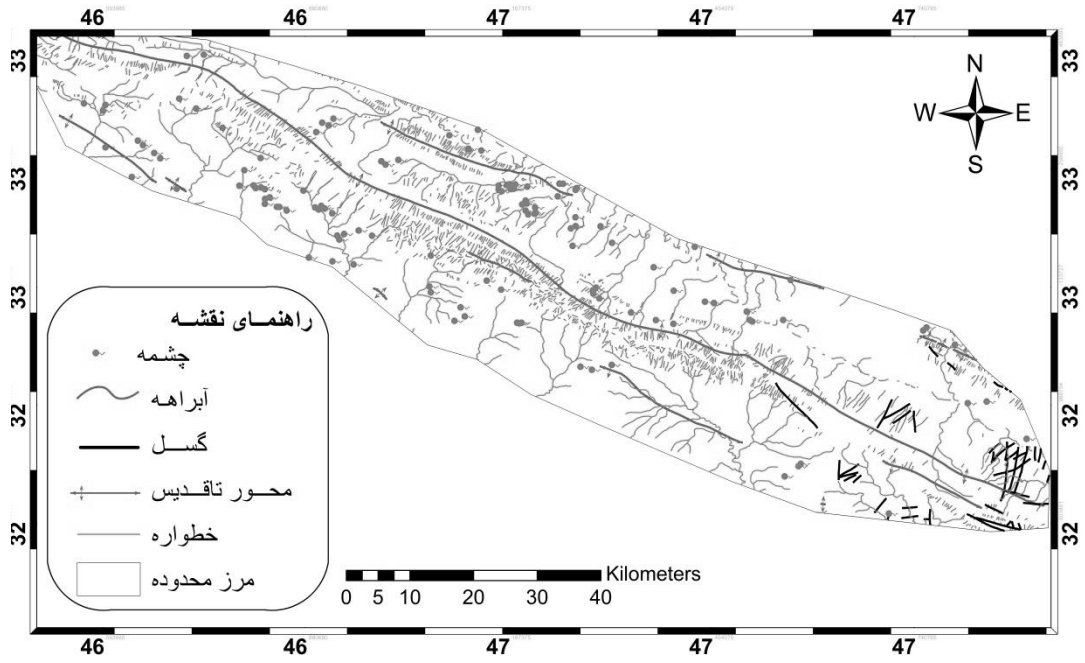
×	لیتولوژی۹	چگالی‌شکستگی۷	بارش ۶	ارتفاع ۴	پوشش‌گیاهی۳	تراکم‌آبراهه ۲	شیب ۱
لیتولوژی ۹	۱						
بارش ۷	۱/۲	۱					
چگالی‌شکستگی ۶	۱/۳	۱/۲	۱				
ارتفاع ۴	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱			
پوشش گیاهی ۳	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱		
تراکم آبراهه ۲	۱/۷	۱/۵	۱/۴	۱/۲	۱/۲	۱	
شیب ۱	۱/۹	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱

جدول ۳ وزن اعمال شده به عوامل موثر در پتانسیل توسعه کارست به روش AHP

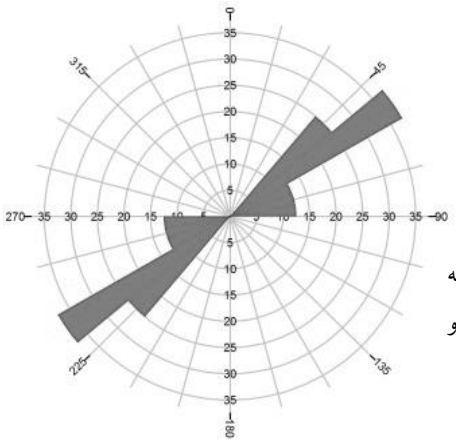
پارامتر	لیتولوژی	بارش	شکستگی	ارتفاع	پوشش گیاهی	تراکم آبراهه	شیب
وزن	۰/۳۸۳۹	۰/۱۵۴۹	۰/۲۳۴۰	۰/۰۸۸۵	۰/۰۶۱۱	۰/۰۴۵۶	۰/۰۳۲۰



شکل ۶: لایه های اطلاعاتی ساخته شده برای تعیین پتانسیل توسعه کارست در منطقه الف) لیتولوژی ب) ارتفاع ج) بارش د) پوشش گیاهی ه) شیب و) تراکم آبراهه ز) چگالی خطواره ها



شکل (۷) نقشه شکستگیهای منطقه مورد مطالعه



شکل (۸) نمودار گل سرخی (Rose Diagram) شکستگیهای منطقه مورد مطالعه (با توجه به دیاگرام گل سرخی، گسلهای غالب منطقه از نوع کششی بوده و قابلیت نفوذپذیری بالایی دارند).

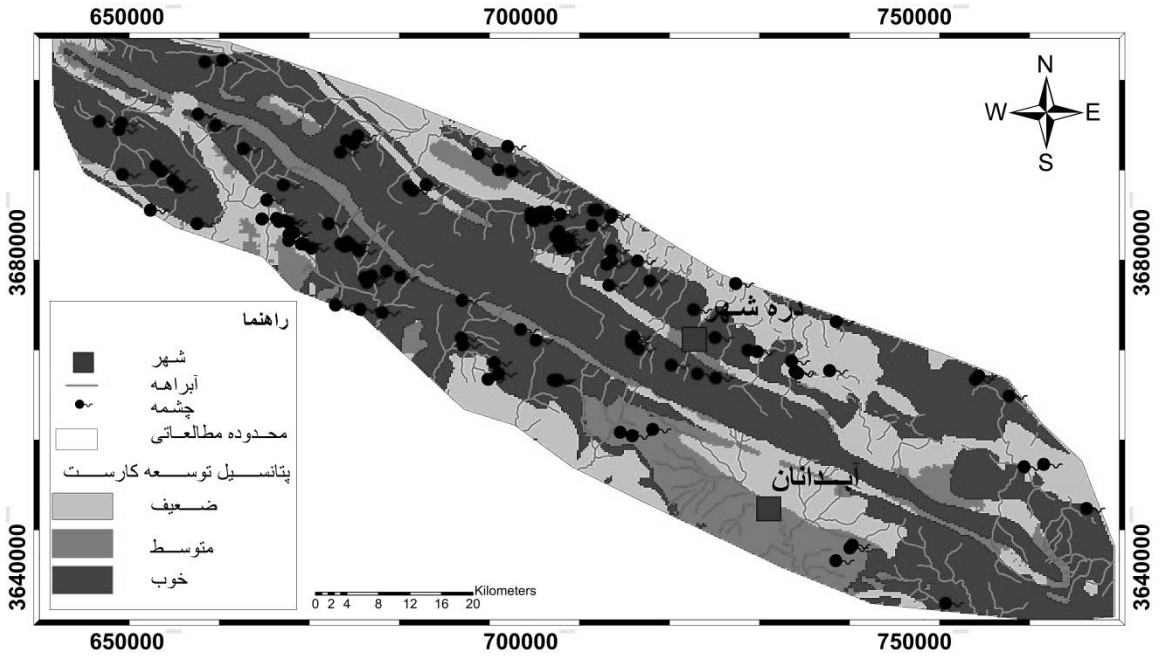
در گام بعدی با استفاده از نقشه های فازی تهیه شده و وزن محاسبه شده به روش AHP لایه‌ها با هم تلفیق شدند که برای این منظور از روش ترکیب خطی وزن دار (WLC)[1] استفاده شده است. این روش یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در ترکیب داده‌ها است. در WLC هر فاکتور استاندارد شده در وزن مرتبط با آن ضرب می‌شود سپس فاکتورها با هم جمع می‌شوند و در نهایت نقشه مورد نظر حاصل می‌گردد شکل (۹). در این پژوهش نقشه پهنه بندی توسعه کارست بر اساس فرمول زیر اجرا شده است:

MP = نقشه پتانسیل توسعه کارست

Xi = لایه فازی که فاکتور نامیده می‌شود

[1] Weighted Linear Combination

Wi= وزن هر یک از لایه‌ها



شکل (۹) نقشه نهایی پتانسیل توسعه کارست در منطقه

- آنالیز حساسیت به وسیله حذف لایه

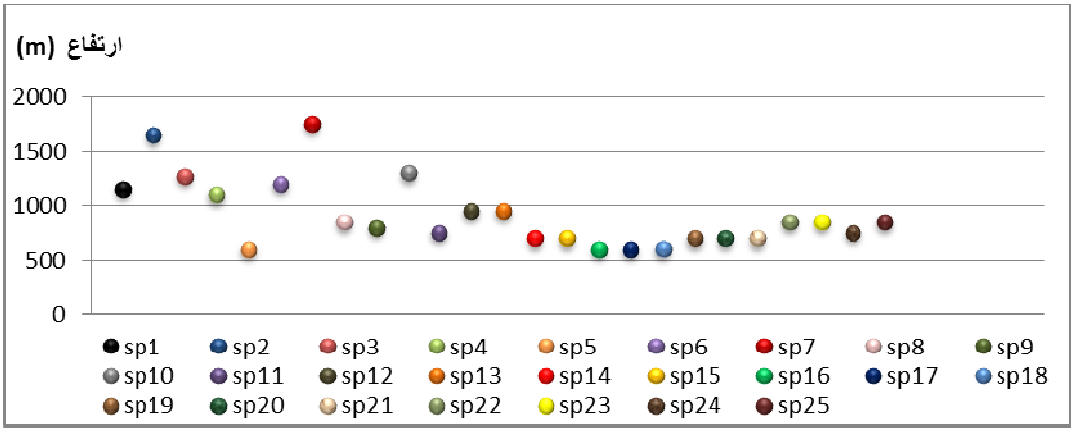
جهت بررسی اینکه آیا تمام هفت پارامتر برای ارزیابی پتانسیل توسعه کارست لازم است یا خیر، از تحلیل حساسیت استفاده شده است. آنالیز حساسیت یک گام اساسی و ضروری در ارزیابی مدل می‌باشد .در این مرحله پارامترهای ورودی مدل تغییر داده شده و عکس‌العمل سیستم نسبت به این تغییرات مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در نهایت میزان حساسیت هر پارامتر مشخص می‌شود. در این تحقیق از آنالیز حساسیت بوسیله حذف لایه‌ها استفاده شده است تغییرات شاخص آسیب پذیری به بوسیله حذف لایه بررسی شد و حساسیت مدل به هریک از پارامتر ها مورد بحث قرار گرفت. در این تحقیق برای انجام این آنالیز از هفت پارامتر (DVLLEPS) که مخفف لایه‌های (precipitation, lithology, lineament density, slope, elevation, vegetation, drainage density) هستند، استفاده شده است. بدین منظور با استفاده از لایه های رستری تهیه شده در محیط نرم افزار ArcGIS و حذف پارامترها به صورت تک لایه ای شاخص تغییرات محاسبه و حساسیت مدل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شاخص تغییرات مدل در جدول (۴) ارائه شده است. آنالیز حساسیت حذف نقشه نشان داد که مهمترین پارامتر تأثیرگذار بر روی توسعه کارست در تاقدیس کبیرکوه، پارامتر لیتولوژی می‌باشد این نتایج همچنین نشان می دهد که هیچگونه رابطه خاصی بین حذف پارامترها و میزان تغییر پتانسیل توسعه کارست وجود ندارد و همین دلیلی بر لزوم اعمال تمامی پارامترها در مدل نهایی بدست آمده در این منطقه است.

جدول (۴) آمار بدست آمده از حذف لایه های اطلاعاتی

پارامتر حذف شده	شاخص تغییر (درصد)			انحراف معیار
	حداقل	حداکثر	میانگین	
آبراهه	۱۰/۸۸	۲۳۱/۳۲	۱۲۹/۱۷	۴۵
ارتفاع	۱۲/۹۷	۲۲۲/۶۵	۱۳۲/۱۳	۴۲/۸۴
پوشش گیاهی	۱۲/۵	۲۲۹/۶۳	۱۲۸/۸۳	۴۴/۴
شیب	۷/۳۷	۲۳۵/۵	۱۳۱/۸۲	۴۵/۹
بارش	۱۴/۴	۲۰۴/۶۳	۱۱۲	۴۳/۵۶
خطواره	۱۵/۵	۱۸۹/۳۷	۱۳۰/۸	۴۰/۳
لیتولوژی	۱۵/۵۳	۱۴۵	۶۷/۳۵	۲۰/۸۵

- صحت سنجی مدل

برای ارزیابی صحت کار از موقعیت چشمه های موجود در منطقه استفاده گردید و بدین منظور چشمه هـای منطقـه بـه نقشه حاصله اضافه شده و با موقعیت پتانسیل توسعه کارست مقایسه شدند که نشان داد بیشتر چشمه‌ها در مناطقی قـرار گرفته‌اند که پتانسیل توسعه کارست بالایی داشته است. هرچند برخی از آنها در کلاس‌های پایین‌تر واقع شدند کـه ایـن می‌تواند به این دلیل باشد که شیب بالا بوده و یا ممکن است جهت لایه های خاک یا سنگ در زیـر زمـین و در امتـداد گسل‌ها و شکستگی‌ها به گونه ای باشد که سبب ظهور چشمه در آن مناطق شده است. در بخش هایی از تاقدیس (محور تاقدیس) با اینکه توسعه کارست بالا است ولی چشمه ای دیده نمی شود که کاملا طبیعی بوده و قابل انتظار است. چون از یک طرف نزدیکی خط تقسیم آب در کوهها به دلیل کوچک بوده مساحت حوضه ابگیر حجم بـارش کمـی را دریافـت می کند و از طرف دیگر از نظر هیدرولیکی و ژئومورفولوژیکی امکان ظهور چشمه وجود ندارد. در نتیجه نبـود چشـمه در این محدوده منطقی به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه سطح تماس سازند های ایلام- سروک با سازند نفوذناپـذیر پابـده- گورپی در ارتفاع ۸۰۰ متری قرار گرفته است بیشتر چشمه‌ها در این منطقه در محل تماس این سازندها ظـاهر شـدند. در نمودار شکل (۱۰) رابطه ارتفاع و ظهور چشمه‌ها در تاقدیس کبیرکوه نشان داده شده است. همان طور کـه مشـاهده مـی شود بیشتر چشمه های منطقه در ارتفاع حدود ۱۰۰۰- ۸۰۰ متر واقع شدند که مطلب بالا را تایید می‌کند.



شکل (۱۰) فراوانی چشمه ها در ارتفاع های مختلف

نتیجه گیری

هدف از این پژوهش شناسایی و پهنه بندی پتانسیل توسعه کارست در محدوده تاقدیس کبیر کوه در جنوب غرب ایـران در استان ایلام با استفاده از روش سلسله مراتبی AHP می‌باشد. به کمک متدولوژی AHP با حداقل اطلاعات یـک منطقه نظیر پارامترهای هیدروژئولوژیکی آن می‌توان میزان توسعه‌یافتگی کارست کـه در روش‌هـای اجرایـی و عملیـاتی بسیار پر هزینه و زمان بر است را بدست آورد. بر اساس اصول مبانی کارست و مشاهدات میدانی و یافته های دیگر هفت پارامتر به عنوان عوامل موثر بر توسعه کارست در منطقه در نظر گرفته شد که نتایج حاصل به صورت نقشه ای بـا سـه کلاس توسعه کارست: خوب، متوسط، ضعیف ارائه گردید. نتایج نشانگر آن است که لیتولـوژی منطقـه مهمتـرین عامـل کنترل کننده پتانسیل توسعه کارست در منطقه می‌باشد. همچنین مناطق دارای شکستگی در سازند های آهکی منطقه از جمله آسماری و سروک و تا حدودی در مرز سازندها می‌باشد. با هم پوشانی چشمه های منطقه با نقشه پتانسـیل توسـعه کارست مشاهده شد که بیشتر چشمه‌ها در مناطق با توسعه کارست خوب واقع شدند که این صحت مدل را تایید می‌کند. بعضی از چشمه‌ها در مناطق با توسعه کارست ضعیف قرار می‌گیرند که اغلب این چشمه‌هـا دبـی قابـل تـوجهی ندارنـد. بیشتر چشمه های منطقه در ارتفاع حدود ۱۰۰۰ متر و در محل تماس سازندهای نفوذ پذیر بـا سـازند هـای نفـوذ ناپـذیر رخنمون دارند که بررسی‌های صحرایی نیز این مطلب را تایید می‌کند. به علاوه بیشترین توسعه کارست در سـازند هـای آهکی آسماری، ایلام–سروک رخ داده است که با لیتولوژی این سازندها همخوانی دارد. نتایج آنالیز حساسیت حذف نقشه نشان داد که مهمترین پارامتر تأثیرگذار بر روی توسعه کارست در تاقدیس کبیرکوه، پارامتر لیتولوژی می‌باشد، این نتـایج همچنین نشان می دهد که هیچ‌گونه رابطه خاصی بین حذف پارامترها و میزان تغییر پتانسیل توسعه کارست وجود ندارد و همین دلیلی بر لزوم اعمال تمامی پارامترها در مدل نهایی بدست آمده در این منطقه است.

منابع

- –آبشیرینی، احسان، رنگزن، کاظم، خورشیدی، سعدی، ۱۳۸۷، پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش همپوشانی شاخص وزنی در محیط GIS ، مطالعه موردی: محدوده تاقدیس لالی، همایش ژئوماتیک ۸۷ و چهارمین همایش یکسانسازی نامهای جغرافیایی، ۲۲ و ۲۳ اردیبهشت، تهران.
- –خاشعی سیوکی، عباس، قهرمان، بیژن، کوچک زاده، مهدی، ۱۳۹۰، ارزیابی پتانسیل استحصال اب از آبخوان از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: دشت نیشابور، مجله پژوهش آب ایران، سال ۵ ،شماره ۹ : ۱۸۰–۱۷۱.
- –رحیمی، داریوش، ۱۳۹۰، پتانسیل یابی آب زیرزمینی، مطالعه موردی: دشت شهرکرد، مجله جغرافیا و برنامه ریزی طبیعی، سال۲۲ شماره پیاپی ۴۴شماره ۴ .
- –سپند، ساحل، چیت سازان، منوچهر، رنگزن، کاظم، میرزایی، یحیی، ۱۳۸۶، تلفیق سنجش از دور و GIS در پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی محدوده لالی، همایش ژئوماتیک تهران.
- –صابری، عظیم، رنگزن، کاظم، مهجوری، رضا، کشاورزی، محمد رضا، ۱۳۹۱، پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی با تلفیق سنجش از دور و GIS به روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در تاقدیس کمنستان در استان خوزستان، مجله زمین شناسی کاربردی: شماره ۶
- –ماهینی، عبدالرسول سلمان، کامیاب، حمیدرضا، ۱۳۸۸، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی کاربردی نرم افزار ایدریسی، انتشارات مهر مهدیس، ص ۵۸۲.
- –محمودی، فرج الله، ۱۳۸۵، ژئومورفولوژی ساختمانی، چاپ هشتم انتشارات پیام نور.

- یوسفی راد، مصطفی، ۱۳۸۸، پهنه بندی توسعه‌یافتگی واحدهای سنگ شناختی به روش *AHP*، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، جلد ۱۹: شماره ۷۳.

- *-Chenini, I., Ben M. A., 2010, Groundwater Recharge Study in Arid Region: An Approach Using GIS Techniques and Numerical Modeling, Computers & Geosciences36: 801-817.*
- *Changa, K. F., Chiangb, C. M., Chouc, P .C., 2007. Adapting aspects of GB Tool 200 searching for suitability in Taiwan, Building and Environment 42:310–316.*
- *Dey, P. K., Ramcharan E. K., 2000, Analytic Hierarchy Process Helps Select Site for limestone Quarry Expansion in Barbados. Journal of Environmental Management 88: 1384-1395.*
- *Mishra, R.C., Biju, C., Naik, R.D., 2010, Remote Sensing and GIS for Groundwater Mapping and Identification of Artificial Recharge Sites, Geo–environmental Engineering and Geotechnics: Progress in Modeling and Applications. Proceedings of Sessions of GeoShanghai China. 216-223.*
- *Nabavi, M. H., 1976, An introduction to the geology of Iran, Geological survey of Iran (in Fars).*
- *Oh, H. J., Kim, Y S., Choi, J. K., Park, E., Lee, S., 2011, GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang City Korea, Journal of Hydrology, 399 :158-172.*
- *Raeisi, E., 2002, Carbonate karst caves in Iran. In: Kranjc A (ed) Evolution of karst: from prekarst to cessation, Ljubljana-Postojna. 339–344.*
- *Rao, P.J., Harikrishna P., Srivastav S.K., Satyanarayana P.V.V, Rao B. V.D ., 2009, Selection of groundwater potential zones in and around Madhurawada DomeVisakhapatnam District A GIS approach, Jurnal Ind Geophys Union. 13(4) :191-200.*
- *Saaty, T L., 1980, The Analytic Hierarchy Process, Mcgraw Hill , Inc. Reprinted By Rws Publications , Pittsburgh.*
- *Saraf, A., Kand Chaudhary P R., 2004, Integrated remote sensing and G.I.S for groundwater exploration and identification of artificial recharges sites, International Journal of Remote Sensing.Vol,19.No,10.1825-1841.*
- *Yeh, H.F., Lee C.H., Hsu K.C., Chang P.H., 2008, GIS for assessment of the groundwater recharge potential zone, J Environmental Geology,58:185-195.*