

شناسایی مناطق مساعد آلودگی آب‌های زیر زمینی به کمک پهنه‌بندی تحول کارست با GIS (مطالعه موردی استان کرمانشاه)

نوشته: امجد ملکی*

* گروه جغرافیا دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۴/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۰/۰۹

چکیده

تعداد زیادی از استان‌های کشور، از منابع آب کارستی به‌عنوان منبع اصلی تأمین آب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت استفاده می‌کنند. استان کرمانشاه نیز با مساحتی حدود ۲۴۹۵۳/۲۸۶ کیلومتر مربع در میانه ضلع باختری کشور واقع شده که بخش عمده آن در زون‌های زاگرس رورانده و چین‌خورده قرار دارد و بیشتر بلندی‌های آن، از سازندهای سخت (کربناتی) تشکیل شده است. پهنه‌های کارستی این استان نقش مهمی در تأمین و تغذیه آبخوان‌ها دارند، به همین دلیل برای شناسایی این پهنه‌ها و میزان تحول آنها در این پژوهش اقدام به پهنه‌بندی تحول کارست و شناسایی مناطق تغذیه آب‌های زیرزمینی از طریق سیمای سطحی کارستی، همچنین مناطق مساعد آلودگی آبخوان‌های کارستی و تهیه نقشه آن شده است. به منظور دستیابی به اهداف تحقیق ابتدا چاله‌های بسته سطحی به عنوان شاخص تحول کارست با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره ای ۵ متر (IRS (BW) شناسایی، نقشه آنها تهیه و پس از بررسی‌های آماری و تأیید ارتباط نقشه‌ها با موضوع به کمک مربع کای و عملیات میدانی، هفت عامل ارتفاع، سنگ‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی (زمین ساخت)، دما، بارش، تبخیر و شیب به عنوان عوامل مؤثر در تحول کارست انتخاب شده‌اند. پس از رقومی کردن همه داده‌های مربوطه برای ارزش‌گذاری (وزن دهی) طبقات نقشه‌های عامل، از روش‌های آماری تحلیل سلسله مراتبی (قضاوت کارشناسی)، تراکم سطح، ارزش اطلاعاتی، وزن متغیرها و روش تجربی استفاده شده است؛ در نهایت در محیط GIS، نقشه‌های عامل همپوشانی و نقشه‌های پهنه‌بندی تحول کارست با ۵ روش مذکور به‌دست آمده است. در بین روش‌های به‌کار گرفته شده برای پهنه‌بندی، روش ارزش اطلاعاتی بیشترین انطباق را با شاخص انتخاب شده (چاله‌های بسته) در منطقه مورد مطالعه دارد.

نقشه‌های پهنه‌بندی به‌دست آمده، علاوه بر تعیین مناطق با درجات مختلف تحول سیمای کارست در استان، محدوده‌های تغذیه آب‌های زیرزمینی (کارستی) و مکان‌های مساعد آلودگی این منابع در سطح زمین را نیز مشخص کرده است که باید برای حفاظت از این مناطق، تدابیر مناسب به‌کار برد و گره خطرهای زیادی محل‌های تغذیه را تهدید خواهد کرد.

کلید واژه‌ها: کارست، منابع آب زیرزمینی، آلودگی، استان کرمانشاه، GIS

مقدمه

اول منطقه‌ای کوهستانی و مرتفع با بلندی‌های تاقدیسی و دشت‌های ناودیسی که عمده سطح استان را شامل می‌شود و بخش دوم که قصر شیرین، نفت شهر و سومار را شامل می‌شود، فضایی است که از کوه‌های فرسایش یافته و اراضی به‌نسبت مسطح واقع بین کوه‌ها تشکیل شده است. بلندترین نقطه استان، کوه شاهو با ارتفاع ۳۳۹۰ متر و پایین‌ترین نقطه با ارتفاع ۱۸۰ متر در منطقه سومار واقع است. استان کرمانشاه با توجه به نظریات هواشناسان و ثبت آمار و ارقام سالانه، دارای دو نوع آب و هواست. ناحیه کوهستانی مرتفع دارای آب و هوای معتدل و کوهستانی، ناحیه پست و کم ارتفاع که به‌طور عمده منطبق بر نواحی مرزی از ازگله تا قصر شیرین سرپل ذهاب، گیلان‌غرب، نفت شهر، سومار دارای آب و هوای گرم و نیمه خشک است.

زمین‌شناسی منطقه

این استان از نظر ساختار زمین‌شناسی، محدود دو واحد ساختاری سندج - سیرجان و زاگرس را در برمی‌گیرد. بنابراین، برحسب جنس سنگ و نوع دخالت زمین‌ساخت از یک سو و نحوه عملکرد دینامیک بیرونی از سوی دیگر، سیمای ریخت‌شناسی در آن متنوع است. با این حال، زمین‌های این استان را از نظر زمین‌ریخت‌شناسی می‌توان به دو بخش خاوری و باختری تقسیم کرد. بخش خاوری که مرتفع‌تر و به‌طور عمده کوهستانی است، شامل سری‌های رورانده از سنگ‌های آذرین و دگرگونی (واحد سندج - سیرجان)، سنگ‌های آهکی و رادیولاریتی (زاگرس رورانده) و چین‌های بلند آهکی و دولومیتی (زاگرس چین‌خورده) است. کوه‌های این بخش بیشتر به‌صورت دیواره‌های مرتفع و ممتد به موازات هم از شمال باختر

بخش عمده‌ای از محدوده سیاسی استان کرمانشاه در بخش رورانده و چین‌خورده زاگرس قرار دارد؛ پیکربندی بخش قابل توجهی از این بلندی‌ها از سازندهای سخت (کربناتی) تشکیل شده که در فازهای زمین‌ساختی مختلف شکل گرفته‌اند. لذا شرایط مناسبی از نظر زمین‌ساختی و سنگ‌شناسی برای توسعه و تکامل فرایند کارست فراهم شده است. پهنه‌های کارستی، نقش مهمی در تأمین و تغذیه آبخوان‌های منطقه پیدا کرده‌اند، به‌طوری‌که منطقه مورد مطالعه با بیش از ۵۵۰ سراب و چشمه کارستی، یکی از استان‌هایی است که عمده منابع تأمین آب سکونت‌گاه‌های آن را همین سراب‌ها، چشمه‌ها و آبخوان‌های کارستی تشکیل می‌دهد. این ویژگی ضرورت تحقیق حاضر یعنی پهنه‌بندی تحول کارست و شناسایی مناطق مستعد آلودگی در سطح استان را توجیه می‌کند. در این پژوهش به بررسی و نقش عوامل مؤثر در پیدایش و تحول سیمای کارست پرداخته و در نهایت نقشه پهنه‌بندی تحول کارست در استان تهیه شده است. در راستای اهداف فوق، ابتدا عوامل مؤثر بر تحول کارست شناسایی و بررسی شده و سپس با روش‌های آماری در محیط GIS (سامانه اطلاعات جغرافیایی) پهنه‌بندی تحول کارست در منطقه مورد مطالعه انجام شده است.

معرفی حوضه مورد تحقیق

استان کرمانشاه با وسعت حدود ۲۴۶۲۲/۶۲۳ کیلومتر مربع در میانه باختری کشور و در محدوده جغرافیایی ۳۶°، ۳۲° تا ۱۵°، ۳۵° عرض شمالی و ۴۴°، ۴۵° تا ۳۰° و ۴۸° طول خاوری واقع است (شکل ۱).

استان کرمانشاه از نظر زمین‌ریخت‌شناسی از دو بخش تشکیل شده است. بخش

تهیه شد (شکل ۹).

۱۰- نقشه پراکنش چاله‌های بسته کارستی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰/۰۰۰ استان، تصاویر ماهواره‌ای عکس‌های هوایی و عملیات میدانی، اقدام به تهیه نقشه پراکنش چاله‌های بسته کارستی شد تا شاخصی برای ارزش‌گذاری در عوامل مؤثر بر تحول کارست باشد (شکل ۱۰).

۱۱- نرم افزارها:

۱-Photoshop, ۲-Erdas, ۳-Geomatica, ۴-Mecrostitution, ۵- Arcinfo, ۶-ARC GIS, ۷-Excel, ۸- Autocad

(ب) روش تحقیق

پس از جمع آوری و تهیه نقشه‌ها و ابزار لازم به روش‌های زیر نقشه پهنه‌بندی تهیه شده است.

۱- رقومی کردن نقشه‌ها و تهیه بانک اطلاعاتی: پس از تهیه تمامی داده‌ها بر اساس نیاز، هدف پروژه و عوامل مؤثر بر ایجاد و تحول سیمای کارستی با استفاده از نرم افزارهای مختلف در محیط‌های مربوطه تمامی اطلاعات به‌صورت رقومی تهیه و با مدیریت دقیق بر داده‌ها در محیط (Arc Gis) بانک اطلاعاتی تشکیل شد.

۲- انتخاب نقشه‌های مؤثر به روش آزمون مربع کای (کای دو): در این تحقیق مناسب‌ترین آزمون برای مطالعه، ارتباط نقشه‌های عامل با نقشه‌های وابسته (چاله‌های بسته کارستی)، آزمون مربع کای دو تعیین شده است. آزمون کای دو برای تأیید یا رد فرضیه صفر که بر مبنای عدم تأثیر عوامل بر روی فرایند کارست در منطقه مورد مطالعه است، انجام گرفت.

این آزمون بدین ترتیب است که نسبت مساحت هر یک از طبقات عوامل، فراوانی مشاهده شده و قابل انتظار مورد آزمون قرار می‌گیرند و در نهایت کای دو محاسبه شده با کای دو جدول مقایسه می‌شود. در صورت بزرگ‌تر بودن کای دو محاسبه شده از کای دو جدول فرضیه صفر رد و نقشه مورد نظر وارد مطالعه برای پهنه‌بندی تحول کارستی می‌شود و در صورت عدم احراز شرایط، نقشه مورد نظر کنار گذاشته می‌شود (جباری، ۱۳۸۲).

پس از انجام محاسبات از نقشه‌های تهیه شده، نقشه هم‌دما با هشت طبقه از دمای کمتر از ۷/۵ درجه تا بیشتر از ۲۲/۵ با فاصله ۲/۵ درجه فرضیه، نقشه هم‌بارش با هشت طبقه از بارش ۳۰۰-۲۰۰ میلی‌متر تا بارش ۱۰۰۰-۹۰۰ میلی‌متر با فاصله ۱۰۰ میلی‌متر، نقشه هم‌تبخیر با نه طبقه از ۱۸۰۰-۱۶۰۰ میلی‌متر تا تبخیر ۳۴۰۰-۳۲۰۰ میلی‌متر با فاصله ۲۰۰ میلی‌متر، نقشه سطوح ارتفاعی با هشت طبقه از ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر تا ارتفاع بالاتر از ۳۵۰۰ متر با فاصله ۵۰۰ متر وارد محاسبه شد. نقشه سنگ‌شناسی با ده طبقه به ترتیب از آهک‌های بیستون در طبقه اول تا رسوبات کواترنری در طبقه آخر فرضیه صفر را رد و وارد پهنه‌بندی شد. نقشه زمین‌ریخت‌شناسی با شش طبقه از هولوکارست در طبقه اول تا دشت‌ها در طبقه آخر فرضیه صفر را رد و مورد قبول واقع شد. نقشه شیب با ۵ طبقه از شیب ۱۰-۰ درصد در طبقه اول تا شیب بالای ۴۰٪ درصد در طبقه آخر با فاصله ۱۰ درصد فرضیه صفر را رد و مورد قبول قرار گرفت.

نقشه گسل به دلیل عدم منابع کافی برای تهیه و خطی بودن فاقد ارزش‌گذاری بود و در نتیجه کنار گذاشته و از محاسبه خارج شد (البته در صورت تهیه نقشه کامل گسل‌های استان در مقیاس قابل قبول می‌توان آن را به چند ضلعی تبدیل و با ارزش‌گذاری در محاسبات وارد کرد بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات تکمیلی این فاکتور نیز به کار گرفته شود). نقشه چاله‌های بسته کارستی نیز به‌عنوان شاخصی برای ارزش‌گذاری دیگر نقشه‌ها و طبقات عامل آنها به کار برده شد (جدول ۱).

۳- ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی به روش‌های آماری: پس از انتخاب نقشه‌ها (عوامل مؤثر) برای تعیین نقش هر عامل در تحول کارست اقدام به تهیه نقشه‌های

به جنوب خاور کشیده شده‌اند. کوه‌های دالخان بیستون - پرو، شاهو، کوه سفید و دالاهو از کوه‌های بلند و مهم آن به شمار می‌آیند. دشت‌های بین این رشته‌ها مانند دشت کرمانشاه- بیستون، ماهیدشت، حسن‌آباد و اسلام‌آباد نیز در واقع چاله‌های ناودیسوی وسیع هستند که از مواد آبرفتی ناشی از فرسایش کوه‌های پیرامون در دوره کواترنری پر شده‌اند، بخش باختری که زمین‌های اطراف قصر شیرین، نفت شهر و سومار را شامل می‌شود، فضایی است که از کوه‌های فرسایش یافته نئوژن متشکل از رسوبات گچساران، میشان و آغاچاری و همچنین اراضی به نسبت مسطح و مواج بین آنها تشکیل شده است. این زمین‌ها بخش کوچکی از مساحت استان را در بر می‌گیرند و شیب آنها نیز به سمت نوار مرزی با عراق به تدریج کاهش می‌یابد. این ویژگی باعث شده تا مجموعه آب‌های سطحی این منطقه نیز به سمت کشور عراق زهکشی شوند. کم‌ترین نقطه ارتفاعی استان نیز در نوار مرزی سومار به ۱۸۰ متر کاهش می‌یابد.

مواد و روش‌های تحقیق

(الف) مواد تحقیق

بر اساس انحلال‌پذیری سنگ‌های کربناتی و فرایند کارستی شدن و انواع آن، همچنین محدوده مورد مطالعه و تعیین عوامل مؤثر بر تحول کارست (ارتفاع، زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی، دما، بارش، تبخیر و شیب) مواد زیر برای انجام پروژه استفاده شده است.

۱- نقشه سیاسی استان

۲- نقشه رقومی شیب استان (طرح تحقیقاتی دانشگاه رازی، ملکی ۱۳۸۲) (شکل ۲)

۳- نقشه‌های اقلیمی استان شامل دما، بارش و تبخیر (آبخیزداری استان کرمانشاه، شکل‌های ۳، ۴ و ۵)

۴- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ - برای تهیه این نقشه از موزاییک زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ برگه‌های کرمانشاه، سنندج، همدان، کوه‌دشت و همچنین نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ برگ باختر کشور (با تغییر مقیاس آن) برای نوار مرزی یعنی قسمت‌هایی از اورامانات، قصر شیرین و سومار استفاده شده است. برای تهیه نقشه زمین‌شناسی استان قطعات ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمانشاه، سنندج، همدان، کوه‌دشت را تهیه و برای نوار مرزی یعنی قسمت‌هایی از اورامانات، قصر شیرین و سومار نقشه زمین‌شناسی را تغییر مقیاس داده و در نهایت قطعات به‌دست آمده، موزاییک شده و یک نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ یکپارچه از استان تهیه شد.

۵- تهیه نقشه سنگ‌شناسی از روی نقشه زمین‌شناسی با ده طبقه با توجه به هدف کار. بررسی ویژگی‌های سازندهای مختلف از نظر انحلال‌پذیری، از مطالعات میدانی، نقشه‌های ژئوهیدرولوژی (تماب) و تجربیات اساتید متخصص و کارشناسان امور آب منطقه‌ای استفاده شده است (شکل ۶).

۶- نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰ به‌صورت تصحیح هندسی (Georefrens) شده با فرمت ECW.

۷- نقشه سطوح ارتفاعی با استفاده از نقشه‌های رقومی (Vector) ۱:۲۵۰۰۰۰ محدوده سیاسی استان (قطعات کرمانشاه، همدان، سنندج، قصر شیرین، بانه ایلام، کوه‌دشت) (شکل ۷).

۸- تصاویر ماهواره‌ای ETM رنگی (RGB) با قدرت تفکیک ۳۰ متر و تصاویر ۵ متر IRS سیاه و سفید (BW) (شکل ۸).

۹- برای تهیه نقشه زمین‌ریخت‌شناسی، نقشه‌های رقومی توپوگرافی (سطوح ارتفاعی) و سنگ‌شناسی روی تصاویر ماهواره‌ای همپوشانی (overlay) شده و با استفاده از بررسی‌های میدانی و بر اساس موضوع مطالعه، نقشه زمین‌ریخت‌شناسی با شش طبقه

دالاهو، رشته‌های باریکی از کوه نثار، انارک، سبز عمو، نوار باریکی از ارتفاعات قلاجه، لکه‌هایی از بازی دراز، و در منطقه دگرگونی بلندی‌های میان کوه، دالاخانی، کوه سویل، کوه هولان است. منطقه بدون تحول، ۸۰٪ از مساحت استان را در بر می‌گیرد که شامل تمام دشت‌های پست در نوار مرزی دشت‌های استان کرمانشاه ماهدشت اسلام آباد حمیل و دشت‌های مرتفع استان شامل سنقر و کنگاور و مناطق پای کوهی می‌شود. در نقشه‌های به‌دست آمده طبقات دارای تحول از نظر سطوح ارتفاعی منطبق بر بلندی‌های بالای ۲۰۰۰ متر و طبقات بدون تحول منطبق بر دشت‌ها و سطوح پست است و از نظر سنگ‌شناسی طبقات دارای تحول منطبق بر آهک بیستون، آهک آسماری، آهک مارنی (رادپولایت‌های کرمانشاه) است و طبقه بدون تحول منطبق بر پهنه‌هایی از آبرفت‌های کوتاه‌تر، سازند گچساران، مارن است و از نظر زمین‌ریخت‌شناسی طبقات تحول یافته منطبق بر پهنه‌های هولوکارست در پراو و شاهو و پهنه‌های مروکارست در روراندگی کوه سفید، کوه نثار، و اورامانات است. طبقات بدون تحول منطبق بر مناطق دشت و برنزدهای غیر کربناتی و تپه ماهورها است. از نظر اقلیمی نیز طبقات دارای تحول منطبق بر بارش بالای ۵۰۰ میلی‌متر و دمای کمتر از ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد و تبخیر کمتر از ۲۲۰۰ میلی‌متر است.

با همپوشانی نقشه چاله‌های بسته با هر کدام از نقشه‌های پهنه‌بندی تحول کارست مشخص شد که مناسب‌ترین نقشه پهنه‌بندی نقشه تهیه شده به روش ارزش اطلاعاتی است و نقشه‌های پهنه‌بندی با روش‌های قضاوت کارشناسی و تراکم سطح دقیقاً شبیه هم است. در مجموع، دقت همه نقشه‌ها با توجه به همین فرمول و بازدیدهای میدانی بالاست؛ ضمن این که در ارائه و نشان دادن پهنه‌های تحول کارست نقشه‌های یادشده بسیار به هم نزدیک است. در نهایت در این پژوهش، مناطق مستعد آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی (کارستی) مشخص شده و می‌توان گفت در هر محدوده‌ای از مساحت استان که در سطح زمین تحول سیمای کارست در آن بیشتر است، تغذیه آب‌های زیرزمینی هم زیاد و در نتیجه آن شرایط بالقوه آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی نیز وجود دارد که در برنامه‌ریزی‌های مختلف در راستای استفاده از این منابع در زمینه‌های مختلف باید به‌طور جدی در نظر گرفته شود و تسهیلات حفاظتی را به کار گرفت. شکل ۱۱ مناطق دارای سیمای سطحی کارست نمونه و محل تغذیه آبخوان‌های کارستی در استان کرمانشاه و محل‌های آماده آلودگی و انتقال به منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. شکل ۱۲ نمونه‌ای از خروجی منابع آب زیرزمینی است که از طریق سیمای سطحی کارست تغذیه می‌شوند.



شکل ۱- موقعیت استان در تقسیمات سیاسی کشور

وزنی شد. برای این منظور، با استفاده از پراکنش چاله‌های بسته در طبقات نقشه‌های عامل، به‌وسیله پنج روش آماری (۱) تحلیل سلسله مراتبی (قضاوت کارشناسی)، (۲) روش تراکم سطح، (۳) روش ارزش اطلاعاتی، (۴) روش وزن متغیرها و (۵) روش تجربی نقشه‌های عامل و طبقات آنها ارزش‌گذاری شدند که نتایج آن در جدول‌های ۲ تا ۸ آمده است.

۴- همپوشانی لایه‌ها: پس از ارزش‌گذاری (وزن‌دهی) با روش‌های ذکر شده، وزن‌های مربوط به عوامل و طبقات مؤثر در تحول کارست در بانک اطلاعاتی نقشه‌های عامل در محیط ArcGIS به نقشه‌های وزنی تبدیل، سپس لایه‌های ارزش‌گذاری شده با روش ذکر شده به‌صورت جداگانه طی عملیاتی همپوشانی (Overlay) نقشه‌های نهایی استخراج شدند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، پنج مدل برای بررسی تحول کارست در ناهمواری‌های استان مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل از این پنج روش (تحلیل سلسله مراتبی یا قضاوت کارشناسی، تراکم سطح، ارزش اطلاعاتی، وزن متغیرها و روش تجربی) به صورت نقشه‌هایی ارائه شده است.

در استان کرمانشاه بیش از ۵۵۰ چشمه کارستی (وکلوزین) وجود دارد که موجب استقرار روستاها و شهرهای متعددی شده‌اند. بیشتر آب مصرفی بسیاری از این اماکن شهری و روستایی در زمینه‌های شرب و کشاورزی همین چشمه‌ها هستند که در نتیجه وجود ناهمواری‌های زاگرس با جنس عمدتاً آهک و ایجاد سیمای کارست است. بنابراین شناسایی محل سیمای کارست سطحی و شرایط تحول و توسعه آنها در شناسایی محل‌های تغذیه سطحی و وجود شرایط آسان خطر آلودگی بسیار زیاد است. به همین دلیل، پهنه‌بندی سیمای کارست سطحی در استان در واقع شناسایی مناطق بالقوه آلودگی منابع آب زیر زمین کارستی است که به‌طور جدی باید مورد شناسایی و حفاظت قرار گیرند. در تحقیق حاضر، براساس اصول کارست، مشاهدات میدانی و یافته‌های دیگران، ۱۰ عامل برای پهنه‌بندی تحول کارست در استان کرمانشاه انتخاب که با استفاده از روش‌های آماری مربع کای و ۷ عامل از مجموع عوامل در تهیه نقشه پهنه‌بندی تحول کارست دخالت داده شد. در این تحقیق، پنج مدل برای تحول کارست در ناهمواری‌های استان مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصل از این پنج روش به‌صورت نقشه‌هایی با چهار طبقه تحول زیاد، متوسط، کم و بدون تحول ارائه شده است. با توجه نقشه‌های به‌دست آمده، مناطق دارای تحول ۴٪ درصد استان یعنی مساحتی حدود هزار کیلومتر مربع که عمده این مساحت در زاگرس رورانده منطبق بر ارتفاعات بالای شاهو، پراو، بیستون، کوه هجر، کوه قرال، کوه محال، کوه هل هل در روانسر، لکه‌های در بالای کوه ماکوان در منطقه اورامانات، لکه‌های از بلندی‌های بالای کوه شیرز در منطقه هرسین، رشته‌های باریکی در بالای روراندگی‌های کوه سفید از جنوب هرسین به سمت شمال باختر یعنی منطقه ثلاث است و در منطقه زاگرس چین‌خورده لکه‌های خیلی پراکنده‌ای در بالای بلندی‌های باریکه در شمال اسلام آباد، نوار باریکی در بالای نوا کوه و دانه خشک و در منطقه دگرگونی شمال خاور استان در بالای بلندی‌های میان کوه و لکه‌های پراکنده‌ای در بلندی‌های شمال باختر سنقر را شامل می‌شود. مناطق تحول متوسط، مساحتی کمتر از ۴٪ استان را در بر می‌گیرد و شامل حلقه‌هایی در دامنه‌های شاهو، دامنه‌های توده پراو، اطراف کوه هل هل در روانسر، بلندی‌های کوه نهنگ و شفیله، ارتفاعات کوه سفید، لکه‌هایی از کوه شیرز در هرسین، نوار باریکی از نوا کوه و کوه سرکش در منطقه گیلانغرب را شامل می‌شود. منطقه تحول کم حدود ۱۰٪ از مساحت استان را در بر می‌گیرد که شامل بلندی‌های پایین شاهو، دامنه کوه بیستون، کوه هجر، ارتفاعات اورامانات، ارتفاعات

جدول ۱- نتیجه آزمون مربع کای دو برای نقشه‌های عامل

ردیف	نقشه	کای دو محاسبه شده	کای دو جدول	درجه آزادی	سطح معنی دار بودن	نتیجه
۱	هم دما	۲۴۵۰/۴۷۶	۱۴/۱	۷	%۵	فرضیه صفر رد
۲	هم بارش	۳۱۹/۵۸۷	۱۴/۱	۷	%۵	فرضیه صفر رد
۳	هم تبخیر	۴۸۹/۸	۱۵/۷	۸	%۵	فرضیه صفر رد
۴	ارتفاع	۳۵۱۰/۱۷۷	۱۴/۱	۷	%۵	فرضیه صفر رد
۵	شیب	۳۲/۸۶۶	۹/۴۹	۴	%۵	فرضیه صفر رد
۶	سنگ شناسی	۸۸۷/۲۸	۱۶/۹	۹	%۵	فرضیه صفر رد
۷	زمین ریخت شناسی	۸۴۳/۴۵	۱۱/۱	۵	%۵	فرضیه صفر رد
۸	گسل	وارد پهنه بندی نشد			-	-
۹	چاله های بسته	برای مقایسه با نقشه های دیگر به کار گرفته شده است			-	-

جدول ۲- نتایج ارزش گذاری طبقات نقشه ارتفاع به روش های آماری

نام طبقه	m۳۵۰۰>	۳۰۰۰-۳۵۰۰	۲۵۰۰-۳۰۰۰	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	m۵۰۰<
کارشناسی	۰/۵	۰/۴۸	۰/۱۵۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱۵	۰	۰
تراکم سطح	۲۵/۲	۲۵/۱۸۲	۸/۳۴۲	۱/۲۸۱۴	-۰/۲۸۰۴	-۰/۲۸۳۱	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳
اطلاعاتی	۰	۲۴۴/۳۱۱	۸۲/۷۴۹	۱۵/۰۱۲	۰/۰۲۸	۰/۰۰۲۲	۰	۰
وزن متغیرها	۰۰	۵۹۷/۳۷۱	۴۳۰/۹۱۷	۳۶۲/۵۹۵	۳۴۴/۸۳۷	۳۴۴/۹۹۸	۳۴۶/۰۳۸۷	۳۴۶/۲۲۷
تجربی	۱۰	۹	۸	۶	۴	۲	۱	۰

جدول ۳- نتایج ارزش گذاری طبقات نقشه سنگ شناسی به روش های آماری

آبرفت	آذرین	دگرگون لاوایی	دگرگون مرمری	ژپیس	مارن	ماسه سنگ	آهک مارنی	آهک دولومیتی	آهک بیستون	نام طبقه
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۲۶۴	۰/۰۶۶۲۱	کارشناسی
-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۱۴	-۰/۱	-۰/۱۳۹	۲/۱۰۷	تراکم سطح
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۷۹	۰/۲	۱/۳۷۶	۲۲/۹۳۲	اطلاعاتی
۲۰/۴۶	۲۱/۵۸۹	۲۱/۶۱۳	۲۱/۵۸	۲۱/۵۵۱	۲۱/۵۳۸	۲۱/۱۵۵	۲۱/۲۱۱	۲۲/۸۱۸	۴۷/۱۳۹	وزن متغیرها
۰	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۷	۸	۹	تجربی

جدول ۴- نتایج ارزش گذاری طبقات نقشه زمین ریخت شناسی به روش های آماری

دشت	تپه ماهور	پروند غیر کربناته	مرو کارست	کارست انتقالی	هولو کارست	نام طبقه
۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۲۳۴	۰/۰۸۲۱	کارشناسی
-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۱۸۰۵	۱/۹۱۵۲	تراکم سطح
۰	۰	۰	۰	۰/۹۸۶۵	۲۱/۰۹۲	ارزش اطلاعاتی
۱۵/۸۸۱	۱۹/۳۵۹	۱۹/۲۲۵	۱۹/۱۰۴۲	۲۰/۱۰۴۸	۴۳/۰۹۴	وزن متغیرها
۰	۱	۳	۵	۷	۸	تجربی

جدول ۵- نتایج ارزش گذاری طبقات نقشه بارش به روش های آماری

نام طبقه	۱۶۰۰-۱۸۰۰	۱۸۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۲۰۰	۲۲۰۰-۲۴۰۰	۲۴۰۰-۲۶۰۰	۲۶۰۰-۲۸۰۰	۲۸۰۰-۳۰۰۰	۳۰۰۰-۳۲۰۰	۳۲۰۰-۳۴۰۰
کارشناسی	۰/۰۱۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۳۰۴	۰	۰	۰	۰	۰
تراکم سطح	۰/۴۵	۰/۲۳۷۵	-۰/۰۰۵۶	-۰/۰۳۲۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳
اطلاعاتی	۰/۵۵	۰/۴۹۹۶	۰/۲۶۶۴	۰/۲۴۱۰	۰	۰	۰	۰	۰
وزن متغیرها	۱۵	۱۴/۲۶۶	۱۱/۱۱۹	۱۰/۸۱۷	۸/۲۴۱	۷/۴۹۵	۸/۴۴۲	۸/۴۵۸	۷/۳۹۲
تجربی	۵	۴	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰

جدول ۶- نتایج ارزش گذاری طبقات نقشه دما به روش های آماری

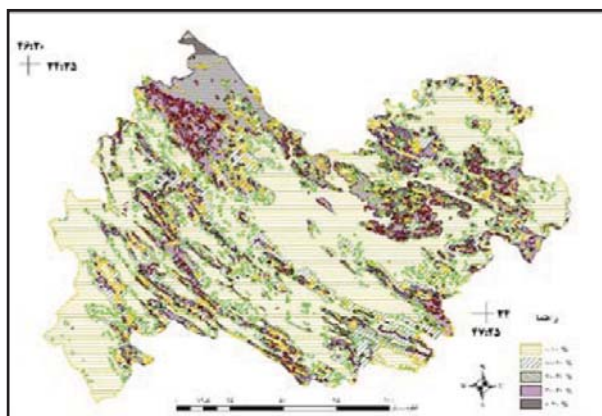
نام طبقه	<۷/۵	۷/۵-۱۰	۱۰-۱۲,۵	۱۲,۵-۱۵	۱۵-۱۷/۵	۱۷/۵-۲۰	۲۰-۲۲/۵	>۲۲/۵
کارشناسی	۰/۰۲	۰/۰۱۴۶۱	۰/۰۱۰۸۳	۰/۰۰۰۱۲	۰	۰	۰	۰
تراکم سطح	۰/۴۱	۰/۴۰۷۰	۰/۳۸۳۸	-۰/۲۷۴۱	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳
ارزش اطلاعاتی	۶/۷	۶/۶۲۳۱۴	۶/۴۰۰۹	۰/۰۸۸۰۳	۰	۰	۰	۰
وزن متغیرها	۱۸/۵	۱۷/۴۴۱	۱۸/۵۴۰	۹/۲۴۶	۹/۹۷۹	۱۰/۲۸۳	۱۰/۲۸۷	۱۰/۳۰۷
تجربی	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	۰

جدول ۷- نتایج ارزش گذاری طبقات نقشه تبخیر به روش های آماری

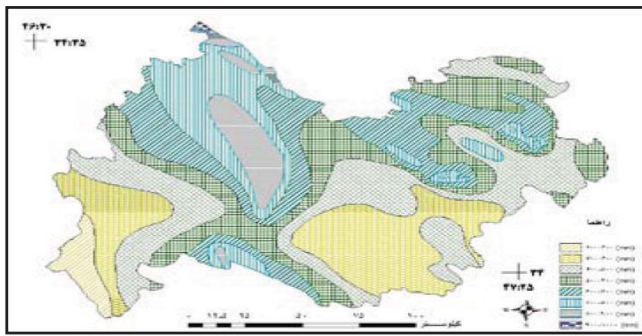
نام طبقه	۱۶۰۰-۱۸۰۰	۱۸۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۲۰۰	۲۲۰۰-۲۴۰۰	۲۴۰۰-۲۶۰۰	۲۶۰۰-۲۸۰۰	۲۸۰۰-۳۰۰۰	۳۰۰۰-۳۲۰۰	۳۲۰۰-۳۴۰۰
کارشناسی	۰/۰۱۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۳۰۴	۰	۰	۰	۰	۰
تراکم سطح	۰/۴۵	۰/۲۳۷۵	-۰/۰۰۵۶	-۰/۰۳۲۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳	-۰/۲۸۳۳
ارزش اطلاعاتی	۰/۵۵	۰/۴۹۹۶	۰/۲۶۶۴	۰/۲۴۱۰	۰	۰	۰	۰	۰
وزن متغیرها	۱۵	۱۴/۲۶۶	۱۱/۱۱۹	۱۰/۸۱۷	۸/۲۴۱	۷/۴۹۵	۸/۴۴۲	۸/۴۵۸	۷/۳۹۲
تجربی	۵	۴	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰

جدول ۸- نتایج ارزش گذاری طبقات نقشه شیب به روش های آماری

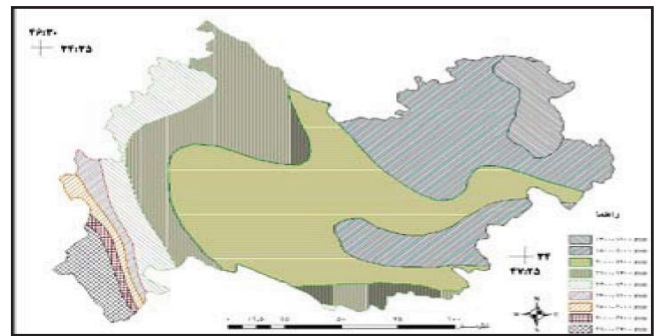
نام طبقه	%۰-۱۰	۱۰-۲۰%	۲۰-۳۰%	%۳۰-۴۰	>%۴۰
کارشناسی	۰/۰۰۹۷	۰/۰۰۸۷۸	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۵۵۴
تراکم سطح	-۰/۰۱۳۷	۰/۰۰۸۰۸	۰/۰۰۴۵۱	-۰/۲۱۳۹	۰/۱۷۷۱
ارزش اطلاعاتی	۲/۵۸۷	۳/۴۹۵	۳/۱۵۱۶	۰/۶۶۲	۴/۴۲
وزن متغیرها	۱۴/۰۲۸	۱۵/۳۳۲	۱۴/۷۶۳	۱۱/۹۸	۱۶/۱۵۵
تجربی	۴	۳	۲	۱	۰



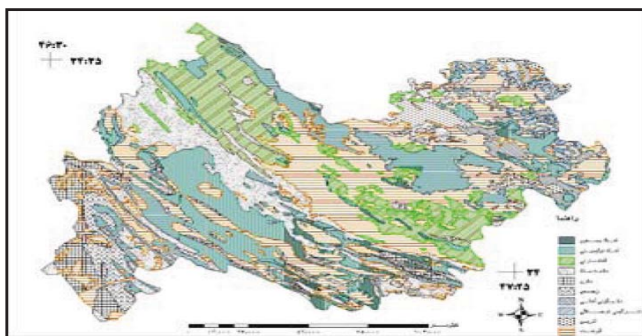
شکل ۲- نقشه شیب استان



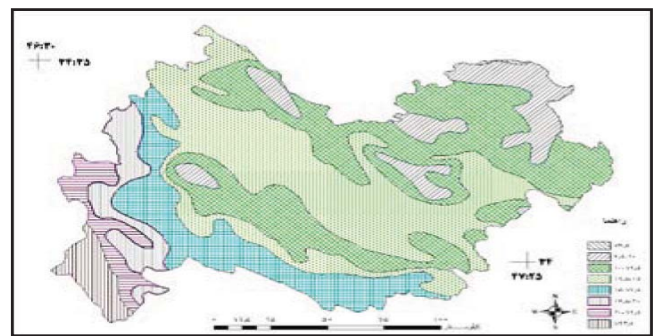
شکل ۴- نقشه بارش استان



شکل ۳- نقشه تبخیر استان



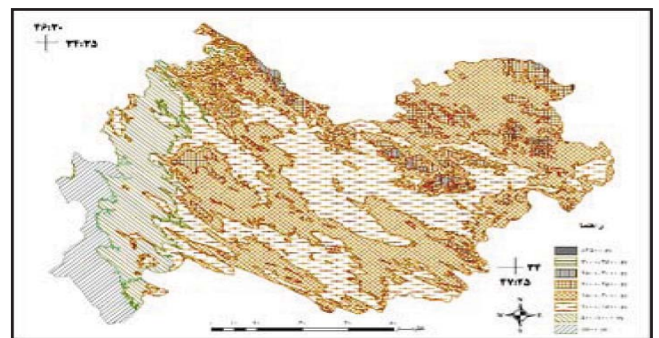
شکل ۶- نقشه سنگ‌شناسی استان



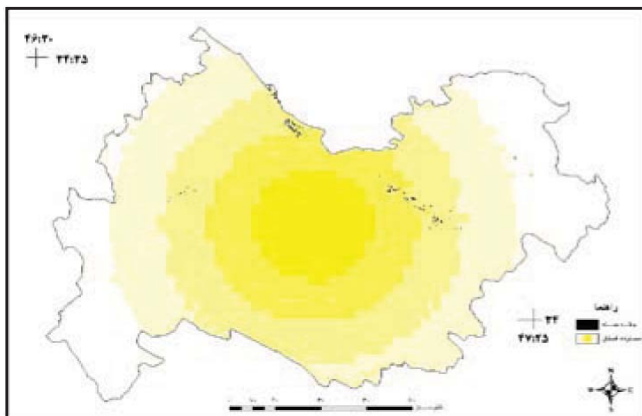
شکل ۵- نقشه دمای استان



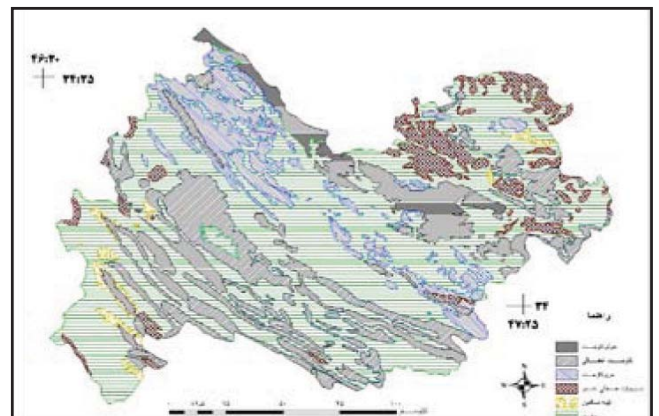
شکل ۸- تصویرهای ماهواره‌ای استان



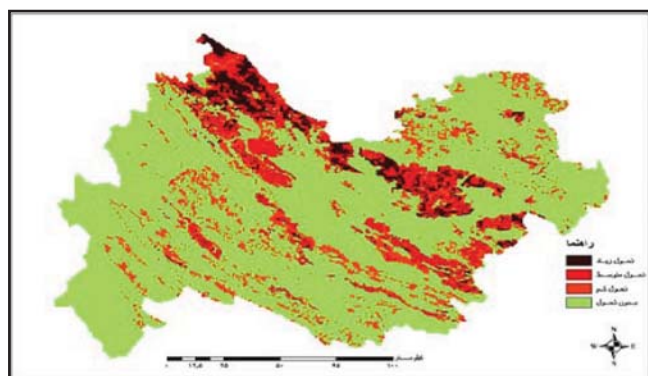
شکل ۷- نقشه هیپسومتری استان



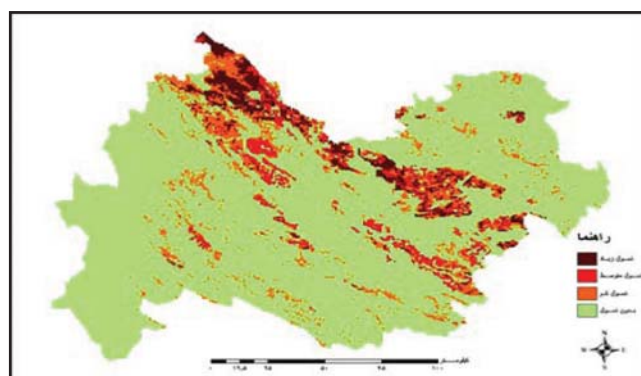
شکل ۱۰- نقشه چاله‌های بسته کارستی استان



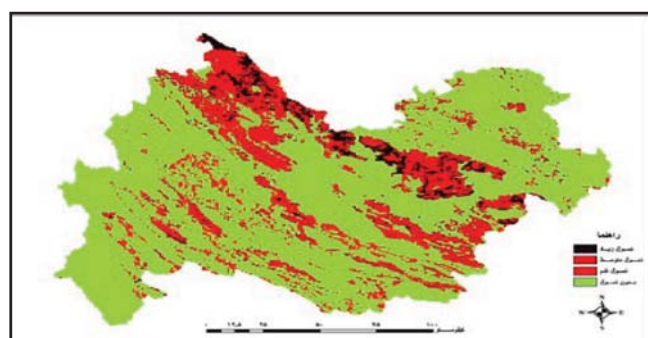
شکل ۹- نقشه زمین‌ریخت‌شناسی استان



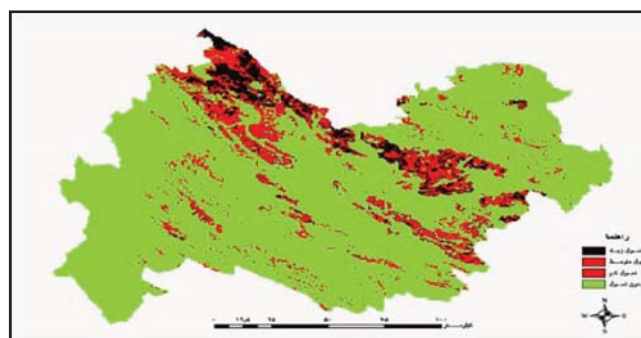
شکل ۱۲- نقشه پهنه بندی تحول کارست منطقه به روش ارزش اطلاعاتی



شکل ۱۱- نقشه پهنه بندی تحول کارست با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی



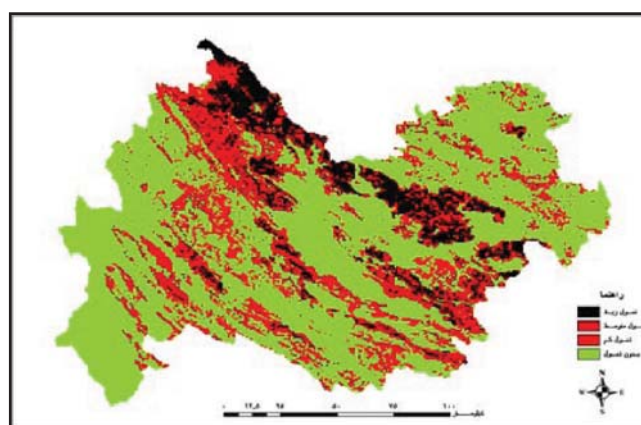
شکل ۱۴- نقشه پهنه بندی تحول کارست منطقه به روش وزن متغیرها



شکل ۱۳- نقشه پهنه بندی تحول کارست منطقه به روش تراکم سطح



شکل ۱۶- چاله‌های کارستی در ارتفاعات ناهمواری‌های پراو - بیستون محل دریافت بارش‌های جوی و نفوذ صد درصد آنها به درون زمین از طریق این چاله‌ها و حفره‌های کارستی و تغذیه چشمه‌ها و آبخوان‌ها



شکل ۱۵- نقشه پهنه بندی تحول کارست منطقه به روش تجربی



شکل ۱۷- چشمه‌های و کلوزین (سراب) با آبدهی زیاد که به‌طور مستقیم از بارش‌های جوی نفوذ یافته از طریق سیماهای سطحی کارستی تغذیه می‌شوند

کتابنگاری

- آغاسی، ع. و افراسیابیان، الف.، ۱۳۷۸- هیدرولوژی کارست، چاپ اول، تهران، مرکز تحقیقات کارست کشور.
- افراسیابیان، الف.، ۱۳۷۲- مطالعات هیدرولوژی کارست در حوضه آهکی مهارلو، دومین سمینار علمی مطالعات منابع آب، مجموعه مقالات. برون، ژ.، ۱۳۶۹- شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش کرمانشاه، ترجمه آفانباتی، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- تصاویر ماهواره‌ای ETM رنگی (RGB) با قدرت تفکیک ۳۰ متر و تصاویر ۵ متر IRS سیاه و سفید (BW) - سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. جباری، الف.، ۱۳۸۲- روش‌های آماری در علوم محیطی و جغرافیای، انتشارات دانشگاه رازی.
- جورین‌سر، م.، ۱۳۸۵- پردازش تصاویر ماهواره‌ای با نرم افزار ژئوماتیک، سازمان جغرافیای نیروهای مسلح.
- درویش‌زاده، ع. و محمدی، م.، ۱۳۶۷- زمین‌شناسی ایران، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.
- سازمان برنامه و بودجه استان کرمانشاه، ۱۳۷۵- سرشماری عمومی نفوس و مسکن.
- قیطوری، م.، ۱۳۸۲- طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور، تیپ‌های مرتعی استان کرمانشاه، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. مدنی، ح.، ۱۳۶۴- زمین‌شناسی ساختمانی و تکنوتیک، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- محمودی، ف. و ملکی، الف.، تحول کارست و نقش آن در منابع آب زیرزمینی ناهمواریهای بیستون - پرآو (کرمانشاه) پژوهشهای جغرافیایی ص ۹۳-۱۰۷ میلانویچ، پ. ت.، ۱۹۸۱- هیدرولوژی کارست، ترجمه عبدالوحید آغاسی، ناشر استانداردهای مهندسی آب کشور.
- نقشه رقومی شیب استان کرمانشاه (طرح تحقیقاتی دانشگاه رازی - ملکی ۱۳۸۲).
- نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ استان کرمانشاه - سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

References

- Herak , M.,1977- Tecto-genetic approach to classification of karst terranes. *Carsus Iugoslaviae* 9/4 , Zagreb, Yugoslavia.
- Komatina, M., 1973- *Uslovi razvoja karsnog procesa irejonizacija karsta (condition of karst development and zoning of karst terranes) . Vesnik Geozavoda X/XI, Beograd, Yugoslavia.*