

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



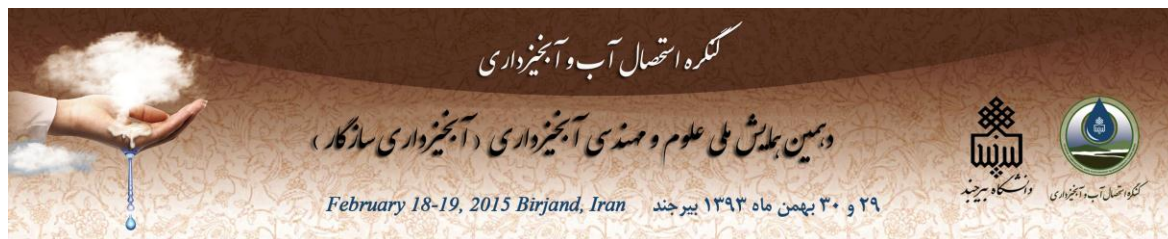
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران



شناسایی منابع آب کارستی کم ژرفا به روش دورسنجی گرمایی تحلیل ویژگی‌های محلی در منطقه جنوب شهرستان بجنورد

نادر جلالی^{۱*} و رحیم کاظمی^۲

۱-۲- اعضای هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

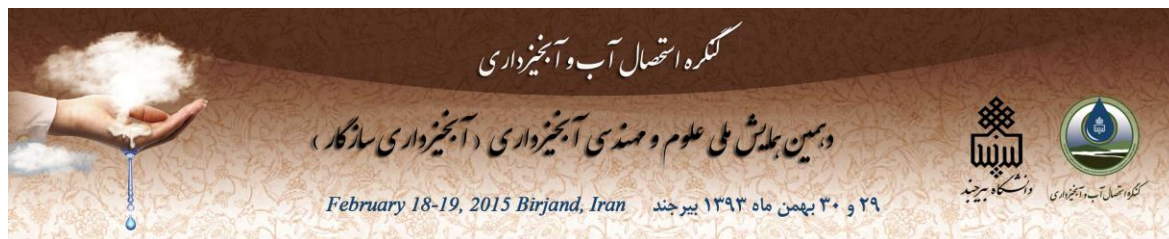
jalali@scwmri.ac.ir

چکیده:

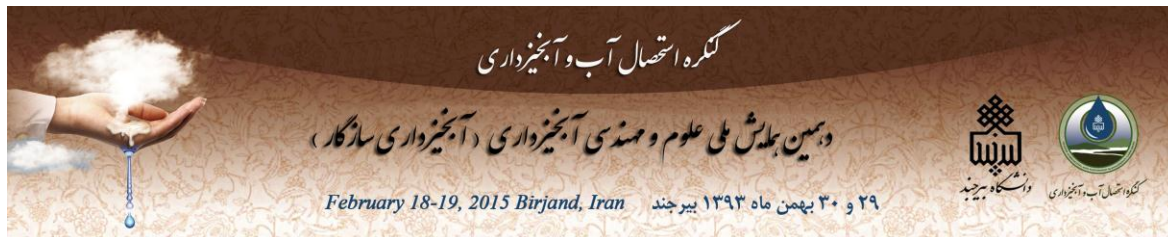
فرض بر این است که پیکره‌های آب در دمای بالاتر از صفر مطلق دچار جنبش ملکولی شده و انرژی حاصل از آن، شرایط برای تبخیر پیوسته را از سطح این پیکره‌ها را فراهم می‌کند. وجود منابع آب در دالانها و شبکه‌های کارستی و تماس دائمی این پیکره‌های آب سبب تغییر دمای عمومی واحد سنگی در برگیرنده منابع آب می‌شود. به دلیل وجود درزها، شکاف‌ها و پدیده‌های ژئومرفولوژیکی نظیر فروچال‌ها امکان ارتباط سطح منابع آب کارستی با فضای آزاد فراهم می‌آید. تبخیر از سطح منابع آب زیرزمینی و انتقال گرما و یا سرما توسط مواد در بر گیرنده بر دمای خاک و سنگ سطح زمین، بخصوص پیرامون درز و شکاف‌ها و اشکال ژئومرفولوژیکی تاثیر می‌گذارد. این تاثیروقتی که اختلاف دمای سطح زمین خشکی، در فصل تابستان و در طول روز، با دمای مناطقی که تحت قرار می‌گیرند قابل توجه باشد می‌تواند به خوبی توسط سنجنده آشکار شود. بنابر این، داده‌های مورد نیاز شامل نقشه سنگ شناسی، خط‌واره‌ها و فاصله از خطواره‌های زمین شناسی، شاخص گیاهی و تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ اخذ شده در طول روز و فصل تابستان، برای منطقه جنوب بجنورد تهیه شدند و تجزیه و تحلیل‌های لازم بر اساس معیارها و قانونمندی‌های مربوطه و با استفاده مدل رابطه‌ای به عمل آمد. از آنجا که رطوبت پیشین خاک، سایه و پوشش گیاهی سبب کاهش دمای سطح زمین می‌شوند، نقش این عوامل به خوبی در مدل رابطه‌ای مورد توجه قرار گرفتند. جستجو در مناطق با پوشش گیاهی قابل اغماض، سازند مناسب کارست‌زایی، مناطق با دمای نسبی کم و برطرف کردن اثر سایه به عنوان قانونمندیهای مهم در مدل‌سازی رابطه‌ای مورد توجه قرار گرفتند. در نتیجه اجرای این مدل، نقشه پراکنش مناطق امید به وجود منابع آب کارستی کم‌ژرفا برای منطقه جنوبغرب بجنورد تهیه گردید. بررسی‌های میدانی و تحلیل‌های منطقی بر اساس تراکم آبراهه‌ها و خطواره‌ها و موقعیت چشمه‌ها، نتایج به دست آمده مبنی بر صحت نتایج را تایید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: بجنورد، سنجش از دور، کارست، مدل رابطه‌ای، منابع آب، GIS

الف - مقدمه



محدودیت منابع آب شیرین، شرایط کم‌آبی و رشد جمعیت سبب شده است تا منابع آب موجود در سازندهای سخت نیز مورد توجه جدی قرار گیرند. با توجه به فراوانی سنگهای کربناته در کشور که قابلیت ذخیره آب را دارند، شناسایی و اکتشاف این منابع از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. شناسایی منابع آب کارستی همواره بر روشهای زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، هیدرولوژی و ژئوفیزیک استوار بوده است. این روش‌ها معمولاً وقت‌گیر و پرهزینه هستند. توسعه سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و تولید و عرضه تصاویر چند طیفی ماهواره‌ای و به‌ویژه تصاویر فرسوخ گرمایی، افقی را در پیش روی قرار می‌دهند که می‌تواند ضمن افزایش سرعت عمل، کاهش هزینه‌ها را در شناسایی اولیه این منابع، در پی داشته باشد. منطقه کارستی بش‌قارداش در حدود ۱۰ کیلومتری جنوب غرب شهر بجنورد مرکز استان خراسان شمالی و در طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه واقع شده است. از نظر موقعیت جغرافیایی از شمال با کشور ترکمنستان و از شرق و جنوب با استان خراسان رضوی، از جنوب غربی با استان سمنان و از غرب با استان گلستان هم مرز است. این منطقه دارای آب و هوای نیمه‌معتدل و مرطوب با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم است. میانگین بارش این استان به ۲۵۰ میلی‌متر می‌رسد. واحدهای سنگ‌شناسی آهکی و آهکی-دولومیتی منطقه جنوب غرب بجنورد برای انجام این بررسیها در نظر گرفته شد و از نقشه زمین-شناسی رقومی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، استفاده گردید. واحد سنگ‌شناسی انتخاب شده متعلق به دوره ژوراسیک فوقانی بوده و بخشی از سازند لار محسوب می‌شود که بر روی مارن‌ها و مارن‌های آهکی دلیچای و شیل و ماسه سنگ شمشک به صورت هم شیب و با کج شدگی به سمت شمال شرق، قرار گرفته است. در بالاترین قسمت ژوراسیک میانی و در ژوراسیک بالایی نهشته‌های آهکی غلبه دارد. سازند دلیچای، سنگ آهک لار، سازند مزدوران در کپه داغ، سازند قلعه دختر و سنگ آهک اسفندیار در شرق ایران متعلق به این زمان از ژوراسیک می‌باشند (ی. اشتوکلین- الف. ستوده نیا، ۱۳۷۰). آهک لار نام خود را از دره لار واقع در البرز مرکزی گرفته است (Brunet et al., 2009) به نقل از (R. Assereto, 1964). بر اساس منابع موجود، هیچ مقطع تپیی برای آهک‌های لار شناسایی و تعریف نشده است و فقط با استفاده از وضعیت عمومی این آهک‌ها در دره لار، آهک‌های ژوراسیک بالایی (مالم) به آهک‌های لار معروف شده‌اند. این واحد، از آهک توده‌ای تا نازک لایه، متراکم و خاکستری روشن تشکیل شده است. ضخامت آهک لار در دره لار، بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ متر متغیر است. در میان این واحد، گره‌ها و نوارهایی از چرت-های سیاه و بنفش دیده شده است (R. Assereto, 1966b). در شکل ۱، نمایی از منطقه بش‌قارداش و چشم‌کارستی آن ارائه شده است.



شکل ۱- نماهایی از منطقه کارستی بش قارداش (جنوبغرب بجنورد)

سازندهای تیره رنگ مربوط به شمشک و دلیچای به ترتیب با لیتولوژی های ماسه سنگ، شیل و مارن و آهک مارنی در زیر سازندهای کربناته مربوط به سازند لار با سنگ شناسی آهک و آهک دولومیتی گسترش دارند. طبقات زمین در سازندهای فوق در این منطقه به صورت هم شیب بوده و به سمت شمال شیب دارند. این امر باعث شده تا سازند شیلی و ماسه سنگی شمشک به صورت سنگ کف برای منابع آب احتمالی ذخیره شده در سازند کارستی لار عمل نماید و مانع از تخلیه آب این منابع به دشت جنوبی گردد.

۱- سابقه تحقیق

توانایی ها و محدودیت های روشهای دورسنجی، وقتی که در بررسی پهنه های خاص کارستی مورد استفاده قرار گرفت هنوز کاملا شناخته نشده بود و ارتباط بین خصوصیات یک سیستم کارست با اطلاعات جمع آوری شده به وسیله استفاده از طیف وسیع پرتو الکترومغناطیس تا سال ۱۹۷۹ به خوبی مشخص نبوده است (P. T. Milanovic, (1979). اولین تجربیات در این زمینه به روش برجسته بینی عکس های هوایی برای تعیین محل مجاری زیرزمینی کارستی در رودخانه Camuy به وسیله J.N.Rinker (۱۹۷۳)، مورد استفاده قرار گرفته است، بر می گردد. J.N.Rinker(1975). یک اسکنر حرارتی فرورسرخ را برای بررسی خچال گرینلند و کارست پورتوریکو جهت تشخیص محل شکستگیها و غارهای زیرزمینی به کار برد. نامبرده نتیجه گیری نمود که اسکنر فقط تحت شرایط خاصی می تواند به طور موفقیت آمیز مورد استفاده قرار گیرد..

مطرح شدن زوایای نوین از کاربردهای سنسجش از دور از یک طرف و توسعه حساسیت سنجنده ها از محدوده نوار مرئی به مادون قرمز و فرورسرخ گرمایی سبب شد تا تصاویر چندطیفی از سطح زمین تهیه گردد. کافمن نشان داد که چگونه داده های ماهواره با قدرت تفکیک متوسط (نظیر لندست TM) را می توان برای پشتیبانی و تکمیل بررسی های هیدرولوژی استفاده



کرد. موضوع تحقیق او تعیین الگوهای زهکشی کارست در ناحیه پلوپونسوس در یونان بود. در تحلیل آنها، ترکیب باندهای ۱، ۴ و ۷ ماهواره لندست، سنجنده TM برای شناسایی واحدهای لیتولوژیک مختلف بکار رفت (به نقل از Engman، ۱۹۹۱). Engman (1991)، همچنین معتقد است که تصاویر ماهواره ای، اطلاعات زمین شناسی و هیدرولوژی را در بردارند و لپاین اطلاعات باید به وسیله تحلیل و تفسیر، استخراج شوند. و اطلاعات آب زیرزمینی را می توان از اشکال زمین، الگوهای زهکشی، شاخص های گیاهی، الگوهای کاربری اراضی، عوارض خطی و غیر خطی و بافت و تون تصاویر نتیجه گیری کرد.

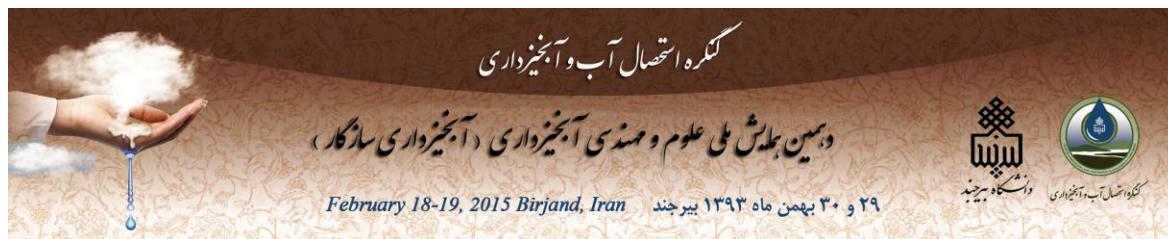
برزگر، از تصاویر لندست برای تهیه نقشه پراکندگی چشمه های کارستی در حوزه موند استفاده نموده و نتیجه گرفته است که به طور غیرمستقیم می توان اینگونه اطلاعات را از تصاویر ماهواره ای به دست آورد. نامبرده تهیه نقشه پراکنش چشمه های کارستی با استفاده از تصاویر ماهواره ای، بخصوص تصاویر با توان تفکیک بالاتر را پیشنهاد نموده است (خلخالی، ۱۳۷۱). Unal (2000) Akman, KenanTufekchi از یک سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک های سنجش از دور در شناسایی مناطق کارستی پوشیده استفاده کرده است. در جنوب کشور سوریه اکتشاف منابع آب زیرزمینی واقع در آبرفت های زیر صخره های بازالتی با استفاده از روشهای دورسنجی توسط Travaglia et al., (1998) در قالب پروژه فائو به انجام رسیده و نتایج خوبی در رابطه با اکتشاف فضاهای زیرزمینی و منابع آب به دست آمده است.

(Hilman & More, ۱۹۸۱)، دریافتند که آنومالی های گرمایی در حوضه سایوکس با آب زیرزمینی کم عمق مرتبط است. آنان بحث مسبوطی درباره داده های فرسوخ گرمایی^۱ HCMM گرفته شده در زمان های مناسب در چرخه های دمایی روزانه و فصلی و نحوه استفاده از آنها در ردیابی آب زیرزمینی انجام دادند. آنان بر معشوش شدن تفسیر بر اثر فاکتور های تعرق پوشش های گیاهی، توپوگرافی و دیگر فاکتورهای زیست محیطی تاکید کرده اند.

در مقاله ای دیگر از (Hilman & More, ۱۹۸۱)، آمده است که می توان بین دماهای سطحی تخمین زده شده به صورت تجربی، از داده های HCMM و اعماق آب زیرزمینی، همبستگی خوبی برقرار کرد.

Issaac Parcharidis et. al (1998) با استفاده از تصاویر TM به مطالعه اشکال ژئومورفولوژیکی کارست و نش و نفوذ آب سرد کارستی به آب دریا در منطقه خلیج Itea یونان پرداخته است. وی در این بررسی ها موفق شده است محل های ورود و تخلیه

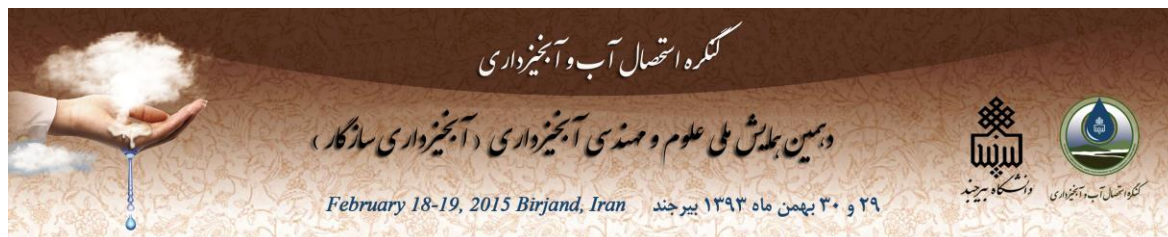
¹ Heat Capacity Mapping Mission



آب کارستی به خلیج را شناسایی و نسبت به تهیه نقشه منطقه نفوذ و گسترش آنها اقدام نماید. همچنین وی چنین نتیجه گیری کرده است که تهیه اشکال ژئومورفولوژیکی مربوط به کارست ها با استفاده تفسیر تصاویر به سختی قابل انجام است. در سمپوزیوم های سالهای ۱۳۷۱ و ۱۳۷۸ تهران و تهران-کرمانشاه و سال ۲۰۰۰، موضوعات ارزشمند بسیاری در رابطه با کارست و منابع آب کارستی و موضوعات پیرامون آن بحث گردیده ولی کمتر به کاربردهای دانش دورسنجی، به خصوص از نوع فرسوخ گرمایی پرداخته شده است. تحقیقات به عمل آمده در طی ۲۰ سال گذشته نشان داده است که داده‌های فرسوخ گرمایی دارای موارد کاربرد قابل توجهی هستند. لیکن بنا به دلایل عدیده ای فقط در مواردی از روشهای تهیه نقشه دمای سطح زمین (LST) مورد استفاده قرار گرفته است. به هر حال انتظار می رود به لحاظ توسعه های اخیر در سنجنده ها و ماهواره ها و درک صحیح از پدیده های سطح زمین، این روش ها به طور وسیع توسعه یافته و به کار گرفته شوند Dale A. Quattrochi (2004).

لازمه تشخیص دمای سیمای کارستی به روش دورسنجی حرارتی، متفاوت بودن دمای آنها با دمای محیط بیرون می باشد. این تفاوت بایستی اثر خاصی را در سطح زمین فراهم آورد. دو عامل فشار هوا و زمان تصویربرداری از عوامل مهم تاثیر گذار دیگر بر دمای سطح زمین می باشند. برای اکثر بررسی ها، به منظور حذف اثر گرمای خورشید، توصیه شده است که پرواز هواپیما در شب صورت گیرد. اختلاف دمای سازندهای دارای منابع آب کارستی با محیط پیرامون خود در دو حالت شب و در فصل زمستان و روز و در فصل تابستان، به بیشترین مقدار خود می رسد. لذا هر دو تصویر اخذ شده در طول روز _ فصل تابستان و طول شب_ فصل زمستان در مناطقی که دارای فصول متمایز هستند می توانند در تشخیص عوارض و پدیده هایی که اختلاف دمای زیادی نسبت به هم دارند، مورد استفاده قرار گیرند. بدیهی است در انتخاب تصویر زمان شب و یا روز، در دسترس بودن تصاویر، نوع سنجنده، نوع عارضه و یا پدیده و عرض جغرافیایی موثر خواهند بود. با توجه به دامنه تغییرات دمای سطح زمین و به استناد قانون جابجایی وین، مناسبترین آشکارگر^۱ آنست که بتواند انرژی طیف فرسوخ با طول موج بین ۸ تا ۱۴ میکرومتر را ثبت نماید. برای این آستانه از دما، مواد در این طول موجها انرژی بیشتری را نسبت به هر طول موج دیگر ساطع می کنند. همچنین جو در این طول موج، انتقال گرمایی بیشتری را سبب می شود چون این نوار طیفی (۸ تا ۱۴ میکرومتر) در واقع یک روزنه انتقالی جوی است.

¹ Detector



از کاربرد های دورسنجی حرارتی، تهیه دمای سطح آب^۲ (SST) و دمای سطح زمین^۳ (LST) می باشد. در زمینه تعیین دمای سطح آب، تجربیات زیادی وجود دارد. (آراسته، ۱۳۸۴) نیز فعالیت های ارزشمندی در این رابطه در ایران انجام داده اند. لیکن در رابطه با تعیین دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره ای به دلیل پیچیدگی های آن و نبودن داده های کافی، تجربه کافی وجود ندارد و تجربیات موجود در این زمینه نیز معمولاً با احتیاط به کار گرفته می شوند.

ایده آل این است که به جای تصویر فرورسرخ گرمایی از نقشه ی دمای سطح زمین (LST)، استفاده شود. لیکن به دلیل مشخص نبودن پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه ی دمای سطح زمین آن گونه ای که (Sobrin, et al, (2004 پیشنهاد کرده است، لاجرم بایستی دمای درخشندگی (Tb) و یا تصویر اصلی باند فرورسرخ گرمایی مورد استفاده قرار گیرند. بررسی های به عمل آمده نشان می دهد که دمای درخشندگی با مقادیر اولیه ی تصویر باند ۶ سنجنده ی ETM+، ۱۰۰٪ همبستگی دارد و واریانس مقادیر باند ۶ بیشتر از تصویر Tb می باشد در نتیجه، در این رابطه توصیه شده است تا از تصویر باند ۶ به عنوان تصویری که آنومالی های حرارتی سطح زمین را در بردارد، استفاده شود (Alavi Panah, 2007).

تهیه نقشه ساختارهای خطی با استفاده از داده های سنجنش از دور یکی از کلیدهای مهم درک مسائل مربوط به آب زیرزمینی، به خصوص در سازندهای سخت که تخلخل اولیه ناچیزی دارند می باشد (Meijerink, A.M.J., (2008. کریستوفر ای لگ در کتاب سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ترجمه (مر و تنگستانی، ۱۳۸۲)، به تحلیل شکستگی و هیدروژئولوژی می پردازد و معتقد است در مناطق سنگ های بلورین نظیر سنگ های آهکی، توزیع آب زیرزمینی پیش از هر چیز، توسط سیستم های شکستگی این سنگ ها کنترل می شود و روش های سنجنش از دور، این شکستگی ها را به خوبی مکان یابی می کند. زون های شکستگی، چه حاصل گسل خوردگی یا برش بوده، چه از بزرگ شدگی انحلالی درزه ها حاصل شده، و چه مربوط به مرز سنگ ها و سازندهای مختلف باشند، اغلب مکان های مناسبی برای حفر چاه جهت استخراج آب های زیرزمینی کم عمق (کمتر از یکصد متر) محسوب می شوند. مکان یابی دقیق شکستگی ها، به طور معمول توسط روش های ژئوفیزیکی و با استفاده از روش های ژئوالکتریکی، الکترومغناطیسی یا لرزه ای انجام می شود، اما شناسایی اولیه آن ها مدت هاست که از راه سنجنش از دور صورت می گیرد. به عنوان جمع بندی مرور منابع ذکر شده چنین نتیجه گرفته می شود که اولاً توانایی ها و محدودیت های روش های دورسنجی، وقتی که در بررسی پهنه های خاص کارستی مورد استفاده قرار گرفت کاملاً شناخته شده نبوده و ارتباط بین

²Sea Surface Temperature

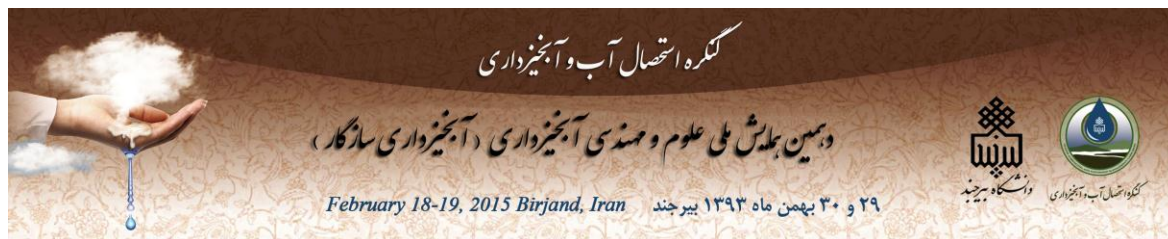
³Land Surface Temperature



خصوصیات یک سیستم کارست با اطلاعات جمع آوری شده به وسیله استفاده از طیف وسیع پرتو الکترومغناطیس و کاربرد تصاویر در موضوع کارست بیشتر به تفسیر های چشمی تصاویر گرفته شده در نورهای مرئی محدود بوده است. کاربردهای سنجش از دور در زمین شناسی و بررسی های مربوط به کارست در دهه ۱۹۹۰ بطور جدی مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که به خاطر ماهیت رقومی تصاویر ماهواره ای و چندطیفی و پرتیفی بودن آنها، پردازش ها و تجزیه و تحلیل رقومی تصاویر و استفاده از تصاویر گرفته شده در نوارهای نامرئی طیف الکترومغناطیس، از اهمیت و جایگاه ویژه ای برخوردار است. به عنوان مطالب تکمیلی مربوط به سابقه تحقیق باید اضافه نمود که سنجش از دور، به عنوان یک دانش و فن نوین، داده های مکانی و طیفی زیادی را در اختیار می گذارد. این داده ها علاوه بر اینکه در تولید و تهیه نقشه های موضوعی نظیر خطواره های زمین شناسی، به کار گرفته می شوند، در بررسی دمای عوارض و پدیده های سطح زمین به صورت نسبی و مطلق، مورد استفاده قرار می گیرند. اگرچه دورسنجی گرمایی در زمینه های بارز نظیر بررسی آتش سوزی ها و فوران آتشفشان ها همواره مورد استفاده قرار گرفته است ولی کاربرد آن در تشخیص عوارض و پدیده های سرد از گرم همواره با سوالات و ابهام هایی همراه بوده است و موارد ناشناخته زیادی در این رابطه وجود دارد. به عنوان مثال برای تشخیص غارهای مدفون، اشاره شده است که باید اختلاف دمای داخل غار با محیط بیرون زیاد باشد تا بتوان آنها را به طریق دورسنجی مورد شناسایی قرار داد. از طرف دیگر در تشخیص این نوع عوارض و پدیده ها، موانع زیادی نظیر تاثیر تبخیر و تعرق، پوشش گیاهی، پستی و بلندی زمین و توپوگرافی وجود دارد. دقت مورد انتظار از نقشه های تهیه شده، توان تفکیک سنجنده ها و محدودیت دسترسی به محصولات سنجش از دور حرارتی نیز از جمله مواردی هستند که به پیچیدگی روش های بررسی های اکتشافی منابع آب کارستی می افزایند و ضرورت انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه را مطرح می نمایند.

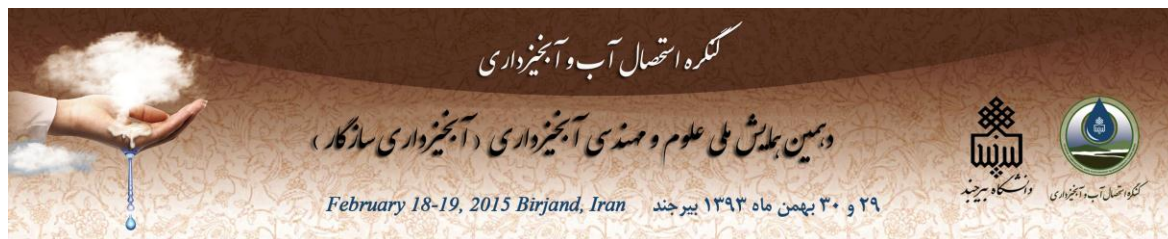
تاکید (2004) Dale A. Quattrochi، بر ضرورت توجه بیش از پیش به روش های دورسنجی به طور وسیع، بر اساس درک صحیح از پدیده های سطح زمین و سنجنده های پیشرفته و استفاده از تصاویر اخذ شده توسط سنجنده ETM^+ در بررسی تغییرات نسبی دمای سطح آب و خشکی، نشان دهنده اهمیت موضوع در عصر حاضر است.

ب- مواد و روش ها



برای انجام این تحقیق از باندهای چندطیفی تصویر ETM+ تاریخ ۴ اوت ۲۰۰۲ مربوط به منطقه بجنورد، تصویر رادار ارتفاعی، نقشه زمین‌شناسی، موقعیت چشمه‌ها، شبکه آبراهه‌ها، نقشه شیب و وجه دامنه، نقشه خطواره‌های زمین‌شناسی و نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شده‌است.

مدل مفهومی این تحقیق براساس نظریه (Astier, 1974) و به نقل از موحد دانش، استوار است به نحوی که به صراحت اشاره گردیده که دمای سطح زمین در مواد سازنده جاری می‌شود و این نفوذ در صورت استمرار و وجود منبع انرژی می‌تواند دمای مواد در عمق ۴۰ متری از سطح زمین را نیز تحت تاثیر قرار دهد. با قبول این فرضیه چنین نتیجه گرفته می‌شود که اگر یک منبع گرمایی و یا سرماییتا این عمق از سطح زمین قرار گرفته باشد، می‌تواند دمای سطح زمین را تحت شرایط خاصی متاثر سازد. فرض دیگر این است که پیکره‌های آب زیر سطحی در دمای بالاتر از صفر مطلق دچار جنبش ملکولی شده و انرژی حاصل از آن، شرایط برای تبخیر پیوسته را از سطح این پیکره‌ها فراهم می‌کند. با افزایش دما و جابجایی فاز بخار امکان تبخیر پیوسته فراهم می‌آید. در مورد منابع آب کارستی، وجود منابع آب در دالانها و شبکه‌های کارستی و تماس دائمی این پیکره‌های آب سبب تغییر دمای عمومی واحد سنگی در برگرفته منابع آب می‌شود. به دلیل وجود درزها، شکاف‌ها و پدیده‌های ژئومرفولوژیکی نظیر فروچال‌ها امکان ارتباط سطح منابع آب کارستی با فضای آزاد و جو فراهم می‌آید و این امر تبخیر از سطح منابع آب کارستی را تسهیل می‌کند. تبخیر از سطح منابع آب کارستی و انتقال انرژی بر دمای سطح خاک و سنگ پیرامون درز و شکاف‌ها و اشکال ژئومرفولوژیکی تاثیر می‌گذارند. تاکید می‌شود که مناطق تغذیه کارست‌ها نظیر درز و شکاف سنگها و پدیده‌های ناشی از انحلال سنگهای کربناته نظیر دولین‌ها و فرونشست‌ها، در واقع پنجره‌های ارتباطی بین منابع آب کارستی و هوای آزاد می‌باشند. این پنجره‌ها امکان خروج بخارات آب ناشی از تبخیر سطح منابع آب کارستی را فراهم می‌آورند. خروج مستمر بخارات آب در محل این پدیده‌ها، سبب پایین ماندن نسبی دمای ناحیه تحت تاثیر، در فصول گرم می‌گردد. علاوه بر موضوع انتقال انرژی به حالت تبخیر، قابلیت انتقال و انتشار انرژی توده‌های سنگی سب می‌شود تا سرما و یا گرمای آبهای زیرسطحی در سازندهای سخت، توسط این سازندها منتقل شود. هر دو حالت تبخیر از سطح پیکره‌های آبهای زیرسطحی، بویژه در مسیر گسیختگی‌ها، درز و شکاف‌ها و همچنین انتقال سرما و یا گرمای این پیکره‌های آب و یا هوای درون فضاها زیرزمینی می‌تواند دمای سطح زمین را در شرایطی که دمای هوای آزاد و دمای پیکره‌های آب و یا فضاها زیرزمینی، اختلاف زیادی داشته باشند، تحت تاثیر قرار می‌دهد. در فصل تابستان و در طول روز که هوای محیط گرمتر است



پیکره های آب نزدیک به سطح زمین می تواند دمای سطح زمین در فراز منابع آب زیرزمینی را به طور محلی کاهش دهد. این امر می تواند در فصل زمستان به صورت عکس اتفاق بیافتد. وجود تفاوت در دمای سطح زمین، در مقایسه با مناطقی که احتمالا تحت تاثیر منابع آب کارست قرار می گیرند اساس این تحقیق به شمار می رود و فرض بر این است که پایین افتادن دما در محدوده تاثیر منابع آبکارستی کم ژرفا، با ابزار سنجنده فروسرخ گرمایی، قابل تشخیص می باشد.

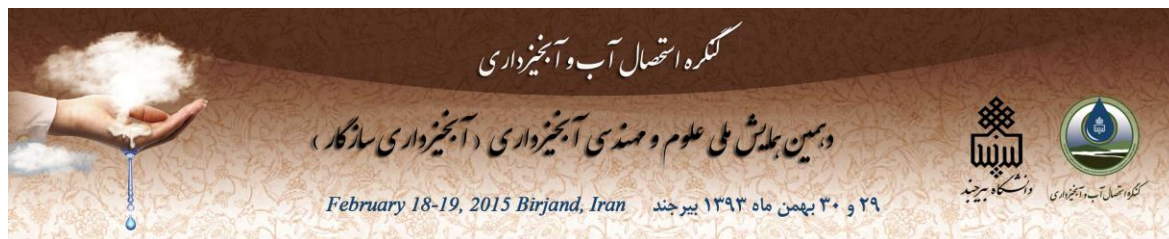
عوامل متعددی می توانند باعث کاهش دمای سطح زمین شوند. برای آشکارسازی تاثیر شرایط ذاتی و هیدروژئولوژیکی منابع آب کارستی در سطح زمین، لازم است تاثیر احتمالی هر یک از عوامل مورد بررسی قرر گیرد. با توجه به اینکه هیچ روش شناخته شده ای برای حذف تاثیر این عوامل و تفکیک و تعیین نقش هر یک از آنها در دمای سطح زمین وجود ندارد، بنابراین نقش هر عامل به طور مستقل مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس، قانونمندیها و قواعد مدلسازی رابطه ای برای این موضوع توسعه داده شد.

۱- معیارهای اصلی تصمیم گیری و مدل سازی (تلفیق داده ها)

اگرچه عواملی نظیر ارتفاع، در معرض نور بودن دامنه، پوشش گیاهی و رطوبت می توانند سبب تغییر دمای سطح زمین گردند لیکن شرایط هیدروژئولوژیکی سازندهای کربناته نیز در بروز آنومالی های حرارتی موثر می باشند. به منظور شناسایی مناطقی که دمای سازندها فقط به ویژگی های ذاتی و هیدروژئولوژیکی آنها مربوط باشد، لازم است بررسی های متعددی نظیر اقدامات زیر به عمل آید. در این رابطه ضرورت دارد نقش هر یک از عوامل تاثیر گذار بر کاهش دمای سطح زمین، مورد بررسی قرار گیرد تا ارتباط احتمالی کاهش دمای سطح زمین با منابع آب کارستی به اثبات برسد.

به منظور کسب اطلاع از رطوبت پیشین خاک و سازندها، علاوه بر رصد تصاویر، آمار بارندگی تا ۱۰ روز قبل ثبت شده در ایستگاه های نزدیک به مناطق مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ها نشان می دهد حداقل در طول ۱۰ روز قبل از زمان اخذ تصویر در منطقه ی مورد بررسی، بارندگی رخ نداده است.

برای بررسی پوشش گیاهی از شاخص NDVI که توسط Rouse, et al, (1974) پیشنهاد شده، استفاده گردید. در این شاخص مقادیر $+0.05$ تا -0.05 به عنوان مناطقبدون پوشش گیاهی شناخته می شوند. به منظور حذف اثر پوشش گیاهی در کاهش



دمای سطح زمین، بررسی ها، به پیکسل های فاقد پوشش گیاهی در سازند های کربناته محدود گردیده است. بدیهی است این امر، یک روش محافظه کارانه بوده و باعث کاهش برآورد سطح مناطق امید می شود ولی اعتبار نتایج را افزایش میدهد

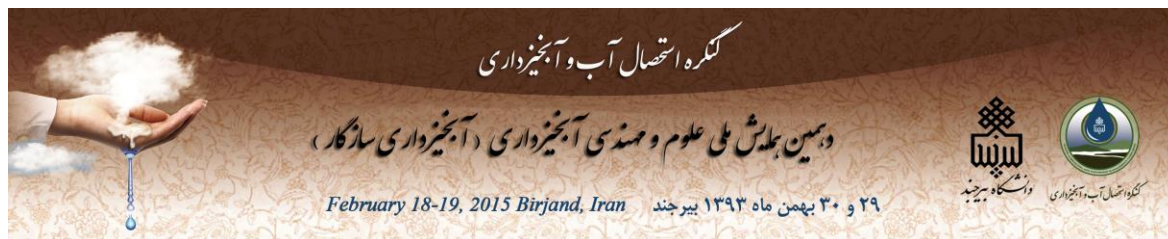
بررسی ها نشان داد که در شرایط مساوی دامنه های رو به خورشید امواج بلند گرمایی بیشتری را نسبت به دامنه های با جهت مخالف ساطع می کنند. بنابر این، با هدف حذف اثر سایه در کاهش دمای سطح زمین، دامنه هایی که رو به خورشید هستند و دامنه هایی که در سایه قرار دارند بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند.

با توجه به اینکه دما با افزایش ارتفاع رابطه معکوس دارد سعی گردید تا بررسی ها در حد امکان در یک بازه ی مناسب ارتفاعی صورت پذیرد. در این رابطه بیشترین ارتفاع مربوط به واحدهای سنگ شناسی کربناته که سرد نیستند به عنوان ارتفاع حداکثر در نظر گرفته می شود و مناطق با ارتفاع کمتر از آن، با هدف شناسایی مناطق امید به وجود منابع آب کارستی مورد جستجو قرار می گیرند. انتظار بر این است که پیکسل های با ارتفاع کمتر از دمای نسبی بیشتری برخوردار باشند بنابر این، کاهش دما در این پیکسل ها می تواند به عنوان یک شاخص کلیدی مورد توجه قرار گیرد .

با توجه به اینکه بررسی ها تحت شرایط خاص و در دامنه های با شرایط مشابه از نظر رو به آفتاب بودن و یا در سایه قرار گرفتن، ارتفاع، پوشش گیاهی و لیتولوژی یکسان صورت گرفته است چنین نتیجه گیری می شود که مقادیر کمتر از میانگین پیکسل های تصویر مادون قرمز گرمایی که تابعی از دمای سطح زمین می باشند می تواند با شرایط هیدروژئولوژیکی سنگ های کربناته مرتبط باشد. با توجه به بررسی های به عمل آمده و لحاظ معیارهای اصلی تصمیم گیری مطرح شده، به نظر می رسد جستجو با شرایطی که ذیلا ارائه می شود می تواند به شناسایی مناطق امید به وجود منابع آب کارستی منجر گردد.

*جستجو در محدوده ی سنگ های کربناته صورت گیرد. در این رابطه از نقشه زمین شناسی، عکس های هوایی و نتایج بررسی های صحرایی استفاده می شود

*در تصویر فرسوخ گرمایی، مقادیر بین عدد میانگین منهاییک برابر انحراف معیار و عدد میانگین به عنوان آستانه شناسایی مناطق نسبتا سرد و مقادیر اعداد کمتر از آن به عنوان آستانه شناسایی مناطق سرد در نظر گرفته شدند. قابل ذکر است که لحاظ این معیار از تجربیات (Jensen, 1989) و تجارب نگارندگان استفاده شده است. بدیهی است کمیت میانگین به صورت



جداگانه، برای مجموعه پیکسل‌هایی که در دو گروه دامنه‌های سایه و رو به آفتاب قرار دارند محاسبه می‌شود و این امر سبب می‌شود تا به نحوی تاثیر سایه در خروجی مدل به حداقل برسد.

*جستجو در دامنه‌های در معرض تابش نور خورشید و مناطق سایه بطور جداگانه انجام می‌پذیرد. توضیح اینکه با توجه به ساعت تصویربرداری، عرض جغرافیایی و وضعیت نیمکره شمالی، دامنه‌های شمال شرقی، شرقی و جنوب‌شرقی و تا حدی دامنه‌های جنوبی دامنه‌های رو به آفتاب و سایر دامنه‌ها، به عنوان دامنه‌های واقع در سایه در نظر گرفته می‌شوند.

*مناطق دارای ارتفاع کمتر از ارتفاع مرتفع‌ترین منطقه ی غیر سرد در محدوده ی سنگهای کربناته ی به عنوان یک مولفه مهم در نظر گرفته می‌شود.

*اگر چه مقادیر بین $+0/05$ تا $-0/05$ شاخص NDVI به منظور اجتناب از تاثیر گیاه و رطوبت پیشین احتمالی در کاهش دمای سطح زمین، می‌تواند به عنوان یک معیار مورد توجه قرار گیرد. لیکن با توجه به حساسیت مدل به آستانه در نظر گرفته شده و براساس بررسی‌های به عمل آمده، کاهش حد پایین این آستانه به $-0/09$ نتیجه مطلوب‌تری را به دنبال دارد.

۲- فراهم سازی داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها

برای تهیه نقشه‌های خطواره‌های زمین شناسی از تصاویر باند ۷ ماهواره لندست که بیشترین اطلاعات طیفی مربوط به زمین-شناسی و خاک را در بردارد و باند پانکروماتیک و همچنین ترکیب‌های رنگی استفاده شده است. این عملیات پس از فیلترگذاری از نوع آشکارساز لبه‌ها بر روی تصاویر تک باند، به طور جداگانه و با استفاده از تفسیر چشمی در یک فضای شبه سه بعدی صورت گرفته است. حاصل تفسیر تصاویر فیلتر شده و ترکیب‌های رنگی، جمع و به عنوان نقشه خطواره‌های زمین-شناسی مورد استفاده واقع شده است.

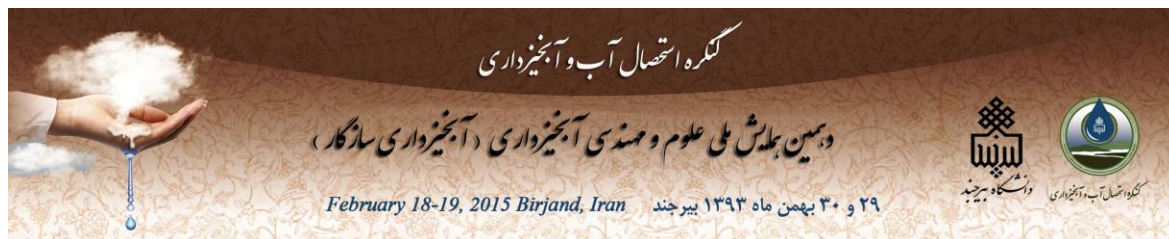
با توجه به امتداد متقاطع خطواره‌ها با امتداد طبقات توهمچنین ناهمواری‌هایی که در محل خطواره‌ها ایجاد می‌شود، به نظر می‌رسد که شرایط مناسب برای تغذیه منابع کارستی در منطقه بجنورد فراهم آمده است. بدیهی است برای تغذیه منابع آب کارستی، عوامل متعددی نظیر بارندگی، وجود درز و شکافهای باز، سازند مناسب از نظر انحلال پذیری، طرز قرارگیری لایه‌ها و طبقات زمین‌شناسی و غیره موثر می‌باشند.



با توجه به عملکرد گسل‌ها و سایر خطواره‌های زمین‌شناسی مبنی بر ایجاد زون برشی و پیدایش خطواره‌های فرعی موازی با خطواره اصلی و همچنین جهت حصول اطمینان از نظر لحاظ نمودن موقعیت مکانی خطواره‌ها، نقشه فاصله از خطواره‌ها تهیه شد. بررسی رابطه فاصله از خطواره‌ها و خصوصیات گرمایی زمین در منطقه بررسی، نشان می‌دهد که تا فاصله ۱۲۵ متری از خطواره‌ها تقریباً دمای عوارض و پدیده‌های سطح زمین در محدوده حداقل نسبی ثابت باقی می‌ماند. از این فاصله تا فاصله ۲۴۰ متری از خطواره‌ها، دمای سطح زمین دچار نوساناتی می‌شود و در فاصله بیشتر از ۲۴۰ متر دما به صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد.

۳- شناسایی منطق سرد بر روی تصویر اخذ شده در باند فروسرخ گرمایی

معمولاً در بررسی تغییرات، دو تصویر یا دو شاخص به دست آمده از تصاویر از هم، تفریق و یا بر هم تقسیم می‌شوند. تعیین مرز تغییرات از عدم تغییرات همواره مورد بحث دانشمندان بوده است. در این رابطه Jensen, (1989) و Gale W. , (1992) نظریه پردازی کرده‌اند. نامبردگان برای تعیین آستانه‌های مربوط به تغییرات از عدم تغییرات به پارامترهای میانگین و انحراف معیار تصویر حاصل از مقایسه توجه نموده‌اند. Jensen, (1989) ، آستانه عدد میانگین بعلاوه و منهاییک برابر انحراف معیار را به عنوان دامنه عدم تغییرات معرفی کرده است. به استناد این منابع، معیار یک برابر انحراف معیار عدد قطعینست و می‌تواند شناور باشد تا با واقعیت هر منطقه و تصویر مطابقت کند. در بررسی‌های به عمل آمده توسط (جلالی و همکاران، ۱۹۹۹) به منظور تشخیص تغییرات مربوط به پوشش گیاهی مرتعی در جنوب غرب و غرب ایران، ضریب ۰.۷ انحراف معیار یعنی عدد میانگین بعلاوه و منهای ۰.۷ انحراف معیار برای تفکیک تغییرات از عدم تغییرات به دست آمده است. آنچه که ذکر شد برای مواقعی است که دو تصویر با زمان متفاوت با هم مقایسه می‌شوند. در این تحقیق از این یافته و روش، فقط الگو گرفته شده است تا تغییرات گرمایی در تصویر اخذ شده در نوار طیفی فروسرخ گرمایی، به چند طبقه و ناحیه دمایی تقسیم گردد. از آنجا که تغییرات گرمایی در این گونه تصاویر نسبی است و دمای مطلق عوارض و پدیده‌ها مد نظر نمی‌باشد و ارقام کوچکتر تصویر معرف سردی و ارقام بزرگتر معرف گرمی نسبی می‌باشند، لذا پارامترهای میانگین و انحراف معیار برای تفکیک نواحی مختلف سرد نسبی و گرم نسبی مورد توجه قرار گرفته است. در این مرحله، آستانه عدد میانگین منهای ۰.۷ انحراف معیار برای شناسایی مناطق نسبتاً سرد و آستانه‌ی کمتر از عدد میانگین منهای دو برابر انحراف معیار برای شناسایی مناطق سرد در نظر



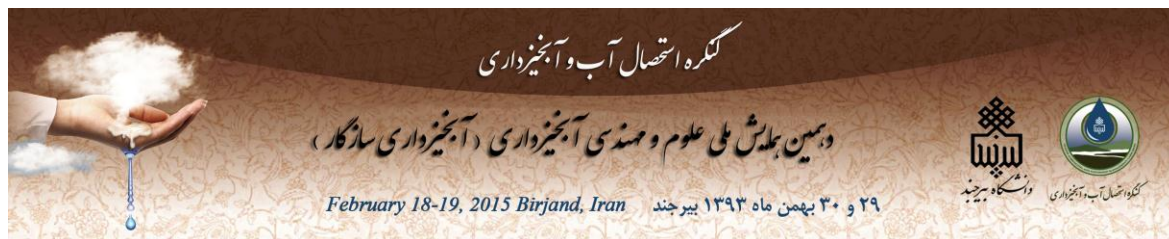
گرفته شده است. با توجه به هدف تحقیق که در آن مناطق سرد نسبی و سرد در مناطق هدف مورد توجه است، به شناسایی نواحی گرم نسبی و گرم پرداخته نشده است.

ج- نتایج

با تلفیق داده‌های فراهم شده بر اساس معیارهای قید شده، به صورت لایه‌های اطلاعاتی در GIS، مناطقی از سنگهای کربناته که دمای آن مناطق سرد ارزیابی شده بودند مورد شناسایی قرار گرفتند. وجود چنین مناطقی نشان از عامل یا عواملی دارد که سبب کاهش دما در این مناطق شده‌اند. با توجه به معیارهای تصمیم‌گیری و حذف تاثیر احتمالی عوامل مختلف از جمله پوشش گیاهی، بارندگی و آبهای سطحی با اطمینان می‌توان کاهش دمای سطح زمین را در این منطقه به تاثیر منابع آب کارستی، و شرایط ذاتی سازندهای کربناته در برگیرنده نسبت داد. نتیجه تلفیق اطلاعات به روش فوق منجر به تولید نقشه‌ای شد که نشان دهنده پراکنش مکانی مناطقی در محدوده سازند کربناته لار در جنوب منطقه بجنورد است که تحت تاثیر منابع کارستی قرار گرفته‌اند. موقعیت مناطق امید به وجود منابع آب کارستی کم‌ژرفا را در شکل ۲، معرفی شده است.

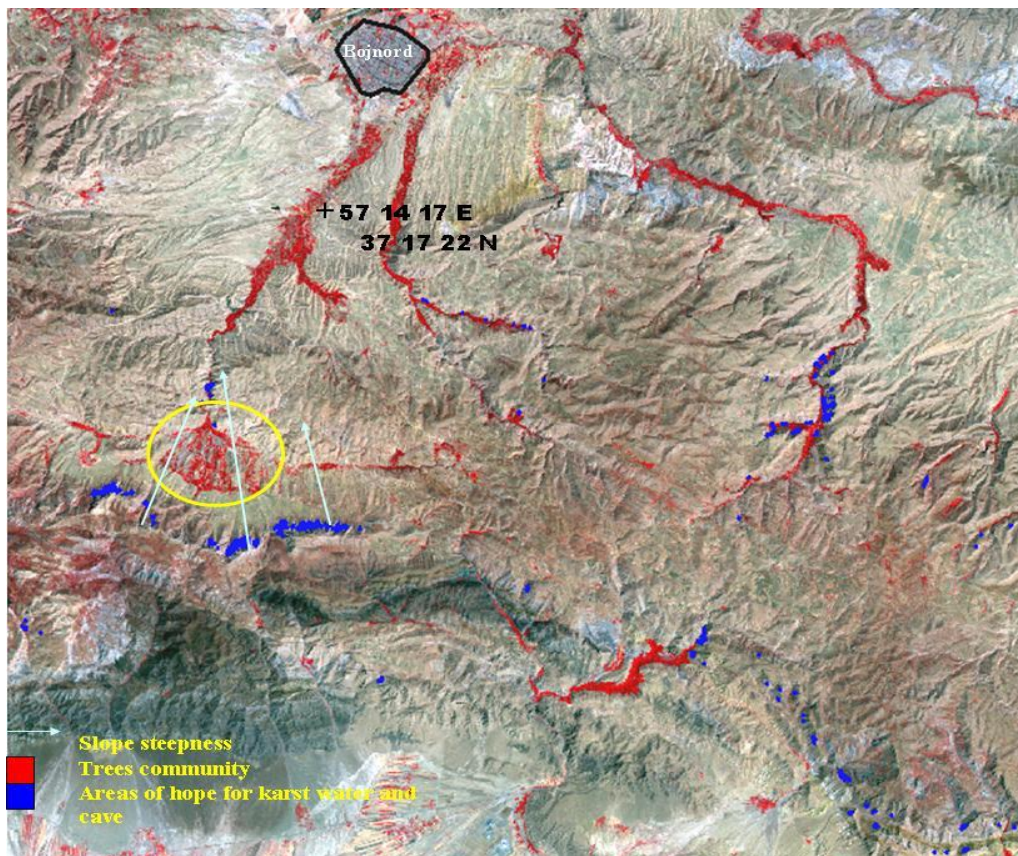
- ارزیابی صحت نتایج با استفاده از موقعیت چشمه‌ها

انتظار می‌رود مناطق معرفی شده با عنوان مناطق امید به وجود منابع آب کارستی در مجاورت و در ارتفاع بالاتر از موقعیت تعدادی از چشمه‌ها قرار گیرند. اینکه انتظار می‌رود بخشی از این چشمه‌ها در مجاورت آنها قرار گیرند به این معنی است که ممکن است چشمه‌ها از منابع آب کارستی عمیق تغذیه شوند. علی‌الاحال بررسی‌های لازم به عمل آمده نشان می‌دهد که تعدادی از چشمه‌های کارستی منطقه بش قارداش بجنورد از این شرایط برخوردارند. بررسی موقعیت قرارگیری این چشمه‌ها و همچنین ارتفاع محل چشمه‌ها از سطح دریا نشان می‌دهد که این شرایط در منطقه برقرار است. این موضوع می‌تواند به عنوان شهادی بر صحت نتایج این تحقیق محسوب شود.



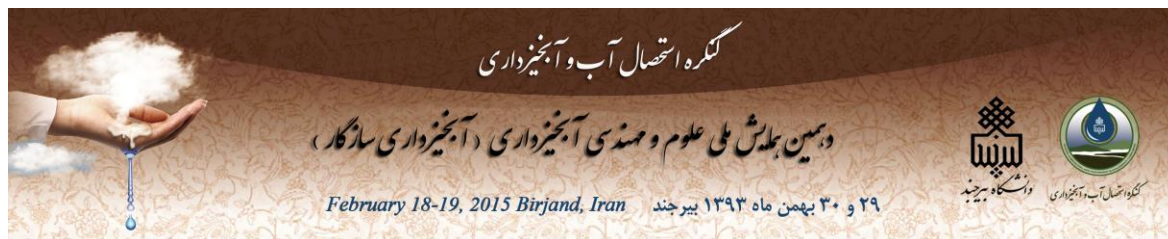
- ارزیابی صحت نتایج با استفاده از تراکم آبراهه‌ها

همانطور که اشاره شد سنگ‌های کربناته موجود در جنوب بجنورد به دلیل داشتن ویژگی‌های کارستی شدن و انحلال‌پذیری، دارای تراوایی نسبتاً زیادی هستند. در نتیجه این امر از میزان رواناب سطحی در سطح این مناطق کاسته شده و این سبب کاهش تراکم زهکشی می‌شود.



شکل ۲. پراکنش مناطق امید به وجود منابع آب کارستی در جنوب‌غرب بجنورد

با این توصیف که تراکم شبکه آبراهه‌ها رابطه عکس با نفوذپذیری سازندها دارد، بنابراین تراکم آبراهه‌ها می‌تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی نتایج به دست آمده مورد استفاده قرار گیرد. بررسی‌های به عمل آمده با استفاده از تلفیق نقشه‌های مناطق امید به وجود منابع آب کارستی و طبقات تراکم آبراهه‌ها، نشان داد که مناطق امید از نظر کارست زایی در منطقه بجنورد، دارای آبراهه‌های کمتری در حدود ۳٪ نسبت به مناطق مشابه ولی بدون شواهد کارست زایی می‌باشند و فراوانی دسته مربوط



به تراکم آبراهه "خیلی زیاد" در محدوده مناطق امید به وجود منابع آب کارستی کم ژرفا و پدیده کارست تقریباً دو برابر حالت مشابه در سنگهای کربناته بدون شواهد کارست زایی است.

۷- ارزیابی صحت نتایج با استفاده از تراکم خطواره های زمین شناسی

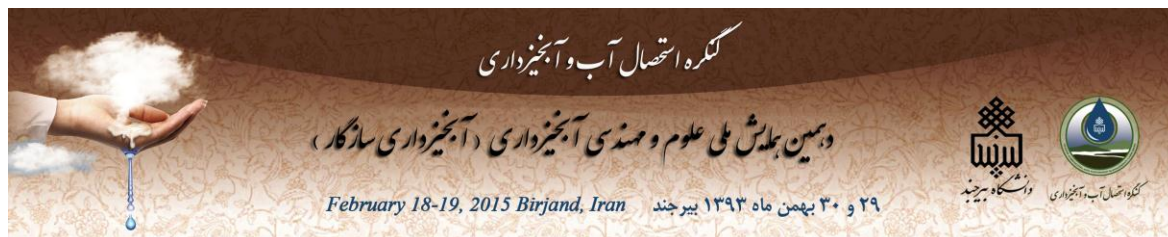
با توجه به اینکه استعداد کارست زایی با تراکم خطواره های زمین شناسی، رابطه مستقیم دارد و از وجود و تراکم این خطواره ها نیز

می توان برای ارزیابی صحت نتایج استفاده نمود. تراکم خطواره ها در محدوده های با استعداد کارست زایی، ۲٪ بیشتر از مناطق دیگر و بدون این شرایط است. اگرچه این میزان اختلاف، خیلی قابل توجه نیست ولی هم سویی و هماهنگی آن با وضعیت تراکم آبراهه ها و وضعیت ارتباط مناطق امید نسبت به موقعیت چشمه ها، اعتبار و اعتماد به نتایج را تقویت می کند.

د- بحث و نتیجه گیری

اگرچه تصویر تک باند مادون قرمز گرمایی، به تنهایی اطلاعات کلی را در رابطه با دمای نسبی سازند های کربناته و در نتیجه استعداد آنها برای منابع آب کارستی را در اختیار می گذارد، لیکن استفاده از داده های ماهواره ای، همراه با داده های خطواره ها و نقشه های زمین شناسی، پوشش گیاهی، وضعیت دامنه از نظر نورگیری و لحاظ سایر عوامل تاثیرگذار، وقتی که این داده ها بر اساس الگوریتم منطقی با هم تلفیق شوند، اطلاعات صحیح و مفیدی را در رابطه با احتمال وجود منابع آب کارستی و موقعیت آنها به دست می دهد. بررسی رابطه فاصله از خطواره ها و شاخص دمای سطح زمین، نشان داد که تا حریم حدود ۱۲۵ متری از خطواره ها تقریباً دمای عوارض و پدیده های سطح زمین در محدوده حداقل نسبی ثابت باقی می ماند و در فواصل بیشتر، دمای سطح زمین دچار ناهنجاری و نوسان می شود. این امر می تواند دلیل بر تاثیر نداشتن زون خرد شده پیرامون خط واره ها، بر فواصل بیش از آستانه مذکور تلقی شود.

زمین شناسی منطقه، طرز قرارگیری چینه ها، رخساره های انحلالی و وجود چشمه های کارستی در جنوب بجنورد، حکایت از استعداد منطقه برای وجود منابع آب کارستی است. بنابراین انتظار می رود منبع یا منابع آب کارستی تغذیه کننده چشمه های کارستی منطقه، در بالا دست این نواحی قرار داشته باشند و بررسیها وجود چنین شرایطی را در منطقه تایید می کنند. در این بررسی ها شواهد خوبی برای وجود منابع آب کارستی در جنوب غرب بجنورد به دست آمد. بررسی های میدانی هم نشان می دهد که علیرغم وجود خشکسالی در دهه اخیر و کاهش دبی چشمه ها، چشمه های کارستی مناطق همچنان فعال هستند. با توجه



به این واقعیت ها، و نتایج ارزیابی با استفاده از تراکم آبراهه‌ها و رابطه خطواره‌ها با پراکنش مناطق امید، چنین نتیجه گیری می شود که الگوریتم و ابزار و داده های به کار گرفته شده برای شناسایی مناطق دارای استعداد منابع آب کارستی، کارآمدی لازم برای شناسایی این گونه مناطق را دارا می باشند. با توجه به سریع و ارزان بودن این روش در شناسایی مناطقی که پتانسیل منابع آب کارستی را دارند، استفاده از این روش برای شناسایی مناطق دارای پتانسیل بالای منابع آب کارستی در کشور، توصیه می گردد. بدیهی است پس از شناسایی این مناطق، برنامه ریزی لازم می تواند برای مطالعات تفصیلی، ژئوفیزیکی و در نهایت در صورت لزوم حفاری تهیه و به اجرا درآید.

ه- فهرست منابع

- دانش کار آراسته، پ.، تجربی، م.، و ثقفیان، ب.، (۱۳۸۴)، "تعیین دمای سطح با استفاده از فناوری سنجش از دور در منطقه سیستان"، آب و آبخیز، ۲(۲)، ۱۳-۲۱.
- عبدالوحید آغاسی و احمد افراسیابیان، ۱۳۷۸، هیدرولوژی کارست، ترجمه اثر P. T. Milanovic معروف به Karst Hydrology، 1981
- (خلخالی، ۱۳۷۱)، مجموعه مقالات دومین سمپوزیوم مطالعه و بهره برداری از منابع کارست و سازند سخت، وزارت نیرو، سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)
- غیومیان، جلالی و زندی (۱۳۸۱) استخراج خط واره های زمین شناسی در حوزه ی آبخیز طالقان، مجله ی پژوهش و سازندگی (شماره ی ۵۳).
- مرغف، هاشمی تنگستانی، م.، ۱۳۸۲، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مؤلف: کریستوفر ای لگ)، چاپ اول، تهران، مرکز نشر دانشگاهی
- موحد دانش، ترجمه کتاب-Astier, (1974). Geophysique applique ' Al' Hydrogeologie. 120 Bd Saint-Germain, Paris. Becker, M.W., 2005. Potential for satellite remote sensing of groundwater. Groundwater 44 (2), 306-318.
- ی. اشتوکلین- الف. ستوده نیا، ۱۳۷۰، فرهنگ چینه شناسی ایران، گزارش شماره ۱۸ سازمان زمین شناسی کشور

Alavi Panah S. K. (2007), thermal remote sensing and its application in the Earth Science, University of Tehran press, No.2782.

Aronoff Sten, Geographic Information systems: A management perspective, ISBN: 0921804911, WDL publications, Ottawa, Canada, 1-10, (1993).

Cvijic, J., (1925), Karst Geomorphology. Beograd, Yugoslavia.

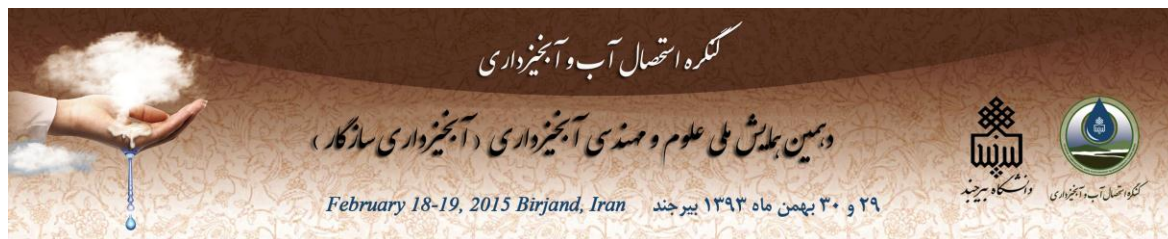
Astier, (1974). Geophysique applique Al' Hydrogeologie, 120 Bd Saint-Germain, Paris This books is translated by Movahhed Danesh Ali Asghar and published by Chehr publisher, Tabriz

Brunet M.-F., Wilmsen M. and Granath J. W., (2009), South Caspian to central Iran basins, special publication 312, published by geological society, USA.

Dale A. Quattrochi (2004), Thermal Remote sensing, Jhan Willy publication.

Gale W, 1992. The potential of satellites for wide area surveillance of Australia. Royal Australian Air force Air power studies center.

Issac parcharidis et. al (1998), using Landsat TM images to study Karstic phenomenon• ITC Journal (1998) vol. 2.



Jalali, N., Fatehi, A., Norouzi, A.A., Kheirkhah, M.M., Mirghasemi, S.A., (1999), Change Detection of Natural Vegetation Cover in the Territory of Iran Caused by Pollution Resulting from the Kuwaiti Oil well fires during the 1991 Persian Gulf War, Soil Conservation & Watershed Management Research Center of I.R of Iran.

Jalali et al (2009), Recognition of shallow karst water resources and cave potentials using thermal infrared image and terrain characteristics in semi-arid regions of Iran. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol: 11 (2009) pp: 439–447.

Jensen J. R., (198), *Introductory digital image processing. A remote sensing perspective* Prentice-hall, Englewood Cliff, New Jersey 67632.

Engman E. T. & R. J. Gurney (1991), *Remote sensing in Hydrology*. ISBN: 0 412 24450 0. 0 442 31240 7 (USA).

Lattman, L.H. and Parizek, R.R. 1964. Relationship between fracture traces and the occurrence of groundwater in carbonate rocks. *Journal of Hydrology* 2: 73-91.

McDonnell R. & Kemp K., (1995), *International GIS Dictionary*. © 1995, John Wiley & Sons, Inc.

Meijerink, A.M.J., Bannert, D., Batelaan, O., Lubczynski, M.W., Pointet, T., (2008). *Remote Sensing Application to Groundwater*, 2008. IHP-VI, Series on Groundwater, No. 16, ITC, Enschede, The Netherlands

Milanovic Peter T. (1979), *Karst hydrogeology*. ISBN-0-918334-36-5, USA.

Milanovic (1981), *Karst hydrology, water resources publication*, Littleton, Colorado, USA.

Parizek, R.R., (1976). On the nature and significance of fracture trace and lineaments in carbonates and other terrains: In *karst Hydrology and water resources. Proceedings of the U.S-Yugoslavian Symposium*.

Rinker, J. N., (1975), *Airborne Infrared thermal detection of caves and crevasses. Photogrammetric engineering and remote sensing*, vol. 41, No. 11.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., (1974). Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. In: *Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I*. pp. 309–317.

Sobrino, (2000). Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing* 21, 353–366.

Travaglia, Carlo, Ammar, O., (1998). *General Organization of Remote Sensing, Syrian Arab Republic. Groundwater exploration by satellite remote sensing in the Syrian Arab Republic, RSC Series 76, FAO 1998.*

Unal Akman, Kenan Tufekchi (2000), *Using of Geographic Information System Techniques and Satellite Images in the Covered Karst Areas: Amasra-Arit Example, NW of Turkey, proceeding of international symposium on Karst, Karst-(2000), Ankara.*

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران