نشریه زمین شناسی ژئوتکنیک
سال ۱۰(۱۳۹۳)، شماره۲: ۱۲۱-۱۱۰
WWW.appliedgeology.ir

بررسی پتانسیل آبی منابع آب کارستی شمال شرق خوزستان با استفاده از RS و GIS و AHP

آرزو سرقلی[1]*، نصرالله کلانتری[1]، حمیدرضا محمدی بهزاد[1]، محمد حسین رحیمی[1]

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید چمران اهواز ari_sargholi66@yahoo.com

n.kalantari@scu.ac.ir

hmbehzad@yahoo.com

M.Hosein Rahimi@yahoo.com

*) عهده دار مکاتبات (ari_sargholi66@yahoo.com)

دریافت: ۹۲/۱۰/۱۵؛دریافت اصلاح شده: ۹۳/۲/۲؛پذیرش: ۹۱/۲/۲۰؛قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۸/۳۰

چکیده

در سال‌های اخیر که تقاضا برای بهره‌برداری از آب زیرزمینی افزایش پیدا کرده است ارزیابی منابع آب کارستی نیز به شکل فزاینده‌ای رو به افزایش است. امروزه محققان علاوه بر روش‌های مرسوم، از سنجش از دور و GIS برای تلفیق لایه‌های گوناگون جهت اکتشاف منابع آب کارستی استفاده می‌نمایند. در این تحقیق هفت نمایه‌ی موثر در هیدروژئولوژی کارست جهت تعیین مناطقی با پتانسیل بالای آب زیرزمینی در مناطق کارستی در محدوده شمال شرق خوزستان پیشنهاد شده است. نقشه‌های معیار بارش (P)، تراکم شکستگی‌ها (D)، فاصله از شکستگی‌ها (B)، دما (T)، شیب (O)، لیتولوژی (G)، پوشش گیاهی (V) با استفاده از داده‌های موجود و توابع تحلیلی GIS آماده سازی شدند. به منظور وزن‌دهی به معیارهای اصلی از روش آنالیز سلسله مراتبی (AHP)، با رعایت نرخ استاندارد ناسازگاری استفاده گردید و سپس زیرمعیارها و معیارهای اصلی به منظور تحلیل مکانی وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شد. در پایان با تلفیق کلیه ارزش‌های وزنی با هم، محدوده‌های مناسب از لحاظ پتانسیل آب‌زیرزمینی تعیین گردید. بر اساس نقشه نهایی پتانسیل کارست در منطقه مورد مطالعه، از لحاظ توسعه کارست تاقدیس چاله‌منار بیشترین و تاقدیس‌های آرام، پابده و کمارون به ترتیب در رده‌های بعدی توسعه قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل یابی، شمال شرق خوزستان، GIS، AHP

۱-مقدمه

امروزه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی برای مصارفی چون شرب، کشاورزی و صنعت توسعه زیادی پیدا کرده است. افزایش بهره‌برداری از منابع آب در هر منطقه ممکن است عواقبی مثل افت سطح آب زیرزمینی، کاهش ذخیره مخزن و تغییر کیفیت یا آلوده شدن سفره آبدار را داشته باشد. با استفاده از روش‌های مختلف تغذیه

مصنوعی می توان تا اندازه‌ای با این گونه نتایج نامطلوب مقابله کرد (صداقت ۱۳۸۲). تغذیه هنگامی رخ می‌دهد که جریان‌های آبی از سطح زمین به درون زون اشباع وارد شود. عوامل زیادی همچون: توپوگرافی، لیتولوژی ساختارهای زمین‌شناسی، عمق هوازدگی، توسعه عوارض، تخلخل اولیه، تخلخل ثانویه وآب و هوا بر روی ظهور و حرکت آبهای زیرزمینی در یک منطقه تأثیر دارند. در حال حاضر سنجش از دور بطور فزاینده به عنوان یک ابزار برای اکتشافات و آزمایشات مکانی به کار گرفته می‌شود (شبان ۲۰۰۴). sener و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از روش سنجش از دور و GIS به مطالعه ویژگی‌های سطح زمین مثل خطواره‌ها، زهکشی‌ها، لیتولوژی، شیب و کاربری اراضی پرداخت و با تکیه بر نتایج بدست آمده منابع آبی جدید در Burdu ترکیه را تعیین کردند. شبان و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS نقاط مناسب جهت تغذیه آب زیرزمینی در Occidental لبنان را تعیین کردند و دریافتند که بیشترین تغذیه در مناطق آهکی و دولومیتی سخت، شکسته شده و کارستی شده دیده می‌شود در حالی که کمترین تغذیه در مناطق مسکونی و مناطق مسطح پوشیده شده از خاک نرم وجود دارد. خدایی (۱۳۸۰) از داده‌های رقومی ماهواره‌ای و GIS در اکتشاف آب زیرزمینی در جنوب غرب دریاچه ارومیه استفاده کرد. Prasad et al. 2007 سنجش از دور و GIS را ابزاری مهم در زمینه علوم هیدروژئولوژی معرفی کردند و بیان داشتند که این تکنیک‌ها در تشخیص، تعیین و نگهداری آب زیرزمینی کمک بسیاری می کنند.

در این تحقیق ۶ تاقدیس در محدوده‌ی شمال شرق استان خوزستان، جهت پتانسیل یابی آب زیرزمینی کارستی انتخاب شده است. در مطالعه حاضر با استفاده از تلفیق فنون سنجش از دور (RS) AHP GIS و مناطق با احتمال زیاد وجود آب زیرزمینی شناسایی شده است و جهت مطالعات تکمیلی ژئوفیزیک پیشنهاد گردیده است. با استفاده از این روش می توان ارزیابی بهتری درباره میزان پتانسیل آب زیرزمینی در مقیاس منطقه‌ای ارائه کرد.

مهمترین اهداف این تحقیق عبارتند از:

۱) شناسایی پتانسیل منابع آب کارست در تاقدیس‌های محدوده مطالعاتی

۲) مقایسه تاقدیس‌های مطالعه شده از نظر پتانسیل کارستی شدن

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی

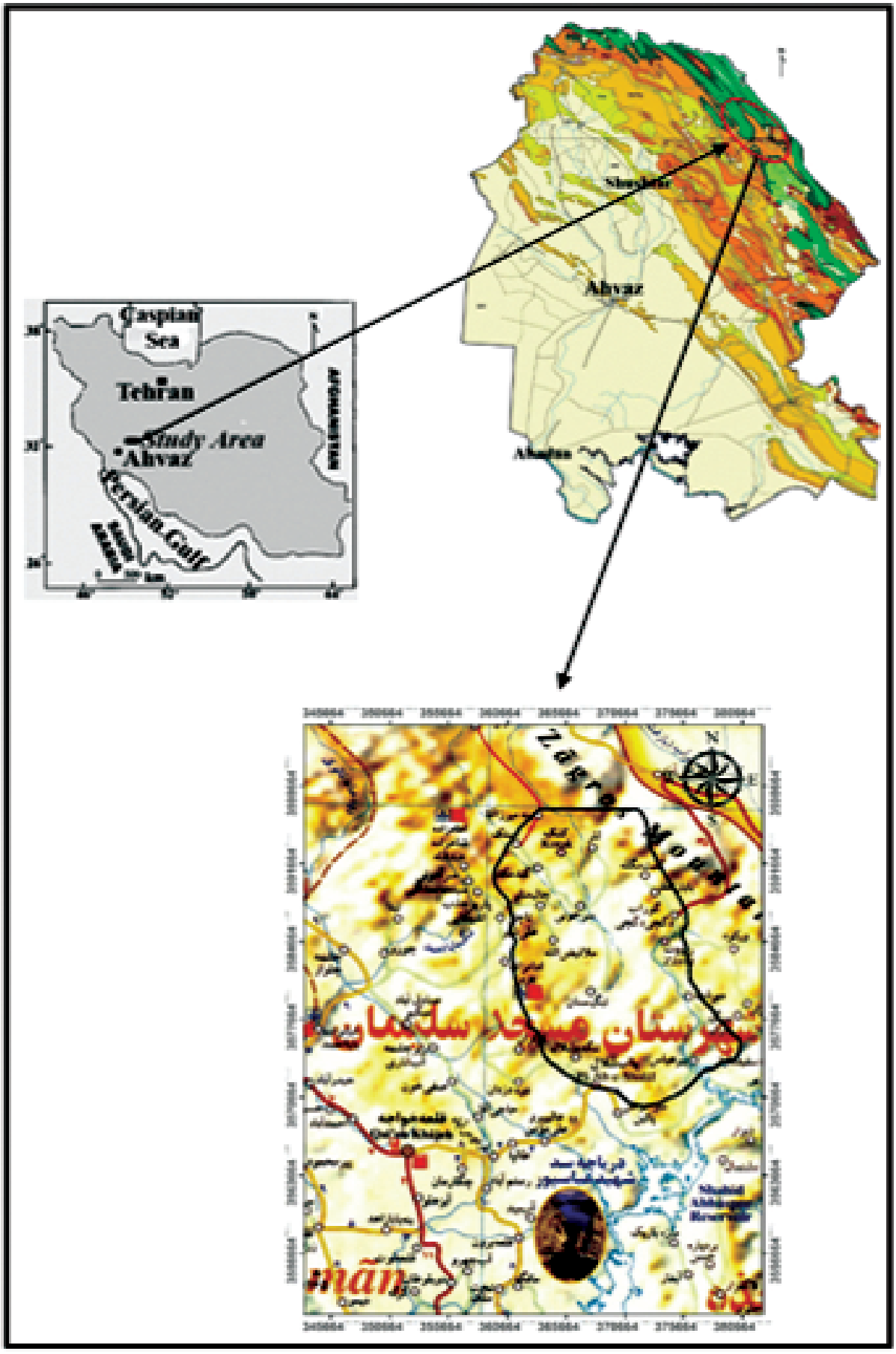
منطقه مورد مطالعه در شمال شرق خوزستان و در محدوده طول جغرافیایی ′۱۳ °۴۹ تا ′۴۹ °۴۹ و عرض جغرافیایی ′۵۹ °۳۱ تا ′۳۴ °۳۲ واقع شده است (تصویر ۱). وسعت منطقه مورد مطالعه حدود ۵۷۵ کیلومتر مربع می باشد.

بیش از ۹۰ درصد تاقدیس‌های کارستی محدوده مطالعاتی را سازند آسماری (اولیگو-میوسن) در برگرفته است. این سازند از سنگ‌های آهکی با میان لایه‌های آهک فسیل‌دار کرم رنگ تا قهوه‌ای تشکیل شده و کاملاً درز و شکاف‌دار و هوازده می‌باشد. آهک‌های سازند آسماری به علت ماهیت سخت و شکننده‌ای که دارند در بیشتر قسمت‌ها گسله و خرد شده و مجاری انحلالی مناسبی را برای نفوذ و انتقال آب فراهم کرده‌اند. ظهور چشمه‌های پرآب کارستی همچون سبزآب، دره‌اناری، بی‌بی‌تلخون و سرحونی، وجود سیماهای کارستی نظیر کارن، حفرات انحلالی مختلف، دولین‌ها، غارچه‌ها و دره‌های خشک در محدوده مورد مطالعه همگی بیانگر توسعه و گسترش کارست و تشکیل منابع آبی با ارزشی در سازند آسماری هستند. با این حال تماس این سازند در بعضی مناطق با لایه‌های تبخیری سازند گچساران به خصوص در موقعیت نزدیک به مظهر چشمه‌های بی‌بی‌تلخون و سبزآب، کیفیت آب آن را تحت‌تأثیر قرار داده است. همچنین بخش ناچیزی از محدوده مورد مطالعه از سازندهای پابده، آغاجاری و رسوبات عهد حاضر تشکیل شده است که به دلیل وسعت بسیار کم و لیتولوژی خاصی که دارند، از پتانسیل ضعیفی برخوردار هستند (مهندسان مشاور کمندآب ۱۳۸۶).

۳- روش‌ها و مواد

در این مطالعه نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱/۱۰۰،۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای لندست حسگر ETM^+، اطلاعات و آمار ایستگاه‌های هواشناسی مربوط به منطقه تهیه و از نرم افزارهای Global mapper Googel, ENVI Earth ,Expert choice ,Arc gis10.1,Erdas9.1 برای استخراج لایه‌ها استفاده شده است.

پس از گردآوری آمار، اطلاعات اولیه و بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه، بررسی تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ به منظور استخراج



تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

معیارهای مؤثر در تعیین پتانسیل آب زیرزمینی (خطواره ها، پوشش گیاهی و ....) انجام شد. سپس این معیارها بر اساس روش وزن دهی AHP ارزش دهی و در محیط GIS وزن های تعیین شده برای هر معیار اعمال گردید. در نهایت با تلفیق لایه های اطلاعاتی، محل هایی با پتانسیل آب زیرزمینی مناسب تعیین گردید.

۴- تهیه لایه های مطالعاتی

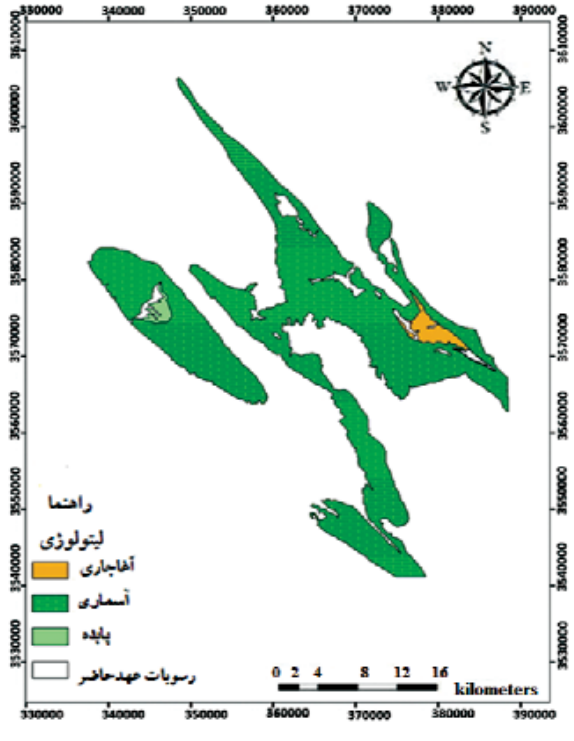
جهت تعیین مکان هایی با پتانسیل آب زیرزمینی از ۷ لایه اطلاعاتی (لیتولوژی، بارش، پوشش گیاهی، شیب، تراکم خطواره، فاصله از خطواره و دما) در محیط نرم افزار GIS 10.1 استفاده شد که در ادامه مورد بحث قرار می گیرد.

۴-۱- لایه لیتولوژی

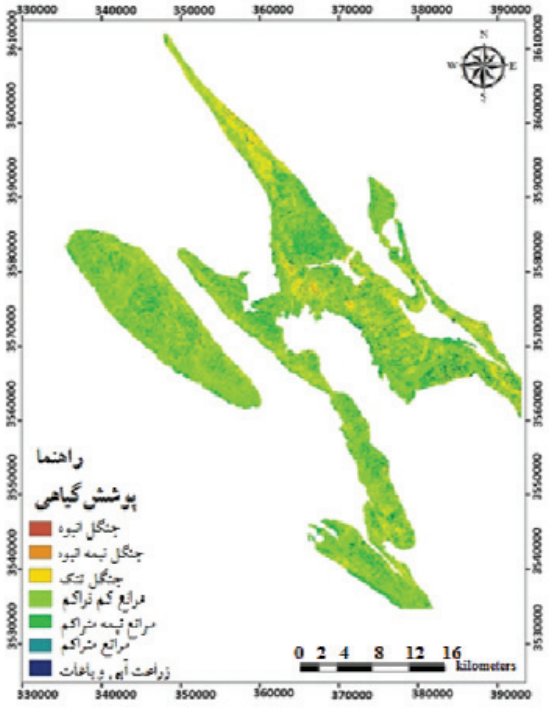
نوع سنگ و خصوصیات وابسته به آن نظیر بافت و درجه خلوص سنگ ها نقش مهمی در تخلخل، نفوذپذیری اولیه و تمرکز جریان آب زیرزمینی در داخل سنگ ها ایفا می کند. در این مطالعه چون هدف بررسی کارستی شدن سازندهای سخت می باشد، سازند آسماری بیشترین وزن را به خود اختصاص میدهد و آبرفت و رسوبات عهد حاضر بی وزن می باشند. این لایه در تصویر۲ نشان داده شده است.

۴-۲- لایه پوشش گیاهی

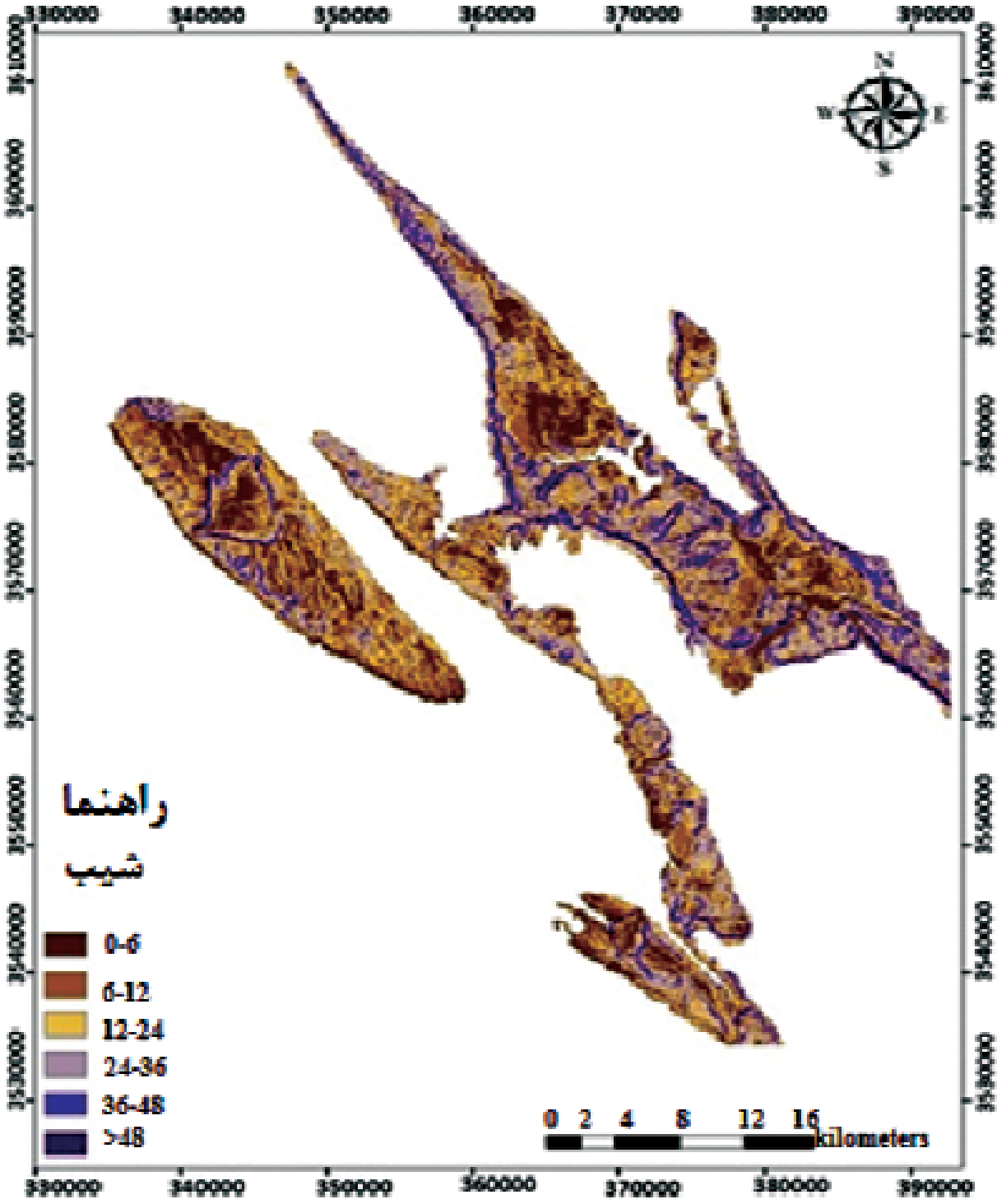
پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه به صورت ترکیبی از جنگل های انبوه، جنگل های نیمه انبوه، جنگل های تنک، زراعت آبی و باغات، مراتع کم تراکم، مراتع نیمه متراکم و مراتع متراکم می باشد. پوشش گیاهی نقش قابل توجهی را در توسعه کارست ایفا می کند (Shaban et al. 2006). مواد سطحی والگوی پوشش گیاهی میزان نفوذ و رواناب سطحی را کنترل می کند (Dinesh Kumar et al. 2007) . در مناطقی که پوشش از خاک برروی سطح سنگ وجود دارد، به علت وجود Co_2 در ترکیب خاک که حاصل تجزیه گیاهان می باشد، آب حاصل از بارندگی می تواند ترکیب اسیدی پیدا کرده و انحلال توده آهکی را افزایش دهد. در مناطق جنگلی به علت وجود برگ گیاهان، میزان هوموس خاک افزایش یافته و نفوذپذیری را افزایش می دهد. همچنین فشار ریشه گیاهان در این مناطق سبب تخریب و شکستگی سنگ ها شده که عامل موثری در افزایش میزان انحلال و نفوذپذیری است. از طرف دیگر هر چه تراکم پوشش گیاهی بیشتر باشد، از میزان رواناب ناشی از بارندگی های شدید جلوگیری شده و زمان لازم جهت نفوذ ریزش های جوی فراهم می گردد. برای تهیه وضعیت پوشش گیاهی در منطقه، از نقشه پوشش گیاهی استان خوزستان استفاده گردید (تصویر ۳).



تصویر ۲- لایه لیتولوژی



تصویر ۳- لایه پوشش گیاهی



تصویر ۴- لایه شیب

۴-۳- لایه شیب

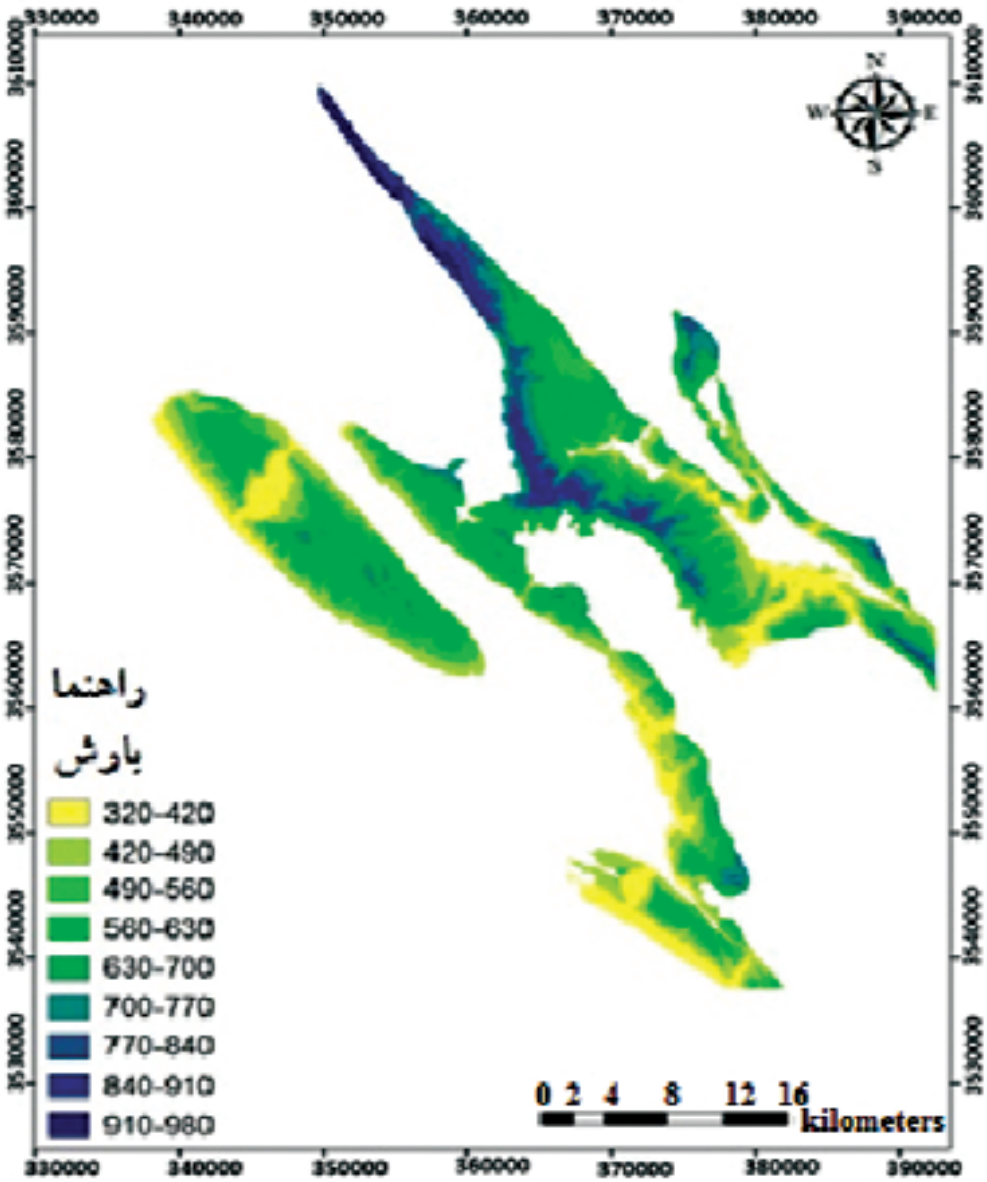
شیب توپوگرافی یکی از عوامل ژئومورفولوژیک موثر بر توسعه کارست است. شیب نقش مهمی در سرعت جریان آب ایفا می کند. این عامل نفوذ آب به درون زمین و تغذیه آبخوان را کنترل می کند. در مناطقی که شیب ملایم است، رواناب سطحی فرصت بیشتری جهت نفوذ آب باران دارد، در حالیکه در مناطق با شیب زیاد جریان رواناب راحت تر صورت می گیرد و این امر باعث کاهش نفوذ آب باران می شود (Adiat 2012). این لایه در محیط نرم افزار Arc GIS 10.1 استفاده از لایه رقومی ارتفاع (DEM) تهیه گردیده است. این لایه را می توان در تصویر ۴ مشاهده نمود.

۴-۴- لایه بارش

با توجه به آنکه بارش در منطقه مورد مطالعه قابل توجه است و از طرف دیگر چون حجم ونوع بارش در توسعه کارست و پتانسیل آبخوانهای کارستی اهمیت بسیاری دارد، اقدام به تهیه این لایه اطلاعاتی شد. برای بدست آوردن نقشه هم بارش در منطقه مورد مطالعه به ایجاد رابطه بین بارش و ارتفاع پرداخته شد و پس از بدست آوردن ضریب همبستگی قوی بین ارتفاع و بارش در منطقه به کمک نقشه DEM و رابطه ایجاد شده، درون‌یابی بوسیله نرم‌افزار Arc GIS10.1, انجام شد. برای این کار از آمار بارش پل لالی، مسجدسلیمان، باغملک، سد عباسپور، دره شور، گنداب، قلعه تل، سرراک، رکعت و ایذه طی دوره آماری ۹۱-۱۳۶۱ استفاده شده است. با توجه به این که در صورت ثابت بودن سایر پارامترها هر چه قدر باران در منطقه‌ای بیشتر باشد، توسعه کارست در آن منطقه بیشتر است، به بارش‌های بیشتر ارزش بیشتری داده شد. تصویر ۵ نقشه هم باران استاندارد شده منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۴-۵- لایه دما

باتوجه به نقشی که این لایه اطلاعاتی در پدیده کارستی‌شدن دارد اقدام به تهیه این لایه اطلاعاتی گردید. برای این کار از اطلاعات ایستگاه‌های مسجدسلیمان، باغملک، سد عباسپور، دره شور،

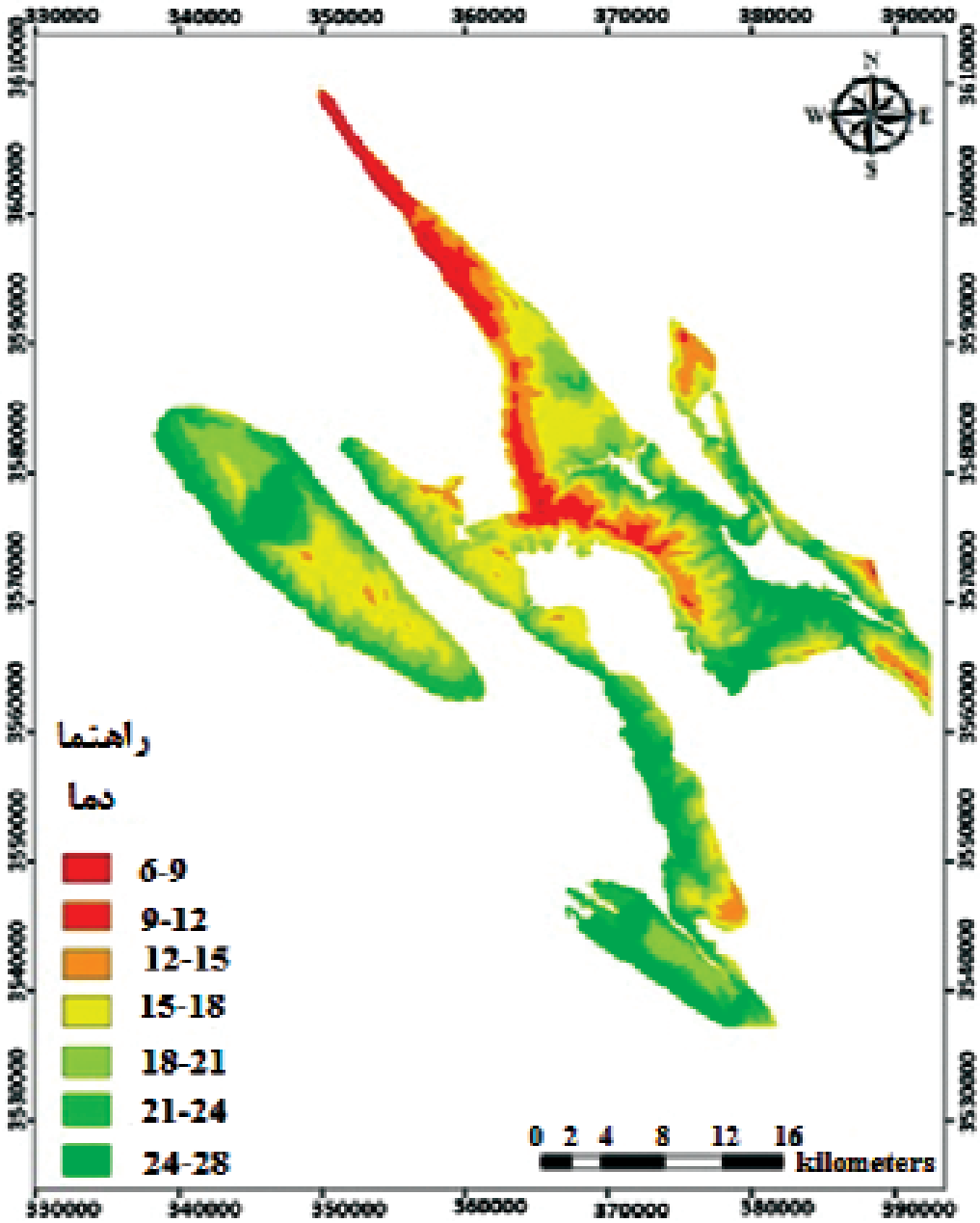


تصویر ۵- لایه بارش

گنداب، قلعه تل، سرراک، رکعت و ایذه طی دوره آماری ۹۱-۱۳۶۱ استفاده گردید و با توجه به تأثیر معکوس دما با توسعه کارست (بطوریکه افزایش دما موجب کاهش انحلال گاز کربنیک درآب باران می‌گردد) به دماهای پایین ارزش بیشتر و به دماهای بالاتر ارزش کمتر داده شد (تصویر ۶).

۴-۶- لایه تراکم خطواره‌ها

آنالیز خطواره‌ها به وسیله سنجش از دور قسمت مهمی از مطالعات تکتونیکی، مهندسی، ژئومورفولوژی، اکتشاف منابع طبیعی (آب زیر زمینی، نفت و ...) را شامل می‌شود (Libasse 2007). در محیط پیرامون این ساختارهای خطی در سازندهای سخت و فاقد خاک‌های عمیق، شرایط برای تغذیه و انتقال آبهای سطحی به زیرزمین مساعد است. بدین جهت، لایه تراکم خطواره‌ها با اعمال فیلترهای جهتی بر باندهای ۷، ۴ و ۱ تصویر ماهواره‌ای لندست سنجنده (ETM+) در نرم‌افزار Erdas 9.2 تهیه و پس از تصحیح و حذف خطاهای موجود (جاده‌ها، زمین‌های کشاورزی، خط‌الرأس کوه‌ها)، خطواره‌های



تصویر ۶- لایه دما

منطقه بر حسب تراکم آن ها در هر کیلومترمربع امتیاز دهی (جدول ۱) و نقشه آن تهیه گردید. تصویر ۷ نقشه استاندارد شده تراکم خطواره منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

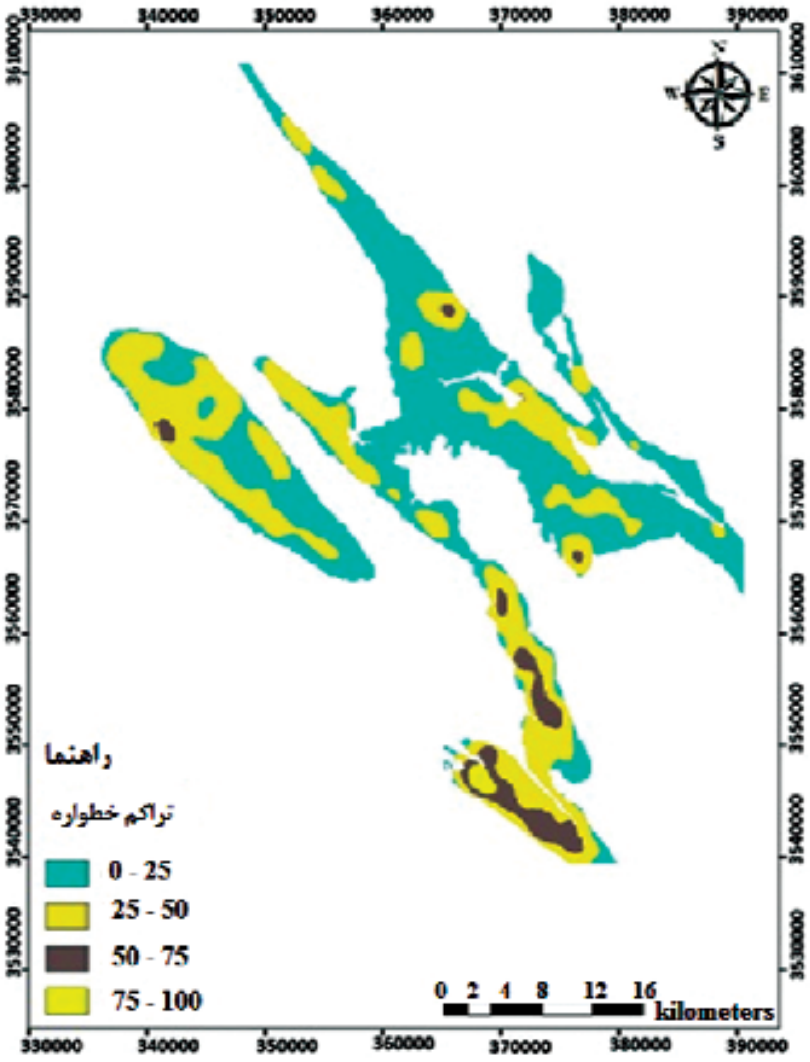
۴-۷- لایه فاصله از خطواره

شکستگی ها و ساختارهای تکتونیکی که اصطلاحاً خطواره نیز نامیده می شوند به دلیل ایجاد فضاهایی در سازندها و واحدهای زمین شناسی جهت عبور آب و حرکت آن به نقاط پایین تر درون زمین نقاط ضعیفی در نظر گرفته می شوند که اهمیت آن ها در سازندهای سخت و آهکی بیشتر است. بنابراین به عنوان پارامتر مثبتی جهت پتانسیل یابی آب زیرزمینی در نظر گرفته می شود. با استفاده از نرم افزار Googel Earth خطواره های موجود در منطقه استخراج و در محیط نرم افزار Arc GIS لایه مربوطه تهیه گردید (تصویر ۸).

با توجه به اینکه نقشه های تهیه شده دارای مقیاس های مختلفی مانند متر برای فاصله ها، درصد برای تراکم ها، درجه برای شیب و ... می باشند، لذا برای اینکه تلفیق آن ها امکان پذیر گردد، هم مقیاس سازی آنها امری ضروری است. به همین منظور با توجه به دانش کارشناسی و با استفاده از تابع طبقه بندی مجدد همه ی نقشه ها در محدوده ی ارزش های ۰ تا ۹ ارزش دهی شدند، ارزش های انتخاب شده در جدول ۴ قابل ملاحظه می باشد.

۵- تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

منطق سلسله مراتب تحلیلی، که اولین بار توسط (Saaty 1980) ارائه گردید، یکی از جامع ترین سیستم های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است، روش AHP در نرم افزار Exper Choice قابل اجراست. در این نرم افزار هدف به عنوان

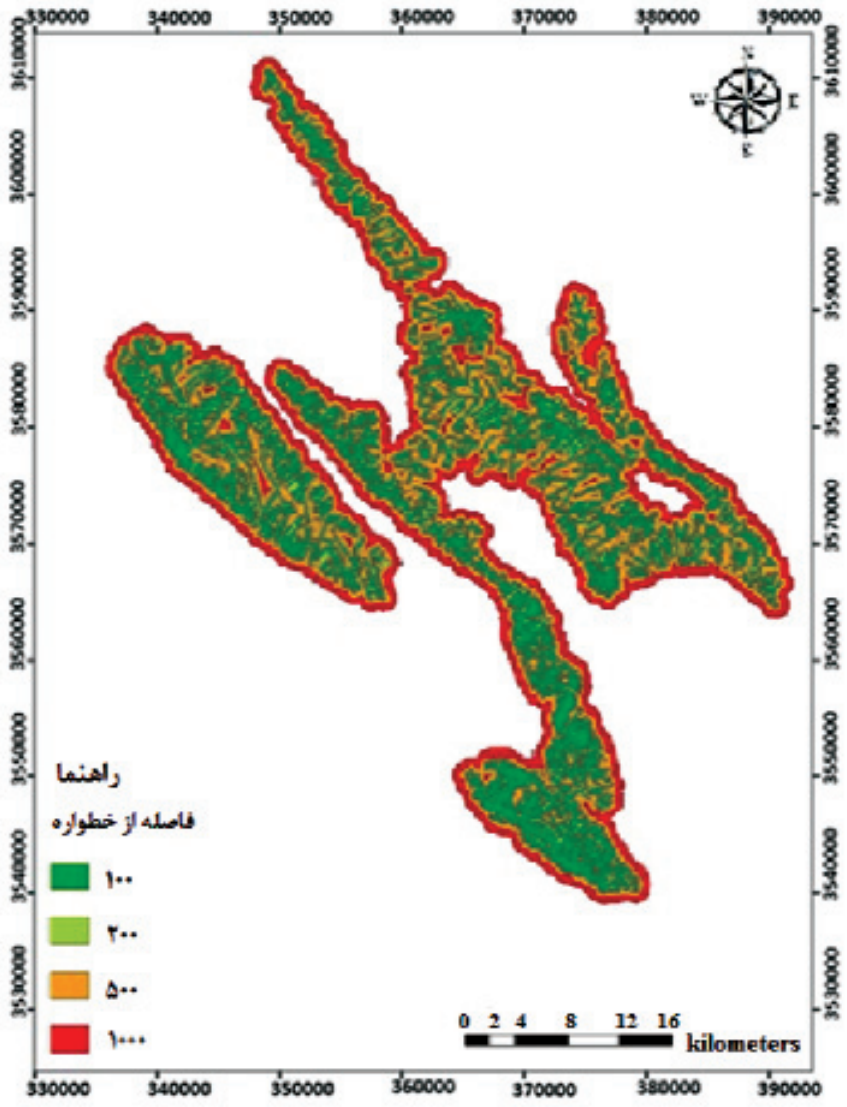


تصویر ۷- لایه تراکم خطواره

اصلی ترین شاخه سلسله مراتبی تعریف می شود و معیارها به عنوان زیر شاخه‌های هدف می‌باشند. معیارهای اصلی موثر بر هدف به صورت زیرشاخه هدف در نمودار درختی (که توسط خود نرم‌افزار تعیین می‌شود) در نرم‌افزار وارد می‌شود. در صورت نیاز می‌توان برای هر زیر معیار چند زیر معیار دیگر تعریف کرد. پس از تعریف معیارها و زیرمعیارها، وزن‌دهی به روش مقایسه زوجی انجام می‌شود. در حین مقایسه زوجی برای هر مجموعه، شاخص ناسازگاری تصمیم، توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود. در حالت کلی (Saaty 1980)، پیشنهاد می‌کند که اگر این شاخص بیشتر از ۰/۱ باشد بهتر است کاربر در قضاوت‌های خود تجدید نظر کند. فرآیند سلسله مراتب تحلیلی (AHP) یکی از روش‌های MCDM می‌باشد که به‌طور گسترده‌ای در زمینه‌ی مهندسی منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش اولین بار توسط توماس ال.ساعتی در سال ۱۹۷۷ ارائه گردید. از آن زمان این روش کاربرد گسترده‌ای در منابع طبیعی و مدیریت زیست‌محیطی و منابع آب پیدا کرده است (Adiat 2012; Machiwal et al. 2010; Jha et al. 2010 Chowdhury et al. 2009; Mendoza & Martins 2006; Kolat et al. 2006; Thirumalaivasan et al. 2003; Eastman 2003; Chen et al. 2001; Pereira & Duckstein 1993; Saaty 1980).

۶- محاسبه وزن عوامل موثر در پتانسیل کارستی شدن

در فرآیند سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن‌ها محاسبه می گردد، این وزن‌ها را وزن نسبی می گویند. سپس با تلفیق



تصویر ۸- لایه فاصله از خطواره

جدول۱- ارزش‌های داده شده به پارامترهای مؤثر بر کارستی‌شدن

پارامتر	رتبه
بارندگی میلی متر	
۳۵۰-۴۲۰	۱
۴۲۰ - ۴۹۰	۲
۴۹۰ - ۵۶۰	۳
۵۶۰ - ۶۳۰	۴
۶۳۰ - ۷۰۰	۵
۷۰۰ - ۷۷۰	۶
۷۷۰ - ۸۴۰	۷
۸۴۰ - ۹۱۰	۸
۹۱۰- ۹۸۰	۹
شیب(درجه)	
۰ - ۶	۹
۶ - ۱۲	۸
۱۲- ۲۴	۷
۲۴ - ۳۶	۶
۳۶ - ۴۶	۵
۴۶	۴
دما()	
۶ - ۹	۹
۹ - ۱۲	۸
۱۲ - ۱۵	۷
۱۵ - ۱۸	۵
۱۸- ۲۱۳	۳
۲۱ - ۲۴	۲
۲۴ - ۲۸	۱
لیتولوژی	
آسماری	۹
سایر سازندها	۰

پارامتر	رتبه
فاصله از خطواره(متر)	
۰ - ۱۰۰	۹
۱۰۰ - ۲۰۰	۷
۲۰۰ - ۵۰۰	۴
۵۰۰ - ۱۰۰۰	۲
۱۰۰۰	۱
تراکم خطواره(درصد)	
۰ - ۲۵	۲
۲۵- ۵۰	۴
۵۰ - ۷۵	۷
۷۵ - ۱۰۰	۹
پوشش گیاهی	
دریاچه	۰
جنگل انبوه	۹
جنگل نیمه انبوه	۷
جنگل تنک	۵
مراتع کم‌تراکم	۴
مراتع نیمه متراکم	۶
مراتع متراکم	۸
زراعت آبی و باغات	۲

این وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود. کلیه مقایسه‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد. در این مقایسه‌ها تصمیم گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی با توجه به شواهد موجود و قضاوت کارشناسان برای وزن‌دهی به متغییرها استفاده می‌کنند، به گونه‌ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود تصمیم گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات جدول ۲ می‌باشد.

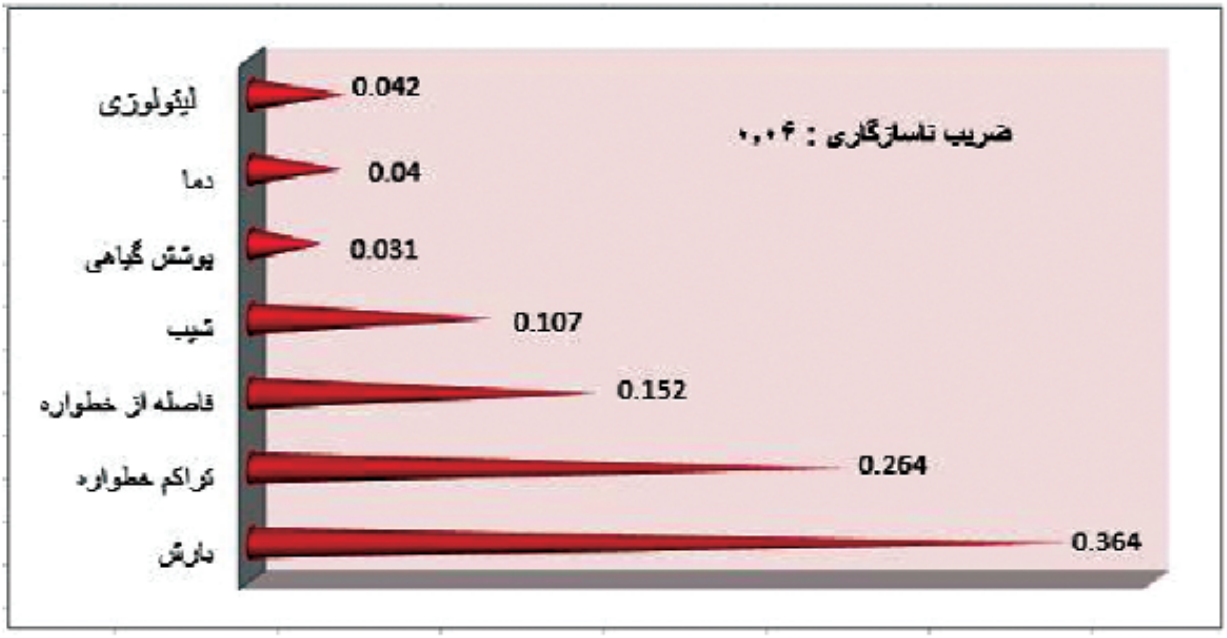
از آنجایی که هدف از این پژوهش بررسی کارستی‌شدن یا پتانسیل آب است، پارامترهای مؤثر بر کارستی‌شدن می‌تواند به عنوان مهم‌ترین عوامل برای رسیدن به هدف نهایی در نظر گرفته شود. با توجه به آنکه بارش در منطقه مورد مطالعه قابل توجه می‌باشد، بنابراین باید بیشترین ارجحیت و وزن‌دهی را برای آن قائل شد. از طرف دیگر علیرغم نقش قابل توجه لیتولوژی در فرآیند کارستی‌شدن به دلیل عدم تنوع لیتولوژیکی در منطقه‌ی مورد مطالعه وزن کمی برای آن در نظر گرفته شد (جدول ۳ و تصویر ۹).

جدول ۲- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدارعددی	مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	(Entremely preferred)	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	(Very strongly preferred)	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	(Strangly preferred)	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	(Moderately preferred)	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	(Egually prefered)	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۸،۶،۴،۲

جدول ۳- وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش مقایسه دو تایی

معیار	بارش	تراکم خطواره	فاصله از خطواره	شیب	لیتولوژی	پوشش گیاهی	دما	وزن معیار
بارش	۱	۲	۳	۵	۷	۷	۸	۰/۳۶۴
تراکم خطواره		۱	۳	۳	۶	۷	۷	۰/۲۶۴
فاصله از خطواره			۱	۳	۳	۴	۵	۰/۱۵۲
شیب				۱	۳	۵	۵	۰/۱۰۷
لیتولوژی					۱	۳	۳	۰/۰۴۲
پوشش گیاهی						۱	۲	۰/۰۳۱
دما							۱	۰/۰۴



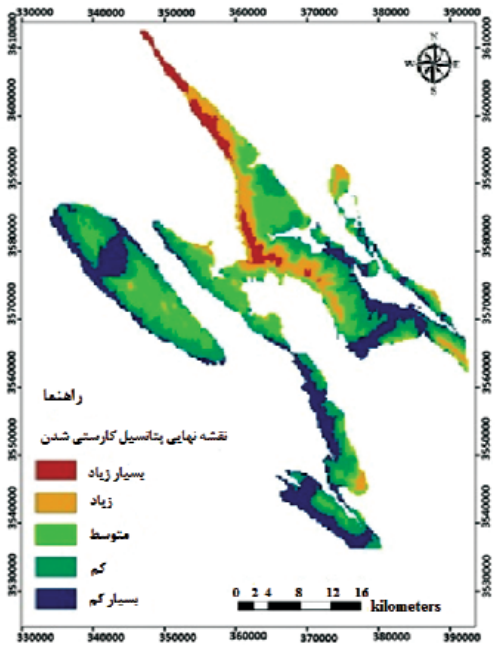
تصویر ۹- وزن‌های محاسبه شده در محیط نرم‌افزار Expert Choice

۷- روش وزن‌دهی نقشه‌های معیار و تهیه مدل توسعه کارست

در این مطالعات حاضر به هر ۷ لایه (متغیر) با تعیین شرایط و ضوابط، به کمک نرم‌افزار Exper Choice و روش AHP وزن داده شد و این لایه‌ها با استفاده از منطق فازی با هم تلفیق شده‌اند. بر این اساس درجه عضویت متغیرها (تاثیری که هر لایه در پتانسیل کارستی شدن دارد) تعیین گردید. به طور کلی پنج عملگر AND فازی، OR فازی، حاصل ضرب جبری فازی، جمع جبری فازی و عملگر گاما فازی در نرم‌افزار ArcGIS10.1 وجود دارد. در این تحقیق هر یک از لایه‌ها با توجه به نوع کاربرد و مقدار تاثیری که در پتانسیل کارستی شدن دارند به کمک ابزار، Fuzzy Membership در نرم‌افزار ARC GIS فازی شدند. در مرحله تلفیق لایه‌ها (Fuzzy Overlay) از جمع جبری فازی استفاده شد. در جمع جبری فازی متمم ضرب متمم مجموعه‌ها محاسبه می‌شود. به همین دلیل در نقشه خروجی ارزش پیکسل‌ها به سمت یک میل می‌کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس دارای توسعه بیشتر کارستی شدن قرار می‌گیرد. تصویر ۱۰ نقشه مدل نهایی توسعه کارست منطقه مورد مطالعه را نشان داده است.

۸- نتیجه‌گیری

داده‌های مربوط به لیتولوژی، تراکم شکستگی، فاصله از شکستگی،



تصویر ۱۰- نقشه نهایی توسعه کارست در محدوده مورد مطالعه

شیب، بارش، دما و پوشش گیاهی نقاط مختلف منطقه به عنوان عوامل تأثیرگذار بر کارستی شدن در محیط نرم‌افزار GIS به صورت لایه‌های مختلف اطلاعاتی تبدیل شده و نقشه نهایی ناشی از تأثیر هفت پارامتر فوق با روش همپوشانی وزنی تهیه و نقاط دارای پتانسیل‌های مختلف حاصل گردید. مناطقی که با رنگ قهوه ای مشخص شده‌اند (تصویر ۱۰)، بیشترین پتانسیل کارستی شدن را دارند که طبق لایه‌های استخراج شده مناطقی هستند که دارای حداکثر

بارندگی می‌باشند. طبق نقشه پتانسیل کارستی شدن، ۳۶ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه در محدوده دارای پتانسیل بالا، ۱۳ درصد با پتانسیل متوسط، ۲۹ درصد دارای پتانسیل کم و ۲۲ درصد دارای پتانسیل خیلی‌کم آبدهی می‌باشند. نتایج نشان می‌دهد که ابتدا بارندگی و سپس تکتونیک، نقش اساسی را در تمرکز آب زیرزمینی در سازندهای آهکی منطقه ایفا می‌کنند. بر اساس نقشه نهایی پتانسیل کارست در منطقه مورد مطالعه، از لحاظ توسعه کارست تاقدیس چاله منار بیشترین و تاقدیس‌های آرام، پابده و کمارون به ترتیب در رده‌های بعدی توسعه قرار دارند. در حالی که شواهد موجود (ظهور چشمه‌های پرآب مانند چشمه سبزآب در تاقدیس کمارون و چشمه بی‌بی‌تلخون در تاقدیس پابده) حاکی از پتانسیل بالای آب تاقدیس‌های کمارون و پابده می‌باشند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گرچه پتانسیل‌یابی سطحی کارست معیاری برای شناسایی کارستی‌شدن است ولی عوامل دیگری را نیز باید در نظر گرفت. باید در نظر داشت پتانسیل‌یابی به روش همپوشانی لایه‌های تاثیر گذار به تنهایی نمی‌تواند ابزار دقیقی برای اکتشاف منابع آب زیرزمینی باشد و ضروری است نتایج موجود با نتایج حاصل از روش‌های ژئوفیزیکی تلفیق گردد.

مراجع

خدائی، ک.، (۱۳۷۹). نقش نمایانگرهای آب زیرزمینی در شناسایی منابع آب کارستی حوضه نمونه ارومیه. پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دانشکده علوم زمین

صداقت، م.، (۱۳۸۲). زمین و منابع آب. دانشگاه پیام نور. ص ۷ و ۲۳.

مهندسان مشاور کمندآب، (۱۳۸۶). مطالعات شناخت منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی لالی. پروژه سازمان آب و برق خوزستان.

محمدی بهزاد، ح. ر.، (۱۳۹۰). شناسایی منشأ تغذیه و بررسی خصوصیات فیزیکو شیمیایی چشمه کارستی بی‌بی‌تلخون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز.

Adiat. K.A.N., Nawawi. M.N.M. Abdullah. K., 2012. Assessing the Accuracy of GIS-based Elementary Multi Criteria Decision Analysis as a Spatial Prediction Tool - A Case of Predition Potential zone of Sustainable Groundwater Resources. *Journal of Hydrology. No: 440-441, p: 75-89*

Chowdhury A., Jha, M. K., Chowdary, V. M., Mal, B. C., 2009. Integrated remote sensing and GIS-based approach for assessing groundwater potential in West Medinipur district,West Bengal, India. *Int J Remote Sens, 30(1): 231-250.*

Chen, K., Blong, R., Jacobson, C., 2001. MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. *Environ Model Softw, 16: 387-397.*

Dinesh KuÒr, P. K., Gopinath, G., Seralathan P., 2007. Application of remote sensing and GIS for the demarcation of groundwater potential zones of a river basin in Kerala, southwest cost of India. *Int J Remote Sens, 28(24): 5583-5601*

Eastman, J. R., 2003. IDRISI Kilimanjaro: guide to GIS and image processing. *Clark Labs, ClarkUniversity, Worcester, 328 p.*

Jha, M. K., Chowdary, V. M., Chowdhury, A., 2010. Groundwater assessment in Salboni Block, West Bengal (India) using remote sensing, geographical information system and multi-criteria decision analysis techniques. *Hydrogeol J, 18(7): 1713-1728.*

Kolat, C., Doyuran, V., Ayday C., Süzen M., 2006. Preparation of a geotechnical microzonation modelusing geographical information systems based on multicriteria decision analysis. *Environ Geol, 87: 241-255.*

Libasse., S., 2007. Application of Remote Sensing and GIS for Groundwater Potential Zone Mapping in Northern Ada a Plain (Modjo Catchment). *90 pp.*

Machiwal, D., Jha, M. K., Mal, B. C., 2010. Assessment of Groundwater Potential in a Semi-Arid Region of India Using Remote Sensing, GIS and MCDM Techniques. *Water Resour Manage, 25:1359-1386.*

Mendoza, G. A. , Martins, H., 2006. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: a critical review of methods and new modelling paradigms. *For Ecol Manag 230(1-3): 1-22.*

Prasad., M., Pallavi., B., Mondal., N., 2008. Deciphering Potential Groundwater Zone in Hard Rock Through the Application of GIS, Environ Geo., *Vol: 1, No: 55, p: 467- 475.*

Pereira, J., M., Duckstein L., 1993. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. *Int J Geogr Inf Syst 7(5): 407-424.*

Shban, A. Khawlie, M. Abdallah, C. 2006. Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zone:the case of Occidental, Lebanon. *J. Hydrogeology 14:433-443*

Sener, E.Davraz, A.Ozcelik, M. 2005. An intergrationof GIS& remote sensing in groundwater investigaitions: A case study in Burdur,Turkey. *J. Hydrogeology 13:826-834.*

Saaty, T. L., 2008. Decision Making With the Analytic Hierarchy Process. *J. Services Sciences, Vol. 1(1), pp. 83-98.*

Thirumalaivasan, D., Karmegam M., Venugopal K., 2003. AHP-DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS. *Environ Model Softw, 18: 645-656.*