بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم زمین

گروه آبشناسی - زمین شناسی زیست محیطی

ارزیابی مناطق مناسب جهت بهره‌برداری از منابع آب کارست در شمال غرب اسلام‌آباد، کرمانشاه

دانشجو:

عبدالله شمسی

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

اساتید مشاور:

دکتر عزیزالله طاهری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۹۰

شماره :
تاریخ :
ویرایش :

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای عبدالله شمسی رشته: زمین‌شناسی گرایش: آبشناسی تحت عنوان: ارزیابی مناطق مناسب جهت بهره‌برداری از منابع آب کارست در شمال غرب اسلام‌آباد، کرمانشاه که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه امتیاز ۱۸/۹) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹) ۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ ۱۶) ۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۲ـ استاد مشاور	دکتر عزیزالله طاهری	دانشیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر فرج الله فردوست	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	دکتر غلامعباس کاظمی	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	دکتر پرویز امیدی	استادیار	

تأیید رئیس دانشکده :

تقدیم به پیشگاه امام زمان (عج)

و دست‌های پینه بسته پدر و قلب مهربان مادرم

و روح برادر عزیزم....

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش بر خدای جل و جلاله، که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرّفت بیازماید. سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرّفت را روزیمان ساخت. خدای را شاکرم از اینکه به من توان داد تا بتوانم گامی کوچک در مسیر تحصیل علم بردارم. سپاس او را که قدرت و عظمتش در ذره ذره عالم نهفته است. او که طبیعت را در گر و شناخت خود برای ما خلق کرد و گفت بنگرید در زمین و در آن تعقل کنید.

با یاری خدای مهربان و کمک اساتید و دوستان و حمایت خانواده ام توانستم پایان نامه خود را به سرانجام برسانم. در ابتدا از استاد محترم و دلسوزم، دکتر غلامحسین کرمی و همچنین دکتر عزیزالله طاهری مشاور محترم سپاسگزارم.

از پدر و مادر مهربان، همچنین خواهران و برادران عزیزم که هرچه دارم از آن هاست. از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبّت و از صبرشان ایستادگی را آموختم. آن ها همواره در طول تحصیل، متحمل زحماتم بوده و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودش همیشه مایه دلگرمی من می باشد و رسیدن به تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست تشکر و قدردانی نمایم.

از ریاست محترم دانشکده علوم زمین دکتر غلامحسین کرمی و اساتید محترم دانشکده علوم زمین که هرچه از زمین آموخته ام حاصل زحمات دلسوزانه آنهاست بویژه اساتید ارجمندم دکتر محمود صادقیان و دکتر غلامعباس کاظمی تشکر و قدردانی می نمایم. از مهندس میرباقری، مهندس خانعلیزاده و سرکار خانم مهندس زهره فارسی به خاطر صبر و حوصله در پاسخگویی به مسائل آموزشی تشکر می نمایم. همچنین از مهندس کمال طاهری، فتح الله محسنی پور و سایر کارمندان آب منطقه ای استان کرمانشاه به خاطر در اختیار قرار دادن اطلاعات منطقه تشکر مینمایم. از دکتر حاجی کریمی و پروفسور ریچارد پاریزاک به خاطر راهنمایی ها و ارسال مقالات تشکر مینمایم. از همسر عزیز و مهربانم که با دلسوزی مرا در مراحل پایانی این پایان نامه همراهی کرده است تشکر ویژه می نمایم.

در نهایت همیشه قدردان زحمات دوستانم سلمان فتحی، احسان درویش پور، محمد شکری، محسن قاسمی، محسن محمودی، مرتضی درخشی و حسین قاسم نژادی می باشم.

به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق خداوند نکوشم

تعهد نامه

اینجانب عبدالله شمسی دانشجوی دوره کارشناسی‌ارشد رشته زمین‌شناسی آبشناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه ارزیابی مناطق مناسب جهت بهره‌برداری از منابع آب کارست در شمال غرب اسلام‌آباد، کرمانشاه تحت راهنمائی دکتر غلامحسین کرمی متعهد می‌شوم .

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامهٔ تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۹۰/۱۲/۱۰

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

* **متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه‌های تکثیر شده پایان‌نامه وجود داشته باشد.**

چکیده

هدف اساسی از این مطالعه، مکان‌یابی محل مناسب برای حفر چاه به منظـور تـأمین آب شـرب شـهر کرند در شمال غرب اسلام‌آباد، در استان کرمانشاه می‌باشد. منطقه مورد مطالعه یک منطقه کارسـتی است که در اطراف شهر کرندغرب در بین طولهای جغرافیایی ۴۶ درجه و ۶ دقیقه تا ۴۶ درجه و۲۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۴ درجـه و ۲۹ دقیقـه شـمالی واقـع شـده است. در این تحقیق، از اطلاعات زمین‌شناسی، هیـدروژئولوژی و ژئومورفولـوژی بـرای تعیـین محـل مناسب حفر چاه استفاده شده است. ابتدا تمامی عوامـل مـوثر بـر حضـور و یـا جریـان آب‌زیرزمینـی درمنطقه شناسایی شده و به لایه‌های اطلاعاتی تبدیل شده‌اند. این پارامترها شـامل لیتولـوژی، شـیب لایه‌ها، عمق دره‌های کارستی، تراکم شکستگی‌ها و فاصله از شکستگی‌ها می‌باشد. در تهیه این لایه‌هـا از نرم‌افزارهای دورسنجی RS و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS استفاده شده اسـت. بعـد از آمـاده-سازی لایه‌های اطلاعاتی جهت تصمیم‌گیری همه جانبه، به هر لایه یک ارزش متناسب با اثـر آن بـر جریان آب‌زیرزمینی در محل مطالعه اعطا شده است. با استفاده از نرم‌افـزار GIS همپوشـانی لایـه‌هـا انجام شده و در نهایت مناطق با ارزش بالای ۷۰ درصد جهت بررسی مرحله بعدی انتخاب شده است. در مرحله نهایی با توجه به موقعیـت مکـان‌هـای انتخـاب شـده در مرحلـه اول نسـبت بـه مـرزهـای هیدروژئولوژیکی، پایین دست یال تاقدیس و سطح محوری ناودیس‌هـا و فاصـله از شـهر کرنـدغـرب، برخی از مناطق پیشنهاد شده در مرحله اول حذف شده‌اند. در نهایت، مناطق باقیمانده بـا توجـه بـه برخی محدودیت‌ها از قبیل قرارگیری در حوضه آبگیر چشـمه‌هـای منطقـه، مجـدداً مـورد بـازنگری قرارگرفته و محل‌های مناسب از بین آنها برای حفر چاه به منظور تـأمین آب شـرب شـهر کرنـدغرب معرفی شده‌اند.

کلمات کلیدی: کارست، تعیین محل چاه، کرند غرب، GIS

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- شمسی، ع. کرمی، غ. طاهری، ع. محسنی، ف. (۱۳۹۰)، هیدروژئولوژی دشت کرندغرب، هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی و محیط زیست ایران.

۲- شمسی، ع. کرمی، غ. طاهری، ع. طاهری، ک. (۱۳۹۰)، هیدرواستراتایگرافی حوضه کرندغرب، هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی و محیط زیست ایران.

فهرست مطالب

چکیده ..... ز
فهرست مطالب ..... ط
فهرست شکل‌ها ..... ل
فهرست جداول ..... ن

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- هدف از انجام تحقیق ۱
۱-۲- منطقه مورد مطالعه ۲
۱-۳- آب و هوای منطقه ۳
۱-۴- زمین شناسی عمومی منطقه ۴
۱-۴-۱- چینه شناسی منطقه ۴
۱-۴-۲- زمین شناسی ساختمانی منطقه ۱۲
۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه ۱۷
۱-۶- هیدرولوژی منطقه ۱۹
۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه ۲۰
۱-۷-۱- آبخوان‌های کارستی ۲۱
۱-۷-۲- آبخوان‌های آبرفتی ۲۲

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده درباره جریان‌های عمده کارستی ۲۳

۲-۱- مقدمه ۲۳
۲-۲- تعیین محل احداث چاه ۲۴
۲-۳- عوامل موثر بر تشکیل جریان‌های عمده کارستی ۲۵
۲-۴- عوامل زمین‌شناسی ۲۵
۲-۵- ساختارهای زمین‌شناسی ۲۸
۲-۶- عوامل ژئومورفولوژیکی ۳۶
۲-۶-۱- عوارض توپوگرافی ۳۷
۲-۶-۲- عوارض کارستی ۳۹
۲-۷- هیدروژئولوژی ۴۱

۲-۷-۱- چشمه‌ها ۴۱
۲-۷-۲- واحدهای هیدرواستراتیگرافی ۴۲
۲-۷-۳- مرزهای هیدرولیکی ۴۲
۲-۷-۴- معادله بیلان ۴۳
۲-۸- روش‌های موجود برای یافتن محل مناسب برای احداث چاه ۴۳

فصل سوم: روش انجام کار ۴۷
۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات و گزارش‌های مرتبط با موضوع ۴۷
۳-۲- بازدیدهای صحرایی ۴۸
۳-۳- تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس مناسب ۴۹
۳-۴- مطالعات هیدروژئولوژیکی ۴۹
۳-۴-۱- تهیه نقشه هم پتانسیل در دشت‌های منطقه ۴۹
۳-۴-۲- تهیه نقشه هیدروژئولوژیکی منطقه و جهت جریان کلی ۵۰
۳-۵- استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پردازش و مکانیابی ۵۰
۳-۵-۱- تهیه لایه‌های اطلاعاتی جهت ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ۵۱
۳-۵-۲- تعیین ارزش و وزن لایه‌ها ۵۲
۳-۶- اولویت‌بندی محدوده‌های تعیین شده جهت حفر چاه ۵۳

فصل چهارم: تعیین محل مناسب جهت احداث چاه در سازندهای کارستی ۵۴
۴-۱- مطالعات هیدروژئولوژیکی انجام شده در منطقه ۵۴
۴-۱-۱- حوضه آبگیر چشمه‌ها ۵۶
۴-۱-۲- جهت عمده جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های کارستی ۵۷
۴-۱-۳- برآورد مقدار نفوذ در کارست‌های منطقه ۵۸
۴-۱-۴- وضعیت کیفی آب در آبخوان‌های کارستی منطقه ۵۹
۴-۲- ارائه مدل هیدروژئولوژیکی اولیه منطقه ۵۹
۴-۳- تکمیل و اصلاح مدل هیدروژئولوژیکی منطقه ۶۱
۴-۳-۱- ارزیابی بیلان هیدروژئولوژیکی منطقه ۶۴
۴-۳-۲- ارزیابی جهت‌های عمده جریان آب زیرزمینی در آبخوانهای کارستی منطقه ۶۴
۴-۳-۳- آبخوان‌های آبرفتی منطقه ۶۵
۴-۴- لایه‌های اطلاعاتی و نحوه تهیه آنها ۶۷

۴-۴-۱- لایه‌های زمین‌شناسی ۶۸
۴-۴-۲- لایه‌های ژئومورفولوژیکی ۷۲
۴-۵- مکانیابی محل مناسب جهت حفر چاه ۷۷
۴-۵-۱- مرحله اول: طبقه‌بندی و وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی ۷۸
۴-۵-۲- مرحله دوم: بررسی‌های تحلیلی و لحاظ نمودن سایر معیارها ۹۰
۴-۶- معرفی سایت‌های نهایی برای حفر چاه ۹۵
فصل پنجم: نتیجه‌گیری وپیشنهادها ۹۶
۵-۱- نتیجه‌گیری ۹۶
۵-۱-۱- نقشه اولیه مکان‌های مستعد جهت حفر چاه ۹۶
۵-۱-۲- نقشه نهایی مکان‌های مناسب جهت حفر چاه ۹۷
۵-۱-۳- اولویت‌های معرفی شده برای محل حفر چاه ۹۸
۵-۲- پیشنهادها ۹۹
منابع ۱۰۰

فهرست شکل ها

شکل۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه ۲

شکل ۱-۲- میانگین بارش و دمای سالیانه شهرستان کرندغرب از سال ۱۳۶۶ الی ۱۳۸۸..... ۳

شکل۱-۳- واحدهای زمین‌شناسی منطقه کرندغرب..... ۷

شکل۱-۴- ستون چینه‌شناسی منطقه شمال و شمال‌شرق (a) جنوب و جنوب‌غرب دشت کرند (b)..... ۹

شکل ۱-۵- نقشه کلّی تکتونیک ایران ((اقتباس از (Ruttner, A., Stocklin, J., (1967))..... ۱۴

شکل ۱-۶ - نمایی از دره‌های تنگ و کارستی منطقه..... ۱۸

شکل ۱-۷- سیستم زهکشی منطقه کرندغرب و نواحی اطراف..... ۲۰

شکل ۱-۸- آثار کارستی شدن و توسعه کارست در سازند آسماری..... ۲۱

شکل ۲-۱- حالت‌های ممکن برای جریان در تاقدیس‌های زاگرس..... ۳۰

شکل۲-۲ حالت‌های مختلف اثر گسل برآب‌های زیرزمینی نقل از (Goldscheider and Drew 2007)..... ۳۵

شکل ۴-۱- رابطه هیدرولیکی بین سازند آسماری و ایلام..... ۵۶

شکل ۴-۲- حوضه آبگیر چشمه‌های منطقه..... ۵۷

شکل ۴-۳- روند عمومی جریان در حوضه آبگیر چشمه‌ها و دشتهای آبرفتی منطقه..... ۵۸

شکل ۴-۴- مدل هیدروژئولوژیکی منطقه بر اساس مطالعات پیشین و بررسی‌های اولیه..... ۶۱

شکل ۴-۵- منحنی هیپسومتری در منطقه مورد مطالعه..... ۶۲

شکل ۴-۶- منحنی هم باران منطقه کرند و نواحی اطراف (سایت سازمان هواشناسی کرمانشاه)..... ۶۳

شکل ۴-۷- مدل جریان زیرزمینی منطقه کارستی مورد مطالعه..... ۶۵

شکل ۴-۸- خطوط هم پتانسیل دشت کرند..... ۶۶

شکل ۴-۹- روند تغییرات هیدروگراف دشت کرند..... ۶۷

شکل ۴-۱۰- واحدهای چینه شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۶۹

شکل ۴-۱۱- رز دیاگرام شکستگی‌های منطقه مورد مطالعه..... ۷۰

شکل ۴-۱۲- نقشه گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه..... ۷۱

شکل ۴-۱۳- نقشه توزیع شیب لایه‌بندی در منطقه..... ۷۲

شکل ۴-۱۴- موقعیت نیمرخ‌های عرضی بر روی پلان حوضه آبگیر یک درّه..... ۷۴

شکل ۴-۱۵- نیمرخ عرضی AA’ و نحوه محاسبه عمق درّه در این محدوده ۷۴
شکل ۴-۱۶- عمق دره‌های کارست مختلف منطقه ۷۵
شکل ۴-۱۷- طبقه‌بندی منطقه بر اساس میزان شیب توپوگرافی ۷۶
شکل ۴-۱۸- اختلاف ارتفاع منطقه نسبت به سطح اساس منطقه‌ای ۷۷
شکل ۴-۱۹- طبقه‌بندی منطقه بر اساس میزان شیب لایه‌بندی ۸۰
شکل ۴-۲۰- طبقه‌بندی منطقه بر فاصله از گسل‌ها و شکستگی‌ها ۸۱
شکل ۴-۲۱- طبقه‌بندی منطقه بر اساس تراکم گسل‌ها و شکستگی‌ها ۸۲
شکل ۴-۲۲- درجه بندی بر اساس عمق درّه‌های مختلف منطقه ۸۳
شکل ۴-۲۳- طبقه‌بندی منطقه به لحاظ اختلاف ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش ۸۴
شکل ۴-۲۴- طبقه‌بندی منطقه به لحاظ شیب توپوگرافی ۸۵
شکل ۴-۲۵- خروجی وزن‌دهی حالت اول ۸۷
شکل ۴-۲۶- خروجی وزن‌دهی حالت دوم ۸۸
شکل ۴-۲۷- خروجی وزن‌دهی حالت سوم ۸۸
شکل ۴-۲۸- مناطق با ارزش بالاتر از ۶۶ درصد در هر سه حالت وزن‌دهی ۸۹
شکل ۴-۲۹- محل‌های اولویت‌دار بدست آمده از مرحله اول ۹۰
شکل ۴-۳۰- مرزهای هیدروژئولوژیکی و مناطق انتخاب شده ۹۲
شکل ۴-۳۱- محل سطح محوری ناودیس و پایین دست یال های تاقدیس ۹۳
شکل ۴-۳۲- مناطق دارای اولویت جهت حفر چاه آب با توجه به مجموعه عوامل ۹۴
شکل ۴-۳۳- مناطق و محدوده‌های نهایی تعیین شده جهت حفر چاه آب شرب شهر کرند ۹۵
شکل ۵-۱- لایه‌های مختلف هم‌پوشانی شده و محل‌های مناسب برای حفر چاه ۹۷
شکل ۵-۲- شکل ۵-۲- مکان‌های انتخاب شده در بررسی تحلیلی ۹۸

فهرست جداول

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در یک دوره ۲۲ ساله ۳

جدول ۴-۱- آمار چشمه‌های خروجی از منطقه ریجاب و پاطاق ۶۳

جدول ۴-۲- ارزش لایه لیتولوژی ۷۹

جدول ۴-۳- تقسیم‌بندی بر اساس شیب لایه‌بندی ۷۹

جدول ۴-۴- ارزش و نمره هر محل با توجه به تراکم شکستگی‌ها ۸۱

جدول ۴-۵- تقسیم‌بندی بر اساس فاصله از شکستگی‌ها و ارزش هر رده ۸۱

جدول ۴-۶- طبقه‌بندی بر اساس عمق درّه ۸۳

جدول ۴-۷- تقسیم‌بندی بر اساس ارتفاع نسبت به سطح اساس محلی ۸۴

جدول ۴-۸- تقسیم‌بندی بر اساس شیب توپوگرافی ۸۵

جدول ۴-۹- وزن‌دهی به لایه‌های مورد استفاده (حالت اول) ۸۶

جدول ۴-۱۰- وزن‌دهی به لایه‌های مورد استفاده (حالت دوم) ۸۶

جدول ۴-۱۱- وزن‌دهی به لایه‌های مورد استفاده (حالت سوم) ۸۷

جدول ۴-۱۲- وضعیت محدوده‌های انتخابی نسبت به عوارض تحلیلی ۹۲

فصل اول: مقدمه

۱-۱-بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

امروزه آب سالم به عنوان یکی از نیازهای اساسی بشر و توسعه شهرها می‌باشد. منابع آبی کارست به عنوان یکی از سالم‌ترین و بهترین منبع شرب در دنیا محسوب می‌شوند. همچنین وزارت نیرو مصوب کرده است که بهره‌برداری‌های جدید از منابع آب کارست فقط برای مصارف شرب اختصاص داده شود (سلیم ۱۳۸۹). از آنجایی که در مناطق اسلام‌آباد غرب نیاز جدی به منابع آب شرب می‌باشد و با عنایت به وجود سازندهای آهکی کارستی فراوان در منطقه و همچنین حفر دو حلقه چاه به عمق ۳۰۰ متر و ناموفق بودن آن‌ها، هدف از انجام این تحقیق شناسایی مناطق مستعد جهت بهره‌برداری از آب‌های کارستی منطقه می‌باشد. در این تحقیق سعی می‌شود به سوالات زیر پاسخ داده شود:

۱- چه واحدهای لیتولوژی پتانسیل آبدهی بالاتری را دارند؟

۲- زون‌های کارستی شده در چه قسمت‌هایی متمرکز شده‌اند؟

۳- جریان غالب آب زیرزمینی در چه مناطقی متمرکز شده است؟

با توجه به رخنمون قابل ملاحضه از سازندهای آهکی در غرب اسلام‌آباد و با عنایت به کارستی بودن این آهک‌ها، آب قابل ملاحضه‌ای در این کارست‌ها جریان دارد. تاکنون مطالعه جامعی در خصوص وضعیت چینه‌شناسی و ساختاری و همچنین هیدروژئولوژی منطقه انجام نشده است. هدف از انجام این مطالعه بررسی وضعیت چینه‌شناسسی، ساختاری و هیدروژئولوژیکی کوه‌های کارستی منطقه به منظور شناخت جهت‌های غالب آب زیرزمینی و شناسایی مناطق مناسب برای حفر چاه می‌باشد.

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه از لحاظ موقعیّت جغرافیایی، در استان کرمانشاه و در شمال غرب شهرستان اسلام‌آبادغرب و در شهرستان دالاهو واقع شده است. شکل (۱-۱) موقعیّت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به دشت‌های مورد نظر را نشان می‌دهد.

کرندغرب در شمال غرب شهرستان دالاهو واقع شده و تنها شهر منطقه می‌باشد. جاده اسلام‌آباد- کرند- سرپل‌ذهاب مسیر اصلی دسترسی به محدوده است و سایر راه‌های روستایی مسیرهای فرعی دسترسی به منطقه، محسوب می‌شوند (شکل ۱-۱).

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه.

منطقه مورد مطالعه در فاصله ۳۲ کیلومتری شهرستان اسلام‌آباد غرب و در فاصله ۱۳۰ کیلومتری شهرستان کرمانشاه، در بین طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۶ دقیقه شرقی تا ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی قرار گرفته است. شهرستان دالاهو با مساحت ۱۹۳۰ کیلومتر مربع، در قسمت غربی استان واقع شده است، این شهرستان از شمال

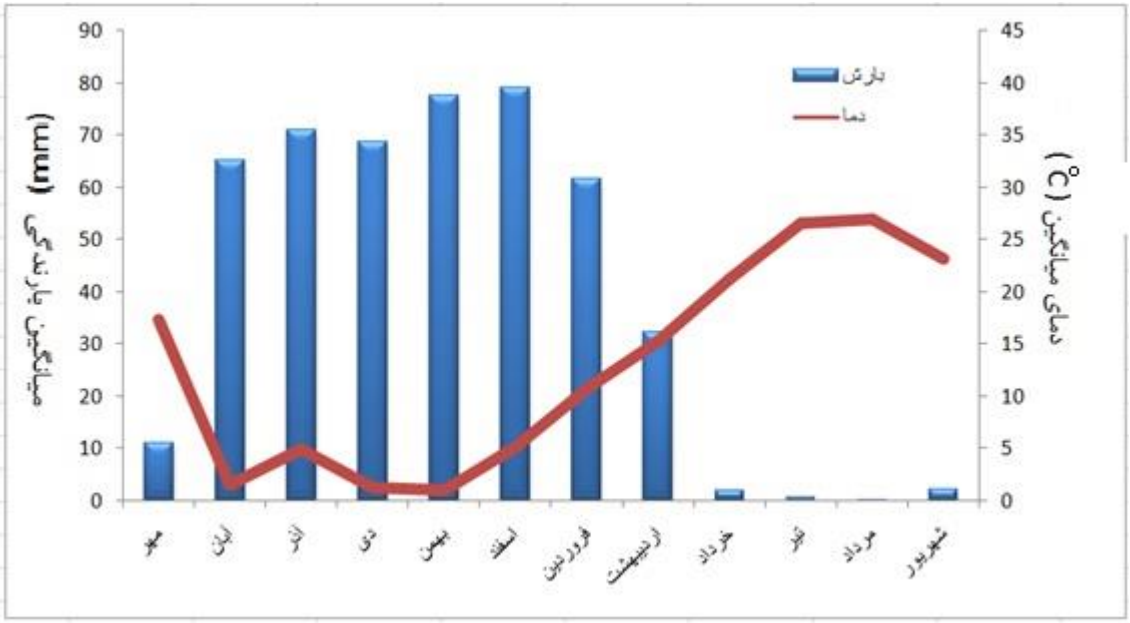
به جوانرود و ثلاث باباجانی، از غرب به سرپل‌ذهاب، از جنوب غربی به گیلان‌غرب، از شرق و جنوب شرقی به اسلام‌آبادغرب و از شمال شرق به کرمانشاه محدود می‌شود.

۱-۳- آب و هوای منطقه

وضعیت اقلیمی منطقه کرندغرب، مدیترانه‌ای سرد با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم می‌باشد. حداکثر درجه حرارت سالیانه ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد مربوط به مرداد ماه و حداقل آن ۲/۷- درجه سانتی‌گراد مربوط به بهمن ماه است. حداکثر و حداقل متوسط درجه حرارت سالانه، به ترتیب ۲۱/۶ و۴/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجّه به منحنی‌های هم‌باران که با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی موجود رسم گردیده‌اند، بارش منطقه بین خطوط ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌متر قرار دارد که نشان‌دهنده یک مرکز پر باران می‌باشد البته به سمت اطراف کاهش مشاهده می‌شود. میانگین بارندگی در سال ۴۷۰ میلی‌متر می‌باشد. جدول (۱-۱) و شکل (۱-۲) متوسط درجه حرارت و میانگین بارندگی ماهانه در یک دوره ۲۲ ساله در طی سال‌های (۱۳۶۶ الی ۱۳۸۸) را نشان می‌دهد. بارش‌های منطقه به صورت باران و برف (به ویژه در ارتفاعات) بوده که غالباً این دوره بارش در منطقه، از اواسط پاییز تا اواخر بهار است.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در یک دوره ۲۲ ساله

ماه	متوسط بارندگی(mm)	متوسط دما (C)
اسفند	۷۸/۹	۵/۲
بهمن	۷۷/۶	۱
دی	۷۰/۳	۱/۳
آذر	۷۲/۶	۴/۹
آبان	۶۱/۲	۱۰/۵
مهر	۱۱/۴	۱۷/۳
شهریور	۱/۶	۲۳/۱
مرداد	۰/۲	۲۷
تیر	۰/۶	۲۶/۶
خرداد	۲	۲۱/۳
اردیبهشت	۳۳	۱۵/۳
فروردین	۶۱/۱	۱۰/۸
سالانه	۴۶۹/۲	۱۳/۶۹



شکل ۱-۲- میانگین بارش و دمای سالیانه شهرستان کرندغرب از سال ۱۳۶۶ الی ۱۳۸۸.

۱-۴- زمین‌شناسی عمومی منطقه

بررسی‌های صحرایی و زمین‌شناسی، یکی از مبانی مطالعه آب‌های زیرزمینی هر منطقه می‌باشد که به وسیله آن می‌توان نوع آبخوان‌ها، منابع تغذیه و تخلیه و نحوهٔ ارتباط بین آب‌های زیرزمینی را تا حد زیادی مشخص نمود. منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری- رسوبی زاگرس چین‌خورده قرار دارد. لذا ویژگی‌های عمومی آن از خصوصیّات این منطقه تبعیّت می‌کند. راستای عمومی این زون شمال غرب - جنوب شرق بوده که در همین راستا تاقدیس‌ها و ناودیس‌های موازی شکل گرفته‌اند و غالباً دارای دو پلانژ شمال غربی و جنوب شرقی می‌باشند. در اکثر این تاقدیس‌ها، سازندهای آسماری- شهبازان رخنمون دارد. غالب این تاقدیس‌ها روی یال جنوب‌غربی تحت‌تأثیر گسل‌های تراستی قرار گرفته است. علاوه بر این گسل‌های تراستی و گسل‌های امتداد لغز نیز با روند شمال شرقی- جنوب غربی در منطقه به صورت قابل توجّهی حضور دارد که باعث بوجود آمدن درز و شکستگی‌های متعددی در امتدادهای مذکور گردیده‌اند (قمی‌اویلی۱۳۷۶). در زیر، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی منطقه به طور مختصر ارائه می‌شود.

۱-۴-۱- چینه‌شناسی منطقه

منطقهٔ مورد مطالعه از نظر رخسارهٔ سنگی و سیماهای ساختمانی، بخشی از حوضه لرستان مرکزی و از نظر زمین ساختی، بخشی از زاگرس چین‌خورده می‌باشد (شکل۱-۳). در این ناحیه رخنمون‌هایی از سنگ‌های کرتاسه بالایی تا پلیوسن- کواترنری دیده می‌شود. سنگ‌های کرتاسه بالایی شامل سازندهای ایلام-سروک و گورپی می‌شود. سازند ایلام- سروک قدیمی‌ترین سازند منطقه است که در هسته تاقدیس چشمه گیوار در شمال شرق و در تاقدیس نوا در شمال غرب منطقه دیده می‌شود (شکل۱-۴). سنگ‌های پالئوسن و ائوسن در بخش‌های شمالی شرقی منطقه رخنمون دارند و شامل سازندهای: امیران، تله زنگ، کشکان و شهبازان - آسماری می‌باشد که به سمت جنوب غرب به سازند

پابده تغییر رخساره می‌یابند. این توالی با نهشته‌های اولیگومیوسن سازند آسماری دنبال می‌شود و بر روی آن نهشته‌های گروه فارس شامل سازندهای گچساران، آغاجاری (گروه فارس) و بختیاری قرار می‌گیرد (جدول۱-۳). در سکانس رسوبی منطقه، ناپیوستگی‌هایی مشاهده می‌شود که غالباً از نوع فرسایشی هستند و تنها در مرز سازند بختیاری با سازندهای قدیمی‌تر سطح تماس از نوع ناپیوستگی زاویه‌دار می‌باشد.

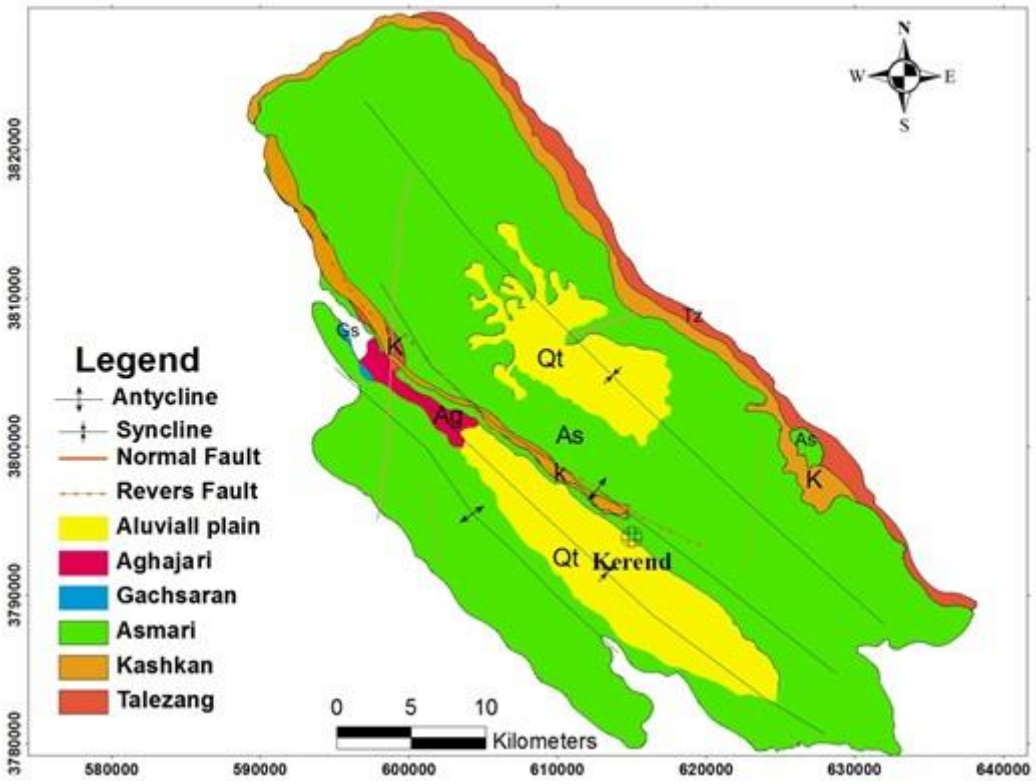
نهشته‌های کواترنری جوان در منطقه، در قسمت‌های مختلف بویژه در مرکز ناودیس‌ها قابل مشاهده است (شکل۱-۳). بر طبق مطالعات انجام شده (سحابی ۱۳۷۶)، (قمی‌اویلی ۱۳۷۶)، (جمال-الدینی۱۳۷۶) و نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه شده ۱/۱۰۰۰۰۰ کرند (۱۳۸۴) در منطقه از لحاظ چینه‌شناسی به غیر از تاقدیس پاطاق (نوا) که سازندهای ایلام، گورپی، پابده (کرتاسه بالایی- ائوسن بالایی) تشکیل دهنده توالی رسوبی آن هستند، سایر تاقدیس‌ها و ارتفاعات منطقه را سازندهای شهبازان (ائوسن بالایی) و آسماری (الیگوسن- میوسن) تشکیل می‌دهند. در منطقه گهواره توالی چینه‌شناسی متشکل از سازندهای امیران، تله‌زنگ، کشکان و شهبازان می‌باشند که در برخی نقاط بخش زیرین آسماری، نیز به طور محلی مشاهده می‌شود (قمی‌اویلی۱۳۷۶). سازندهای گروه فارس به سمت غرب منطقه و به صورت رخنمون محدود، در برخی نقاط در ناودیس‌ها مشاهده می‌شود (جمال‌الدینی۱۳۷۶). از ویژگی بارز چینه‌شناسی منطقه می‌توان به وجود لیتوفاسیس‌های مختلف ولی هم زمان اشاره کرد که بیانگر تغییرات جانبی رخساره‌های رسوبی می‌باشد (قمی‌اویلی۱۳۷۶). در ادامه سازندهایی که در منطقه رخنمون دارند تشریح می‌شوند.

الف- سازند ایلام

سازند ایلام به عنوان قدیمی‌ترین سازند منطقه در هسته تاقدیس پاطاق رخنمون دارد. مرز زیرین این سازند نامشخص بوده و مرز بالایی آن با سازند گورپی، با سطح فرسایشی مشخص می‌گردد.

ضخامت این سازند در منطقه مورد مطالعه ۶۰ متر است که شامل تناوبی از لایه‌های سنگ آهک مارنی ریزدانه با ضخامت ۶۰-۷۰ سانتی‌متر است (جمال‌الدینی ۱۳۷۶). سن سازند ایلام از کامپانین

تا مایستریشتین است (درویش زاده ۱۳۸۳). این سازند از نظر هیدروژئولوژیکی جزء سازندهای نفوذپذیر و آبدار است.



شکل۱-۳- واحدهای زمین‌شناسی منطقه کرندغرب (اقتباس از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کرند با انجام اصلاحات).

ب- سازند گورپی

سازند گورپی متشکل از شیل و مارن با میان لایه‌هایی از آهک نازک است. بیشترین ضخامت سازند گورپی (۸۰۸) متر در تاقدیس پاطاق است (جمال‌الدینی۱۳۷۶). سن سازند گورپی از کامپانین تا پالئوسن است (درویش زاده ۱۳۸۳) به طور معمول ضخامت سازند گورپی در این منطقه از جنوب غرب به غرب و شمال شرق کاهش می‌یابد (جمال‌الدینی۱۳۷۶). بر اساس تغییرات رخساره‌ای و سنگ‌شناسی، سازند گورپی به سه بخش قابل می‌باشد. (۱) شیل پایینی با ضخامت۴۵۰متر (۲) سنگ آهک امام حسن با ضخامت۱۷۲ متر (۳) شیل بالایی با ضخامت ۱۸۶ متر (شکل۱-۴).

ت- سازند امیران

در بخش‌های شرقی و شمال شرقی منطقه گهواره و دارکک و در هسته چین‌های برگشته تاقدیس کرند در شمال شهر کرند این سازند، رخنمون دارد و از تناوبی از سیلتستون‌های زیتونی رنگ و سنگ آهک‌های مارلی کرم رنگ است و در قسمت‌های فوقانی بر میزان لایه‌های کربناته افزوده می‌شود.

در روستای دارکک سازند امیران بر روی بخش امام حسن سازند گورپی قرار گرفته که با توجّه به موقعیّت چینه‌شناسی سازند امیران دارای سن پالئوسن زیرین تا میانی است (جمال‌الدینی۱۳۷۶).

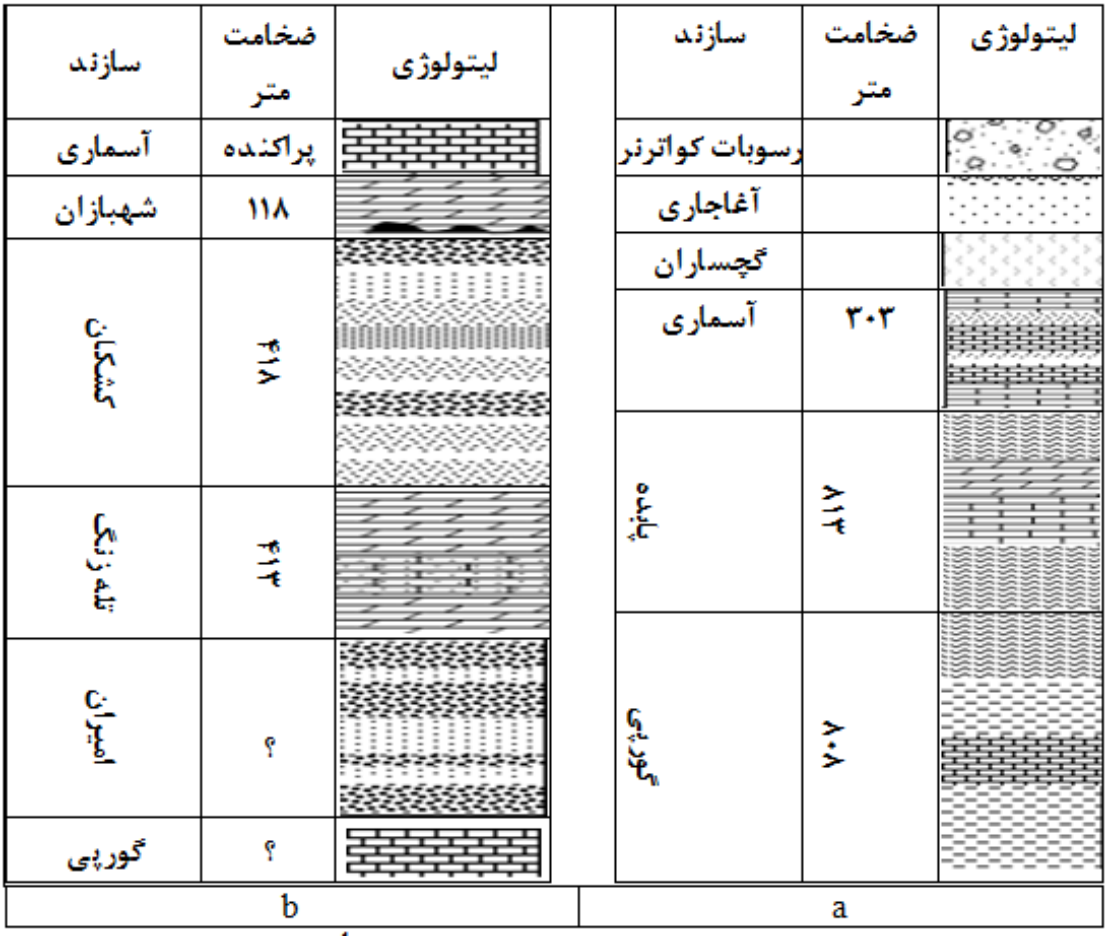
ث- سازند پابده

درمقطع پاطاق، سازند پابده از مارن‌های خاکستری تا سبز رنگ و تناوبی از سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه تشکیل شده است. ضخامت این سازند در این منطقه ۸۱۳ متر بوده که دارای چهار بخش می‌باشد :۱- شیل ارغوانی تا سبز رنگ، با ۳۷/۲ متر ضخامت که دارای رگه‌هایی از کلسیت ثانویه و اکسید آهن است.۲-مارن میانی سبز تا خاکستری رنگ با ۲۴۷/۸ متر ضخامت که در برخی نقاط دارای نازک لایه‌های آهک به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر است.۳-آهک میانی یا تله زنگ به ضخامت ۳۳۳ متر که شامل تناوبی از آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه نودولار و چهره‌ساز حاوی لایه‌ها و نودول‌های چرت می‌شود (جمال‌الدینی۱۳۷۶).

پ- سازند تله‌زنگ

این سازند از سنگ آهک دارای لایه‌بندی متوسط تا توده‌ای و مقاوم و با میان لایه‌هایی از شیل و سنگ آهک رسی تشکیل شده است حاوی فسیل‌هایی به سن پالئوسن تا ائوسن میانی بوده و در بخش هسته چین‌های برگشته شمال کرند و هسته تاقدیس پاطاق رخنمون دارد.

این سازند می‌تواند به طور جانبی به سازند پابده تبدیل شود. سازند مذکور در منطقه گسترش محدودی داشته از این رو بر آب‌های زیرزمینی منطقه تأثیر کمی دارد (قدس نیرو۱۳۸۹).



شکل۱-۴- ستون چینه‌شناسی منطقه (a) جنوب و جنوب‌غرب (b)شمال و شمال‌شرق دشت کرند (اقتباس از سحابی ۱۳۷۶)

ج- سازند کشکان

در منطقه مورد مطالعه سازند کشکان دارای تناوبی از ماسه سنگ وکنگلومرا به رنگ قرمز می‌باشد. قطعات چرتی عمدترین قطعه تشکیل دهنده آن بوده و ضخامت آن در منطقه به ۳۱۹ متر می‌رسد. سیمان آن از جنس سیلیس قرمز رنگ است و به سمت رأس، ضخامت لایه‌های کنگلومرایی آن افزایش پیدا می‌کند. در منطقه دارکک این سازند با یک ناپیوستگی بر روی سازند تله زنگ قرار گرفته است. مرز بالایی آن با سازند شهبازان با یک افق لیمونیتی مشخص شده که نشانگر یک ناپیوستگی می‌باشد (جمال‌الدینی۱۳۷۶).

ح- سازند شهبازان

سازند شهباران شامل تناوبی از آهک دولومیتی نازک‌لایه تا ضخیم‌لایه به رنگ کرم مایل به قهوه‌ای و دارای رنگ غیرهوازده سفید مایل به شیری می‌باشد. بافت این سنگ‌ها دانه شکری و متخلخل است و به سه بخش قابل تقسیم‌بندی می‌باشد: ۱- دولومیت زیرین: لایه‌های دولومیتی ضخیم لایه و دارای۱۴ متر ضخامت ۲- دولومیت میانی: تناوبی از دولومیت‌های نازک لایه با ضخامت ۸۴ متر ۳- دولومیت بالایی: تناوبی از دولومیت ضخیم‌لایه به ضخامت ۲۰/۲ متر است (جمال‌الدینی۱۳۷۶).

در منطقه گهواره سازند شهبازان دارای ۱۶۵ متر ضخامت است که تا۸۰ درصد دولومیتی شده و با مقطع تیپ کاملاً هم‌خوانی دارد. مرز زیرین آن با سازند کشکان مشخص و با تغییر ناگهانی لیتولوژی مشخص می‌شود و مرز بالایی آن با سازند آسماری یک مرز فرسایشی می‌باشد (قمی اویلی۱۳۷۶).

چ- سازند آسماری

مهمترین سازند سخت منطقه از نظر مورفولوژیکی و هیدروژئولوژیکی سازند آسماری می‌باشد. این سازند به خاطر خرد شدگی و درز و شکافهای فراوان، آبخوانهای کارستی حائز اهمیّتی را ایجاد کرده است. این سازند نقش خیلی مهمی در ذخیره و انتقال آب‌های کارستی دارد. اغلب چشمه‌های کارستی از این سازند بیرون می‌آیند (سحابی۱۳۷۶).

رخنمون سازند مذکور در تمامی منطقه یکنواخت نبوده و در برخی مناطق به طور جانبی به سازند دولومیتی شهبازان تبدیل می‌گردد. در شمال و شرق شهرستان کرند فقط بخش پایینی سازند آسماری رخنمون دارد و حد زیرین آن با سازند شهبازان پیوسته است (قمی‌اویلی۱۳۷۶). سن این سازند الیگوسن تا میوسن زیرین می باشد. ضخامت این سازند در منطقه پاطاق (نوا) ۳۰۳ متر است و مرز زیرین آن با پابده و مرز بالایی آن با سازند گچساران می‌باشد. در منطقه مذکور سازندآسماری به چهار بخش قابل تفکیک است: بخش ۱- این بخش از ۳۷ متر آهک تشکیل شده، و از پایین به بالا از ضخامت لایه‌ها کاسته شده و در بالای آن نیز افقی ۲ متری از ماسه‌سنگ وجود دارد. بخش۲- تناوبی

از آهک‌های نازک‌لایه و ضخیم‌لایه به ضخامت ۹۰ متر است. بخش ۳- تناوبی از آهک و طبقات ماسه-سنگی به ضخامت ۵۳ متر که در وسط آن یک لایه آهک به ضخامت ۳ متر وجود دارد و از پایین به بالا از ضخامت لایه‌های ماسه سنگی کاسته می‌شود. بخش۴- تناوبی از آهک‌های ضخیم‌لایه و نازک‌لایه با ضخامت ۱۲۳ متر که از پایین به بالا از ضخامت لایه‌ها کاسته می‌شود و دارای مناظر کارستی‌شدگی شدید می‌باشد و در بالای آن یک لایه ماسه‌سنگی به ضخامت ۲ متر وجود دارد (جمال‌الدینی۱۳۷۶).

خ- سازند گچساران

سازند گچسارن در منطقه دارای رخنمون نسبتاً محدودی می‌باشد. رخنمون آن در شمال دشت کرند به طور محدود وجود دارد و در منطقه پاطاق این سازند توسط سازند آغاجاری پوشیده می‌شود. در منطقه دارکک و گهواره سازندهای جوانتر از شهبازان حضور ندارند و فقط در منطقه بیونیج (شیخ حسن) سازند گچساران به طور محلی رخنمون دارد (جمال‌الدینی۱۳۷۶).

سن سازند گچساران میوسن بوده و از نظر سنگ‌شناسی متشکل از مارن قرمز تا خاکستری رنگ با میان لایه‌های ژیپس و انیدریت می‌باشد (درویش زاده ۱۳۸۳). سازند گچساران به شدت فرسایش یافته است. به علت فرسایش پذیر بودن این سازند، مورفولوژی سازند گچساران نرم و به دلیل دارا بودن چشم اندازهای تپه‌ای به راحتی قابل تشخیص است. این سازند به طور پیوسته روی سازند آسماری قرار گرفته است.

ح- سازند آغاجاری

سازند آغاجاری از نهشته‌های آواری سرخ رنگ همزمان با کوهزایی تشکیل شده است که از تناوب تکراری چرخه‌هایی از مارن قرمز و ماسه‌سنگ‌های نازک تا ضخیم لایه تشکیل گردیده است، وسعت

آن در منطقه محدود بوده و شامل چند رخنمون در شرق و شمال شهر کرند، در دامنه تاقدیس کرند و یا به صورت محلی در دشت کرند می‌باشد.

ذ- نهشته‌های مخروط افکنه‌ای جوان کواترنری

این واحد در بر گیرنده دشت‌های آبرفتی منقه به همراه رسوبات مخروط افکنه‌های بادبزنی جوان است که از قطعات زاویه‌دار نیمه سخت تا سست با میان لایه‌هایی ماسه‌ای و سیلتی تشکیل شده است. این لایه‌ها افقی هستند، یا به طور محلی از توپوگرافی تبعیت کرده و دارای شیب ملایمی هستند. این واحد به طور زنجیروار پای بریدگی دیواره تاقدیس‌های منطقه به ویژه تاقدیس نوا در شمال باختری منطقه تشکیل شده‌اند. این واحد به دلیل منفصل بودن و رخنمون در مسیر آبراهه‌های منطقه و نیز دانه درشت بودن نقش مهمی در تغذیه آبخوان منطقه دارد. آبرفت‌های دوران چهارم کل دشت را پوشانده‌اند. با توجه به اطلاعات چاه‌های پیزومتری و کشاورزی حفر شده در دشت ضخامت آن متغیر می‌باشد. پای دامنه‌ها از تخته‌سنگ، قلوه، شن و ماسه و در میانه‌ها و در قسمت غرب دشت اندازه رسوبات ریزتر شده و بیشتر از مارن، سیلت و رس تشکیل شده است. رسوبات دانه ریز دارای نفوذپذیری کمی هستند ولیکن رسوبات پای دامنه‌ها و دهانه مخروط افکنه‌ها دارای نفوذپذیری نسبتاً خوبی هستند.

۱-۴-۲- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه

محدوده مورد مطالعه در نیمه شمال غربی زون ساختاری – رسوبی زاگرس چین خورده واقع شده است و راستای عمومی آن شمال غرب – جنوب شرق است و به موازات همین راستا تاقدیس‌ها و ناودیس‌های موازی شکل گرفته‌اند. ساختمان امروزی آن نیز نتیجه حرکات کوهزایی دوران سوم یعنی میوپیلوسن از فاز آلپین بالایی است. شکل (۱-۴) تقسیمات زمین‌شناسی تکتونیک ایران و همچنین

موقعیّت منطقه مورد مطالعه را بر روی زون ساختاری - رسوبی زاگرس نشان می‌دهند. ساختارهای ناودیسی عمدتاً دشت‌ها را بوجود آورده‌اند که دشت کرند و گهواره از آن جمله هستند. ناودیس‌ها در حد فاصل بین تاقدیس‌ها قرار داشته و دارای روند شمال غربی- جنوب شرقی هستند. تاقدیس‌ها عمدتاً دارای مورفولوژی خشن و در منطقه کوهستانها را بوجود آورده‌اند، تاقدیس پاطاق (نوا) و کرند مهم‌ترین ساختارهای تاقدیسی می‌باشند.

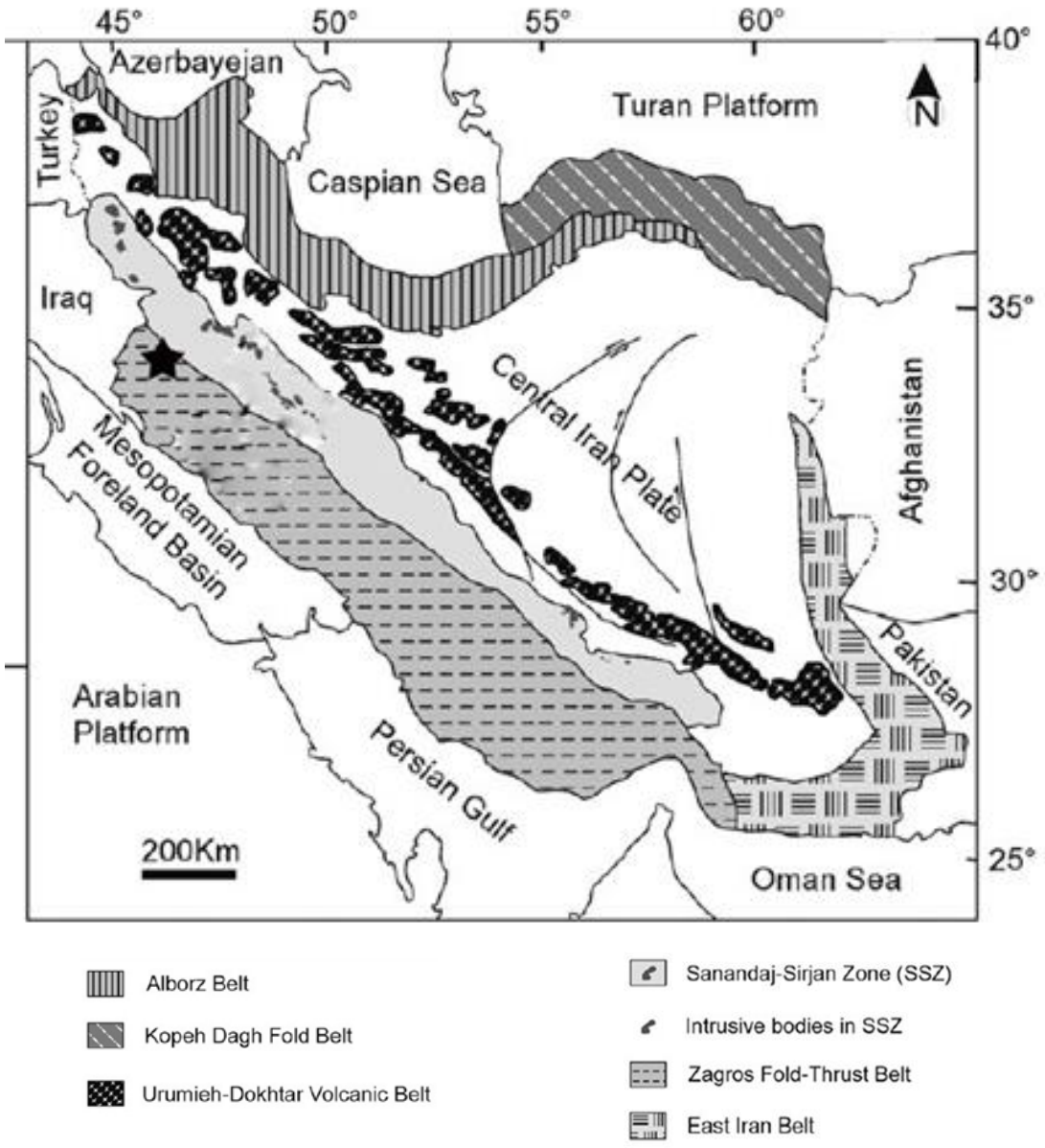
الف: چین‌خوردگی‌ها

تاقدیس پاطاق (نوا): تاقدیس پاطاق در قسمت غربی محدوده با طول ۶۰ کیلومتر و عرض ۶/۵ کیلومتر رخنمون دارد و مرتفع ترین قسمت منطقه است. این تاقدیس مشتمل بر ارتفاعات غربی منطقه می‌باشد. نهشته‌های ترشیری چین خورده و برونزدگی وسیع واحدهای آسماری - شهبازان را در این تاقدیس موجب شده است.

یال شمال شرقی این تاقدیس توسط سازند آسماری- شهبازان با لیتولوژی غالب آهک ضخیم لایه پوشیده شده است اما در قسمت مرکزی بر اثر عملکرد فرسایش در راستای بخش محوری آن شاهد رخنمون واحدهای قدیمی‌تر مثل سازند ایلام و پابده در هسته تاقدیس هستیم. یالهای شمال شرق بر اثر عملکرد ریز گسل‌ها بریدگی‌های متعددی بر پیکره این مجموعه ایجاد شده است که باعث تشکیل درّه‌های عمیق شده است. لازم به ذکر است که سیماهای کارستی در این تاقدیس توسعه یافته است (سحابی ۱۳۷۶).

تاقدیس کرند: تاقدیس کرند در قسمت شمال شرقی محدوده دارای روند هم راستا با سایر چین خوردگی‌های منطقه NW-SE می‌باشد. این تاقدیس مشتمل بر ارتفاعات شمال شرقی منطقه می‌باشد که بر اثر آن نهشته‌های ترشیری چین خورده و برونزدگی وسیع واحدهای شهبازان- آسماری را در

این تاقدیس موجب شده است. این تاقدیس از نوع مرکب است و خود شامل مجموعه‌ای از تاقدیس و ناودیس‌ها می‌باشد. بر اثر عملکرد ریز گسل‌ها بریدگی‌های متعددی بر پیکره این مجموعه ایجاد کرده



شکل ۱-۵- نقشه کلّی تکتونیک ایران (اقتباس از Ruttner, A., Stocklin, J., (1967)).

است. گسل رانده کرند نیز باعث برش طولی در این تاقدیس شده و موجب راندگی قسمتی از آن بر روی واحدهای جوانتر شده است. در قسمت شمالی این تاقدیس، بر اثر برگشتگی بخش‌هایی از محور

آن، نهشته‌های کربناتی ریزش نموده و نهشته‌های آواری هسته آن یعنی سازند امیران وکشکان رخنمون پیدا کرده است (قدس نیرو۱۳۸۹).

ناودیس ریجاب (دالاهو): ناودیس دالاهو با روند شمال غربی جنوب شرقی در این منطقه دارای گسترش نسبتاً فراوان بوده و عموماً توسط واحد کربناته آسماری- شهبازان پوشیده شده ارتفاع متوسط ۱۸۷۰ متر است. از خصوصیات اصلی این ناودیس لایه‌های با شیب کم تا متوسط است. زهکش اصلی این تاقدیس رودخانه زیمکان می‌باشد اما بخش‌هایی از یال جنوب‌غربی ان به طرف چشمه ریجاب زهکش می‌شود.

ناودیس سرمیل: ناودیس سرمیل با روند هم راستا با سایر چین خوردگی‌های منطقه NW_SE می‌باشد که با نهشته‌های آبرفتی دشت حاصل‌خیز کرند را ایجاد کرده است. در کناره‌های این ناودیس در بخش غربی آن، در سطح تماس با تاقدیس پاطاق شاهد ضخامتی از نهشته‌های واریزه‌ای بادبزنی و در محل تماس با تاقدیس کرند شاهد پوششی از نهشته‌های واریزه‌ای هستیم. این ناودیس مهم‌ترین آبخوان آبرفتی منطقه می‌باشد (قدس نیرو۱۳۸۹).

ب: ساختارهای گسلی

برخورد و تصادم صفحه عربی با صفحه ایران مرکزی در کرتاسه پسین باعث چین‌خوردگی واحدهای سنگی و ایجاد گسل‌های امتداد لغز و رانده در یک رژیم فشارشی در منطقه شده است. پرتگاه‌های گسلی، برش‌های گسلی و واریزه‌های شکل گرفته در پای ارتفاعات و خرد شدگی عمومی سازندها که همراه با گسترش شبکه طولی و قطع شدگی ناگهانی طبقات و تغییر جنس و سن آنها در فاصله‌های کوتاه صورت گرفته حکایت از گسل خوردگی ناحیه دارد. در منطقه مورد مطالعه به تبعیت از ساختارهای غالب، گسل‌های شکل گرفته به دو صورت طولی و عرضی می‌باشند. گسل‌های طولی با سطح محوری چین‌خوردگی‌ها هماهنگ بوده و دارای روند NW-SE می‌باشند که می‌توانند امتداد لغز و یا رانده باشند که گسل کرند از نوع اخیر است. گسل‌های عرضی از نوع امتداد لغز بوده و عمود بر

روند چین خوردگی شکل گرفته‌اند و باعث بوجود آمدن تنگه‌ها و معابر عمود بر روند تاقدیس‌ها شده‌اند که عموماً دارای مؤلفه چپ لغز هستند. این شکستگی‌ها و گسل‌ها نقش خیلی مهمی در نفوذ بارش به زیر زمین و تغذیه آب‌های زیرزمینی دارند (قدس نیرو۱۳۸۹).

گسل رانده کرند: این گسل در امتداد محور تاقدیس کرند، در راستای شمال غربی جنوب شرقی رخنمون دارد و بر اثر عملکرد این گسل سازندهای شهبازان و آسماری به طور ناگهانی قطع گردیده و بر روی آن واحدهای جوان‌تر کشکان، تله زنگ و امیران قرار گرفته‌اند. شدت راندگی در حدی بوده که در فرادیواره این گسل، ضخامتی از طبقات دچار برگشتگی شده‌اند و واحدهای کشکان، تله‌زنگ و امیران در این منطقه رخنمون پیدا کرده‌اند. در امتداد این گسل ضخامتی از نهشته‌های واریزه‌ای ایجاد شده که نشانگر فعالیّت گسل در دوره کواترنری می‌باشد (قدس نیرو ۱۳۸۹). گسل معکوس ریجاب- کرند با طول بیشتر از ۴۸ کیلومتر در یال جنوب غربی تاقدیس کرند- ریجاب رخنمون دارد و منطقه را به دو قسمت با خصوصیات کارستی متفاوت تقسیم کرده است (جمال‌الدینی۱۳۷۶).

گسل‌های امتداد لغز: این نوع از گسل‌ها شاید فراوان‌ترین نوع گسل‌های منطقه هستند که عموماً بر پیکره تاقدیس‌های منطقه وارد شده‌اند و اغلب کوچک بوده و با مؤلفه‌ی چپ بر دیده می‌شود. امتداد این گسل‌ها، برخلاف روند تکتونیکی منطقه می‌باشد و در جهت شمال شرقی جنوب غربی می‌باشد. میزان جابجایی این گسل‌ها ناچیز بوده و عمده‌ترین نقش آنها در گسترش درز و شکاف‌ها و ایجاد مه درزه‌ها می‌باشد (قدس نیرو ۱۳۸۹).

گسل‌های معکوس: این گسل‌ها عمود بر نیروهای فشارشی و موازی سطح محوری تاقدیس‌ها تشکیل می‌شود. در منطقه مورد مطالعه در دامنهٔ شمال غربی تاقدیس کرند، این گسل‌ها با روند کلیNW-SE دیده می‌شوند و سازندهای قدیمی مانند آسماری را بر روی سازندهای سازندهای گروه فارس رانده‌اند.

۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه

منطقهٔ مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژی از واحدهای کوهستان، تپه‌ماهور و دشت تشکیل شده است. دشت‌ها غالباً در ناودیس‌های منطقه و کوهستان‌ها توسط تاقدیس‌ها بوجود آمده‌اند. امتداد و روند غالب این واحدها از روند کلی شمال غرب جنوب شرق زاگرس تبعیت می‌کند. بلندترین بخش حوضه در کوه نوا در انتهای جنوب شرقی تاقدیس (پاطاق) است و دارای ارتفاع ۲۵۰۰ متر است و پست‌ترین نقطه در دشت کرند با ارتفاع ۱۴۰۰ متر می‌باشد. مورفولوژی منطقه مورد مطالعه عموماً توسط عوامل تکتونیکی نظیر چین‌خوردگی‌ها و گسل‌خوردگی‌ها کنترل می‌گردد. عملکرد عوامل فیزیکی فرسایش باعث بوجود آمدن پرتگاه‌های شدید شده است. در بخش‌های زیرین مختصری در باره واحدهای ژئومرفولوژی منطقه ارائه شده است.

الف) واحد کوهستان

واحد ژئومورفولوژیکی کوهستانی در منطقه در قسمت حاشیه دشت، روندی متناسب با روند کلی زاگرس (شمال غرب – جنوب شرق) داشته و لیتولوژی سنگ‌های این قسمت از نوع رسوبی و از جنس سازند آسماری – شهبازان می‌باشد. از خصوصیات بارز این منطقه می‌توان به اختلاف سطح زیاد بین سطوح بالا و پایین دامنه‌ها، درّه‌های عمیق، شکل ستیغ‌ها و دامنه‌های با شیب تند اشاره کرد. شکل (۱-۵) نمایی از واحد مورفولوژیکی کوهستان را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

ب) واحد تپه‌ماهور

این واحد در روی اتفاعات شرقی کرندغرب، بر روی سازندهای کربناته رخنمون دارد که خود این مسأله ناشی از عدم حضور سیستم زهکشی سطحی قوی می‌باشد. در برخی از نقاط منطقه نیز به طور محدود به دلیل رخنمون سازندهای آواری و تبخیری نیز این نوع واحد ریخت‌شناسی حضور دارد.

شکل ۱-۵ – نمایی از دره‌های تنگ و کارستی منطقه.

ج) واحد دشت

در منطقه مورد مطالعه، این واحد ژئومرفولوژیکی در دو بخش مجزا دیده می‌شود. بخش اول دشت کرند است که در حدفاصل بین تاقدیس پاطاق و ناودیس ریجاب واقع شده است. مساحت این واحد ژئومرفولوژیکی ۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد و با روند شمال غرب- جنوب شرق در منطقه واقع شده است. بخش دوم دشت گهواره می‌باشد که با مساحت ۶۰ کیلومتر مربع در درون ناودیس ریجاب قرار گرفته است و دارای روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق می‌باشد.

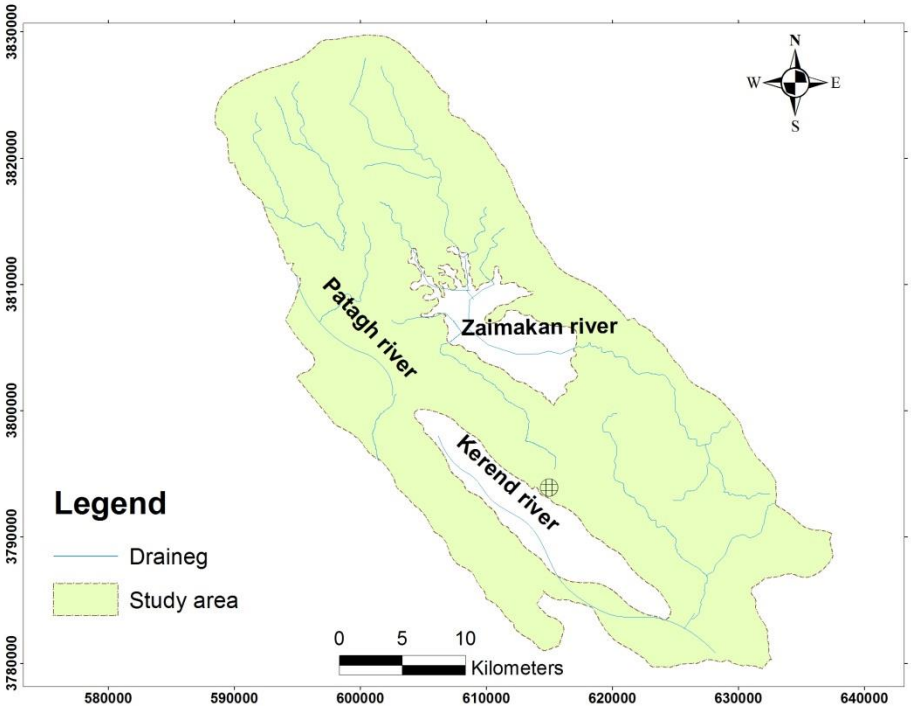
۱-۶- هیدرولوژی منطقه

منطقه مورد مطالعه دارای الگوی زهکشی شاخه‌درختی می‌باشد و شیب متوسط حوضه آبگیر حدود ۱۷ درصد می‌باشد. مهم‌ترین رودخانه منطقه، رودخانه کرند است که در اواخر تابستان و پاییز تقریباً

خشک است. جهت عمومی جریان در منطقه به تبعیت از توپوگرافی و ساختار منطقه دارای روند شمال‌غربی جنوب‌شرقی می‌باشد (شکل۱-۷). قسمتی از منطقه به حوضه آبگیر رودخانه زیمکان می‌ریزد که با عبور از شمال منطقه از مرز خارج شده و وارد خاک عراق می‌گردد. سیستم زهکشی نسبتاً ضعیف و عدم توسعه به دلیل گسترش کارست در منطقه خصوصاً در بخش ارتفاعات شرقی کرند به وضوح دیده می‌شود. به دلیل شیب کم دشت و نیز کارستی بودن سازندهای منطقه شدت سیل‌خیزی منطقه نسبتاً پایین است.

۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه

بخش اعظم منطقه مورد مطالعه از سازندهای کربناته شهبازان، آسماری و تله‌زنگ تشکیل شده است و با توجّه به خاصیّت انحلال‌پذیری در سازندهای کربناته، و کارستی شدن این واحدها، تقریباً اغلب منابع آب زیرزمینی منطقه در این سازندها و به میزان ناچیزی در آبخوان‌های آبرفتی قرار می‌گیرد.
سازندهای امیران، کشکان، پابده- گورپی، گچساران و آغاجاری سازندهای فاقد نفوذپذیری مناسب و دارای خواص هیدرودینامیکی ضعیفی هستند. این سازندها در قسمت شمال شرقی و قسمت‌هایی از مرکز و غرب منطقه رخنمون دارند و از نظر هیدروژئولوژیکی به عنوان یک مرز و یا سنگ بستر عمل می‌کنند. به طوری‌که سازند گچساران واحد آبرفتی دشت کرند را از واحد زیرین آن یعنی واحد آسماری جدا می‌سازد و سازند پابده گورپی نیز به عنوان سنگ بستر آبخوان کارستی آسماری و نیز تله‌زنگ عمل می‌کند. این سازندها در تاقدیس‌های منطقه به علت قرارگیری در ارتفاع بالاتر



شکل ۱-۷- سیستم زهکشی منطقه کرندغرب و نواحی اطراف.

از دشت‌های آبرفتی، ارتباط بین یال‌های تاقدیس‌ها را نیز قطع کرده‌اند (Ashjari 2007). اغلب سازندهای کربناته منطقه، توسط چشمه‌های بزرگ (ریجاب، مآراب و توتشامی) و چشمه‌های کوچک (حریر وکرند) تخلیه می‌گردد. آبخوان‌های این منطقه را می‌توان در گروه آبخوان‌های کارستی و آبرفتی رده‌بندی می‌شوند.

۱-۷-۱-آبخوان‌های کارستی

سازند آسماری: این سازند در واقع یک سازند کربناته است و در منطقه، همانند منطقه دشت ذهاب به عنوان یک سازند صخره ساز مطرح می‌گردد. علاوه بر این، بیشترین رخنمون را در منطقه دارد و به علّت درز و شکاف‌های فراوانی که در اثر فعالیّت‌های تکتونیکی ایجاد شده‌اند. همچنین در اثر وقوع پدیده انحلال و کارستی شدن (شکل ۱-۸)، از نظر نفوذپذیری دارای خواص هیدرودینامیکی خوب می‌باشد. به همین خاطر به عنوان منابع آب زیرزمینی مهم و با ارزش کارستی در منطقه محسوب می‌شود (جمال الدینی۱۳۷۶).

شکل ۱-۸- آثار کارستی شدن و توسعه کارست در سازند آسماری.

سازند شهبازان: این واحد کربناته دارای ترکیب دولومیتی بوده و از لایه‌های نازک تا متوسط دولومیتی تشکیل شده است. توسعه کارست در دولومیت نسبت به آهک کمتر و ضعیف‌تر است به همین خاطر، این واحد نسبت به آهک آسماری از درجه توسعه کارست ضعیف‌تری برخوردار شده است. در این سازند، توسعه کارست غالباً به طور محدودی در امتداد لایه‌بندی و درزو شکستگی‌ها می‌باشد. با توجّه به دلایل ذکر شده دریافت می‌گردد که این واحد نسبت به واحد آسماری از ارزش کمتری برای تبدیل شدن به آبخوان برخوردار است. واحد مذکور در ارتفاعات شرقی کرند رخنمون دارد. با توجّه به گمانه‌های حفر شده برای احداث سد زیمکان در محل روستای توتشامی جهت جریان در این منطقه به سمت شرق و جنوب‌شرق می‌باشد (قدس نیرو ۱۳۸۹).

سازند تله‌زنگ: این سازند با لیتولوژی غالب آهک، در بین واحد شیل و مارنی پابده-گورپی قرار گرفته است. از نظر هیدرولیکی سازند تله زنگ توسط واحدهای زیرین و بالایی سازند مذکور از سازند آسماری کاملاً جدا می‌شود.

۱-۷-۲-آبخوان‌های آبرفتی

این نوع از آبخوان‌ها در ناودیس‌های منطقه تشکیل گردیده‌اند که توسط رسوبات آبرفتی پوشیده شده‌اند. از مهم‌ترین آبخوان‌های آبرفتی منطقه می‌توان به دشت‌های کرند و گهواره اشاره کرد که گسترش نسبتاً فراوانتری دارند. بخش اصلی زمین‌های کشاورزی منطقه نیز بر روی همین دو دشت قرار گرفته شده است. لازم به ذکر است که دشت گهواره، دشت کوچکی است که در ارتفاعات آهکی واقع شده است و اطلاعاتی از سطح آب و جهت جریان آب زیرزمینی در این دشت در دسترس نمی‌باشد. بر اساس حفاری‌های انجام شده و لاگ بدست آمده از چاه‌های اکتشافی، چاه‌های پیزومتری و کشاورزی، در دشت کرند رسوبات انباشته شده در این دشت، حداکثر ضخامت ۱۰۰ متر تخمین زده می‌شود. در حاشیه دشت و در پای دامنه‌ها ضخامت آبرفتی به کمتر از ۱۰ متر نیز می‌رسد. اندازه مقادیر رسوبات این دشت از قسمت غربی به مرکز دشت کاهش می‌یابد و در پای دامنه کوه‌های قسمت غربی دشت رسوبات دانه درشت می‌شوند و سپس به سمت مرکز دشت از اندازه آنها کاسته می‌شود.

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده درباره جریان‌های عمده کارستی

۲-۱- مقدمه

امروزه با توجّه به گسترش شهرها و روستاها، افزایش جمعیّت، توسعه صنعت و کشاورزی، آلوده شدن منابع آب‌های زیرزمینی توسط آلاینده‌ها (پسآبهای تصفیه نشده) و کمبود آب‌های سطحی باعث افزایش تقاضا گردیده است (Srinivasa and *Jugran* 2003). تقاضای آب‌های زیر زمینی، هر ساله نسبت به سال‌های پیشین روند افزایشی پیدا کرده است (Tomas 1999). با توجّه به این موضوع که سنگ‌های کربناته، تقریباً مساحتی بیش از ۱۰ درصد از سطح کره زمین را می‌پوشانند (Gupta 2010 Signal and) پس باید به خاطر تخلخل اولیه و توسعه تخلخل ثانویه (کارستی شدن) و توانایی ذخیره‌سازی بسیار خوب، کارست‌ها را به عنوان آبخوان در نظر گرفت (Bakalowicz 2005).

با توجّه به کیفیّت بسیار مناسب آب‌های موجود در این سنگ‌ها و نیاز به آب‌هایی با کیفیّت مناسب جهت مصارف انسانی، بعد از رسوبات آبرفتی این سنگ‌ها به عنوان بزرگترین منبع تأمین کننده آب شرب، محسوب می‌شود (Delleur 2007). گاهی اوقات به دلیل عدم توسعه کارست در برخی مناطق، آب زیرزمینی موجود در آنها غیر قابل برداشت و یا قابل چشم پوشی می‌باشد (Bakalowicz 2005).

۲-۲- تعیین محل احداث چاه

یکی از مشکلات مهم در مطالعات آب‌های زیرزمینی تعیین مناطق مناسب جهت احداث چاه‌های بهره‌برداری در مناطق مورد مطالعه می‌باشد. در بسیاری از مواقع تعیین محل چاه و یا پیزومتر به طور تصادفی و بدون اطلاعات کافی انجام می‌شود، در نتیجه به موفقیّت رسیدن این چاه‌ها عمدتاً پایین است. پیچیدگی‌های نواحی کارستی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی این مناطق را به طور گسترده‌ای پیچیده و دشوار کرده است. کاربرد روش‌های معمول مثل نقشه‌های پیزومتری جهت تعیین مناطق مستعد حفر چاه بهره‌برداری در این گونه آبخوان‌ها مقدور نبوده و یا کارایی چندانی ندارد.

روش‌هایی که توسط محققین جهت بررسی و شناسایی آبخوان‌های کارستی ارائه شده‌اند عبارتند از: زمین‌شناسی، ردیابی، هیدروشیمی، ژئومورفولوژی، غارشناسی، ژئوفیزیک، سنجش از دور، مطالعات ایزوتوپی، روش‌های هیدرولیکی و روش‌های عددی. در بین روش‌های موجود تنها روش‌های ژئوفیزیکی و دورسنجی جهت تعیین نقاط مناسب برای حفر چاه کاربرد دارند. روش‌های ژئوفیزیکی با توجّه به هزینه بالا در مقیاس وسیع قابل اجرا نیستند (Goldscheider and Drew 2007) و اکتشاف آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی در مناطق کارستی به دلیل متغیّر بودن این محیط‌ها مشکل است (Konstantinos *et al*. 2011). در بین سایر روش‌های موجود هیچ روشی به تنهایی قادر به ارزیابی مناسب آبخوان نمی‌باشد، به این دلیل بعضی از محققان از جمله (LaMoreaux and LaMoreaux 2007) پیشنهاد کرده‌اند که از چندین روش به طور تلفیقی استفاده شود.

امروزه با توجّه به گسترش روزافزون استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای پردازش تصویر و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و دقّت بالای پردازش اطلاعات این نرم‌افزارها این امکان وجود دارد که از چند روش به طور همزمان جهت ارزیابی و مطالعه آبخوان‌های کارستی استفاده شود. استفاده از تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور در تحقیقات، امکان درک بهتری از عوارض و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف را فراهم کرده و در نهایتاً نتایج حاصل، دارای دقّت و صحّت بیشتری می‌باشد (Zacharias *et al*. 2003; Wendland *et al*. 2003; Wu and Xu 2005).

۲-۳- عوامل موثر بر تشکیل جریان‌های عمده کارستی

عواملی مانند بارش، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی مهم‌ترین عوامل موثر بر حضور و جهت حرکت آب‌های زیرزمینی در مناطق کارستی هستند. عوامل زمین‌شناسی شامل سنگ‌شناسی، چینه‌شناسی، ساختارهای زمین‌شناسی و شکستگی‌ها می‌شود. برجستگی‌ها و سطح اساس فرسایش جزء از عوامل توپوگرافی هستند که به تفصیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

با عنایت به این‌که در یک منطقه معیّن مقدار و نوع بارش کم‌وبیش یکسان است، از این رو عوامل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و هیدروژئولوژی به عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تشکیل جریان‌های عمده کارستی در نظر گرفته می‌شود.

۲-۴- عوامل زمین‌شناسی

زمانیکه یک منطقه کارستی از نظر هیدروژئولوژیکی بررسی می‌شود مطالعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی بخش اجتناب ناپذیر و ضروری این مطالعات می‌باشد و بدون بررسی سنگ‌شناسی سازندهای مختلف زمین‌شناسی منطقه، چینه‌شناسی، سیستم شکستگی‌ها و گسل‌ها، چین‌خوردگی‌ها، توپوگرافی، شکل توده کارستی و تاریخچه آن غیر ممکن است که بتوان درک کامل و درستی از سیستم آبخوان کارستی منطقه داشت (Goldscheide and Drew 2007).

مهم‌ترین عوامل زمین‌شناسی که فرآیندهای هیدروژئولوژیکی هر آبخوان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد شامل سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی می‌باشد.

الف – لیتولوژی: لیتولوژی واحدهای سنگی شامل مطالعه ترکیب کانی‌شناسی، اندازه ذرات و تراکم رسوبات و یا سنگ‌های سازنده سیستم زمین‌شناسی است. لیتولوژی سنگ‌های کربناته بر روی

تخلخل، نفوذپذیری و قابلیت کارستی شدن اثر دارد. از نظر سنگ‌شناسی آهک‌ها در مقایسه با دولومیت‌ها، تمایل و توانایی بیشتری به توسعه مجاری کارستی دارند. آهک‌های ماسه‌ای نسبت به آهک خالص بیشتر کارستی می‌شوند اما آهک‌های شیلی به نسبت دارای مجاری کمتر و عوارض کارستی سطحی کمتر هستند (Ashjari 2007). گسترش و توسعه سایر عوامل موثر بر جهت جریان در کارست خو متأثر از خواص سنگ‌شناسی است.

ب- چینه‌شناسی: چینه‌شناسی، مطالعه توالی سنگی بر طبق خواص مختلف مثل: سن نسبی سنگ، محتوای فسیلی سنگ و یا واحدهای سنگ چینه‌ای می‌باشد. هس و همکارا ن (Hess et al. 1989) ذکر کرده‌اند که چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی، و ساختارها تعیین کننده نوع آبخوان و محل تغذیه و تخلیه آبخوان می‌باشد (نقل از هن و لیانگ Han and Liang 2006).

مهم‌ترین فاکتورهای چینه شناسی موثر بر آب‌های زیرزمینی شامل موارد زیر است:

۱- لایه‌بندی: لایه‌بندی یکی از ویژگی‌های عمومی سنگ‌های رسوبی است که به عنوان یک فاکتور شناخته شده موثر بر روی جریان آب‌های زیرزمینی محلی و ناحیه‌ای در آبخوان‌های ناهمگن سنگ‌های رسوبی معرفی شده است (Bloomfield, 1996; Michalski and Britton, 1997 نقل از Swanson 2006). جامسون (Jameson 1985) بیان کرده بین عمق مجاری جریان و شیب لایه‌ها و گستردش آنها ارتباط واضح و آشکار وجود دارد (نقل از Worthington 2005).گرمائود و همکاران (Gremaud *et al*. 2009) در مطالعات خود درمنطقه آلپ به این نتیجه رسیده‌اند که جریان آب‌های زیرزمینی به سمت چشمه‌های بزرگ منطقه از روند لایه‌بندی تبعیت کرده و با آن موازی می‌باشد. جهانی (۱۳۷۲) بیان کرده است که از بین عناصر و عوامل خطواره‌ای، لایه‌بندی مهم‌ترین اثر را در کنترل جریان زیرزمینی در مناطق کارستی دارد. صفحات لایه بندی زمانیکه تحت فشارهای تراکمی قرار گرفته و باز شده باشند، مسیرهایی اولیه را برای جریان آب فراهم می‌کنند (Michalski 1997). از نظر هیدروژئولوژیکی زمانی لایه بندی اهمیّت دارد که بتواند تحت یک شیب هیدرولیکی منطقی مقداری آب را در خود ذخیره کند (Ford and Willam 1989 نقل از Ashjari 2007).

۲- ناپیوستگی‌ها: یکی از عواملی است که به علت اختلاف در میزان نفوذپذیری دو لایه همجوار امکان اثر گذاری بر روی جهت‌گیری جریان و توسعه جهت‌دار کارست را فراهم می‌کند. در سنگ‌های کربناته برخی از ناپیوستگی‌های زمین‌شناسی و چینه‌شناسی توسط فرآیند کارستی شدن رشد کرده و شبکه غارها و مجاری را تشکیل می‌دهند.

۳- ضخامت لایه‌ها: لایه‌های ضخیم شکستگی‌های طولانی بوجود می‌آورند که مجاری مستقیم برای جریان سیال بوجود می‌آورند و لایه‌های نازک شکستگی‌های کوتاه و شطرنجی متقاطع را می‌سازند. شکستگی‌های کوتاه در یک صفحه قرار نمی‌گیرند و مسیرهای پر پیچ وخم را بوجود می‌آورند که جریان سیال در آنها آهسته است و نفودپذیری سنگ کاهش پیدا می‌کند (Tsang 1984 نقل از Cooke *et al.* 2006).

نتایج مطالعات انجام شده توسط استرنز و فریدمن (Stearns and Friedman1972) نشانگر این است که بین تراکم و تعداد شکستگی‌ها در توده سنگ با نوع سنگ و ضخامت لایه‌ها ارتباط و انطباق وجود دارد (اقتباس از Veselič and Verbovšek 2008).

بیشترین توسعه کارست در سنگ‌های آهکی توده‌ای ضخیم لایه مشاهده شده اما انحلال در سنگ‌های نازک‌لایه در همان شرایط پراکنده است. بنابراین در شرایط مشابه آهک‌های ضخیم لایه بیشتر کارستی می‌شوند (Goldscheide and Drew 2007).

۴- محیط تشکیل: سنگ‌های آهکی توسط دو مکانیزم عمده شیمیایی و بیوشیمیایی تشکیل می‌شوند که بسته به منشأ دارای نفوذپذیری متفاوت هستند و سیمان تشکیل شونده در بین ذرات نیز از نظر میزان و جنس، بسته به محیط تشکیل متغیر است که این عوامل بر شدت انحلال و توسعه کارست اثر دارند.

۵- میان لایه‌های شیلی و مارنی و یا افقهای فسیل دار: حضور لایه‌های شیل و یا مارن در کنار لایه‌های آهکی، به علت نفوذپذیری و درز و شکستگی کم باعث متمرکز شدن جریان در یک لایه آهکی می‌گردد. در صورت قرارگیری لایه شیلی مارنی در منطقه لولای تاقدیس باعث جدایش

هیدرولیکی دو یال می‌شود (Ashjari 2007). افق‌های فسیل‌دار که دارای نفوذپذیری بالایی هستند، به دلیل نفوذپذیری بیشتر و ایجاد افت‌بار (Head loss) کمتر باعث جریان آب در این افق‌ها می‌شوند. سنگ‌هایی که می‌توانند به عنوان مرز نفوذناپذیر عمل کنند ممکن است جریان را در مسیر خاصی متمرکز کنند. همگن بودن توده سنگ کربناته و عدم حضور لایه‌های با نفوذپذیری متفاوت، باعث توسعه یکنواخت کارست در توده سنگ می‌گردد (White and White 2001).

۶- شیب لایه‌بندی: شیب لایه‌بندی یکی از عوامل مهم است که به چندین طریق بر جهت جریان آب‌های زیرزمینی در مناطق کارستی اثر می‌گذارد. شیب زیاد لایه‌بندی می‌تواند آب را به اعماق بیشتر و جاهایی که درز و شگستگی‌ها توسعه نیافته‌اند انتقال دهند و باعث توسعه کارست در عمق شوند. جهت شیب لایه‌بندی نسبت به توپوگرافی بر میزان نفوذ آب‌های سطحی به زیر زمین و در نتیجه توسعه کارست اثر می‌گذارد.

توماس (Thomas 2004) در مطالعه خود در جنوب منطقه پرتوریکو (Puerto Rico) به این نتیجه رسیده است که سیستم مجاری آبگذر منطقه غالباً توسط شیب و امتداد لایه‌های زمین‌شناسی منطقه کنترل می‌شود. نتایج حاصل از حفاری‌های مختلف بیانگر این است که ارزش شیب لایه‌بندی برای حفر چاه به این صورت است: شیب کمتر از ۱۰ درجه شرایط عالی، شیب بین ۱۰ تا ۳۰ درجه شرایط خوب، شیب بین ۳۰ تا ۴۰ درجه شرایط متوسط، ۴۰ تا ۶۰ شرایط بد و شیب بیش از ۶۰ درجه نیز دارای شرایط نامناسب است (بهروزی‌فر۱۳۸۹).

۲-۵- ساختارهای زمین‌شناسی

ساختارهای زمین شناسی به اشکال گوناگونی بر خصوصیات آبخوان‌های کارستی اثر می‌گذارند. اثر این ساختارها، نسبت به سایر عوامل موثر در آبخوان‌های کارستی در جاهای مختلف ممکن است از لحاظ کمیت و کیفیّت آن متفاوت باشد. رضایی و زمانی (Rezaei and Zamani 1998) ارتباط بین عناصر ساختاری مانند چین‌خوردگی، گسل، درزه، ضخامت و شیب لایه‌بندی را با پدیده‌های کارستی

در ناحیه اردکان فارس بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که عوامل ساختاری نقش مهمی در ایجاد و توسعه کارست در منطقه ایفا می‌کنند. مهم‌ترین عوامل زمین شناسی ساختمانی که بر جهت گیری جریان زیرزمینی و توسعه کارست در مناطق کارستی اثر دارند شامل چین‌خوردگی‌ها، درز و شکستگی‌ها و گسل‌ها می‌باشند.

الف- چین‌خوردگی‌ها

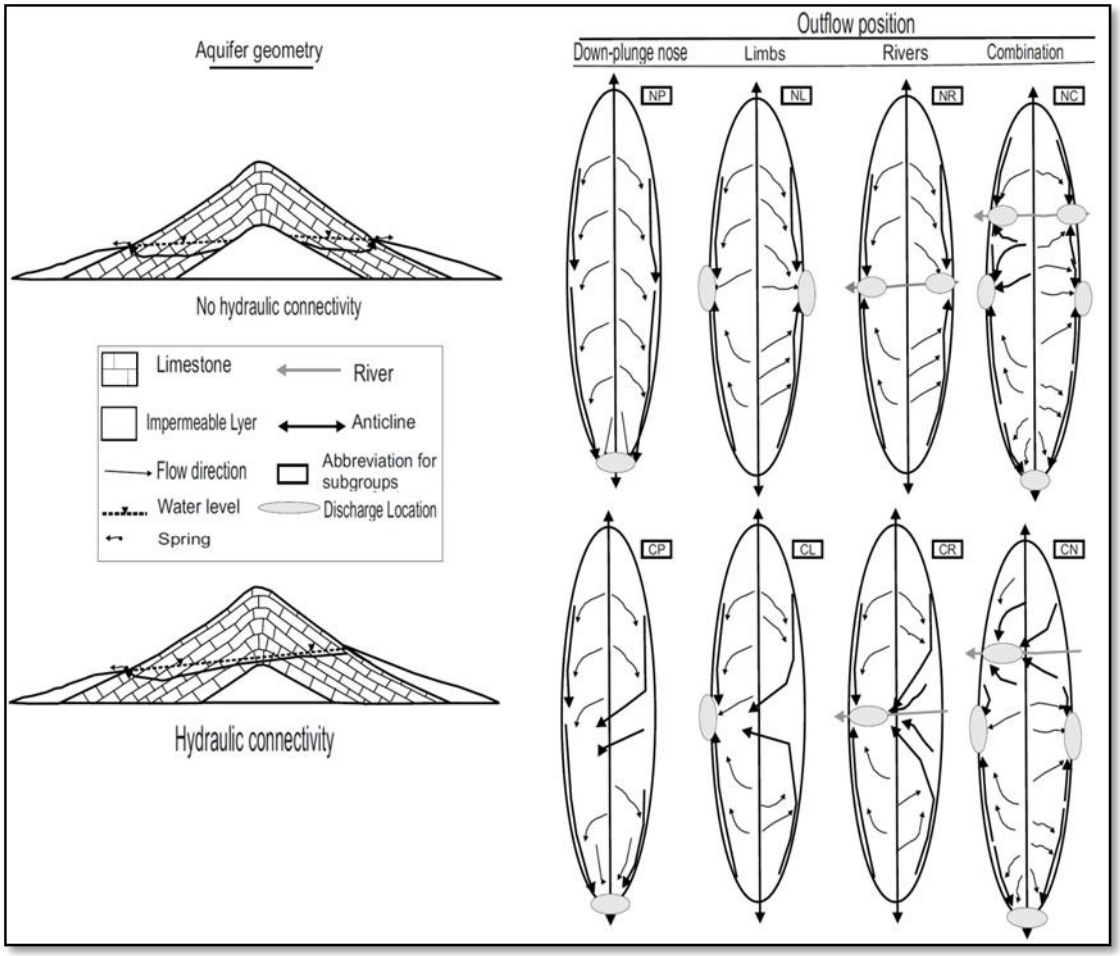
چین خوردگی‌ها شکل و گستردگی آبخوان، ذخیره سازی و شبکه زهکشی زیرزمینی آبخوان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ساختمان چین‌ها بر روی سیستم زهکش زیرزمینی، به ویژه در آبخوان‌های کم عمق، که سیستم زهکشی تحت کنترل چینه‌شناسی است، اثر مهمی دارند. در مقابل اثر چین خوردگی بر روی آبخوان‌های عمیق کارستی کمتر است (Zötl 1974, Bögli&Harum 1981, Andreo 1997, Goldscheider 2005, Herold *et al*. 2000, Jeannin *et al*. 1995 نقل از 2007 Goldscheide and Drew).

زاویه بین دو یال چین‌خوردگی (زاویه بستگی) نیز بر نوع سیستم زهکشی اثر دارد. در مناطقی که لایه‌ها دارای چین‌خوردگی ملایم هستند، سنگ‌های آهکی اغلب در درون زمین قرار گرفته و تمام منطقه از زیر زهکشی می‌گردد. زمانیکه چین‌ها بسته ترند، سنگ‌های آهکی در امتداد تاقدیس‌ها فرسوده شده و در امتداد ناودیس‌ها توسط مارن پوشیده شده‌اند و آبراهه‌های سطحی نیز در امتداد محور تاقدیس و ناودیس‌ها حضور دارند (Goldscheider 2005).

شیب محور چین‌خوردگی (پلانژ) نیز از عوامل تعیین کننده محل تخلیه جریان درون چین‌خوردگی بوده و پایین‌ترین نقطه آن محل مناسبی برای حفر چاه می‌باشد (بهروزی‌فر۱۳۸۹).

تاقدیس‌ها یکی از مهم‌ترین عوارض کنترل کننده مرزهای محلی و گسترش جانبی آبخوان‌ها در مناطق چین‌خورده هستند. اشجاری و رئیسی (Ashjari and Raeisi 2006) با بررسی تاقدیس‌های زاگرس به این نتیجه رسیده است که در مناطقی که لایه های نفوذناپذیر در هسته تاقدیس و بالاتر از

سطح ایستابی لایه کارستی قرار گرفته اند ارتباط هیدرولیکی بین این دو یال وجود ندارد. بر اساس قرارگیری آبخوان نسبت به محل تخلیه، و حضور یا عدم حضور ارتباط هیدرولیکی بین دو یال موقعیّت جریان و مجراهای اصلی هشت حالت امکان‌پذیراست (شکل ۲-۱). زمانیکه ارتفاع سطح ایستابی آبخوان کارستی پایین تر از سطح لایه نفوذناپذیر موجود در هسته تاقدیس است، ارتباط هیدرولیکی بین این دویال وجود ندارد و آب تغذیه شده به هر یال به طرف پاشنه آن یال حرکت خواهد کرد. مهم‌ترین سیستم مجرایی ممکن است در پای هر یال تاقدیس موازی امتداد، جایی که شاخه‌های کوچک به هم متصل می‌شوند توسعه پیدا کند. جهت‌گیری جریان درسیستم مجرایی در پای هر یال اساساً به موقعیّت محل تخلیه بستگی دارد.



شکل ۲-۱- حالت‌های ممکن برای جریان در تاقدیس‌های زاگرس (Ashjari and Raeisi 2006).

در مواردی که محور چین دارای یک پلانژ است آب کارستی به سیستم مجرایی اصلی موجود در پایین‌ترین بخش هر یال تاقدیس، که موازی امتداد تاقدیس بوده و بیشترین آب را از منطقه یال جمع‌آوری می‌کند محل مناسبی برای حفاری چاه می‌باشد.

اودا و همکاران (Odeh *et al*. 2009) در مطالعات خود درمنطقه Zerka River در غرب اردن به این نتیجه رسیدند که تاقدیس، باعث هم جهت شدن جریان آب‌های زیرزمینی در همان جهت پلانژ محور تاقدیس شده است.

به طور کلی فرض بر این است که کارستی شدن با افزایش عمق کاهش می‌یابد. اما در مورد سنگ‌های چین‌خورده اینگونه نیست. نیروهای کششی و درزه‌های باز در قسمت بیرونی چین خوردگی غالب‌اند در حالیکه نیروهای تراکم و درزه‌های بسته شده در قسمت داخلی حضور دارند. در نتیجه کارستی شدن به طور کلی با افزایش عمق ناودیس زیاد می‌شود اما در تاقدیس‌ها بالعکس با افزایش عمق کارستی شدن کاهش می‌یابد (Estrella 2002 نقل از Goldscheide and Drew 2007).

ناودیس‌های پلانژدار اصلی‌ترین مجاری آبگذر زیرزمینی را بوجود می‌آورند و تاقدیس‌ها به عنوان مرزهای محلی تقسیم آب عمل می‌کنند (Goldscheider 2010, 2005, Laronne 2005).

در مناطق دارای کارست عمیق، ناودیس‌ها معمولا از آب زیرزمینی اشباع هستند و ممکن است آب از طریق تاقدیس‌های مجاور به رسوبات و یا ناودیس اطراف سرریز کند به همین دلیل ممکن است در عرض چین خوردگی جریان زیرزمینی مشاهده شود (Goldscheider 2005).

زمانیکه سطح اساس آبخوان کارستی بالاتر از سطح اساس هیدرولوژیکی (سنگ کف) منطقه باشد، جریان آب‌های زیرزمینی نزدیک سطح زیرین آبخوان در بالای لایه ناتراوا (سنگ بستر) اتفاق می‌افتد و از شیب لایه ها به سمت خط القعر ناودیس پلانژدار که مهم‌ترین سیستم زهکشی منطقه را تشکیل می‌دهد تبعیت می‌کند.

ب- درزه‌ها و شکستگی‌ها

درزه‌ها شکستگی‌های بدون جابجایی قابل توجّه هستند که در نتیجه تغییر شکل شکننده سنگ و به طور معمول توسط نیروهای تکتونیکی ایجاد می‌شوند.

درزه‌ها متداولترین عنصر زمین‌شناسی ساختمانی هستند که در تمام سازندهای کارستی حضور دارند (Ford and Willams 2007). برخلاف پیچیدگی‌ها و ابهامات بسیار زیاد آبخوان‌های کارستی، مطمئناً آبخوان‌های کارستی مناسب‌ترین محیط برای حفظ اثر درزه‌ها هستند. در نتیجه امکان تعیین منشاء آنها وجود دارد (Bakalowicz 2005).

احمدی‌پور (Ahmadipour 1999) ذکر کرده است که در استان لرستان بسیاری از چشمه‌ها در طول خطواره‌های تکتونیکی و یا محل تقاطع این خطواره‌ها ظاهر شده‌اند. با توجّه به مورفولوژی مسیرهای غارها، جریان آب ورودی به آبخوان‌های کارستی عمدتاً در امتداد درز و شکستگی‌ها و لایه‌بندی و به میزان کمتر در امتداد تخلخل اولیه اتفاق می‌افتد (Palmer 2003).

دروگو (Drogue 1974)، تیم‌های تحقیقاتی گریلوت (Grillot 1977) و رازک (Razack 1980) نقل از (Bakalowicz 2005) ذکر کرده اند که روند شکستگی‌ها تعیین کننده توزیع شبکه کارستی است و اصلی ترین مجراها در امتداد گسل‌های اصلی و شگستگی‌ها و مجراهای کوچکتر در امتداد درزه‌ها قرار دارند، با این وجود بسیاری از هیدروژئولوژیست‌ها بر این باورند که سیستم کارستی تا حدی با سیستم شکستگی‌ها متفاوت است.

کروت و برگرون (Krothe and Bergeron 1981) با آنالیز ساختمانی درزه‌های برداشت شده از یک آبخوان آب زیرزمینی در مونتانیای آمریکا و مقایسه آن با رز دیاگرام‌های مربوط به آثار شکستگی موجود در عکس‌های هوایی منطقه مشخص نمودند که در هر دو مورد جهت‌گیری این ساختارها که در حقیقت بازتابی از زون‌های شکسته عمیق می‌باشد مشابه است. برداشت آثار شکستگی‌ها می‌تواند ابزار مناسبی برای تعیین مناطق با پتانسیل آب زیرزمینی باشد (اقتباس از جهانی ۱۳۷۲).

هن (Henne 1994) بیان کرده که درزه‌های رهایی که معمولاً در امتداد توپوگرافی و لایه‌بندی بر اثر باربرداری تشکیل می‌شوند، برای توسعه مجاری کارستی نیمه‌عمیق مناسب‌اند (نقل از 2007 Goldscheide and Drew). فورد و ویلیامز (Ford and Willam 2007) ذکر کرده‌اند بهترین توسعه کارست زمانیست که فاصله داری درزه‌ها زیاد تا خیلی زیاد باشد. مهم‌ترین خصوصیات درزه‌ها که بر جهت توسعه کارست و جهت جریان آب زیرزمینی اثر دارد به شرح زیر است:

فراوانی درزه‌ها باعث افزایش نفوذ آب‌های سطحی به زیر زمین می‌گردد و با ضخامت لایه رابطه مستقیم دارد. سنگ آهک‌های دارای لایه‌بندی ضخیم دارای چگالی شکستگی کم و بازشدگی خوب هستند اما سنگ آهک‌های با لایه‌بندی نازک دارای درزه‌های با چگالی بالا ولی بازشدگی کم هستند (Goldscheide and Drew 2007). سیدیکوی و پاریزاک (Siddiqui and Parizek 1971) ذکر کرده است که اغلب چاه‌هایی که در ایالت والی پنسیلوانیا در مناطق دارای شکستگی و یا محل تقاطع آنها حفر شده‌اند دارای آبدهی بیشتر هستند و نقاط با دانسیته بالای شکستگی محل مناسبی برای حفر چاه بهربرداری هستند (اقتباس از مینویی ۱۳۸۸).

لاتمن و پاریزاک (Lattman and Parizek 1964) در مطالعات خود در منطقه نیتانی (Nitany) در پنسیلوانیای مرکزی آمریکا بر روی اثر شکستگی‌ها بر گسترش کانالهای زیرزمینی تحقیقاتی انجام داده و نتایج را با استفاده از چندین حفاری و لاگ نگاری مقایسه کرده و به این نتیجه رسیده است لاگ سه چاه حفاری شده بر روی آثار شکستگی، نشانگر اینست که تا عمق ۳۵۰ فوت بسیاری از مجاری و کانال‌ها توسط چاه‌های حفر شده قطع گردیده است در حالیکه چاه‌های حفر شده در اطراف شکستگی‌ها فقط چندین مجرا و کانال زیرزمینی را قطع کرده است. به طور کلی در مناطق با چگالی بالای شکستگی هم توسعه کارست و هم تراوایی با تراکم شکستگی‌ها انطباق کامل دارند.

گسترش درزه‌ها باعث کانالیزه شدن جریان در امتداد شکستگی‌ها و درزه‌ها شده و پیوستگی درزه‌ها باعث افزایش ارتباط و نفوذپذیری و کاهش افت در مسیر جریان خواهد شد.

میچالسکی و بریتون (Michalski and Britton 1997) نقل از (Muldoon *et al.* 2001) پیشنهاد کرده‌اند که در سنگ‌های رسوبی درز و شکستگی دار، درزه‌های دارای طول بیش از ۵۰۰ متر می‌توانند قسمت اعظم آب زیرزمینی را انتقال دهند. در لایه‌های آهکی ضخیم لایه و توده‌ای، فاصله درزه‌داری، پیوستگی و عرض بازشدگی بیشتر است که برای نفوذ و گردش آب و در نتیجه کارستی شدن مناسب است (Goldscheide and Drew 2007).

نیک‌پیمان (۱۳۸۸) در مطالعه خود بر روی چشمه گیلاس به این نتیجه رسیده است که طویل بودن درزه‌ها باعث تمرکز کانال‌های دارای جریان می‌شود. به طور کلی هرچه درزه‌ها دارای تعداد کم و طول بیشتر باشند توسعه کارست بهتر است.

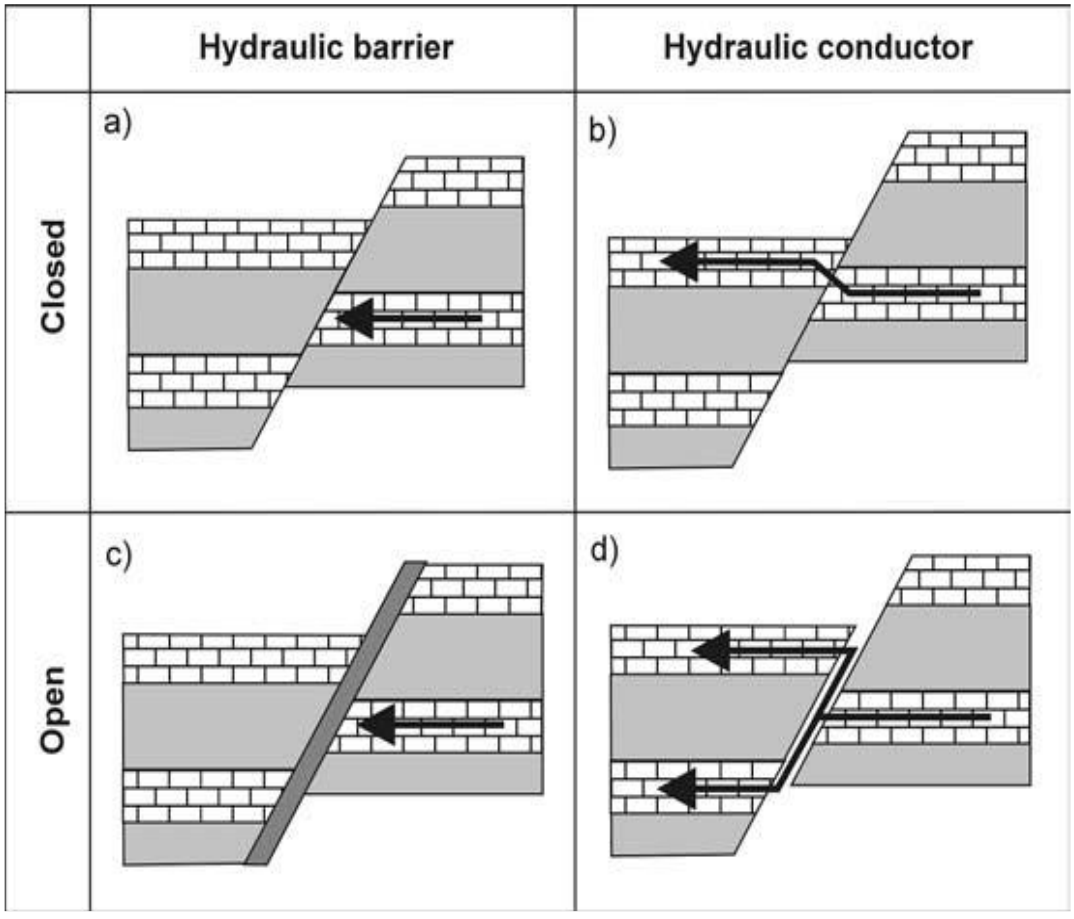
باز شدگی درزه‌ها ارتباط مستقیم با میزان نفوذ و جریان عبوری دارد که هر چه بازشدگی بیشتر باشد میزان نفوذ و جریان عبوری نیز بیشتر شده و در نتیجه کارستی شدن در آن جهت افزایش می‌یابد.

هندسه شکستگی می‌تواند بر روی عمق گسترش مجاری در زیر سطح ایستابی اثر مهمی داشته باشد (Wortington 2005). به طوری‌که هر چه سطح درزه زبرتر باشد سرعت جریان کمتر و در نتیجه مدت زمان تماس بین سنگ و آب افزایش یافته که باعث انحلال فراوانتر و توسعه بیشرکارست خواهد شد. پرشدگی ممکن است به صورت تبلور مجدد کلسیت و یا کوارتز باشد که بر اثر رشد در این درز و شکستگی ها تا حد زیادی امکان کاهش نفوذپذیری وجود دارد یا پر شدگی بوسیله رسوبات رسی برجای حاصل از فرسایش رخ دهد.

ج- گسل‌ها

گسل‌ها یکی از عوارض مهم در تعیین جهت جریان آب‌های زیرزمینی هستند. اثرات هیدرولوژیکی گسل‌ها به سه عامل وابسته است: باز شدگی عرضی صفحه گسل، حضور و نفوذپذیری مواد پر کننده و جابجایی گسل (Herold *et al.* 2000 نقل از Goldscheider and Drew 2007).

گسل‌ها ممکن است دارای سطح گسلی باز و یا بسته باشند. گسلهایی که دارای سطح بسته هستند، ممکن است با مجاور کردن یک لایه نفوذناپذیر از آبخوان دو سمت سطح گسل به عنوان یک مرز نفوذناپذیر عمل کنند (شکل۲-۲) و یا ممکن است در اثر پرشدن سطح بازشدگی گسل با مواد نفوذناپذیر و یا با نفوذپذیری بسیار پایین مثل رس و یا رگه‌هایی از کانیها و یا در اثر تبلور مجدد سنگ‌های برشی شده شدید یک مرز هیدرولیکی بوجود آورد. گسل‌های بسته ممکن است بر اثر ایجاد گوژ گسلی نیز یک مرز نفوذناپذیر بوجود آورند. در شرایطی که جابجایی در اثر گسل از ضخامت لایه نفوذناپذیر بیشتر باشد، ممکن است گسل دو آبخوان مجزا را به یکدیگر متصل کنند. زمانیکه بازشدگی سطح گسل پر نشده و یا مواد پر کننده دارای نفوذپذیری بیشتر از مواد آبخوان باشند، گسل‌ها ممکن است مسیرهای میانبر را در سنگ‌ها ایجاد کنند.



شکل۲-۲ حالت‌های مختلف اثر گسل برآب‌های زیرزمینی نقل از (Goldscheider and Drew 2007).

اوده و همکاران (Odeh *et al*. 2009) در مطالعات خود در منطقه اردن (Gordan) به این نتیجه رسیده‌اند که گسل موجود در منطقه شدیداً نفوذپذیر بوده به طوریکه بر اثر این تغییر نفوذپذیری، خطوط جریان زمانیکه عمود برجریان آب‌های زیرزمینی هستند واگرا، و زمانیکه با آن موازیند همگرا شده است.

خواص هیدروژئولوژیکی یک گسل در امتداد آن دارای توزیع یکنواخت نیست. به طوریکه یک گسل ممکن است در یک محل به عنوان سد و در جای دیگر به عنوان مجرای بین دو آبخوان عمل کند.

آپایدین (Apaydin 2010) در مطالعات خود در منطقه بیپازاری (Beypazari) در ترکیه به این نتیجه رسیده است که گسل موجود در منطقه زاویا (Zaviye) در قسمت مرکزی به عنوان مجرا و مسیر ترجیحی جریان آب‌زیرزمینی عمل کرده، اما در قسمت شرقی و غربی به عنوان یک مرز نفوذناپذیر عمل می‌کند. گسل‌ها در مناطق مختلف اثرات متفاوتی بر جریان آبهای زیرزمینی دارند و این اثر به نوع لیتولوژی و شرایط تکتونیکی منطقه بستگی دارد.

۲-۶- عوامل ژئومورفولوژیکی

عوامل ژئومورفولوژیکی از پارامترهای مهم و تعیین کننده در توسعه کارست و جهت‌داری این توسعه هستند و به طریق مستقیم و یا غیر مستقیم، از طریق اثر بر سایر عوامل و کنترل آنها بر روی توسعه کارست اثر می‌گذارند.

مطالعات ژئومورفولوژی شامل تعیین و نقشه برداری تمامی عوارض زمین‌شناسی، توپوگرافی و سیستم زهکشی منطقه می‌باشد، که در تعیین مناطق تغذیه و مناطق مستعد جهت برداشت آب‌های زیرزمینی نقش مهمی دارد (Singhal and Gupta 2010).

عوامل ژئومورفولوژیکی موثر بر جریان و توسعه کارست را می‌توان در مناطق کارستی به دو گروه عوارض توپوگرافی و عوارض کارستی تقسیم‌بندی کرد.

۲-۶-۱- عوارض توپوگرافی

عوارض توپوگرافی به دو طریق بر آبخوان‌های زیرزمینی و جهت‌گیری جریان در آن اثر دارد که شامل شیب توپوگرافی و سطح اساس فرسایش می‌باشد. مهم‌ترین این عوامل سطح اساس فرسایش محلی و محل قرارگیری آن است.

الف- سطح اساس محلی: از نظر تئوری سطح اساس فرسایش پایین ترین سطحی است که توسط فرسایش می‌تواند بوجود آید. اشجاری و رئیسی (Ashjari and Raeisi 2006) ذکر کرده‌اند که مهم‌ترین عوامل ژئومورفولوژیکی موثر بر شرایط مرزی و موقعیّت مناطق تغذیه و مناطق تخلیه شامل برجستگی‌ها و سطح اساس محلی می‌باشند.

اولین نیروی محرک آب برای حرکت در آبخوان‌ها سطح اساس فرسایش است. سطح اساس تعیین کننده محل تخلیه، پایین بودن محلی سطح آب و جهت تخلیه آب است. لگراند (Legrand 1983) معتقد است که سطح اساس در فهم انحلال و فرآیند توسعه کارست مهم است و ممکن است که سطح دریا، یک رودخانه دائمی آبگیر و یا یک لایه نفوذناپذیر در زیر آبخوان کربناته به عنوان سطح اساس باشد (نقل از Ashjari 2007).

در حالت عمومی جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌ها به طرف سطح اساس می‌باشد و تمام آبخوان به سمت آن زهکش می‌شود. اگرچه سنگ‌شناسی، گسل‌ها و ساختارها فاکتورهای مهمی در کنترل جهت جریان آب زیرزمینی هستند، اما اثر آنها لزوماً کمتر از اثر سطح اساس فرسایش می‌باشد (Ford andWilliams 1989; Milancovic 2000; White 2001 نقل از Ashjari 2007).

ارتفاع توپوگرافی : یکی از عوامل مهم که در توسعه کارست، غالباً به طور غیر مستقیم اثر می‌گذارد ارتفاع است که بر روی عوامل موثر بر کارست اثر گذاشته و از این طریق اثر خود را بر روی توسعه کارست اعمال می‌کند. متغیرهای کنترل کننده فرآیندهای کارستی به سه عامل عمده شیمیایی، فیزیکی و موقعیت هیدروژئولوژیکی تقسیم می‌شوند (White 2002). یکی از پارامترهای فیزیکی

اختلاف ارتفاع است که نقش موثری در میزان وقوع بارندگی، تبخیر و تعرق، دما و وضعیت پوشش گیاهی دارد که پوشش گیاهی به نوبه خود از عوامل مؤثر در مقدار نفوذ و روانآب است.

وربوسک و وسلیک (Verbovšek and Veselič 2008) ذکر کرده‌اند که بسیاری از چاه‌های با بده بالا در نقاط پست قرار داشته و از روند دره‌ها تبعیت می‌کنند و چاه‌های با بده پایین در مناطق با ارتفاع بالا قرار دارند. در سنگ‌های کربناته، مناطق پست و دره‌ها به طور طبیعی نشانگر مناطق تخلیه آب-های زیرزمینی و همچنین مناطق شکسته شده تکتونیکی هستند.

شیب توپوگرافی: شیب توپوگرافی یکی از عوامل ژئومورفولوژیک موثر بر توسعه کارست است. فورد و ویلیامز (Ford and Willams 2007) ذکر کرده‌اند که در مناطق دارای شیب بیش از ۲۰ درجه، جریان زیر سطحی و شیب هیدرولیکی در اغلب موارد با شیب توپوگرافی تقریباً موازی است. در دره‌های خشک کوهستان مندیپ (Mendip Hills) در انگلیس زمانیکه شیب دره بیشتر از ۰/۴ است فروچاله‌ها حضور ندارند.

گلدشیدر (Goldscheider 2005) در منطقه مورد مطالعه به این نتیجه رسیده است که توپوگرافی معمولا با چین‌خوردگی انطباق دارد به طوریکه ناودیس‌ها عموماً دره ساز و تاقدیس‌ها تپه سازند. با این وجود گاهی نیز حالت دره ساز در مورد تاقدیس‌ها دیده می‌شود زمانیکه لایه آهکی توسط فرسایش حذف شده و لایه زیرین که شیلی یا مارنی است در معرض فرسایش قرار گرفته و بر اثر فرسایش در امتداد محور تاقدیس ما شاهد شکل‌گیری دره هستیم که از اطراف با لایه‌های آهکی شیب‌دار محاط شده است. شرایط توپوگرافی اثرات زیادی را بر روی پارامترهای هیدرولیکی می‌گذارد. ماندگاری آب در نقاط کم شیب به دلیل ایجاد شیب هیدرولیکی کم نسبت به مناطق پرشیب که باعث ایجاد شیب هیدرولیکی زیاد می‌شود بیشتر است.

۲-۶-۲- عوارض کارستی

شناخت پدیده‌ها و عوارض کارستی ایجاد شده می‌تواند به شناخت سیستم‌های کارستی و جهت جریان و نقاط تخلیه و تغذیه کمک قابل توجّهی بنماید. به این دلیل مطالعه ژئومورفولوژی کارست جزء اولین مرحله از مطالعات کارست است.

پراکنش مکانی عوارض کارستی ممکن است نتیجه‌ای از شکستگی باشد و بنابراین یک انعکاسی از هندسه شبکه مجاری زیرزمینی باشد. دولین‌ها و فروچاله‌ها معمولاً در محل تلاقی دو دسته درزه و یا شکستگی قرار دارند. دولین‌های منظم شده در یک امتداد و دره‌های خشک اغلب از روند درزه‌های اصلی و یا گسل‌ها متابعت می‌کنند که ممکن است تشکیل مجاری ترجیحی توسعه غارها و جریان آب‌های زیرزمینی بدهند (Ford and William 1989 نقل از Goldscheide and Drew 2007).

توسعه یافتگی کارست در همه جا منوط به حضور اشکال سطحی کارستی نیست و نظریه عدم توسعه کارست در مناطق فاقد اشکال سطحی کارستی درست نیست، نمونه بارز این موضوع غار علیصدر همدان است که به ندرت ما شاهد حضور اشکال سطحی کارستی هستیم، ولی کارست در عمق توسعه یافته می‌باشد (کریمی ۱۳۸۹). اگرچه در مناطق کارستی ژئومورفولوژی نشانگر عوارض کارستی سطح زمین است اما با این وجود یک بیان از توسعه کارست‌های نیمه‌عمیق منطقه و ساختار آبخوان آهکی را در اختیار ما قرار می‌دهد (Goldscheide and Drew 2007).

مهم‌ترین عوارض کارستی مرتبط با جریان آب‌زیرزمینی و نمایانگر جهت آن به شرح زیر است:

دره‌های کارستی: یکی از عوارض ژئومورفولوژیکی رایج در مناطق کارستی بوده که ممکن است در مناطق کارستی ندرتاً حالت دائمی داشته و معمولاً فصلی هستند. دره‌ها ممکن است در برخی نقاط به عنوان رودخانه آبگیر و در برخی نقاط به شکل آبده آبخوان‌های کارستی منطقه را تغذیه و یا تخلیه کنند. بر طبق مدل ارائه شده توسط میلانوویچ (Milanovic 1988) برای توسعه درّه‌های کارستی این عارضه نیز می‌تواند در شناسایی جهت جریان آب‌زیرزمینی مفید باشد به طوری که جهت عمومی جریان زیرزمینی با جهت درّه‌ها هم‌خوانی دارد و درّه‌ها در این مناطق به عنوان یک زهکش عمل می-

کنند. والش (Walsh 2008) در مطالعه خود در منطقه به New Mexico این نتیجه رسیده است که چشمه‌ها به طور ترجیحی در مناطق دارای درزه‌های موازی با رودخانه‌ها قرار گرفته‌اند که این بیانگر امکان وجود مسیرهای ترجیحی جریان در امتداد دره‌ها یا این روند است.

کارن‌ها: کارن ها از فراوانترین عوارض نواحی کارستی هستند که نقش عمده‌ای در تعیین نوع و روند تغذیه بر عهده دارند. در مناطقی که عمق کارستی شدن زیاد نباشد می‌توانند در جهت جریان آب زیرزمینی نقش داشته باشند. بسیاری از کارن‌های خطی در امتداد درزه‌های فرعی، رگه‌ها، استیلولیت‌ها و یا شکستگی های کوچک رشد کرده‌اند و ممکن است در راستای عمود بر استیلولیت‌ها توسعه پیدا کنند (Pluhar and Ford 1970 نقل از Ford and Williams 2007)

فروچاله‌ها: راکوویت و همکاران (Racovit *et al*. 2002) یک مطالعه جامع تفصیلی بر روی کارست-های منطقه زیس هوتار (Zece Hotare) در کشور رومانی انجام داده‌اند، نتایج بیانگر انطباق بسیاری از فروچاله‌ها با مسیر دره‌های خشک و شبکه زهکشی منطقه است (نقل از Ford and Williams 2007). کرسیک (Kersic 1995) بیان کرده است که می‌توان از آرایش کمی فروچاله‌ها و اوولاها برای تعیین جهت جریان در محیط کارستی استفاده کرد.

معمولا در سیستم‌های همگن، آرایش سینک‌هول‌ها با سیستم درزه‌های غالب و یا جهت لایه‌بندی در عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای قابل مشاهده است. بنابراین از فروچاله‌ها برای تشخیص مناطق دارای نفوذ سریع (فروچاله‌هاهای قیفی شکل) و یا جریان جانبی (فروچاله‌های ریزشی) می‌توان استفاده نمود (McCoy and Kozar 2008).

گودی‌های مسدود: در نواحی کوهستانی گودی‌های مسدود محل‌هایی هستند که امکان حضور آب‌زیرزمینی در آنها به شرطی وجود دارد که سطح اساس فرسایش منطقه و عمق توسعه کارست در منطقه پایین نباشند. در صورت پایین بودن سطح اساس از سطح کارستی‌شدن توسعه عمقی کارست افزایش یافته و باعث پایین رفتن آب‌زیرزمینی و تخلیه سریع پلیه خواهد شد.

پلیه‌ها: یکی از مناطق مستعد دارای آب در مناطق کارستی هستند که معمولاً از آبرفت و رسوبات پوشیده هستند که این آبرفت‌ها معمولاً توانایی ذخیره آب زیرزمینی را دارند.

با استفاده از شکل، جهت‌گیری و شکل ظاهری پلیه‌ها تا حدی می‌توان جهت جریان را که از بالای پلیه به پایین آن است تشخیص داد به طوری که جریان از یک سو به داخل پلیه وارد شده و از سوی دیگر از طریق فروچاله و یا پونرها به درون آبخوان تغذیه می‌شوند.

غارها: غارهای انحلالی در امتداد مسیرهای بیشینه جریان آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌شوند، بنابراین یک نقشه صحیح غارها بیانگر این است که کدامیک از شبکه‌های تغذیه محلی و ساختارهای زمین‌شناسی دارای اهمیّت بیشتر در تعیین شبکه جریان می‌باشد (Palmer 2009). تهیه نقشه زمین‌شناسی غارها و مقطع عرضی یک ارزیابی خوب از ساختارهای کنترل کننده غار ارائه می‌دهد که نشانگر رابطه بین ساختار و کارست درونی (Endokarst) می‌باشد (Ballesteros *et al* 2011).

پالمر (Palmer 2009) در مطالعات خود در مناطق چین خورده کوهستانی و دارای درّه آپالاش (Appalachian) به این نتیجه رسیده که بسیاری از غارها دارای طویل شدگی شدید، از روند خطی توپوگرافی، که موازی امتداد لایه‌هاست تبعیت می‌کند.

۲-۷- هیدروژئولوژی

۲-۷-۱- چشمه‌ها

چشمه‌ها مناطقی هستند که به طور طبیعی در آن مناطق تخلیه آب صورت می‌گیرد. در مناطق کارستی قسمت اعظم آب‌های زیرزمینی در یک و یا چند چشمه در سطح زمین ظاهر می‌شوند که شاید مهم‌ترین ویژگی مناطق کارستی نیز همین باشد (White 2002). کاظمی (۱۳۸۵) ذکر کرده که در مطالعات هیدروژئولوژی سازندهای سخت، چشمه‌ها از اهمیّت خاصی برخوردار بوده و منبع مناسبی برای بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیک آبخوان‌های زیرزمینی می‌باشند و چشمه‌ها را در

صورت دائمی بودن و حضور داشتن به تعداد کافی می‌توان به عنوان معرف سطح دینامیک در آبخوان در نظر گرفت.

خدایی (۱۳۷۹) در مطالعه خود در منطقه ارومیه ذکر کرده که بین محل ظهور چشمه‌ها و مناطق دارای پتانسیل بالای آب‌های زیرزمینی انطباق بسیار خوبی مشاهده می‌شود.

۲-۷-۲- واحدهای هیدرواستراتیگرافی

شناسایی واحدهای سنگ چینه‌ای یک توالی زمین‌شناسی را می‌توان برای شناسایی واحدهای آب چینه‌ای (هیدرواستراتیگرافی) و در نهایت جهت تفکیک توالی به آبخوان‌های مختلف بکار برد. یک سازند زمین‌شناسی اگرچه ممکن است از نظر چینه شناسی یک واحد در نظر گرفته شود اما این سازند ممکن است از نظر هیدروژئولوژی به چندین واحد مجزا با خواص هیدرولیکی مختلف و یا آبخوان های مجزا تقسیم‌بندی گردد. یا ممکن است چندین سازند با خصوصیات چینه‌شناسی مختلف به عنوان یک واحد هیدرواستراتیگرافی در نظر گرفته شوند. حضور لایه‌های مارن وآهک مارنی در ساختگاه سد خرسان۳، باعث بوجود آمدن چندین آبخوان مطبق آزاد و محبوس بر روی هم با خواص متفاوت شده است که در برخی نقاط نیز با هم ارتباط دارند (کریمی ۱۳۸۹).

۲-۷-۳- مرزهای هیدرولیکی

یکی از مهم‌ترین عوامل در حضور یا عدم حضور آب‌های زیر زمینی نوع مرزهای هیدرولیکی در آبخوان می‌باشد به دلیل این که در صورت عدم حضور مرزهای مناسب امکان دارد آبی در آبخوان ذخیره نشود و آب نفوذی به آبخوان سریعاً از دسترس خارج شود. از طرفی شناسایی مرزهای هیدرولیکی و نحوه ارتباط با آبخوان مورد مطالعه، جهت ارزیابی امکان برداشت و یا برآورد معادله بیلان برای یک آبخوان از ضرروری‌ترین عوامل می‌باشد. مرزهایی که به صورت سد زیرزمینی (لایه-های شیلی و مارنی، دایک و یا گوژ گسلی) عمل کرده، مانع فرار آب می‌شوند، و یا جریان را وادار به

حرکت در مسیر خاصی می‌کنند. حضور سازندها و یا رسوبات آبرفتی با تراوایی بالاتر در مجاورت یک آبخوان می‌تواند در جهت‌گیری جریان موثر باشد و محل تخلیه آبخوان را تعیین کند و یا برعکس امکان تغذیه از اینگونه سازندها به درون آبخوان کارستی نیز دور از انتظار نیست و در بسیاری از موارد این اتفاق رخ می‌دهد (سلیم ۱۳۸۹).

نحوه ارتباط با رودخانه‌ها که یک مرز هیدرولیکی به شمار می‌آیند نیز در مناطق کارستی از اهمیّت فوق العاده برخوردار است. دریو و کوکسن (Drew and Coxon 1988) ذکر کرده اند تبادل بین آب‌های زیرزمینی و سیستم زهکشی زمین در مناطق کارستی به دلیل خصوصیات و نفوذپذیری بالای آبخوان‌های کارستی به شدت بالا می‌باشد.

۲-۷-۴- معادله بیلان

معادله بیلان ارزیابی کمی مجموع منابع آب یک حوضه در یک دوره زمانی مشخص است. یکی از مهم‌ترین روش‌های ارزیابی امکان حضور آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف استفاده از معادله بیلان و برقراری رابطه بین ورودی و خروجی سیستم است. با شناخت صحیح ورودی و خروجی‌ها به یک آبخوان می‌توان دریافت که در یک آبخوان، آب زیرزمینی قابل برداشت وجود دارد و یا سیستم در تعادل است و برداشت هر گونه آب بیشتر منجر به آسیب به آبخوان می‌شود. معادله بیلان به ما کمک می‌کند تا حضور و یا عدم حضور آب‌های سطحی و یا زیرزمینی را جهت برنامه‌ریزی برای استفاده‌های متعدد و کاربریها و در نتیجه مدیریت کارآمد آب‌های زیرزمینی ارزیابی کنیم.

۲-۸- روش‌های موجود برای یافتن محل مناسب برای احداث چاه

لاتمن و پاریزاک (Lattman and Parizak 1964) اثر شکستگی‌ها در عکس‌های هوایی را بیانگر وجود مناطق خرد شده در زیر زمین می‌دانند. و ذکر کرده‌اند که از اثر این شکستگی‌ها می‌توان برای

تشخیص مناطق خرده شده در زیر زمین استفاده نمود. آن‌ها رابطه بین اثر شکستگی‌ها و میزان توسعه مجاری انحلالی را بررسی کرده و بیان نمودند که در محل حضور اثر شکستگی‌ها، چاه‌های حفر شده به مجاری انحلالی بیشتری برخورد کرده است. در این مناطق چاه‌های حفر شده دارای آبدهی ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از مناطق اطراف بوده است و محل مناسبی برای احداث چاه بهره‌برداری می-باشد.

کاظمی و همکاران (Kazemi *et al*. 2009) ذکر کرده‌اند که از روابط بین فراوانی چشمه‌ها با عناصر ساختاری، خطواره‌ها، شبکه هیدروگرافی، لیتولوژی و عوامل توپوگرافی می‌توان برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی استفاده کرد.

جیل و همکاران (Jill *et al*. 2009) با استفاده از دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، یافتن تعیین محل مناسب جهت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در بواکو (Boaco) در کشور نیکاراگوئه (Nicaragua) انجام داده‌اند. به این صورت که با استفاده از تصاویر مختلف (,ASTER Landsat7 ETM+, QuickBird, RADARSAT-1) و DEM اقدام به استخراج خطواره‌ها کرده و نقاط دارای دانسیته و طول زیاد خطواره‌ها را به عنوان بهترین محل برای حفاری چاه معرفی کرده‌اند. بهترین انطباق بین خطواره‌های بدست آمده از پردازش تصاویر با شواهد صحرایی نتایج حاصل از RAdARSET-1 بوده است.

سیرینوا و جاگران (Sirinvasa and *Jugran* 2003) از دورسنجی وسیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تعیین مناطق مستعد حضور آب‌های زیرزمینی در سازندهای سخت در منطقه چیتور (Chittoor) در هند استفاده کرده‌اند. در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی، نقشه زهکشی و از تصاویر ماهواره‌ای جهت استخراج سایر اطلاعات (پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خطواره‌ها)، از بازدید صحرایی برای اندازه‌گیری اطلاعات چاه‌های آب و از کارهای آزمایشگاهی برای تعیین خصوصیات آب وکیفیّت آن استفاده شده است. نتایج این مطالعه بیانگر اینست که مناطق دارای شیب زیاد و چگالی خطواره

متوسط تا زیاد نشان دهنده پتانسیل پایین می‌باشد اما مناطق دارای چگالی متوسط خطواره‌ها و شیب کمتر از ۳۵ درجه توانایی ذخیره آب را در خود دارند.

هونتون (Huntoon 1992) در مطالعات خود در منطقه جنوب چین به این نتیجه رسیده است که عمق کارستی شدن و درجه انحلال سنگ‌های کربناته به چندین فاکتور زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی بستگی دارد که این عوامل شامل نوع سنگ کربناته، درجه خلوص، تراکم شکستگی‌ها، دبی ویژه، سن سیستم گردش آب و غیره می‌شود. ایشان در مطالعات خود در منطقه جنوب چین، ذکر کرده است که بهترین روش برای تعیین محل‌های اشباع، استفاده از توپوگرافی و نشانه‌های کارست فعّال مثل چشمه‌ها، فروچاله‌ها و رودخانه‌های فرورو می‌باشد.

سولمان و کویل (Solomon and Quiel 2006) با استفاده از سنجش از دور، نقشه‌های ارتفاعی (DEM) ، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بازدیدهای صحرایی و ترکیب این اطلاعات به مطالعه وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه ایرتریا (Eritrea) پرداخته است که نتایج آن نشان‌دهنده کنترل حضور آب‌های زیرزمینی توسط لیتولوژی، زمین‌شناسی ساختمانی و اشکال زمین‌شناسی می‌باشد. چاه‌ها و چشمه‌های با بده بالا اغلب با خطواره‌های بزرگ منطقه، محل تقاطع آن‌ها و یا ساختارهای متناظر با آن‌ها ارتباط دارد.

صفرعلیزاده و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به شناسایی محل‌های مستعد حضور آب‌های زیرزمینی پرداخته‌اند. در این مطالعه لایه‌های اطلاعاتی مرتبط با این عوامل، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های مربوط به بازدیدهای صحرایی تهیه، و در سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده شده است سپس نقشه‌ی مربوط به هر لایه با توجّه به وزن مورد نظر تهیه شد. در نهایت لایه‌ها با هم تلفیق شد و نقشه پهنه‌های مستعد و با پتانسیل بالای آب زیرزمینی تهیه گردید.

خدائی (۱۳۷۹) با استفاده از دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به شناسایی پتانسیل آب زیرزمینی، با استفاده از نمایانگرهای آب زیرزمینی در منطقه ارومیه کرده است. در

مطالعه از لایه‌های اطلاعاتی پوشش گیاهی، خطواره‌ها، آبراهه‌ها، سنگ‌شناسی و توپوگرافی استفاده شده است و نتایج حاصله با روش ژئوفیزیکی و محل چشمه‌ها صحت سنجی شده است که دارای انطباق قابل قبولی می‌باشد.

رنگزن و همکاران (Rangzan *et al*. 2008) با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به تعیین محل چاه در تاقدیس لالی در استان خوزستان کرده‌اند. در این مطالعه از لایه‌های اطلاعاتی لیتولوژی، زمین‌شناسی ساختمانی، شیب توپوگرافی، ارتفاع و تراکم زهکشی استفاده شده است. فاکتور اصلی در این مطالعه فاصله از چشمه‌های منطقه که در ارتفاع بین ۴۰۰ تا ۹۰۰ متر وجود دارند در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی کارایی این مدل نتایج حاصل از حفاری ۱۰ چاه، که یکی از آنها ناموفق بوده و نه چاه دیگر موفق بوده است، مورد استفاده قرار گرفته است. شش چاه در محدوده تعیین شده قرار داشته و چاه ناموفق نیز در منطقه نامطلوب تعیین شده توسط این مدل قرار گرفته است.

تام و بتلن (Tam and Batelaan 2005) در منطقه Meo Vac Valley در کشور ویتنام با استفاده از سنجش از دور (تصاویرSPOT 5) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به تعیین مناطق مناسب برای برداشت آب از منابع کارست کرده‌اند. در این مطالعه از دورسنجی برای تعیین گسل‌های دارای اثر هیدروژئولوژیکی استفاده شده و نقشه مذکور با نقشه پراکنش خطواره‌ها، جهت کلی جریان سطحی و اطلاعات هیدروژئولوژیکی موجود ترکیب شده و برای تعیین مسیر جریان استفاده شده است. در این مطالعه ذکر شده است که با استفاده از آنالیز تصاویرSPOT 5 نسبت ۴/۱ به همراه جهت جریان سطحی می‌توان مسیرهای انحلالی در مناطق پست را شناسایی نمود. اعتبار مناطق تعیین شده با این روش، با استفاده از اندازه‌گیری ژئوفیزیکی و مطالعات صحرایی هیدروژئولوژیکی دقیق مورد تایید قرار گرفته است.

فصل سوم: روش انجام کار

به منظور تعیین مکان مناسب برای حفر چاه آب شرب در سازندهای آهکی منطقه کرند، از روشهای زمین شناسی، هیدروژئولوژی و نیز ابزار سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. روش مذکور توانایی تصمیم‌گیری چند متغیره داشته و به ما این امکان را می‌دهد که عناصر تأثیرگذار در حضور آب‌زیرزمینی در منطقه را به طور همزمان در نظر گرفته و جهت مکان-یابی از مجموعه آنها استفاده شود. اقداماتی که برای مکان‌یابی محل مناسب برای حفر چاه در سازندهای کارستی منطقه کرندغرب انجام شده است به شرح زیر می‌باشد:

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات و گزارش‌های مرتبط با موضوع

بررسی مطالعات پیشین و تحقیقات انجام شده قبلی در هر ناحیه اولین مرحله از مطالعه و تحقیق می‌باشد. بر این اساس در این تحقیق نیز به بررسی مطالعات مرتبط با منطقه شده است.

سحابی (۱۳۷۶) مطالعات زمین شناسی حوضه الوند را انجام داده است که بخشی عمده‌ای از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود و از نتایج زمین‌شناسی آن در تهیه و اصلاح نقشه زمین‌شناسی منطقه و ستون‌های چینه‌شناسی استفاده شده است.

جمال‌الدینی (۱۳۷۶) به بررسی واحدهای لیتواستراتیگرافی و زمین‌شناسی ساختمانی در منطقه دیره-پاطاق با نگرشی ویژه به منابع آب کارستی پرداخته است. قمی‌اویلی (۱۳۷۶) رخنمون‌های کربناته منطقه کربناته نوا- قلاجه را از نظر لیتواستراتیگرافی و کارستی شدن بررسی کرده است. از نتایج حاصل از این مطالعات نیز در بررسی واحدهای هیدرواستراتایگرافی و هیدروژئولوژیکی منطقه

استفاده شده است. شرکت نهادآب (۱۳۸۵) به بررسی هیدروژئولوژیکی بخش کوچکی از منطقه جهت احداث سد زیمکان اقدام کرده است. با توجه پیزومترهای حفر شده در محدوده سد زیمکان در اطراف روستای توتشامی جهت جریان آب‌زیرزمینی به سمت چشمه توتشامی می‌باشد.

کریمی (Karimi 2003) به بررسی و اکتشاف آبخوان‌های کارستی حوضه الوند پرداخته که منطقه مورد مطالعه را تحت پوشش قرار می‌دهد. با توجه به این مطالعه حوضه آبگیر برخی از چشمه‌ها مشخص شده است.

اشجاری (Ashjari 2007) به بررسی روند جریان در تاقدیس‌های زاگرس پرداخته که دو تاقدیس منطقه مورد مطالعه (پاطاق و ناودیس ریجاب) نیز بخشی از محدوده مطالعاتی ایشان بوده است. جهت تعیین حوضه آبگیر چشمه‌های منشاء گرفته از این چین‌خوردگی‌ها استفاده شده است. جمع آوری آمار و اطلاعات در هر منطقه اولین قدم در شناسایی و تعیین روش مطالعه و بررسی، اطلاع یافتن از آمار موجود و نقص آمار در منطقه می‌باشد. در این مرحله اقدام به جمع آوری آمار و اطلاعات بارش، دبی چشمه‌ها، آمار چاه‌های پیزومتری، در منطقه و مناطق همجوار شده است.

تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های تهیه شده پیشین اطلاعات کلی از منطقه در اختیار ما قرار داده و در بررسی و مطالعه جزئی و درک پدیده‌های محلی کمک شایانی خواهد نمود. به همین منظور در این مرحله تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های تهیه شده پیشین تهیه و جمع‌آوری شده و مورد بررسی قرار گرفته و مسیرها و محل‌های بازدید اولیه تعیین شدند.

۳-۲- بازدیدهای صحرایی

با وجود توسعه وسایل و امکانات سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای، بازدید صحرایی به عنوان بهترین روش جهت شناسایی و ارزیابی مناطق مختلف مطالعات زمین‌شناسی می‌باشد. طی دو مرحله بازدید از منطقه اقدام به بررسی سازندها و واحدهای سنگی جهت شناسایی این واحدها و بررسی خواص و

خصوصیات کارستی شدن در آنها شده است. طی بازدیدهای صحرایی میزان دقت و صحت نقشه‌های مورد استفاده نیز ارزیابی شده است و در صورت مشاهده خطا و یا اشتباه اقدام به رفع آن شده است.

۳-۳- تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس مناسب

نقشه‌های زمین‌شناسی دارای دقت کافی در زمین‌شناسی یکی با اهمیت‌ترین عوامل در دقت نتایج حاصله می‌باشد. در نقشه‌های زمین‌شناسی لیتولوژی و ساختارهای زمین‌شناسی از پارامترهای مهم موثر بر آبهای زیرزمینی می‌باشد.

برای تعیین واحدهای لیتولوژی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرند (۱۳۸۴) و ۱/۵۰۰۰۰ طرح تأمین‌آب کرند (۱۳۶۵) تهیه شده توسط شرکت مهندسین مشاور ایرانشهر با انجام اصلاحات استفاده شده است. با توجه به وسیع بودن منطقه امکان بازدید از تمام منطقه فراهم نمی‌باشد. اصلاحات بر روی نقشه‌های مذکور با بازدید صحرایی و نمونه‌گیری و تهیه مقاطع نازک و مطالعه بر روی آنها انجام گردید.

۳-۴- مطالعات هیدروژئولوژیکی

۳-۴-۱- تهیه نقشه هم پتانسیل در دشت‌های منطقه

اطلاع از نحوه ارتباط آبخوان‌های آبرفتی و آبخوان‌های کارستی جهت درک جریان آب‌زیرزمینی در منطقه ضروری است. بنابراین اقدام به تهیه نقشه‌های هم پتانسیل منطقه با توجه به اطلاعات پیزومتری موجود در منطقه شده است. به دلیل اینکه در منطقه فقط دشت کرند دارای چاه‌های پیزومتری می‌باشد تنها برای این دشت نقشه هم‌پتانسیل و جهت جریان تهیه شده است.

۳-۴-۲- تهیه نقشه هیدروژئولوژیکی منطقه و جهت جریان کلی

بررسی هیدروژئولوژی به منظور ارزیابی جهت کلی جریان و تعیین حوضه آبگیر چشمه‌های کارستی موجود در منطقه انجام شده و نقشه واحدهای هیدروژئولوژیکی منطقه تهیه شده است. سطح اساس محلی مهمترین عامل در تعیین جهت جریان در یک آبخوان کارستی می‌باشد، چشمه‌های هر منطقه به عنوان سطح اساس فرسایش محلی آن محدوده عمل می‌کنند. چشمه‌های تخلیه کننده هر آبخوان سطح اساس محلی آن در نظر گرفته شده است. مساحت حوضه آبگیر هر چشمه با استفاده از میزان نفوذ در منطقه (۴۰ درصد) و با توجه به دبی خروجی سالانه از چشمه‌ها مشخص شده است. سرانجام با توجه به شرایط زمین‌شناسی و توپوگرافی حوضه آبگیر هر چشمه و جهت جریان آب‌زیرزمینی در حوضه تعیین شده است.

۳-۵- استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پردازش و مکانیابی

لازمه تجزیه و تحلیل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه لایه‌های اطلاعاتی می‌باشد. لایه‌های اطلاعاتی ورودی به نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) از دو نوع رستری و یا وکتوری (برداری) هستند. هر کدام از این نوع لایه‌ها می‌توانند از نوع پلی‌گونی، خطی و یا نقطه‌ای باشند. لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از اطلاعات منطقه‌ای موجود و نقشه‌های مختلف از قبیل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و هیدروژئولوژی تهیه شده‌اند.

اطلاعات و آمار منطقه بایستی به مدل و لایه‌های قابل فهم برای نرم‌افزار تبدیل شده و آنها را به زبان نرم‌افزاری تبدیل نمود. برای این منظور اقدام به تهیه پایگاه اطلاعاتی در محیط GIS شده و لایه‌های مختلف در این محیط با استفاده از سایر اطلاعات و نقشه‌ها تولید گردید.

۳-۵-۱ تهیه لایه‌های اطلاعاتی جهت ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

لیتولوژی و چینه‌شناسی:یکی از لایه‌های مهم جهت برای تشخیص جهت جریان آب‌زیرزمینی و تعیین محل مناسب احداث چاه لایه لیتولوژی و چینه‌شناسی هر منطقه می‌باشد. برای تعیین واحد-های لیتولوژی و چینه‌شناسی از نقشه پایه استفاده شده است.

چین‌خوردگی‌ها: با توجه به اهمیت چین‌خوردگی‌ها در جهت‌گیری جریان آب زیرزمینی و لزوم شناسایی دقیق خصوصیات آنها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای مطالعه خصوصیات چین‌ها مثل شیب لایه‌ها در هر یال و امتداد از نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های موردی استفاده شده است. با استفاده از نرم افزارهای زمین‌شناسی ساختمانی اقدام به رسم نمودار و دیاگرام جهت بدست آوردن روند سطح محوری و پلانژ چین‌ها شده است.

تراکم گسل‌ها و شکستگی‌ها: با توجه به اهمیت گسل‌ها و شکستگی‌ها در تعیین نفوذ و توسعه کارست و نیز تعیین جهت جریان، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و انجام گردازش فیلتر بر روی آنها و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث (Google Earth) و نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرند اقدام به رسم گسل و شکستگی‌های منطقه شده است. نقشه تراکم گسل و شکستگی‌های منطقه با استفاده از نرم‌افزار GIS تهیه شده است.

فاصله از گسل‌ها و شکستگی‌ها: با استفاده از لایه گسل و شکستگی‌های منطقه اقدام به تهیه نقشه فاصله هر محل نسبت به شکستگی‌ها با استفاده از نرم‌افزار GIS شده است.

ژئومورفولوژی حوضه: ژئومورفولوژی و توپوگرافی حوضه نقش بسیار تعیین کننده‌ای در تعیین محل تخلیه و تغذیه یک سفره دارد و به این دلیل بایستی مورد توجه قرار گیرد. با استفاده از نرم افزار Global maper و تصاویر SRTM اقدام به تهیه نقشه مدل ارتفاعی (DEM) منطقه گردیده است. در محیط نرم افزار GIS با استفاده از توابع موجود در این محیط اقدام به تعیین شیب توپوگرافی شده است.

عمق دره‌های کارستی منطقه: با استفاده از مدل ارتفاعی (DEM) منطقه و تصاویر سه‌بعدی گوگل‌ارث (Google Earth) اقدام به مشخص کردن حوضه آبگیر هر دره کارستی شده است.

با مشخص کردن تعدادی پروفیل عمود بر روند دره کارستی اقدام به تعیین عمق هر دره کارستی در منطقه شده و در نهایت نقشه عمق دره‌های کارستی با استفاده از نرم‌افزار GIS در منطقه مورد مطالعه تهیه شده است.

ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش منطقه‌ای: ارتفاع نسبت به سطح اساس منطقه‌ای تعیین کننده میزان ماندگاری آب در هر منطقه است. هرچه مقدار این اختلاف زیاد باشد شیب هیدرولیکی افزایش یافته و سرعت جریان به سمت مناطق تخلیه بیشتر شده و در نتیجه ماندگاری آب در ناحیه کاهش می‌یابد. جهت تعیین سطح تراز در سفره کارستی از سطح اساس محلی استفاده شده و به عنوان پایین‌ترین سطح در نظر گرفته شده است. با استفاده از نقشه مدل ارتفاعی (DEM) و نرم‌افزار GIS اقدام به تعیین ارتفاع هر محل نسبت به سطح اساس منطقه‌ای شده است.

۳-۵-۲- تعیین ارزش و وزن لایه‌ها

هر لایه از نظر اکتشاف آب‌زیرزمینی دارای ارزش متفاوت می‌باشد. بر این اساس به هر لایه یک وزن کل (برحسب درصد) جهت پردازش داده می‌شود. هر کدام از لایه‌ها نیز به رده‌های مختلف تقسیم‌بندی شده و به هر رده ارزشی از یک تا ۱۰ داده شده است. بهترین حالت دارای ارزش ۱۰ و نامناسبترین حالت دارای ارزش ۱ می‌باشد. تعیین ارزش بر اساس قضاوت کارشناسی بوده و از سایر مطالعات انجام شده در مناطق کارستی (خدائی۱۳۷۹، عبادیان ۱۳۸۱) نیز استفاده شده است.

۳-۶- اولویت‌بندی محدوده‌های تعیین شده جهت حفر چاه

در این مرحله از مطالعه با هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی متعدد مناطق دارای اولویت تعیین می‌شوند. به صورتیکه مناطق دارای بیشترین امتیاز مناسبترین محل و مکانهای با کمترین امتیاز نامناسبترین محل می‌باشند. در مرحله اول پردازش محدوده‌های با بیشترین امتیاز مشخص شده و در مرحله بررسی تحلیلی مورد ارزیابی نهایی قرار گرفته‌اند. در نهایت جهت تعیین مناطق مستعد و تعیین اولویت از نتایج پردازش نرم‌افزار و اعمال بررسی تحلیلی بر روی آنها استفاده شده است.

فصل چهارم: تعیین محل مناسب جهت احداث چاه در سازندهای کارستی

تعیین محل حفر چاه در سازندهای سخت، با توجه به کمبود منابع آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی و افزایش گرایش به استفاده از آب‌های زیرزمینی موجود در این سازندها اهمیت خاصی پیدا کرده است. با توجه به عدم موفقیت حفاری در سازندهای سخت و کارستی و هزینه بالای انجام حفاری، مطالعه این سازندها به منظور شناسایی مکان‌های مناسب جهت حفر چاه به منظور برداشت از این آبخوان‌ها ضروری می‌باشد. هدف اساسی از این تحقیق، تعیین محل مناسب به منظور حفر چاه برای تأمین آب شرب شهر کرندغرب می‌باشد. در این مطالعه سعی بر این بوده که از روشها و اصول اولیه زمین شناسی و هیدروژئولوژی و نیز ابزار سنجش از دور اقدام به تهیه لایه‌های اطلاعاتی مختلف کرده و از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت پردازش، وزن‌دهی و هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی استفاده شود. استفاده از تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور در تحقیقات آبهای زیرزمینی، امکان درک بهتری از عوارض و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف را فراهم کرده و نهایتاً نتایج حاصل دارای دقت و صحت بیشتری خواهند بود.

۴-۱- مطالعات هیدروژئولوژیکی انجام شده در منطقه

مطالعات هیدروژئولوژیکی انجام شده در منطقه به چند مطالعه ناحیه‌ای و اجمالی محدود می‌شود. در اکثریت مطالعات انجام شده، تنها بخشی از محدوده مورد نظر پوشش داده شده است. به دلیل کلی بودن و یا ناشناخته بودن تمام عوارض زمین‌شناسی در منطقه، خطاهایی هم در ارزیابی‌ها صورت

گرفته است. مطالعات هیدروژئولوژیکی انجام شده در منطقه و یا بخش‌هایی از منطقه به شرح زیر می‌باشند:

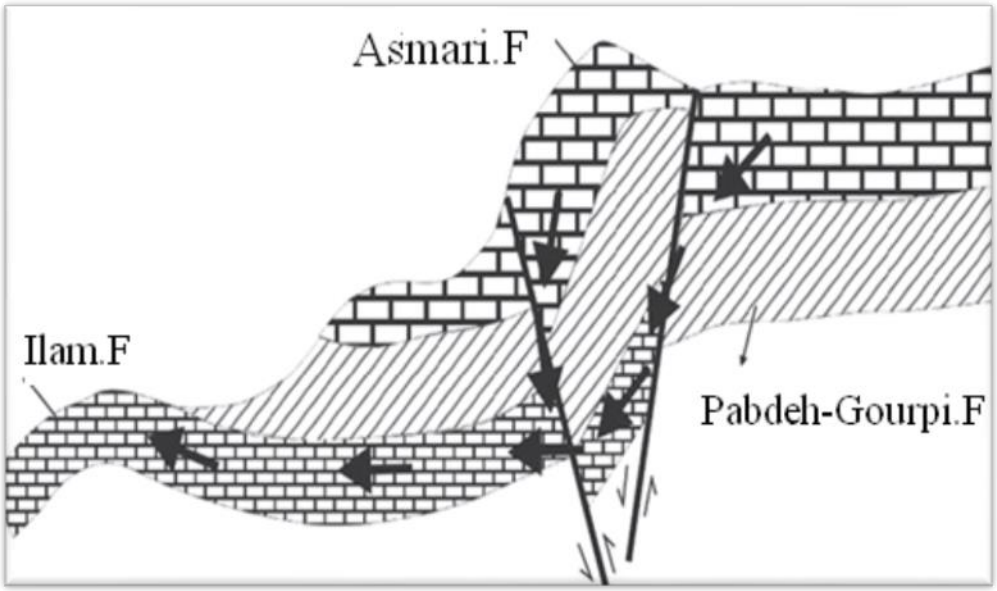
سحابی (۱۳۷۶) مطالعات زمین شناسی حوضه الوند را انجام داده است که بخشی از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. ایشان در محدوده ناودیس ریجاب (دالاهو) ذکر کرده‌اند که کارستی شدن در این محدوده در امتداد درز و شکستگی‌ها و لایه‌بندی شکل گرفته است.

شرکت نهادآب (۱۳۸۵) به بررسی هیدروژئولوژیکی بخش کوچکی از منطقه در اطراف روستای توتشامی جهت احداث سد زیمکان اقدام کرده است. جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه توتشامی به سمت رودخانه زیمکان می‌باشد.

کریمی (Karimi 2003) به بررسی خصوصیات آبخوان‌های کارستی حوضه الوند پرداخته که منطقه مورد مطالعه را تحت پوشش قرار می‌دهد. در نتیجه این مطالعه حوضه آبگیر چشمه‌های منطقه تعیین و به دو گروه با هدایت الکتریکی کمتر از ۵۰۰ و بیشتر از ۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر تقسیم‌بندی شده است.

اشجاری (Ashjari 2007) به بررسی روند جریان در تاقدیس‌های زاگرس پرداخته که قسمتی از منطقه مورد مطالعه (تاقدیس‌های پاطاق و ریجاب) نیز بخشی از محدوده مطالعاتی ایشان بوده، با توجه به مطالعات ایشان ارتباط بین یال‌های تاقدیس پاطاق به دلیل قرارگیری سازند پابده در هسته و در ارتفاع بالا نسبت به آبرفت‌های مجاور قطع شده است.

کریمی و اشجاری (Kraimi and Ashjari 2009) عملیات ردیابی در مجاورت منطقه گل‌درّه انجام داده‌اند که بخش کوچکی از منطقه را شامل می‌شود. آن‌ها ذکر کرده‌اند در اثر گسلش در منطقه و جابجایی به سمت بالای سازند ایلام در بخشی از منطقه ارتباط هیدرولیکی بین سازند ایلام و آسماری- شهبازان برقرار شده است (شکل ۱-۴).



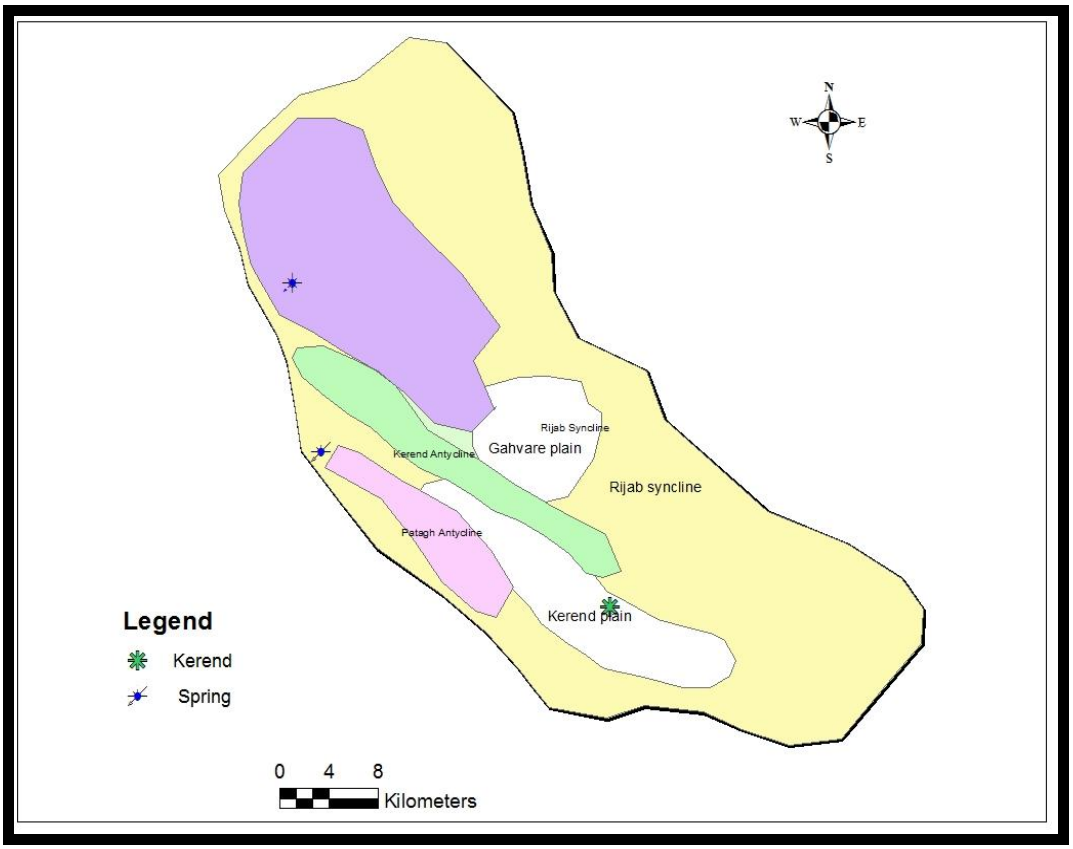
شکل ۴-۱- رابطه هیدرولیکی بین سازند آسماری و ایلام (Kraimi and Ashjari 2009).

۴-۱-۱- حوضه آبگیر چشمه‌ها

در نواحی کارستی اغلب آبخوان‌ها در مناطق پایین دست به صورت متمرکز در یک چشمه یا به صورت پراکنده در چندین چشمه و یا به آبخوان‌های کارستی و یا آبرفتی مجاور تخلیه می‌شوند و همه این عوامل توسط مرزها و عوارض زمین‌شناسی کنترل می‌گردند. حوضه آبگیر چشمه‌های هر منطقه از مجموعه عوامل زمین‌شناسی و توپوگرافیکی تبعیت می‌کند. جهت تعیین حوضه آبگیر هر چشمه با توجه به میانگین سالانه دبی خروجی و در نظر گرفتن حجم آب خروجی سالانه از هر چشمه به عنوان ورودی به سیستم از طریق تغذیه بارندگی اقدام به تعیین مساحت مورد نیاز جهت نفوذ حجم آب مذکور گردید.

با استفاده از این روش می‌توان ضریبی از نفوذ را در نظر گرفته و مساحت حوضه آبگیر را محاسبه نمود و در نهایت با تلفیق عوامل موثر در تعیین حد و مرز حوضه آبگیر چشمه‌ها اقدام به تعیین محدوده حوضه آبگیر هر چشمه می‌گردد. مهمترین چشمه‌های محدوده مورد مطالعه شامل ریجاب، مآراب، توتشامی می‌باشند که به ترتیب دارای دبی متوسط ۳۳۰۰،۴۸۰ و۲۷۰ لیتر بر ثانیه می‌باشند.

چشمه‌های کرند و حریر به ترتیب با دبی متوسط ۲۳ و ۵ لیتر بر ثانیه می‌باشند. سیستم جریان در چشمه‌های منطقه از نوع افشان بوده و درز و شکستگی‌ها نقش عمده در ذخیره و انتقال آب در منطقه دارند (Karimi 2003). شکل (۴-۱) محل چشمه‌های بررسی شده توسط (Karimi 2003) به همراه حوضه آبگیر هر کدام از آنها را نشان می‌دهد. با توجه به کلی بودن مطالعه و مد نظر بودن حوضه الوند در مطالعه مذکور چشمه‌های مهم ریجاب و مآراب از محدوده مطالعه اخیر بررسی شده است.



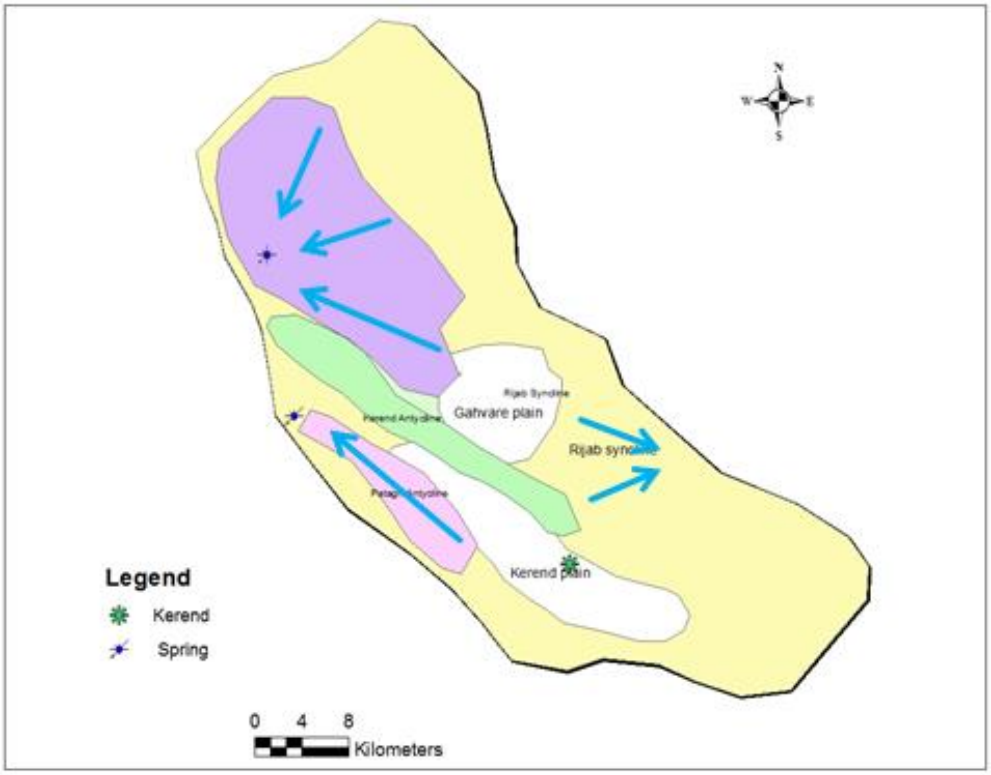
شکل ۴-۲- حوضه آبگیر چشمه‌های منطقه (اقتباس از Karimi 2005).

۴-۱-۲- جهت عمده جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های کارستی

تعیین جهت عمده جریان در مناطق کارستی از اهمیت زیادی برخوردار است به این دلیل که در هر منطقه جهت‌های اصلی جریان سایر عوامل را تحت تأثیر خود قرار داده و ممکن است اثر آن‌ها را از

بین ببرد و یا از اثر آنها بر روی روند جریان بکاهد. بنابراین، عدم شناسایی جهت اصلی جریان در منطقه کارستی موجب برداشت اشتباه از وضعیت آبخوان شده و در نهایت ارزیابی نادرست هیدروژئولوژی منطقه می‌شود.

با توجه به مطالعات هیدروژئولوژیکی انجام شده در منطقه (Karimi 2005) و (Ashjari 2007) و بررسی‌های زمین‌شناسی انجام شده در منطقه (سحابی ۱۳۷۶)، (قمی‌اویلی ۱۳۷۶) و (جماالدینی ۱۳۷۶) می‌توان مدل هیدروژئولوژیکی ذیل را برای منطقه ارائه نمود.



شکل ۴-۳- روند عمومی جریان در حوضه آبگیر چشمه‌ها و دشتهای آبرفتی منطقه.

۴-۱-۳- برآورد مقدار نفوذ در کارست‌های منطقه

نفوذ یکی از مهمترین پارامترها در بررسی بیلان هیدروژئولوژی منابع آب‌های زیرزمینی در سازندهای کارستی می‌باشد. در نواحی کارستی، بخش عمده نفوذ از طریق شکستگی‌ها، فروچاله‌ها و سایر حفرات

انحلالی انجام می‌شود و به همین دلیل تعیین دقیق درصد نفوذ در مناطق کارستی بسیار مشکل است. بر اساس تجارب موجود (رهنمایی۱۳۷۳، کریمی ۱۳۷۶، رئیسی ۱۳۷۸ نقل از Karimi 2003) ضریب نفوذ در مناطق کارستی بین ۴۰ تا ۹۰ درصد متغیر است.

ضریب نفوذ ۴۰ درصد مربوط به نواحی با بارندگی کم، درجه حرارت بالا و تبخیر زیاد و یا نواحی دارای پوشش خاک می‌باشد. ضریب ۹۰ درصد مربوط به نواحی دارای فروچاله، میزان بارندگی بالا و بالا بودن سهم برف در بارش سالانه می‌باشد. در مناطق فاقد فروچاله حداکثر میزان نفوذ ۷۰ درصد می‌باشد. ضریب نفوذ در منطقه مورد مطالعه می‌تواند بین ۵۰ تا ۷۰ درصد متغیر باشد؛ چون وضعیت بارش در حد بینابین موارد فوق‌الذکر است (Karimi 2003).

۴-۱-۴- وضعیت کیفی آب در آبخوان‌های کارستی منطقه

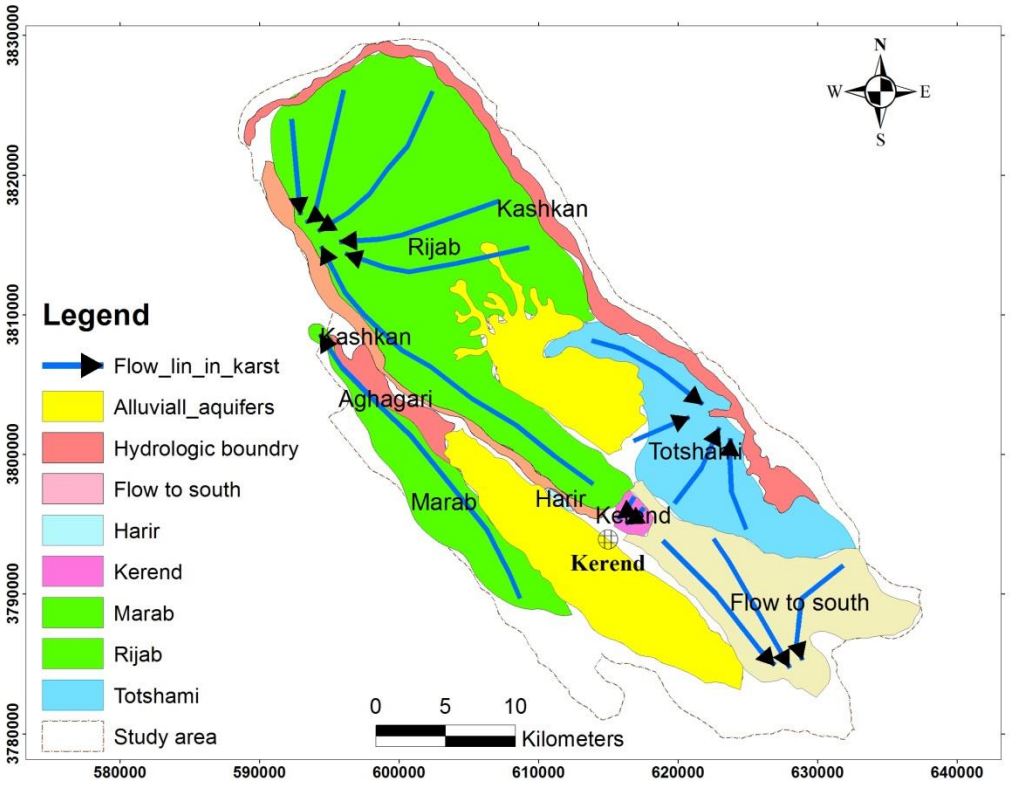
بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعات انجام شده به وسیله کریمی (2003) بر روی چشمه‌های منطقه مورد مطالعه، میانگین هدایت الکتریکی در چشمه‌های کارستی منطقه حدود ۳۷۰ میکروزیمنس بر ثانیه می‌باشد. آبخوان‌های آبرفتی به دلیل دارا بودن املاح محلول بالاتر، دارای مقادیر هدایت الکتریکی بالاتری هستند. به این ترتیب که مقادیر آنها از ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر ثانیه متغیر می‌باشد (قدس‌نیرو ۱۳۸۹). تیپ آبهای منطقه بیکربنات کلسیم و منیزیم و نسبت Ca/Mg کمتر از ۳ می‌باشد که نشانگر تأمین آب چشمه‌های منطقه توسط سازندهای دولومیتی – آهکی می‌باشد (Karimi 2003) می‌باشد.

۴-۲- ارائه مدل هیدروژئولوژیکی اولیه منطقه

با توجه به شرایط توپوگرافی و زمین‌شناسی در منطقه، کریمی (Karimi 2005) اقدام به تهیه مدل هیدروژئولوژیکی از آبخوان‌های کارستی حوضه الوند کرده است (شکل ۴-۳) با توجه به مدل ارائه شده

جهت عمده جریان در منطقه به سمت چشمه ریجاب و مآراب بوده و روند جریان ناحیه‌ای به سوی شمال‌غرب منطقه می‌باشد. مدل ارائه شده در منطقه به طور ناحیه‌ای بوده و در مقیاس وسیع قابل بررسی و استفاده می‌باشد.

از آنجایی که در این مطالعه بررسی جزئی منطقه مد نظر است بایستی مدل ارائه شده بازسازی و چشمه‌های کوچک و آبخوان‌های آبرفتی نیز مورد توجه قرار داده شوند. با توجه به شرایط مرزی و عوامل کنترل کننده جریان کلی در منطقه، مدل ارائه شده اندکی بازسازی شده و محل چشمه‌ها کارستی و حوضه آبگیر هر کدام از آن‌ها مشخص شده است. با توجه به رخنمون واحد نفوذناپذیر کشکان با سیمان سیلیسی در زیر واحد آسماری – شهبازان در منطقه شمال و شمال شرقی کرند در محدوده ناودیس ریجاب (دالاهو) این واحد نقش یک مرز هیدروژئولوژیکی را داشته و به عنوان یک مرز نفوذناپذیر عمل نموده به نحوی که جریان آب را از اطراف در درون واحد آهکی آسماری- شهبازان محدود می‌کند. در زیر واحد آسماری- شهبازان، سازند نفوذناپذیر پابده با ترکیب شیلی و مارنی قرار دارد. به دلیل قرارگیری این واحد در تاقدیس پاطاق ارتباط هیدرولیکی بین دو یال تاقدیس مذکور وجود ندارد (Ashjari 2007). این سازند به صورت مرز عمل کرده و جریان را به حرکت در پاشنه‌های تاقدیس وادار می‌کند. ارتباط هیدرولیکی بین این تاقدیس و دشت کرند به دلیل قرارگیری سازند نفوذناپذیر آغاجاری قطع شده است و جریان زیرزمینی و سطحی در دو سوی مخالف در جریان هستند. جریان سطحی به سمت جنوب شرق و جریان زیرزمینی تقریباً به سمت شمال غرب در جریان می‌باشد.



شکل ۴-۴- مدل هیدروژئولوژیکی منطقه بر اساس مطالعات پیشین و بررسی‌های اولیه.

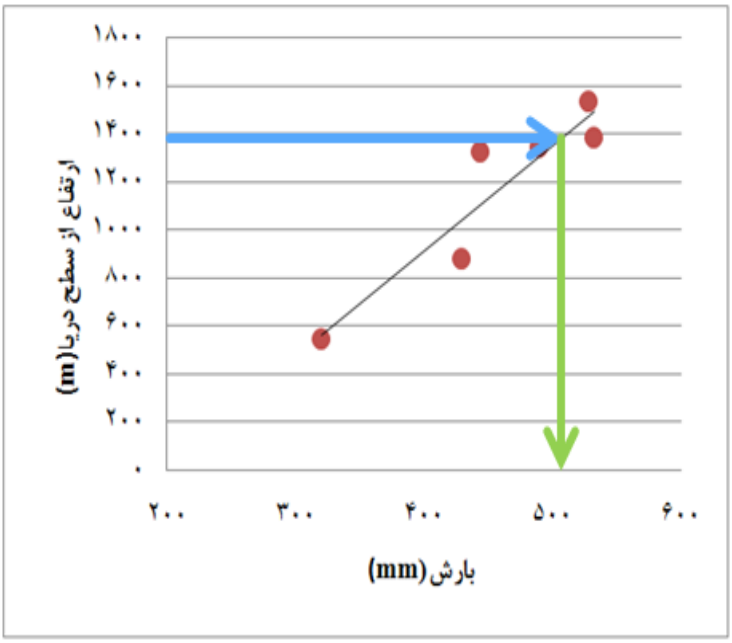
۴-۳- تکمیل و اصلاح مدل هیدروژئولوژیکی منطقه

با توجه به شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی محدوده‌های نهایی هر چشمه تعیین شده است. میزان نفوذ در تمامی منطقه۴۰ درصد لحاظ شده انجام شده است. مقدار نفوذ لحاظ شده در تمامی چشمه‌ها و حوضه آبگیر آنها، با توجه به شرایط ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی ارزیابی شده و دارای صحت قابل قبولی می‌باشد.

۴-۳-۱- ارزیابی بیلان هیدروژئولوژیکی منطقه

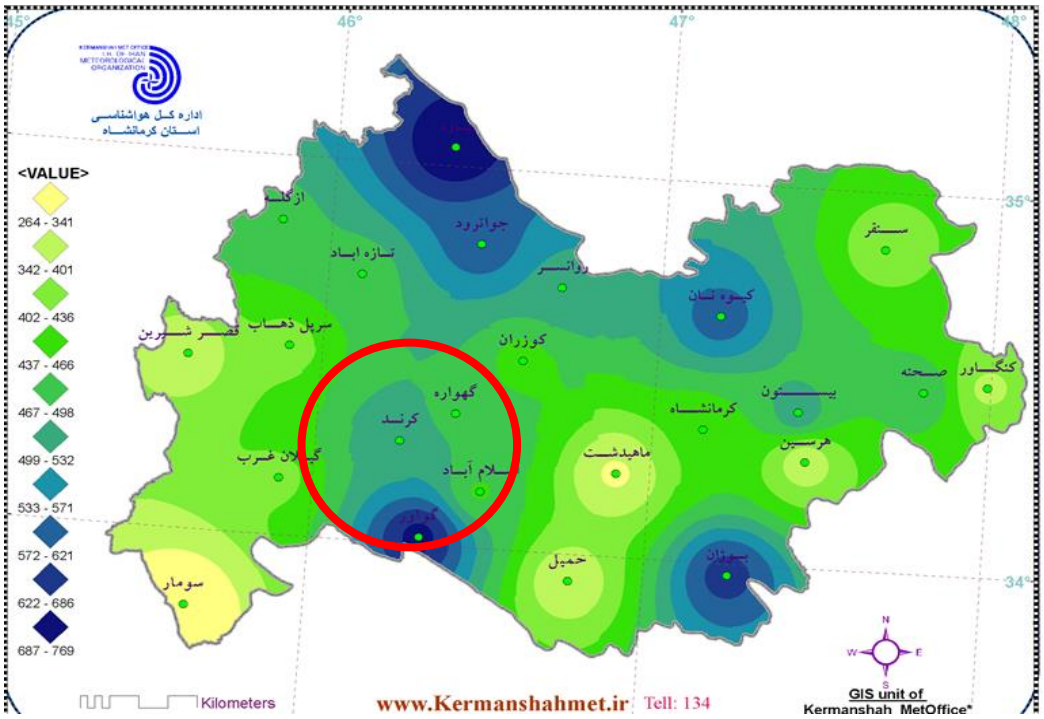
معادله بیلان از جمله روش‌هایی است که در ارزیابی وضعیت کلی آبخوان‌ها کارآیی دارد. جهت بیلان هیدروژئولوژیکی در منطقه بایستی ورودی و خروجی‌ها مشخص شوند. بدین منظور بایستی بارش، نفوذ،حوضه آبگیر و خروجی سالانه از چشمه‌ها مشخص شوند. با استفاده از آمار ایستگاه‌های موجود

در منطقه و نواحی اطراف اقدام به تهیه منحنی هیپسومتری شده (شکل۴-۵) و با توجه به آن و نیز ارتفاع متوسط حوضه آبگیر چشمه‌های منطقه میزان متوسط بارش در هر ناحیه تعیین شده که به طور متوسط ۵۳۲ میلیمتر در سال در کل منطقه می‌باشد.



شکل ۴-۵- منحنی هیپسومتری در منطقه مورد مطالعه.

مقدار بارندگی متوسط برآورد شده با نقشه ارائه شده توسط اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه همخوانی دارد (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- منحنی هم باران منطقه کرند و نواحی اطراف (سایت سازمان هواشناسی کرمانشاه).

با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه لایه‌ها غالباً افقی و یا نزدیک به افقی هستند و عوارض کارستی نشان‌دهنده توسعه کارست در منطقه مشاهده نمی‌شوند، درصد نفوذ منطقه حدود ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است. به منظور ارزیابی بیلان هیدروژئولوژیکی منطقه و تعیین حوضه آبگیر چشمه بدین صورت عمل می‌شود:

۱- تعیین مناطق آهکی که در منطقه مورد مطالعه بالاتر از سطح اساس محلی (چشمه تخلیه کننده) قرار دارند.۲- در صورت وجود موانع هیدرولیکی بین آهکهای منطقه مشخص شده و سطح اساس محلی (چشمه‌های بزرگ) آن محدوده‌ها را از حوضه آبگیر لحاظ شده حذف می‌کنیم. ۳- با توجه به بارندگی، نفوذ و دبی خروجی سالانه (جدول ۴-۱) مساحت مورد نیاز هر چشمه محاسبه می‌شود. در نهایت با استفاده از خصوصیات زمین‌شناسی، توپوگرافی منطقه،گرادیان هیدرولیکی مورد نیاز و هیدروژئولوژی منطقه محوضه آبگیر هر چشمه مشخص می‌شود (شکل ۴-۷).

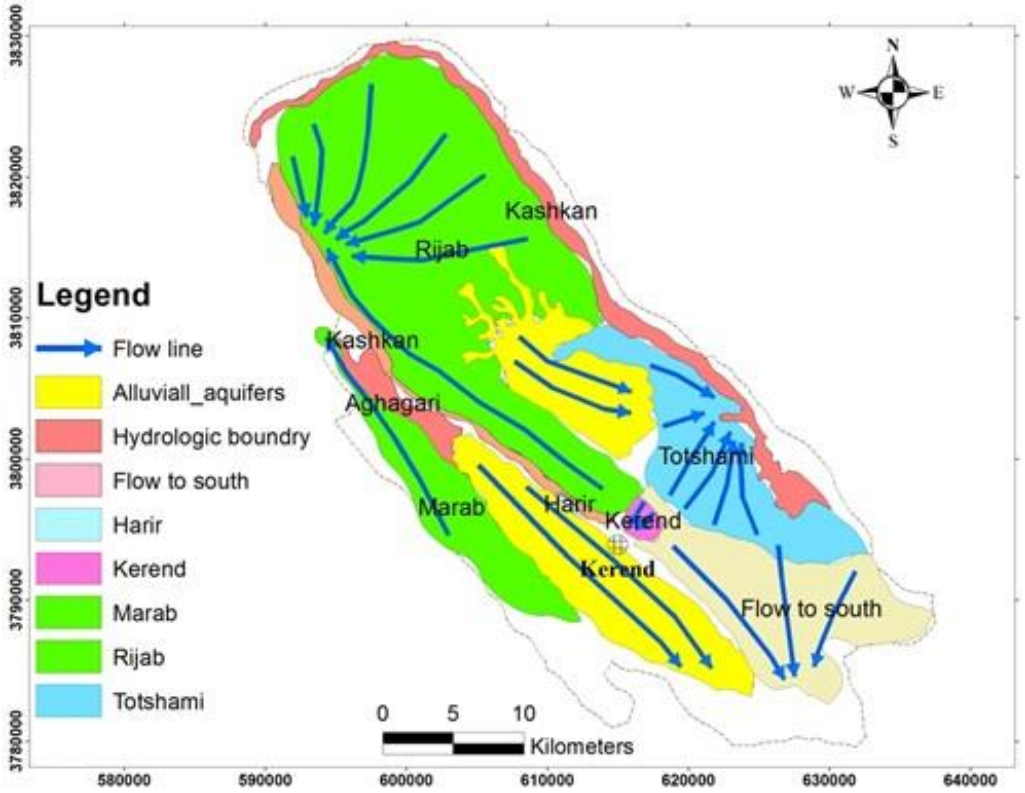
جدول ۴-۱- آمار چشمه‌های خروجی از منطقه ریجاب و پاطاق.

نام چشمه	دبی (L/s)	ارتفاع متوسط حوضه (m)	ارتفاع خروجی از سطح دریا (m)	بارندگی بر اساس منحنی هیپسومتری (mm)	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	مساحت حوضه (km^2)
ریجاب	۳۳۰۰	۱۹۱۵	۱۱۲۰	***545***	۳۷۰	۴۷۷/۱
توتشامی	۲۷۰	۱۷۳۰	۱۶۲۰	***518***	۳۷۴	۴۱/۱
کرند	۲۳	۱۸۸۳	۱۶۷۰	***540***	۳۶۷	۳/۳
حریر	۵	۱۸۱۲	۱۶۶۰	***530***	۳۶۴	/۷
مارآب (پاطاق)	۴۸۰	۱۸۹۷	۸۸۰	***543***	۳۹۶	۶۹/۷

در محدوده جنوب‌شرقی کرند، منطقه‌ای نسبتاً وسیع کارستی وجود دارد که فاقد چشمه تخلیه کننده آب‌های کارستی می‌باشد. با توجه به شرایط زمین‌شناسی، لایه‌های نفوذناپذیر و توپوگرافی جریان آب‌زیرزمینی در محدوده مذکور به سوی جنوب می‌باشد. به منظور تهیه بیلان هیدروژئولوژیکی منطقه بایستی این محدوده‌ها را نیز مورد بررسی قرار داده و بیلان هیدروژئولوژیکی را برای محدوده مذکور نیز محاسبه نمود و در ارائه مدل هیدروژئولوژیکی مد نظر قرار داد.

۴-۳-۲- ارزیابی جهت‌های عمده جریان آب زیرزمینی در آبخوانهای کارستی منطقه

لایه‌های مرزی در کنترل جهت‌گیری جریان نقش موثر داشته و دارای اهمیت خاصی بوده و می‌توانند بیشترین اثر را در جهت‌گیری، هدایت و متمرکز شدن جریان به ویژه در مناطق کارستی و در مرز بین لایه‌های آهکی و نفوذناپذیر داشته باشند. اگرچه تعیین دقیق جهت جریان آب زیرزمینی در مناطق کارستی مشکل است اما با توجه به برخی از عوارض و شواهد برآورد جهت‌های عمومی جریان آب زیرزمینی امکان‌پذیر می‌باشد. در هر حال، با توجه به روند توسعه شکستگی‌ها، لایه‌های محدود کننده و سایر عوارض و شواهد، جهت‌های عمومی جریان آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه مشخص شده است (شکل۴-۷).



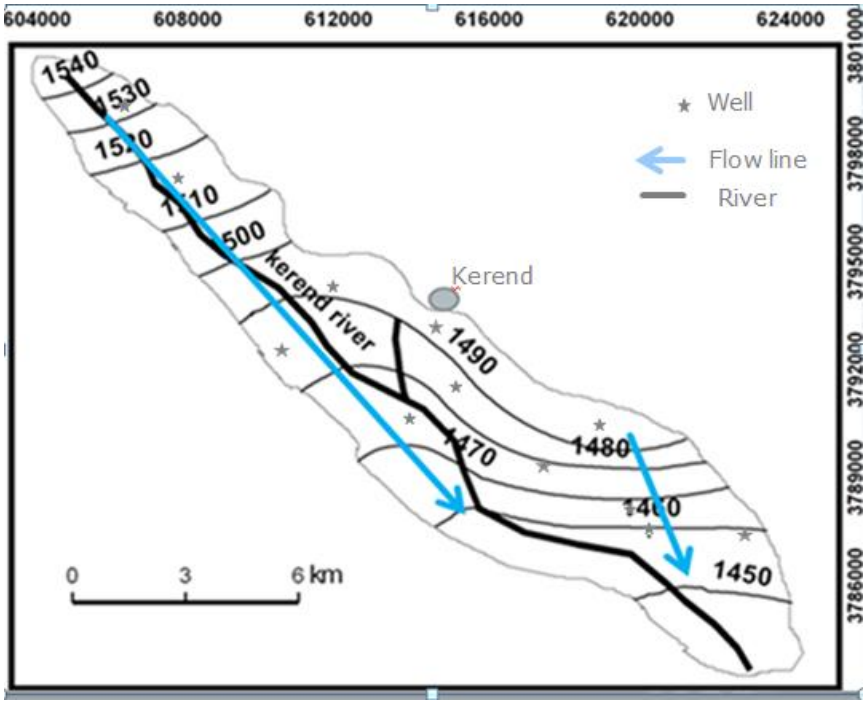
شکل ۴-۷- مدل جریان زیرزمینی منطقه کارستی مورد مطالعه.

با توجه به رخنمون لایه‌های نفوذناپذیر کشکان در قسمت شمال و شمال‌شرق کرند و نیز رخنمون واحد پابده در قسمت غرب و جنوب‌غرب کرند در تاقدیس پاطاق و ناودیس ریجاب می‌توان انتظار داشت که مرزهای هیدرولیکی هر یک از چشمه‌ها تا حد زیادی از توپوگرافی تبعیت نماید. لازم به ذکر است که اطلاعات مربوط به حفاری‌های اکتشافی سد زیمکان در منطقه توتشامی با جهت‌های عمومی جریان آب زیرزمینی در این منطقه همخوانی دارد.

۴-۲-۳- آبخوان‌های آبرفتی منطقه

در منطقه بجز آبخوان‌های کارستی مشخص شده در شکل (۴-۷) دو آبخوان آبرفتی دشت کرند و دشت گهواره وجود دارند. آبخوان‌های مذکور در ناودیس‌های ریجاب و سرمیل واقع شده‌اند. دشت گهواره فاقد اطلاعات هیدروژئولوژیکی بوده و اطلاعات موجود جزئی بوده و بر اساس استنباط از شواهد زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی می‌باشد.

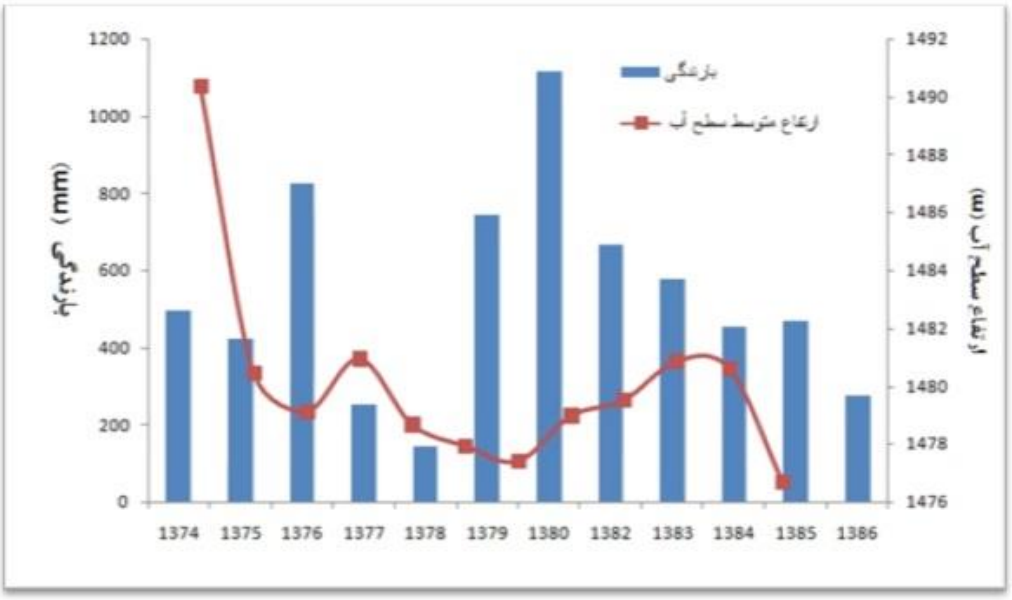
دشت کرند در منطقه در درون ناودیس سرمیل واقع شده است و بزرگترین آبخوان آبرفتی منطقه می-باشد و در این دشت ۱۳ حلقه چاه پیزومتری حفر شده است. بر اساس اطلاعات لاگ‌های حاصل از این چاه‌ها رسوبات دشت غالباً دانه‌ریز تا دانه متوسط بوده و در دامنه‌های منتهی به دشت، رسوبات دانه درشت و غالباً سنگلاخی می‌باشند. بر اساس اطلاعات پیزومتری جهت جریان در منطقه به سمت جنوب و جنوب شرق می‌باشد. شکل (۴-۸) خطوط هم پتانسیل این دشت را بر اساس اطلاعات سال ۱۳۸۸ نشان می‌دهد. ارتباط هیدرولیکی بین دشت و آبخوان‌های آهکی مجاور در اغلب نقاط به دلیل قرارگیری سازند آغاجاری در زیر واحد آبرفتی قطع شده است. اما در قسمت جنوب و جنوب‌غرب کرند این ارتباط به دلیل حذف واحد آغاجاری در اثر فرسایش و عملکرد شکستگی‌ها برقرار بوده و آهک‌های منطقه دشت را تغذیه می‌کنند.



شکل ۴-۸- خطوط هم پتانسیل دشت کرند.

بر اساس نقشه‌های هم‌پتانسیل و شبکه زهکشی دشت روند کلی جریان آب زیرزمینی در دشت کرند با روند سیستم زهکشی منطقه تقریباً یکسان بوده و از توپوگرافی محل تبعیت می‌کند.

با توجه به این موضوع که در منطقه مورد مطالعه آبخوان دشت کرند از اطراف در اغلب نقاط توسط سازندهای نفوذناپذیر گچساران و آغاجاری از واحد آسماری جدا شده است، از قسمت‌های حاشیه دشت و زیر آبخوان ارتباط هیدرولیکی بین این دو واحد برقرار نمی‌باشد. در مرز بین این دو واحد در حاشیه جنوب غربی دشت چندین چشمه فصلی رخنمون دارند که دبی برخی از آنها در فصل بهار تا یک متر مکعب بر ثانیه نیز می‌رسد، نمونه بارز این گونه چشمه‌ها چشمه تناوبی (Rhythmic) جسر می‌باشد. نکته قابل توجه در مورد این چشمه‌ها این است که در دهه اخیر تمامی آنها بر اثر افت سطح آب سفره کارستی خشک شده‌اند. اما سطح ایستابی تغییرات چندانی را نشان نمی‌دهد (شکل۴-۹) که این موضوع می‌تواند تأییدی بر عدم ارتباط هیدرولیکی بین این دو آبخوان باشد.



شکل ۴-۹- روند تغییرات هیدروگراف دشت کرند

۴-۳- لایه‌های اطلاعاتی و نحوه تهیه آنها

در این مرحله با استفاده از داده‌ها و مطالعات پیشین انجام شده در منطقه و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های تهیه شده پیشین، اقدام به تهیه چندین لایه اطلاعاتی گردید. این لایه‌های اطلاعاتی کاملاً خام بوده و بعضاً دارای اشتباه نیز می‌باشد. با انجام بازدیدهای صحرایی مختلف،

نمونه‌گیری و برداشت‌های مختلف اقدام به تصحیح این اطلاعات و نقشه‌ها گردید. لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده جهت ورودی به نرم‌افزار GIS شامل لایه‌های زمین‌شناسی، لایه‌های هیدروژئولوژیکی و لایه‌های ژئومورفولوژیکی می‌باشد. لایه‌های اطلاعاتی در قالب‌های برداری و رستری بوده و جهت پردازش همه لایه‌ها بایستی به رستر تبدیل شوند تا پردازش بر روی آنها انجام شود. لایه‌های مختلف در دو فاز پردازش شده‌اند: در فاز اول اقدام به طبقه‌بندی هر لایه و سپس وزن‌دهی به آنها شده و در نهایت با هم‌پوشانی این لایه‌ها اقدام به تعیین مناطق دارای ارزش شده است. در فاز دوم پردازش برخی از پارامترها قابل تعریف در محیط نرم‌افزار نبوده و با استفاده از روش تحلیلی اقدام به بررسی آنها شده است. با توجه به شواهد و نظرات کارشناسی مناطق دارای ارزش بالاتر در فاز یک جهت پردازش در فاز دوم مورد استفاده قرار گرفته و برای تعیین محل نهایی مورد استفاده قرار گرفته است.

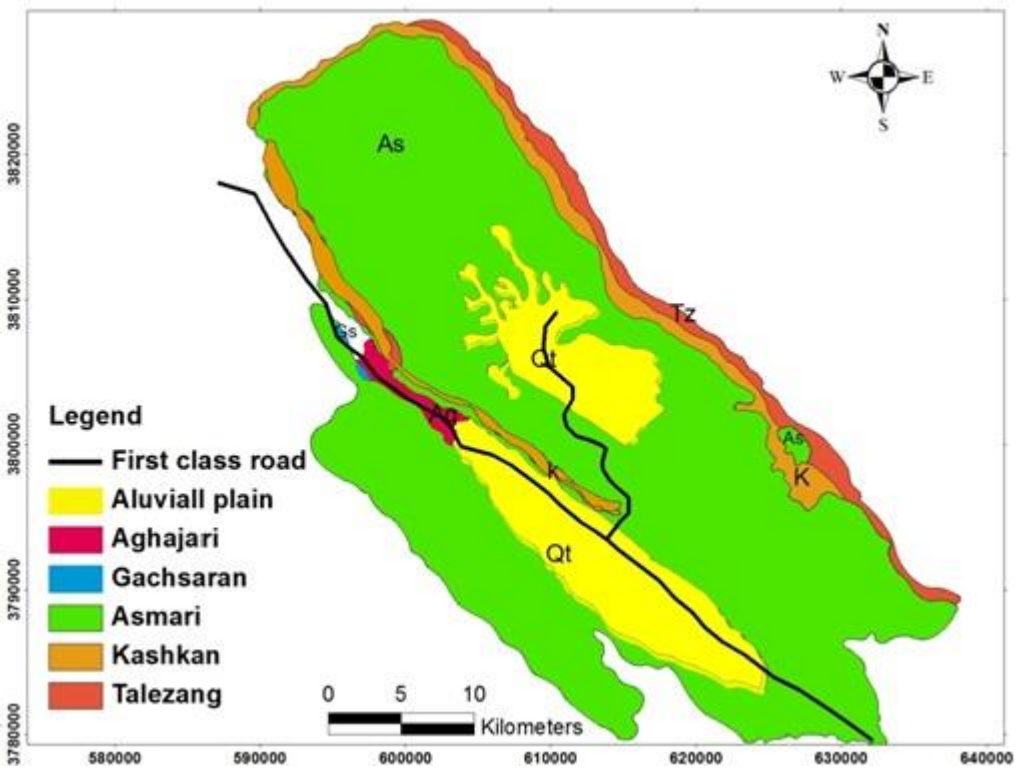
۴-۳-۱- لایه‌های زمین‌شناسی

زمین‌شناسی موثرترین پارامتر در حضور و یا عدم حضور آبهای زیرزمینی در یک منطقه می‌باشد. با توجه به اهمیت این نکته تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس مناسب و دارای دقت کافی از با اهمیت‌ترین و اساسی‌ترین بخش‌های مطالعات زمین‌شناسی هر ناحیه می‌باشد. نقشه‌های زمین‌شناسی دارای اجزاء مختلفی می‌باشد که با توجه به اهمیت این اجزاء در قالب لایه‌های مختلف اطلاعاتی رستر و یا برداری تهیه و به محیط نرم افزار GIS جهت انجام همپوشانی وارد شده‌اند. این لایه‌ها شامل لایه-های چینه‌شناسی و لیتولوژی،شیب لایه‌بندی، چین‌خوردگی‌ها، گسل‌ها و درز و شکستگی‌ها می‌باشند که به تفضیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

الف- لیتولوژی و چینه‌شناسی

برای تعیین لیتولوژی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرند (۱۳۸۴) و ۱/۵۰۰۰۰ طرح تأمین آب کرند (۱۳۶۵) (تهیه شده توسط شرکت مهندسین مشاور ایرانشهر) که بخشی از منطقه را تحت پوشش قرار استفاده شده است. اصلاحات بر روی نقشه‌های مذکور با بررسی عکسهای ماهواره‌ای،

بازدید صحرایی و نمونه‌گیری، تهیه مقاطع نازک و مطالعه بر روی آنها انجام گردید. بخش‌های شمالی منطقه فاقد نقشه زمین‌شناسی تهیه شده بوده و با استفاده از عکسهای ماهواره‌ای و گوگل ارث (Google Earth) اقدام به تهیه نقشه زمین‌شناسی برای این مناطق شده است. در این لایه تمامی مناطق دارای واحدهای آهکی دارای بیشترین ارزش و مناطق با پوشش شیلی و مارنی دارای کمترین ارزش هستند (شکل۴-۱۰).

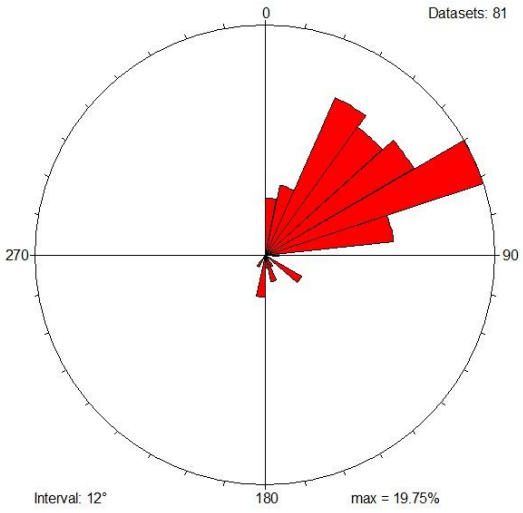


شکل ۴-۱۰- واحدهای لیتولوی و چینه شناسی منطقه مورد مطالعه.

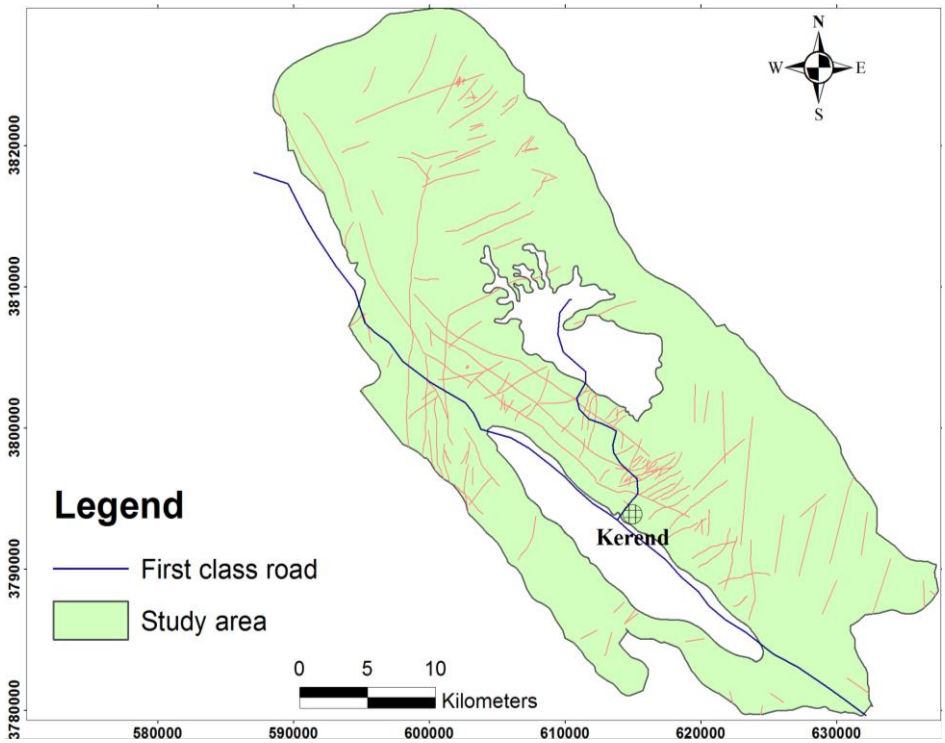
ب - گسل‌ها و شکستگی‌ها

گسل‌ها و شکستگی‌ها به عنوان یکی از نقاط ضعف در هر منطقه بوده و امکان دارد نفوذپذیری بالایی داشته باشند در اثر انحلال تشکیل معابر زیرزمینی داده و جریان زیرزمینی در امتداد آنها شکل گیرد. شکستگی‌ها از دو نظر دارای اهمیت هستند: اول از نظر دوری و نزدیکی هر نقطه نسبت به آنها طول و اتصال به سایر گسل‌ها و شکستگی‌ها و سپس تراکم آنها به همین دلیل بایستی در دو لایه مجزا اقدام

به طبقه‌بندی و بررسی آنها نمود. جهت شناسایی شکستگی‌ها و گسل‌های عمده منطقه از نقشه‌های زمین‌شناسی و عکسهای ماهوارهای و نرم‌افزار گوگل ارث (Googel Earth) استفاده شده است. عموماً این شکستگی‌ها دارای روند شمال‌شرقی و جنوب‌غربی و عمود بر روند کلی زاگرس می‌باشند (شکل۴-۱۱). بعد از تهیه لایه شستگی‌ها، اقدام به تعیین فاصله هر نقطه از شکستگی‌ها و گسل‌ها شده است. در مرحله بعد با توجه به اینکه فواصل نزدیک دارای احتمال بیشتر، جریان آب‌های زیرزمینی هستند و نقاط دورتر دارای احتمال جریان کمتر هستند اقدام به طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه با توجه به فاصله نسبت به این شکستگی‌ها گردیده است. شکل (۴-۱۲) نشانگر گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه می‌باشد.



شکل ۴-۱۱- رز دیاگرام شکستگی‌های منطقه مورد مطالعه.

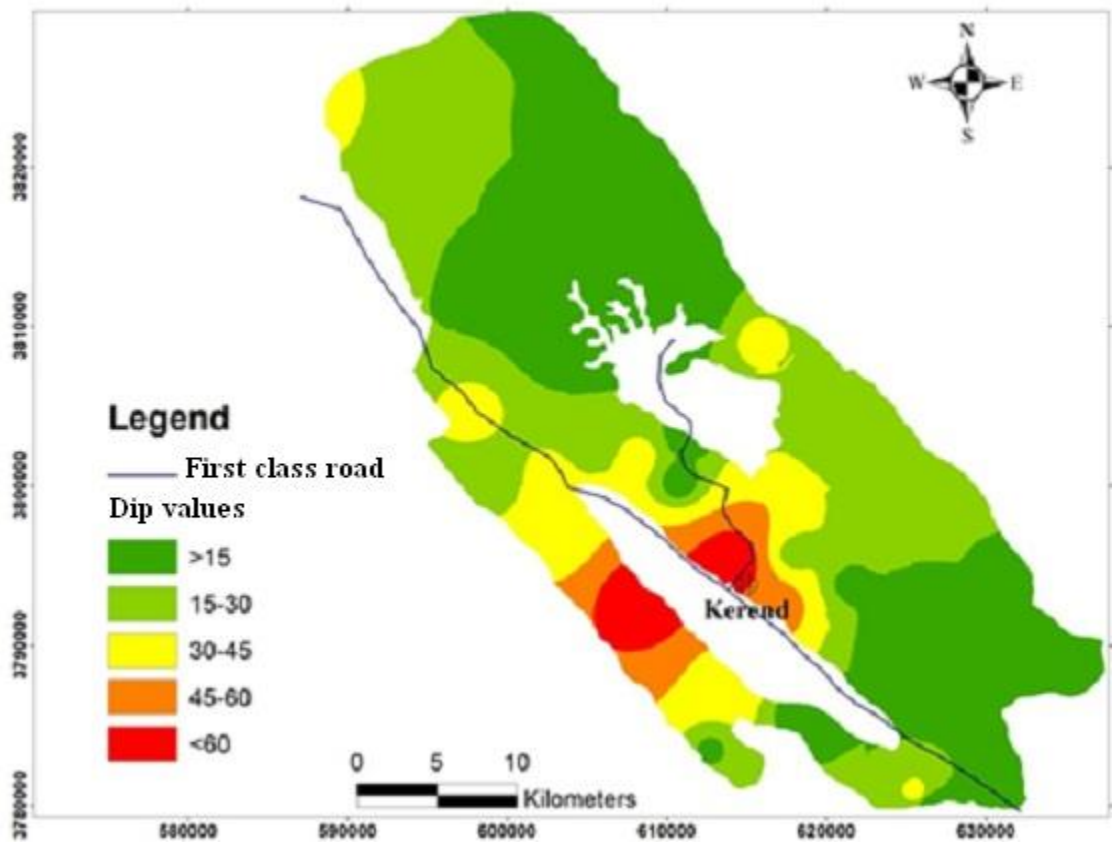


شکل ۴-۱۲- نقشه گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه.

ج- شیب لایه‌بندی

لایه‌بندی در سراسر توده سنگ توسعه یافته است و می‌تواند بر جریان آب زیرزمینی در مقیاس ناحیه‌ای تأثیرگذار باشد و به عنوان یک مسیر جریان عمل کند. سطوح لایه‌بندی به دلیل اینکه یک سطح ضعف می‌باشد امکان توسعه انحلال در این امتداد وجود دارد. مقدار شیب بر کمیت و کیفیت نفوذ تأثیرگذار است. به این ترتیب در مناطقی که شیب لایه‌بندی زیاد است، آب ورودی به آبخوان می‌تواند به اعماق زیاد نفوذ نماید و به لحاظ هیدرولیکی احتمال ارتباط چاه‌های احداثی در آهک با چنین جریانی ناچیز می‌باشد. حال آنکه در شرایطی که شیب لایه‌بندی اندک است، احتمال ارتباط هیدرولیکی آب نفوذی با چاه‌های مورد نظر بیشتر می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده ملاحظه می‌شود که هرچه شیب لایه‌بندی بیشتر باشد امتیاز کمتر و برعکس هرچه شیب لایه‌بندی کمتر باشد امتیاز بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد. بهروزی‌فر (۱۳۸۹) پیشنهاد کرده است که شیب ۱۰ درجه عالی و ۱۰ تا ۳۰ درجه خوب ۳۰ تا ۴۰ درجه متوسط و ۵۰ تا ۶۰ درجه بد و بیش از ۶۰ درجه

برای حفاری پیشنهاد نمی شود. در منطقه مورد مطالعه اغلب لایه‌ها دارای شیب در حد صفر تا ۲۰ درجه هستند (شکل۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳- نقشه توزیع شیب لایه‌بندی در منطقه.

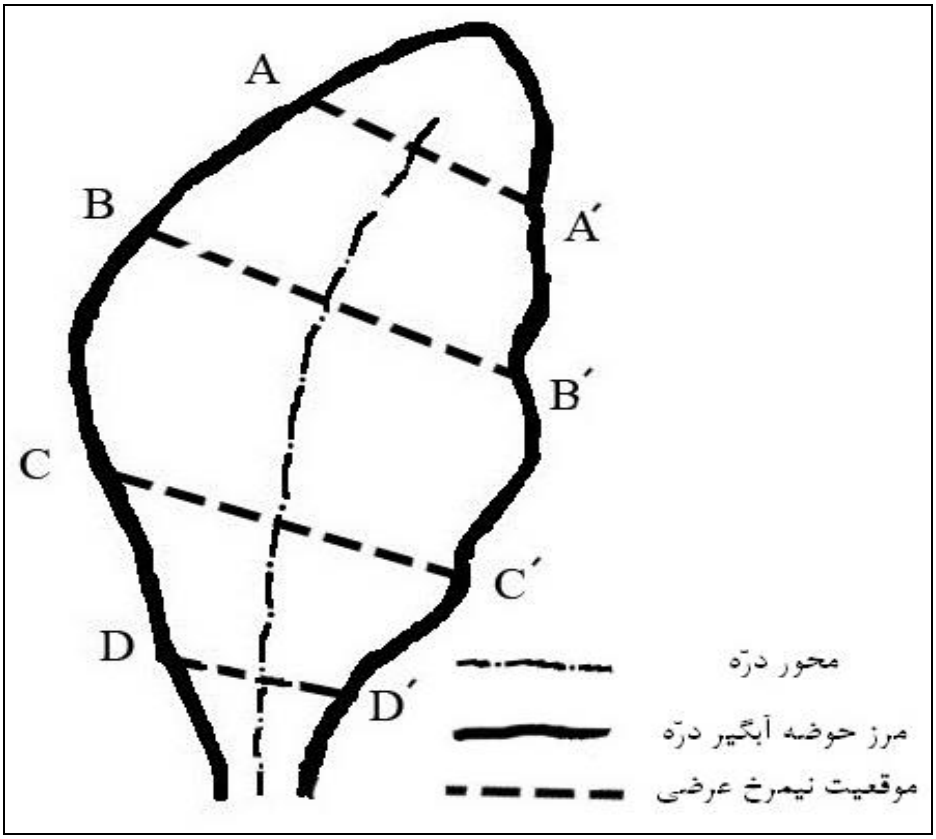
۴-۴-۲- لایه‌های ژئومورفولوژیکی

لایه ژئومورفولوژی شامل چندین لایه با اطلاعات متفاوت و ارزش متفاوت است که از این بین برخی در فاز یک و برخی در فاز دوم پردازش مورد استفاده قرار داده شده‌اند. مناطق کارستی قابلیت ذخیره‌سازی خوبی را داشته و هرچه کارست توسعه یافته‌تر باشد این توانایی بیشتر خواهد بود. چنانچه شرایط کارستی شدن در یک حوضه کارستی فراهم باشد، آثار و نشانه‌های آنرا می‌توان در سطح سنگ‌های منطقه مشاهده نمود. عوارضی مانند غار و فروچاله‌های کارستی نشانگر شرایط مناسب جهت نفوذ و در نتیجه توسعه کارست و حرکت آب در داخل کارست می‌باشند. در مواردی که شواهد سطحی توسعه کارست مشاهده نمی‌شوند، معمولاً کارست توسعه نیافته است. مهم‌ترین عوارض

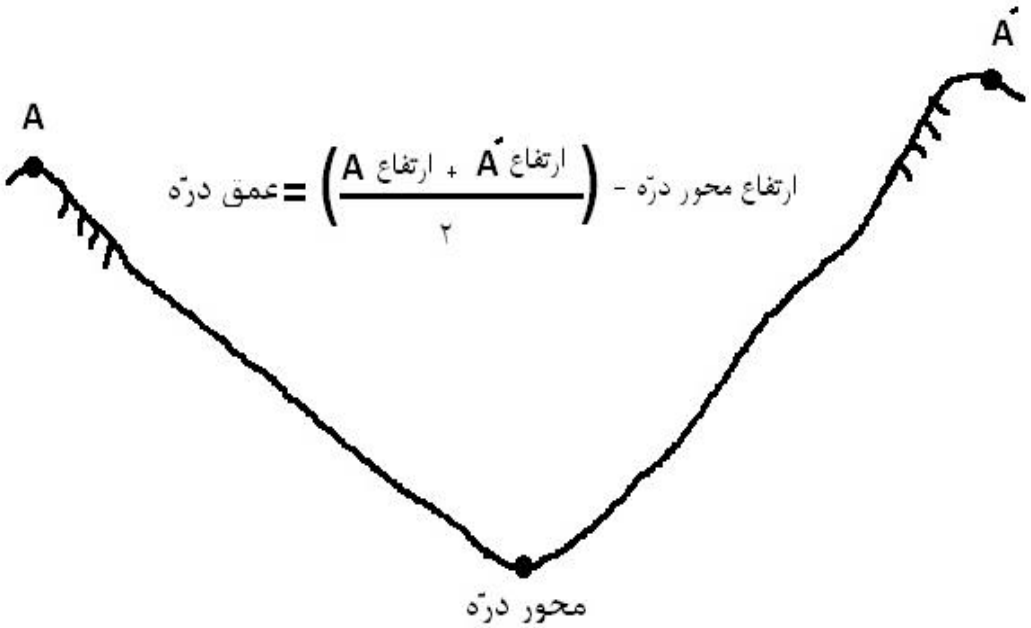
کارستی منطقه شامل درّه‌های خشک و فضاهای انحلالی سطحی می‌باشند. لایه‌های ژئومورفولوژی مورد استفاده در این مطالعه شامل لایه درّه‌های کارستی و درّه‌های خشک، شیب توپوگرافی و اختلاف ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش می‌باشد.

الف- لایه درّه‌های کارستی و درّه‌های خشک

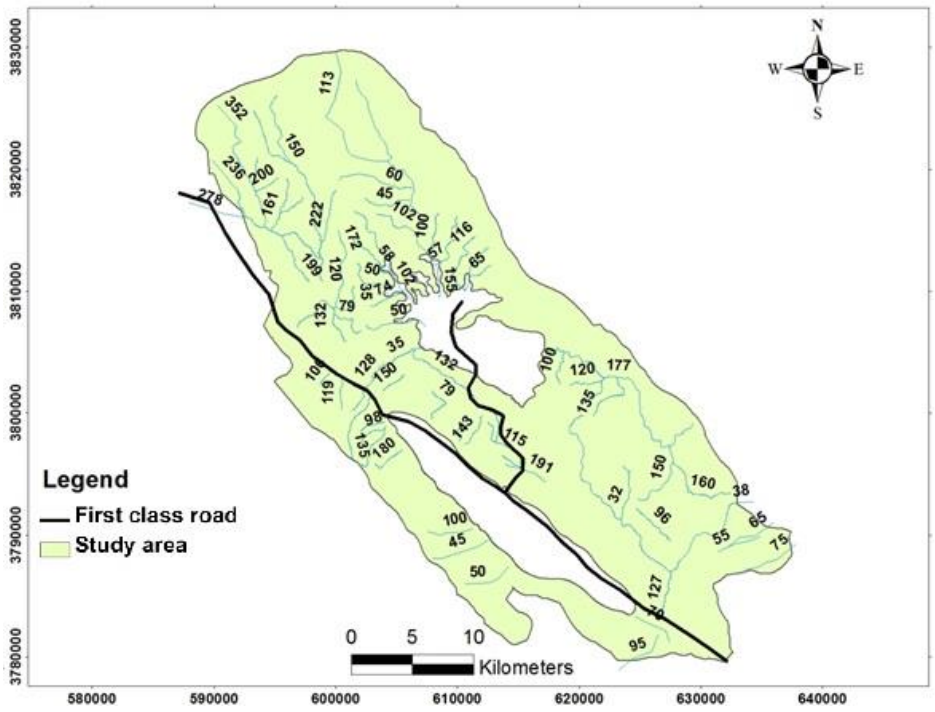
درّه‌های تشکیل شده در هر ناحیه عموماً بیانگر نقاط ضعف و شکستگی‌های قدیمی هر منطقه هستند. درّه‌ها زهکش‌های طبیعی هر منطقه بوده و غالباً به عنوان سطح اساس محلی عمل می‌کنند و جهت جریان زیرزمینی نیز به سوی این درّه‌ها می‌باشد. با توجه به این نکات در مناطق کارستی بایستی با دید و نگرش ویژه به دره‌ها نگاه کرد. لایه درّه‌ها یکی از مهم‌ترین لایه‌ها می‌باشد و حاوی اطلاعات مربوط به هر دره شامل مساحت حوضه، عمق دره و طول هر درّه می‌باشد. با توجه به این موضوع برای درّه‌ها پارامتری به عنوان عمق درّه معرفی گردیده است که بیانگر اختلاف ارتفاع محدوده با ستیغ‌های طرفین درّه می‌باشد. برای محاسبه میانگین عمق هر درّه، تعدادی نیمرخ عرضی عمود بر محور درّه از بالا دست تا پایین دست درّه در نظر گرفته می‌شود. فاصله این نیمرخ‌ها به طول درّه وابسته می‌باشد و سعی می‌شود که برای هر درّه حدود ۴ الی ۵ نیمرخ عرضی در نظر گرفته شود. سپس اختلاف ارتفاع بین محور درّه با دو انتهای نیمرخ (که خط تقسیم توپوگرافی می‌باشند) محاسبه می‌شود. اختلاف ارتفاع محاسبه شده برای دو نیمرخ به عنوان عمق درّه در آن محدوده قلمداد می‌شود. با توجه به عمق‌های بدست آمده در نیمرخ‌های عرضی مختلف، عمق متوسط درّه محاسبه می‌شود. شکل (۴-۱۴) موقعیت نیمرخ عرضی بر روی نقشه پلان حوضه آبگیر یک درّه را نشان می‌دهد. یکی از نیمرخ‌های عرضی و چگونگی محاسبه عمق درّه در آن نیمرخ، در شکل (۴-۱۵) نشان داده شده است. شکل (۴-۱۶) عمق درّه‌های کارستی منطقه را ارائه می‌دهد.



شکل ۴-۱۴- موقعیت نیمرخ‌های عرضی بر روی پلان حوضه آبگیر یک درّه.



شکل ۴-۱۵- نیمرخ عرضی AA' و نحوه محاسبه عمق درّه در این محدوده.



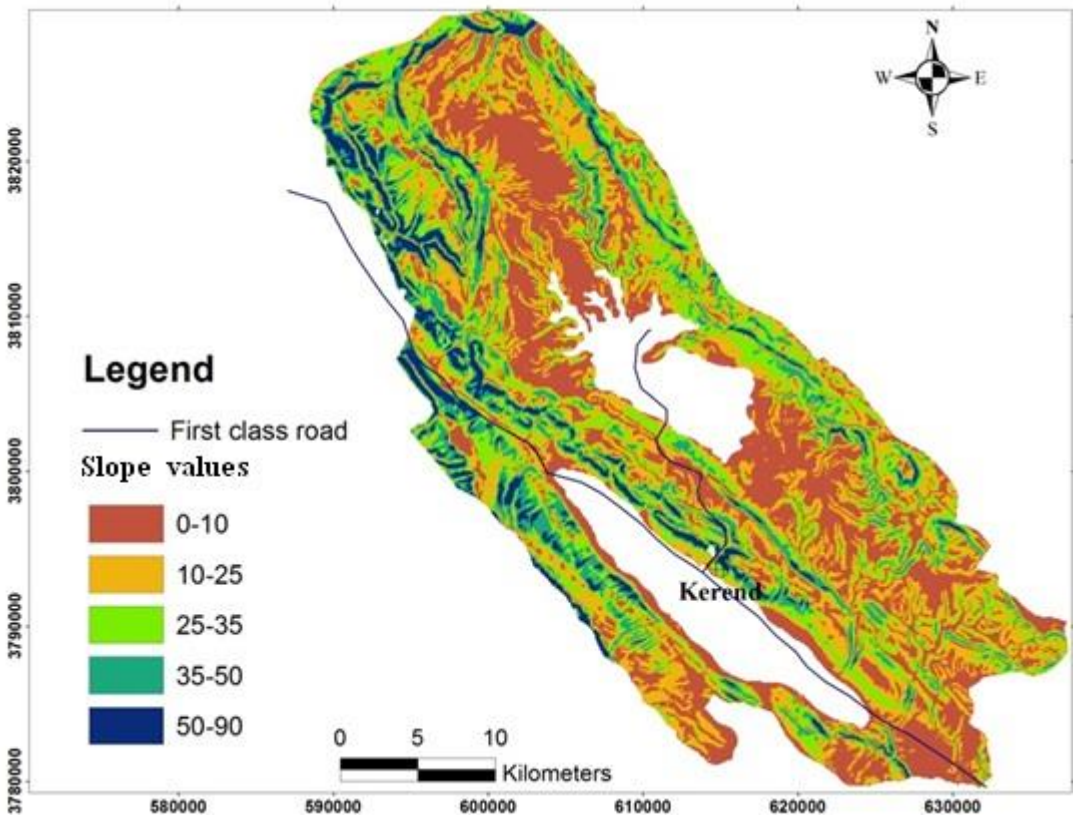
شکل ۴-۱۶- عمق درّه‌های کارستی منطقه.

ب- شیب توپوگرافی

ژئومورفولوژی و توپوگرافی حوضه نقش تعیین کننده‌ای در تعیین محل تخلیه و همچنین تغذیه یک آبخوان دارد و به این دلیل بایستی مورد توجه قرار گیرد. با استفاده از اطلاعات رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه نقشه توپوگرافی منطقه تهیه گردید.

چنانچه در یک حوضه کارستی توده کارستی در ارتفاع خیلی زیاد نسبت به دشت‌ها و سایر سازندهای کارستی قرار گیرد می‌توان گفت به دلیل قرارگیری سطح آب در عمق پایین از نظر احداث چاه دارای شرایط نامناسبی است (بهروزی فر ۱۳۸۹). شکل (۴-۱۷) نشانگر تقسیم‌بندی منطقه بر اساس ارتفاع نسبت به سطح دریا می‌باشد و مناطق دارای ارتفاع کمتر دارای ارزش بیشتر و بالعکس مناطق مرتفع فاقد ارزش هستند. لایه شیب به دو دلیل در بحث حفر چاه بهره‌برداری در مناطق کارستی حائز اهمیت است. اول اینکه، مقدار شیب بر روی مقدار نفوذ تأثیرگذار است. به این ترتیب که هرچه مقدار نفوذ آب به داخل آبخوان کمتر می‌شود. دوم اینکه هرچه شیب منطقه بیشتر باشد امکان انتقال و

نصب تجهیزات حفاری مشکل‌تر می‌شود. با استفاده از اطلاعات رقومی ارتفاعی اقدام به تعیین شیب و طبقه‌بندی آن به پنج گروه گردید.

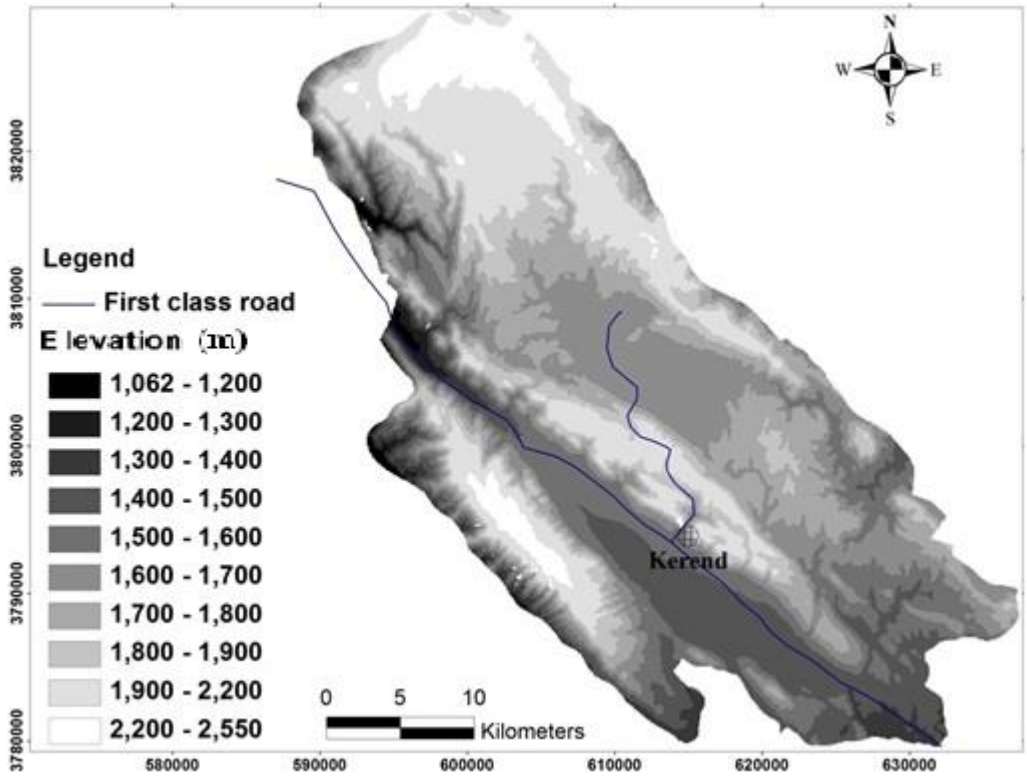


شکل ۴-۱۷- طبقه‌بندی منطقه بر اساس میزان شیب توپوگرافی.

ج- ارتفاع محل نسبت به سطح اساس فرسایش منطقه

جریان آب زیرزمینی به لحاظ هیدرولیکی تمایل دارد به سوی سطح اساس سطح فرسایش هدایت شود. بنابراین مناطق با ارتفاع کم از استعداد بیشتری برای متمرکز شدن جریان آب زیرزمینی برخوردار هستند. در حوضه کارستی نقاط مرتفع مکان‌های نامناسبی برای حفر چاه بوده و بایستی تلاش نمود تا حد امکان در کمترین ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش منطقه حفاری صورت گیرد (بهروزی‌فر۱۳۸۹). جهت تعیین سطح تراز در سفره کارستی از سطح اساس محلی استفاده شده و به عنوان پایین‌ترین سطح در نظر گرفته شده است. با توجه به این نکته که در منطقه مورد مطالعه

چشمه ریجاب با دبی متوسط ۳۳۰۰ لیتر بر ثانیه تخلیه کننده اصلی آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد، به این دلیل سطح اساس محلی در نظر گرفته شده است. کمترین میزان اختلاف ارتفاع باعث بیشترین احتمال ماندگاری آب در آن محل شده و برای هدف مطالعه بهترین نتیجه را به همراه خواهد داشت. شکل (۴-۱۸) نشانگر توزیع ارتفاع توپوگرافی در منطقه می‌باشد.



شکل ۴-۱۸- نقشه توزیع ارتفاع در منطقه

۴-۵- مکانیابی محل مناسب جهت حفر چاه

برای اکتشاف آب زیرزمینی در سازندهای سخت، به دلیل پیچیدگی جریان آب زیرزمینی در این نوع از آبخوان‌ها به ویژه در مورد سازندهای کارستی و آبخوان‌های موجود دراین نوع از سازندها استفاده از یک سیستم تصمیم‌گیری چند متغیره نتایج بسیار معقول‌تری در مقایسه با تصمیم‌گیری یک متغیره خواهد داشت. در برخی از شرایط عواملی دارای اثر غالب نسبت به سایر عوامل دارند و سایر عوامل را

تحت الشعاع قرار می‌دهند که در این موارد بایستی به آنها توجه ویژه شود در این تحقیق، برای مکانیابی محل مناسب جهت حفر چاه، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی انتخابی مؤثر بر تمرکز جریان آب زیرزمینی طبقه‌بندی و وزن‌دهی شده‌اند و در مرحله بعدی بررسی‌های تحلیلی بر روی مکان‌ها به دست آمده از مرحله اول انجام شده است.

۴-۵-۱- مرحله اول: طبقه‌بندی و وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله از مطالعه لایه‌ها و اطلاعات تهیه شده را به طبقات مختلف تقسیم‌بندی کرده و به هر کدام از آنها با توجه به اثر مثبت و یا منفی بر جریان آب زیرزمینی امتیاز داده می‌شود. هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی دارای واحدهای گوناگونی هستند که از نظر اکتشاف آب زیرزمینی دارای درجه اهمیت متفاوتی می‌باشند. بر همین اساس هر کدام از لایه‌های به طبقات مختلفی تقسیم شدند. به بهترین حالت برای هر لایه نمره ۱۰ و به بدترین حالت نمره ۱ تعلق گرفت و با توجه به ارزش هر لایه، برای آن‌ها وزن‌های مختلفی لحاظ گردید.

الف- لایه لیتولوژی و چینه‌شناسی

با توجه به این موضوع که لایه‌های آهکی موجود در منطقه متعلق به یک مجموعه (آسماری-شهبازان) هستند در این مورد تمامی لایه‌های آهکی دارای ارزش ۱۰ بوده و سایر سازندها که دارای جنس با نفوذپذیری کم هستند و به عنوان سد هیدرولیکی عمل می‌کنند دارای کمترین ارزش یعنی ۱ هستند (جدول ۴-۲). لازم به ذکر است که هدف از این تحقیق مکانیابی محل مناسب برای حفر چاه در سازندهای کارستی منطقه می‌باشد و به همین دلیل از آبرفت‌های منطقه صرف‌نظر شده است.

جدول ۴-۲- ارزش لایه لیتولوژی

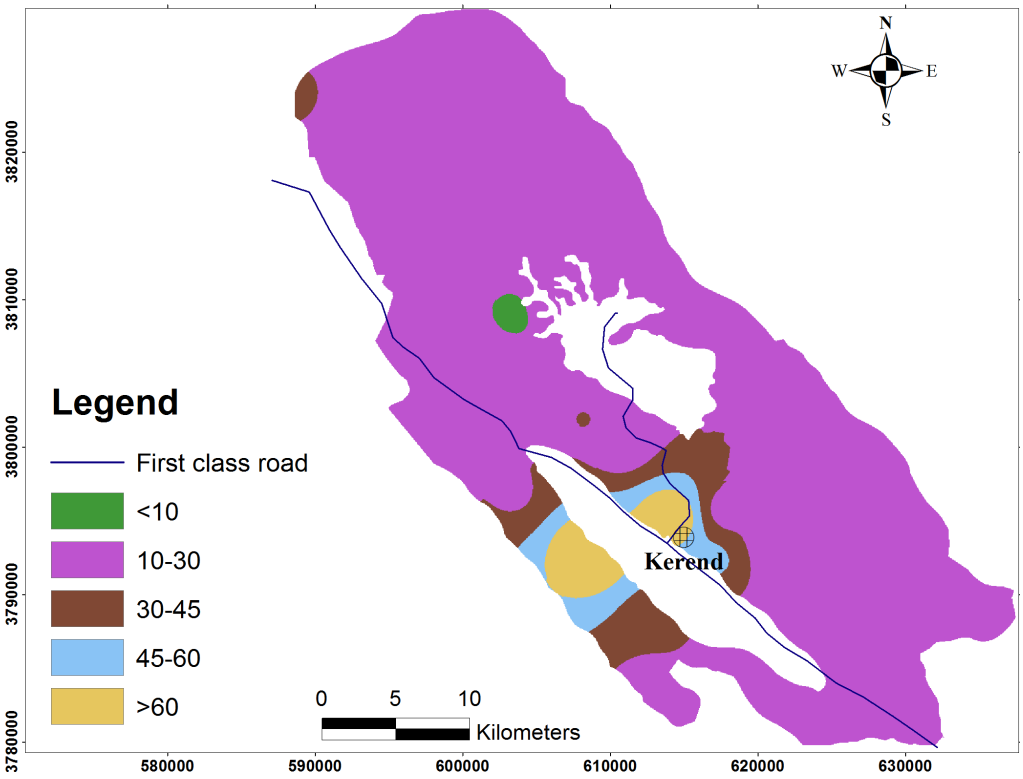
نام واحد	نفوذپذیری	جنس لیتولوژی	نمره
کشکان، آقاجاری، گچساران	نفوذناپذیر	مارن، ماسه سنگ وژیپس و انیدریت	۱
آسماری	نفوذپذیر	سنگ آهک	۱۰
تله‌زنگ	نفوذپذیری کم	سنگ آهک با لایه‌هایی از شیل و ماسه‌سنگ	۲

ب- شیب لایه‌بندی

همانطور که قبلاً توضیح داده شد، هرچه شیب لایه‌بندی کمتر باشد، امکان ارتباط هیدرولیکی بین چاه با جریان آب زیرزمینی در صفحه لایه‌بندی بیشتر خواهد بود. برعکس، هرچه شیب بیشتر باشد امکان ارتباط هیدرولیکی بین چاه احداث شده با جریان زیرزمینی موجود در صفحه لایه‌بندی کمتر می‌شود. بر اساس مطالب فوق‌الذکر، شیب لایه‌بندی طبقه‌بندی شده است (جدول ۴-۳). شکل (۴-۱۹) تقسیم‌بندی منطقه مورد مطالعه را بر حسب شیب لایه‌بندی نشان می‌دهد.

جدول ۴-۳- تقسیم‌بندی بر اساس شیب لایه‌بندی

میزان شیب لایه‌بندی (درجه)	ارزش هر رده
۱۰-۰	۱۰
۳۰-۱۰	۸
۴۵-۳۰	۶
۶۰-۴۵	۴
۹۰ -۶۰	۲



شکل ۴-۱۹- طبقه‌بندی منطقه بر اساس میزان شیب لایه‌بندی.

ج- گسل‌ها و شکستگی‌ها

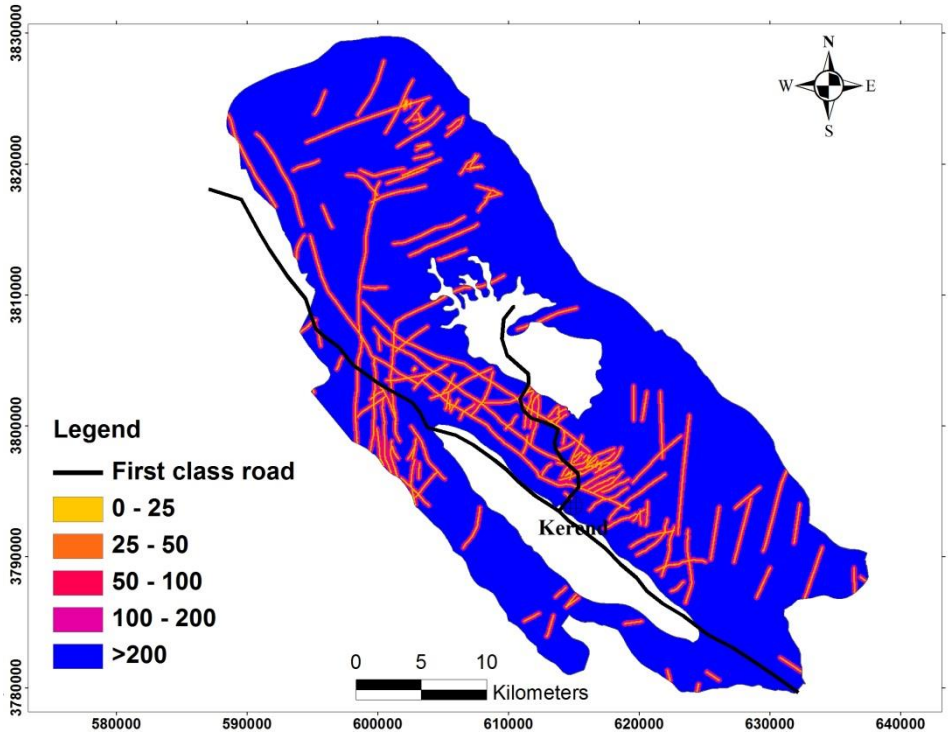
گسل‌ها و شکستگی‌های ناحیه‌ای از عوامل اصلی کنترل کننده جریان آب زیرزمینی در سازندهای سخت می‌باشند. به منظور ارزیابی گسل‌ها و شکستگی‌ها از دو معیار فاصله از شکستگی‌ها و تراکم آن‌ها استفاده شده است. جدول (۴-۴) و (۴-۵) به ترتیب نحوه اثرگذاری تراکم شکستگی‌ها و فاصله از آن‌ها را نشان می‌دهد. طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه به لحاظ تراکم شکستگی‌ها و فاصله از آن‌ها به ترتیب در شکل‌های (۴-۲۰) و (۴-۲۱) ارئه شده است.

جدول ۴-۴- ارزش و نمره هر محل با توجه به تراکم شکستگی‌ها

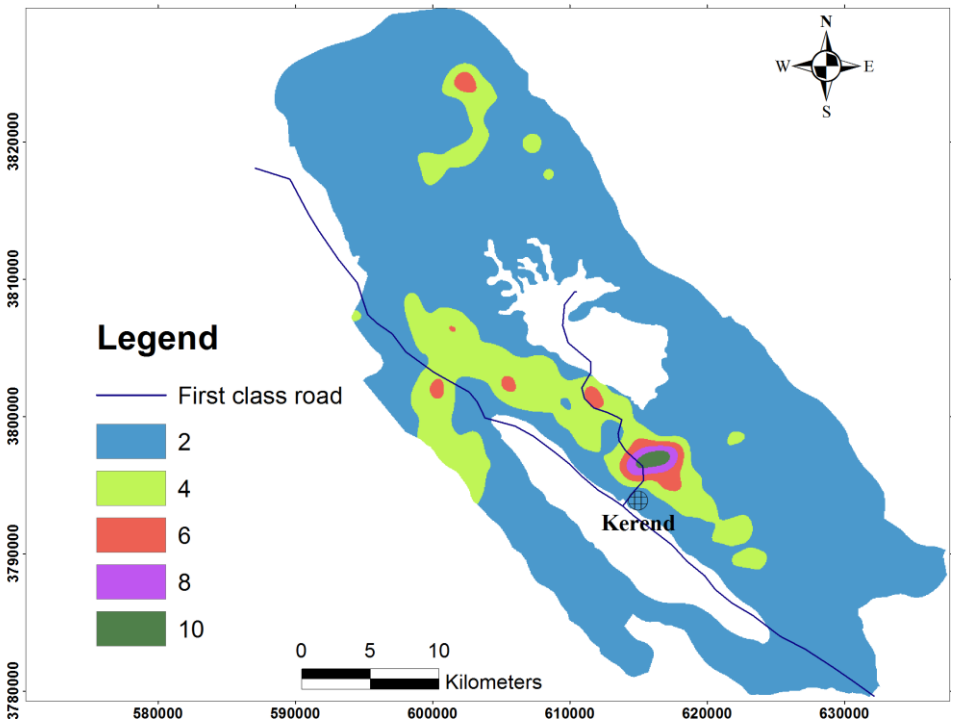
ضریب تراکم شکستگی‌ها (تعداد بر واحد سطح)	ارزش هر رده
۱-۰	۲
۲-۱	۴
۳-۲	۶
۴-۳	۸
>۴	۱۰

جدول ۴-۵- تقسیم‌بندی بر اساس فاصله از شکستگی‌ها و ارزش هر رده

فاصله از شکستگی‌ها (متر)	ارزش هر رده
۲۵-۰	۱۰
۵۰-۲۵	۸
۱۰۰-۵۰	۶
۲۰۰-۱۰۰	۴
>۲۰۰	۲



شکل ۴-۲۰- طبقه‌بندی منطقه براساس فاصله از گسل‌ها و شکستگی‌ها (متر).



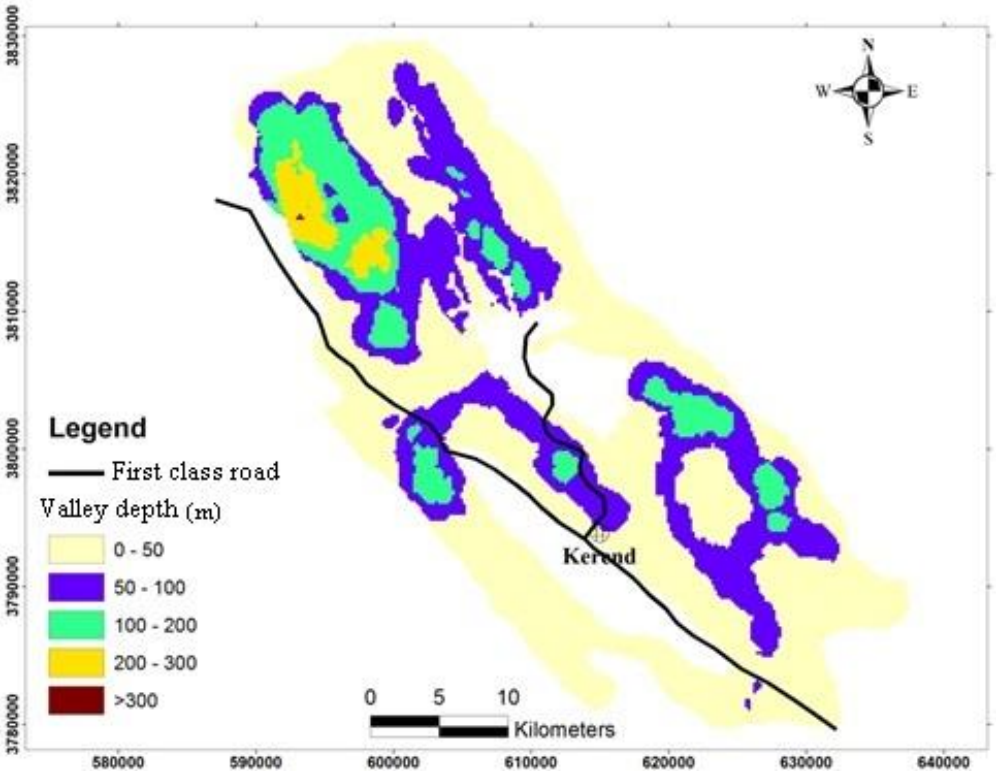
شکل ۴-۲۱- طبقه‌بندی منطقه براساس تراکم گسل‌ها و شکستگی‌ها (تعداد در واحد سطح).

د- لایه عمق دره‌های کارستی

دره‌ها زهکش‌های طبیعی هر منطقه بوده و عموماً جهت جریان آب زیرزمینی به سمت آنها می‌باشد و این موضوع در مناطق کارستی مشهودتر می‌باشد. با توجه به این موضوع، از نظر عمق به هر درّه کارستی ارزش داده شده است (جدول ۴-۶). به این ترتیب که درّه‌های عمیق دارای ارزش بیشتر و دره‌های کم‌عمق دارای ارزش کمتر هستند. شکل(۴-۲۲) طبقه‌بندی منطقه را به لحاظ عمق درّه کارستی نشان می‌دهد.

جدول ۴-۶- طبقه‌بندی بر اساس عمق درّه.

فا کتور عمق دره (متر)	ارزش هر رده
۵۰<	۲
۱۰۰- ۵۰	۴
۲۰۰-۱۰۰	۶
۳۰۰-۲۰۰	۸
>۳۰۰	۱۰



شکل ۴-۲۲- درجه بندی بر اساس عمق درّه‌های مختلف منطقه

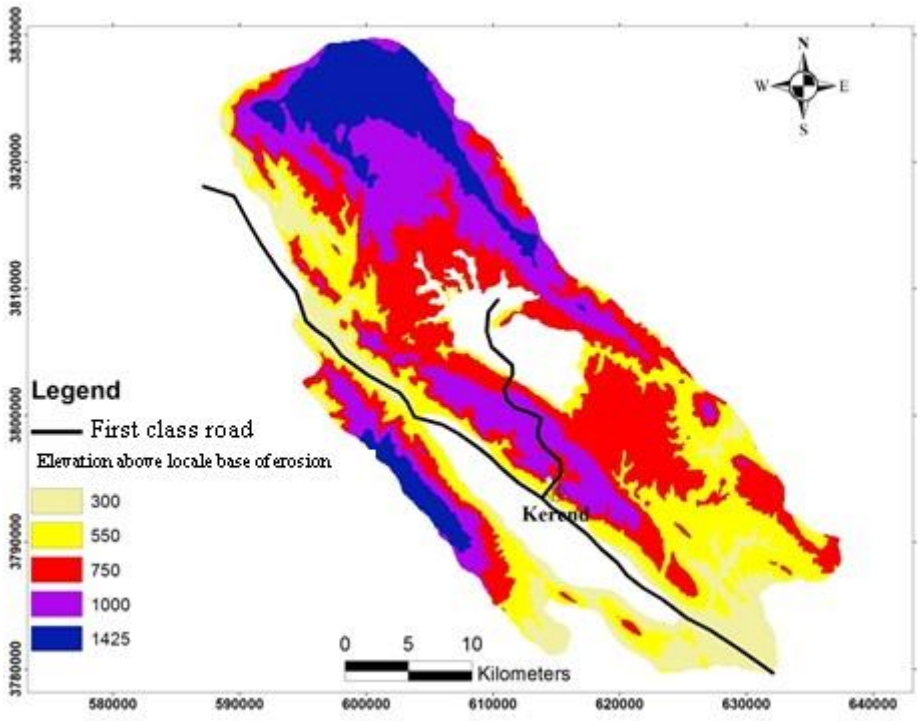
ه- اختلاف ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش

با عنایت به اینکه جریان آب زیرزمینی در سازندهای کارستی به سمت سطوح اساس فرسایش هدایت می‌شود، بنابراین مناطق با اختلاف ارتفاع کمتر نسبت به سطح اساس فرسایش منطقه‌ای برای تمرکز جریان آب زیرزمینی از اولویت بالاتری برخوردارند. با توجه به مطالب ذکر شده، اختلاف ارتفاع نسبت

به سطح اساس فرسایش ارزش‌گذاری شده است (جدول ۴-۷). شکل (۴-۲۳) طبقه‌بندی منطقه را به لحاظ اختلاف ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش نشان می‌دهد.

جدول ۴-۷- تقسیم‌بندی بر اساس ارتفاع نسبت به سطح اساس محلی

ارتفاع هر رده (متر)	ارزش هر رده
۲۵۰-۰	۱۰
۵۰۰ -۲۵۰	۸
۷۵۰-۵۰۰	۶
۱۰۰۰-۷۵۰	۴
>۱۰۰۰	۲



شکل ۴-۲۳- طبقه‌بندی منطقه به لحاظ اختلاف ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش.

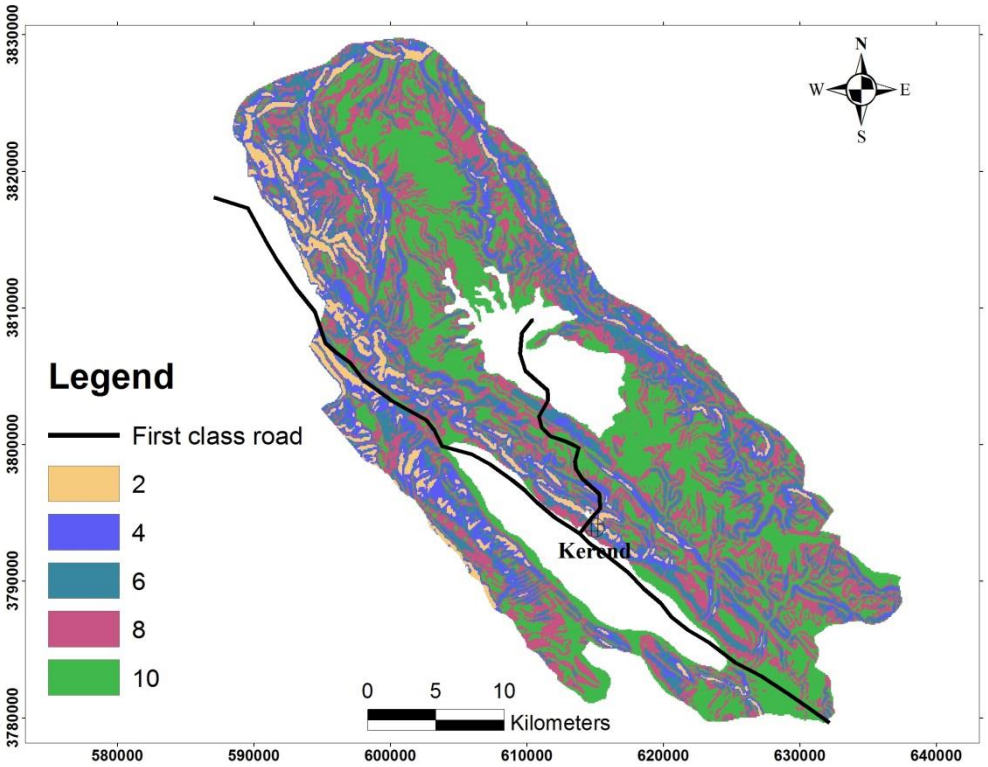
و- شیب توپوگرافی

همانطور که قبلاً اشاره شد، شیب توپوگرافی به لحاظ تأثیر بر مقدار نفوذ و امکان انتقال و نصب تجهیزات حفاری حائز اهمیت است. به این ترتیب که هرچه شیب توپوگرافی کمتر باشد، مقدار نفوذ

بیشتر و امکان به کارگیری تجهیزات حفاری راحت‌تر می‌شود. بر اساس مطالب مذکور، شیب توپوگرافی ارزش‌گذاری شده است (جدول۴-۸). طبقه‌بندی منطقه به لحاظ شیب توپوگرافی در شکل (۴-۲۴) نشان داده شده است.

جدول ۴-۸- تقسیم‌بندی بر اساس شیب توپوگرافی

مقدار شیب (درجه)	ارزش هر رده
۱۰-۰	۱۰
۲۰-۱۰	۸
۳۰-۲۰	۶
۳۰-۴۰	۴
>۴۰	۲



شکل ۴-۲۴- طبقه‌بندی منطقه به لحاظ شیب توپوگرافی.

با توجه به اهمیت لایه‌های اطلاعاتی مختلف بر جریان آب زیرزمینی، برای هر کدام از لایه‌ها وزنی در نظر گرفته شده است. با عنایت به اینکه قضاوت‌های شخصی در این قبیل وزن‌دهی‌ها تأثیرگذار است، در این تحقیق سعی شده که به سه طریق معقول وزن‌دهی انجام شود. جدول‌های (۴-۹) تا (۴-۱۱) وزن‌دهی‌های سه‌گانه را نشان می‌دهد.

با عنایت به نتایج بدست آمده در هر سه نوبت وزن‌دهی‌های سه‌گانه ملاحظه می‌شود که خروجی آن‌ها همخوانی نسبتاً خوبی را نشان می‌دهند (اشکال۴- ۲۵، ۴-۲۶ و ۴- ۲۷). به این ترتیب تمرکز نقاط با امتیاز بالا در هر سه روش تقریباً در محدوده و محل‌های مشابه می‌باشد.

جدول ۴-۹- وزن‌دهی به لایه‌های مورد استفاده (حالت اول)

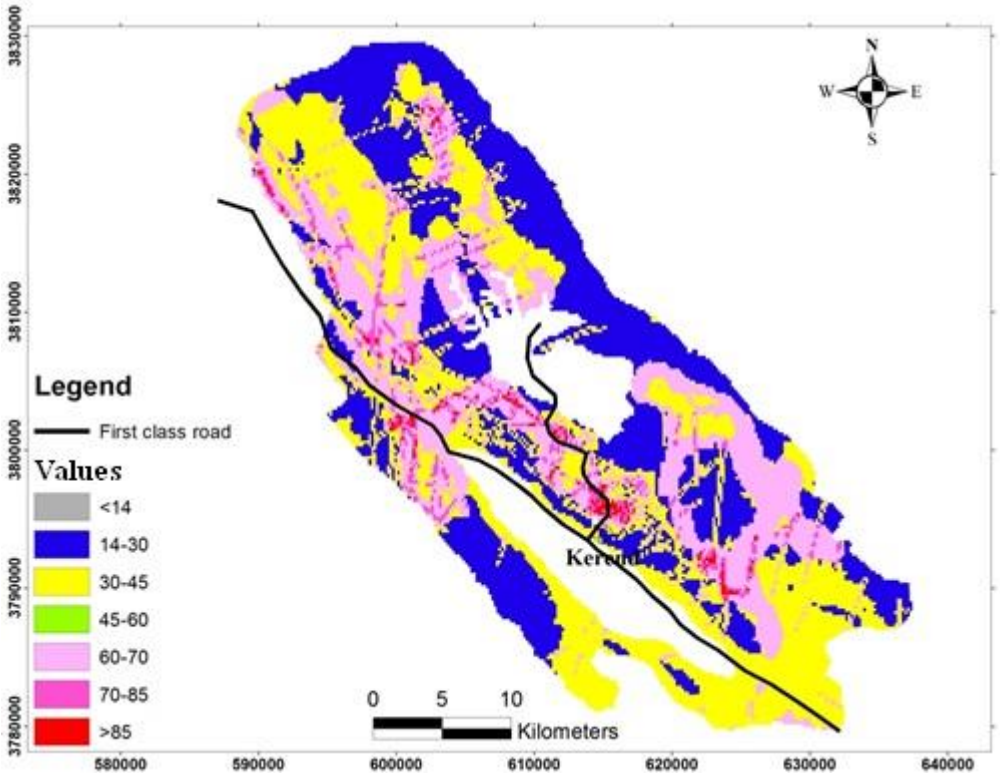
لیتولوژی	٪۱۰
فاصله از شکستگی‌ها	٪۱۵
تراکم شکستگی‌ها	٪۲۰
عمق دره‌های کارستی	٪۳۰
شیب لایه‌بندی	٪۱۰
شیب توپوگرافی	٪۱۵

جدول ۴-۱۰- وزن‌دهی به لایه‌های مورد استفاده (حالت دوم)

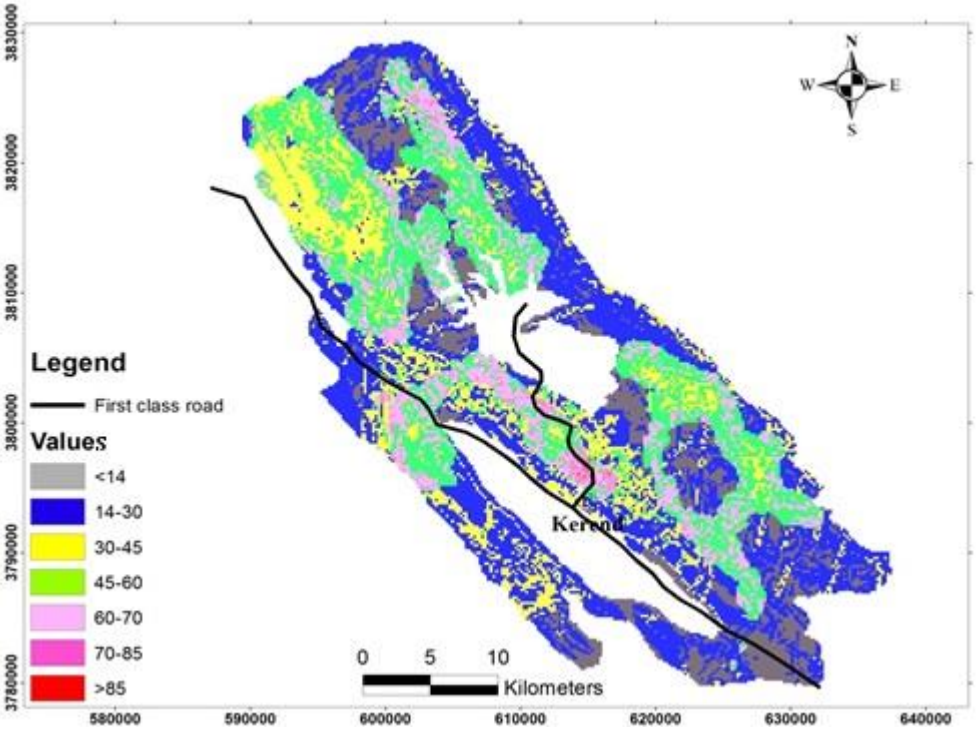
فاصله از شکستگی‌ها	٪۱۰
تراکم شکستگی‌ها	٪۲۰
عمق دره‌های کارستی	٪۳۰
ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش	٪۱۵
شیب لایه‌بندی	٪۱۰
شیب توپوگرافی	٪۱۵

جدول ۴-۱۱- وزن‌دهی به لایه‌های مورد استفاده (حالت سوم)

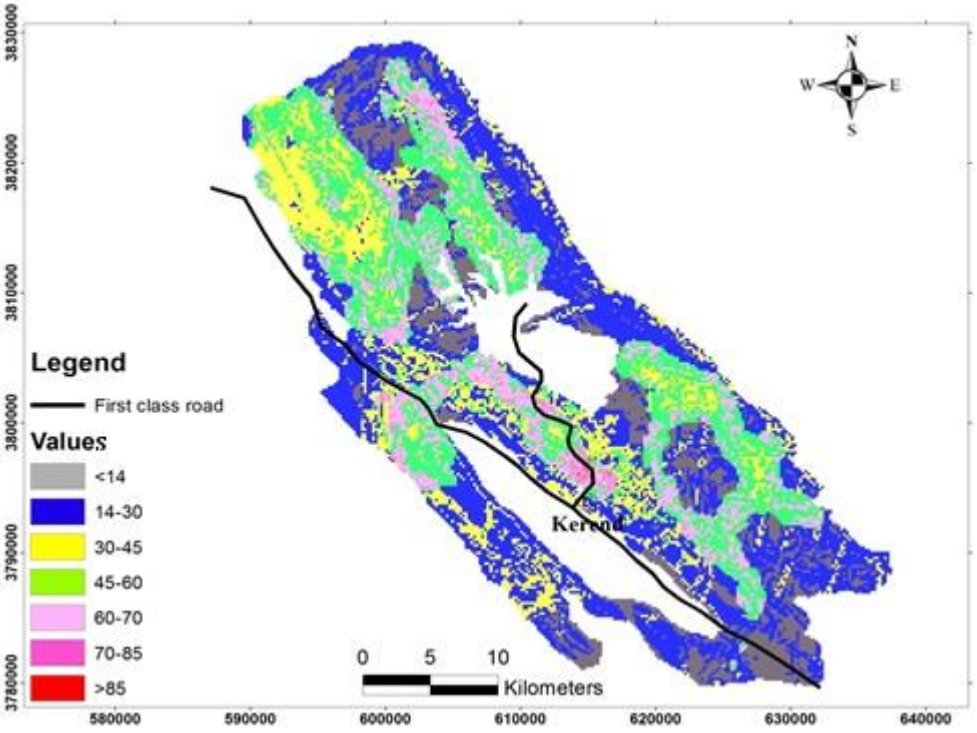
فاصله از شکستگی‌ها	٪۲۰
تراکم شکستگی‌ها	٪۳۰
عمق دره‌های کارستی	٪۲۰
ارتفاع نسبت به سطح اساس فرسایش	٪۳۰



شکل ۴-۲۵- خروجی وزن‌دهی حالت اول.

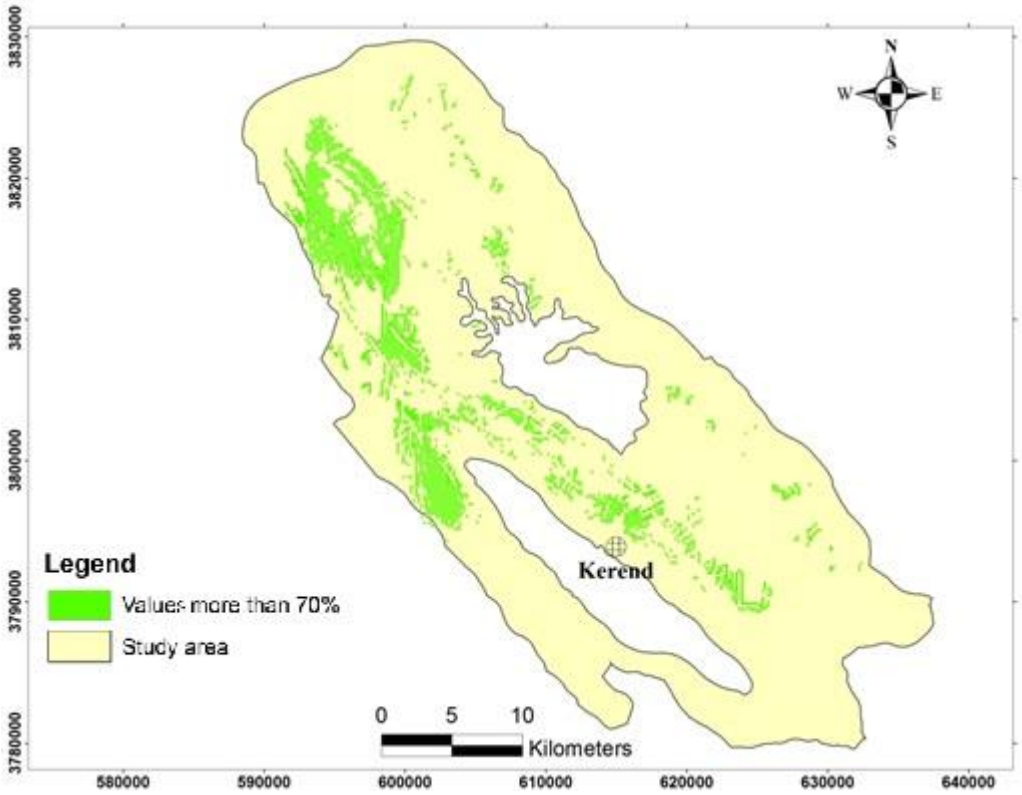


شکل ۴-۲۶- خروجی وزن‌دهی حالت دوم.



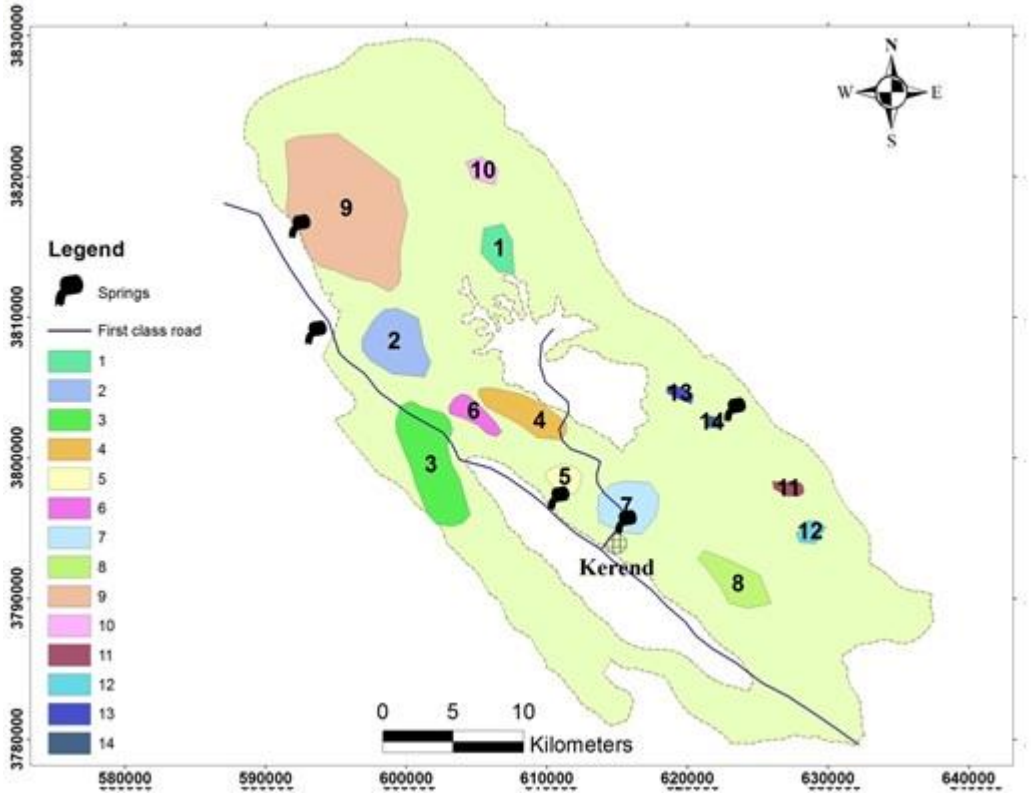
شکل ۴-۲۷- خروجی وزن‌دهی حالت سوم.

بعد از این مرحله اقدام به حذف مناطق دارای ارزش کمتر از ۷۰ درصد گردید و مناطق دارای ارزش بالای ۷۰ درصد در هر سه نوبت وزن‌دهی در یک لایه وارد شدند و مراکز تجمع آنها مشخص شده و جهت آنالیز برای مرحله بعد انتخاب شدند (شکل۴-۲۸).



شکل ۴-۲۸- مناطق با ارزش بالاتر از ۷۰ درصد در هر سه حالت وزن‌دهی.

به منظور استفاده از خروجی حالت‌های سه‌گانه مرحله اول در مرحله بعدی مکانیابی، محدوده‌های مشترک با اولویت بالا در بخش‌های مختلف منطقه به صورت لکه‌هایی انتخاب شدند. شکل (۴-۲۹) موقعیت لکه‌های اولویت‌دار برای حفر چاه در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۹- لکه‌های اولویت‌دار بدست آمده از مرحله اول.

۴-۵-۲- مرحله دوم: بررسی‌های تحلیلی و لحاظ نمودن سایر معیارها

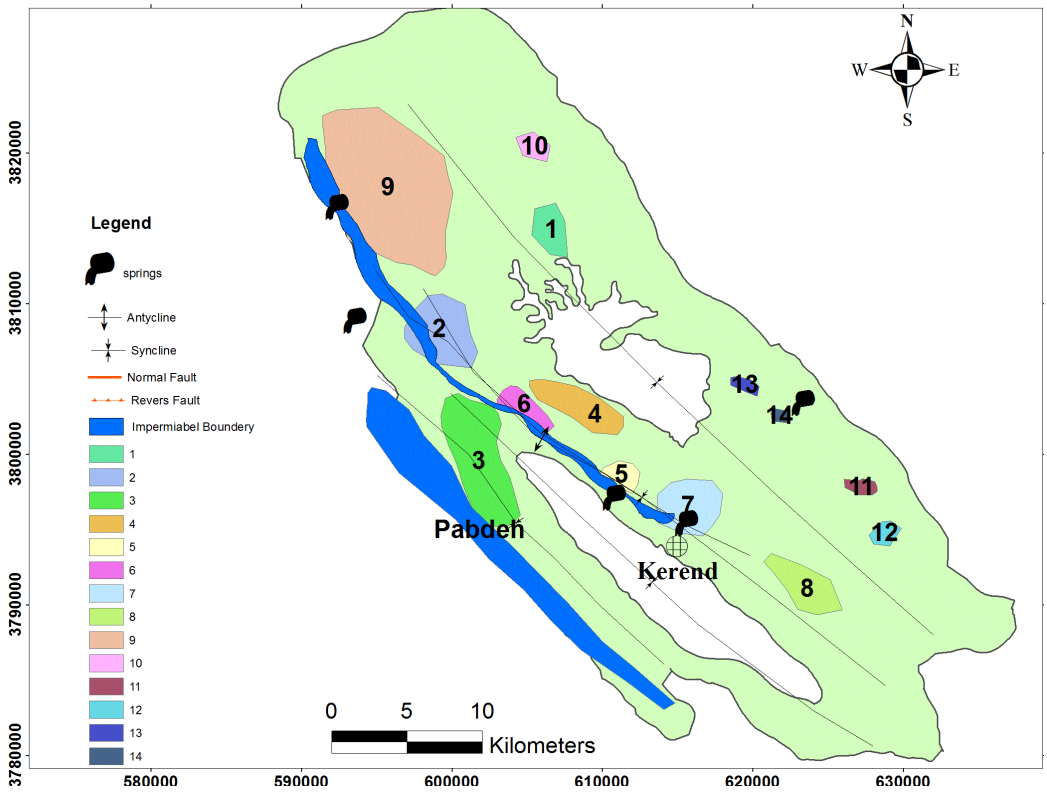
در این مرحله پارامترها و موارد غیر قابل تعریف برای نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی را به صورت تحلیلی بررسی کرده و محل‌های مناسب برای حفر چاه اولویت‌بندی گردید. پارامترهایی که در این مرحله مورد بررسی قرار گرفته‌اند شامل مرزهای هیدروژئولوژیکی، محور ناودیس‌ها و یال تاقدیس‌ها و فاصله از شهر کرند می‌باشد. چگونگی استفاده از این پارامترها به طور مختصر ارائه می‌شود.

الف- مرزهای هیدروژئولوژیکی

با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدیدهای صحرایی واحدهای چینه‌شناسی منطقه به واحدهای هیدرواستراتیگرافی تقسیم‌بندی شدند. بر اساس اینکه نوع سنگها از نظر نفوذپذیری و قابلیت انتقال دارای اختلاف و یا تشابه هستند و با توجه به نوع مرز بین این واحدها، این تقسیم‌بندی انجام گرفته

است. حضور لایه‌های با قابلیت نفوذپذیری پایین باعث متمرکز شدن جریان در مسیرهای با تراوایی بیشتر مثل واحدهای آهکی شده و باعث توسعه کارست در این واحدها می‌گردد. با توجه با این موضوع حضور لایه‌های نفوذناپذیز در زیر واحد آهکی باعث متمرکز شدن جریان در مرز بین این دو واحد خواهد شد و اگر این حالت در تاقدیس و یا ناودیس باشد دارای ارزش دو چندان می‌گردد. در این مرحله لایه‌های نفوذناپذیر که در مسیر جریان قرار گرفته‌اند باعث تمرکز جریان آب زیرزمینی در مسیرها و لایه‌های آهکی مجاور می‌شوند، مشخص گردیده است (شکل۴-۳۰). با توجه به این که لایه‌های نفوذ ناپذیر به عنوان سد عمل می‌کنند در حد بین این لایه‌ها و لایه‌های آهکی مسیر جریان زیرزمینی تشکیل می‌شود که با فاصله گرفتن از مرز احتمال تشکیل این مسیرها کاسته می‌شود. بنابراین مناطق مرزی بالادست این مرزها دارای ارزش فراوان بوده و پایین دست این مرز فاقد ارزش می‌باشد. در این مرحله مناطق مستعد و دارای فاصله مناسب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

با عنایت به موارد فوق‌الذکر، لکه‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ به دلیل قرارگیری در بالادست مرز نفوذناپذیر شماره (۱) یا سازند کشکان، از اولویت بالایی برخوردار هستند. لکه شماره (۳) هم به دلیل قرارگیری در بالادست مرز شماره ۲ یا سازند پابده دارای اولویت می‌باشد. لکه شماره (۸) هم با توجه به موقعیت آن و احتمال موجود زیر سطحی مرز (۱) در پایین دست این لکه، می‌تواند داری اولویت باشد.

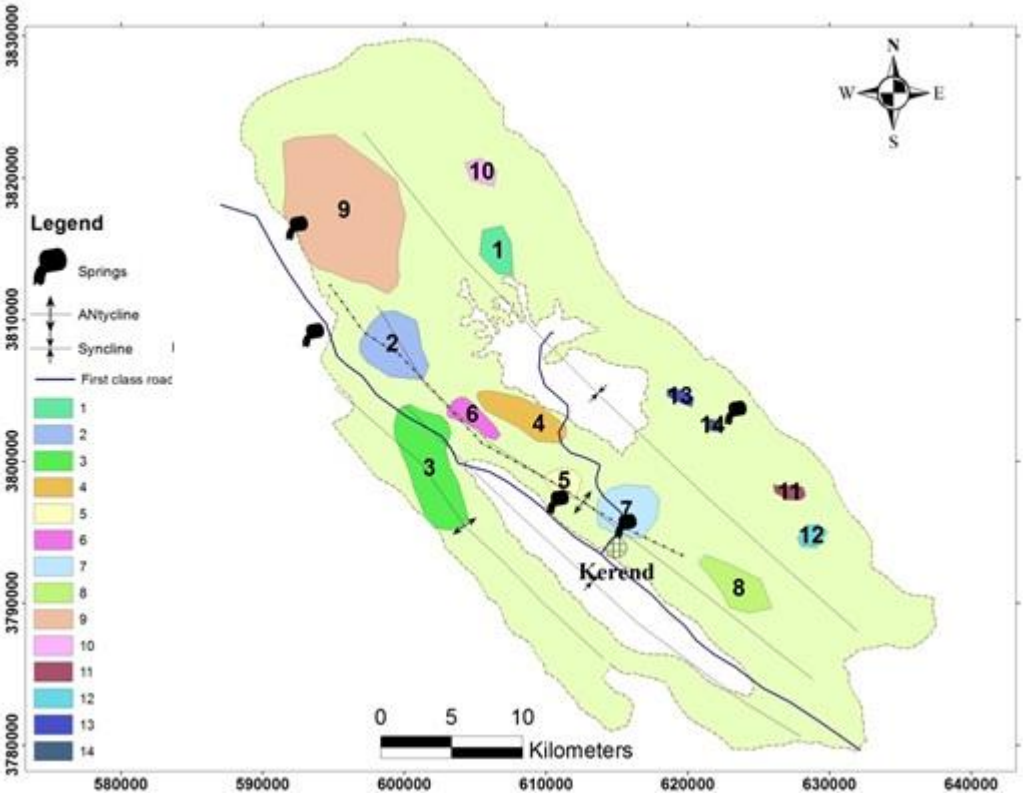


شکل ۴-۳۰- مرزهای هیدروژئولوژیکی و مناطق انتخاب شده.

ب- وضعیت مناطق مستعد نسبت به وضعیت چین‌ها

با توجه به اهمیت چین‌خوردگی‌ها در جهت‌گیری جریان آب زیرزمینی و لزوم شناسایی دقیق خصوصیات چین‌ها مثل شیب لایه‌ها در هر یال و امتداد در منطقه برداشت شده و با استفاده از نرم افزارهای زمین‌شناسی ساختمانی اقدام به رسم نمودارها جهت بدست آوردن سطح محوری و پلانژ چین‌ها شده است. در مورد چین‌های منطقه محل پلانژ و قسمت پایین هر یال دارای اهمیت است و به عنوان مناطق دارای احتمال جریان زیرزمینی در نظر گرفته شد. (شکل۴-۳۱). با توجه به موقعیت هر محدوده نسبت به این عوارض ، محدوده شماره (۳) دارای بهترین حالت و در محل تجمع پایین دست یال‌های تاقدیس و سطح محوری ناودیس و نیز در جهت پلانژ ناودیس می‌باشد.

محدوده‌های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ وضعیت مناسبی نسبت به عوارض مذکور دارند و دارای موقعیت مناسب هستند. محدوده شماره ۸ نیز از این نظر دارای ارزش متوسط می‌باشد.



شکل ۴-۳۱- محل سطح محوری ناودیس و پایین دست یال‌های تاقدیس.

با توجه به مجموعه شرایط وضعیت نسبت به سطح محوری ناودیس‌ها و پایین دست یال‌های تاقدیس‌ها و مرزهای هیدروژئولوژیکی مناطق دارای ارزش نهایی به شهر زیر می‌باشند.

با توجه به نتایج مندرج در جدول (۴-۱۲)، مناطق دارای اولویت برای حفر چاه مشخص شده و در شکل (۴-۳۲) ارائه شده است.

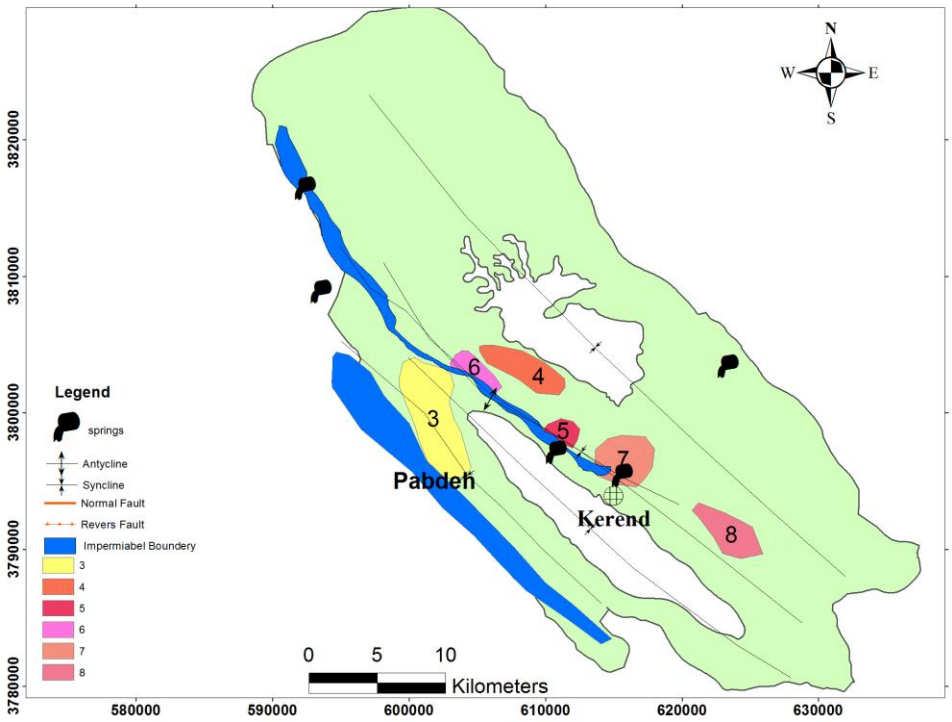
ج- فاصله از شهر کرند

بنابراین، فاصله لکه‌های تعیین شده از شهرکرند غرب و همچنین امکان انتقال آسان‌تر آب از محل مورد نظر به شهر کرند غرب حائز اهمیّت است. همانطور که اشاره شد از بین لکه‌های بدست آمده از

مرحله اول، لکه‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ به لحاظ مرزهای هیدروژئولوژیکی و وضعیت چین‌خوردگی‌ها اولویت بالاتری را شامل می‌شوند. از بین لکه‌های ذکر شده، لکه‌های ۷ و ۸ به لحاظ فاصله از شهر کرند و امکان انتقال آسان‌تر آب به شهر کرند از اولویت بالاتری برخوردارند.

جدول ۴-۱۲- وضعیت محدوده‌های انتخابی نسبت به عوارض تحلیلی

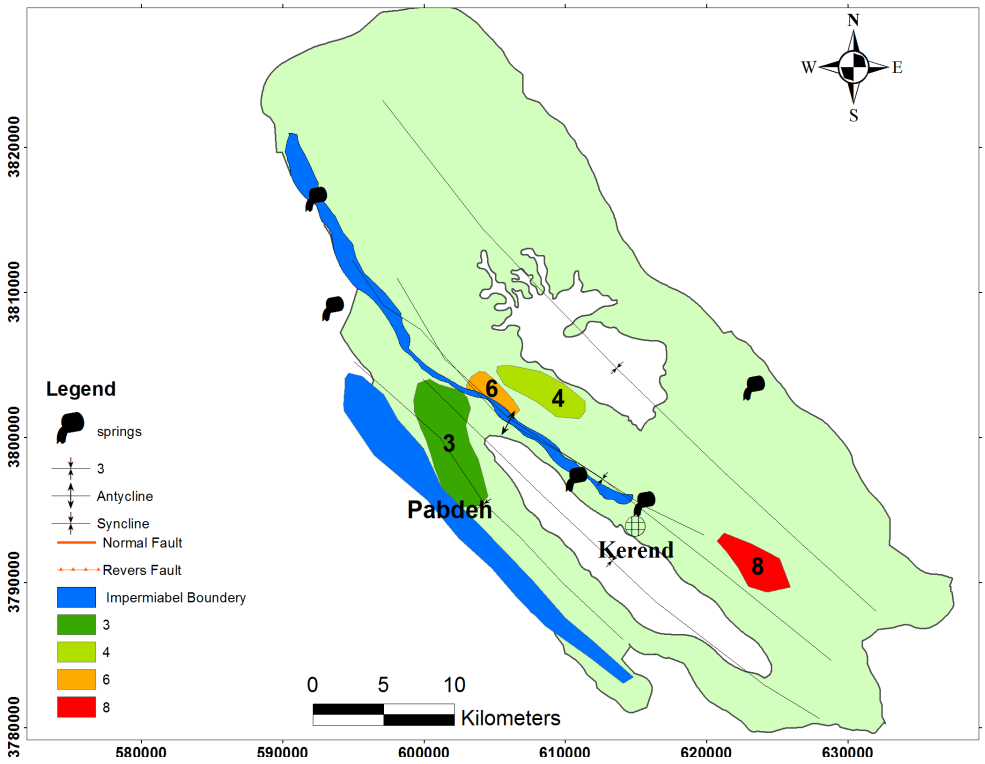
محدوده	وضعیت نسبت به مرزهای هیدروژئولوژیکی	وضعیت نسبت به سطح محوری ناودیس‌ها و پایین دست یال های تاقدیس‌ها	فاصله از شهر کرند (Km)
۳	عالی	عالی	۱۲
۴	خوب	عالی	۹/۵
۵	عالی	خوب	۵/۵
۶	عالی	خوب	۱۲/۵
۷	عالی	عالی	۱/۵
۸	خوب	خوب	۶/۵



شکل ۴-۳۲- مناطق دارای اولویت جهت حفر چاه آب با توجه به مجموعه عوامل.

۴-۶- معرفی سایت‌های نهایی برای حفر چاه

همانطور که در شکل (۴-۳۰) نشان داده شده است، سایت‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، و ۸ برای حفر چاه به منظور تأمین آب شرب شهر کرند غرب دارای اولویت هستند. سایت‌های (۵) و (۷) به ترتیب به دلیل قرارگیری در حوضه آبگیر چشمه‌های حریر و کرندغرب برای محل چاه توصیه نمی‌شوند. سایت شماره (۳) هم به دلیل دوری به شهر کرند و عدم انتقال ثقلی آب در اولویت نمی‌باشد. بنابراین، سایت‌های نهایی برای حفر چاه، سایت‌های ۴، ۶ و ۸ می‌باشد (شکل ۴-۳۳). در این بین، محدوده شماره ۸ به دو دلیل اولین اولویت را دارد یکی نزدیکی به شهر کرندغرب و دیگری عدم اثر منفی در صورت برداشت بر روی دبی چشمه‌های نزدیک به محل مورد بررسی. در سایر محدوده‌ها منعی برای حفر چاه وجود ندارد، اما به دلیل امکان انتقال ثقلی آب از محدوده ۴ این محدوده در ارجحیّت قرار دارد.



شکل ۴-۳۳- مناطق و محدوده‌های نهایی تعیین شده جهت حفر چاه آب شرب شهر کرند.

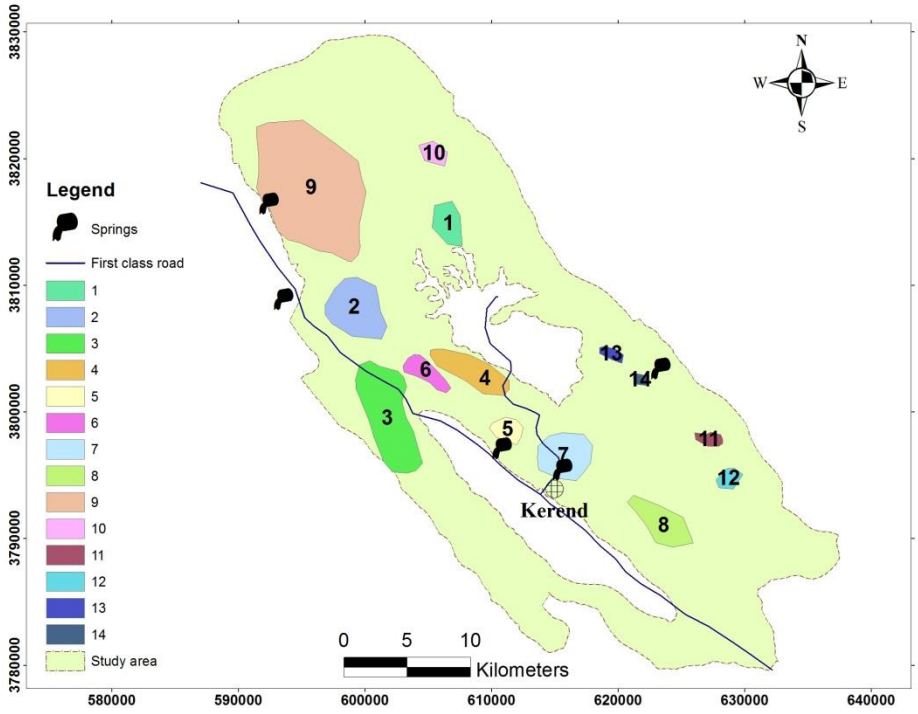
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

همانطور که در بخش‌های قبلی نیز ذکر شده است، هدف اساسی از انجام این تحقیق "مکان‌یابی محل مناسب جهت حفر چاه به منظور تأمین آب شرب شهر کرندغرب در استان کرمانشاه " می‌باشد. جهت دستیابی به هدف مذکور از لایه‌های اطلاعاتی مختلف شامل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و هیدروژئولوژی استفاده شده است. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تجزیه و تحلیل بر روی این لایه‌ها انجام گرفته است. در نهایت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل‌های بعدی مکان‌های مناسب برای حفر چاه مشخص شده است. در این فصل خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده ارائه می‌گردد.

۵-۱-۱- نقشه اولیه مکان‌های مستعد جهت حفر چاه

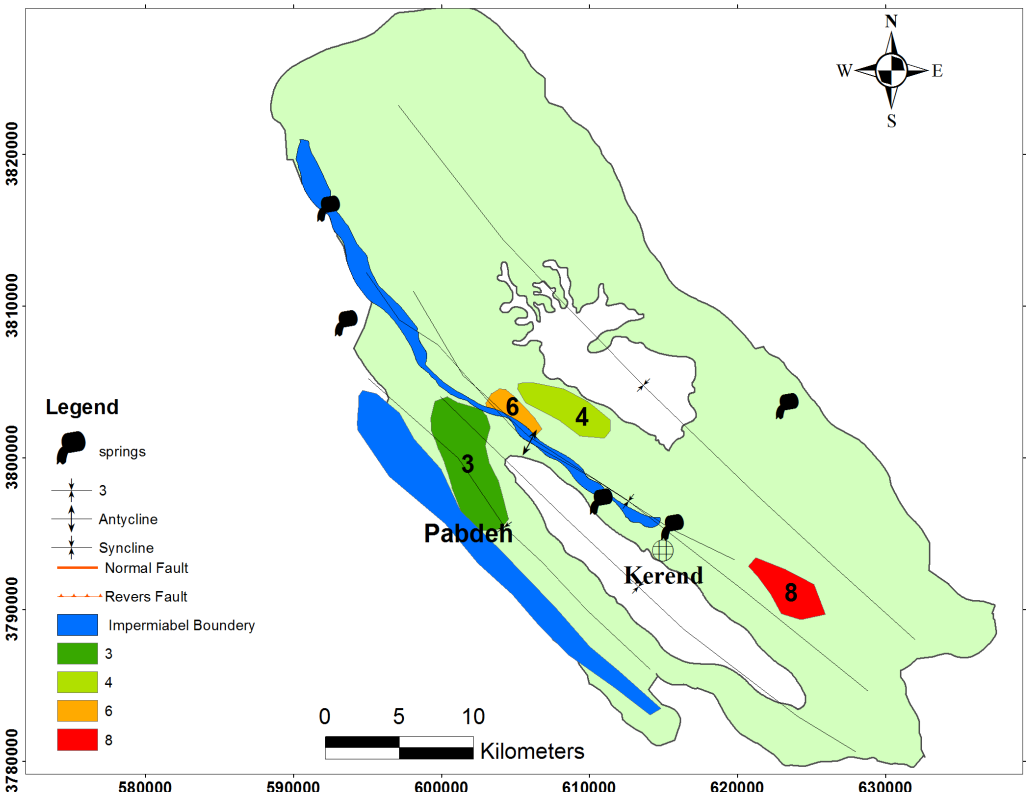
با استفاده از اطلاعات موجود و مطالعات پیشین اقدام به تهیه لایه‌های مختلف در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شده است. نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعاتی مختلف شامل لیتولوژی، گسل و شکستگی‌ها، عمق دره‌های کارستی، میزان شیب لایه‌بندی و توپوگرافی می‌باشند. با توجه به اثر هر لایه بر آبهای زیرزمینی گروه‌های مختلف یک لایه اطلاعاتی ارزش گذاری شده و وزن هر لایه مشخص شده است. در مرحله نهایی لایه‌های مختلف هم‌پوشانی شده و محل‌های مناسب برای حفر چاه مشخص شده‌اند (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱-نتیجه هم‌پوشانی لایه‌های مختلف و محل‌های مناسب برای حفر چاه.

۵-۱-۲- نقشه نهایی مکان‌های مناسب جهت حفر چاه

در این مرحله نتایج مرحله قبل مورد بررسی تحلیلی قرار گرفته و با توجه به برخی شرایط تحلیلی تعدادی از مکان‌های انتخاب شده قبلی حذف شده‌اند. فاصله از مسیرهای اصلی جریان (پایین دست یال تاقدیس‌ها و سطح محوری ناودیس‌ها)، موقعیت مکان‌های انتخاب شده نسبت به مرزهای هیدروژئولوژیکی و فاصله از شهر کرند مواردی بوده که در این مرحله مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با عنایت به موارد ذکر شده از بین مکان‌های مشخص شده در مرحله قبل مکان‌های ۱، ۲، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳و ۱۴ در این مرحله حذف شده‌اند. شکل (۵-۲) موقعیت مکان‌های باقیمانده در این مرحله را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲- مکان‌های انتخاب شده در بررسی تحلیلی.

۵-۱-۳- اولویت‌های معرفی شده برای محل حفر چاه

در این مرحله با توجه به محدودیت‌های دیگر که ممکن است برای مسئولین سازمان آب منطقه‌ای کرمانشاه حائز اهمیت باشد، از میان ۶ مکان معرفی شده در شکل (۵-۲) تعدادی از مکان‌ها از اولویت خارج شده و اولویت‌های نهایی برای محل حفر چاه معرفی شده‌اند. محدودیت‌هایی که باعث حذف بعضی از مکان‌های معرفی شده در شکل (۵-۲) شده‌اند به طور مختصر ارائه می‌شوند.

مکان‌های پیشنهادی شماره ۵ و ۷ به ترتیب در محدوده حوضه آبگیر چشمه‌های حریر و کرند واقع شده‌اند و در اثر برداشت از این مکان‌ها، آبدهی چشمه‌های فوق‌الذکر به طور قابل توجهی تقلیل خواهد یافت. بنابراین این دو از لیست اولویت‌های نهایی حذف می‌شوند.

در خصوص مکان پیشنهادی ۸، به دو دلیل این مکان می‌تواند از اولویت خارج شود. اول اینکه، ممکن است در انتهای جنوب شرقی حوضه آبگیر چشمه کرند واقع شده باشد. دوم اینکه، این مکان در مرز

تقسیم جریان آب‌زیرزمینی بین حوضه کرند و حوضه جنوب شرقی ناودیس ریجاب (به سمت اسلام‌آباد) واقع شده است.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر در نهایت می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که مکان‌های ۴ و۶ به عنوان مکان‌های نهایی مناسب برای حفر چاه به منظور تأمین آب شرب شهر کرندغرب معرفی می‌شوند.

۵-۲- پیشنهادها

۱- منطقه مورد مطالعه بسیار وسیع بوده و امکان مطالعه دقیق صحرایی در تمام منطقه وجود نداشته است. پیشنهاد می‌گردد مطالعات صحرایی کامل‌تر در مکان‌های معرفی شده در این تحقیق انجام شود و وضعیت دقیق درز و شکستگی‌ها، عوارض کارستی و مرزهای هیدروژئولوژیکی مورد ارزیابی قرار گیرند.

۲- با توجه به اینکه مکان‌های معرفی شده در مقایسه با کل منطقه بسیار محدود می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد در مکان‌های معرفی شده و اولویت‌دار نیمرخ‌های ژئوالکتریک تهیه شود. به این ترتیب که با بررسی مقادیر مقاومت ویژه در طول نیمرخ، وضعیت آبخوان کارستی در مکان‌های معرفی شده با دقت بیشتری مشخص شود.

۳- به منظور صحت بیشتر حوضه‌های آبگیر مشخص شده در این تحقیق، پیشنهاد می‌شود در این حوضه عملیات ردیابی انجام شود. لازم به ذکر است که به منظور جلوگیری از اشتباهات احتمالی، بایستی در حوضه‌های مختلف از ردیاب‌های متفاوتی استفاده شود.

منابع

بهروزی‌فر ح، (**۱۳۸۹**)،" **مبانی تعیین محل چاه‌های آهکی**"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ص **۶۰**.

جمال‌الدینی م، (۱۳۷۶)، پایان نامه ارشد ،"مطالعه لیتواستراتیگرافی و زمین‌شناسی ساختمانی در منطقه دیره پاطاق با نگرشی ویژه به منابع آب کارستی" ، دانشکده علوم ، دانشگاه تهران.

جهانی‌بهبهانی ح، (۱۳۷۲)، پایان نامه ارشد " نقش خطواره‌ها در کنترل جریان آبزیرزمینی در مناطق کارستی" ، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شیراز.

خدائی ک، (۱۳۷۹) ، پایان نامه ارشد "نقش نمایانگرهای آب زیرزمینی در شناسایی منابع آب کارستی حوضه ارومیه با استفاده از GIS، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی.

درویش‌زاده ع. (۱۳۸۳) زمین شناسی ایران، انتسارات امیر کبیر، ۴۳۴ صفحه.

سحابی ف، آغاسی ع، افشار حرب. ع، (**۱۳۷۶**)،" **گزارش زمین‌شناسی حوضه الوند** "، آب منطقه‌ای غرب ایران **۱۳۲** ص.

سلیم ق، (۱۳۸۹) ، پایان نامه ارشد "بررسی ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های آبرفتی با آبخوان‌های کارستی در استان کرمانشاه"، دانشکده علوم زمین ، دانشگاه صنعتی شاهرود.

شرکت قدس‌نیرو (۱۳۸۹) گزارش نیمه تفصیلی آبهای‌زیرزمینی استان کرمانشاه، گزارش زمین‌شناسی محدوده‌های مطالعاتی اسلام‌آباد، کرند، حسن‌آباد و هرسم، ۲۹۵ص.

شرکت نهادآب (۱۳۸۵)، مطالعات مرحله دوم سد مخزنی زیمکان، گزارش سیمای طرح، ۳۵۰ ص.

صفرعلیزاده ح، اسدی ن. قشقایئ نژاد س. اسفرم م. (۱۳۸۸)، شناسایی مناطق مستعد و دارای پتانسیل بالای منابع آب کارستی در غرب کوه شتری با استفاده از GIS و RS همایش ژئوماتیک.

عبادیان س، (۱۳۸۱)، پایان نامه ارشد "ارزیابی عوامل موثر در پتانسیل آب‌های کارستی کوههای گر و برم‌فیروز در استان فارس با استفاده از اطلاعات رقمی ماهواره‌ای و روش سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) " ، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز.

قمی اویلی ج، (۱۳۷۶) ، پایان نامه ارشد، "مطالعه لیتواستراتیگرافی و بررسی کارستی شدن رخنمون‌های کربناته نوا-قلاجه در غرب استان کرمانشاه"، دانشکده علوم ، دانشگاه تهران.

کاظمی. ر، غیومیان. ج، جلالی. ن، (۱۳۸۵)، بررسی نقش عوامل ساختاری در فراوانی منابع آب در منطقه کارستی لار با استفاده از سنجش از دور و GIS، پژوهش وسازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۳، ۳۳-۴۱.

کریمی ح. (۱۳۸۹)" **هیدروژئولوژی کارست (مفاهیم و روش‌ها)**"، انتشارات ارم، ۴۱۴ص.

مینویی ا، (۱۳۸۸)، پایان نامه ارشد، "نقش شکستگی‌ها در جریان آب‌زیرزمینی در منطقه شاهو، کردستان "، دانشکده علوم زمین ، دانشگاه صنعتی شاهرود.

نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرند(۱۳۸۴)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی

نقشه زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰۰ کرند (۱۳۶۵)، شرکت مهندسین مشاور ایرانشهر

نیک‌پیمان ی، (۱۳۸۸)، پایان نامه ارشد، "بررسی تأثیر خطواره‌ها بر روی نوع جریان آب‌زیرزمینی در آبخوان‌های کارستی "، دانشکده علوم زمین ، دانشگاه صنعتی شاهرود.

Refrences

Ahmadipour M. R. (**1999**)**, "**Karst terraines in Iran - Examples from Lorestan*"* Acta carsologica, 13, 213-224.

Apaydın A, Demirci A.S**, (2011),** "Assessment of groundwater quality of the Tatlicay aquifer and relation to the adjacent evaporitic formations (Cankiri, Turkey)" Environmental Monittoring and Assessment,10661-011-2121-8.

Ashjari J, Raeisi E**, (2006)**, "Influences of anticlinal structure on regional flow, Zagros, Iran". Journal of Cave and Karst Studies, Vol.68, No.3, 118–129.

Ashjari J,(2007),"Influences of anticlinal structure on regional flow, Zagros, Iran"(in English). PhD Thesis, University of Shiraz, Iran

Bakalowicz M**, (2005)**, "Karst groundwater: a challenge for new resources". Hydrogeology Journal, 13, 148–60.

Ballesteros D, Jiménez-Sánchez M, García-Sansegundo J, Giralt S**, (2011)**. Geological methods applied to speleological research in vertical caves: the example of Torca Teyera shaft (Picos de Europa, N Spain). Carbonates and Evaporites, 26: 29-40.

Cooke M.L. Simo J.A. Underwood C.A. Rijken P**. (2006)**, "Mechanical stratigraphic controls on fracture patterns within carbonates and implications for groundwater flow", Sedimentary Geology 184 :225–239.

Delleur J.W. (ed) (**2007**) "**The Handbook of Groundwater Engineering**", 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, Fl, 940p.

Drew D.P, Coxon C.E**.** (**1988**), "Karst Hydrogeology and Karst Environment Protection", IAH 21st Congress, 10–15 October, Guilin. China, 204–209.

Ford D.C, Williams P.W, **(2007), Karst Hydrology and Geomorphology**. Wiley Chichester, 2nd ed., p. **576**.

Goldscheider N, Drew D, (2007), "**Method in Karst Hydrogeology**", Taylor & Francis, 279p.

Goldscheider N. (**2005**), "Fold structure and underground drainage pattern in the alpine karst system", Hochifen-Gottesacker. Eclogae Geologicae Helvetiae, 98, 1-17.

Goldshider N. Neukum Ch**. (2010),** "Fold and fault control on the drainage pattern of a double-karst-aquifer system, Winterstaude, Austrian Alps", Acta Carsologica, 13: 173-186.

Gremaud V. Goldscheider N. Savoy L. Favre S. Masson H. (**2009**), " Geological structure, recharge processes and underground drainage of a glacierised karst aquifer system, Tsanfleuron-Sanetsch, Swiss Alps", Hydrogeology Journal 17, issue 8, 1833-1848.

Gupta R.P. (**2010**), "**Applied Hydrogeology of Fractured Rocks**" Springer, 407p.

Han D.M. Xu H.L, Liang X**. (2005**),), "GIS-based regionalization of a karst water system inXishan Mountain area of Taiyuan Basin, north China" Journal of Hydrology, 331, 459– 470.

Huntoon w.P. (1992), "Exploration and development of groundwater from the stone forest karst aquifers of South China", Ground Water, vol.30 no, 3,324-330.

Jill N. BruningJohn S. Gierke,Ann L. Maclean (**2009**), "A digital processing and data compilation approach for using remotely sensed imagery to identify geological lineaments in hard-rock terrains: An application for groundwater explorationin Nicaragua"Annual Conference**.**

Karimi H**.** (2003),), "Hydrogeological behavior of Alvand karst aquifers Kermanshah" (in English). PhD Thesis, University of Shiraz, Iran

Karimi H.Raeisi R. Bakalowiciz M. (**2005**), "Characterizing the main karst aquifers of Alvand basin, northwest of Zagros, Iran by hydrogeochiemical approaches", Hydrogeology Journal 13: 787-799.

Karimi H. Ashjari j. (**2009**), "Periodic breakthrough curve of tracer dye in the Gelodareh Spring, Zagros, Iran", Journal of Cave and Karst Science, Vol. 36, No. 1,5-10, 2009.

Kazemi R, Porhemat J, KhirKhah M, (**2009)**, "Investigation of linaments related to groundwater occurrence in a karstic area: A case study in Lar Catchment, Iran", Journal of Environmental Sciences 3(3), 367-375.

Kersic N**. (1995)**, "Remote sensing of tectonic fabric controlling groundwater flow in Dinaric karst", Remote Sensing of Environment, Volume 53, Issue 2, 85**–**95.

LaMoreaux P.E, LaMoreaux Jim. **(2007),** "Karst: the foundation for concepts in hydrogeology" Environmental Geology, 51: 685–688.

Laronne L, Ben-Itzhak H. Gvirtzman (**2005**) Groundwater flow along and across structural folding: an example from the Judean Desert, Israel, Journal of Hydrology 312:51–69

Lattman LH, Parizek RR, **(1964)**, "Relationship between fracture traces and the occurrence of ground water in carbonate rocks". Journal of Hydrology, 2:73–91.

McCoy K.J. Kozar M.D**. (2008)**, "Use of sinkhole and specific capacity distributionsto assess vertical gradients in a karst aquifer", Environmental Geology, 54:921–935.

Michalski A. Britton R**. (1997), "**The role of bedding plane fractures in the hydrogeology of sedimentary bedrock—evidence from the Newark Basin", New Jersey. Ground Water 35 (2), 318–327.

Milanović P.T. (2004), **Water resources engineering in karst**", CRC Press, Florida, USA. 312 pp.

Milanovic P.T**.(1988)**, **"** Artificial undergroundre servoirsin the karst experimental and project examples", roceedingosf the IAH 21st Congress Karst Hydrology and Karst EnvironmentP rotection,G uilin, vol.1, pp. 76-78, Geol. Publ. House, Beijing,

Muldoon M.A. Simo J.A. Bradbury K.R**.** (**2001**), **"**Correlation of hydraulic conductivity with stratigraphy", Hydrogeology Journal, 9:570–583.

Odeh T. Salameh E. Schirmer M. (**2009**), **"**Gerhard Strauch Structural control of groundwater flow regimes and groundwater chemistry along the lower reaches of the Zerka River", West Jordan, using remote sensing, GIS, and field methods, Environ Geol 58:1797–1810.

Palmer A.N. (**2003**), "Speleogenesis in carbonate rocks. In: Gabrovsek F. (Ed.), Evolution of karst: from prekarst to cessation" Postojna-Ljubljana: Zalozba ZRC, 43-60. (Also published in the Journal of Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers.

Palmer A.N**.** (**2009**), "Cave exploration as a guide to geologic research in the Appalachians". Journal of Cave and Karst Studies, v. 71, no. 3, 180–192.

Rangzan k. Charchi A. Abshirini A. Dingrr J**.** (**2008**), "Remote Sensing and GIS Approach for Water-Well Site Selection, Southwest Iran", Environmental & Engineering Geoscience, Vol. XIV, No. 4, pp. 315–326.

Ruttner, A., Stocklin, J., (**1967**). Geological Map of Iran. Geological Survey of Iran, Scale1:1000,000.

Sirinvasa R.Y. Jugran D.K. (**2003**) "Delineation of groundwater potential zones and zones of groundwater quality suitable for domestic purposes using remote sensing and GIS", Hydrological Sciences Journal, 48:5, 821 — 833.

Solomon S. Quiel F**.** (**2006**) “Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea”, Hydrogeology Journal 14: 1029–1041.

Swanson S.K. Bahr J.M. Bradbury K.R. Anderson, K.M. (**2006**), Evidence for preferential flow through sandstone aquifers in southern Wisconsin. Sedimentary Geology 184 (3–4), 331–342.

Tam V. De Smedt T. F. Batelaan O. L. Hung Q. (**2005**). DassarguesStudy of cavernous underground conduits in Nam La (Northwest Vietnam) by an integrative approach, Hydrogeology Journal 13: 675–689.

Tam V.T. Batelaan O**.** (**2010**) “A multi-analysis remote-sensing approach for mapping groundwater resources in the karstic Meo Vac Valley, Vietnam" Hydrogeology Journal

Tam V.T. Smedt F.D. Batelaan O. Hung L.Q. (**2005**), “Dassargues Study of cavernous underground conduits in Nam La (Northwest Vietnam) by an integrative approach, Hydrogeology Journal 13: 675–689.

Thomas A, Sharma P.k., Sharma M.K., Sood A**.** (**1999)** "Hydrogeomorphological Mapping in Assessing Ground Water by Using Remote Sensing Data -A Case Study in Lehra Gaga Block,Sangrur District, Punjab" Journal of the Indian Society of Remote Sensing, Vol. 27, No. 1.

Thomas E.M**.(2004),** “Structueral control on cave development in Cretaceous limeston, Southern Puerto Rico”Carbbean Journal of science, vol 40(2), 276-280.

Verbovšek T. Veselič M. (**2008**) “Factors influencing the hydraulic properties of wells in dolomite aquifers of Slovenia”, Hydrogeology Journal 16: 779–795.

Walsh P. **(2008)** "A new method for analyzing the effects of joints and stratigraphy on spring locations: a case study from the Sacramento Mountains south central New Mexico, USA", Hydrogeology Journal (**16**: 1459–146).

Wendland F, Kunkel R, Tetzlaff B, Do¨rho¨fer G (2003) GIS-baseddetermination of the mean long-term groundwater recharge inLower Saxony. Environmental Geology, 45(2):273-278.

White W. B**.** (**2002)**, “Karst hydrology: recent developments and open questions”, Engineering Geology, 65, 85-105.

White W.B. and White E.L**.** (**2001**),“Conduit fragmentation, cave patterns, and the localization of karst ground water basins”: the Appalachians as a test case,

Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 1 (2), April 2003, p.2 .Re-published by permission from: Theoretical and Applied Karstology, 13-14, 9-24.

Worthington, S.R.H**.** (**2005**), "Hydraulic and geological factors influencing conduit flow depth". Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, Republished from: Cave and Karst Science, 31(3), 123-134.

Wu Q, Xu H, Zou XK (**2005**) "An effective method for 3D geological modelling with multi-source data integration", Comput Geosci 31(1):35–43.

Zacharias I. Dimitriou E. Koussouris T. (**2003**), "Estimating groundwater discharge into a lakethrough underwater springs by using GIS technologies". Environmental Geology, 44, 843–851.

Zamani A. Rezaie M. T. A. (**1998**), "the relationship between karstification and structueral system in North Ardakan Region South West Iran", 2nd International symposium on karst water resourcesa Iran-Tehran-Kermanshah 621p.

Abstract

The aime of this investigation is site selection for digging water well to supply drinking water for Kerend township in the Northwest of Islamabad-e Gharb. The study area is a karstic region around the Kerend town situated between 46° 6′- 46° 22′ longitude and 34° 9′- 34° 29′ latitudes.

In this study, geology, hydrogeology and geomorphology data were used to determine suitable locations for water well. Firstly, all of the effective parameters were identified and were converted to data layears. These parameters are including litology, dip, and depth of karstic vallyes, fractuers densities and the distance from the fractures. Geographic information system (GIS) and Remote sensing (RS) softwares were used to prepare these layers. After prepring data layears for making an integrated decision, a value is specified for each layer which is proportional to its significance in groundwater flow. Layers wre over layed by using GIS and finally the locations with values greater than 70 percent were selected for further evalution. In the final stage, with respect to limbs of anticlines and axial plane of synclines, and distance from Kerend town, some primarily selected sites were eliminated. At last, according to some restrictions such as situation with respect to the spring's catchment areas in the study area, the remaining sites were re-considered and the proper locations for digging well for supplying drinking water for Krend have been introuduced.

Key words: Karst, Well site selection, Kerendgharb,GIS

Shahrood University of Technology
Faculty of Earth Sciences
Hydrogeology- Environmental geology group

Assessment of suitable area for extracting karst water at the west of Islamabad, Kermanshah

By:
Abdollah Shamsi

Supervisor:
Dr. Gholam Hossein Karami

Advisor:
Dr. Azizollah Taheri

January 2012