

سُبْحَانَكَ يَا عَزِيزُ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد

# بررسی ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های آبرفتی و سازندهای کارستی زیرین آنها در دشت‌های ذهاب و اسلام‌آباد غرب در استان کرمانشاه

نگارنده:

قاسم سلیم

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

بهمن ماه ۱۳۸۹

دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مرتبت از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد.

بهمن ماه ۱۳۸۹

## مقالات مستخرج از این پایان نامه:

- ۱- تعیین پارامترهای هیدرولیکی دشت ذهاب با استفاده از داده‌های آزمایش پمپاژ، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه - ارومیه، شهریور ۱۳۸۹.
- ۲- ارزیابی شاخص ناهمگنی آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی - آهکی دشت ذهاب، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، بهمن ۱۳۸۹

سرآغاز حمد و سپاس پروردگار کریم که یاری، بخش این بنده حقیر بود

تقدیم به آنکه جهان در انتظار اوست

تقدیم به آنکه وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر

تقدیم به مهربان ترین پدر و تقدیم به صبورترین مادر

آنکه توانشان رفت تا به توان برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند

آنان که راستی قاسم را در شکستی قاتلان بقاء یافت

تقدیر و تشکر

ابتدای کلام را در وادی آب و زمین عطر آگین به آیه هیجده سوره مبارکه مومنون مینمایم که آفریدگار گیتی در آن می فرماید:

(وَأَرْسَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ مَوَاقِدُ الْأَرْضِ وَأَنَامَ عَلَى ذُلَابٍ لِّقَادُونَ....)

واز آسمان آبی به اندازه نازل کردیم و آنرا در مخازن مخصوصی ساکن نمودیم و ما برای از بین بردن آن کاملاً "قادریم".

لذا باتمسک به این گفتار قرانی از کریم بخشنده و خالق هستی بخش خواستار آنم که ما را در فراگیری علوم پیرامونی خود توفیق دهد تا بدین سان در خدمت به خلق او و کسب معرفت الهی به درجات مطلوب نائل آئیم.

اکنون که اتمام این مقطع از تحصیل با عنایت حق تعالی حاصل گشته، شایسته است مراتب سپاس و تشکر خالصانه خود را از زحمات عزیزانی همچون :

جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی استاد راهنمای فرهیخته و بزرگوارم که اولین روشنی بخش و راهنمای این راه بودند و بدون رهنمودهای ارزنده ایشان، به پایان رساندن این تحقیق ممکن نبود. از داوران ارجمند پایان نامه جناب آقای دکتر غلامعباس کاظمی و آقای دکتر فرامرز دولتی ارده جانی که بازخوانی پژوهش حاضر را تقبل و موجبات افزایش سطح آن گردیدند.

همچنین از تمام اساتیدی که در دوران تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد به نحوی افتخار شاگردی در محضرشان را داشتم از جمله آقایان دکتر کاظمی، دکتر دولتی، دکتر حافظی مقدس و دکتر طاهری شهرآیین کمال تشکر را دارم. از کارشناسان محترم اداره آب منطقه‌ای کرمانشاه به ویژه آقایان مهندس طاهری و مهندس محسنی پور و همچنین از کارکنان محترم دانشکده علوم زمین آقای مهندس میر باقری، مهندس خان علیزاده و خانم مهندس فارسی که همکاری‌های صمیمانه‌ای را با اینجانب داشته‌اند تشکر می‌نمایم. از دوستان عزیزم آقایان بساکی، نوری، غزنوی، اکرمیان، گراوند، بسکابادی و گروهی ساردو و همچنین برادران عزیزم ابراهیم‌اژدر سلیم و کاظم سلیم که در مراحل انجام این تحقیق کمک و همراه بنده بودند نهایت سپاسگزاری را داشته و برای همه این عزیزان آرزوی سلامتی و سعادت می‌نمایم. از خانواده بزرگوارم که علی رغم مشکلات فراوان همیشه همراه من بودند و مرا تحمل نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

قاسم سلیم

### چکیده

از آنجایی که آبخوان‌های آهکی معمولاً دارای کیفیت آب بالاتری نسبت به آبخوان‌های آبرفتی می‌باشند، قوانینی در وزارت نیرو وضع شده، که به موجب آن آبخوان‌های کارستی نباید مورد استفاده بخش کشاورزی واقع شوند و فقط برای آب شرب مورد استفاده قرار گیرند. در این تحقیق هدف بررسی وجود ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان‌های آبرفتی و آبخوان‌های آهکی موجود در زیرین آنها در دشت‌های اسلام آباد غرب و ذهاب در استان کرمانشاه می‌باشد.

به منظور بررسی خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌های دشت ذهاب شش سری داده‌ی آزمایش پمپاژ با دبی ثابت و ۱۶ سری داده‌ی افت پله‌ای با استفاده از نرم افزار تخصصی <sup>win32</sup> aquifer مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. همچنین ۱۳ سری داده افت پله‌ای با استفاده از این نرم‌افزار برای بررسی خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌های دشت اسلام آباد غرب ارزیابی شده است. قابل ذکر است که در این دشت‌ها هر دو نوع آبخوان آبرفتی و آبخوان آبرفتی-آهکی وجود دارد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در هر دو منطقه قابلیت انتقال، دبی ویژه و شاخص ناهمگنی برای آبخوان‌های آبرفتی-آهکی بیشتر از آبخوان‌های آبرفتی می‌باشد، در حالی که آبخوان‌های آبرفتی از مقدار افت ویژه بالاتری نسبت به آبخوان آبرفتی-آهکی برخوردار می‌باشند.

در تیر ماه ۱۳۸۹ از چاه‌های موجود در دشت‌های ذهاب و اسلام آباد غرب به ترتیب ۱۳ و ۱۱ نمونه جهت بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی برداشت شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های دریافتی نشان می‌دهد که در دشت ذهاب هدایت الکتریکی در جهت جریان آب زیرزمینی (از غرب به شرق) از ۵۰۰ به ۹۰۰ میکروموس بر سانتیمتر و در دشت اسلام آباد غرب نیز در جهت جریان (از شمال غرب به جنوب شرق) از ۴۵۰ تا ۸۰۰ میکروموس بر سانتیمتر افزایش می‌یابد. همچنین این نتایج نشان می‌دهد که در دشت اسلام آباد غرب ورود آب از سازند گچساران که در قسمت مرکزی دشت رخنمون دارد، باعث تخریب کیفیت آب زیرزمینی این دشت گردیده است. همچنین بررسی نقشه پتانسیل، نمودارهای ترکیبی و کیفی آب زیرزمینی دشت‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که بین آبخوان‌های آبرفتی و آبخوان‌های آهکی ارتباط هیدروژئولوژیکی وجود دارد به گونه‌ای که آبخوان‌های آبرفتی از آبخوان‌های آهکی مجاور یا زیرین تغذیه می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** آبخوان آهکی، آبخوان آبرفتی، هیدرودینامیک، هیدروژئوشیمی، هیدروژئولوژی.

## فهرست مطالب

| عنوان                                           | شماره صفحه |
|-------------------------------------------------|------------|
| فصل اول                                         |            |
| ۱-۱- بیان مسئله.....                            | ۱          |
| ۲-۱- مناطق مورد مطالعه.....                     | ۲          |
| ۳-۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه.....    | ۳          |
| ۱-۳-۱- دشت ذهاب.....                            | ۳          |
| ۲-۳-۱- دشت اسلام آباد غرب.....                  | ۳          |
| ۴-۱- آب و هوای مناطق مورد مطالعه.....           | ۳          |
| ۱-۴-۱- دشت ذهاب.....                            | ۳          |
| ۲-۴-۱- دشت اسلام آباد غرب.....                  | ۶          |
| ۵-۱- زمین شناسی عمومی مناطق مورد مطالعه.....    | ۸          |
| ۱-۵-۱- دشت ذهاب.....                            | ۸          |
| ۲-۵-۱- دشت اسلام آباد غرب.....                  | ۸          |
| ۶-۱- چینه شناسی مناطق مورد مطالعه.....          | ۸          |
| ۱-۶-۱- دشت ذهاب.....                            | ۸          |
| ۲-۶-۱- دشت اسلام آباد غرب.....                  | ۱۳         |
| ۷-۱- زمین شناسی ساختمانی مناطق مورد مطالعه..... | ۱۶         |
| ۱-۷-۱- دشت ذهاب.....                            | ۱۶         |
| تأقدیس ریجاب.....                               | ۱۷         |
| ساختارهای گسلی.....                             | ۱۷         |
| گسل های معکوس.....                              | ۱۷         |
| ۲-۷-۱- دشت اسلام آباد غرب.....                  | ۱۷         |

|           |                                                |
|-----------|------------------------------------------------|
| ۱۷        | تاق‌دیس کلور .....                             |
| ۱۸-۸-۱    | ژئومورفولوژی مناطق مورد مطالعه .....           |
| ۱۸-۸-۱-۱  | دشت ذهاب .....                                 |
| ۱۸-۸-۲    | دشت اسلام آباد غرب .....                       |
| ۱۹-۹-۱    | هیدرولوژی مناطق مورد مطالعه .....              |
| ۱۹-۹-۱-۱  | دشت ذهاب .....                                 |
| ۱۹-۹-۲    | دشت اسلام آباد غرب .....                       |
| ۲۰-۱۰-۱   | هیدروژئولوژی مناطق مورد مطالعه .....           |
| ۲۰-۱۰-۱-۱ | دشت ذهاب .....                                 |
| ۲۰-۱۰-۲   | دشت اسلام آباد غرب .....                       |
| ۲۴-۱۱-۱   | نوسانات سطح آبخوان‌های مناطق مورد مطالعه ..... |
| ۲۴-۱۱-۱-۱ | دشت ذهاب .....                                 |
| ۲۵-۴-۶-۱  | دشت اسلام آباد غرب .....                       |

## فصل دوم

|          |                                                                                                                    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۶-۱-۲   | مقدمه .....                                                                                                        |
| ۲۶-۲-۲   | کارست و ارتباط یا عدم ارتباط آن با آبرفت‌ها .....                                                                  |
| ۳۰-۳-۲   | استفاده از نتایج آزمایش پمپاژ برای بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین نهشته‌های آبرفتی با سازندهای آهکی زیرین ..... |
| ۳۰-۳-۲-۱ | ارزیابی خصوصیات هیدرولیکی آبخوانهای کارستی .....                                                                   |
| ۳۲-۳-۲-۲ | استفاده از ناهمگنی .....                                                                                           |
| ۳۳-۳-۲-۳ | بررسی بعد جریان .....                                                                                              |
| ۳۵-۴-۲   | استفاده از هیدروژئوشیمی برای تعیین ارتباط هیدرولیکی دو آبخوان .....                                                |
| ۳۵-۴-۲-۱ | نقش سازندهای مختلف در کیفیت آبهای زیرزمینی .....                                                                   |
| ۳۷-۴-۲-۲ | اختلاف هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی در کارست و آبرفت .....                                                       |

- ۳۹ ..... استفاده از شاخص اشباع ۲-۴-۲
- ۴۰ ..... استفاده از عناصر کمیاب ۳-۴-۲
- ۴۱ ..... استفاده از ذرات معلق موجود در آب ۵-۲
- ۴۲ ..... استفاده از نمودارهای زمین‌شناسی و هیدروشیمیایی ۶-۲

## فصل سوم

- ۴۵ ..... مقدمه ۱-۳
- ۴۵ ..... جمع آوری آمار و اطلاعات و نقشه‌های مناطق مورد مطالعه ۲-۳
- ۴۶ ..... داده‌های آزمایش پمپاژ مورد استفاده ۲-۳
- ۴۶ ..... داده‌های آزمایش پمپاژ دشت ذهاب ۱-۲-۳
- ۴۹ ..... داده‌های آزمایش پمپاژ دشت اسلام آباد غرب ۲-۲-۳
- ۵۱ ..... آماده سازی داده‌های آزمایش پمپاژ ۳-۳
- ۵۱ ..... تبدیل داده‌ها ۱-۳-۳
- ۵۱ ..... حذف داده‌های غیر واقعی ۲-۳-۳
- ۵۲ ..... حذف اثر ذخیره داخل چاه ۳-۳-۳
- ۵۲ ..... تصحیح داده‌های آزمایش پمپاژ ۳-۳-۳
- ۵۲ ..... تصحیح اثر افت چاه ۱-۳-۳-۳
- ۵۴ ..... تصحیح دبی مربوطه ۲-۳-۳-۳
- ۵۵ ..... نرم افزار مورد استفاده ۴-۳
- ۵۵ ..... روشهای آنالیز آزمایشات پمپاژ ۵-۳
- ۵۵ ..... روش تایس ۱-۵-۳
- ۵۶ ..... روش کوپر - ژاکوب ۲-۵-۳
- ۵۸ ..... روش ایدن - هیزل ۳-۵-۳
- ۵۹ ..... روش انجام کار:
- ۶۰ ..... محاسبه شاخص ناهمگنی ۶-۳

- ۷-۳- کارهای انجام شده در عملیات صحرایی ..... ۶۱
- ۸-۳- پارامترهای اندازه گیری شده در محل نمونه برداری ..... ۶۲
- ۱-۸-۳- قابلیت هدایت الکتریکی ..... ۶۲
- ۲-۸-۳- درجه حرارت آب ..... ۶۳
- ۳-۸-۳- اسیدیت ..... ۶۳
- ۹-۳- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه ..... ۶۳
- ۱۰-۳- کنترل نتایج آنالیزها ..... ۶۵

## فصل چهارم

- ۱-۴- خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان-های مورد مطالعه ..... 66
- ۱-۱-۴- آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ در دشت ذهاب ..... ۶۶
- ۱-۱-۱-۴- آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ با دبی ثابت ..... ۶۶
- ۲-۱-۱-۴- آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای ..... ۷۰
- ۳-۱-۱-۴- محاسبه مؤلفه‌های افت مربوط به آزمایش افت پله‌ای ..... ۷۲
- ۴-۱-۱-۴- محاسبه افت ویژه و دبی ویژه ..... ۷۴
- ۲-۴- نمودارهای زمین‌شناسی ..... ۷۶
- ۱-۲-۴- دشت ذهاب ..... ۷۶
- ۳-۴- ارزیابی ناهمگنی آبخوان آب زیرزمینی ..... ۷۹
- ۱-۳-۴- ارزیابی ناهمگنی آبخوان آب زیرزمینی در دشت ذهاب ..... ۷۹
- ۲-۱-۴- آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ دشت اسلام آباد غرب ..... ۸۲
- ۱-۲-۱-۴- داده‌های آزمایش پمپاژ با دبی ثابت ..... ۸۲
- ۲-۲-۱-۴- آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای ..... ۸۲
- ۳-۲-۱-۴- محاسبه مؤلفه‌های افت مربوط به آزمایش افت پله‌ای ..... ۸۶
- ۴-۲-۱-۴- محاسبه افت ویژه و دبی ویژه ..... ۸۶
- ۲-۲-۴- نمودارهای زمین‌شناسی چاه‌های موجود در منطقه دشت اسلام آباد ..... ۸۸

۴-۳-۲- ارزیابی ناهمگنی آبخوان آب زیرزمینی در دشت اسلام آباد غرب..... ۹۰

## فصل پنجم

۵-۱- مقدمه..... ۹۳

۵-۲- خصوصیات هیدروژئوشیمیایی محدوده دشت ذهاب..... ۹۴

۵-۲-۱- بررسی مقادیر هدایت الکتریکی..... ۹۶

۵-۲-۲- بررسی روند تغییرات سختی آب..... ۹۹

۵-۲-۳- نمودارهای ترکیبی..... ۱۰۱

۵-۲-۴- نمودار پایپر..... ۱۰۶

۵-۲-۵- بررسی تیپ آب‌ها ی زیرزمینی با استفاده از نمودار استیف..... ۱۰۷

۵-۳- بررسی ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های منطقه دشت ذهاب..... ۱۱۲

۵-۴- خصوصیات هیدروژئوشیمیایی محدوده دشت اسلام آباد غرب..... ۱۱۶

۵-۴-۳- نمودارهای ترکیبی..... ۱۲۱

۵-۴-۴- نمودار پایپر..... ۱۲۶

۵-۴-۵- نمودار استیف..... ۱۲۷

۵-۴-۶- شاخص‌های اشباع..... ۱۲۸

۵-۵- بررسی ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های منطقه دشت اسلام آباد غرب..... ۱۳۱

## فصل ششم

۶-۱- نتیجه‌گیری..... ۱۳۳

۶-۱-۱- کاربرد داده‌های آزمایش پمپاژ برای مقایسه آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی-آهکی..... ۱۳۳

۶-۱-۲- کاربرد نمودارهای زمین‌شناسی در مقایسه آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی - آهکی..... ۱۳۵

۶-۱-۳- کاربرد هیدروژئوشیمی برای مقایسه آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی-آهکی..... ۱۳۵

۶-۲- پیشنهادها..... ۱۳۷

## فهرست اشکال

| عنوان                                                                                    | شماره صفحه |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به مناطق مورد مطالعه.....                      | ۲          |
| شکل ۱-۲- میانگین بارندگی و دمای سالیانه در منطقه شهرستان ذهاب از سال ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷ ..    | ۵          |
| شکل ۱-۳- توزیع درصد بارش فصلی در محدوده مطالعاتی ذهاب.....                               | ۵          |
| شکل ۱-۴- میانگین بارندگی و دمای سالیانه در منطقه اسلام آباد غرب از سال ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷ ... | ۷          |
| شکل ۱-۵- توزیع درصد بارش فصلی در محدوده مطالعاتی اسلام آباد غرب سال ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷ .      | ۷          |
| شکل ۱-۶- نقشه کلی تکتونیک ایران .....                                                    | ۹          |
| شکل ۱-۷- نقشه زمین شناسی دشت ذهاب.....                                                   | ۱۱         |
| شکل ۱-۸- نقشه زمین شناسی دشت اسلام آباد غرب .....                                        | ۱۴         |
| شکل ۱-۹- نقشه دشت ذهاب، خطوط جریان و خطوط هم پتانسیل آب زیرزمینی .....                   | ۲۱         |
| شکل ۱-۱۰- نقشه دشت اسلام آباد غرب، خطوط جریان و هم پتانسیل آب زیرزمینی .....             | ۲۳         |
| شکل ۱-۱۱- هیدروگراف واحد و میانگین بارندگی سالانه دشت ذهاب از سال ۷۴ تا ۸۷ .....         | ۲۴         |
| شکل ۱-۱۲- هیدروگراف واحد و میانگین سالانه دشت اسلامآباد غرب از سال ۷۶ تا ۸۷ .....        | ۲۵         |
| شکل ۱-۲- مقطع عرضی حوضه الوند .....                                                      | ۲۸         |
| شکل ۲-۲- مختصات لگاریتمی تغییرات فشار و تغییرات مشتق فشار در مقابل زمان .....            | ۳۴         |
| شکل ۱-۳- داده‌های غیر واقعی مربوط به چاه پمپاژ .....                                     | ۵۲         |
| شکل ۲-۳- روش ارائه شده جهت جدا کردن افت چاه از افت آبخوان در آزمایش افت پله‌ای .....     | ۵۳         |
| شکل ۳-۳- پارامترهای کلیدی بکار برده شده در معادله ۱-۳ .....                              | ۵۴         |
| شکل ۳-۴- روش ایدن - هیزل، داده‌های $(s_{w(n)})$ در برابر مقادیر $H_n$ .....              | ۶۰         |
| شکل ۳-۵- روش ایدن هیزل، داده‌های $A_n/Q_n$ در برابر میزان $Q_n$ .....                    | ۶۰         |
| شکل ۳-۶- اندازه گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در محل نمونه برداری .....               | ۶۲         |
| شکل ۴-۱- کاربرد روش تایس برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ دشت ذهاب .....                | ۶۷         |
| شکل ۴-۲- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ دشت ذهاب .....        | ۶۸         |
| شکل ۴-۴- نقشه موقعیت چاه‌های پمپاژ در منطقه دشت ذهاب .....                               | ۷۰         |

- شکل ۴-۳- کاربرد روش ایدن هیزل برای آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای ..... ۷۱
- شکل ۴-۵- تغییرات مقادیر افت‌های چاه و آبخوان در مقابل دبی پمپاژ ..... ۷۴
- شکل ۴-۶- روابط بین قابلیت انتقال با افت ویژه و دبی ویژه ..... ۷۵
- شکل ۴-۷- الف- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های محمدی، تجری، صفری و کشتمند در دشت ذهاب ..... ۷۷
- شکل ۴-۷- ب- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های نیریزی، رحیمی، عزیم صفری و بیگمرادی دشت ذهاب ..... ۷۷
- شکل ۴-۷- پ- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های داوودیان، ثنائی، قدرتی و کیاست در دشت ذهاب ... ۷۸
- شکل ۴-۷- ت- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های قنبری، نظری و ابدی در دشت ذهاب ..... ۷۸
- شکل ۴-۸- نمودار نیمه لگاریتمی داده‌های تصحیح شده پمپاژ چاه‌های آبرفتی- آهکی دشت ذهاب .. ۸۱
- شکل ۴-۹- نمودار نیمه لگاریتمی داده‌های تصحیح شده پمپاژ چاه‌های آبرفتی دشت ذهاب ..... ۸۱
- شکل ۴-۱۱- موقعیت چاه‌های پمپاژ در منطقه دشت اسلام آباد غرب ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۰- کاربرد روش ایدن هیزل برای آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای ..... ۸۵
- شکل ۴-۱۲- روابط بین قابلیت انتقال با افت ویژه و دبی ویژه ..... ۸۷
- شکل ۴-۱۳- الف- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های اسدی، کیانی، محمدی و اسدی منش اسلام آباد غرب ..... ۸۹
- شکل ۴-۱۳- ب- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های احمدی، مرادی، منصوری و ملکی اسلام آباد غرب .... ۸۹
- شکل ۴-۱۳- پ- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های، فلاحت پیشه، اسمائیلی و اقبالی اسلام آباد غرب ..... ۹۰
- شکل ۴-۱۴- ناهمگنی چاه‌های آبرفتی و آهکی دشت اسلام آباد غرب ..... ۹۱
- شکل ۵-۱- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری از منطقه ..... ۹۴
- شکل ۵-۲- نقشه هدایت الکتریکی دشت ذهاب ..... ۹۷
- شکل ۵-۳- نمودار رابطی یون‌های مختلف در مقابل هدایت الکتریکی در دشت ذهاب ..... ۹۸
- شکل ۵-۴- نقشه سختی کل دشت ذهاب ..... ۱۰۰
- شکل ۵-۵- نمودارهای ترکیبی یون‌های مختلف نمونه‌های آب زیرزمینی در مقابل TDI ..... ۱۰۲
- شکل (۵-۶-ب) نمودار ترکیبی آنیون‌های چاه‌های آب ..... ۱۰۳
- شکل (۵-۶-الف) نمودار ترکیبی کاتیون‌های چاه‌های آب ..... ۱۰۳
- شکل ۵-۷- الف- نمودار ترکیبی جهت تعیین وضعیت تبادل یونی نمونه‌ها ..... ۱۰۴
- شکل ۵-۷- ب- نمودار ترکیبی جهت تعیین وضعیت تبادل یونی نمونه‌ها ..... ۱۰۵
- شکل ۵-۸- نمودار ترکیبی جهت تعیین نوع سنگ منشاء ..... ۱۰۶

- شکل ۵-۹- نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی در تیر ماه ۱۳۸۹ ..... ۱۰۷
- شکل ۵-۱۰- نمودارهای استیف دشت ذهاب ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۱۱- نمودارهای شاخص اشباع کانیه‌ها در مقابل مجموع املاح ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۱۲- نقشه شاخص اشباع هالیت در دشت ذهاب ..... ۱۱۱
- شکل ۵-۱۴- نقشه هم پتانسیل و خطوط جریان آب زیرزمینی ..... ۱۱۳
- شکل ۵-۱۵- نوسانات تراز آب زیرزمینی پیرومتر موجود در شمال شرق دشت ..... ۱۱۵
- شکل ۵-۱۶- نوسانات تراز آب زیرزمینی پیرومتر موجود در جنوب شرق دشت ..... ۱۱۵
- شکل ۵-۱۷- نوسانات تراز آب زیرزمینی پیرومتر موجود در شمال شرق دشت ..... ۱۱۵
- شکل ۵-۱۸- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری از منطقه دشت اسلام آباد غرب ..... ۱۱۶
- شکل ۵-۱۹- نقشه هدایت الکتریکی دشت ذهاب ..... ۱۱۹
- شکل ۵-۲۰- نمودار رابطه یون‌های مختلف و هدایت الکتریکی در دشت ذهاب ..... ۱۲۰
- شکل ۵-۲۱- نقشه سختی دشت اسلام آباد غرب ..... ۱۲۱
- شکل ۵-۲۲- نمودارهای ترکیبی یونهای مختلف نمونه‌های آب زیرزمینی در مقابل TDI ..... ۱۲۲
- شکل (۵-۲۳-ب) نمودار ترکیبی آنیون‌های چاه‌های آب ..... ۱۲۳
- شکل (۵-۲۳-الف) نمودار ترکیبی کاتیون‌های چاه‌های آب ..... ۱۲۳
- شکل ۵-۲۴- ب- وضعیت تبادل یونی نمونه‌ها ..... ۱۲۴
- شکل ۵-۲۴- الف- وضعیت تبادل یونی نمونه‌ها ..... ۱۲۴
- شکل ۵-۲۵- نمودارهای ترکیبی جهت تعیین نوع سنگ منشاء ..... ۱۲۵
- شکل ۵-۲۶- نمودار پایپر دشت اسلام آباد غرب ..... ۱۲۶
- شکل ۵-۲۷- نمودارهای استیف دشت اسلام آباد غرب ..... ۱۲۷
- شکل ۵-۲۸- نمودار شاخص اشباع کانیه‌ها در مقابل مجموع یون‌های محلول دشت اسلام آباد غرب .. ۱۲۹
- شکل ۴-۲۹- نقشه شاخص اشباع هالیت ..... ۱۳۰
- شکل ۵-۳۱- نقشه هم پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی دشت اسلام آباد غرب ..... ۱۳۲

## فهرست جداول

| عنوان                                                                                   | شماره صفحه |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| جدول ۱-۱- متوسط درجه حرارت و میانگین بارندگی در یک دوره ۲۱ ساله.....                    | ۴          |
| جدول ۲-۱- اقلیمهای مختلف بر اساس فرمول دمارتن .....                                     | ۶          |
| جدول ۳-۱- متوسط درجه حرارت و میانگین بارندگی در یک دوره ۲۲ ساله.....                    | ۶          |
| جدول ۴-۱- چینه شناسی و سن سازند های منطقه مورد مطالعه.....                              | ۱۰         |
| جدول ۱-۳- اطلاعات چاههای آزمایش پمپاژ دبی ثابت (دشت ذهاب) .....                         | ۴۷         |
| جدول ۲-۳- اطلاعات چاههای آزمایش افت پلهای (دشت ذهاب).....                               | ۴۷         |
| جدول ۳-۳- اطلاعات چاههای آزمایش افت پلهای (دشت اسلام آباد غرب) .....                    | ۴۹         |
| جدول ۳-۳- اطلاعات چاههای آزمایش افت پلهای (دشت اسلام آباد غرب) .....                    | ۵۰         |
| جدول ۴-۳- روشهای مختلف کنترل کیفیت صحت آنالیزهای شیمیایی .....                          | ۶۵         |
| جدول ۱-۴- مقادیر قابلیت انتقال و ضریب ذخیره بدست آمده از دشت ذهاب .....                 | ۶۹         |
| جدول ۲-۴- اطلاعات چاه ها و خصوصیات هیدرودینامیکی بدست آمده از آنالیز آزمایش پمپاژ ..... | ۷۲         |
| جدول ۳-۴- محاسبه مقادیر مولفه های افت با استفاده از آزمایش پمپاژ .....                  | ۷۳         |
| جدول ۴-۴- مقادیر دبی ویژه و افت ویژه در چاههای تحت تأثیر آزمایش پمپاژ .....             | ۷۵         |
| جدول ۵-۴- شاخص ناهمگنی در دشت ذهاب .....                                                | ۸۰         |
| جدول ۶-۴- مقادیر قابلیت انتقال محاسبه شده با استفاده از داده های آزمایش افت پلهای ..... | ۸۴         |
| جدول ۷-۴- محاسبه مقدار افت با استفاده از آزمایش افت پلهای.....                          | ۸۶         |
| جدول ۸-۴- مقادیر دبی ویژه و افت ویژه در چاههای تحت تأثیر آزمایش پمپاژ .....             | ۸۷         |
| جدول ۹-۴- مقادیر شاخص ناهمگنی در دشت اسلام آباد غرب .....                               | ۹۲         |
| جدول ۱-۵- مقادیر پارامترهای هیدروژئوشیمیایی چاههای منطقه .....                          | ۹۵         |

- جدول ۵-۲- مقادیر پارامترهای محاسبه شده چاه‌های منطقه ..... ۹۶
- جدول ۵-۴- همبستگی بین یون‌های مختلف ..... ۱۰۵
- جدول ۵-۵- مقدار شاخص اشباع کانیهای کلسیت، دولومیت، ژیپس و هالیت ..... ۱۰۹
- جدول ۵-۶- مقادیر پارامترهای هیدروژئوشیمیایی چاه‌های منطقه ..... ۱۱۷
- جدول ۵-۷- مقادیر پارامترهای محاسبه شده چاه‌های منطقه ..... ۱۱۸
- جدول ۵-۸- همبستگی بین آنیون‌های مختلف در منطقه دشت اسلام آباد غرب ..... ۱۲۵
- جدول ۵-۹- شاخص‌های اشباع کانیهای دولومیت، کلسیت، ژیپس و هالیت در اسلام آبادغرب ... ۱۲۸

## فصل اول: مقدمه

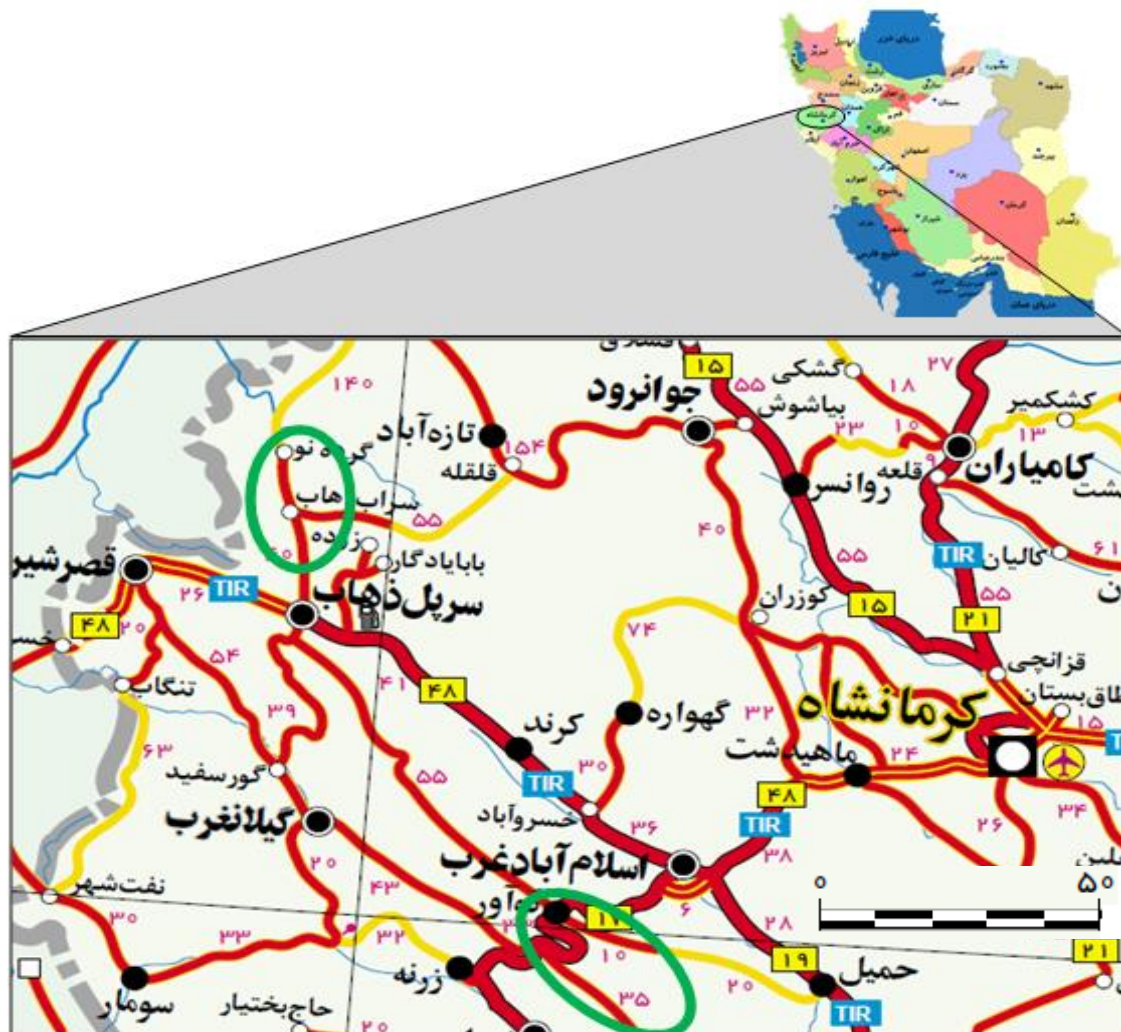
### ۱-۱- بیان مسئله

در حال حاضر بسیاری از شهرهای کشور از قبیل کرمانشاه، شیراز، شاهرود و کازرون آب شرب خود را از آبخوانهای کارستی تامین می کنند. از آنجایی که آب موجود در آبخوانهای کارستی معمولاً دارای کیفیت بالاتری نسبت به آبخوانهای آبرفتی است. اکتشاف و بهره برداری از منابع آب موجود در آبخوانهای کارستی امروزه به لحاظ نیاز مبرم تأمین آب شرب شهرها و کیفیت مطلوب این منابع از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به رخنمون قابل ملاحظه سازندهای آهکی در استان کرمانشاه و ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوانهای آبرفتی با آبخوانهای کارستی و به دلیل اینکه این سازندها در دشت های مورد نظر زیر نهشته های آبرفتی قرار گرفته اند، ارزیابی نقش آبخوانهای کارستی در آبدهی چاه هایی که در دشت های این مناطق حفر شده اند برای مسئولین و تصمیم گیرندگان صنعت آب از اهمیت بالایی برخوردار است. در سال های اخیر با خشکسالی های متوالی و افزایش بهره برداری از منابع آب کارست در این دشت ها برای مصارف کشاورزی و تصویب رسیدن لایحه ای توسط وزارت نیرو که استفاده از آب کارست برای مصارف کشاورزی ممنوع کرده است، اهمیت آن برای مسئولین دو چندان شده است.

در دشت های ذهاب و اسلام آباد غرب، در خصوص ارتباط بین آبخوانهای آبرفتی این دشت ها و سنگ های کارستی زیرین آنها تاکنون هیچ گونه مطالعه ای انجام نشده است. هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی وجود یا عدم وجود ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان آبرفتی و سنگ های کارستی زیرین آنها در دشت های مذکور با کمک داده های پمپاژ، هیدروشیمی و نمودارهای چاه ها می باشد.

## ۱-۲- مناطق مورد مطالعه

به منظور انجام این تحقیق دو منطقه، شامل دشت‌های اسلام‌آباد غرب و ذهاب انتخاب گردیده‌اند. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به دشت‌های مورد نظر را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به مناطق مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰۰ راه‌های ایران)

دشت ذهاب در شمال غرب شهرستان سرپل ذهاب و غرب شهرستان کرمانشاه قرار دارد و دارای آب و هوای نیمه خشک گرم با متوسط بارش ۴۲۱ میلی‌متر در سال می‌باشد. دشت اسلام‌آباد غرب در جنوب شرق شهرستان کرمانشاه واقع شده است و دارای آب‌وهوایی مدیترانه‌ای سرد و متوسط بارش ۴۷۹ میلی‌متر در سال می‌باشد.

### ۱-۳- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

#### ۱-۳-۱- دشت ذهاب

این دشت در فاصله ۱۸۰ کیلومتری غرب شهرستان کرمانشاه بین طول‌های جغرافیای ۴۶ درجه تا ۴۵ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و در زیر حوضه شماره ۲۱۱۳ طبق تقسیمات وزارت نیرو قرار دارد. وسعت این منطقه حدود ۱۱۹ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط آن ۵۳۰ متر می‌باشد. این محدوده در شمال غرب شهرستان سرپل ذهاب واقع شده است. محدوده دشت ذهاب از شمال به شهرستان جوانرود، از شرق به شهرستان اسلام آباد غرب، از جنوب غرب به شهر سرپل ذهاب و از غرب به خاک عراق محدود می‌شود.

#### ۱-۳-۲- دشت اسلام آباد غرب

دشت اسلام آباد در شرق شهرستان اسلام آباد غرب در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی قرار دارد. این شهرستان از شمال به شهرستان پاره و جوانرود و از شرق به کرمانشاه از غرب به شهرستان سرپل ذهاب و گیلان غرب و از جنوب به استان ایلام منتهی می‌شود. محدوده تحت بررسی در زیر حوضه شماره ۲۲۱۸ جزء تقسیمات وزارت نیرو قرار گرفته است و ارتفاع متوسط این دشت از سطح آزاد دریا ۱۳۴۱ متر می‌باشد. این دشت از طرف غرب به وسیله ارتفاعات دالاهو محدود گردیده است. دامنه‌های اطراف این دشت مشجر است. وسعت آن تقریباً ۴۶۰ کیلومتر مربع برآورد شده است.

### ۱-۴- آب و هوای مناطق مورد مطالعه

#### ۱-۴-۱- دشت ذهاب

آب و هوای منطقه نیمه خشک گرم و زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم است، حداکثر درجه حرارت ۳۳/۵ مربوط به مرداد ماه و حداقل آن ۵ درجه مربوط به بهمن ماه است. متوسط درجه

حرارت سالانه ۱۹/۹ درجه سانتی گراد است. بارندگی سالانه خیلی متغیر است و از ۱۷۸ تا ۶۶۳ میلی متر متغیر است و میانگین بارندگی سالیانه منتهی به سال آبی ۸۷-۸۸، ۴۲۱/۳ میلی متر برآورد می‌شود. جدول (۲-۱) و شکل (۲-۱) متوسط درجه حرارت و میانگین بارندگی ماهانه در یک دوره ۲۱ ساله در طی سال‌های (۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷) و شکل (۳-۱) توزیع درصد بارش را در دشت ذهاب را بر اساس این آمار نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱- متوسط درجه حرارت و میانگین بارندگی در یک دوره ۲۱ ساله (برگرفته از سایت هواشناسی کشور ۱۳۸۹)

| ماه      | متوسط بارندگی<br>(mm) | متوسط درجه<br>حرارت (C°) |
|----------|-----------------------|--------------------------|
| اسفند    | ۷۱/۷                  | ۱۰/۷                     |
| بهمن     | ۷۱/۲                  | ۷/۸                      |
| دی       | ۷۲/۱                  | ۷/۶                      |
| آذر      | ۶۹/۴                  | ۱۰/۱                     |
| آبان     | ۴۵/۶                  | ۱۵/۸                     |
| مهر      | ۰/۶                   | ۲۲/۶                     |
| شهریور   | ۰/۲                   | ۲۷/۶                     |
| مرداد    | ۰/۰                   | ۳۱/۴                     |
| تیر      | ۰/۴                   | ۳۰/۸                     |
| خرداد    | ۰/۶                   | ۲۷/۳                     |
| اردیبهشت | ۲۴/۶                  | ۲۰/۶                     |
| فروردین  | ۵۹/۷                  | ۲۲/۴                     |

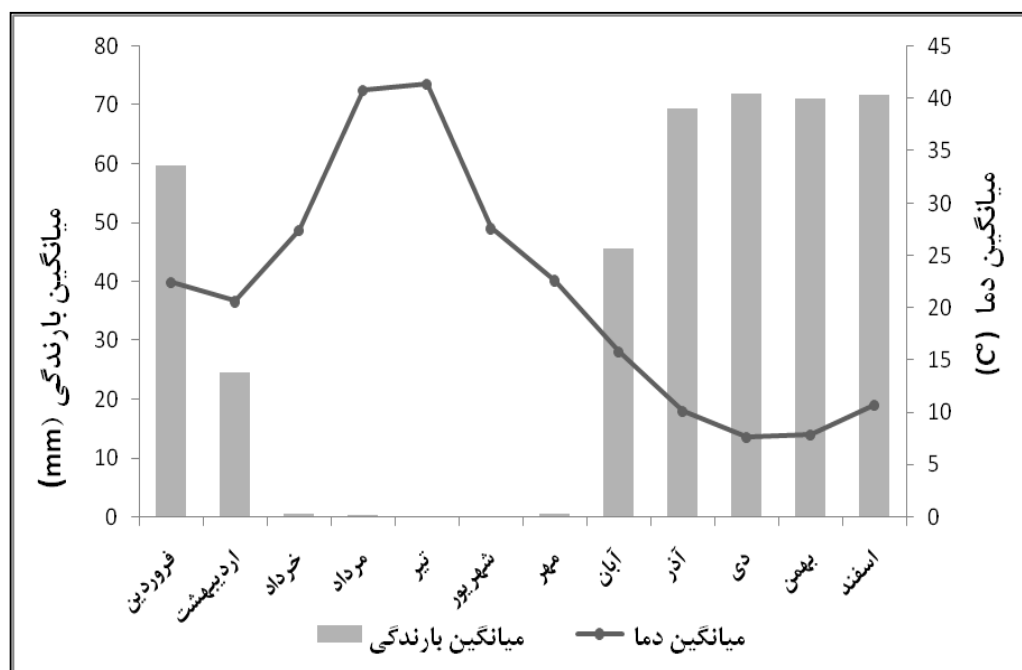
با توجه به روش دمارتن، که مقدار تبخیر با میانگین درجه حرارت سالانه متناسب است و با استفاده از محاسبه ضریب خشکی که از رابطه زیر محاسبه می‌شود می‌توان اقلیم‌های مختلف را مشخص نمود.

$$I = P / (T+10) \quad (1-1)$$

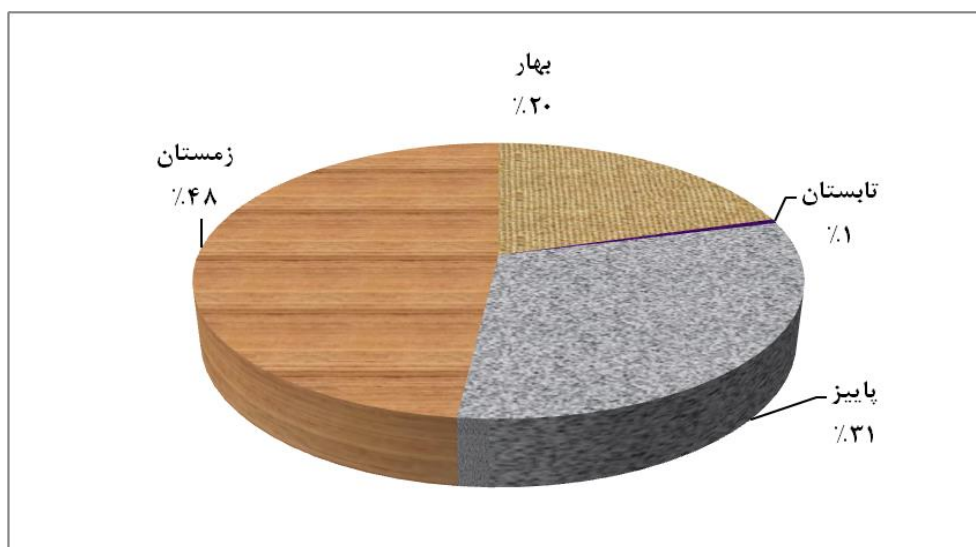
I= ضریب خشکی

P= بارندگی سالانه (mm)

T= دمای سالانه (C)



شکل ۱-۲- میانگین بارندگی و دمای سالیانه در منطقه شهرستان ذهاب از سال ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷ (برگرفته از سایت هواشناسی کشور ۱۳۸۹)



شکل ۱-۳- توزیع درصد بارش فصلی در محدوده مطالعاتی ذهاب (برگرفته از سایت هواشناسی کشور ۱۳۸۹)

بر اساس روش دمارتن ضریب خشکی منطقه ۱۴/۰۹ می‌باشد و بر اساس این طبقه بندی، منطقه دشت ذهاب دارای اقلیم نیمه خشک و بر اساس تقسیم بندی آمبرژه نیمه خشک معتدل قرار می‌گیرد. جدول (۱-۲) وضعیت اقلیم منطقه را بر اساس تقسیم طبقه بندی دمارتن نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- اقلیم‌های مختلف بر اساس فرمول دمارتن

| نوع اقلیم | خشک      | نیمه خشک       | مدیترانه‌ای    | نیمه مرطوب      | مرطوب           | بسیار مرطوب |
|-----------|----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| ضریب خشکی | $I < 10$ | $19/910 < I <$ | $23/920 < I <$ | $24 < I < 27/9$ | $28 < I < 34/9$ | $I > 35$    |

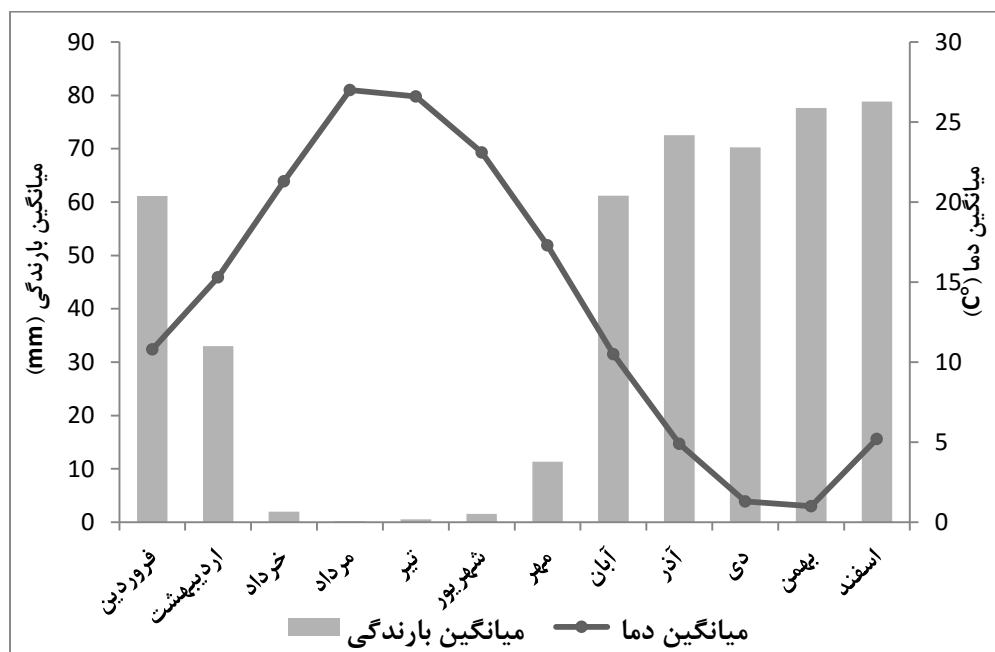
## ۱-۴-۲- دشت اسلام آباد غرب

وضعیت اقلیمی منطقه اسلام آباد غرب مدیترانه‌ای سرد و زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم است، حداکثر درجه حرارت  $26/8$  درجه سلسیوس مربوط به مرداد ماه و حداقل آن  $2/7$ - درجه سلسیوس مربوط به بهمن ماه است. متوسط درجه حرارت سالانه  $13/7$  درجه است. بارش سالانه خیلی متغیر است  $273$  تا  $621$  میلی متر متغیر است و میانگین بارندگی سالیانه بین  $479/8$  میلی متر می‌باشد. جدول (۱-۳) و شکل (۱-۴) متوسط درجه حرارت و میانگین بارندگی ماهانه در یک دوره ۲۱ ساله در طی سال‌های (۱۳۶۶ الی ۱۳۸۷) و شکل (۱-۵) توزیع درصد بارش را در دشت ذهاب را بر اساس این آمار نشان می‌دهد.

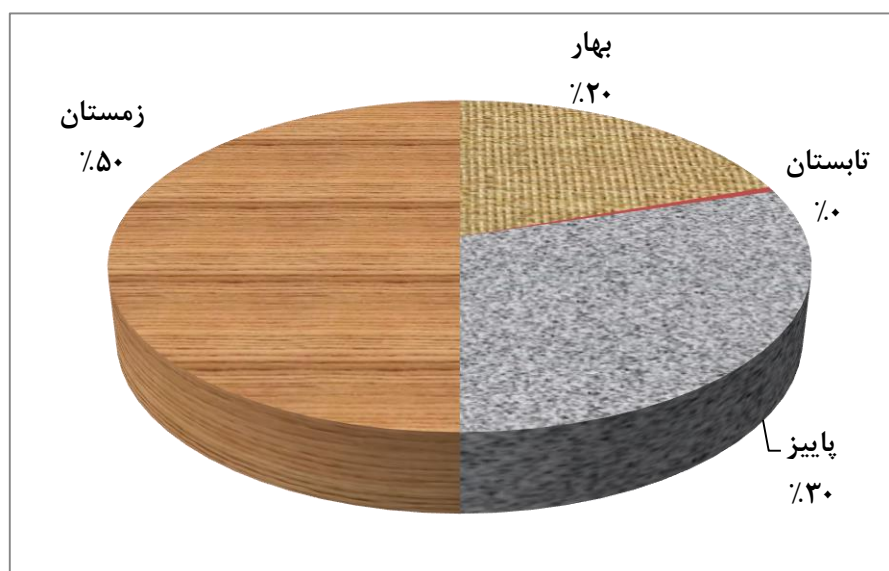
جدول ۱-۳- متوسط درجه حرارت و میانگین بارندگی در یک دوره ۲۲ ساله (برگرفته از سایت هواشناسی کشور ۱۳۸۹)

| 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          |

بر اساس روش دمارتن ضریب خشکی منطقه ۲۰/۲۴ می‌باشد و بر اساس این طبقه بندی، منطقه اسلام آباد غرب دارای اقلیم مدیترانه‌ای است. جدول (۱-۲) وضعیت اقلیم منطقه اسلام آباد غرب را بر اساس تقسیم طبقه بندی دمارتن نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴- میانگین بارندگی و دمای سالیانه در منطقه شهرستان اسلام آباد غرب از سال ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷ (برگرفته از سایت هواشناسی کشور ۱۳۸۹)



شکل ۱-۵- توزیع درصد بارش فصلی در محدوده مطالعاتی اسلام آباد غرب سال ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۷ (برگرفته از سایت هواشناسی کشور ۱۳۸۹)

## ۱-۵- زمین شناسی عمومی مناطق مورد مطالعه

### ۱-۵-۱- دشت ذهاب

بررسی‌های صحرایی و زمین‌شناسی یکی از مبانی مطالعه آب‌های زیرزمینی هر منطقه بوده که به وسیله آن می‌توان نوع آبخوان‌ها، منابع تغذیه و تخلیه و نحوه ارتباط بین آب‌های زیرزمینی را تا حد زیادی مشخص نمود. منطقه مورد مطالعه در نیمه شمال غربی زون ساختاری - رسوبی زاگرس چین خورده و در جنوب غرب زاگرس رورانده قرار دارد. راستای عمومی این زون شمال غرب - جنوب شرق بوده و در همین راستا تاقدیس‌ها و ناودیس‌های موازی به آرامی شکل گرفته‌اند. مورفولوژی منطقه مورد مطالعه ناشی از حرکات کوهزایی اواخر دوران سوم (میوپلیوسن) از فاز کوهزایی آلپین بالایی (پاسادانین) است نقل از (Karimi 2003). شکل (۱-۶) تقسیمات زمین‌شناسی تکتونیک ایران و همچنین موقعیت منطقه مورد مطالعه را بر روی زون ساختاری - رسوبی زاگرس و شکل (۱-۷) نقشه زمین‌شناسی دشت ذهاب نشان می‌دهند.

### ۱-۵-۲- دشت اسلام آباد غرب

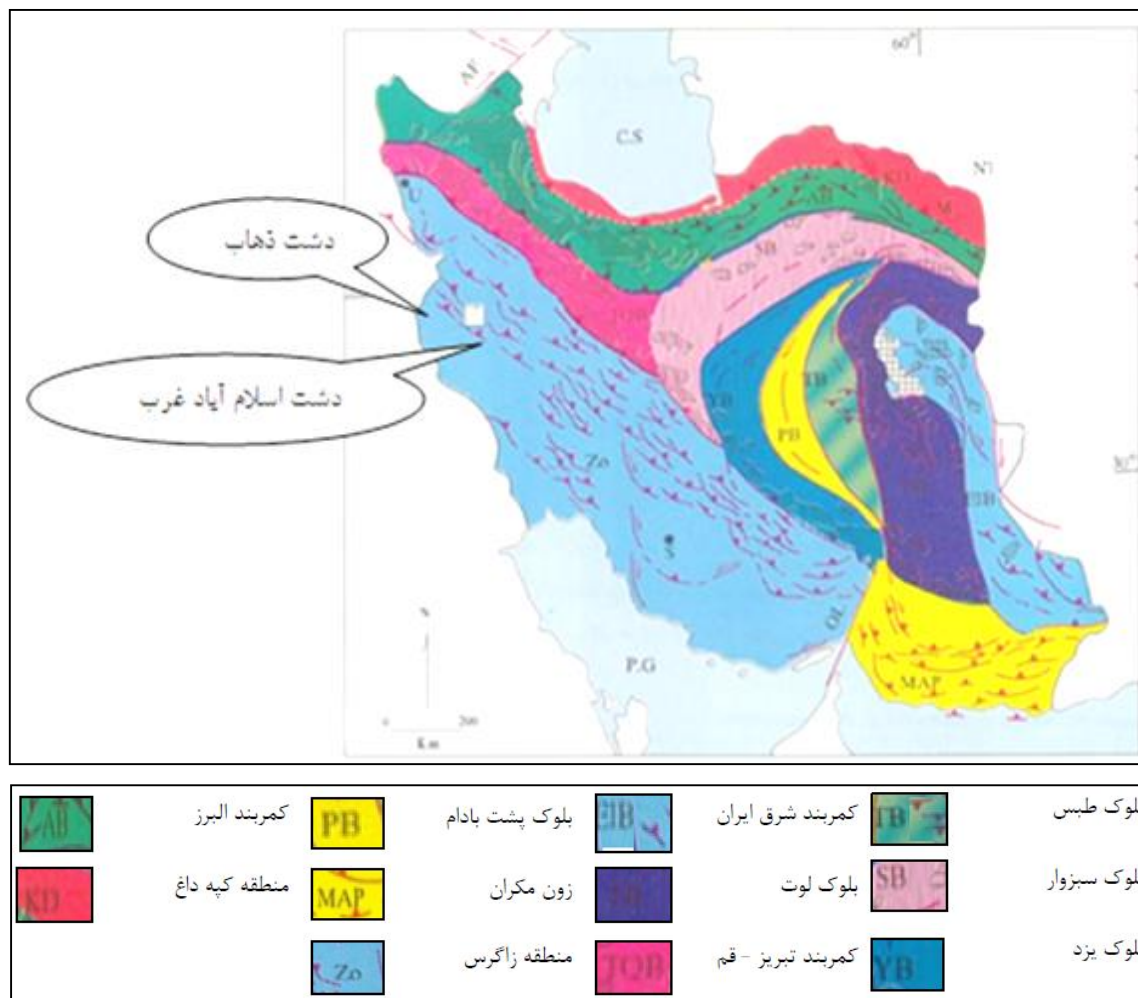
دشت اسلام آباد غرب همانند دشت ذهاب در زون ساختاری - رسوبی زاگرس چین خورده قرار گرفته و در یکی از ناودیس‌های این زون واقع شده است. به طور کلی از همان خصوصیات برخوردار است که برای دشت ذهاب شرح داده شده است. شکل (۱-۸) نقشه زمین‌شناسی دشت اسلام آباد غرب را نشان می‌دهد.

## ۱-۶- چین‌ه شناسی مناطق مورد مطالعه

### ۱-۶-۱- دشت ذهاب

مطالعات زمین‌شناسی منطقه توسط (Sahabi et al., 1998) انجام شده است. بر پایه مطالعات آنها، در این فصل خصوصیات چین‌ه‌شناسی هر سازند شامل سنگ‌شناسی، سکانس رسوب‌گذاری، و ارتباط با

سازندهای زیرین و فوقانی، تغییرات رخساره‌های رسوبی، سن سازندها معرفی می‌شود. جدول (۴-۱) چینه شناسی و سن سازندها، و شکل (۹-۱) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱- نقشه کلی تکتونیک ایران (از علوی، ۱۹۹۱)

## الف - سازند ایلام

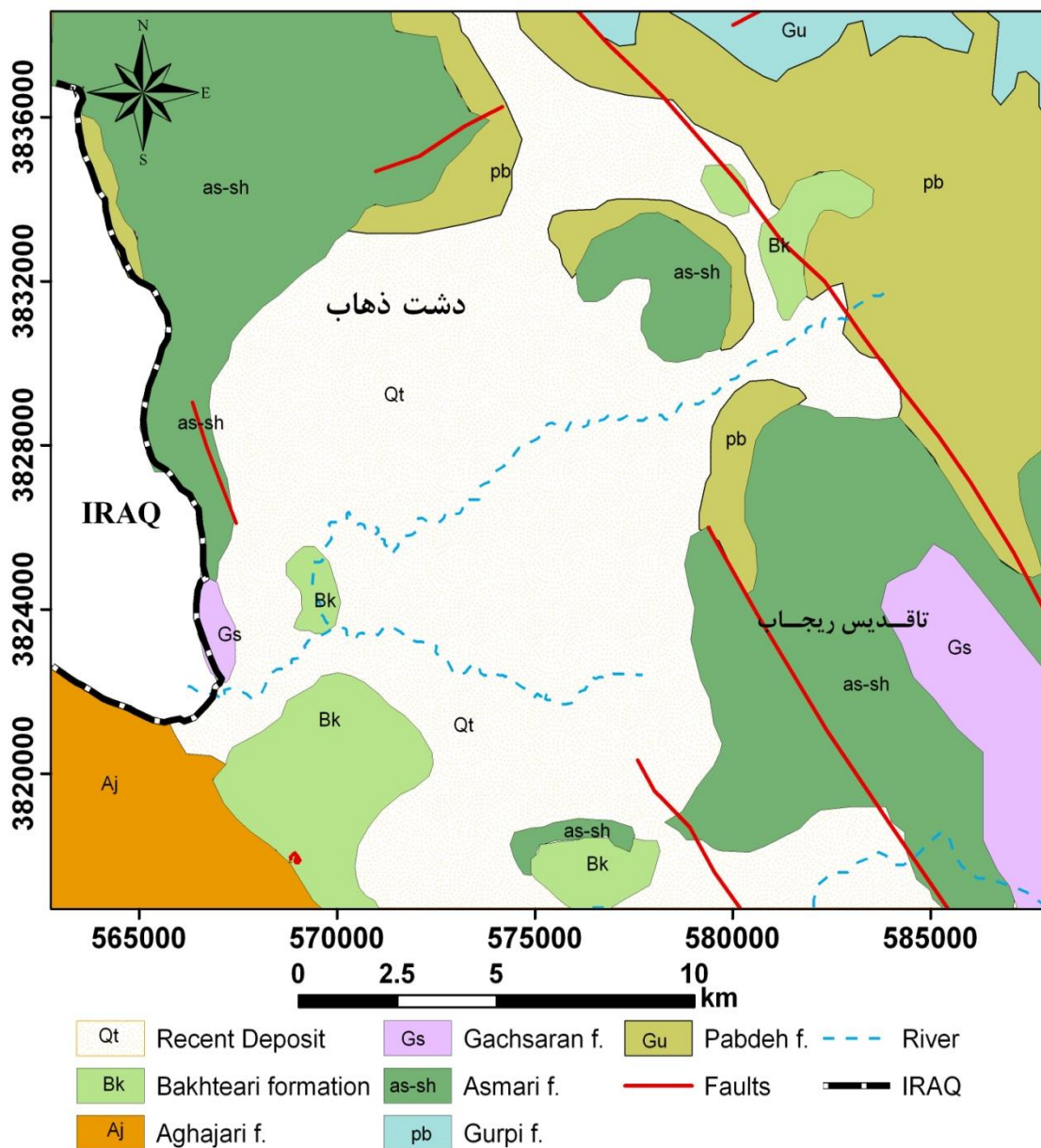
سازند ایلام در منطقه مورد مطالعه شامل سنگ آهک مارنی با ضخامت ۶۰-۷۰ متر است. مرز فوقانی این سازند با سازند گورپی ناپیوستگی فرسایشی است. این سازند در مرکز تاقدیس پاتاغ رخنمون دارد. ضخامت این سازند در این منطقه حدود ۹۰ متر در مرکز تاقدیس پاتاغ است. سن سازند ایلام از کامپانین تا مایستریشتین است. این سازند از نظر هیدروژئولوژیکی جزء سازندهای نفوذپذیر و آبدار است (درویش زاده ۱۳۸۳).

جدول ۱-۴- چینه شناسی و سن سازند های منطقه مورد مطالعه (Karimi 2003).

| سن        |          | سازند                  |      | سازند   |      |
|-----------|----------|------------------------|------|---------|------|
|           |          | نام                    | مخفف | نام     | مخفف |
| سنوزوئیک  | کواترنری | آبرفت                  |      |         |      |
|           | پیلوسن   | بختیاری                | Bk   |         |      |
|           |          | آقاجاری                | Aj   |         |      |
|           | میوسن    | گچساران                | Gs   |         |      |
|           |          | آسماری                 | As   |         |      |
|           | اولیگوسن | عضو مارنی<br>بالایی    | Umm  |         |      |
|           | ائوسن    | عضو دولمیتی و<br>مارنی | Mdm  | شهبازان | Sb   |
|           |          | عضو مارنی<br>میانی     | Mmm  | کشکان   | Kn   |
|           |          | عضو تله زنگ            | Tzm  | تله زنگ | Tz   |
|           |          | عضو مارنی<br>میانی     | Lmm  | امیران  | Am   |
| میزوزوئیک | پالئوسن  |                        |      |         |      |
|           | کامپانین | گورپی بالایی           | UGu  |         |      |
|           |          | عضو امام حسن           | Ehm  |         |      |
|           |          | گورپی پایینی           | LGU  |         |      |
|           | کامپانین | ایلام                  | IL   |         |      |

### ب- سازند گورپی

سازند گورپی از شیل و مارن با میان لایه‌های از آهک نازک لایه در بعضی قسمت‌ها تشکیل شده است. بیشترین ضخامت سازند گورپی ۸۰۸ متر در تاقدیس پاتاق است. سن سازند گورپی از کامپانین تا پالئوسن است. بیشترین ضخامت سنگ آهک در مرکز سازند گورپی است که عضو امام حسن را می‌سازد. بخش امام حسن شاخص مناسبی برای تقسیم بندی سازند گورپی است. به طور معمول ضخامت سازند گورپی از جنوب غرب به غرب و شمال شرق کاهش می‌یابد. بر اساس تغییرات رخساره‌ای و سنگ‌شناسی در کل سکانس رسوبی، سازند گورپی را می‌توانیم به سه بخش چینه‌شناسی به شرح زیر تقسیم کنیم. (۱) شیل پایینی (۲) سنگ آهک امام حسن (۳) شیل بالایی (درویش زاده ۱۳۸۳).



شکل ۱-۷- نقشه زمین شناسی دشت ذهاب (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ قصر شیرین)

### ت- سازند پابده

در اغلب قسمت‌های این منطقه سازند پابده از لایه‌های مارن خاکستری و سبز روشن با میان لایه‌های از لایه‌های نازک آهک تشکیل شده است. در بعضی قسمت‌ها درصد آهک زیاد می‌شود و باعث ایجاد مورفولوژی سنگی می‌شود اما به طور معمول رخنمون‌های مارنی بیشتر است. بر اساس این تغییرات و تغییرات نسبت اندازه مارن به سنگ آهک، سازند گورپی به پنج عضو چینه‌شناسی تقسیم می‌شود.

(۱) عضو مارنی پایینی، (۲) عضو تله زنگ، (۳) عضو مارنی میانی، (۴) عضو سنگ آهک دولومیتی و مارنی، (۵) عضو مارنی بالایی (درویش زاده ۱۳۸۳).

### ث - سازند آسماری

مهمترین سازند سخت منطقه هم از نظر مورفولوژیکی و از نظر هیدروژئولوژیکی سازند آسماری می‌باشد. این سازند به خاطر خردشدگی و درز و شکاف‌های فراوان، آبخوان‌های کارستی حائز اهمیت را ایجاد کرده است. این سازند نقش خیلی مهمی در ذخیره و انتقال آب‌های کارستی دارد. اغلب چشمه‌های کارستی از این سازند بیرون می‌آیند. سازند آسماری در این منطقه از لایه‌های سنگ آهک دولومیتی و ماسه سنگ تشکیل شده است. سن این سازند از الیگوسن تا میوسن می‌باشد. این سازند بر روی سازند پابده و زیر سازند گچساران به طور پیوسته قرار گرفته است.

### پ - سازند گچساران

سازند گچساران بیشتر از مارن قرمز تا خاکستری رنگ با میان لایه‌های ژپس و انیدریت تشکیل شده است. سازند گچساران به شدت فرسایش یافته است. علت اصلی آن ناشی از جنس اجزای تشکیل دهنده آن می‌باشد که در مقابل انحلال شیمیایی و فرسایش فیزیکی مقاومت خوبی ندارند. به علت فرسایش پذیر بودن این سازند، مورفولوژی سازند گچساران نرم و دارا بودن چشم اندازهای تپه‌ای به راحتی قابل تشخیص است. این سازند به طور پیوسته روی سازند آسماری نشسته است. این سازند مانع نفوذ آب به داخل دشت‌های مجاور آبرفتی می‌شود. این سازند از نظر سنی متعلق به میوسن می‌باشد (درویش زاده ۱۳۸۳).

### ح - سازند آغاچاری

نام این سازند از شهرستان آغاچاری اقتباس و برش الگوی آن در طول جاده امیدیه به چاه‌های میدان نفتی آغاچاری مطالعه شده است. در این برش، سازند آغاچاری شامل ۲۹۶۶ متر، تناوب تکراری چرخه‌هایی است که به طرف بالا دانه‌ریز می‌شود. هر چرخه، به ضخامت ۱۰ تا ۱۰۰ متر، با لایه‌های ماسه‌سنگی آهکی، به ضخامت ۲ تا ۵ متر، به رنگ قهوه‌ای تا خاکستری آغاز و با لایه ضخیمی از مارن سُرخ‌رنگ در تناوب با لایه‌های نازک سیلت سنگ و ماسه‌سنگ ریز دانه ادامه می‌یابد. مرز پایینی این

سازند با واحد سنگی میشان بیشتر تدریجی است و در آغاز مارن‌های سُرخ انتخاب می‌شود. مرز بالایی آجاجاری، با و یا بدون بخش لِه‌بری، با سازند کنگلومرای بختیاری است که گاه تدریجی و هم‌شیب و گاه ناگهانی و دگرشیب است. سن آجاجاری میوسن بالایی تا پلیوسن است (درویش زاده ۱۳۸۳).

### ج- سازند بختیاری

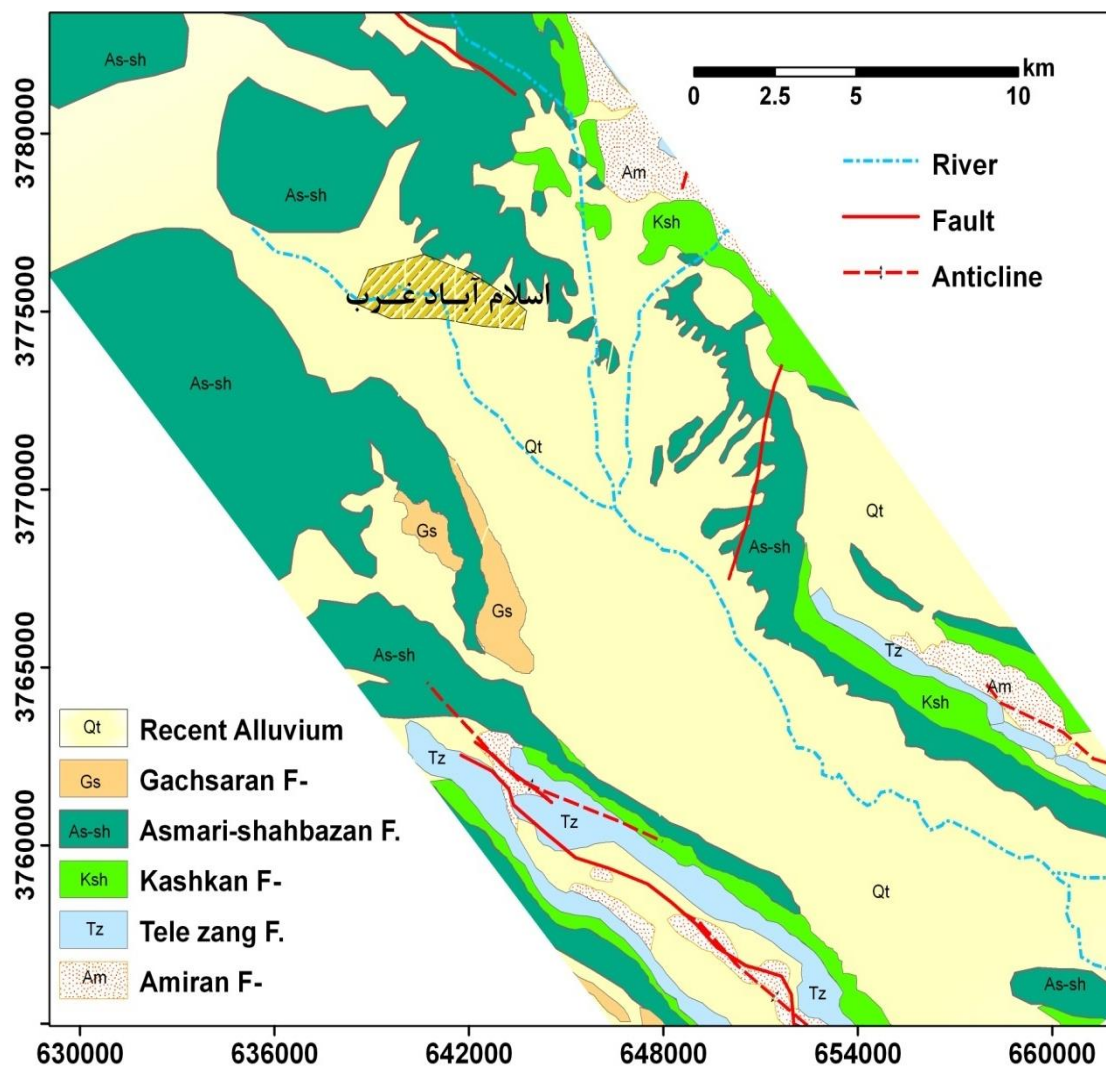
سازند کنگلومرای بختیاری از خرده‌ها و قلوه سنگ‌های از جنس آهک و چرت با سیمیان کربناته تشکیل شده است. به علت اجزا و سیمیان کربناته تشکیل دهنده این سازند کارستی شده و در نتیجه به شدت نفوذپذیر و متخلخل گردیده است. مرز این سازند با سازندهای قدیمی به صورت ناپیوستگی است (درویش زاده ۱۳۸۳).

### ح- رسوبات عهد حاضر

آبرفت‌های دوران چهارم کل دشت را پوشانده‌اند. و ضخامت آن بین محدوده ۲۰ تا ۸۰ متر 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.

### ۱-۶-۲- دشت اسلام آباد غرب

از نظر چینه‌شناسی منطقه اسلام آباد غرب نیز همانند منطقه دشت ذهاب در زون ساختاری رسوبی زاگرس چین خورده قرار گرفته است و دشت اسلام آباد غرب نیز در یکی از ناودیس‌های این زون به وجود آمده است این دشت دارای روندی شمال غرب - جنوب شرق بوده و از اطراف به وسیله ارتفاعات محدود گردیده است. سازندهای زمین‌شناسی موجود در منطقه مورد مطالعه که در منطقه رخنمون دارند و در مجاورت دشت اسلام آباد قرار دارند در زیر آورده شده‌اند. شکل (۱-۱۰) نقشه زمین‌شناسی دشت اسلام آباد غرب را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۸- نقشه زمین شناسی دشت اسلام آباد غرب (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمانشاه و ایلام-کوه دشت)

## الف - سازند امیران

سازند امیران از نظر سنگ شناسی در محدوده مورد مطالعه شامل تناوب شیل، مارن و سیلتستون است. در این رسوبات گاهی اوقات، به طور محلی لایه های کنگلومرا از جنس چرت های رادیولاریت دار و آهک های شیلی نازک لایه دیده می شود. حد زیرین سازند امیران منطقه مشاهده نمی شود ولی حد بالایی آن در بیشتر قسمت های تاقدیس شیان با سازند کشکان هم شیب است و در بقیه مکان ها در زیر سازند تله زنگ قرار می گیرید. سن سازند امیران در منطقه با توجه به فسیل های بنتیک هم ارز سازند تربور در فارس، مربوط به کرتاسه بالایی (مایستریشتین) است (درویش زاده ۱۳۸۳).

### ب- سازند تله‌زنگ

سازند تله‌زنگ در محدوده مورد مطالعاتی از آهک‌های خاکستری تا قهوه‌ای رنگ با لایه‌بندی متوسط تا توده‌ای و دارای سنگواره‌های فراوان است. سازند تله‌زنگ به صورت نمونه یک آهک پکستون و بیوکلاستیک است که در آن سنگواره روزنبران بزرگ به وفور یافت می‌شود. حد زیرین این سازند در منطقه سازند امیران است و حد فوقانی آن نیز سازند آواری کشکان تشکیل می‌دهد. سن سازند تله‌زنگ در محدوده سد مخزنی شیان پالئوسن بالایی- الیگوسن است. وجود درز و شکاف‌های زیاد در این سازند، موجب تسهیل ورود آب‌های جاری و تحمل هوازده‌گی از نوح انحلال شیمیایی در آهک‌های تله‌زنگ شده است (درویش زاده ۱۳۸۳).

### پ- سازند کشکان

نام این سازند از رودخانه کشکان گرفته شده و برش الگوی آن در ۲۵ - ۳۰ کیلومتری شمال خاوری پلدختر، در کنار راه اندیمشک - خرم‌آباد، ۳۷۰ متر ضخامت دارد. سازند آواری کشکان در محدوده مورد مطالعه از ذرات، قطعات و قلوه‌سنگ‌های چرتی، سیلتستون و کنگلومرا تشکیل شده است و به واسطه رنگ قرمز آن در سراسر بلوک لرستان به راحتی قابل پیگیری است. حد پایینی سازند کشکان در جاهایی که سازند تله‌زنگ رخنمون دارد، بر روی آهک‌های تله‌زنگ قرار می‌گیرد و در جاهایی هم که آهک‌های تله‌زنگ نهشته نشده است، بدون واسطه بر روی سازند فلیشی امیران قرار می‌گیرد. سن سازند کشکان در منطقه پالئوسن - ائوسن است. سازند کشکان از نقطه نظر فرسایش نسبت به آهک‌های مجاور خود شدیداً فرسایش‌پذیر است و عموماً دارای مورفولوژی تپه‌ماهوری است.

### ت- سازند آسماری

مشخصات کلی این سازند در قسمت دشت ذهاب توضیح داده شده است. این سازند به علت لیتولوژی سخت و مقاومش در مقابل فرسایش، مورفولوژی ناهمواری را به وجود آورده و اطراف دشت اسلام آباد به وسیله این سازند محصور گردیده است. به خاطر لیتولوژی و جنس مواد سازنده این سازند و همچنین خرده شدگی که توسط حرکات ساختاری در این سازند به وجود آمده است آن را از نظر هیدروژئولوژی به مهمترین سازند موجود در منطقه تبدیل کرده است. و یک لایه آب دار در منطقه

محسوب می شود به طوری که حفاری چاه‌های عمیق برای آب شرب در این سازند دارای موفقیت زیادی بوده و چاه‌های حفاری شده در آن، از آبدهی خوبی برخوردار هستند (درویش زاده ۱۳۸۳).

### ج- سازند گچساران

مشخصات کلی این سازند نیز همانند سازند آسماری در قسمت دشت ذهاب توضیح داده شده است. این سازند در جنوب غرب منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد.

### خ- رسوبات عهد حاضر

این رسوبات ناشی از خرد شدن و فرسایش سازندهای قدیمی و نهشته شدن آنها در مناطق پست است. اندازه این رسوبات به جنس منشاء آنها بستگی دارد اگر منشاء آنها سنگ مقاوم باشد دارای ذرات بزرگتر و اگر منشاء آنها سنگ نرم باشند اندازه دانه‌ها کوچک می‌شود و در ضمن با فاصله گرفتن از منشاء اندازه دانه‌ها کوچک می‌شود. مناطق کشاورزی در سطح این واحد گسترده شده‌اند و زمین‌های کشاورزی حاصلخیزی در این ناحیه به وجود آورده است. سن این واحد رسوبی کواترنری است (درویش زاده ۱۳۸۳).

## ۷-۱- زمین‌شناسی ساختمانی مناطق مورد مطالعه

### ۷-۱-۱- دشت ذهاب

محدوده مورد مطالعه در نیمه شمال غربی زون ساختاری - رسوبی زاگرس چین خورده و در جنوب غربی زاگرس رورانده واقع شده است و راستای عمومی آن شمال غرب - جنوب شرق است و به موازات همین راستا تاقدیس‌ها و ناودیس‌های موازی به آرامی شکل گرفته‌اند و ساختمان امروزی آن نیز نتیجه حرکات کوهزایی دوران سوم یعنی میوپیلوسن از فاز آلپین بالایی است. در میوپیلوسن جهت تنش‌های وارده بر منطقه با راستای شمال شرق - جنوب غرب بوده است. پی‌آمد حاصل از عملکرد نیروهای تکتونیکی منطقه مورد مطالعه، ایجاد چین خوردگی به صورت ساختارهای تاقدیسی و ناودیسی است و گاهی حرکت‌ها جابه جایی‌هایی نیز در آن انجام شده است (Karimi 2003).

### تاقدیس ریجاب

این تاقدیس با طول و عرض به ترتیب ۸۰ و ۱۰ کیلومتر در غرب منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. این تاقدیس به طور کل از سازند آسماری تشکیل شده است. به خاطر وجود چندین گسل تاقدیس ریجاب شکل مورفولوژیکی یک تاقدیس تیپیک را ندارد. گسل معکوس ریجاب-کرنند در دامنه جنوبی تاقدیس ریجاب قرار دارد و باعث رانده شدن سازند آسماری روی سازندهای گروه فارس شده است (Karimi 2003).

### ساختارهای گسلی

منطقه مورد مطالعه به وسیله گسل‌ها و شکستگی‌های مختلفی قطع شده است. این شکستگی‌ها و گسل‌ها نقش خیلی مهمی در هدایت بارش به آب‌های زیرزمینی دارد.

### گسل‌های معکوس

این گسل‌ها عمود بر نیروهای فشارشی و موازی سطح محوری تاقدیس‌ها تشکیل می‌شود. در منطقه مورد مطالعه در دامنه شمال غربی تاقدیس و با روند کلی N100-125E دیده می‌شوند. آنها معمولاً سازندهای قدیمی مانند آسماری را روی سازندهای سازندهای گروه فارس رانده است. گسل معکوس ریجاب-کرنند با طول بیشتر از ۴۸ کیلومتر در جنوب تاقدیس ریجاب رخنمون دارد (Karimi 2003).

## ۱-۷-۲- دشت اسلام آباد غرب

### تاقدیس کلور

این تاقدیس با طول و عرض به ترتیب ۳۰ و ۵ کیلومتر در شمال شرق دشت اسلام آباد غرب گرفته است. این تاقدیس بیشتر از سازند آسماری و همچنین از سازندهای هم ارز پابده (امیران، تله‌زنگ و کشکان) تشکیل شده است. روند کلی این سازند نیز همانند روند دشت اسلام آباد غرب از روند کلی زاگرس چین خورده تبعیت می‌کند و دارای روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق است. در قسمت غرب و جنوب غربی این دشت دو تاقدیس نسبتاً کوچک با طول‌های ۱۰ و ۱۴ کیلومتر وجود دارد که مشخصات کلی این تاقدیس‌ها نیز مشابه تاقدیس کلور می‌باشد. در این منطقه نیز گسل‌های مختلفی

عمل کرده است که باعث شکستن و خرد شدن سازندهای سخت شده است که عمل کرد آنها برای توسعه کارست و ایجاد حفرات انحلالی در سازندهای کربناته مؤثر بوده است.

## ۸-۱- ژئومورفولوژی مناطق مورد مطالعه

### ۸-۱-۱- دشت ذهاب

منطقه دشت ذهاب به لحاظ مورفولوژیکی به سه واحد کوهستان، تپه ماهور و دشت تقسیم می‌شود. واحد کوهستان در قسمت شرقی و جنوب شرقی دشت منطقه توسط ارتفاعات تاقدیس ریجاب و در قسمت شمال غربی واقع شده بخش اعظم آن توسط رخساره‌هایی با شیب بالای ۲۵ درصد و در کوه بنده زرده در تاقدیس ریجاب تا ۹۰ درجه هم می‌رسد. در این واحد سازند آسماری چهره ساز است و رخنمون دارد. تقریباً حدود ۳۰ درصد کوهستان توسط درختان جنگلی مثل بلوط پوشیده شده است و در این تاقدیس ساخت مورفولوژیکی کارستی مانند فروچاله هم دیده می‌شود. پست‌ترین نقطه ارتفاعی در محدوده مرز غربی و با کمتر از ۴۹۰ متر از سطح دریا و بلندترین آن در ارتفاعات شرقی بیش از ۲۲۲۰ متر از سطح دریا واقع است. واحد تپه ماهور در منطقه گسترش نسبتاً کمی دارد و عمدتاً در حاشیه جنوب غربی دشت ذهاب واقع شده است. این منطقه شامل بخش‌هایی از سازند پابده - گورپی و رسوبات کواترنری می‌باشد. سومین واحد ژئومورفولوژیکی که در منطقه وجود دارد و چاه‌های مورد مطالعه در آن واقع شده، واحد دشت می‌باشد. این واحد حدود ۷۰ درصد منطقه را شامل می‌شود و توسط آبرفت‌های دوران چهارم پوشیده شده است گزارش بیلان دشت ذهاب (۱۳۸۵).

### ۸-۱-۲- دشت اسلام آباد غرب

محدوده مورد مطالعه به لحاظ ژئومورفولوژی به سه واحد کاملاً مجزا تقسیم می‌شود: یکی قسمت هموار یا دشت که بخش عمده از منطقه را در بر می‌گیرد و قسمت دوم نیز واحد نسبتاً هموار تپه‌ماهور می‌باشد و قسمت سوم واحد کوهستانی است که به صورت نواری دور قسمت هموار دشت را پوشانده است و به ارتفاعات دالاهو مشهور است (گزارش بیلان دشت اسلام آباد، ۱۳۸۵).

### الف) واحد ریخت شناسی دشت

این منطقه مسطح یا کمی موج دار است و رودخانه در سطح آن جریان داشته و اختلاف بین کف رودخانه و سطح دشت بسیار کم و شیب دامنه ها ناچیز است. روند کلی قسمت دشت این منطقه همانند قسمت کوهستانی از روند کلی زاگرس (شمال غرب - جنوب شرق) تبعیت می کند.

### ب) واحد ریخت شناسی کوهستان

واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان در منطقه در قسمت حاشیه دشت روندی متناسب با روند کلی زاگرس (شمال غرب - جنوب شرق) داشته و لیتولوژی سنگ های این قسمت از نوع رسوبی و از جنس سازند آسماری - جهرم می باشد. اختلاف سطح زیاد بین سطوح بالا و پایین دامنه ها، دره های عمیق، شکل ستیغ ها و دامنه های با شیب تند از خصوصیات این منطقه می باشد.

### پ) واحد زمین ریخت شناسی تپه و ماهور

در قسمت های شمال شرقی دشت رخنمون دارد و اختلاف ارتفاعی از ۴۰ تا ۶۰ متر ایجاد شده است. این منطقه در واقع شامل کوهپایه هایی نسبتاً وسیعی است که در این ناحیه دشت و کوهستان را به هم پیوند می دهند. شیب عمومی این واحدها حدود ۴ درصد است. این واحد ژئومورفولوژیکی بر روی سازند رسوبی پابده - گورپی به وجود آمده است.

## ۹-۱- هیدرولوژی مناطق مورد مطالعه

### ۹-۱-۱- دشت ذهاب

منابع آب سطحی در دشت ذهاب شامل رودخانه های است که از دامنه کوه های شرق دشت سرچشمه گرفته و پس از طی مسیر خود از دشت خارج و در نهایت وارد کشور همسایه عراق می شود. طول این رودخانه ها زیاد نبوده و دارای بستری با شیب کم می باشند. در محدوده دشت چندین رودخانه کوچک و بزرگ جریان دارند که همه آنها به جزء رودخانه دله شیر که دائمی است، بقیه غیر دائمی

می باشند. آب این رودخانه بیشتر توسط کانال‌کشی‌های انجام شده در محدوده دشت به مصرف کشاورزی می‌رسد (گزارش بیلان دشت ذهاب، ۱۳۸۵).

#### ۱-۹-۲- دشت اسلام آباد غرب

ارتفاعات قسمت شمال غربی این منطقه به عنوان سرچشمه رودخانه اصلی و فرعی این منطقه می‌باشند. این رودخانه‌ها دارای رژیم برفی بارانی می‌باشند. از مهم‌ترین منابع آب سطحی این دشت رودخانه دائمی راوندی است که از وسط دشت عبور می‌کند و پس از عبور از داخل شهر اسلام آباد غرب وارد قسمت دشت شده و پس از مشروب نمودن زمین‌های کشاورزی در نهایت به یکی از سرشاخه‌های رودخانه الوند می‌پیوندد (گزارش بیلان دشت اسلام آباد غرب (۱۳۸۵)).

#### ۱-۱۰-۱- هیدروژئولوژی مناطق مورد مطالعه

##### ۱-۱۰-۱-۱- دشت ذهاب

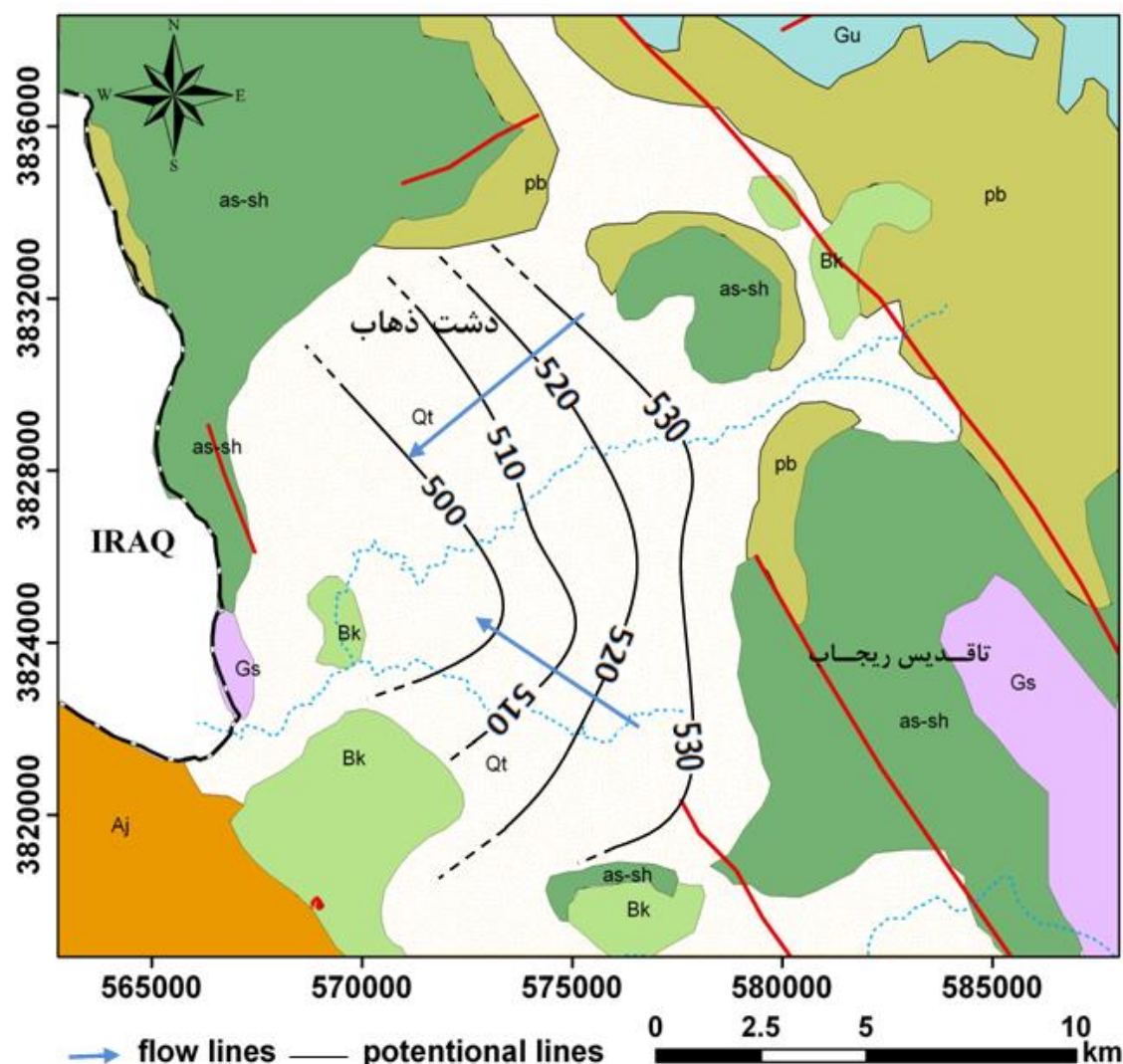
همواره هیدروژئولوژی هر دشت متأثر از زمین‌شناسی منطقه می‌باشد. در واقع زمین‌شناسی هر منطقه در پیدایش و گسترش آبخوان آب زیرزمینی تأثیرگذار بوده است. در این منطقه جهت جریان آب زیرزمینی از قسمت شرق به غرب بوده شکل (۱-۱۱) و از توپوگرافی سطح زمین تبعیت می‌کند. از نقطه نظر هیدروژئولوژیکی، در دشت ذهاب سازندهای زمین‌شناسی به دو دسته کاملاً متمایز با خصوصیات هیدرودینامیکی متفاوت به شرح زیر تقسیم می‌شوند.

#### الف- سازندهای با تراوایی خوب

این سازندها تراوایی خوبی را شامل می‌شوند و به همین لحاظ در تغذیه دشت نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این سازندها شامل آهک‌های آسماری و رسوبات کواترنری می‌باشند.

**سازند آسماری:** این سازند در منطقه به عنوان یک سازند سخره‌ساز می‌باشد، و به علت درز و شکاف‌های فراوانی که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی شده و همچنین وقوع پدیده انحلال و کارستی

شدن در آن به وجود آمده، باعث شده نفوذپذیری خوبی داشته باشد و به همین خاطر از منابع آب زیرزمینی مهم و با ارزش کارستی منطقه محسوب می‌شود.



شکل ۹-۱- نقشه دشت ذهاب، خطوط جریان و خطوط هم پتانسیل آب زیرزمینی (برگرفته از آمار آب منطقه‌ای کرمانشاه)

**رسوبات کواترنری:** در این منطقه بر اساس حفاری‌های انجام شده و نمودارهای زمین‌شناسی بدست آمده از چاه‌های اکتشافی و چاه‌های پیزومتری و کشاورزی، رسوبات انباشته شده در این دشت دارای حداکثر ضخامت ۸۰ متر می‌باشند. از حاشیه‌های دشت به مرکز دشت ضخامت رسوبات افزایش می‌یابد و در حاشیه‌ها به کمتر از ۲۰ متر نیز کاهش می‌یابد. اندازه رسوبات نیز از حاشیه شرقی دشت به سمت قسمت غربی آن کاهش می‌یابد.

## ب- سازندهای با تراوایی اندک

فاقد نفوذپذیری مناسب و دارای خواص هیدرودینامیکی ضعیف که شاخص سازندهای و شیلی مارنی سازندهای پابده، گورپی، و مارنی و گچی سازند گچساران در این منطقه می‌باشد. سازندهای پابده و گورپی بیشتر در قسمت شمال شرقی منطقه رخنمون دارد و از نظر چینه شناسی در زیر سازند آسماری قرار گرفته‌اند و سازند گچساران در قسمت شرقی دشت رخنمون دارد و علت توپوگرافی خاصی که در تاقدیس ریجاب وجود دارد آب جاری شده بر روی آن به طرف دشت ذهاب جاری نمی‌شود و باعث خرابی کیفیت آن نمی‌شود چون آب جاری شده از این سازند دارای املاح بالایی است. (گزارش بیلان دشت ذهاب (۱۳۸۵)).

## ۱-۱۰-۲- دشت اسلام آباد غرب

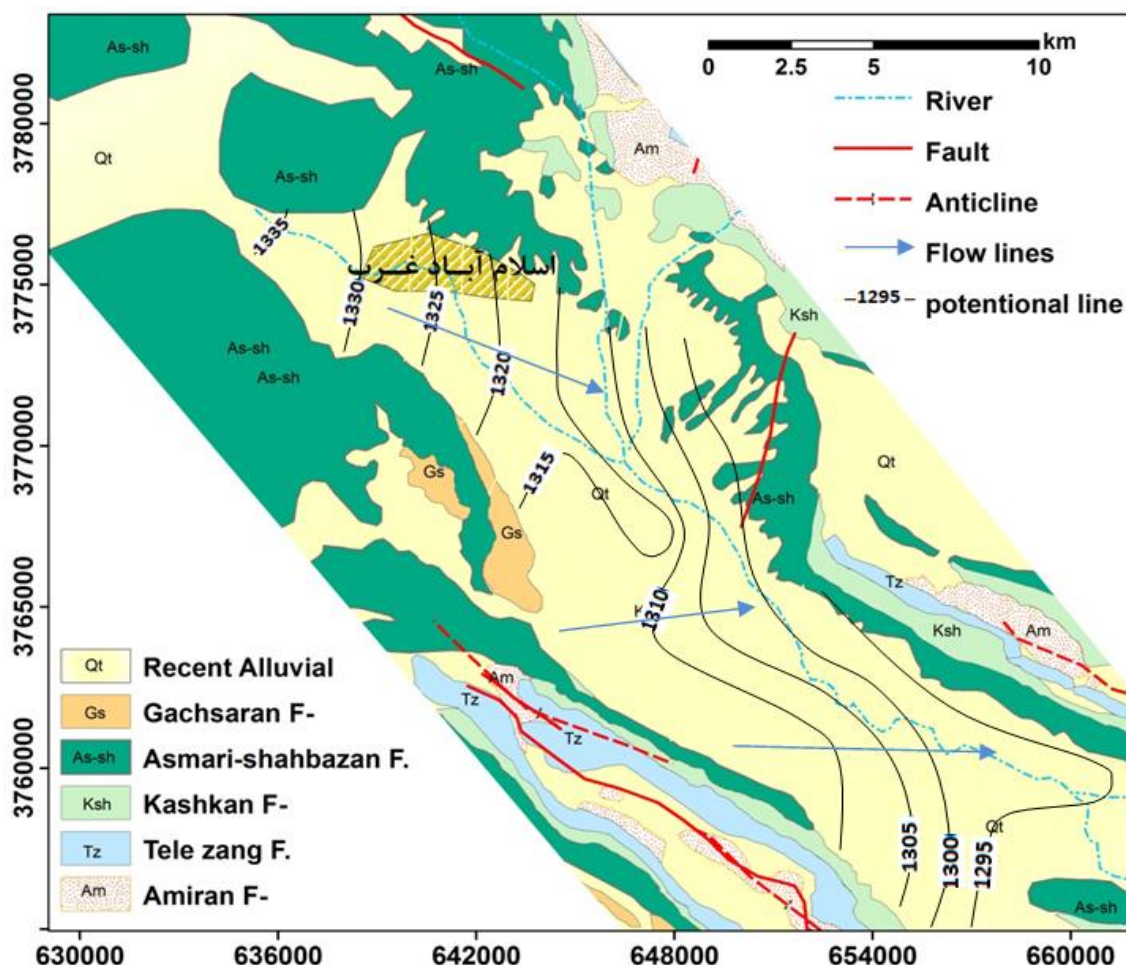
جهت جریان آب زیرزمینی در دشت اسلام آباد از سمت شمال و غرب به سمت شرق و در نهایت به طرفی جنوب منطقه می‌باشد و از جریان آب‌های سطحی منطقه تبعیت می‌کند و روندی مشابه رودخانه راوندی بر روی این منطقه دارد شکل (۱-۱۲). از نقطه نظر هیدروژئولوژیکی، در دشت اسلام آباد غرب نیز همانند دشت ذهاب سازندهای زمین‌شناسی به دو دسته کاملاً متمایز با خصوصیات هیدرودینامیکی متفاوت به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

## الف- سازندهایی با تراوایی خوب

این سازندها دارای تراوایی خوبی هستند که در این منطقه شامل آهک‌های آسماری و رسوبات کواترنری می‌باشند.

**سازند آسماری:** این سازند یک سازند کربناته بوده و در این منطقه نیز همانند منطقه دشت ذهاب به عنوان یک سازند سخره ساز مطرح بوده و همچنین بیشترین رخنمون را در منطقه دارا می‌باشد، و به علت درز و شکاف‌های فراوانی که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی شده و همچنین وقوع پدیده انحلال و کارستی شدن در آن به وجود آمده، باعث شده که آن دارای خواص هیدرودینامیکی خوب از نظر نفوذپذیری باشد و به همین خاطر از منابع آب زیرزمینی با ارزش کارستی منطقه محسوب می‌شود.

**رسوبات کواترنری:** بر اساس حفاری‌های انجام شده و نمودارهای زمین‌شناسی بدست آمده از چاه‌های اکتشافی، چاه‌های پیژومتری و کشاورزی، رسوبات انباشته شده در این دشت دارای حداکثر ضخامت ۱۰۰ متر می‌باشند. در حاشیه دشت و در پای دامنه‌ها ضخامت آبرفت به کمتر از ۱۰ متر نیز می‌رسد. اندازه رسوبات این دشت از قسمت غربی به مرکز دشت کاهش می‌یابند. و در پای دامنه کوه‌های قسمت غربی دشت بیشترین اندازه را دارا می‌باشند و به مرکز دشت از اندازه آنها کاسته می‌شود (گزارش بیلان دشت اسلام آباد غرب (۱۳۸۵)).



شکل ۱-۱- نقشه دشت اسلام آباد غرب، خطوط جریان و هم پتانسیل آب زیرزمینی (برگرفته از آمار آب منطقه‌ای کرمانشاه)

## ب- سازندهای با تراوایی اندک

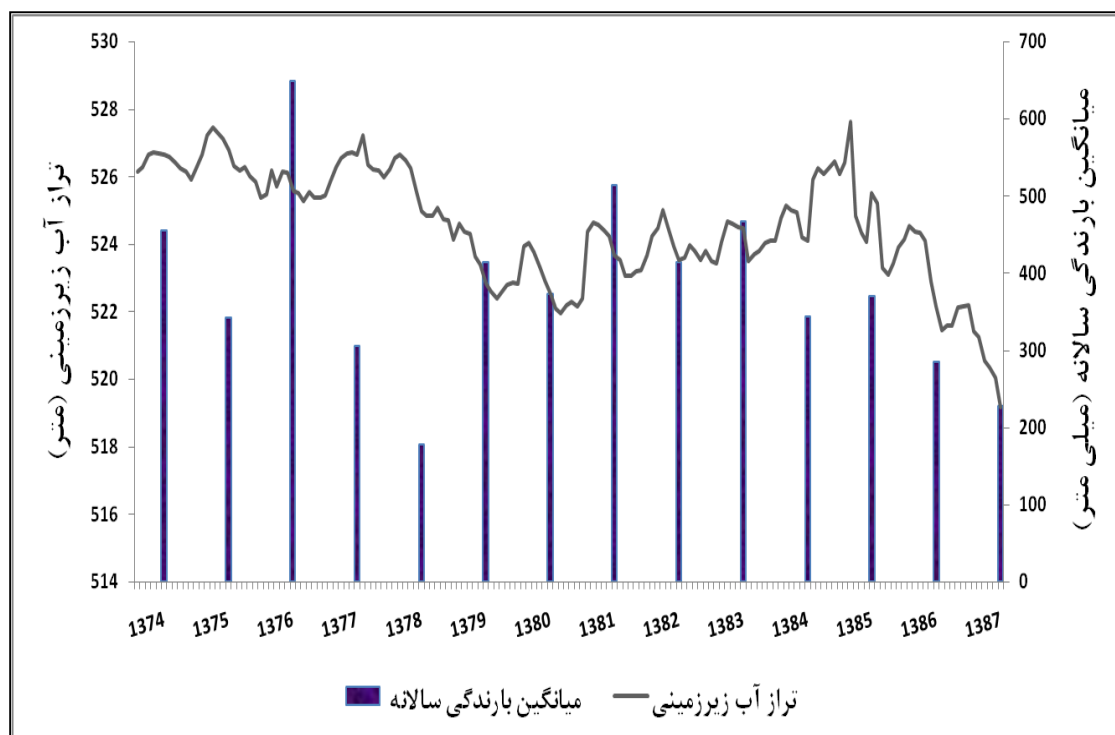
این سازندها فاقد نفوذپذیری مناسب و دارای خواص هیدرودینامیکی ضعیف هستند که این خصوصیات شاخص سازنده پابده - گورپی در این منطقه می‌باشد. این سازندها در قسمت شمال

شرقی دشت رخنمون دارد و از لحاظ چینة شناسی در زیر سازند آسماری قرار گرفته است و دارای لیتولوژی شیلی و مارنی می‌باشند و از نظر هیدروژئولوژیکی به عنوان یک سنگ بستر بیان می‌شوند.

## ۱۱-۱- نوسانات سطح آبخوان‌های مناطق مورد مطالعه

### ۱-۱۱-۱- دشت ذهاب

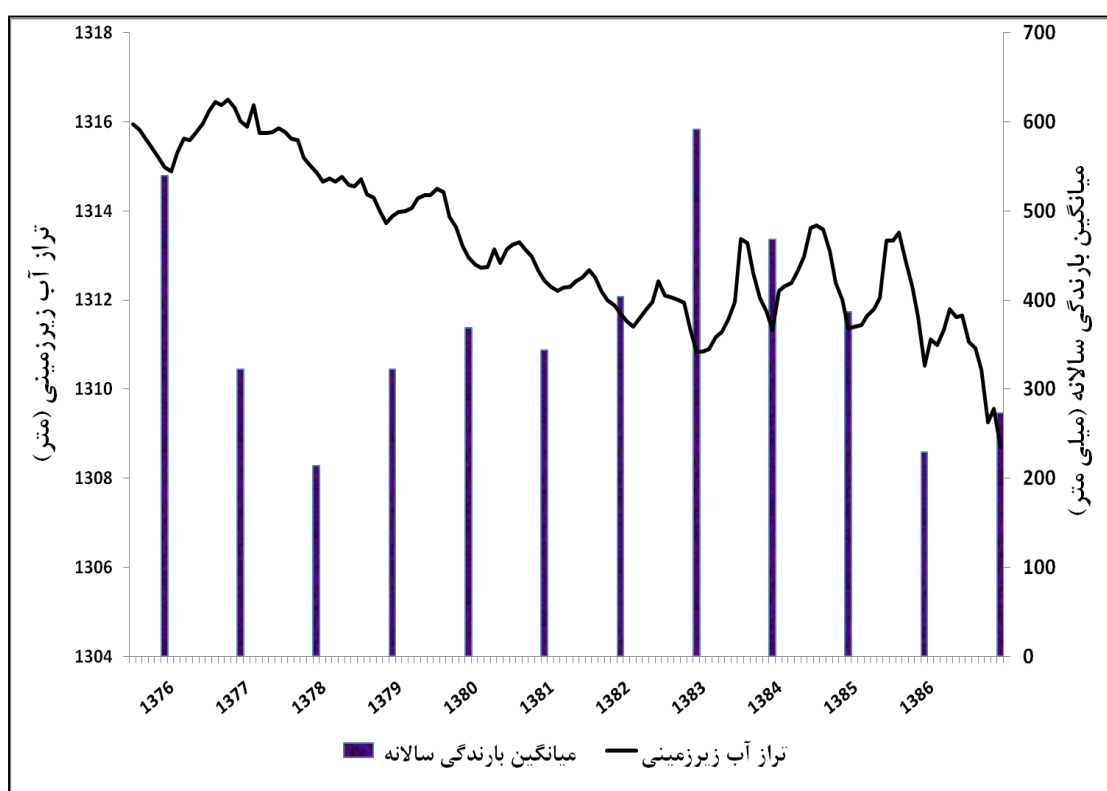
هیدروگراف واحد سطح آب زیرزمینی دشت ذهاب با استفاده از داده‌های ۱۴ چاه پیزومتری (از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵) در شکل (۱۱-۱) ارائه شده است. با توجه به هیدروگراف واحد، تراز آب زیرزمینی در فاصله سال‌های آبی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ یک روند صعودی را نشان می‌دهد. به طوری که از مهر ماه ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ تراز آب زیرزمینی ۲/۶۵ متر افزایش یافته و از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ یک روند نزولی داشته به طوری که از مهر ماه ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ تراز آب زیرزمینی ۳/۴۵ متر کاهش یافته است.



شکل ۱۱-۱- هیدروگراف واحد و میانگین بارندگی سالانه دشت ذهاب از سال ۷۴ تا ۸۷

## ۱-۴-۶- دشت اسلام آباد غرب

هیدروگراف واحد سطح آب زیرزمینی دشت اسلام آباد غرب با استفاده از داده‌های ۱۹ چاه پیزومتری (از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۷) در شکل (۱-۱۲) ارائه شده است. با توجه به هیدروگراف واحد، تراز آب زیرزمینی در فاصله سال‌هایی که آمار آن در دست است یک روند نزولی را نشان می‌دهد به طوری که روند کاهش سطح آب از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۷ ادامه دارد به طور تقریبی حدود ۶ متر کاهش سطح ایستابی در کل دشت وجود دارد. قابل ذکر است که سطح آب زیرزمینی در این منطقه در فاصله سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ یک روند ثابتی داشته است که احتمالاً در اثر برداشت اضافی و همچنین خشکسالی‌های اخیر این روند را نیز تغییر داده و به حالت نزولی در آورده است.



شکل ۱-۱۲- هیدروگراف واحد و میانگین سالانه دشت اسلام‌آباد غرب از سال ۷۶ تا ۸۷

## فصل دوم: تاریخچه تحقیقات انجام شده

### ۲-۱- مقدمه

تاکنون تحقیقات زیادی در مورد آبخوان‌های کارستی و آبرفتی به طور جداگانه انجام شده است. اما تحقیقات جامعی در مورد ارتباط هیدرولیکی بین این آبخوان‌ها انجام نشده است و یا حداقل با این عنوان خیلی کم انجام شده است. در این تحقیق به منظور بررسی ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان‌های کارستی و آبخوان‌های آبرفتی که بر روی آنها قرار گرفته‌اند، از نتایج حاصله از سه روش نتایج حاصل از آزمایش پمپاژ، اطلاعات مربوط به نمودار زمین‌شناسی چاه‌ها و مقایسه هیدروشیمیایی آبخوان‌های آبرفتی و کارستی هم چنین استفاده خواهد شد.

### ۲-۲- کارست و ارتباط یا عدم ارتباط آن با آبرفت‌ها

سنگ‌های کربناته در سطح جهان پراکنده هستند و تخمین زده شده که حدود ۲۰ درصد یا بیشتر از جمعیت جهان تا حدی یا به طور کامل به آب زیرزمینی حاصل از آنها وابسته هستند (Ford and Williams 2007). سازندهای کربناته کارستی حدود ۱۱ درصد مساحت ایران (حدود ۱۸۵۰۰۰ کیلومتر مربع) را می‌پوشاند که منطقه زاگرس حدود ۵۵/۲ درصد از کل سازندهای کارستی ایران را شامل می‌شود (Raeisi 2002). واژه کارست عبارت است از منطقه‌ای با مورفولوژی خاص و با یک سیستم زهکشی زیرزمینی بزرگ که از انحلال بالای برخی از سنگ‌ها در آب‌های طبیعی حاصل می‌شود (Karami 2002).

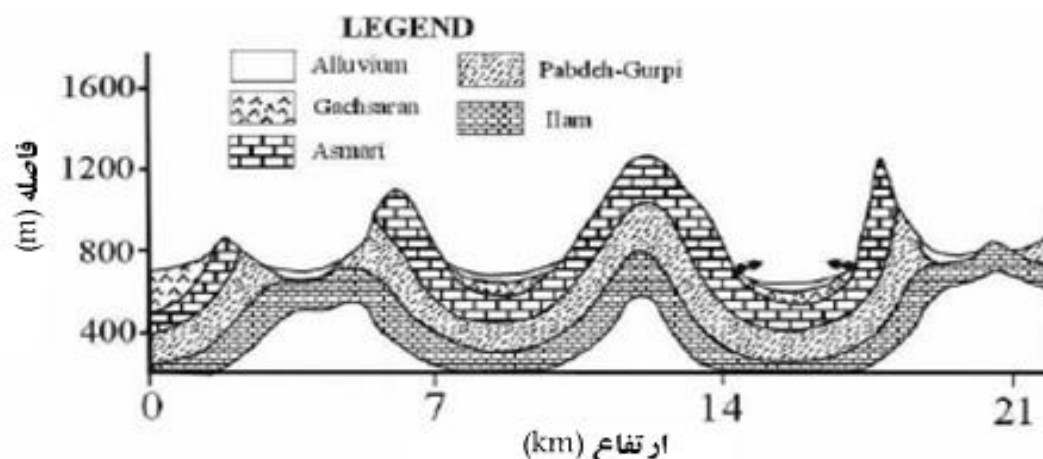
میلانویچ و عقیلی (Milanovic and Aghili 1990) با مطالعه بر روی آبخوان کارستی سربیشه که جزء آبخوان کارستی کازرون است علل پایین افتادن سطح آب را به خشکسالی و پمپاژ بیش از اندازه از آبخوان آبرفتی مجاور بیان کردند و همچنین ذکر کردند که آبخوان آبرفتی رودخانه دلاکی با آبخوان کارستی دادین به صورت هیدرولیکی در ارتباط است و آب آبخوان کارستی را به چشمه دادین انتقال می‌دهد و آب آبخوان کارستی ساسان از طریق نفوذ آب از کانال‌های مجرای و هم از طریق ارتباط مستقیم زیرزمینی با آبخوان آبرفتی شاپور وارد این آبخوان آبرفتی می‌شود.

کاظمی و همکاران (۱۳۷۴) با مطالعه بر روی دشت درگز در شمال غرب شهرستان مشهد، در مورد تبادل هیدرولیکی رودخانه و آبخوان آب زیرزمینی، آنها با استفاده از منحنی‌های تراز این دشت بیان کردند که قسمت شمالی و جنوبی این دشت، با هم ارتباط هیدرولیکی ندارد. و همچنین جبهه‌های ورودی آب زیرزمینی به قسمت جنوبی این دشت از طریق سازندهای آهکی تیرگان صورت گرفته و آن را تغذیه می‌کند.

(اشجاری و رئیسی (۲۰۰۶)، رئیسی (۲۰۰۸) با مطالعه بر روی زون ساختاری رسوبی زاگرس چین خورده بیان کرد که در این زون تاقدیس‌ها معمولاً برآمدگی‌های کوه‌ها را تشکیل می‌دهند که اغلب از جنس آهک هستند و ناودیس‌ها، دره‌ها و دشت‌های منطقه را تشکیل می‌دهند. در این زون اغلب سازندهای کربناته در زیر دشت‌های آبرفتی قرار گرفته‌اند و قسمت فوقانی این سازندها، سازندهای غیرقابل نفوذ قرار دارد و در مناطقی که این سازند توسط فرسایش از بین رفته باشد ارتباط مستقیمی بین کارست و آبرفت برقرار می‌شود و آب سنگ آهک کارستی به داخل آبرفت نشت می‌کند و باعث تغذیه آبرفت‌های دشت می‌شوند و اگر تخلیه آب به صورت متمرکز باشد باعث بروز چشمه‌های در حد واسط کوه و دشت می‌شود.

در حوضه الوند در استان کرمانشاه، سازندهای پابده، گورپی و گچساران به عنوان سازندهای با نفوذپذیری کم، باعث عدم ارتباط یا ارتباط ضعیف بین آبخوان‌های متفاوت با هم می‌شود. برای مثال سازند مارنی شیلی پابده-گورپی ارتباط هیدرولوژیکی بین سازند کارستی آسماری و ایلام را از جدا کرده است شکل (۱-۲)، و سازند گچساران باعث عدم ارتباط آبخوان آبرفتی با سازند کربناته آسماری با یکدیگر شده است و در مناطقی که سازند غیر قابل نفوذ گچساران فرسایش یافته است آبرفت در

تماس مستقیم با سنگ کربناته قرار دارد و آب به راحتی به داخل آبرفت تخلیه می‌شود و جایی که تخلیه متمرکز است به صورت چشمه ظاهر شده است. در این شکل همان گونه که در بالا ذکر شد تاقدیس‌ها، کوه‌ها و ناودیس‌ها دشت‌ها را تشکیل می‌دهند (Karimi 2003).



شکل ۱-۲- مقطع عرضی حوضه الوند (Karimi 2003)

تشکیلات کربناته‌ای که میکروکریستالین و ضخیم لایه بوده و دارای سیستم درز و شکاف به همراه ناودیس‌ها و طاقدیس‌های ملایم و میان لایه‌های رسی-مارنی هستند برای انحلال بسیار مستعد می‌باشند (ترابی ۱۳۷۹). امیری (۱۳۸۱ و ۱۳۸۲) با بررسی سنگ بستر منطقه فروچاله‌های همدان با استناد به مطالعات صحرایی و میکروسکوپی اظهار نموده که سنگ بستر منطقه از آهک میکروکریستالین با سن الیگومیوسن تشکیل گردیده و دارای میان لایه‌هایی از مارن و آهک مارنی است. در این تشکیلات سیستم درز و شکاف به طور وسیعی توسعه یافته و تاقدیس‌ها و ناودیس‌های وسیع و ملایمی بوجود آمده و دشت کبودرآهنگ - فامنین و قهاوند بر روی ناودیس بزرگی از سنگ بستر قرار گرفته است تشکیلاتی که چنین مشخصاتی را داشته باشند بهترین استعداد را برای انحلال و پدیده کارستی شدن را دارا می‌باشند. امیری (۱۳۸۴) با مطالعه اثر ارتباط فروچاله‌ها با سنگ بستر در دشت‌های فامنین - کبودرآهنگ و قهاوند همدان که سازند کربناته در زیر آبرفت قرار می‌گیرد. علت

ایجاد انحلال سنگ بستر کربناته را پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در اثر پمپاژ و همچنین خروج حجم زیادی ذرات جامد معلق توسط آب پمپاژ شده بیان کردند.

نیتو و گوتیریز (Nativ and Gutierrez, 1989) با مطالعه آب زیرزمینی آبخوان‌های کرتاسه دشت‌های مرتفع جنوبی (Southern High Plains) آمریکا با استفاده تفاوت بار هیدرولیکی و تشابه ترکیب شیمیایی و ایزوتوپی، مشخص کردند که این آبخوان‌ها در قسمت‌های محدودی از آبخوان آبرفتی بالایی خود تغذیه می‌شوند و در بعضی قسمت‌ها آبخوان آبرفتی بالایی خود را تغذیه می‌کند و این دو نوع آبخوان با هم در ارتباط هیدرولیکی هستند.

روسینتا و همکاران (Rosentha et al. 1990) برای تعیین منشأ آب آبرفت دره آراوا اسرائیل از داده‌های هیدروشیمیایی و ایزوتوپ‌های پایدار استفاده کردند و یکی از منشأهای آب را حرکت عمودی و رو به بالای آب زیرزمینی از آبخوان‌های سنگی و کربناته موجود در زیر آبرفت‌ها ذکر کرده‌اند.

کاظمی و مهدی‌زاده (۱۳۷۴) برای تعیین ارتباط بین آب زیرزمینی و رودخانه و همچنین ارتباط بین دو آبخوان عمیق و نیمه عمیق در حوضه آبریز باکینباه (Bachinbah) استرالیا از ایزوتوپ‌های پایدار استرانسیوم استفاده کردند. آنها با توجه به تشابه کامل نسبت  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  و ترکیب شیمیایی جریان پایه رودخانه با نمونه‌های آب‌های عمیق، منشأ عمیق بودن جریان در رودخانه، و همچنین نبود رابطه خطی بین غلظت  $\text{Sr}^{+2}$  و نسبت  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  نمونه‌های عمیق و کم عمق، را عدم ارتباط هیدرولیکی بین دو آبخوان مطرح کردند.

رئیزی (۱۳۷۴) با استفاده از نقشه ایزوپتانسیل در محدوده دشت گزطویله، شرایط زمین‌شناسی، هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمی مشخص کرد که آب زیرزمینی از گنبد نمکی قسمتی وارد مخروط افکنه مجاور شده و قسمتی به علت تماس گنبد نمکی با تاقدیس کولاک وارد سازند آسماری و جهرم مجاور می‌گردد و کیفیت آب سارند کارستی را کاهش می‌دهد. در یال جنوبی تاقدیس کولاک با آبرفت در تماس بوده و آب تاقدیس وارد آبرفت می‌شود و باعث تخریب کیفیت آب دشت گز طویله می‌شود.

استیترینباخ و همکاران (Stetzenbach et al., 2001) با استفاده از داده‌های عناصر نادر خاکی، آنالیز عناصر اصلی، تحلیل ایزوتوپ‌های کربن، داده‌های دمای آب و رابطه بار هیدرولیکی و نتایج آزمایش

پمپاژ چاه‌های نزدیک کوه‌های یوکا (Yucca)، نودای جنوبی (Southern Nevada) آمریکا، بیان کردند که ارتباط نزدیکی بین آب زیرزمینی سنگ‌های کربناته و سنگ‌های آتشفشانی موجود بر روی آنها وجود دارد و امکان حرکت رو به بالای آب‌های زیرزمینی کربناته به داخل سنگ آتشفشانی در نزدیکی کوه‌های یوکا وجود دارد.

باربریر و همکاران (Barbieri *et al.* 2005) با مطالعه شیمی آب زیرزمینی گرن ساسو (Gran Sasso) در ایتالیا مرکزی بیان کردند که آبخوان‌های کارستی و آبرفتی این منطقه با هم ارتباط هیدرولیکی دارند و همچنین ذکر کردند که در مرز بین آبخوان کارستی و آبرفتی هیدروشیمی آب زیرزمینی به وسیله برهمکنش بین سنگ و آب و هم چنین به وسیله فعالیت‌های انسانی که باعث افزایش یون‌های  $\text{Na}^+$ ،  $\text{Cl}^-$  و  $\text{NO}_3^-$  در آب زیرزمینی می‌شوند، تغییر می‌کند.

بهاروند و همکاران (۱۳۸۶) با مطالعه کیفیت آب زیرزمینی شمال شهر خرم‌آباد بیان کردند که سازند تبخیری گروه فارس به عنوان یک سازند آلوده کننده و مخرب کیفیت منابع آب‌های کارستیک منطقه (سازند آسماری و بنگستان) تلقی می‌گردند زیرا در مناطقی که این سازندها وجود ندارند و یا فرسایش یافته‌اند کیفیت آب مخازن کارستیک به مراتب از وضعیت مطلوب تری برخوردار هستند. مرور منابع بالا این نکته را مشخص می‌کند که در مناطقی که شرایط هیدروژئولوژیکی و چینه‌شناسی مناسب (مانند تخلخل، نفوذپذیری و شیب هیدرولیکی) وجود داشته باشد. امکان وجود ارتباط هیدرولیکی بین آبرفت‌ها و سازندهای مجاور وجود دارد مگر اینکه ارتباط آنها توسط یک سازند ناتراوا و یا یک سطح گسلی ناتراوا قطع شده باشد.

## ۲-۳- استفاده از نتایج آزمایش پمپاژ برای بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط

### بین نهشته‌های آبرفتی با سازندهای آهکی زیرین

#### ۲-۳-۱- ارزیابی خصوصیات هیدرولیکی آبخوان‌های کارستی

آزمایش پمپاژ یکی از قابل قبول‌ترین تکنیک‌های صحرایی برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی آبخوان‌ها است زیرا پاسخ قسمت نسبتاً وسیعی از آبخوان را منعکس می‌کند (Todd 1980, Walton 1987). ریموندی (Raymond 1997) در منطقه شمال مرکزی اوهایو (North-Central Ohio) که

رسوبات یخچالی تیل (Till) بر روی سازند کربناته کارستی قرار گرفته بودند میانگین قابلیت انتقال را برای آبخوان کربناته ۲۲۰-۳۳۵ متر مربع بر روز و همچنین ضریب ذخیره را بین  $10^{-5} \times 1/8$  الی  $10^{-4} \times 9/8$  متر بر ثانیه بیان کرد. وی همچنین ذکر کرد که مقادیر قابلیت انتقال را از ۱۵ تا ۷۴۵ متر مربع بر روز متغیر است که نشان دهنده ناهمگن و ناهمسو بودن آبخوان آهکی است. و نتایج آزمایش پمپاژ نشان داد که آب از رسوبات یخچالی وارد آبخوان آهکی زیرین می‌شود که نشان‌دهنده ارتباط هیدرولیکی بین دو آبخوان است. سامانی و رئوف (۱۳۸۴) با مطالعه بر روی آبخوان دشت کربلا در شهر کربلا و کشور عراق، برای تعیین ارتباط هیدرولیکی بین دو لایه آبدار که ما بین آنها یک لایه نیمه تراوا وجود دارد از آزمایش پمپاژ استفاده کردند، که آبخوان فوقانی یک آبخوان آزاد و آبخوان زیرین، آبخوان تحت فشار است. یک پیزومتر در آبخوان تحت فشار حفر شده و دیگری در آبخوان آزاد، با شروع پمپاژ سطح آب اول در پیزومتر آبخوان آزاد افت می‌کند ولی پیزومتر دیگری ثابت می‌ماند که این نشان دهنده این است که هر کدام از پیزومترها مربوط به یک سیستم هیدرولیکی جداگانه هستند و بعد از مدتی سطح آب پیزومتر کم عمق ثابت می‌ماند ولی پیزومتر عمیق همچنان افت می‌کند که نشان دهنده وجود ارتباط هیدرولیکی بین دو آبخوان برقرار است و آبخوان زیرین به عنوان یک آبخوان نشتی عمل می‌کند.

آزمایش پمپاژی که بر روی یک چاه که در آبرفت‌های دره مرده در اینیو (Inyo) کالیفرنیا انجام شد میزان قابلیت انتقال را تقریباً  $10^{-4} \times 9/29$  متر مربع بر ثانیه و ضریب ذخیره را تقریباً  $0/2$  بدست آورد. این مقدار قابلیت انتقال تقریباً نصف مقداری بود که با استفاده از نرم افزار MODFLOW برای آبخوان کربناته مجاور در کوه‌ها و زیرین آن بدست آمده است. و همچنین با توجه به مدلی که ارائه شده بود پیش‌بینی کردند که با پمپاژ آب آبخوان آبرفتی دره مرده به میزان ۱ فوت مربع بر ثانیه میزان دبی چشمه‌های مجاور در سازند کربناته حدود ۲۵ درصد کاهش خواهد یافت (U.S.DOECA<sup>۱</sup> 2005).

<sup>۱</sup> U.S. DEPARTMENT OF ENERGY COOPERATIVE AGREEMENT DE-FC08-02RW12162

## ۲-۳-۲- استفاده از ناهمگنی

از مهمترین ویژگی‌های بارز آبخوان‌های کارستی مثل دیگر آبخوان‌های درز و شکاف دار، ناهمگنی (Heterogeneity) و ناهم‌سویی (Anisotropy) آنها است. در آبخوان‌های کارستی خصوصیات هیدرولیکی، به ویژه نفوذپذیری بسیار متغیر است (Brahana and Hollyday 1988). به نقل از کینیث (Kenneth 1985)، استیل و براکلی (Steele and Barclay 1965) با مطالعه بر روی آبخوان ژپسی و دولومیتی کارستی اوکاهوما (Okahoma)، آمریکا با استفاده از آزمایش پمپاژ، میزان قابلیت انتقال را بین ۱۴۹۰ تا ۵۷۱۵ مترمربع بر روز و میانگین آن را ۳۲۳۰ مترمربع بر روز، و میزان ضریب ذخیره را ۰/۰۰۰۴ تا ۰/۰۳ و میانگین آن را ۰/۰۱۶ بیان کردند.

نایف محمد منصور أبولحوم (Nayef mohamad mansor abolhom 2002) با مطالعه در یمن از شبه جزیره عربستان بر روی آبخوان آهکی و آبرفتی آن منطقه میزان ضریب ذخیره و قابلیت انتقال را برای هر قسمت به طور جداگانه حساب کرده است که برای آبخوان آهکی به ترتیب ۰/۰۴ تا ۰/۰۸ و ۲۱۸ تا ۲۵۶ مترمربع بر روز و همچنین برای آبخوان آبرفتی ۰/۰۳ تا ۰/۸ و ۸۳۸ تا ۱۷۱۳ مترمربع بر روز بدست آوردند و علت تغییرات بالای آبخوان آبرفتی را به تغییرات جانبی رخساره‌های رسوبی در فاصله کم، درجه تحکیم رسوبات، افت شدید ناشی از استفاده از پمپ‌های قوی، اختلالی که از پمپاژ چاه‌های مجاور حاصل می‌شود؛ بیان کرد.

گرسبی و همکاران (Grasby et al. 2005) با مطالعه سنگ‌های کربناته، جنوب مونتانا، کانادا، با استفاده از داده‌های حاصل از آزمایش پمپاژ و همچنین آزمایش ظرفیت ویژه چاه‌های موجود در منطقه، میانگین قابلیت انتقال این آبخوان را ۰/۰۰۰۹۹ متر مربع بر ثانیه بیان کردند.

کرمی و یانگر (Karami and Younger 2006) با استفاده از روشی که برای تعیین ناهمگنی آبخوان‌های کارستی ارائه دادند و همچنین روشی که توسط چاکرابارتی (Chakrabarty 1994) برای تعیین بعد جریان ارائه شده بود، نشان دادند که با افزایش بعد جریان، ناهمگنی آبخوان کاهش می‌یابد. آنها با استفاده از طبقه‌بندی بعد جریان و ضریب ناهمگنی، مدلی ارائه کردند که قادر است نوع جریان در آبخوان‌های کارستی را با استفاده از نتایج آزمایش پمپاژ بر آورد نمایند.

## ۲-۳-۳- بررسی بعد جریان

توزیع مکانی جریان در شکستگی‌ها به طرف چاه به خصوصیات شبکه شکستگی، مانند نفوذپذیری شکستگی‌ها، تراکم شکستگی‌ها و میزان به هم مرتبط بودن شکستگی‌ها با هم، وابسته است. خصوصیات شبکه شکستگی هندسه جریان را تعیین می‌کند، که آن را به عنوان بعد جریان می‌نامند. جریان به طرف چاه‌هایی که به طور کامل در داخل سازند درز و شکافدار نفوذ کرده‌اند و شکستگی‌ها دارای ارتباط شدید با هم و توزیع یکسان دارند از نوع شعاعی (دو بعدی،  $n=2$ ) و اگر به طور ناقص در داخل این سازند نفوذ کنند از نوع کروی (سه بعدی،  $n=3$ ) است. بعد جریان از یک آزمایش هیدرولیکی ممکن است چندین خصوصیت سیستم‌های هیدروژئولوژیکی را شامل ناهمگنی، مرزها و نشت مشخص کند و همچنین هندسه سیستم و ناهمگنی‌ها بعد جریان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Walker and Roberts 2003).

با توجه به خصوصیات هیدرولوژیکی آبخوان‌ها (ناهمگنی، مرزها، نشت و غیره) بیان اینکه مطلقاً بعد جریان یک بعدی، شعاعی و یا کروی است درست نمی‌باشد و در اکثر موارد حد واسطی از حالت‌های فوق می‌باشد و در نتیجه بعد جریان می‌تواند یک عدد غیر صحیح باشد به عنوان مثال  $1/5$  یا  $2/3$  بعدی و غیره هم می‌تواند باشد.

لویین و همکاران (Leveinen *et al.* 1998) به منظور تعیین خصوصیات هیدرولیکی یک آبخوان در فنلاند که شامل دو زون شکستگی تقریباً عمودی بود از داده‌های آزمایش پمپاژ هفت چاه مشاهده‌ای و منحنی الگوی جریان شعاعی استفاده کردند، که پاسخ شش تا از هفت چاه با مدل شعاعی سازگار بود. با تجزیه تحلیل رگرسیون شیب‌های خط-راست و تطبیق منحنی الگو ابعاد جریان کسری ( $1/2$  و  $1/5$ ) تعیین شد. در هر مرحله آزمایش ابعاد جریان در زون شکستگی مجاور ابعادی از ( $2/25$  -  $2$ ) داشت.

اهلیق - اکونومیدیز (Ehli-Economides 1988) بیان کردند که داده‌های منحنی لگاریتمی مشتق فشار و زمان در آخرین قسمت منحنی یک خط راستی نشان می‌دهد که شیب آن به مقدار بعد جریان و شرایط مرزی آبخوان مربوط می‌شود. میسرا (Mishra 1992) نشان داد که شیب آخرین قسمت منحنی لگاریتمی مشتق فشار در سیستم‌های نامحدود، در مدل GRF، (Generalized Radial Flow)

از طریق معادله (۱) و بعد جریان نیز با استفاده از معادله (۲) بدست می‌آید، برای مثال همان طور که از شکل (۲-۲) دیده می‌شود شیب خط جریان شعاعی نامحدود در آخرین مرحله صفر است و با استفاده از معادله (۲) بعد جریان برابر ۲ محاسبه می‌شود.

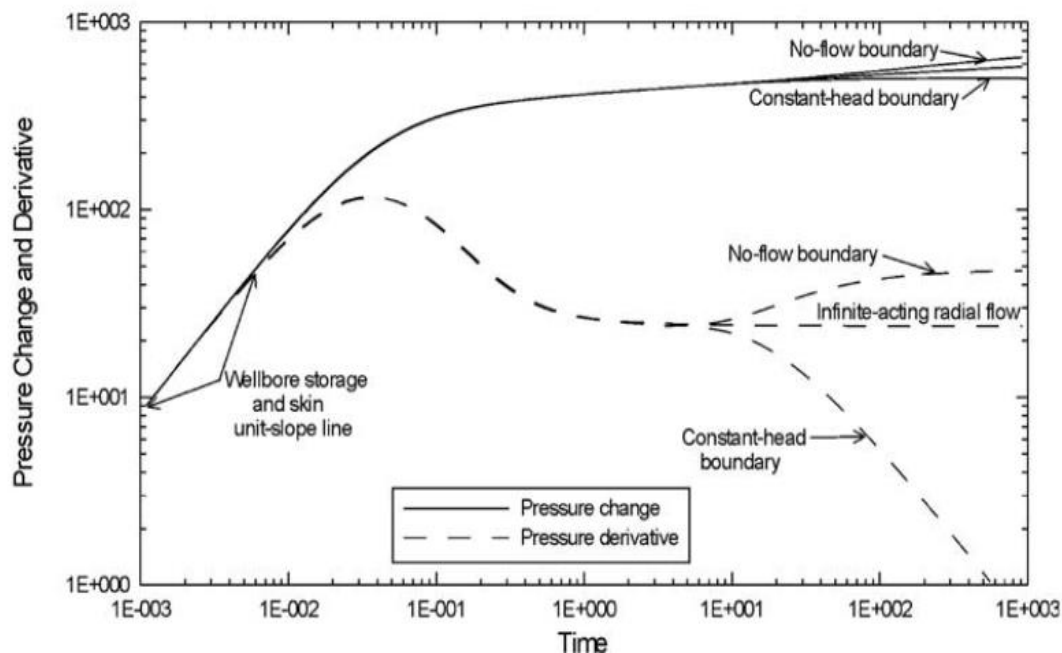
$$v = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{d}{d(\log t)} [\log(dh/dlnt)] \quad (۱-۲)$$

$$n = (۲ - ۲v) \quad (۲-۲)$$

که در آن:

$n$  = بعد جریان

$v$  = شیب آخرین قسمت منحنی لگاریتمی



شکل ۲-۲- مختصات لگاریتمی تغییرات فشار و تغییرات مشتق فشار در مقابل زمان در چاه پمپاژ با دبی ثابت (Walker and Roberts 2003)

وربوسک (Verbovšek 2009) با تفسیر مجدد نتایج آزمایش پمپاژ ۷۲ چاه به وسیله مدل Barker's GRF که دارای تخلخل دوگانه بودند، بعد جریان برای آبخوان‌های دولومیتی اسلونیای (Slovenia) بدست آوردند، که میانگین ابعاد جریان برای کل آبخوان‌های دولومیتی ۲/۱۶ است، که نشان می‌دهد که بعد جریان از جریان شعاعی به طرف جریان کروی تمایل دارد.

## ۴-۲- استفاده از هیدروژئوشیمی برای تعیین ارتباط هیدرولیکی دو آبخوان

### ۴-۲-۱- نقش سازندهای مختلف در کیفیت آب‌های زیرزمینی

کیفیت شیمیایی آب جوی حین عبور از درون سنگ‌ها تغییر می‌کند و تغییرات آن نیز به عواملی نظیر شرایط زمین‌شناسی، عوامل آب‌هوایی، اختلاط آب‌ها با ترکیب مختلف و عوامل از قبیل فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی مؤثر هستند (احمدپور و همکاران ۱۳۸۴). ریچ و همکاران (Rieg et al. 1993) عنوان کردند که سه عامل مؤثر بر تکامل هیدروشیمیایی عبارتند از: (۱) تفاوت هیدرولیکی آبخوان‌ها، (۲) تفاوت در لیتولوژی و خاکشناسی، (۳) تفاوت در نوع کاربری اراضی. آب زیرزمینی استخراجی از دشت‌های آبرفتی می‌تواند در بر گیرنده بیکربنات، کلسیم، منیزیم و سولفات باشد. میزان کلر و سدیم این نوع آبخوان‌ها به شدت شستشوی خاک (Leaching) و تغلیظ املاح در سطح خاک بستگی دارد (Bouwer 1978). شیمی آب زیرزمینی در یک منطقه به نوع سنگ‌هایی که از آن عبور می‌کند بستگی دارد که آب از درون آنها عبور می‌کند (Mokrik and Baublyte 2005). کیفیت آب زیرزمینی به طور عمده توسط سه عامل تحت تاثیر قرار می‌گیرد. (۱) فرایندهای طبیعی، مانند سنگ‌شناسی، سرعت جریان آب زیرزمینی، کیفیت آب تغذیه شده، همکنش آب با سنگ و خاک، و همکنش با انواع دیگر آبخوان‌ها؛ (۲) فعالیت‌های انسانی (Anthropogenic)، از جمله کشاورزی، صنعت، توسعه شهری، افزایش بهره‌برداری از منابع آب؛ و (۳) آب‌های ورودی جوی (Helena et al. 2000; Chan 2001).

رئیزی و مر (Raeisi and Moore 1993) با مطالعه سازندهای آهکی و کارستی آسماری - جهرم محدوده استان فارس، محدوده هدایت الکتریکی برای آب‌های این سازندها معمولاً زیر ۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بیان کردند. رئیزی و همکاران (۱۳۷۹) تیپ آب‌های کارستی عموماً کربناتی منیزیک و یا کربناتی کلسیک است. فارابی و همکاران (۱۳۸۵) با مطالعه کیفیت آب زیرزمینی دشت باغملک در استان خوزستان و استفاده از تحلیل آماری به این نتیجه رسیده‌اند که مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت آب در این منطقه عبارتند از: واکنش بین آب و سازندهای زمین‌شناسی (انحلال سازند گچساران)، تبادل یونی معکوس و تاثیر سازندهای محصور کننده دشت است.

در محیط‌های طبیعی وقتی که pH محلول بیشتر از ۴/۵ شود یون بی‌کربنات ظاهر می‌شود و با افزایش واکنش و رسیدن pH به ۸/۳ گاز دی‌اکسیدکربن ناپدید گردیده و یون کربنات ظاهر می‌گردد و هر چه اسیدیته محیط کاهش یابد یون بی‌کربنات کاهش، تبدیل به یون کربنات می‌گردد شریعت (۱۳۷۸). هس (Hess 1974) در بررسی تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و زمان ماندگاری آب در آبخوان‌های کارستی پرداخت. وی معتقد است که آب‌های زیرزمینی همیشه تمایل دارند که با سنگ‌های دیواره مجاری عبوری به تعادل برسند. این مسئله سبب می‌شود تا در صورت زمان کافی، میزان مواد حل شده در این آب‌ها افزایش یافته و در نتیجه کیفیت شیمیایی آنها نسبت به زمان تغییرات کمتری را از خود نشان دهد. ممون و همکاران (Memon et al. 1999) با مطالعه سنگ‌های درز و شکافدار دشت رولینگ در منطقه تگزاس، بالا بودن غلظت یون کلر در نمونه‌های آب که به طور میانگین ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد را به وجود سازندهای دولومیتی و ژئپسی و نمکی در منطقه نسبت دادند. کینیث (Kenneth 1985) به نقل از استیل و براکلی (Steele and Barclay 1965) با مطالعه بر روی آبخوان ژئپسی - دولومیتی کارستی بلین (Blaine)، اوکاهوما (Okahoma)، آمریکا، با آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب حاصل از چاه‌های حفاری شده در آبخوان کارستی بلین و نهشته‌های تراستی نشان داده‌اند که مقدار کل املاح موجود در آب خود آبخوان کارستی بلین، بیشتر از املاح موجود در تراس‌های آبرفتی مجاور آن است. در رسوبات تبخیری گچی نمکی به دلیل قابلیت انحلال زیاد گچ و به دنبال آن منیزیم در آب و همچنین بالا بودن قابلیت انحلال بسیار زیاد کلروها در آب، املاح سولفات و به ویژه کلروره، در آب‌های آنها بالاست. مقدار کل املاح جامد محلول در آب‌های زیرزمینی مناطق گچی نمکی تا ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر نیز می‌رسد (Davis and Deviest 1986). زارعی و کلانتری (۱۳۸۲) با مطالعه بر روی دشت زیدون، با توجه به اینکه منبع اولیه آب زیرزمینی دارای مقدار کمی سدیم و کلر، ولی میزان کلسیم و سولفات آن نسبتاً زیاد بود، بیان کردند که منشاء آب زیرزمینی سازندهای آجاجاری و بختیاری است و این دو نوع آبخوان با هم ارتباط هیدرولیکی دارند. رضایی و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه دشت داراب فارس و استفاده از تفاوت هیدروشیمی آب بیان کردند که آب آهک‌های کارستی شده سازند آسماری - جهرم نقش مهمی در تغذیه این آبخوان دارند و واحد گچی و مارنی سازند آجاجاری موجب تخریب کیفیت

آب این دشت شده است. آب‌های زیرزمینی از محل تغذیه تا تخلیه از داخل تشکیلات زمین شناسی عبور می نمایند بنابراین کل مواد جامد حل شد (TDS)، (Total desolved solids) و نوع یون‌ها به لیتولوژی محیط عبور آب و زمان ماندگاری دارد. معمولاً حداکثر ظرفیت انحلال برای آهک و دولومیت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر و گچ ۲۴۰۰ میلی گرم در لیتر و نمک ۳۶۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر می باشد بنابراین کل مواد جامد حل شده در محیط کربناته کمتر و در محیط حاوی کلروسدیم حداکثر خواهد بود. از طرفی کل مواد جامد بستگی به زمان ماندگاری دارد، در صورتیکه مجاری بزرگ وجود داشته باشد آب به سرعت از محیط عبور کرده و کل مواد جامد حل شده کاهش می یابد. بنابراین انتظار می‌رود که سازندهای مختلف دارای کل مواد جامد حل شده و نوع یون متفاوتی باشند (آقامحمدی‌ا قدم و همکاران ۱۳۸۴). جیانگ و یان (Jiang and Yan 2009) با مطالعه بر روی آبخوان کارستی شمال غرب یوننان (Yunnan) در چین براساس نتایج حاصل از آنالیز آب بیان کرد که یون‌های نیترات، کلر، سولفات، سدیم و پتاسیم و هدایت هیدرولیکی در آب زیرزمینی از منابعی که ارتباط نزدیکی به فعالیت‌های انسانی دارد در آب زیرزمینی زیاد می‌شوند؛ و یون‌های کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات و pH تحت تاثیر همکنش آب با سنگ در آب زیرزمینی زیاد می‌شود و کمتر تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد.

#### ۲-۴-۲- اختلاف هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی در کارست و آبرفت

ریج و همکاران (Rige et al. 1993) با مطالعه ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان کارستی و آبرفت در شمال شرقی سوئیتزرلند (Switzerland) کانادا بیان کردند که تفاوت در هیدروشیمی می‌تواند اطلاعاتی در مورد برهمکنش بین کارست و آبرفت فراهم می‌کند و در ضمن ممکن است مکانیزم نشت از مخزن کارستی را نیز روشن کند. هم‌چنین ذکر کردند که آب آبخوان کارستی املاح کمتری نسبت به آبخوان آبرفتی فوقانی دارد. و غلظت دو یون کلر و سولفات را در آب نهشته‌های آبرفتی بیشتر از آب کارست بیان کردند. کلر به خاطر استفاده در کودهای شیمیایی و در خاک‌های عمیق به علت تبخیر و یون سولفات به خاطر وجود کانی‌های سولفات (ژیپس و انیدریت) در نهشته‌های آبرفتی

پوشاننده آبخوان کارستی، دارای غلظت بالاتری بودند. رضایی و همکاران (۱۳۷۷) با تحقیقی که بر روی آب چشمه‌های کارستی تاقدیس رحمت انجام دادند، یکی از علل کاهش کیفیت در چشمه‌های کارستی را آب دشت مجاور دانستند که تحت تاثیر پدیده‌های نفوذ آب شور به داخل لایه آبدار کارستی و پدیده پخش باعث کاهش کیفیت آب کارستی شده است. لند و هاف (Land and Huff, 2000) در منطقه نیومکزیکو آمریکا برای تعیین ارتباط هیدرولیکی آبخوان کارستی نیمه محبوس که در زیر آبخوان آبرفتی و بین دو لایه گچ‌دار در بالا و سازند نمک‌دار در پایین قرار گرفته و مکانیزم نشت در آن اتفاق می‌افتاد از داده‌های آنالیز شیمیایی آب چاه‌های کشاورزی که در منطقه حفر شده بودند استفاده کرده و بیان کردند علت اینکه رابطه مستقیمی بین کلر و سدیم وجود دارد، مربوط به انحلال نمک در سازند نمک‌دار، زیر آبخوان کارستی است و همچنین رابطه مستقیمی که بین سولفات و کلسیم وجود دارد، مربوط به انحلال ژپس در سازند گچ‌دار در قسمت بالای آبخوان کارستی است. مکفرسون و سوفوکلئوس (Macpherson and Sophocleous 2003) برای تعیین ارتباط هیدرولیکی آبخوان سنگی زیرین با آبرفت فوقانی، و وجود اختلاط آب بین دو آبخوان، از داده‌های هیدروژئوشیمیایی استفاده کردند و دو یون نیتрат ( $\text{NO}_3^- \text{N}$ ) و سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) را به عنوان شاخص برای هر آبخوان بیان کرد. علت استفاده از یون نیترات برای آبخوان آبرفتی، استفاده از کود شیمیایی در منطقه برای کشاورزی و استفاده از یون سولفات به خاطر وجود کانی‌های سولفات در آبخوان سنگی زیرین می‌باشد. آنها از نسبت این دو یون در آب‌های موجود، به عنوان شاخصی برای تعیین نسبت اختلاط دو آبخوان استفاده کردند. (تولائی نژاد و همکاران، ۱۳۸۴) با مطالعه دشت ایزه بیان کردند که هیدروشمی آبخوان آبرفتی در مرز با سازند آهکی متأثر از آبخوان کارستی است. شیب هیدرولیکی از حاشیه دشت در کنار سازندهای آهکی به طرف مرکز دشت است. این نشان دهنده ارتباط هیدرولیکی این دو نوع آبخوان کارستی و آبرفتی در منطقه مورد مطالعه است. جاوید و اصغری مقدم (۱۳۸۵) برای بررسی ارتباط هیدرولیکی بین رودخانه و دشت از داده‌های آنالیز شیمیایی آب رودخانه و چاه‌های اطراف قبل و بعد از پمپاژ برای شناسایی بهتر نحوه ارتباط رودخانه با آبخوان دشت دهگلان کردستان استفاده کردند. اسمیت و هانت (Smith and Hunt 2008) برای تعیین ارتباط هیدرولیکی دو آبخوان ادوارد و ترینیتی (Edwards and Trinity) تگزاس مرکزی (Central Texas)

از داده‌های هیدروسیمیایی آب و بار هیدرولیکی استفاده کردند. برای این کار چاه‌هایی که در کل ضخامت آبخوان‌ها نفوذ کرده بودند با استفاده از آزمایش پکر به زون‌های هیدرواستراتیگرافی مشخص جدا کردند و با استفاده از دستگاه به نام (MP38)، (Westbay (Schlumberger) multiport system) که توانایی اندازه‌گیری فشار و نمونه‌برداری از زون‌های مورد نظر داشت استفاده کردند که تفاوت قابل محسوس در مقدار TDS و بار هیدرولیکی در آبخوان‌های مورد نظر، وجود ارتباط هیدرولیکی عمودی بین دو آبخوان را رد می‌کند.

با عنایت به منابع فوق‌الذکر، می‌توان این چنین اظهار نظر نمود که با استفاده از تفاوت و تشابه هیدروسیمیایی دو آبخوان که در مجاورت هم قرار گرفته‌اند می‌توان وجود یا عدم وجود ارتباط هیدرولیکی دو آبخوان را مشخص کرد. اگر دو سیستم مجاور هم در حال تبادل هیدرولیکی باشند اختلاف هیدروسیمیایی بین آنها از بین رفته و یا کمتر می‌شود و اگر تبادل یک طرفه باشد ویژگی خاصی که یکی از آنها دارد به دیگری انتقال می‌دهد و آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

## ۲-۴-۲- استفاده از شاخص اشباع

شاخص اشباع به نوع سیستم جریان، درصد خلوص سنگ کربناته، pH، دما، و منبع تغذیه آب بستگی دارد (Lindsey et al. 2009). شاخص اشباع (Saturation Index)، به عنوان نشانگر نسبت درصد اختلاط آب‌های گوناگون می‌تواند استفاده شود. آلمیدا و سیلوا (Almeida and Silva 1987) با مطالعه بر روی منطقه کامپیناده فارو (Campinade Faro) در شمال پرتغال که آبخوان آهکی زیر آبخوان آبرفتی واقع شده بود و چاه‌های حفاری شده در این منطقه به هر دو آبخوان نفوذ کرده بودند، برای شناسایی آب آبرفت از آب آهک، از اندیس اشباع استفاده کردند و بیان کردند که اندیس اشباع کلسیت آب آبخوان آبرفتی نسبت به آبخوان آهکی زیرین خیلی کمتر و آب آبخوان آهکی نسبت به کلسیت فوق اشباع است. اندیس اشباع و اندیس پایداری دو شاخص مهم در تشخیص توانایی آب‌ها برای حمله به کربنات‌ها و یا میزان اشباعیت آنها از یون کلسیم می‌باشد و هنگامی که مقادیر این اندیس‌ها به ترتیب مثبت و کمتر از شش باشد مفهومی این است که آب حاوی دی‌اکسید کربن به

سنگ کربناته حمله نموده و انحلال به وقوع پیوسته و شرایط فوق اشباع برای یون کلسیم محلول در آب بوجود آمده است (شریعت ۱۳۷۸).

ونگ و همکاران (Wang et al. 2001) برای بررسی نشت آب‌های سطحی به آبخوان کارستی لیولین (Liolin) شمال غربی چین از داده‌های هیدروشیمی استفاده کردند. و نتایج مدل ژئوشیمی توسط نرم افزار (NETPATH) نشان داد که آب نفوذ کرده به آبخوان کارستی نسبت به کانی‌های کلسیت، دولومیت و انیدریت غیر اشباع هستند. در حالی که آب آبخوان کارستی نسبت به این کانی‌ها فوق اشباع است. که این در نتیجه رقیق شدن و زمان ماندگاری کم آب سطحی نشت یافته است، معمولاً آب نشت یافته با TDS کم و یون‌های بی‌کربنات و کلسیم به عنوان یون‌های اصلی، قلمداد می‌شوند.

امیری (۱۳۸۴) با مطالعه نقش دی‌اکسیدکربن در ایجاد کارست درونی در منطقه فروچاله‌های همدان بیان کرد که با توجه به مقادیر مثبت اندیس اشباع، مقادیر کمتر از ۶ اندیس پایداری، وجود حفره‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی در سنگ بستر، قشر کربنات کلسیم در سطح کانال برخی از چاه‌ها و مقادیر خیلی بالای یون‌های بی‌کربنات و کلسیم در آب‌های منطقه نشان می‌دهد که آب‌های دی‌اکسیدکربن‌دار منطقه به سنگ بستر حمله نموده و سنگ بستر منطقه دچار انحلال شدید گردیده و ساخت درون کارست در این سنگ بستر به وجود آمده است. به نقل از لیندزی و همکاران (Lindsey et al. 2006) داده‌های وایت (White 1988) حاصل از آنالیز کیفی آب کارست کوه‌های اپالیشن (Appalachian) در شرق آمریکای شمالی نشان داد که چشمه‌ها و چاه‌هایی که دارای سیستم افشان بودند، شاخص اشباع کلسیت، در آنها به ترتیب  $(-0/24)$  و  $(-0/13)$  است که نسبت به چشمه‌های که دارای سیستم مجرای بودند و شاخص اشباع کلسیت در آنها  $(-0/89)$  بود، بالاتر است.

## ۲-۴-۳- استفاده از عناصر کمیاب

بعضی از سازندهای زمین شناسی نسبت به بعضی عناصر نادر غنی شدگی دارند که می‌تواند در شناسایی آب این سازند از سازندهای مجاور کمک زیادی بکند. لوهنیرت و پاپاکونستانتینو (Loehnert and Papakonstantinou 1988) با مطالعه ارتباط بین کارست آبرفت در کالکیدیکی (Chalkidiki) پنسلوانیا یونان با استفاده از آنالیز شیمیایی نمونه آب چاه‌های کشاورزی منطقه که در آبخوان آهکی

نفوذ کرده بودند و چاه‌های که در آبرفت حفر شده بودند استفاده کردند. آنها بیان کردند که چون غلظت یون بور در آب چاه‌های حفاری شده در آبخوان آهکی زیاد است می‌تواند در شناسایی آب کارست از آبرفت شاخص موثری باشد. اصغری مقدم و همکاران (۱۳۸۵) برای مطالعه ارتباط هیدرولوژیکی بین آبخوان‌های کارستی و بازالتی در منطقه باکو از آنالیز شیمیایی آب استفاده کردند. که در آن منطقه آب آبخوان کارستی دارای تیپ بی کربنات کلسیم – منیزیم و آبخوان بازالتی دارای تیپ بی کربنات سدیم – کلسیم است که نمونه‌های مربوط به آبخوان بازالتی دارای عنصر فلئور بودند و این عنصر به عنوان شاخص مهم در شناسایی این دو آبخوان بود چون نمونه‌های آب در آبخوان کارستی دارای تیپ آبخوان بازالتی بودند و نمونه‌های از آب در آبخوان بازالتی دارای تیپ نمونه‌های آبخوان کارستی بودند و با استفاده از این عنصر ارتباط هیدروژئولوژیکی این دو آبخوان را تأیید کردند.

## ۲-۵- استفاده از ذرات معلق موجود در آب

ماسئی و همکاران (Massei et al. 2001) جهت تعیین منشأ آب چشمه کارستی و چاه حفاری شده در آبخوان آبرفتی مجاور سازند کالکی در منطقه هاتو – نورماندی (Hatue-Normandie) فرانسه، که در این منطقه آب سطحی توسط یک فروچاله به داخل آبخوان کارستی منتقل می‌شود، علاوه بر آزمایشات ردیابی و هیدروشیمیایی، از مطالعه ذرات معلق موجود در آب نیز استفاده کردند. تیپ آب چشمه کارستی و چاه بی‌کربناته کلسیک بود که شاخص سازندهای کربناته می‌باشد. نتایجی که بر اساس آنالیز اندازه ذرات و همچنین عکس‌هایی که توسط SEM (Scanning Electron Micrograph) تهیه شده بودند، به دست آمد، نشان داد که ذرات معلق موجود در چشمه و فروچاله تفاوت با هم ندارند و آب از طریق مجراهای کارستی موجود در سازند کارستی از فروچاله به چشمه منتقل می‌شود. اما ذرات معلق موجود در چاه آبرفتی و چشمه تفاوت وجود دارد که از لحاظ اندازه ذرات موجود در چاه دارای جور شده‌گی قابل ملاحظه‌ای هستند و همچنین عکس‌های SEM نشان داد که نمونه‌های آب چاه دارای ذراتی هستند که در نمونه‌های مربوط به فروچاله و چشمه وجود ندارد و منشأ آن لایه فوقانی آبرفتی می‌باشد. این تفاوت در ذرات که از نمونه‌های آب چشمه و چاه خارج شده‌اند نشان داد

که آبی که از چاه موجود در دشت آبرفتی پمپ می‌شود، از آبخوان کارستی که توسط یک لایه با نفوذپذیری بالا در مرز بین سازند کارستی و لایه آبرفتی فوقانی وارد چاه می‌شود.

## ۲-۶- استفاده از نمودارهای زمین‌شناسی و هیدروشیمیایی

اولین کار برای تعیین ساختار یک آبخوان استفاده از نمودارهای زمین‌شناسی از منطقه مورد نظر است چون که یک دید کلی از آبخوان را بدست می‌دهد و محقق می‌داند با چه نوع محیطی سر و کار دارد آبخوان چه نوعی است آیا تحت فشار است یا آزاد، آبخوان درز و شکافدار است یا آبرفتی، و اطلاعاتی از این قبیل می‌تواند بدست آورد.

پیدلر و همکاران (Pedler et al. 1990) یک روشی ابداع کردند که با آن می‌توانستند نمودار هیدروشیمیایی سنگ بستر درز و شکاف دار را اندازه‌گیری کنند. که در این روش آب بدون یون را وارد چاه می‌کنند و آب با فشار وارد سازند شده و بعد آب را با نرخ کمی پمپاژ می‌کنند و یا به وسیله آزمایش لوژان آب اختلاط یافته را خارج می‌کنند و هنگام وارد شدن آب سازند به داخل چاه خصوصیات هیدروشیمیایی آن را با استفاده از دستگاهی که در آنجا قرار دارد اندازه‌گیری می‌کنند. با استفاده از این روش نمودار هیدروشیمیایی برای کل ضخامت چاه رسم می‌کنند. ذکر کردند که نتایج حاصل از این روش با نتایج حاصل از آزمایش پکر که برای هر قسمت باید پکر تست جداگانه‌ای انجام شود انطباق خوبی را نشان داد. شورچ و ووتاز (Schurch and Vuataz 2002) با استفاده از دستگاه تجزیه کیفی آب به نام TURO T-611 که توسط (Turo Technology 1996) طراحی شده و دارای ۶ نشانگر دما، هدایت الکتریکی (EC)، اکسیژن محلول (DO)، پتانسیل احیا pH (Eh) و کدورت است توانستند نمودار هیدروشیمیایی برای کل عمق چاه رسم کنند که این نمودار هیدروشیمیایی با نمودار زمین‌شناسی انطباق داشت. یعنی با تفاوت در نمودار زمین‌شناسی نمودار هیدروشیمیایی هم تغییر می‌کرد. با استفاده از این تفاوت هیدروشیمیایی و زمین‌شناسی این امکان وجود دارد که بتوان بیان کرد چه لایه‌هایی در آبدهی یک چاه تاثیر دارند و تاثیر هر کدام بر روی کیفیت آب چگونه است و این تفاوت کیفیت عدم وجود ارتباط هیدرولیکی بین لایه‌های مختلف را اثبات می‌کند.

کاندسو دی ملو و همکاران (Condesso de Melo *et al.* 2003) با مطالعه آبخوان ساحلی آویرو کرتاسوس (Aveiro Cretaceous) آمریکا که این آبخوان از لایه‌های زمین شناسی متفاوت تشکیل شده بودند برای بیان اینکه کدام لایه باعث کاهش کیفیت آب چاه‌های حفر شده در آبخوان می‌شود اول چند تا از چاه‌های منطقه انتخاب کردند و برای آن چاه‌ها نمودار زمین شناسی رسم کردند که موقعیت دقیق سازندهای زمین شناسی مشخص شود. بعد با استفاده از دستگاه نمونه برداری آب (Comprobe) از قسمت‌های بالای لایه‌ها و یا از وسط قسمت‌های مشخص شده نمونه برداری کردند. نمونه‌ها را مورد آنالیز شیمیایی قرار دادند و کیفیت آب هر کدام از سازندها مشخص شد. چون کیفیت آب پمپاژ شده از چاه‌ها به کیفیت یکی از لایه‌ها خیلی نزدیک بود بیان کردند که این لایه در آبدی چاه‌های منطقه نقش بسیاری دارد. شورچ و باکلی (Schürch and Buckley 2002) با مطالعه بر روی آبخوان کالکی (Chalk)، بریشر (Berkshire)، ایالت پادشاهی متحد (United Kingdom) برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی آبخوان کالکی از نمودارهای هیدروشیمیایی و ژئوفیزیکی استفاده کردند و بیان کردند که ترکیب نمودارهای چاه‌پیمایی سیال (هدایت الکتریکی و دما) و جریان‌سنج و تصاویر اسکن شده از دیواره چاه، یک روش قدرتمندی برای آزمایش افق جریان داخل چاه فراهم می‌کند و همچنین با استفاده از این روش بیان کردند که در این آبخوان کالکی حرکت آب زیرزمینی تنها از طول قسمت‌های محدودی از لایه سخت و جابهایی که گسیختگی وجود دارد، جریان می‌یابد. فیروزه و اصغری مقدم (۱۳۸۵) برای تأیید وجود دره مدفون در دشت هادی‌شهر از نمودارهای حفاری پیزومترها در اطراف ناپیوستگی از نزدیکترین پیزومتر به موقعیت گسل استفاده کردند. درستون زمین شناسی مربوط به این پیزومتر از عمق ۲۵ متر تا انتهای عمق ۱۲۰ متری گمانه قلوه سنگ خرد شده وجود دارد در حالیکه در پیزومترهایی که از ناپیوستگی فاصله داشتند، قلوه سنگ‌ها فاقد خردشدگی بودند. ساسکی و همکاران (Suski *et al.* 2008) برای تعیین شکستگی‌های فعال هیدرولیکی در آبخوان کربناته، از دستگاهی به نام مونت سوپریز (Mount Sopris) که دارای تجهیزات چاه‌پیمایی از قبیل پتانسیل خودزا، دما و هدایت الکتریکی بود استفاده کردند و با توجه به نمودار زمین‌شناسی، سنگ آهک در ۴۰ متری زیر آبرفت واقع شده است و سطح آب در ۶/۲ متری زیر سطح زمین در داخل چاه بود. نتایج نمودار حاصل از هدایت هیدرولیکی و دما، مرز این دو آبخوان را به خوبی

مشخص می‌کند. تغییرات هدایت الکتریکی در مرز این دو آبخوان قابل توجه بود زیرا در عمق ۴۰ متری ۰/۱۱ زیمنس بر متر بود در حالی که در زیر ۴۰ متری به ۰/۲۲ زیمنس بر متر می‌رسد. که این اعداد نشان دهنده جدا بودن منشاء آب این دو نوع آبخوان است. با توجه به اینکه قسمت آبرفتی چاه اسکرین گذاری شده بود از پتانسیل خودزا در این قسمت استفاده نشد. نتایج آنها نشان داد که با استفاده از موارد ذکر شده در بالا می‌توان شکستگی‌های فعال هیدرولیکی را مشخص کرد و بیان کرد که در کدام قسمت آب وارد چاه می‌شود و در کجا از آن خارج می‌شود.

## فصل سوم: داده‌ها و روش انجام کار

### ۳-۱- مقدمه

برای نیل به اهداف این تحقیق که در فصل اول به آن اشاره شد از چاه‌های کشاورزی و اکتشافی منطقه، که داده‌های آزمایش پمپاژ و نمودارهای زمین‌شناسی قابل اعتمادتری داشتند. برای دشت ذهاب ۱۶ حلقه چاه پمپاژ و برای دشت اسلام آباد غرب ۱۳ حلقه چاه، انتخاب شد که با استفاده از اطلاعات آنها خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌ها در بخش آبرفتی و بخش کارستی برآورد شود. از آب ۱۳ حلقه چاه از دشت ذهاب و ۱۲ حلقه چاه برای مطالعات کیفی آب، نمونه برداری شده و پس از آنالیز شیمیایی داده‌های آنها مورد تجزیه تحلیل قرار خواهد گرفت.

در این فصل مراحل کار که جهت مطالعه ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های آبرفتی و آبخوان‌های کارستی موجود در زیر آنها در منطقه دشت ذهاب و اسلام آباد غرب انجام شده است به طور مختصر ارائه می‌شود. به طور کلی مراحل تحقیق به شرح ذیل می‌باشد.

- جمع آوری اطلاعات و آمار و نقشه‌های منطقه مورد مطالعه
- کارهایی که در عملیات صحرایی انجام شد
- آنالیزهایی که در آزمایشگاه انجام شد

### ۳-۲- جمع آوری آمار و اطلاعات و نقشه‌های مناطق مورد مطالعه

به منظور بررسی ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های آبرفتی و آبخوان‌های کارستی موجود در زیر آن در

منطقه دشت ذهاب به اطلاعات و آمار پایه نیاز بود که از اساسی‌ترین این اطلاعات نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی می‌باشد. برای این منظور از نقشه زمین‌شناسی و نقشه توپوگراف به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ قصر شیرین برای منطقه دشت ذهاب و از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ ایلام - کوه‌دشت و کرمانشاه برای دشت اسلام آباد غرب استفاده شد. همچنین داده‌های آزمایش پمپاژ و نمودار زمین‌شناسی چاه‌ها از آب منطقه‌ای کرمانشاه دریافت و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از ارزیابی نتایج آزمایش پمپاژ و نمودارهای زمین‌شناسی چاه‌ها، تعدادی از چاه‌های موجود در دشت‌های مذکور برای نمونه‌برداری و بررسی‌های هیدروشیمیایی انتخاب شدند.

### ۳-۲- داده‌های آزمایش پمپاژ مورد استفاده

به طور کلی در دشت‌های مورد مطالعه دو گروه آزمایش پمپاژ انجام شده است که این دو گروه شامل آزمایش پمپاژ با دبی ثابت و آزمایش افت پله‌ای می‌باشد. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه دشت اسلام آباد غرب فاقد آزمایش پمپاژ با دبی ثابت است در اینجا تنها از نتایج آزمایش افت پله‌ای استفاده شده است. داده‌های هر دشت به طور جداگانه معرفی می‌شوند.

#### ۳-۲-۱- داده‌های آزمایش پمپاژ دشت ذهاب

##### الف- داده‌های آزمایش پمپاژ با دبی ثابت

به منظور برآورد ضرائب هیدرودینامیکی (قابلیت انتقال و ضریب ذخیره) آبخوان آب زیرزمینی، محاسبه دبی ویژه و افت ویژه در دشت ذهاب از ۶ حلقه چاه پمپاژ استفاده شده است. که اطلاعات مربوط به این چاه‌ها در جدول (۳-۱) ارائه شده است.

همان طور که از جدول (۳-۱) قابل تشخیص است زمان پمپاژ در چاه‌های مذکور از ۱۴۰ تا ۱۴۴۰ دقیقه و دبی پمپاژ از ۱۳/۶ تا ۴۲ لیتر در ثانیه متغیر بوده است. همچنین ملاحظه می‌شود چاه‌های پمپاژ در آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی - کارستی واقع شده‌اند.

## فصل سوم: داده‌ها و روش انجام کار

جدول ۳-۱- اطلاعات چاه‌های آزمایش پمپاژ دبی ثابت (دشت ذهاب) (برگرفته از اطلاعات آب منطقه‌ای کرمانشاه)

| موقعیت چاه  | مالک چاه    | نوع آبخوان    | دبی پمپاژ (lit/s) | فاصله زمانی (min) | فاصله از چاه پمپاژ (m) | عمق چاه (m) |
|-------------|-------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------|
| تپانی       | آب منطقه‌ای | آبرفتی        | ۴۲                | ۱۴۴۰              | ۰/۱۵                   | ۸۲/۴        |
|             |             |               |                   |                   | ۱۵                     |             |
| انوشیروان   | "           | آبرفتی        | ۳۱/۴              | ۱۴۴۰              | ۰/۱۵                   | ۶۱/۴        |
|             |             |               |                   |                   | ۱۵                     |             |
| تپه ماران   | "           | آبرفتی        | ۲۲                | ۱۴۴۰              | ۰/۱۵                   | ۹۵          |
|             |             |               |                   |                   | ۱۵                     |             |
| تپه داراخان | "           | آبرفتی        | ۱۳/۶              | ۱۴۴۰              | ۰/۱۵                   | ۶۴          |
| سرآب ذهاب   | سلمان مهدوی | آبرفتی - آهکی | ۲۵/۲۶             | ۷۸۰               | ۰/۱۵                   | ۸۰          |
| سرآب ذهاب   | قنبری       | آبرفتی        | ۷/۵               | ۱۴۰               | ۰/۱۵                   | ۹۰          |

### ب- داده‌های آزمایش افت پله‌ای

در دشت ذهاب علاوه بر آزمایش‌های پمپاژ با دبی ثابت، تعداد ۱۵ آزمایش افت پله‌ای انجام شده است. از اطلاعات مربوط به این چاه‌ها برای برآورد ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان، محاسبه دبی ویژه و افت ویژه استفاده شده است. اطلاعات مربوط به افت پله‌ای در جدول (۳-۲) ارائه شده است.

جدول ۳-۲- اطلاعات چاه‌های آزمایش افت پله‌ای (دشت ذهاب) (برگرفته از اطلاعات آب منطقه‌ای کرمانشاه)

| موقعیت چاه      | مالک چاه        | نوع آبخوان    | تعداد پله | دبی پمپاژ (lit/s) | فاصله زمانی (min) | فاصله از چاه پمپاژ (m) | عمق چاه (m) |
|-----------------|-----------------|---------------|-----------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------|
| کلاره سه پلکان  | وسیداد داوودیان | آبرفتی        | ۱         | ۱۲/۳۱             | ۰-۸۳              | ۰/۱۵                   | ۸۰          |
|                 |                 |               | ۲         | ۱۳/۶۱             | ۸۳-۱۶۳            |                        |             |
|                 |                 |               | ۳         | ۱۴/۳۷             | ۱۶۳-۲۴۸           |                        |             |
| سرآب ذهاب       | سلمان مهدوی     | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۲۴/۷۹             | ۰-۹۰              | ۱۵                     | ۸۰          |
|                 |                 |               | ۲         | ۳۲/۰۸             | ۹۰-۱۸۰            |                        |             |
|                 |                 |               | ۳         | ۴۰/۱۰             | ۱۸۰-۳۶۰           |                        |             |
|                 |                 |               | ۴         | ۴۵/۲              | ۳۶۰-۴۵۰           |                        |             |
| کلاشی عبدالقادر | حسین خان قنبری  | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۱۶/۶۷             | ۰-۱۲۰             | ۰/۱۵                   | ۷۱          |
|                 |                 |               | ۲         | ۲۰/۹۷             | ۱۲۰-۲۴۰           |                        |             |
|                 |                 |               | ۳         | ۲۲/۱۴             | ۲۴۰-۳۰۰           |                        |             |
| کلاشی عبدالقادر | خداداد نظری     | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۱۵/۴۷             | ۰-۱۱۴             | ۰/۱۵                   | ۵۴          |
|                 |                 |               | ۲         | ۱۶/۶۵             | ۱۱۴-۲۲۴           |                        |             |

## فصل سوم: داده‌ها و روش انجام کار

ادامه جدول ۳-۲- اطلاعات چاه‌های آزمایش افت پله‌ای (دشت ذهاب) (برگرفته از اطلاعات آب منطقه‌ای کرمانشاه)

| موقعیت چاه    | مالک چاه            | نوع آبخوان    | تعداد پله | دبی پمپاژ )<br>lit/s( | فاصله زمانی<br>)min( | فاصله از چاه<br>)m(پمپاژ ) | m(عمق چاه ) |
|---------------|---------------------|---------------|-----------|-----------------------|----------------------|----------------------------|-------------|
| قلخانک طوطیا  | بیگمردی             | آبرفتی        | ۱         | ۳/۴۵                  | ۰-۱۲۰                | ۰/۱۵                       | ۸۴          |
|               |                     |               | ۲         | ۳/۷۰                  | ۱۲۰-۱۵۰              |                            |             |
| انوشیروان     | محمد نیری           | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۲۰/۸۸                 | ۰-۱۰۰                | ۰/۱۵                       | ۹۰          |
|               |                     |               | ۲         | ۲۸/۸۰                 | ۱۰۰-۲۶۰              |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۳۷/۴۴                 | ۲۶۰-۳۶۰              |                            |             |
|               |                     |               | ۴         | ۴۲/۴۸                 | ۳۶۰-۴۵۷              |                            |             |
| تپانی         | کریم صفری           | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۲۱/۸۷                 | ۰-۱۲۰                | ۰/۱۵                       | ۱۰۲         |
|               |                     |               | ۲         | ۲۴/۷۹                 | ۱۲۰-۲۴۰              |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۳۰/۶۲                 | ۲۴۰-۳۶۰              |                            |             |
|               |                     |               | ۴         | ۳۶/۴۵                 | ۳۶۰-۴۵۰              |                            |             |
| انوشیروان     | حبیب قدرتی          | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۲۳/۳                  | ۰-۱۲۰                | ۰/۱۵                       | ۹۰          |
|               |                     |               | ۲         | ۲۶/۹۷                 | ۱۲۰-۲۴۰              |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۳۴/۲۷                 | ۲۴۰-۳۶۰              |                            |             |
|               |                     |               | ۴         | ۴۱/۵۶                 | ۳۶۰-۴۸۰              |                            |             |
| کوئیک غریب    | قدرت ا..<br>کشتمند  | آبرفتی        | ۱         | ۱۶/۵۲                 | ۰-۱۰۶                | ۰/۱۵                       | ۹۷/۷۵       |
|               |                     |               | ۲         | ۱۷/۰۱                 | ۱۰۶-۲۱۶              |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۱۷/۰۱                 | ۲۱۶-۳۱۶              |                            |             |
| سراب ذهاب     | عزیز کیاست          | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۲۹/۱۶                 | ۰-۱۰۵                | ۰/۱۵                       | ۹۰          |
|               |                     |               | ۲         | ۳۵                    | ۱۰۵-۲۲۵              |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۴۶/۴۱                 | ۲۲۵-۳۴۵              |                            |             |
|               |                     |               | ۴         | ۵۰/۳۱                 | ۳۴۵-۴۶۵              |                            |             |
| نوشیروان      | جبار تجری           | آبرفتی آهکی   | ۱         | ۲۵/۹۲                 | ۰-۱۲۰                | ۰/۱۵                       | ۱۰۰         |
|               |                     |               | ۲         | ۳۳/۸۴                 | ۱۲۰-۲۴۷              |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۴۵/۷۲                 | ۲۴۷-۳۳۰              |                            |             |
|               | پالانی جافی         | آبرفتی        | ۱         | ۱۱/۴                  | ۰-۱۰۵                | ۰/۱۵                       | ۹۰          |
|               |                     |               | ۲         | ۱۲/۴                  | ۱۰۵-۱۴۵              |                            |             |
| تایشه‌ای      | رحیم رحمانی<br>زاده | آبرفتی        | ۱         | ۵/۲۸                  | ۰-۹۷                 | ۰/۱۵                       | ۱۰۰         |
|               |                     |               | ۲         | ۶/۱۹                  | ۹۷-۱۹۲               |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۶/۴۸                  | ۱۹۲-۲۹۷              |                            |             |
| تپانی         | عظیم صفری           | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۳۴/۲۷                 | ۰-۱۲۰                | ۰/۱۵                       | ۸۴          |
|               |                     |               | ۲         | ۴۳/۷۵                 | ۱۲۰-۲۴۰              |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۵۳/۲                  | ۲۴۰-۳۶۰              |                            |             |
|               |                     |               | ۴         | ۶۴/۸۹                 | ۳۶۰-۴۵۰              |                            |             |
| ورکوک         | کاکابرا عبدی        | آبرفتی - آهکی | ۱         | ۲۹/۵۲                 | ۰-۷۵                 | ۰/۱۵                       | ۳۸          |
|               |                     |               | ۲         | ۳۴/۵۶                 | ۷۵-۱۴۵               |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۳۹/۶                  | ۱۴۵-۲۲۵              |                            |             |
| قلمه تایشه‌ای | رشید ثنایی          | آبرفتی        | ۱         | ۴/۶۸                  | ۰-۹۴                 | ۰/۱۵                       | ۹۶          |
|               |                     |               | ۲         | ۴/۶۸                  | ۹۴-۱۷۹               |                            |             |
|               |                     |               | ۳         | ۴/۶۸                  | ۱۷۹-۲۷۴              |                            |             |

با توجه به اطلاعات جدول (۳-۱) در دشت ذهاب ۶ سری اعداد آزمایش افت پله‌ای در بخش آبرفتی و ۸ سری آزمایش پمپاژ در بخش آبرفتی و آهکی انجام شده است و هم چنین تعداد پله‌ها از ۲ تا ۴ متغیر است.

### ۳-۲-۲- داده‌های آزمایش پمپاژ دشت اسلام آباد غرب

#### الف- داده‌های آزمایش پمپاژ دبی ثابت

همان طور که قبلاً هم اشاره شده در دشت اسلام آباد غرب داده‌های آزمایش پمپاژ با دبی ثابت وجود ندارد.

#### ب- داده‌های آزمایش افت پله‌ای

در دشت اسلام آباد غرب از ۱۳ سری داده آزمایش افت پله‌ای استفاده شده است. از اطلاعات مربوط به این چاه‌ها برای برآورد ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان، محاسبه دبی ویژه و افت ویژه استفاده شده است. اطلاعات مربوط به افت پله‌ای در جدول (۳-۳) ارائه شده است.

جدول ۳-۳- اطلاعات چاه‌های آزمایش افت پله‌ای (دشت اسلام آباد غرب) برگرفته از آمار آب منطقه‌ای کرمانشاه

| موقعیت چاه     | مالک چاه        | نوع آبخوان | تعداد پله | دبی پمپاژ (lit/s) | فاصله زمانی (min) | فاصله از چاه (m)<br>پمپاژ (m) | عمق چاه (m) |
|----------------|-----------------|------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------|
| چقاکل          | کیخسرو اسمائیلی | آبرفتی     | ۱         | ۲۵/۵۲             | ۰-۸۰              | ۰/۱۵                          | ۱۳۰         |
|                |                 |            | ۲         | ۲۹/۱۶             | ۸۰-۱۷۰            |                               |             |
|                |                 |            | ۳         | ۳۳/۵۴             | ۱۷۰-۲۵۰           |                               |             |
|                |                 |            | ۴         | ۳۷/۹۱             | ۲۵۰-۳۴۰           |                               |             |
| چقازرد         | اسد مارگیرانی   | آبرفتی     | ۱         | ۸/۴۶              | ۰-۷۵              | ۰/۱۵                          | ۱۰۰         |
|                |                 |            | ۲         | ۲۰/۸۵             | ۷۵-۱۵۵            |                               |             |
|                |                 |            | ۳         | ۲۷/۴۲             | ۱۵۵-۲۳۰           |                               |             |
| سیاه سیاه شیخه | ملکی            | آبرفتی     | ۱         | ۲۲/۶۰             | ۰-۸۰              | ۰/۱۵                          | ۸۰          |
|                |                 |            | ۲         | ۲۹/۱۷             | ۸۰-۱۵۵            |                               |             |
|                |                 |            | ۳         | ۳۵                | ۱۵۵-۲۴۰           |                               |             |
|                |                 |            | ۴         | ۴۰/۱۰             | ۲۴۰-۳۰۵           |                               |             |
| علی آباد       | جواد احمدی      | آبرفتی     | ۱         | ۴۱/۵۶             | ۰-۷۰              | ۰/۱۵                          | ۷۰          |
|                |                 |            | ۲         | ۴۷/۳۹             | ۷۰-۱۴۰            |                               |             |
|                |                 |            | ۳         | ۵۸/۲۳             | ۱۴۰-۲۲۰           |                               |             |
|                |                 |            | ۴         | ۵۸/۳۳             | ۲۲۰-۲۸۰           |                               |             |

## فصل سوم: داده‌ها و روش انجام کار

جدول ۳-۳- اطلاعات چاه‌های آزمایش افت پله‌ای (دشت اسلام آباد غرب) (برگرفته از آمار آب منطقه‌ای کرمانشاه)

| موقعیت چاه        | مالک چاه          | نوع آبخوان | تعداد پله | دبی پمپاژ )<br>lit/s( | فاصله زمانی<br>)min( | فاصله از چاه<br>پمپاژ (m) | عمق چاه (m) |
|-------------------|-------------------|------------|-----------|-----------------------|----------------------|---------------------------|-------------|
| مومه‌ای           | عباس اقبالی       | آبرفتی     | ۱         | ۲۱/۸۷                 | ۰-۸۰                 | ۰/۱۵                      | ۱۲۰         |
|                   |                   |            | ۲         | ۲۵/۵۲                 | ۸۰-۱۶۰               |                           |             |
|                   |                   |            | ۳         | ۲۸/۴۳                 | ۱۶۰-۲۴۰              |                           |             |
|                   |                   |            | ۴         | ۳۲/۰۸                 | ۲۴۰-۳۳۰              |                           |             |
| سیاه سیاه<br>حبیب | ابراهیم محمدی     | آبرفتی     | ۱         | ۲۳/۳۲                 | ۰-۸۵                 | ۰/۱۵                      | ۱۲۰         |
|                   |                   |            | ۲         | ۲۹/۱۷                 | ۸۵-۲۰۵               |                           |             |
|                   |                   |            | ۳         | ۳۳/۲۵                 | ۲۰۵-۲۱۵              |                           |             |
| چقاکل             | مراد اسدی         | آبرفتی     | ۱         | ۲۹/۱۶                 | ۰-۹۰                 | ۰/۱۵                      | ۱۵۰         |
|                   |                   |            | ۲         | ۳۵                    | ۹۰-۱۸۰               |                           |             |
|                   |                   |            | ۳         | ۳۹/۳۷                 | ۱۸۰-۳۵۰              |                           |             |
|                   |                   |            | ۴         | ۴۳/۷۵                 | ۳۵۰-۴۳۰              |                           |             |
| چقاکل             | سهراب اسدی<br>منش | آبرفتی     | ۱         | ۲۱/۸۷                 | ۰-۸۰                 | ۰/۱۵                      | ۱۴۵         |
|                   |                   |            | ۲         | ۲۶/۲۵                 | ۸۰-۱۵۵               |                           |             |
|                   |                   |            | ۳         | ۳۱/۳۵                 | ۱۵۵-۲۴۰              |                           |             |
|                   |                   |            | ۴         | ۳۹/۳۷                 | ۲۴۰-۳۱۰              |                           |             |
| هرگه بره سیمین    | علی کیانی         | آبرفتی     | ۱         | ۲۴                    | ۰-۹۰                 | ۰/۱۵                      | ۱۴۰         |
|                   |                   |            | ۲         | ۲۹/۹۰                 | ۹۰-۱۷۰               |                           |             |
|                   |                   |            | ۳         | ۳۵                    | ۱۷۰-۲۴۵              |                           |             |
|                   |                   |            | ۴         | ۴۱/۵۶                 | ۲۴۵-۳۳۰              |                           |             |
| چقاچگاه سفلی      | محمد منصوری       | آبرفتی     | ۱         | ۲۱/۸۷                 | ۰-۹۰                 | ۰/۱۵                      | ۸۰          |
|                   |                   |            | ۲         | ۲۵/۰۸                 | ۹۰-۱۵                |                           |             |
| لر                | مصطفی مرادی       | آبرفتی     | ۱         | ۱۲/۲۵                 | ۰-۱۲۰                | ۰/۱۵                      | ۱۲۰         |
| جاف بره سیمین     | علی خان مرادی     | آبرفتی     | ۱         | ۱۰/۲                  | ۰-۱۵                 | ۰/۱۵                      | ۱۴۰         |
| هگزاره            | فلاح پیشه         | آبرفتی     | ۱         | ۷/۷۷                  | ۰-۶۰                 | ۰/۱۵                      | ۱۰۰         |

با توجه به اطلاعات جدول (۳-۳) در دشت اسلام آباد غرب ۳ سری آزمایش افت پله‌ای در بخش آبرفتی و ۱۰ سری در بخش آبرفتی - آهکی انجام شده است و همچنین تعداد پله‌ها از ۱ تا ۴ متغیر می‌باشد.

### ۳-۳- آماده سازی داده‌های آزمایش پمپاژ

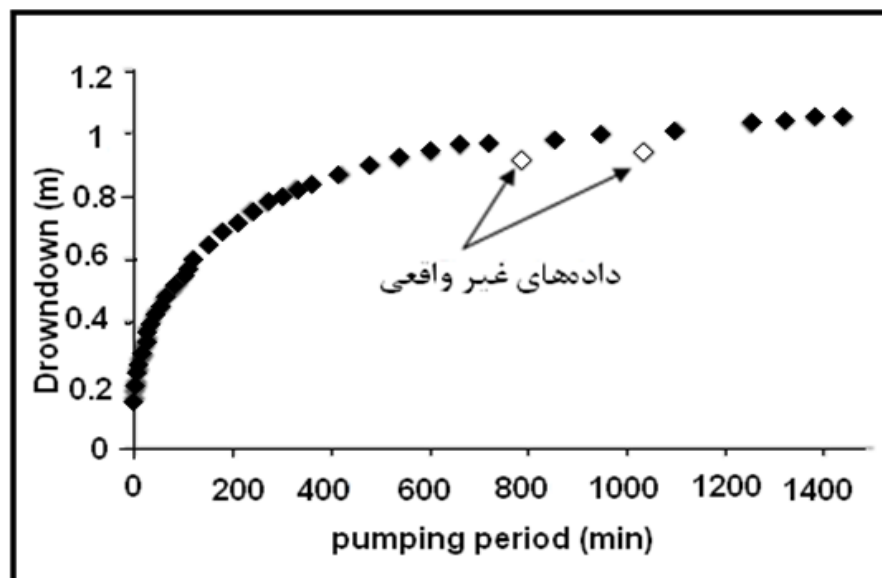
قبل از آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ، باید این داده‌ها را آماده‌سازی نمود. مهمترین مراحل آماده‌سازی داده‌ها شامل تبدیل داده‌ها، حذف داده‌های نامناسب (غیر واقعی) و حذف اثر ذخیره داخل چاه می‌باشد.

#### ۳-۳-۱- تبدیل داده‌ها

داده‌های سطح آب و دبی پمپاژ که در طول آزمایشات پمپاژ جمع آوری شده‌اند، باید به واحدهای مناسب تبدیل شوند. باید متذکر شد که برای بکارگیری روش‌های گوناگون برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ معمولاً از واحدهای یکسانی استفاده نمی‌شود، بنابراین قبل از استفاده با روش‌های مختلف باید داده‌ها را به واحدهای مناسبی تبدیل کرد.

#### ۳-۳-۲- حذف داده‌های غیر واقعی

در نمودارهای افت - زمان مربوط به چاه‌های پمپاژ، مشاهده‌ای و یا پیزومتری می‌توان نقاط یا دسته داده‌هایی را مشاهده نمود که حالت غیر واقعی دارند (برای مثال شکل ۳-۱). اغلب این داده‌های غیر واقعی یک حالت برگشت در افت، به معنی بالا آمدن سطح آب، را نشان می‌دهند. چنین خطاهایی باعث خطا در تخمین پارامترهای آبخوان می‌شوند و در صورت انحراف زیادشان نسبت به داده‌های معمولی خطای قابل توجهی را ایجاد می‌کنند. بنابراین چنین نقاط مشکل‌ساز از داده‌های اصلی حذف می‌شوند. علاوه بر این، بعضی از دسته داده‌های آزمایش بلند مدت می‌توانند تحت تأثیر بارندگی در منطقه و یا حتی به دلیل نفوذ آب پمپاژی به داخل زمین (به خاطر این که کانال انتقال آب قبل از شعاع تأثیر چاه پمپاژی بوده باشد) قرار گیرند و بالا آمدگی قابل توجهی را در سطح آب نشان دهند. در چنین شرایطی این بخش از داده‌ها که تحت تأثیر نفوذ آب به داخل زمین قرار گرفته‌اند باید حذف شوند.



شکل ۳-۱ داده‌های غیر واقعی مربوط به چاه پمپاژ

### ۳-۳-۳ حذف اثر ذخیره داخل چاه

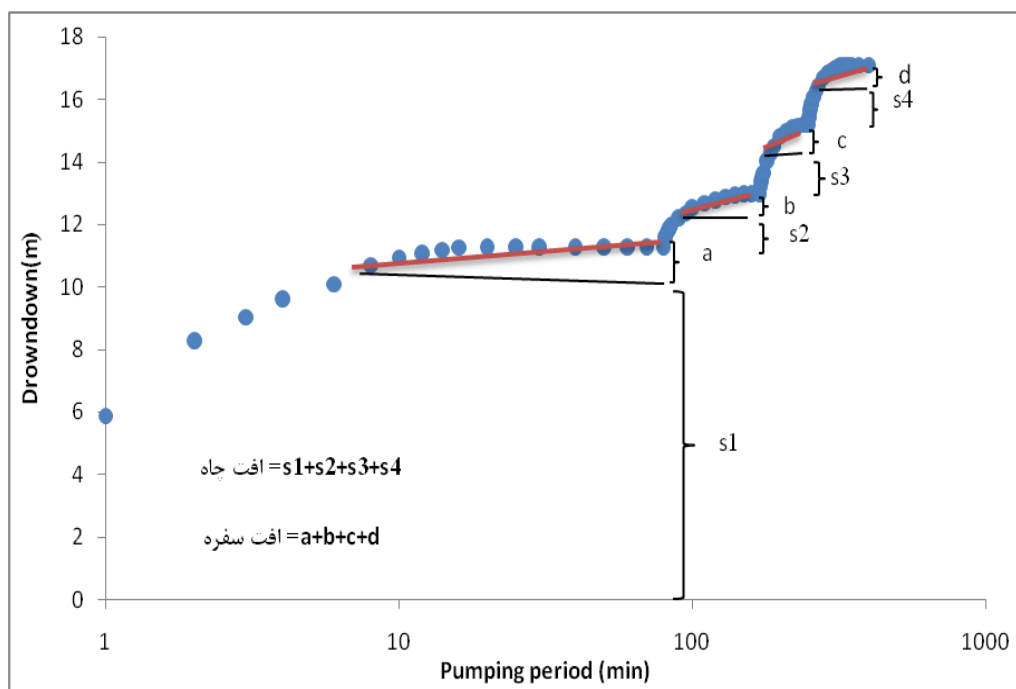
با توجه به این که روش‌های استاندارد آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ با فرض اینکه ذخیره داخل چاه ناچیز می‌باشد، انجام می‌پذیرد در مورد چاه‌های با قطر زیاد (دهانه گشاد) مقدار ذخیره داخل چاه حائز اهمیت بوده و بر مقدار افت تأثیر می‌گذارد. قطر چاه‌های پمپاژ در این تحقیق زیاد نبوده، اما برای حذف اثر ذخیره چاه و احتیاط لازم، داده‌های افت اولیه کنار گذاشته می‌شوند. با توجه به میزان دبی پمپاژ، داده‌های افت مربوط به ۱ الی ۱۰ دقیقه اول آزمایش حذف می‌شوند (هر قدر دبی پمپاژ بیشتر باشد نقش ذخیره داخل چاه کم اهمیت‌تر می‌شود، بنابراین با حذف مدت کوتاه‌تری از داده‌ها می‌توان از اثر ذخیره داخل چاه دوری جست).

### ۳-۳-۳ تصحیح داده‌های آزمایش پمپاژ

#### ۳-۳-۳-۱ تصحیح اثر افت چاه

از مجموع داده‌های آزمایش پمپاژ دست آمده، می‌توان مشاهده نمود که بخش قابل توجهی از کل افت مربوط به افت چاه می‌باشد. مقدار افت چاه به پارامترهای زیادی وابسته است که مهمترین آنها

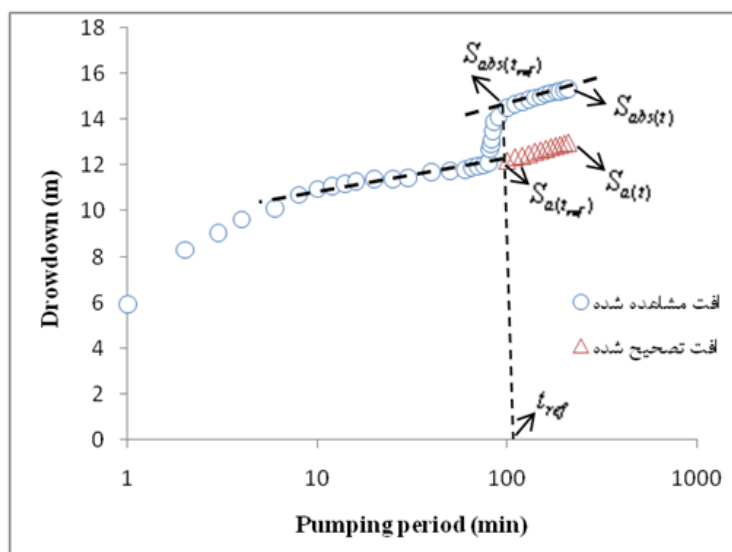
مربوط به صافی شنی، لوله جدار (افت شبکه)، و همچنین دبی پمپاژ می‌باشد. از آنجایی که این پارامترها در چاه‌های مختلف متفاوت می‌باشند، مقدار افت در چاه‌های مختلف یکسان نیست. کرمی و یانگر (Karami and Younger 2002) روشی را برای مشخص کردن افت چاه از افت آبخوان هم در آزمایشات پمپاژ با دبی ثابت و هم در افت پله‌ای ارائه نموده‌اند. در این جا روش افت پله‌ای شرح داده می‌شود. روش انجام کار به این صورت است که در آزمایشات افت پله‌ای ابتدا داده‌های افت در مقابل زمان بر روی یک کاغذ نیمه لگاریتمی (زمان بر روی محور لگاریتمی) ترسیم می‌شوند، به دلیل آنکه چنین آزمایشاتی چندین پله را شامل می‌شوند، در هر پله نقطه ثابت شدن افت را مشخص نموده و افت چاه و افت آبخوان را در پله جداگانه بدست می‌آوریم. شکل (۲-۳) به طور مثال روش ارائه شده جهت جدا کردن افت چاه از افت آبخوان در آزمایش افت پله‌ای نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۲-۳) ملاحظه می‌شود که افت کل چاه از مجموع افت چاه مربوط به هر پله و افت آبخوان نیز از مجموع افت آبخوان مربوط به هر پله به دست می‌آیند.



شکل ۲-۳- روش ارائه شده جهت جدا کردن افت چاه از افت آبخوان در آزمایش افت پله‌ای  
(Karami and Younger 2002)

### ۳-۳-۲- تصحیح دبی مربوطه

کرمی و یانگر (Karami and Younger 2002) بیان کردند که در عمل در تعدادی اندک از آزمایشات پمپاژ، دبی پمپاژ با تغییر زمان ثابت می‌ماند. اما در بیشتر آزمایشات پمپاژ، دبی پمپاژ با زمان تغییر می‌کند که عمدتاً ناشی از تغییرات غیر قابل پیش بینی در نحوه کار پمپ می‌باشد. اگر اثرات مربوط به دبی متغیر پمپاژ تصحیح نشود، بسته به میزان تغییرات دبی پمپاژ، پارامترهای آبخوان شامل درصدی از خطا خواهد شد. یک روش ساده برای جبران این تغییرات، تصحیح داده‌های آزمایش پمپاژ می‌باشد. به منظور تصحیح اثر دبی متغیر در داده‌های پمپاژ از معادله‌ی (۱-۳) که توسط کرمی و یانگر (Karami and Younger 2002) برای همگن سازی داده‌های آزمایش پمپاژ ارائه کرده‌اند، استفاده شده است. شکل (۳-۳) پارامترهای کلیدی بکار برده شده در این معادله را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳- پارامترهای کلیدی بکار برده شده در معادله ۱-۳ (Karami and Younger 2002)

$$S_{a(t)} = \frac{[s_{obs(t)} - s_{obs(t_{ref})}]}{Q_{obs}/Q_{ref}} + S_{a(t_{ref})} \quad 1-3$$

که در آن:

$$S_{a(t)} = \text{افت تصحیح شده در زمان } t \quad S_{obs(t)} = \text{افت مشاهده شده در زمان } t$$

$$S_{obs(t_{ref})} = \text{افت مشاهده شده در زمان } t_{ref} \quad S_{a(t_{ref})} = \text{افت تصحیح شده در زمان } t_{ref}$$

$$t_{ref} = \text{شروع تثبیت شدن افت در هر پله} \quad Q_{obs} = \text{میزان پمپاژ مشاهده شده}$$

$$Q_{ref} = \text{میزان پمپاژ اولیه}$$

### ۳-۴- نرم افزار مورد استفاده

به منظور برآورد قابلیت انتقال و ضریب ذخیره در مناطق مورد مطالعه، از روش‌های مختلف آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ استفاده شده است. مهمترین روش‌های کاربردی شامل روش‌های تایس (Theis, 1935) روش کوپر – ژاکوب (Copper and Jacob 1947) می‌باشند و در تفسیر داده‌های پله‌ای از روش ایدن – هیزل (Eden and Hazel 1973) استفاده شده است. به منظور کاربرد این روش‌ها از نرم افزار  $Aquifer^{win32}$  استفاده شده است. این نرم افزار به عنوان یک نرم افزار استاندارد، توسط EA (Environmental Agency) کشور انگلستان تهیه شده است. تعیین خصوصیات مختلف از جمله آبخوان‌های درز و شکاف دار (سنگ آهک) با استفاده از این نرم افزار به ساده‌گی امکان پذیر است. این نرم افزار به ویژه برای روش‌هایی که دارای تعداد زیادی منحنی مرجع هستند (برای مثال روش Neuman 1972) کارائی بالایی دارد. به این ترتیب که می‌توان تعداد نامحدودی منحنی مرجع در این قبیل موارد ایجاد نمود و در نتیجه مناسبترین منحنی مرجع را انتخاب کرد (سبزواری ۱۳۸۶).

### ۳-۵- روش‌های آنالیز آزمایشات پمپاژ

#### ۳-۵-۱- روش تایس

این روش به عنوان اولین روش برای راه حل تحلیلی جریان ناپایدار بیان شده است. تایس (Thies) 1935 از تشابه میان جریان آب زیرزمینی و هدایت گرمایی استفاده نموده و معادله زیر را بدست آورده است:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du \quad (۲-۳)$$

$$s = \frac{Q}{4\pi T} w_{(u)} \quad (۳-۳)$$

$$W_{(u)} = [-0.5772 - Lnu + u - \frac{u^2}{2 \times 2i} + \frac{u^3}{3 \times 3i} - \dots] \quad (4-3)$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (5-3)$$

که در رابطه بالا

$$\begin{aligned} S &= \text{افت بر حسب متر} & Q &= \text{میزان تخلیه چاه بر حسب متر مکعب بر روز} \\ W_{(u)} &= \text{تابع چاه} & S &= \text{ضریب ذخیره} \\ T &= \text{قابلیت انتقال آبخوان بر حسب متر مربع بر روز} & t &= \text{زمان از شروع پمپاژ بر حسب روز} \end{aligned}$$

تایس یک راه حل ترسیمی برای تخمین مقادیر قابلیت انتقال و ضریب ذخیره بر طبق معادلات (۳-۳) و (۵-۳) ارائه کرده است. در این روش نمودار مقادیر  $W_{(u)}$  در برابر  $u$  بر روی کاغذ تمام لگاریتمی ترسیم می‌شود و به عنوان منحنی تیپ تایس گفته می‌شود. بر روی کاغذ تمام شفاف تمام لگاریتمی با مقیاس منحنی تیپ تایس مقادیر افت در برابر  $r^2/t$  ترسیم شود. منحنی داده‌ها بر منحنی تیپ تایس انطباق داده تا بهترین انطباق پیدا شود. البته سعی می‌شود که محورهای مختصات دو نمودار مذکور موازی باقی بمانند. یک نقطه انطباقی در نظر گرفته می‌شود که این نقطه دارای چهار مختصات است.  $(W_{(u)}, u, r^2/t, S)$  در نهایت برای محاسبه قابلیت انتقال و ضریب ذخیره آبخوان مختصات نقطه انطباقی در معادلات (۳-۳) و (۵-۳) قرار داده می‌شوند (Todd 2005, Krusman and de Ridder 1994).

### ۳-۵-۲- روش کوپر - ژاکوب

روش کوپر - ژاکوب (Copper and Jacob 1947) تقریبی از معادله تایس می‌باشد. با توجه به معادله (۵-۳) برای مقادیر کوچک  $r$  و بزرگ  $t$ ، مقدار  $u$  کوچک شده و عبارتهای سوم و بعد از آن در معادله (۵-۳) بسیار کوچک شده و می‌توان از آنها صرف نظر نمود. بنابراین، معادله تایس برای مقادیر کوچک  $u \leq 0.01$  می‌تواند به صورت معادله ۳-۵ بیان شود:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} (-0.5772 - \ln u) \quad (6-3)$$

بعد از دوباره نوشتن و تغییرات لگاریتم اعشاری، معادله به صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2.25Tt}{r^2 s} \quad (7-3)$$

روش کوپر - ژاکوب (Copper and Jacob 1947) به دو روش افت- زمان و افت - فاصله، مقادیر قابلیت انتقال و ضریب ذخیره را محاسبه می‌کند. روش افت- فاصله نسبت به روش دیگر، به دلیل نیاز به حداقل سه پیزومتر و در نتیجه افزایش هزینه و هم چنین مشکلات اجرایی آن، به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش افت - زمان کوپر ژاکوب، با ترسیم مقادیر افت در برابر زمان‌های مربوطه بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی (زمان بر روی محور لگاریتمی) یک خط مستقیم ارائه می‌دهد. با ادامه دادن خط مستقیم تا محور زمان، مقدار  $t_0$  (جایی که مقدار افت برابر صفر می‌باشد) بدست می‌آید.

تخمین میزان قابلیت انتقال:

بر طبق معادله ۳-۸ محاسبه تفاضل افت  $\Delta s$  می‌دهد:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \text{Log} \frac{t_2}{t_1} \quad (8-3)$$

با انتخاب مقادیر  $t_1$  و  $t_2$  به ترتیب در ابتدای و انتهای یک سیکل لگاریتمی،

$$\Delta s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \quad (9-3)$$

در نتیجه قابلیت انتقال از معادله ۳-۹ حاصل می‌شود:

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s} \quad (10-3)$$

تخمین ضریب ذخیره: بر طبق معادله ۳-۷ و جایگذاری مقدار صفر برای افت در  $t = t_0$  می‌توان نوشت:

$$0 = \frac{2.3Q}{4\pi T} \text{Log} \frac{2.25t_0}{r^2 S} \quad (11-3)$$

از آنجایی که پارامتر  $\frac{2.3Q}{4\pi T}$  مخالف صفر است، بنابراین باید مقدار  $\text{Log} \frac{2.25t_0}{r^2 S}$  برابر صفر شود و در

نتیجه مقدار  $\frac{2.25Tt_0}{r^2 S}$  برابر یک می‌شود. به طور خلاصه می‌توان نوشت:

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2 S} \quad (12-3)$$

$t_0$ ، زمانی است که مقدار افت برابر با صفر است. با داشتن مقدار  $t_0$  و محاسبه  $T$  در مرحله قبل، با

توجه به معادله فوق مقدار  $S$  قابل محاسبه است (Todd 1980, Krusman and de Ridder 1994).

### ۳-۵-۳- روش ایدن - هیزل

برای داده‌های بدست آمده از آزمایش‌های افت پله‌ای در آبخوان‌های تحت فشار روش ایدن - هیزل (Eden and Hazel 1973) برای تخمین میزان قابلیت انتقال و افت چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس این روش بر مبنای استفاده از معادله کوپر - ژاکوب معادله (۳-۷) می‌باشد. افت در چاه با استفاده از معادله کوپر - ژاکوب به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$s_w = \frac{2.3Q}{4\pi T} \text{Log} \frac{2.25Tt}{r_{ew}^2 S} \quad (۳-۱۳)$$

که در آن  $r_{ew}$  شعاع تأثیر چاه است. این معادله به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$s_w = (a + b \text{Log} t) Q \quad (۳-۱۴)$$

$$a = \frac{2.3}{4\pi T} \text{Log} \frac{2.25Tt_0}{r_{ew}^2 S} \quad (۳-۱۵)$$

$$b = \frac{2.3}{4\pi T} \quad (۳-۱۶)$$

می‌باشند. با استفاده از اصل انطباق و معادله (۳-۱۵) افت در زمان  $t$  در طول پله  $n$  ام به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$s_{w(n)} = \sum_{i=1}^n (\Delta Q_i) \{a + b \text{Log}(t - t_i)\} \quad (۳-۱۷)$$

$$s_{w(n)} = aQ_n + b \sum_{i=1}^n \Delta Q_i \text{Log}(t - t_i) \quad (۳-۱۸)$$

که در آنها:

$t$  = زمان از شروع پمپاژ بر حسب روز

$Q_n$  = میزان دبی ثابت در طول پله  $n$  ام

$t_i$  = زمان شروع پله  $i$  ام

$Q_i$  = دبی در پله  $i$  ام که جلوتر از پله  $i$  ام است

$\Delta Q = Q_i - Q_{i-1}$  = میزان تغییر دبی از زمان شروع تا زمان  $t_i$

معادلات بالا را برای تأثیر افت غیر خطی (آشفته) چاه نمی‌توان استفاده نمود. با وارد کردن این افت‌ها  $(CQ^2)$ ، معادله به صورت زیر در می‌آید.

$$s_{w(n)} = aQ_n + bH + CQ_n^2 \quad (۳-۱۹)$$

$$H_n = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i \text{Log}(t - t_i) \quad (۲۰-۳)$$

### روش انجام کار:

الف- محاسبه مقادیر  $H_n$  از معادله (۱۹-۳) و استفاده از دبی‌ها و زمان‌های اندازه‌گیری شده.

ب- وارد کردن داده‌های  $(s_{w(n)})$  در برابر  $H_n$  (شکل ۳-۳)

پ- کشیدن خطوط موازی از بهترین نقاط وارد شده و یک خط مستقیم از میان هر دسته نقطه.

ت- تخمین شیب خط  $\Delta s_{w(n)} / \Delta H_n$  که مقدار  $b$  را می‌دهد.

ادامه دادن خطوط تا جایی که  $H_n = 0$  شود، مشخص شدن نقطه  $A_n$  برای هر خط توسط معادله

$$(۲۱-۳)$$

$$A_n = aQ_n = CQ_n^2 \quad \text{یا} \quad \frac{A_n}{Q_n} = a + CQ_n \quad (۲۱-۳)$$

تعیین مقادیر  $A_n$

محاسبه مقدار  $A_n / Q_n$  برای هر پله

وارد کردن داده‌های  $A_n / Q_n$  در برابر  $Q_n$  و کشیدن خطی از میان داده‌ها

تخمین شیب خط که مقدار  $C$  می‌باشد.

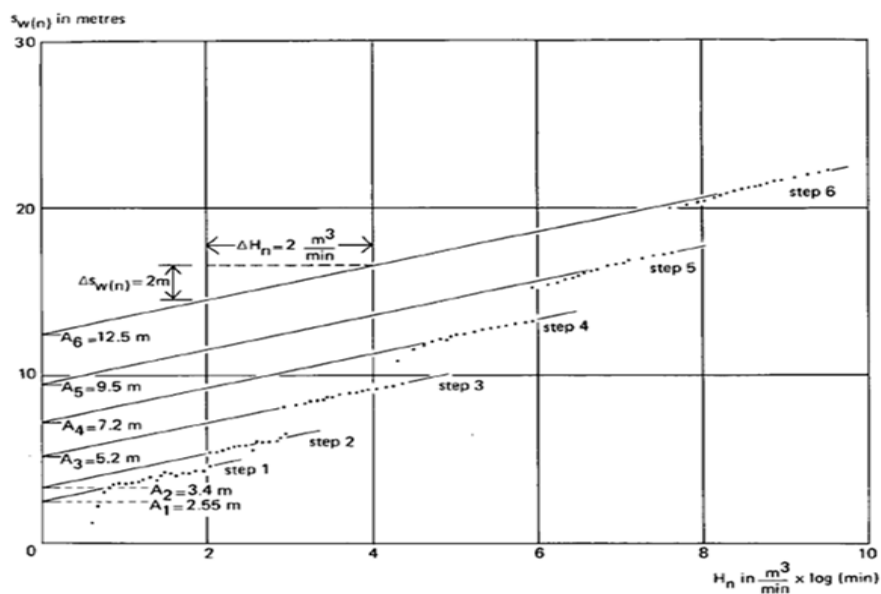
با ادامه دادن خط تا جایی که  $Q_n = 0$  شود، مقدار  $a$  بدست می‌آید.

اکنون قابلیت انتقال با استفاده از معادله ۱۷-۳ محاسبه می‌شود. شکل (۶-۳)

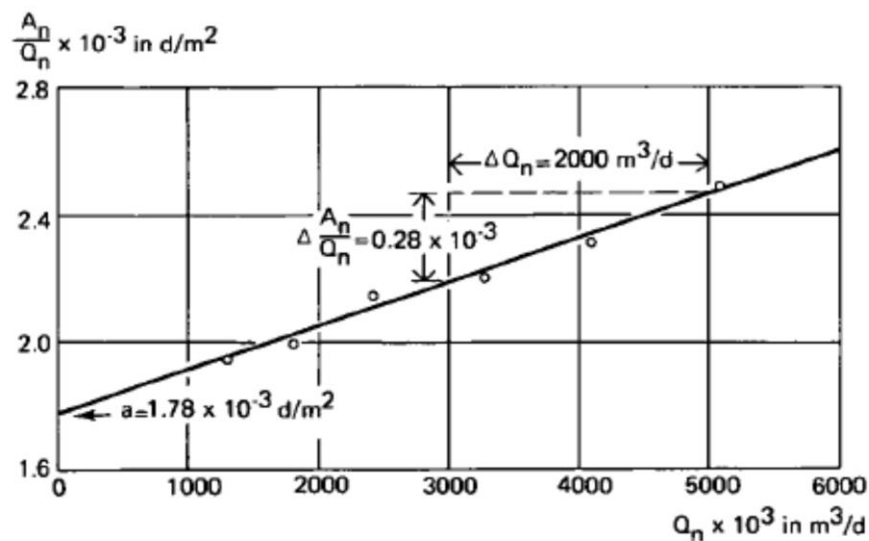
(Krusman and de Ridder 1994). لازم به ذکر است که در کاربرد روش ایدن - هیزل

(Eden and Hazel 1973) از نرم افزار Aquifer<sup>win32</sup> استفاده شده است و این نرم افزار تمام موارد

ذکر شده در روش کار به طور خودکار انجام می‌دهد.



شکل ۳-۴- روش ایدن - هیزل، داده‌های  $(s_w(n))$  در برابر مقادیر  $H_n$  (Krusman and de Ridder 1994)



شکل ۳-۵- روش ایدن هیزل، داده‌های  $\frac{A_n}{Q_n}$  در برابر میزان  $Q_n$  (Krusman and de Ridder 1994)

### ۳-۶- محاسبه شاخص ناهمگنی

با توجه به اینکه در آبخوان‌های همگن داده‌های منحنی نیمه لگاریتمی افت - زمان (زمان محور لگاریتمی) دارای یک شیب می‌باشد. بدین خاطر جهت بررسی ناهمگنی آبخوان از شاخص ناهمگنی که بر اساس رابطه (۳-۲۲) بدست می‌آید استفاده شده است. به این ترتیب که در مرحله اول میانگین

شیب منحنی نیمه لگاریتمی افت زمان اندازه گیری و بعد میزان انحراف شیب داده‌ها نسبت به شیب میانگین سنجیده می‌شود. داده‌های مربوط به آبخوان‌های همگن دارای شاخص ناهمگنی صفر می‌باشند و داده‌های آبخوان‌های ناهمگن اعدادی غیر صفر هستند که با بزرگتر شدن اعداد میزان ناهمگنی آن نیز بیشتر می‌شود.

$$\bar{\alpha} = \frac{(\alpha_1 \times t_1) + (\alpha_2 \times t_2) + \dots + (\alpha_n \times t_n)}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (22-3)$$

$$H_i = \frac{\left| ((\alpha_1 - \bar{\alpha}) \times t_1) + ((\alpha_2 - \bar{\alpha}) \times t_2) + \dots + ((\alpha_n - \bar{\alpha}) \times t_n) \right|}{\bar{\alpha} \times \sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (23-3)$$

$\Delta t_i$  = فاصله زمانی بین دو اندازه گیری

$\bar{\alpha}$  = میانگین شیب داده‌های افت زمان در محور نیمه لگاریتمی

$\alpha_i$  = شیب محاسبه شده در هر مرحله

$t_i$  = زمان در هر مرحله

### ۳-۷- کارهای انجام شده در عملیات صحرایی

از جمله کارهایی انجام شده از دشت ذهاب ۱۳ نمونه و از دشت اسلام‌آباد غرب ۱۱ نمونه آب برداشت شد. در عملیات صحرایی مختصات UTM چاه‌های نمونه برداری توسط دستگاه GPS تعیین شد. برای نمونه‌برداری از ظرف‌های پلاستیکی ۲۵۰ میلی‌لیتری استفاده شد و ظرف نمونه قبل از نمونه‌برداری سه مرتبه با آب چاه‌ها شستشو داده شد. ظرف نمونه را از آب چاه‌ها پر نموده درب نمونه را محکم بسته و پس از شماره‌گذاری به آزمایشگاه شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه فرستاده شد تا مورد آنالیز شیمیایی قرار گیرد. در آزمایشگاه غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی محلول در آب که شامل یون‌های پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، نیترات، سولفات، کلر، بی‌کربنات و کربنات اندازه گیری شده است.



شکل ۳-۶- اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در محل نمونه‌برداری

### ۳-۸- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری

در محل نمونه‌برداری خصوصیت فیریکوشیمیایی آب شامل درجه حرارت اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC) اندازه‌گیری شده است. روش اندازه‌گیری این خصوصیات به طور مختصر ارائه می‌شود.

#### ۳-۸-۱- قابلیت هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی آب ارتباط مستقیم با مقدار مواد جامد محلول در آب دارد، لذا هدایت الکتریکی از مهمترین عوامل فیزیکی در مطالعات هیدروژئولوژیکی می‌باشد. جهت اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) نمونه‌های آب در محل نمونه‌برداری از دستگاه پرتابل (Conductivity meter) مدل WP-84 استفاده شده است. از جمله مزایای این دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در محل نمونه‌برداری و همچنین سهولت کنترل مداوم آن می‌باشد. دقت این دستگاه برابر با یک میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد.

### ۳-۸-۲- درجه حرارت آب

درجه حرارت نمونه‌های آب یکی از دیگر از پارامترهای است که باید در محل نمونه برداری اندازه‌گیری شود. برای تعیین دمای آب نمونه‌ها از دستگاه دماسنج با دقت ۰/۱ استفاده شد.

### ۳-۸-۳- اسیدیت

میزان اسیدیت نمونه‌های آب در محل نمونه برداری توسط دستگاه pH متر سانتکس (Suntex) مدل SP-701 ساخت کشور تایوان و با دقت ۰/۰۱ واحد اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که قبل از اندازه‌گیری pH، با استفاده از محلول‌های بافر ۴ و ۷، pH متر مذکور واسنجی شد.

### ۳-۹- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه

اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌ها اصلی شامل یون‌های پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، نیتрат، سولفات، کلر، بی‌کربنات و کربنات برای کلیه نمونه‌ها در آزمایشگاه آب شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه انجام شده است. پس از دریافت نتایج آزمایشگاه پارامترهای آماری مانند، درصد خطای آزمایش، نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم، کل املاح جامد محلول، سختی کل، قلیائیت، ضریب تغییرات و برخی از نسبت‌های یونی مانند، نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها و نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها محاسبه شد و نمودارهای شولر، ویلکوکس، پایپر و استیف برای آنها ترسیم گردید. جهت ترسیم نمودارهای کیفی مذکور از نرم‌افزار RockWorks14 و جهت محاسبه شاخص‌های اشباع کانی‌های کلسیت و دولومیت از نرم‌افزار PHREEQC Interactive 2.15.0 استفاده شد.

#### الف- نسبت جذب سدیم (Sodium adsorption ratio)

نسبت جذب سدیم یکی از پارامترهایی است که برای بیان مقدار سدیم موجود در آب مورد استفاده قرار می‌گیرد و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}} \quad (۲۴-۳)$$

که در این رابطه SAR بیانگر نسبت جذب سدیم می‌باشد و غلظت تمامی کاتیون‌ها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر بیان می‌شود (صداقت ۱۳۸۵).

#### ب- درصد سدیم (Sodium percentage)

برای محاسبه درصد سدیم از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$\%Na = \frac{Na^+ + K^+}{Na^+ + Ca^{+2} + K^+ + Mg^{+2}} \times 100 \quad (25-3)$$

غلظت کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم بر حسب میلی اکی والان بر لیتر می‌باشد.

#### پ- سختی کل (Total Hardness)

برای محاسبه سختی کل نمونه‌های آب از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$H = 2.5[Ca^{+2}] + 4.1[Mg^{+2}] \quad (26-3)$$

که در آن H مقدار سختی بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. Ca و Mg به ترتیب غلظت‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی گرم در لیتر می‌باشد (صداقت ۱۳۸۵).

#### ت- قلیائیت (Alkalinity)

برای محاسبه قلیائیت از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$A = [CO_3^{-2}] + [HCO_3^{-}] \quad (27-3)$$

که در آن A قلیائیت و غلظت یون‌های کربنات و بی کربنات بر حسب میلی گرم بر لیتر بیان می‌گردد.

#### ج- کل مواد جامد محلول (Total Dissolved Solids)

محاسبه کل جامدات محلول با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$TDS = \sum Ions \quad (28-3)$$

در این رابطه TDS کل جامدات محلول در آب بر حسب میلی گرم در لیتر  $\sum Ions$  و مجموع یون‌ها در نمونه آب بر حسب میلی گرم در لیتر می‌باشد.

### ۳-۱۰- کنترل نتایج آنالیزها

دقت و صحت آنالیزها را می‌توان با روابط مختلفی تعیین کرد (Hounslow, 1995). برخی از روابط که در کنترل نتایج مورد استفاده قرار گرفته‌اند در جدول (۳-۴) ارائه شده است.

یک روش دیگر برای کنترل نتایج آنالیز و حذف داده‌های پرت ترسیم نمودارهای هدایت الکتریکی در مقابل مجموع آنیون‌ها (برحسب میلی اکی والان بر لیتر)، هدایت الکتریکی در مقابل مجموع کاتیون‌ها (برحسب میلی اکی والان بر لیتر) و مجموع آنیون‌ها در مقابل کاتیون‌ها است. برای محلول‌های با غلظت کم نظیر آب‌های زیرزمینی نتیجه این ترسیم باید یک خط راست باشد. بدین ترتیب داده‌های غیر واقعی خوبی مشخص شده و حذف خواهند شد.

جدول ۳-۴ روش‌های مختلف کنترل کیفیت صحت آنالیزهای شیمیایی (Hounslow, 1995)

|                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| بالانس یونی = [مجموع کاتیون‌ها + مجموع آنیون‌ها] / [مجموع کاتیون‌ها - مجموع آنیون‌ها] $\times 100 < 5\%$ |
| کربنات وجود ندارد $\text{pH} < 8$                                                                        |
| سختی موقت = آلکالینیته (در صورتی که آلکالینیته کمتر از سختی کل باشد)                                     |
| $\text{Na meq/l} \gg \text{k meq/l}$                                                                     |
| $\text{Ca meq/l} \gg \text{Mg meq/l}$                                                                    |
| $\text{Ca meq/l} \gg \text{Cl meq/l}$                                                                    |

## فصل چهارم: ارزیابی داده‌های آزمایش پمپاژ در

### دشت‌های ذهاب و اسلام آباد غرب

#### ۴-۱- خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌های مورد مطالعه

به منظور تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌های موجود در دشت‌های مورد نظر، این خصوصیات هم برای آبخوان آبرفتی و هم برای آبخوان آبرفتی - آهکی به صورت توأم مورد بررسی قرار گرفت.

#### ۴-۱-۱- آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ در دشت ذهاب

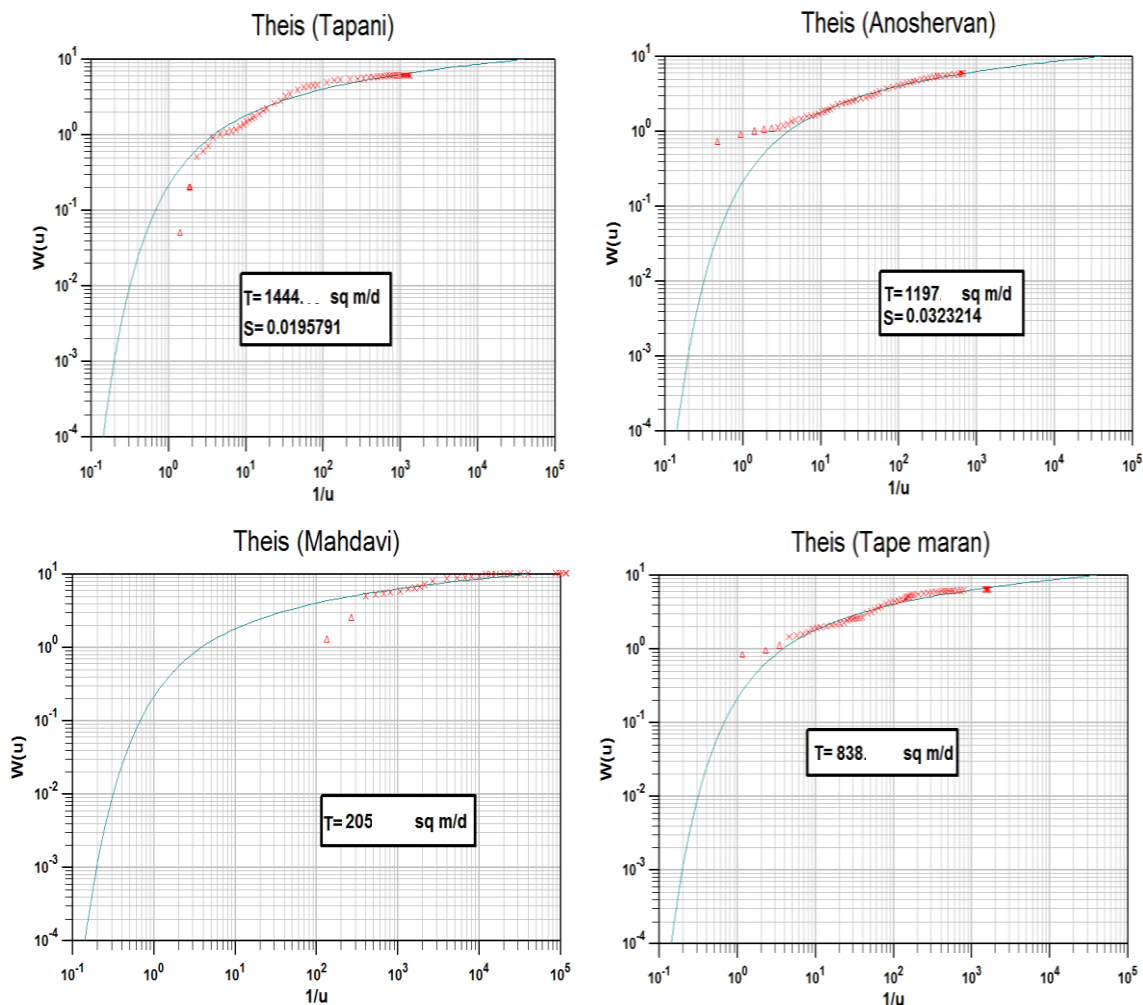
با توجه به اینکه در دشت ذهاب داده‌های آزمایش پمپاژ با دبی ثابت و افت پله‌ای موجود بود برای تعیین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان از داده‌های هر دو نوع آزمایش پمپاژ استفاده شد.

#### ۴-۱-۱-۱- آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ با دبی ثابت

برای تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی دشت ذهاب از داده‌های چهار حلقه چاه اکتشافی و دو حلقه چاه کشاورزی که از شرکت سهامی آب منطقه‌ای بدست آمد استفاده شده‌اند و این داده‌ها با استفاده از نرم افزار  $Aquifer^{win32}$  و با بکارگیری روش‌های تایس (Theis 1935) و کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. لازم به ذکر است که اطلاعات چاه‌های مربوطه در فصل سوم در جدول (۳-۱) ارائه شده است.

## الف - روش تایس

بکارگیری روش تایس (Theis 1935) برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ در چهار چاه در دشت ذهاب در شکل (۱-۴) نشان داده شده است.



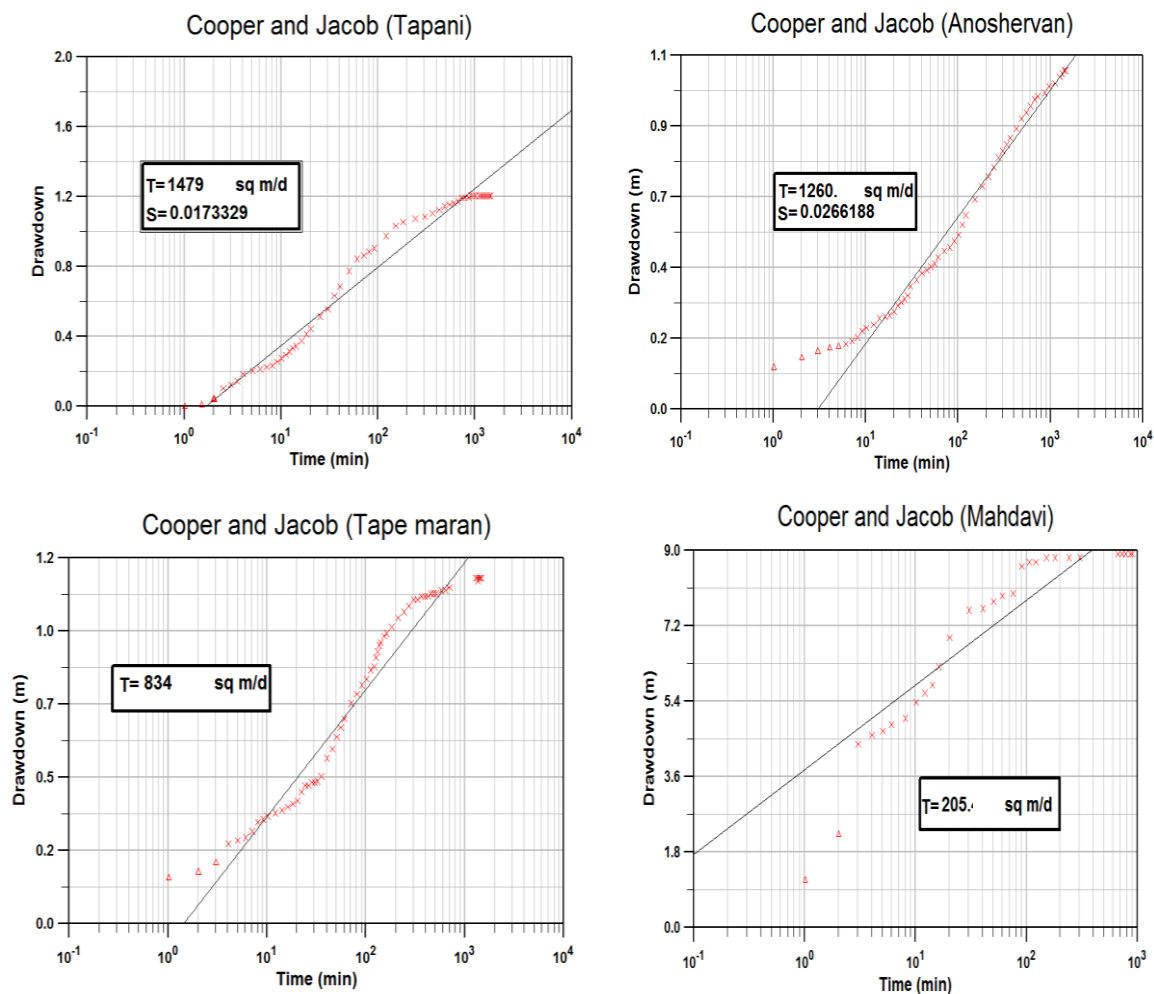
شکل ۱-۴- کاربرد روش تایس برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ دشت ذهاب  
( $\times$  = داده‌های استفاده شده و  $\Delta$  = داده‌های صرف نظر شده)

همان طور که از شکل (۱-۴) مشخص است، تقریباً همه داده‌های مشاهده شده بر منحنی تیپ تایس (Theis, 1935) منطبق می‌شوند. به هر حال، بخشی از داده‌ها با منحنی تیپ تایس (Theis type curve) منطبق نمی‌شوند. علت این امر ناهمگنی موجود در لایه آبدار و ذخیره داخل چاه می‌باشند.

## ب- روش کوپر - ژاکوب

داده‌های بدست آمده از آزمایش پمپاژ علاوه بر روش تایس با استفاده از روش نیمه لگاریتمی کوپر

- ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. شکل (۴-۲) کاربرد روش کوپر - ژاکوب را برای آنالیز چهار آزمایش پمپاژ نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲- کاربرد روش کوپر - ژاکوب برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ دشت ذهاب  
(x= داده‌های استفاده شده و Δ= داده‌های صرف نظر شده)

همان طور که شکل (۴-۲) نشان می‌دهد، روند کلی اکثریت داده‌های مشاهده شده در سیستم نیمه لگاریتمی (زمان بر روی محور لگاریتمی) خط راست می‌باشد و ناهمگنی‌های موجود در این قبیل

آبخوان‌ها باعث شده که اغلب یک خط چند شبیه ایجاد شود. همانطور که برخی از محققین اظهار نموده‌اند (برای مثال (Vila et al. 1999)، در روش کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob 1946)، روند کلی داده‌ها در یک آبخوان آب زیرزمینی ناهمگن می‌تواند یک متوسط خوبی از خواص هیدرولیکی را ارائه دهد. در هر حال قسمتی از داده‌های مشاهده شده از روند کلی خط راست تبعیت نمی‌کنند. چنین قسمت‌هایی ناهمگنی در داخل آبخوان را منعکس می‌کند. در مورد انحراف داده‌های کوتاه مدت از روند کلی خط راست، علاوه بر تأثیر ناهمگنی‌های موجود در آبخوان، کوچک نبودن مقدار  $u$  و در نتیجه برآورد نشدن شرط روش کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) دلیل دیگر می‌باشد. جدول (۱-۴) مقدار قابلیت انتقال و ضریب ذخیره بدست آمده از روش‌های تایس (Theis 1935) و کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) را در چاه‌های مختلف دشت نشان می‌دهد.

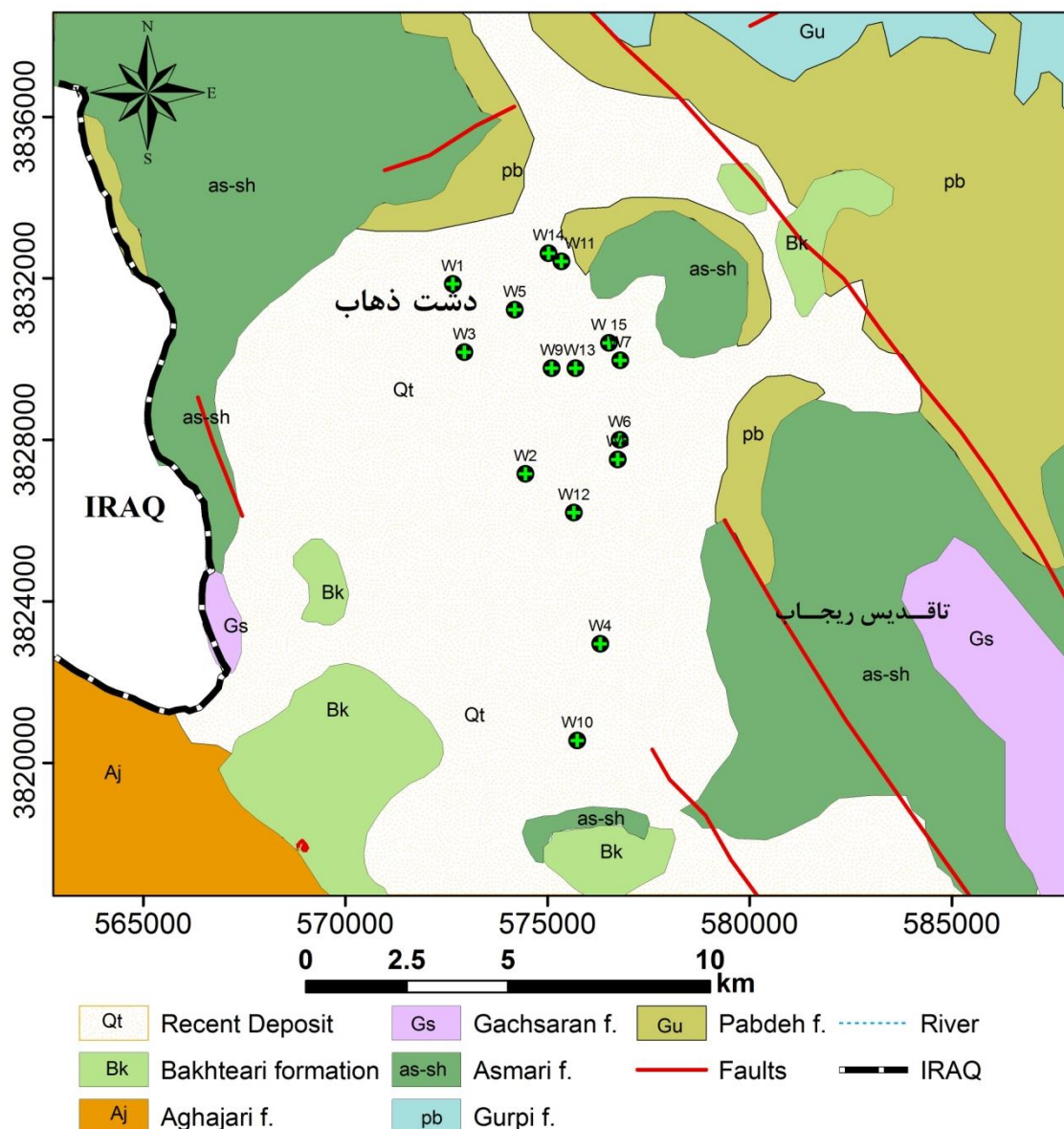
جدول ۱-۴ - مقادیر قابلیت انتقال و ضریب ذخیره بدست آمده از دشت ذهاب

| خطای نسبی در مقایسه با روش تایس |      | روش کوپر – ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) |                                     | روش تایس (Theis 1935) |                                     | چاه‌های مشاهده‌ای و پمپاژ | چاه‌های پمپاژ |
|---------------------------------|------|------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------|
| %Error                          |      | ضریب ذخیره                               | قابلیت انتقال (m <sup>2</sup> /day) | ضریب ذخیره            | قابلیت انتقال (m <sup>2</sup> /day) |                           |               |
| S                               | T    |                                          |                                     |                       |                                     |                           |               |
| ۱۱/۴                            | ۲/۴  | ۰/۰۱۷۳۳                                  | ۱۴۷۹                                | ۰/۰۱۹۵۷               | ۱۴۴۴                                | چاه مشاهده‌ای             | تپانی         |
| –                               | –    | –                                        | –                                   | –                     | –                                   | چاه پمپاژ                 |               |
| ۱۷/۷                            | ۵/۳  | ۰/۰۲۶۶۱                                  | ۱۲۶۱                                | ۰/۰۳۲۳۲               | ۱۱۹۷                                | چاه مشاهده‌ای             | انوشیروان     |
| –                               | –    | –                                        | –                                   | –                     | –                                   | چاه پمپاژ                 |               |
| –                               | ۰    | –                                        | ۲۲۲                                 | –                     | ۲۲۲                                 | چاه پمپاژ                 | داراخان       |
| –                               | ۰/۴۸ | –                                        | ۸۳۵                                 | –                     | ۸۳۹                                 | چاه پمپاژ                 | تپه ماران     |
| –                               | ۰/۴۸ | –                                        | ۲۰۵                                 | –                     | ۲۰۶                                 | چاه پمپاژ                 | مهدوی         |
| –                               | ۵/۲  | –                                        | ۴                                   | –                     | ۳/۸                                 | چاه پمپاژ                 | قنبری         |

همان‌طور که از جدول (۱-۴) نتایج حاصل از ترسیم نمودارهای روش تایس (Theis 1935) و روش کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) مشاهده می‌شود، مقادیر قابلیت انتقال و ضریب ذخیره در نقاط مختلف دشت بدست آمده است. محدوده تغییرات قابلیت انتقال از ۴ تا ۱۴۷۹/۱۱ متر مربع بر روز و ضریب ذخیره از ۰/۰۱۷۳۳ تا ۰/۰۳۲۳۲ بوده که بیانگر تغییرات در این خصوصیات می‌باشد.

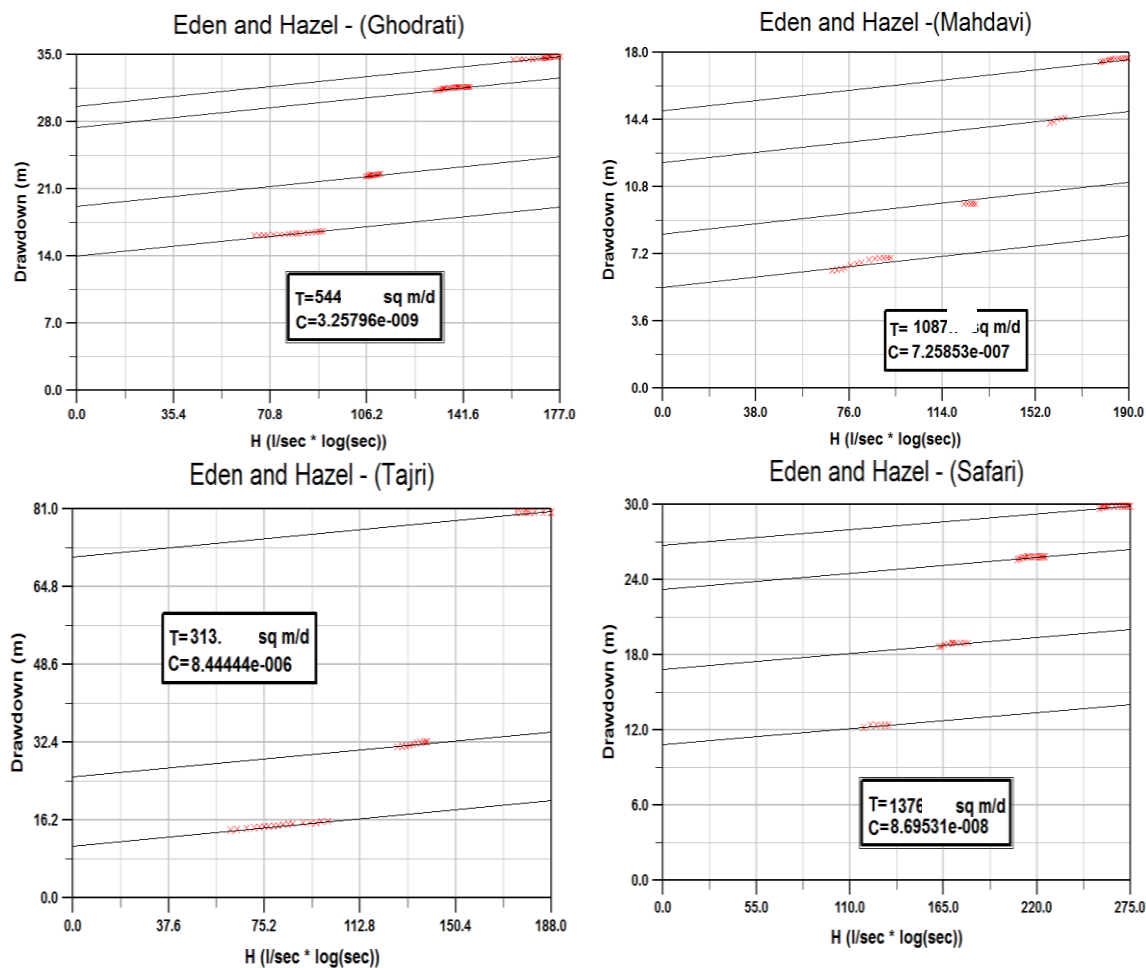
#### ۴-۱-۱-۲- آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای

برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ دشت ذهاب از داده‌های چاه‌های کشاورزی که داده‌های قابل اعتمادتری داشتند تعداد ۱۶ حلقه چاه پمپاژ انتخاب شد که موقعیت قرار گیری آنها در بر روی دشت ذهاب در شکل (۴-۴) نشان داده شده است، داده‌های مربوط به این چاه‌ها توسط روش ایدن - هیزل (Eden and Hazel 1973) مورد آنالیز قرار گرفتند. روش کار و حذف داده‌های اضافی در فصل سوم توضیح داده شده است.



شکل ۴-۴- نقشه موقعیت چاه‌های پمپاژ در منطقه دشت ذهاب

شکل (۳-۴) تعدادی از نمودارهای آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای و جدول (۲-۴) نتایج حاصل از این داده‌ها را در چاه‌ها تحت این نوع آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴- کاربرد روش ایدن هیزل برای آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای  
( $\Delta$  = داده‌های استفاده شده و  $\times$  = داده‌های صرف نظر شده)

مقادیر قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی بدست آمده از روش ایدن - هیزل (Eden and Hazel 1973) مربوط به چاه‌های تحت تأثیر آزمایش افت پله‌ای در جدول (۲-۴) ارائه شده است. با توجه به جدول (۲-۴)، مقادیر قابلیت انتقال از ۶ تا ۹۳۳۶ مترمربع بر روز متغیر بوده که کمترین مقدار مربوط به چاه‌های آبرفتی و بیشترین آن مربوط به چاه‌های آبرفتی - آهکی می‌باشد. میانگین قابلیت انتقال آنها حدوداً ۹۳۴ مترمربع بر روز برآورد شده است با توجه به اینکه هدایت هیدرولیکی با مقدار قابلیت انتقال رابطه مستقیم دارد به همین خاطر در مورد هدایت هیدرولیکی هم بیشترین مربوط به چاه‌های آبرفتی - آهکی و کمترین آن مربوط به چاه‌های آبرفتی می‌باشد. در اینجا لازم به

ذکر است میانگین ضخامت آبخوان چاه‌های آبرفتی بیشتر از چاه‌های آبرفتی - آهکی می‌باشد اما به خاطر بالا بودن قابلیت انتقال چاه‌های آبرفتی - آهکی باز هم مقدار هدایت هیدرولیکی در این نوع از چاه‌ها بالا می‌باشد.

جدول ۴-۲- اطلاعات چاه‌ها و خصوصیات هیدرودینامیکی بدست آمده از آنالیز آزمایش پمپاژ

| چاه‌های<br>پمپاژ | مالک چاه  | شماره | دبی پمپاژ<br>(lit/sec) | سطح<br>ایستابی<br>اولیه (m) | ضخامت<br>آبخوان (m) | عمق<br>چاه (m) | قابلیت<br>انتقال<br>(m <sup>2</sup> /day) |
|------------------|-----------|-------|------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-------------------------------------------|
| آبرفتی           | داوودیان  | W1    | ۱۴/۳۷                  | ۲۱/۵                        | ۶۸                  | ۸۰             | ۱۵۰                                       |
|                  | رحمانی    | W2    | ۶/۵۴                   | ۱۱/۴۲                       | ۸۴                  | ۱۰۰            | ۱۳۱                                       |
|                  | کشتمند    | W3    | ۱۷/۰۱                  | ۶/۷                         | ۸۵/۷۵               | ۹۷/۷۵          | ۱۵۵                                       |
|                  | جافی      | W4    | ۱۲/۴                   | ۱۴/۸                        | ۷۸                  | ۹۰             | ۳۱                                        |
|                  | بیگمرادی  | W5    | ۳/۷                    | ۱۱/۵                        | ۷۲                  | ۸۴             | ۶                                         |
|                  | ثنایی     | W16   | ۴/۶۸                   | ۶/۵۵                        | ۷۸                  | ۹۶             | ۶                                         |
| آبرفتی -<br>آهکی | نیریزی    | W6    | ۴۲/۴۸                  | ۲۴/۸۶                       | ۵۴                  | ۹۰             | ۴۶۴                                       |
|                  | مهدوی     | W7    | ۴۵/۲                   | ۱۸                          | ۵۶                  | ۸۰             | ۱۰۸۷                                      |
|                  | قدرتی     | W8    | ۴۱/۵۶                  | ۲۵/۲۷                       | ۷۴                  | ۹۰             | ۵۴۴                                       |
|                  | کیاست     | W9    | ۵۰/۳۱                  | ۱۷/۷                        | ۷                   | ۹۰             | ۴۳۹                                       |
|                  | عبدی      | W10   | ۳۹/۶                   | ۱۳/۳۳                       | ۳۰                  | ۳۸             | ۴۷۷                                       |
|                  | قنبری     | W11   | ۲۲/۲۴                  | ۱۳/۵۲                       | ۶۱                  | ۷۱             | ۲۱۰                                       |
|                  | تجری      | W12   | ۱۲/۴                   | ۱۴/۸                        | ۷۸                  | ۹۰             | ۳۱۳                                       |
|                  | صفری      | W15   | ۶۴/۸۹                  | ۲۱/۸                        | ۶۸                  | ۸۴             | ۹۳۳۶                                      |
|                  | کریم صفری | W13   | ۳۶/۴۵                  | ۱۹/۳۵                       | ۸۴                  | ۱۰۲            | ۱۳۷۶                                      |
|                  | نظری      | W14   | ۱۶/۶۵                  | ۱۵/۸۹                       | ۴۶                  | ۵۴             | ۲۵۲                                       |

#### ۴-۱-۱-۳- محاسبه مؤلفه‌های افت مربوط به آزمایش افت پله‌ای

جهت محاسبه مؤلفه‌های افت در چاه‌های تحت آزمایش افت پله‌ای، داده‌های ۱۲ حلقه چاه مورد استفاده قرار گرفته و نمودارهای افت در برابر الگاریتم زمان آنها ترسیم شد و با توجه به این نمودارها و با کمک روش پیشنهادی (به فصل سوم رجوع شود)، مؤلفه‌های افت در این چاه‌ها محاسبه شد. جدول (۳-۴) مقادیر مربوط به مؤلفه‌های افت در چاه‌های با آزمایش افت پله‌ای را نشان می‌دهد.

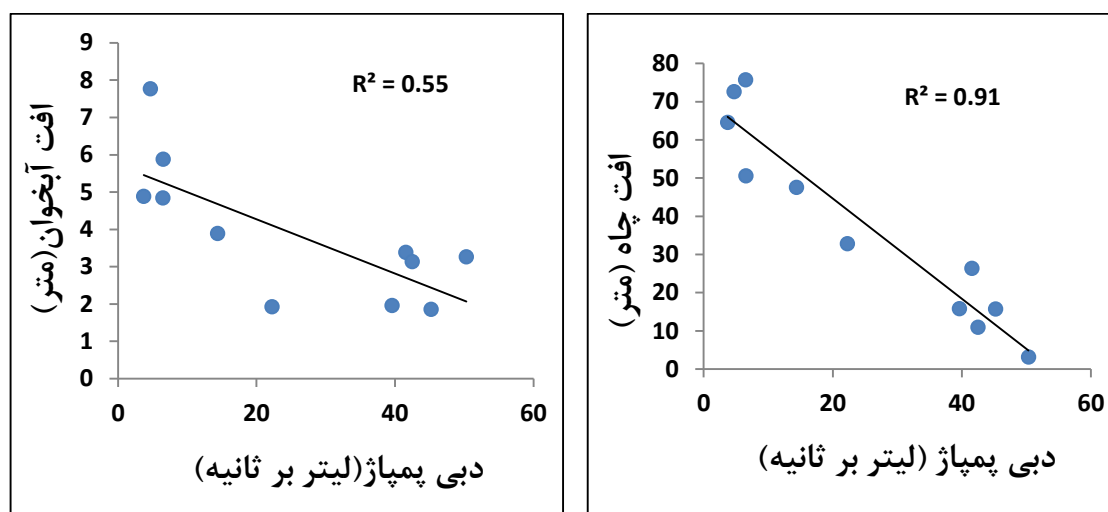
جدول ۴-۳- محاسبه مقادیر مولفه‌های افت با استفاده از آزمایش پمپاژ

| افت چاه<br>(m) | افت آبخوان<br>(m) | مالک چاه | افت چاه<br>(m) | افت آبخوان<br>(m) | مالک چاه  |
|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|-----------|
| ۳/۲۷           | ۳/۲۱              | کیاست    | ۷۲/۶۸          | ۷/۷۷              | ثنایی     |
| ۲۹/۴۹          | ۱/۶۲              | نظری     | ۵۰/۶           | ۵/۸۸              | قنبری     |
| ۱۰/۹۵          | ۳/۱۴              | نیریزی   | ۷۵/۷۳          | ۴/۸۵              | رحمانی    |
| ۱۵/۸۱          | ۱/۹۶              | عبدی     | ۶۴/۶۱          | ۴/۸۹              | بیگمرادی  |
| ۱۵/۷۸          | ۱/۸۶              | مهدوی    | ۳۲/۸۳          | ۱/۹۳              | قدرتی     |
| ۴۷/۶۱          | ۳/۸۹              | داوودیان | ۲۶/۴۳          | ۳/۳۹              | کریم صفری |

با توجه به جدول (۴-۳) مشاهده می‌شود که افت چاه همواره بیشتر از افت آبخوان می‌باشد. به جزء چاه کیاست که در این چاه در کل افت کم است و مقادیر هر دو افت تقریباً شبیه هم است و دلیل آن نیز وجود یک لایه با تراوایی بالا در بین آبخوان آبرفتی و آهکی است. که وجود این لایه با استفاده نمودار زمین‌شناسی و نمودار نیمه لگاریتمی آن قابل تشخیص است. اگر دبی پمپاژ بیشتر از حد مجاز باشد مقدار افت چاه افزایش خواهد یافت و آب خارج شده اکثراً از ذخیره داخل چاه می‌باشد (مانند چاه‌های ثنایی، قنبری، کشتمند، بیگمرادی، جافی و تجری). چاه مهدوی در بین چاه‌هایی که تحت تأثیر آزمایش افت پله‌ای و چاه تپانی در بین چاه‌هایی که تحت تأثیر آزمایش پمپاژ با دبی ثابت قرار گرفته‌اند، دارای بیشترین مقادیر قابلیت انتقال هستند، کمترین مقدار افت (افت چاه و افت آبخوان) را شامل می‌شود و افت چاه ناشی از افت آبخوان نیز است. برای بررسی نحوه تغییرات مقدار افت‌های چاه و آبخوان در برابر دبی پمپاژ نمودارهای مربوطه ترسیم گردید. شکل (۴-۵) تغییرات مقادیر افت‌های چاه و آبخوان در برابر دبی پمپاژ را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل (۴-۵) مشاهده می‌شود که مؤلفه افت چاه و افت آبخوان با نسبت دبی پمپاژ رابطه عکس دارد و دلیل این مطلب از این قرار است که چاه‌های با آبدی خوب، قابلیت انتقال بالایی دارند و در نتیجه با افزایش قابلیت انتقال مقادیر افت نیز کاهش می‌یابد، در نتیجه چاه‌هایی که قابلیت انتقال بالایی دارند افت چاه و افت آبخوان کمتری از خود نشان می‌دهند. در آبخوان‌های با تراوایی کمتر، آب کمتری از آبخوان وارد چاه شده و این کاهش آب ورودی به داخل چاه از طریق پمپاژ آب از

ذخیره داخل خود چاه جبران می‌شود و مخروط افت نمی‌تواند به خوبی در داخل آبخوان گسترش پیدا کند به همین خاطر در این گونه آبخوان‌ها افت بیشتری (افت چاه و افت آبخوان) داریم.



شکل ۴-۵- تغییرات مقادیر افت‌های چاه و آبخوان در مقابل دبی پمپاژ

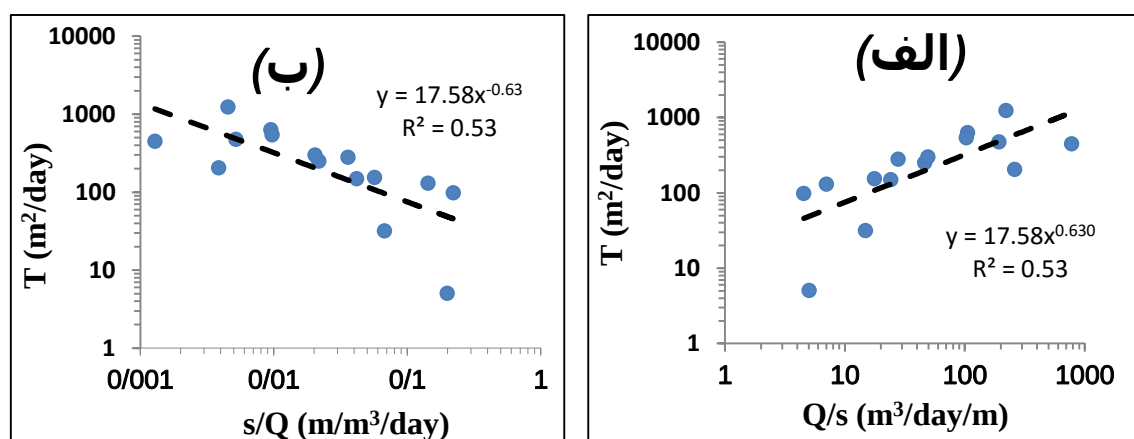
#### ۴-۱-۱-۴- محاسبه افت ویژه و دبی ویژه

دبی ویژه یا ظرفیت ویژه از تقسیم میزان دبی پمپاژ به کل میزان افتی که در چاه بدست آمده است، حاصل می‌شود. میزان افت ویژه نیز از تقسیم میزان افت کل چاه به دبی پمپاژ بدست می‌آید. از دبی ویژه به عنوان یک پارامتر جهت محاسبه کارایی چاه و افت ویژه جهت محاسبه ضرایب چاه استفاده می‌شود. با استفاده از مقادیر دبی و افت کل چاه دبی ویژه و افت ویژه در ۱۶ چاه پمپاژ محاسبه شده و نتایج در جدول (۴-۴) ارائه شده است. با توجه به این جدول بیشترین مقادیر دبی ویژه برابر ۵۲۳۹/۷۲ متر مکعب بر روز در متر مربوط به چاه‌های آبرفتی - آهکی و کمترین آن ۴/۵۴ متر مکعب بر روز در متر مربوط به چاه‌های آبرفتی می‌باشد و متوسط دبی ویژه در چاه‌های آبرفتی - آهکی ۶۴۰/۸۶ متر مکعب بر روز در متر و متوسط افت ویژه ۰/۰۱۴ متر در متر مکعب بر روز و متوسط دبی ویژه در چاه‌های آبرفتی ۹/۷۹ متر مکعب بر روز در متر و متوسط افت ویژه ۰/۱۳۲ متر در متر مکعب بر روز می‌باشد. با توجه این مطالب مقادیر دبی ویژه چاه‌های آبرفتی - آهکی از چاه‌های آبرفتی بیشتر می‌باشد و برعکس مقادیر افت ویژه چاه‌های آبرفتی - آهکی کمتر از چاه‌های آبرفتی است.

جدول ۴-۴- مقادیر دبی ویژه و افت ویژه در چاه‌های تحت تأثیر آزمایش پمپاژ

| چاه‌های<br>پمپاژ | مالک چاه     | شماره | افت کل<br>(m) | دبی پمپاژ<br>(m <sup>3</sup> /day) | دبی ویژه<br>(m <sup>3</sup> /day/m) | افت ویژه<br>(m/m <sup>3</sup> /day) |
|------------------|--------------|-------|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| آبرفتی           | داوودیان     | W1    | ۵۱/۵          | ۱۲۴۱                               | ۲۴/۱۱                               | ۰/۰۴۱۴۸                             |
|                  | رحیم رحمانی  | W2    | ۸۰/۵۸         | ۵۶۵                                | ۷/۰۱                                | ۰/۱۴۲۶                              |
|                  | کشمند        | W3    | ۸۳/۳۰         | ۱۴۶۹                               | ۱۷/۶۴                               | ۰/۰۵۶۷                              |
|                  | پالانی جافی  | W4    | ۷۲/۲          | ۱۰۷۱                               | ۱۴/۸۴                               | ۰/۰۶۷۴                              |
|                  | بیگمردی      | W5    | ۷۰/۴۳         | ۳۱۹                                | ۴/۵۴                                | ۰/۲۲۰۳                              |
|                  | ثنایی        | W5    | ۸۰/۸۴۵        | ۴۰۴                                | ۵/۰۳                                | ۰/۱۹۹۰                              |
| آبرفتی -<br>آهکی | محمد نیریزی  | W6    | ۱۴/۰۹         | ۳۶۷۰                               | ۲۶۰/۴۹                              | ۰/۰۰۳۸                              |
|                  | سلمان مهدوی  | W7    | ۱۷/۶۴         | ۳۹۰۵                               | ۲۲۱/۳۹                              | ۰/۰۰۴۵                              |
|                  | حبیب قدرتی   | W8    | ۳۴/۷۸         | ۳۵۹۰                               | ۱۰۳/۲۴                              | ۰/۰۰۹۸                              |
|                  | عزیر کیاست   | W9    | ۵/۵۸          | ۴۳۴۶                               | ۷۷۸/۹۹                              | ۰/۱۳۰۰                              |
|                  | کاکابرا عبدی | W10   | ۱۷/۷۷         | ۳۴۲۱                               | ۱۹۲/۵۴                              | ۰/۰۰۵۲                              |
|                  | قنبری        | W11   | ۶۸/۸۹         | ۱۹۲۱                               | ۲۷/۸۹                               | ۰/۳۵۹                               |
|                  | جبار تجری    | W12   | ۸۰/۱۵         | ۳۹۵۰                               | ۴۹/۲۹                               | ۰/۲۰۳                               |
|                  | عظیم صفری    | W15   | ۲/۴           | ۵۰۳۷                               | ۵۲۳۹/۷۲                             | ۰/۰۰۰۵                              |
|                  | کریم صفری    | W13   | ۲۹/۸۲         | ۳۱۴۹                               | ۱۰۵/۶۱                              | ۰/۰۰۹۵                              |
|                  | نظری         | W14   | ۳۱/۱۱         | ۱۴۳۸                               | ۴۶/۲۴                               | ۰/۰۲۱۶                              |

با استفاده از مقادیر بدست آمده از دبی ویژه و افت ویژه ( مندرج در جدول (۴-۴)، روابط بین این پارامترها با قابلیت انتقال ترسیم شده است. شکل (۴-۶) روابط بین مقادیر قابلیت انتقال با مقادیر دبی ویژه و افت ویژه را نشان می‌دهد.



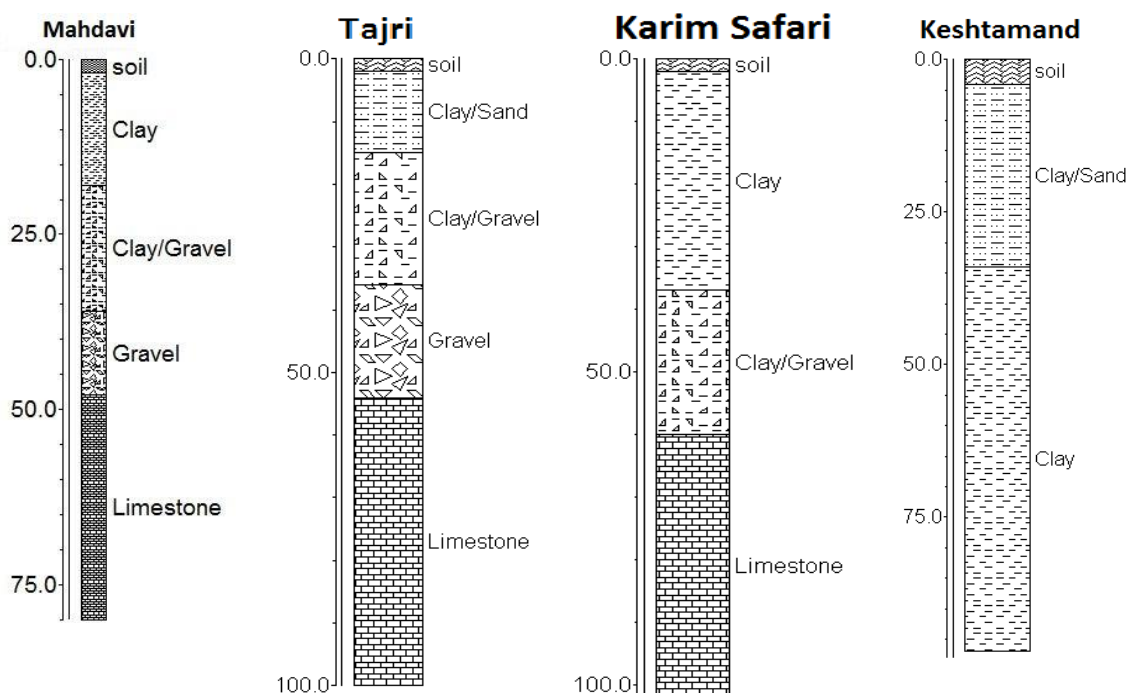
شکل ۴-۶- روابط بین قابلیت انتقال با افت ویژه و دبی ویژه

با توجه به شکل (۴-۶-الف) مشاهده می‌شود که قابلیت انتقال با دبی ویژه رابطه مستقیم، در حالی که در شکل (۴-۶-ب) قابلیت انتقال با افت ویژه رابطه معکوس نشان می‌دهد.

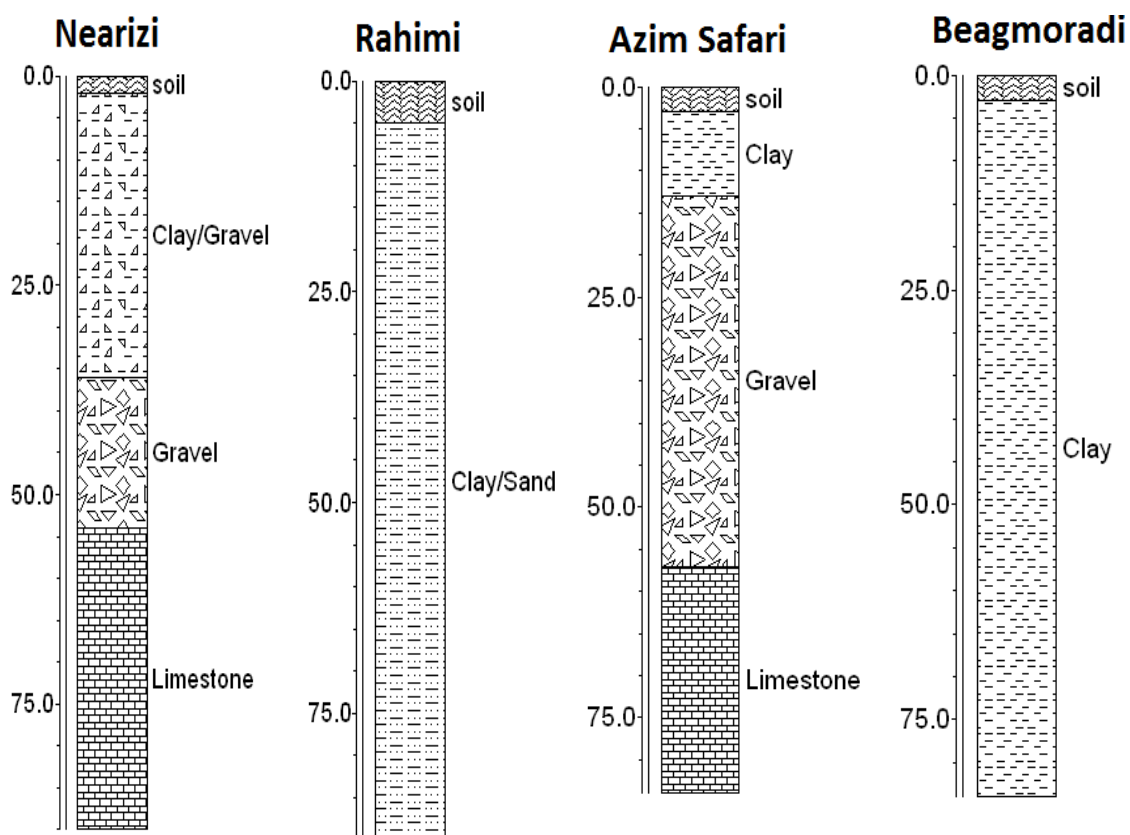
## ۴-۲- نمودارهای زمین‌شناسی

### ۴-۲-۱- دشت ذهاب

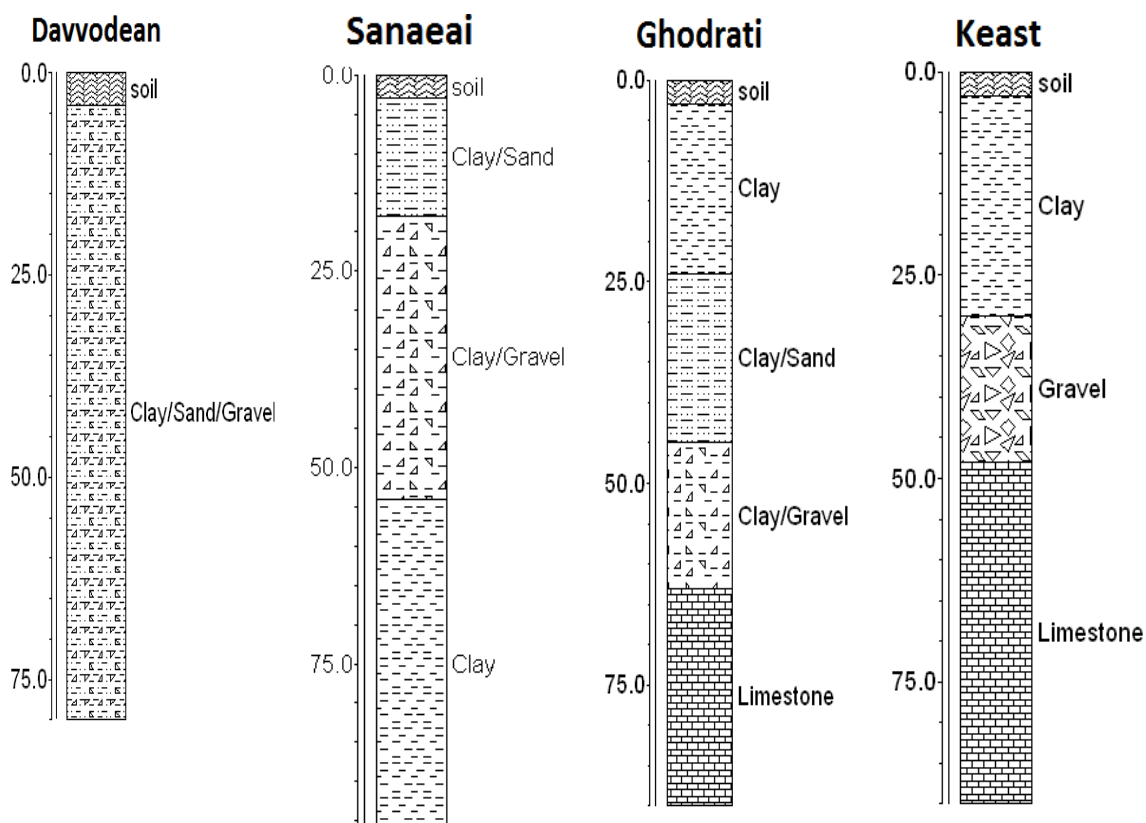
با توجه به نمودارهای زمین‌شناسی موجود در شکل (۴-۷-الف، ب، پ و ث) و اطلاعات موجود در جدول (۴-۲)، هماهنگی خوبی بین آبدهی چاه‌ها و نفوذ آنها در سازند آهکی وجود دارد و چاه‌هایی که در سازند آهکی حفاری شده‌اند دارای خصوصیات مثبت از نظر هیدروژئولوژیکی (قابلیت انتقال و ضریب ذخیره) بوده است. با توجه به اشکال (۴-۷-الف، ب، پ و ث) نمودارهای زمین‌شناسی دشت ذهاب مشاهده می‌شود که چاه‌های محمدی، تجری، کریم صفری، عظیم صفری، نیریزی، قدرتی، کیاست، نظری و ابدی در سازند کربناته آسماری - شهبازان حفاری شده‌اند و چاه‌های کشتمند، بیگمرادی، رحیمی، ثنائی، قنبری و داوودیان تنها در رسوبات آبرفتی موجود در دشت حفاری شده‌اند و به داخل سازند کربناته آسماری نفوذ نکرده‌اند. نکته‌ای که در اینجا به آن باید توجه شود این است که عمق حفاری و موقعیت قرارگیری چاه در دشت در ورود چاه به داخل سازند کربناته نقش داشته است به طوری که چاه ابدی با عمق کمتر از ۵۰ متر در سازند کربناته حفاری شده در حالی که چاه ثنائی با عمق نزدیک ۱۰۰ متر هنوز به داخل سازند کربناته نرسیده است و بیشتر چاه‌هایی که در سازند آهکی حفاری شده‌اند در قسمت‌های شرقی دشت که رسوبات آبرفتی در آنجا نازک لایه است قرار دارند و اکثر این چاه‌ها از آبدهی بالایی نسبت به چاه‌هایی که در قسمت غربی دشت و تنها در آبرفت نفوذ کرده‌اند، دارند. مرور منابع انجام شده، مورفولوژی و همچنین چینه‌شناسی منطقه امکان جریان آب زیرزمینی سازند کربناته کارستی مجاور دشت (سازند آسماری - شهبازان) از طریق همین سازند در زیر نهشته‌های آبرفتی و یا حداقل در مرز بین سازند کربناته و نهشته‌های آبرفتی را تأیید می‌کنند.



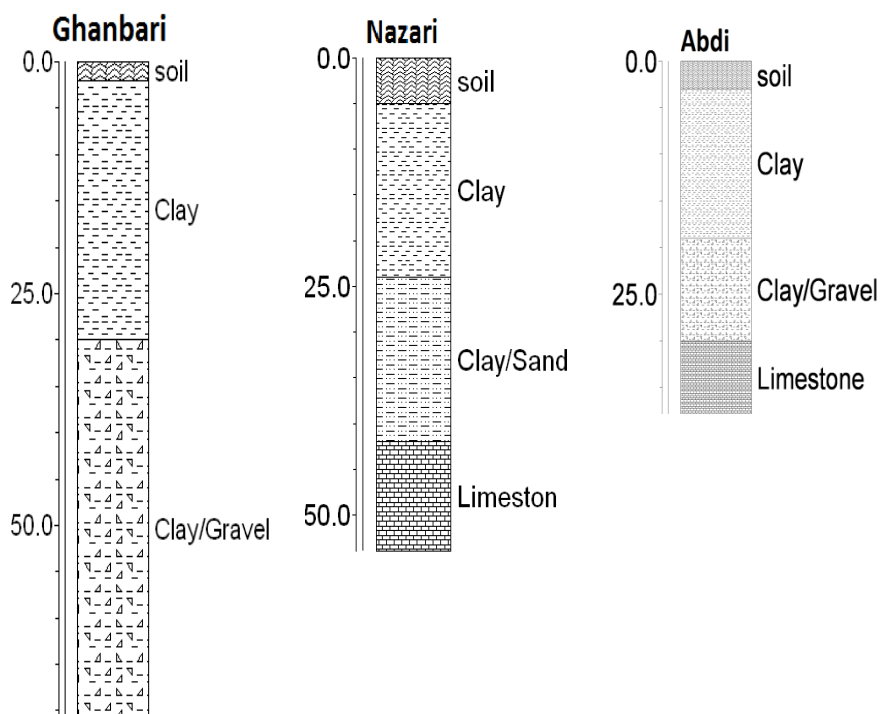
شکل ۴-۷-الف- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های محمدی، تجری، کریم صفری و کشتمند در دشت ذهاب



شکل ۴-۷-ب- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های نیریزی، رحیمی، عزیز صفری و بیگمرادی در دشت ذهاب



شکل ۴-۷-پ- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های داوودیان، ثنائی، قدرتی و کیاست در دشت ذهاب



شکل ۴-۷-ت- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های قنبری، نظری و ابدی در دشت ذهاب

### ۴-۳- ارزیابی ناهمگنی آبخوان زیرزمینی

یکی از خصوصیات مهم آبخوان‌های آب زیرزمینی ناهمگنی آنهاست. اگر چه در بسیاری از مسائل کاربردی فرض می‌شود که آبخوان‌های آب زیرزمینی همگن هستند، ولی باید ذکر کرد که در طبیعت آبخوان همگنی وجود ندارد و همه آبخوان‌ها کم و بیش ناهمگن می‌باشند. علاوه بر این، مقدار ناهمگنی در آبخوان‌های آب زیرزمینی مختلف به طور قابل توجهی متفاوت می‌باشد. ارزیابی کمی ناهمگنی موجود در آبخوان دشت می‌تواند ما را در مطالعه هر چه بهتر و بیشتر این بخش یاری رساند. بنابراین در این تحقیق سعی بر آن شده که درجه ناهمگنی در این آبخوان‌ها (دشت ذهاب و اسلام‌آباد غرب) مورد ارزیابی قرار گیرد.

با توجه به اینکه افتی که در یک چاه در حال پمپاژ حاصل می‌شود ناشی از دبی پمپاژ و خصوصیات آبخوان است. به همین خاطر برای این که تغییرات دبی را از روی داده‌ها حذف شود، داده‌های آزمایش پمپاژ تصحیح شده‌اند و در نتیجه تغییراتی که در شیب این داده‌ها در محور مختصات نیمه لگاریتمی در طی آزمایش پمپاژ ایجاد می‌شود، ناشی از توسعه مخروط افت چاه در آن لایه مورد نظر می‌باشد. در این تحقیق برای برآورد مقدار کمی شاخص ناهمگنی آبخوان آب زیرزمینی مقدار تغییرات شیب داده‌های آزمایش پمپاژ در محور نیمه لگاریتمی، زمان محور لگاریتمی) مد نظر قرار گرفته و با کمی نمودن آنها شاخص ناهمگنی آبخوان بر آورد شده است.

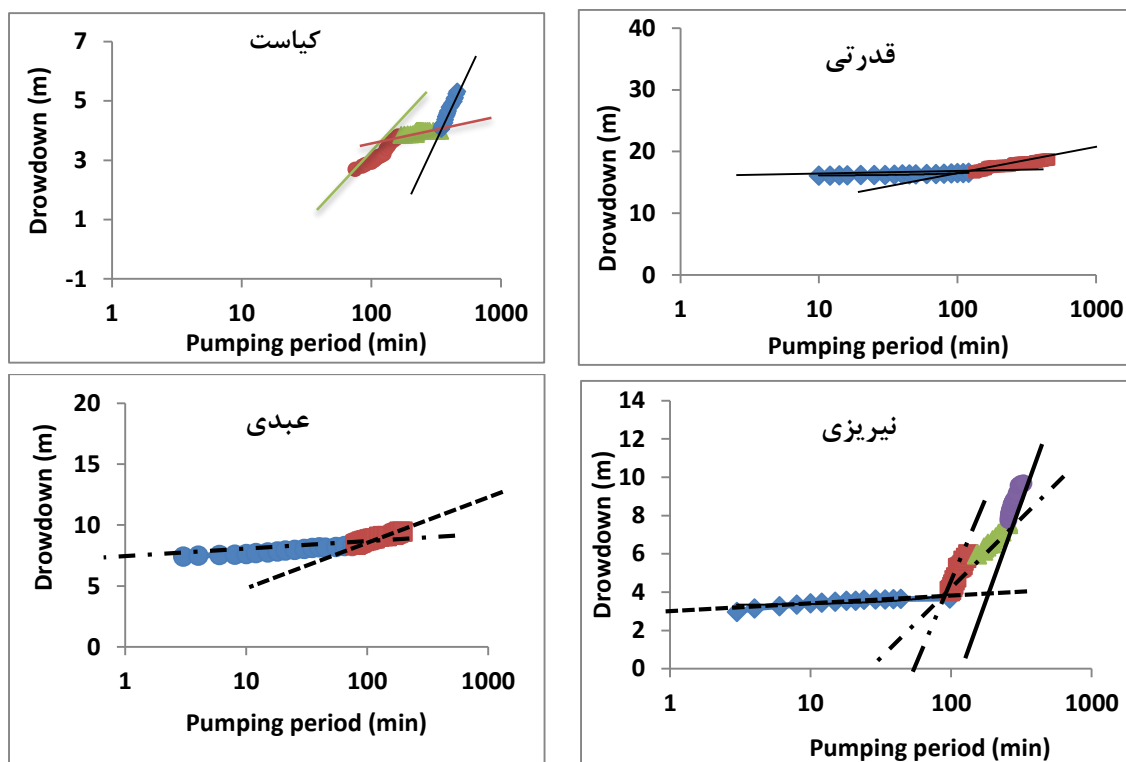
### ۴-۳-۱- ارزیابی ناهمگنی آبخوان زیرزمینی در دشت ذهاب

به منظور ارزیابی درجه ناهمگنی در این آبخوان، تعداد ۱۳ سری داده آزمایش پمپاژ مورد استفاده گرفتند. با ترسیم داده‌های تصحیح شده افت در مقابل زمان در محور نیمه لگاریتمی کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob 1946)، در آبخوان‌های ناهمگن یک خط چند شبیه‌ای حاصل می‌شود که چنین خطی نشان دهنده ناهمگنی در این دشت می‌باشد. در این بخش شاخص ناهمگنی برای دشت ذهاب محاسبه شده و نتایج حاصله در جدول (۴-۵) ارائه شده است.

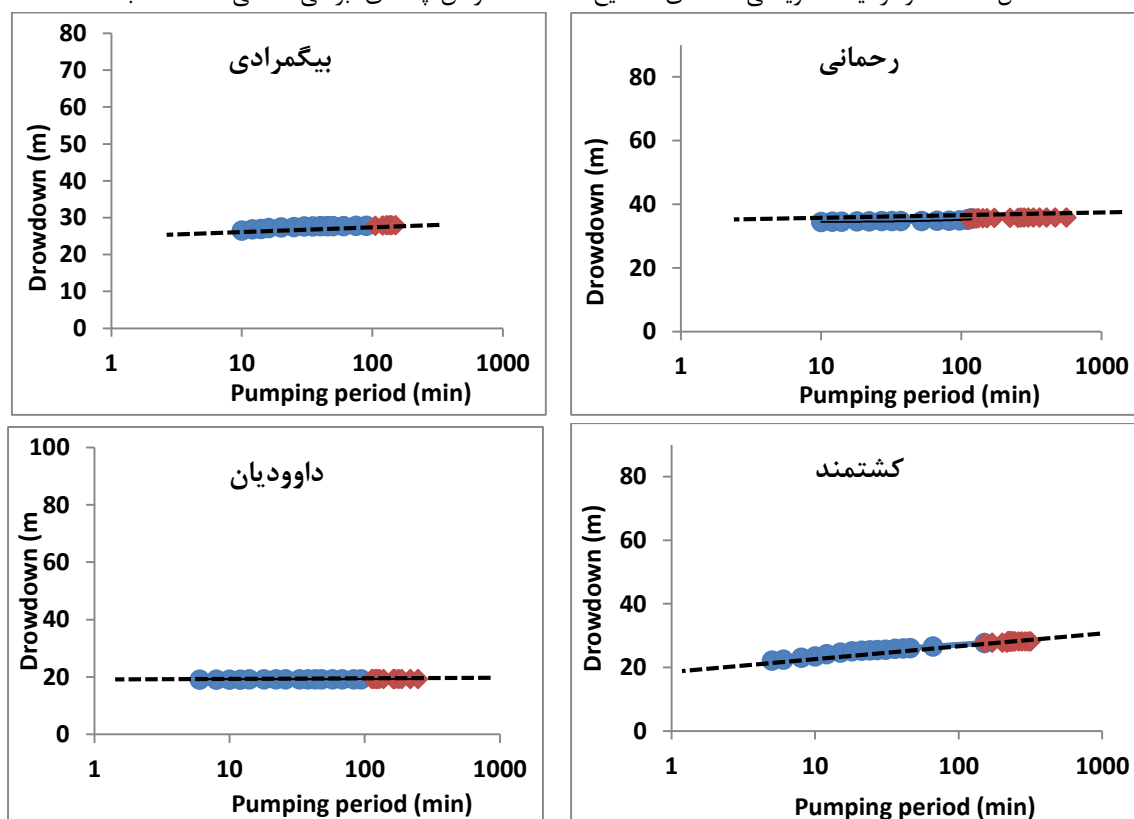
جدول ۴-۵- شاخص ناهمگنی در دشت ذهاب

| چاه‌های پمپاژ | شماره | مالک چاه         | شاخص ناهمگنی | میانگین شاخص ناهمگنی |
|---------------|-------|------------------|--------------|----------------------|
| آبرفتی        | W1    | رشید ثنایی       | ۰/۰۸۷        | ۰/۰۶۸                |
|               | W2    | وسیداد داوودیان  | ۰/۰۶۲        |                      |
|               | W3    | رحیم رحمانی      | ۰/۰۸۶        |                      |
|               | W4    | قدرت الله کشتمند | ۰/۱۰۷        |                      |
|               | W5    | پالانی جافی      | ۰/۰۱۲        |                      |
|               | W5    | بیگمرادی         | ۰/۰۵۴        |                      |
| آبرفتی - آهکی | W6    | محمد نیری        | ۰/۴۲۸        | ۰/۵۷۶                |
|               | W7    | سلمان مهدوی      | ۰/۹۹۷        |                      |
|               | W8    | حبیب قدرتی       | ۰/۵۰۵        |                      |
|               | W9    | عزیز کیاست       | ۰/۴۳۴        |                      |
|               | W10   | کاکابرا عبدی     | ۰/۳۵۱        |                      |
|               | W11   | حسین خان قنبری   | ۰/۳۴۳        |                      |
|               | W12   | جبار تجری        | ۰/۴۸۸        |                      |
|               | W13   | کریم صفری        | ۰/۷۶۴        |                      |
|               | W14   | خداداد نظری      | ۰/۸۷۳        |                      |
|               | W15   | عظیم صفری        | -            |                      |

با توجه به نتایج مندرج در جدول (۴-۵) ملاحظه می‌شود که در چاه‌های آبرفتی - آهکی شاخص ناهمگنی از ۰/۳۴ تا ۰/۹۹ متغیر بوده و میانگین آنها ۰/۵۷۶ می‌باشد و همچنین در چاه‌های آبرفتی از ۰/۰۱۲ تا ۰/۱۰۷ متغیر بوده و میانگین آنها ۰/۰۶۸ برآورد شده است. که این موضوع نشان‌دهنده ناهمگنی بالاتر در چاه‌هایی می‌باشد که علاوه بر آبخوان آبرفتی در آبخوان کارستی کربناته زیرین نیز حفاری شده‌اند و از آن تغذیه می‌شوند، می‌باشد. لازم به ذکر است که در چاه عظیم صفری در طی آزمایش پمپاژ افت ناچیزی ایجاد شده است و آن هم در پله اول و در دقایق اول پمپاژ بوده است و با اینکه این چاه با دبی بالایی (۶۵ لیتر بر ثانیه) آزمایش پمپاژ در آن صورت گرفته ولی افتی در آن ایجاد نشده است بنابراین جهت بررسی دقیق خصوصیات این چاه لازم بوده است که با دبی‌های خیلی بیشتر از این مقادیر آزمایش پمپاژ انجام شده، آزمایش صورت بگیرد و به همین خاطر بیان شاخص ناهمگنی برای آن منطقی نمی‌باشد. شکل (۴-۸) نمودار نیمه لگاریتمی داده‌های چهار تا از چاه‌های حفاری شده در آبخوان آبرفتی - آهکی که داده‌های آنها با استفاده از معادله‌ای که توسط کرمی و یانگر (Karami and Younger 2002) تصحیح دبی شده‌اند (رجوع شود به فصل سوم) و شکل (۴-۹) نمودار نیمه لگاریتمی داده‌های چهار تا از چاه‌های حفاری شده در آبخوان آبرفتی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۸- نمودار نیمه لگاریتمی داده‌های تصحیح شده افت - زمان چاه‌های آبرفتی- آهکی دشت ذهاب



شکل ۴-۹- نمودار نیمه لگاریتمی داده‌های تصحیح شده افت - زمان چاه‌های آبرفتی دشت ذهاب

همان گونه که از شکل (۴-۸) هم مشخص است داده‌های افت - زمان آزمایش پمپاژ مربوط به چاه آبرفتی - آهکی در نمودار نیمه لگاریتمی کوپر - ژاکوب (Copper and Jacob 1947) شیب یکسانی را نشان نمی‌دهند و این داده‌ها شیب‌های متغیری را در طول زمان آزمایش پمپاژ از خود نشان می‌دهند که این می‌تواند دلیلی محکمی بر ناهمگنی این آبخوان‌ها باشد. اما نمودارهای چاه‌های آبخوان آبرفتی دارای شیب تقریباً ثابتی هستند که این هم می‌تواند نسبتاً همگن بودن این آبخوان را نسبت به آبخوان آبرفتی - آهکی تأیید کند. در اینجا لازم اشاره شود که در طبیعت آبخوان همگن وجود ندارد و اینکه در بالا از آبخوان‌های آبرفتی به عنوان آبخوان همگن نامبرده شد منظور نسبت به آبخوان آبرفتی - آهکی می‌باشد چون این آبخوان از آبخوان آبرفتی - آهکی از شاخص ناهمگنی پایینی برخوردار است.

#### ۴-۱-۲- آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ دشت اسلام‌آباد غرب

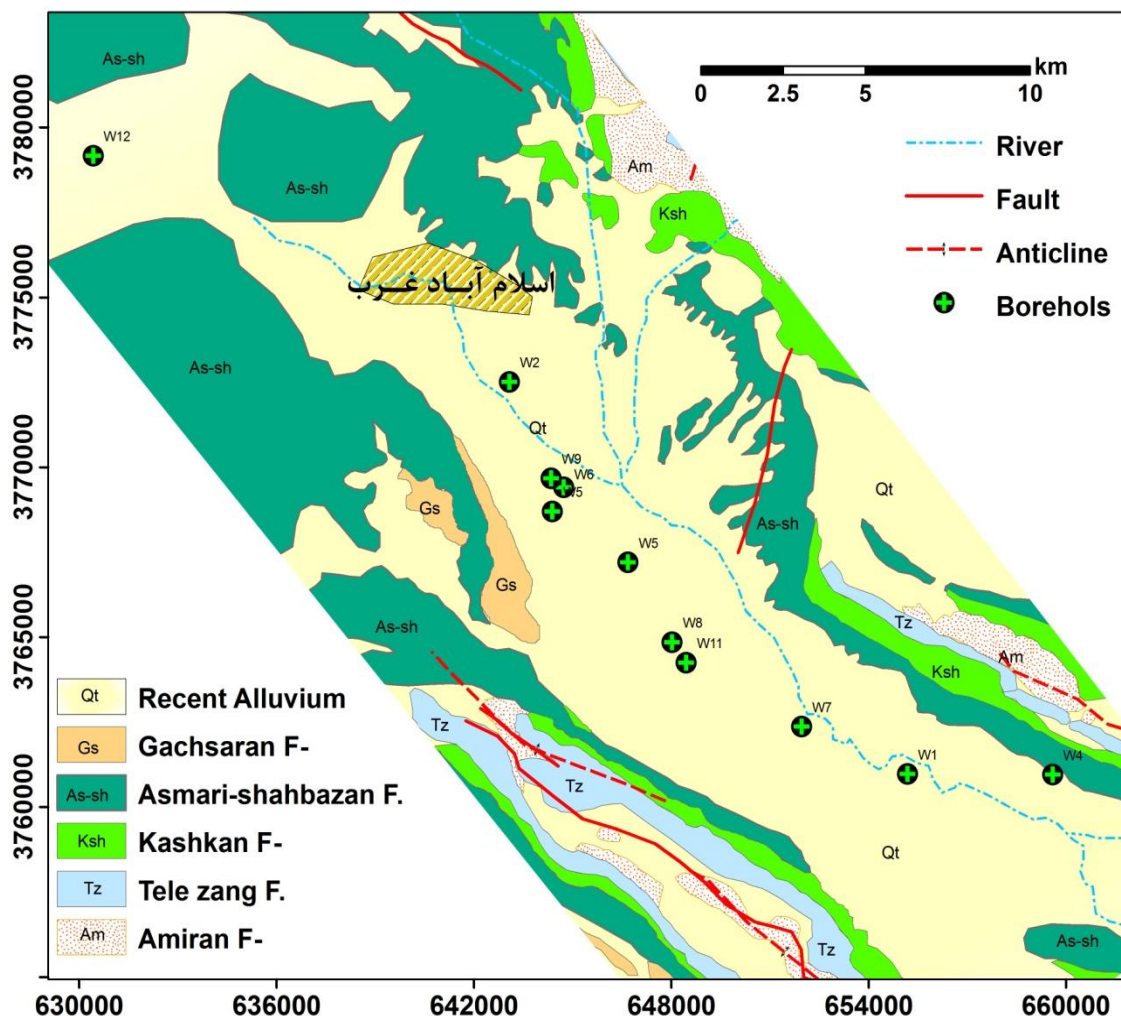
در دشت اسلام‌آباد غرب فقط داده‌های آزمایش پمپاژ افت پله‌ای موجود بود و داده‌های مربوط به آزمایش پمپاژ با دبی ثابت وجود ندارد. بنابراین برای تعیین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان تنها از داده‌های آزمایش افت پله‌ای استفاده شد.

#### ۴-۱-۲-۱- داده‌های آزمایش پمپاژ با دبی ثابت

همان‌طور که در بالا هم اشاره شد داده‌های آزمایش پمپاژ با دبی ثابت در اسلام‌آباد غرب وجود ندارد.

#### ۴-۱-۲-۲- آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای

برای آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ دشت اسلام‌آباد غرب از داده‌های چاه‌های کشاورزی که داده‌های قابل اعتمادتری داشتند ۱۳ حلقه چاه انتخاب شد شکل (۴-۱۱) موقعیت چاه‌های پمپاژ را در منطقه دشت اسلام‌آباد غرب نشان می‌دهد، داده‌های مربوط به این چاه‌ها توسط روش ایدن - هیزل (Eden and Hazel 1973) مورد آنالیز قرار گرفتند. شکل (۴-۱۰) تعدادی از نمودارهای آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای و جدول (۴-۵) نتایج حاصل از این داده‌ها را در چاه‌ها تحت این نوع آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۱- موقعیت چاه‌های پمپاژ در منطقه دشت اسلام‌آباد غرب

مقادیر قابلیت انتقال بدست آمده از روش ایدن - هیزل (Eden and Hazel 1973) مربوط به چاه‌های

تحت تأثیر آزمایش افت پله‌ای در جدول (۴-۶) ارائه شده است.

با توجه به جدول (۴-۶)، مقادیر قابلیت انتقال دشت اسلام‌آباد غرب از ۱ تا ۱۲۶۱ مترمربع بر روز

متغیر بیشترین مقادیر قابلیت انتقال مربوط به چاه‌هایی است که در آبخوان آبرفتی - آهکی حفاری

شده‌اند و کمترین آنها نیز مربوط به چاه‌هایی می‌باشد که در آبخوان آبرفتی حفاری شده‌اند. در کل

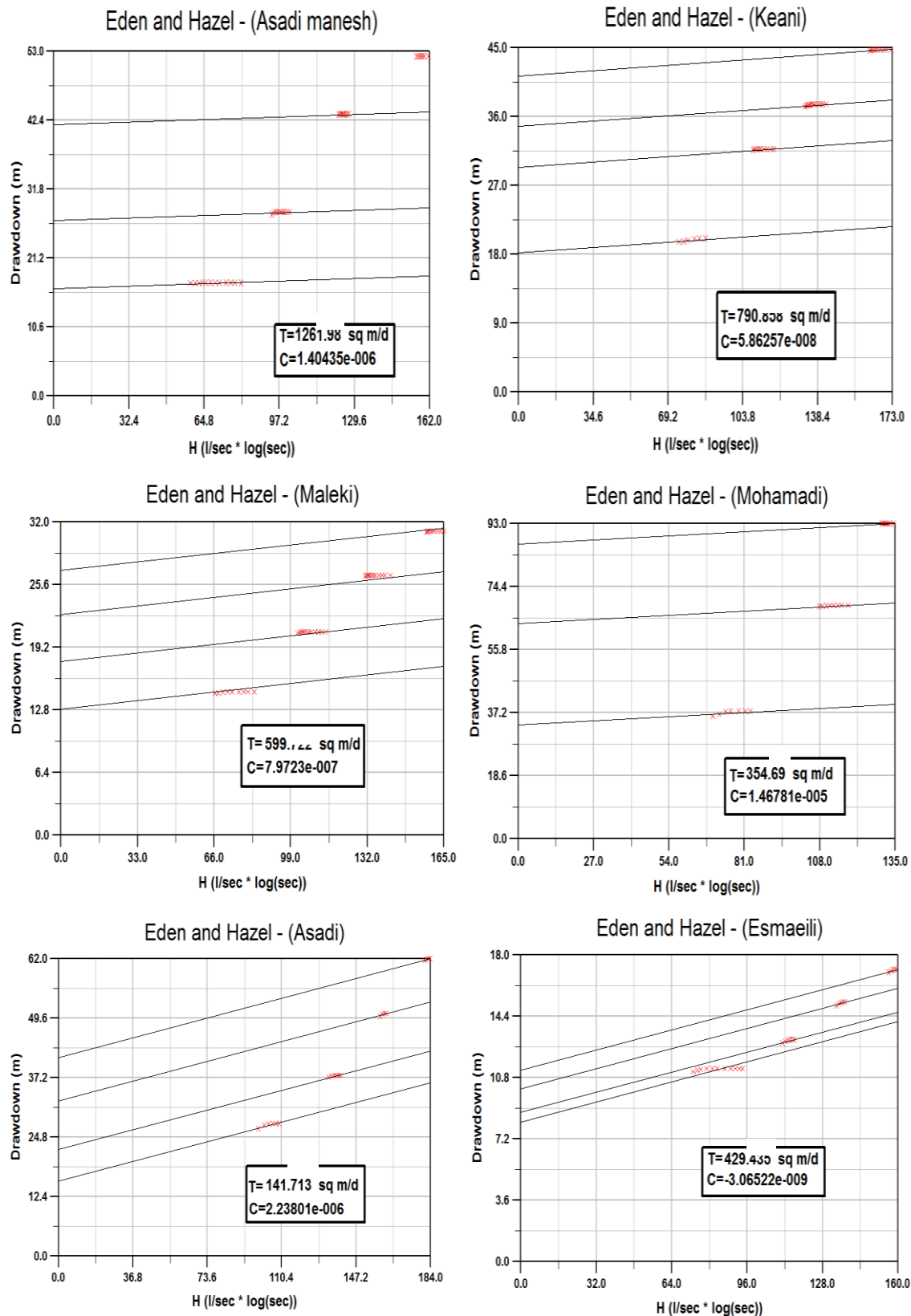
میانگین قابلیت انتقال چاه‌های که در آبخوان آبرفتی-آهکی حفاری شده بودند به مراتب بیشتر از

چاه‌های است که تنها در آبخوان آبرفتی شده‌اند. از دلایل اصلی تغییرات فاحش قابلیت انتقال مربوط

به این است که بعضی از چاه‌ها از نهشته‌های آبرفت‌های منطقه عبور کرده و به آهک‌های کارستی شده زیرین نفوذ کرده‌اند، بنابراین بالا بودن قابلیت انتقال آنها می‌تواند ناشی از توسعه کارست در سازند کربناته زیر نهشته‌های آبرفتی باشد که چاه‌ها در آن حفاری شده‌اند به طوری که چاه‌های آبرفتی با اینکه دارای عمق قابل توجهی می‌باشند ولی دارای مقادیر کم قابلیت انتقال را شامل می‌شوند. این حالت در چاه‌های حفاری شده در دشت ذهاب که در قسمت انتهایی خود وارد سازند کربناته زیرین شده بودند مشاهده شد.

جدول ۴-۶- مقادیر قابلیت انتقال محاسبه شده با استفاده از داده‌های آزمایش افت پله‌ای

| چاه‌های<br>پمپاژ    | مالک چاه  | شماره | عمق<br>چاه<br>(m) | ضخامت<br>آبخوان<br>(m) | سطح<br>ایستابی<br>اولیه<br>(m) | دبی<br>پمپاژ<br>(lit/sec) | افت<br>(m) | قابلیت<br>انتقال<br>(m <sup>2</sup> /day) |
|---------------------|-----------|-------|-------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|-------------------------------------------|
| آبرفتی              | فلاح پیشه | W1    | ۱۰۰               | ۶۴                     | ۱۹/۷                           | ۷/۷۷                      | ۷۱         | ۵                                         |
|                     | مرادی     | W2    | ۱۴۰               | ۱۲۲                    | ۳۸/۱۸                          | ۱۰/۲                      | ۹۲/۱۲      | ۱                                         |
|                     | مرادی     | W3    | ۱۲۰               | ۵۴                     | ۱۱/۴۵                          | ۱۲/۲۵                     | ۹۱/۲       | ۴                                         |
| آبرفتی<br>-<br>آهکی | منصوری    | W4    | ۸۰                | ۶۰                     | ۱۸/۶۶                          | ۲۵/۰۸                     | ۵۱/۶       | ۳۲۶                                       |
|                     | کیانی     | W5    | ۱۴۰               | ۱۱۶                    | ۲۸/۶                           | ۴۱/۵۶                     | ۴۴/۶۸      | ۷۹۰                                       |
|                     | اسدی منش  | W5    | ۱۴۵               | ۱۳۰                    | ۲۸                             | ۳۹/۳۷                     | ۵۲/۱۲      | ۱۲۶۱                                      |
|                     | اسدی      | W6    | ۱۵۰               | ۸۴                     | ۱۹/۳۵                          | ۴۱/۵۶                     | ۲۹/۸۲      | ۱۴۱                                       |
|                     | محمدی     | W7    | ۱۲۵               | ۸۴                     | ۱۹/۷۷                          | ۳۳/۲۵                     | ۹۲/۷       | ۳۴۵                                       |
|                     | اقبال‌ی   | W8    | ۱۲۰               | ۹۶                     | ۱۹/۶                           | ۳۲/۰۸                     | ۴۷/۵       | ۶۳۲                                       |
|                     | اسماعیلی  | W9    | ۱۳۰               | ۸۰                     | ۲۲/۴                           | ۳۷/۹۱                     | ۱۷/۱       | ۹۲۲                                       |
|                     | احمدی     | W10   | ۷۰                | ۳۴                     | ۲۳/۳                           | ۵۸/۳                      | ۲/۴        | ۶۴۰                                       |
|                     | ملکی      | W11   | ۸۰                | ۶۲                     | ۲۲/۷                           | ۴۰/۱                      | ۳۱         | ۵۹۹                                       |



شکل ۴-۱۰- کاربرد روش ایدن هیزل برای آنالیز داده‌های آزمایش افت پله‌ای  
( $\times$  = داده‌های استفاده شده و  $\Delta$  = داده‌های صرف نظر شده)

#### ۴-۱-۲-۳- محاسبه مؤلفه‌های افت مربوط به آزمایش افت پله‌ای

جهت محاسبه مؤلفه‌های افت در چاه‌های تحت آزمایش افت پله‌ای، تعداد نه چاه پمپاژ انتخاب شدند و نمودار های افت در برابر الگاریتم زمان آنها ترسیم شد و با استفاده از این نمودار ها و روش پیشنهادی (به فصل سوم رجوع شود)، مؤلفه‌های افت در این چاه‌ها محاسبه شد. جدول (۴-۷) مقادیر مربوط به مؤلفه‌های افت در چاه‌های با آزمایش افت پله‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۷- محاسبه مقدار افت با استفاده از آزمایش افت پله‌ای

| مالک چاه | افت آبخوان (m) | افت چاه (m) | مالک چاه      | افت آبخوان (m) | افت چاه (m) |
|----------|----------------|-------------|---------------|----------------|-------------|
| اسدی     | ۱۵/۰۵          | ۴۶/۸۳       | اسدی منش      | ۵/۳۱           | ۴۶/۸۱       |
| کیانی    | ۳/۹۵           | ۴۰/۷۳       | ابراهیم محمدی | ۱/۸۹           | ۷۸/۹۱       |
| اسمائیلی | ۲/۶۳           | ۱۴/۴۷       | ملکی          | ۲/۱۸           | ۲۸/۸۲       |
| اقبالی   | ۶/۳۶           | ۴۱/۱۴       | احمدی         | ۰/۷۵           | ۱/۶۵        |

با توجه به جدول (۴-۷) مشاهده می‌شود که در اسلام‌آباد غرب نیز در بعضی چاه‌ها افت آبخوان بیشتر از افت چاه است و در بعضی از چاه‌ها افت چاه بیشتر از افت آبخوان است. برای بررسی نحوه تغییرات مقدار افت‌های چاه و آبخوان در برابر مقدار دبی پمپاژ به قابلیت انتقال نمودارهای مربوطه رسم گردید. این دشت به علت کم بودن تعداد داده‌های آزمایش پمپاژ هیچ روندی بین داده‌های افت آبخوان و افت چاه وجود ندارد.

#### ۴-۱-۲-۴- محاسبه افت ویژه و دبی ویژه

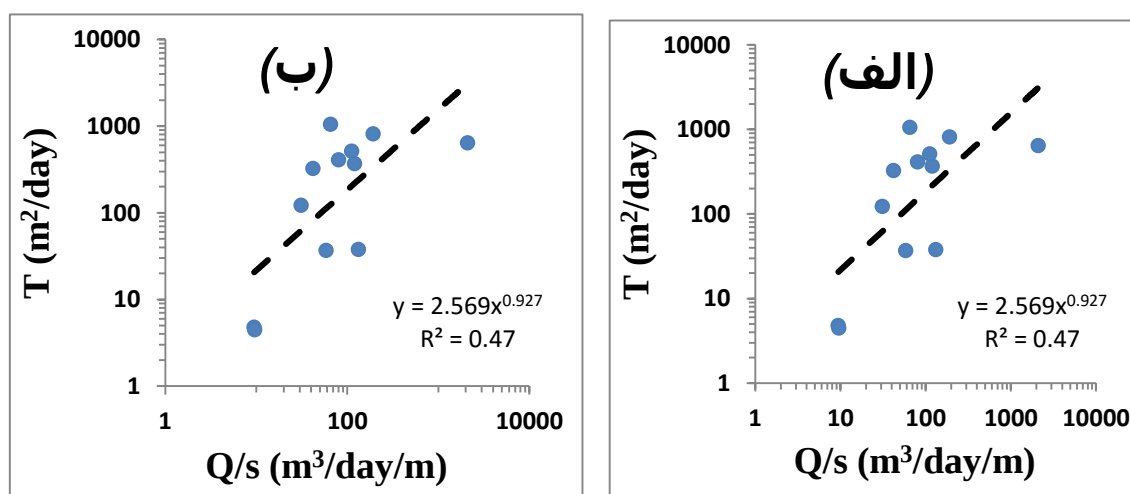
دبی ویژه یا ظرفیت ویژه از تقسیم میزان دبی پمپاژ به کل میزان افتی که در چاه بدست آمده است، حاصل می‌شود. میزان افت ویژه نیز از تقسیم میزان افت کل چاه به دبی پمپاژ بدست می‌آید. از دبی ویژه به عنوان یک پارامتر جهت محاسبه کارایی چاه و افت ویژه جهت محاسبه ضرایب چاه استفاده می‌شود. با استفاده از مقادیر دبی و افت کل چاه، دبی ویژه و افت ویژه در ۱۱ چاه پمپاژ محاسبه شده و نتایج در جدول (۴-۸) ارائه شده است. با توجه به این جدول بیشترین مقادیر دبی ویژه برابر ۲۰۹۸/۸ متر مکعب بر روز در متر مربوط به چاه‌های آبرفتی - آهکی و کمترین آن ۹/۴۶ متر مکعب بر روز در متر مربوط به چاه‌های آبرفتی می‌باشد و متوسط دبی ویژه در چاه‌های آبرفتی - آهکی ۲۹۳

مترمکعب بر روز در متر و متوسط افت ویژه ۰/۰۱۳ متر در مترمکعب بر روز و متوسط دبی ویژه در چاه‌های آبرفتی ۹/۸۱ متر مکعب بر روز در متر و متوسط افت ویژه ۰/۱۰۵ متر در مترمکعب بر روز می‌باشد.

جدول ۴-۸- مقادیر دبی ویژه و افت ویژه در چاه‌های تحت تأثیر آزمایش پمپاژ

| چاه‌های پمپاژ | شماره | مالک چاه    | افت کل (m) | دبی پمپاژ (m <sup>3</sup> /day) | دبی ویژه (m <sup>3</sup> /day/m) | افت ویژه (m/m <sup>3</sup> /day) |
|---------------|-------|-------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| آبرفتی        | W1    | فلاحی پیشه  | ۷۱         | ۶۷۱                             | ۹/۴۶                             | ۰/۱۰۵۸                           |
|               | W2    | مرادی       | ۹۲/۱۲      | ۸۸۱                             | ۹/۵۷                             | ۰/۱۰۴۵                           |
|               | W3    | مصطفی مرادی | ۹۱/۲       | ۱۰۵۸                            | ۱۱/۶۱                            | ۰/۰۸۶۲                           |
| آبرفتی - آهکی | W4    | منصوری      | ۵۱/۶       | ۲۱۶۶                            | ۴۱/۹۹                            | ۰/۰۲۳۸                           |
|               | W5    | کیانی       | ۴۴/۶۸      | ۳۵۹۰                            | ۸۰/۳۷                            | ۰/۰۱۲۴                           |
|               | W5    | اسدی منش    | ۵۲/۱۲      | ۳۴۰۱                            | ۶۵/۲۶                            | ۰/۰۱۵۳                           |
|               | W6    | اسدی        | ۲۹/۷۸      | ۳۵۹۰                            | ۱۲۰/۴۲                           | ۰/۰۰۸۳                           |
|               | W7    | محمدی       | ۹۲/۷۰      | ۲۸۷۲                            | ۳۰/۹۹                            | ۰/۰۳۲۳                           |
|               | W8    | اقبال       | ۴۷/۵       | ۲۷۷۱                            | ۵۸/۳۵                            | ۰/۰۱۷                            |
|               | W9    | اسماعیلی    | ۱۷/۱۰      | ۳۲۷۵                            | ۱۹۱/۵۵                           | ۰/۰۰۵۲                           |
|               | W10   | احمدی       | ۲/۴۰       | ۵۰۳۷                            | ۲۰۹۸/۸۰                          | ۰/۰۰۰۵                           |
|               | W11   | ملکی        | ۳۱         | ۳۴۶۴                            | ۱۱۱/۷۶                           | ۰/۰۰۸۹                           |

با استفاده از مقادیر مندرج در جدول (۴-۸)، روابط بین این پارامترها با قابلیت انتقال ترسیم شده است. شکل (۴-۱۲) روابط بین مقادیر قابلیت انتقال با مقادیر دبی ویژه و افت ویژه را نشان می‌دهد.



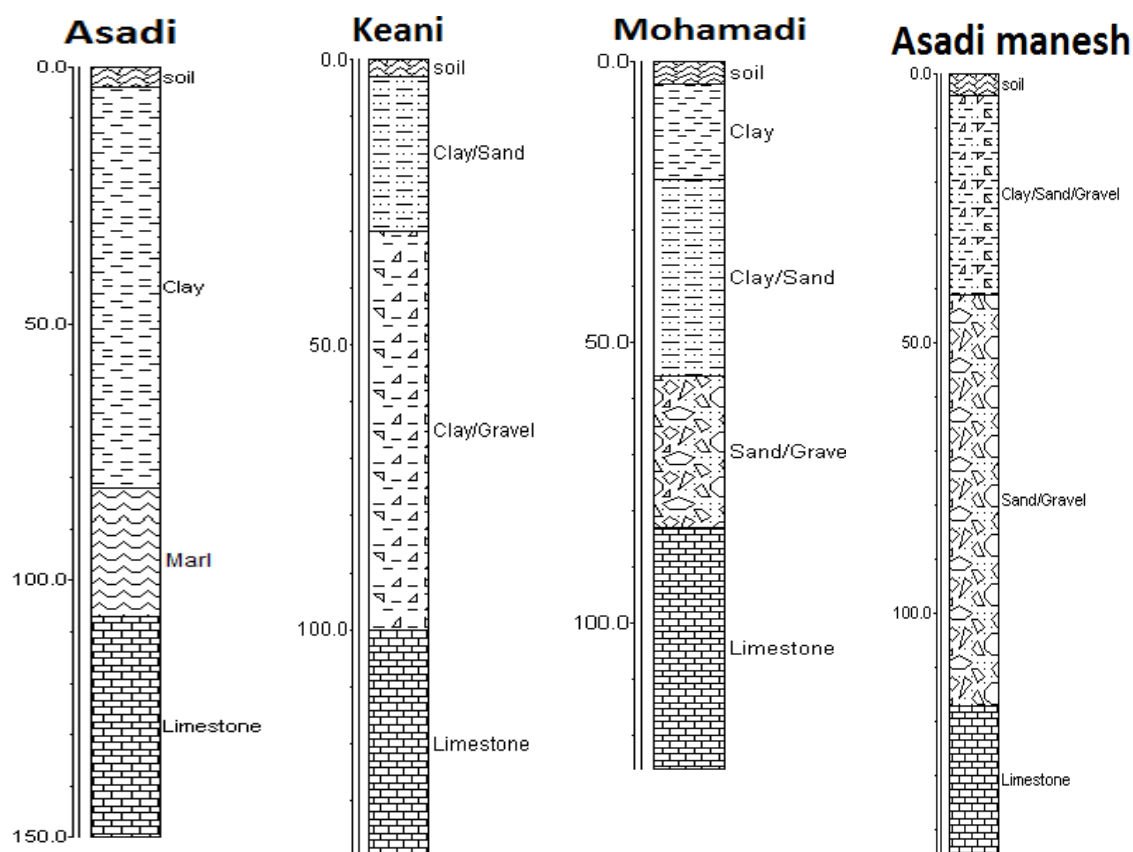
شکل ۴-۱۲ - روابط بین قابلیت انتقال با افت ویژه و دبی ویژه

با توجه به شکل (۴-۱۲-الف) مشاهده می‌شود که قابلیت انتقال با دبی ویژه رابطه مستقیم، در حالی که در شکل (۴-۱۲-ب) قابلیت انتقال با افت ویژه رابطه معکوس نشان می‌دهد.

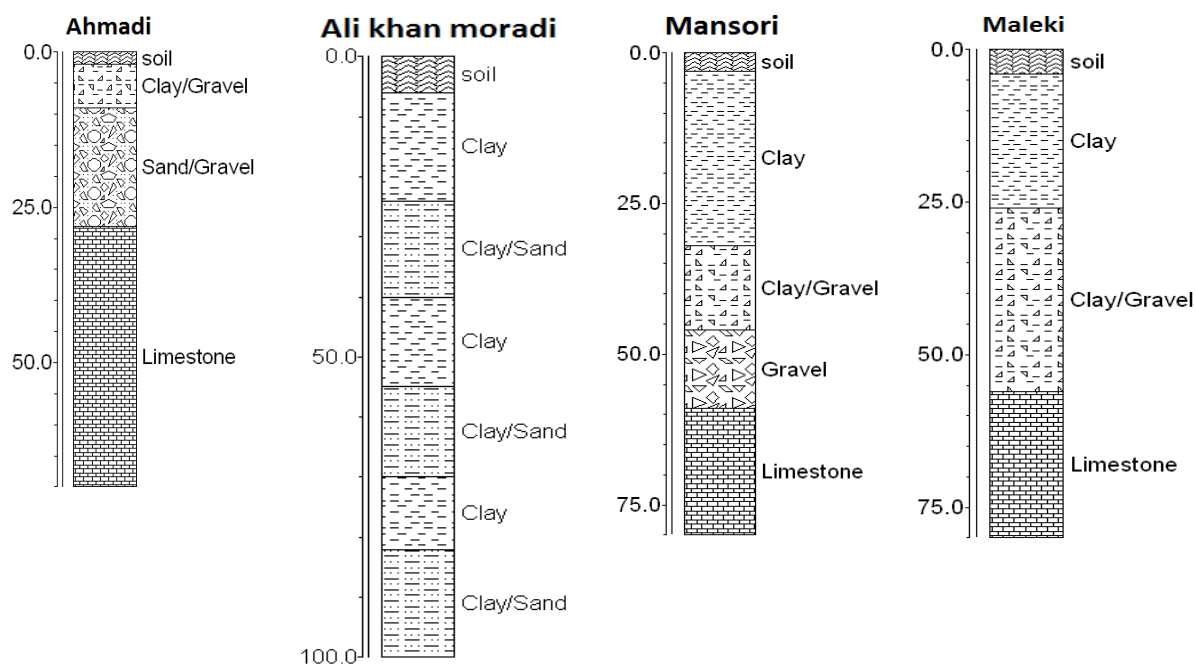
#### ۴-۲-۲- نمودارهای زمین‌شناسی چاه‌های موجود در منطقه دشت اسلام‌آباد

با توجه به نمودارهای زمین‌شناسی موجود در شکل (۴-۱۳) و اطلاعات موجود در جدول (۴-۶)، هماهنگی خوبی بین آبدهی چاه‌ها و نفوذ آنها در سازند آهکی وجود دارد و این بیان‌گر این مطلب است که در این منطقه چاه‌هایی که در سازند آهکی حفاری شده‌اند دارای خصوصیات مثبت از نظر هیدروژئولوژیکی (قابلیت انتقال و ضریب ذخیره) هستند.

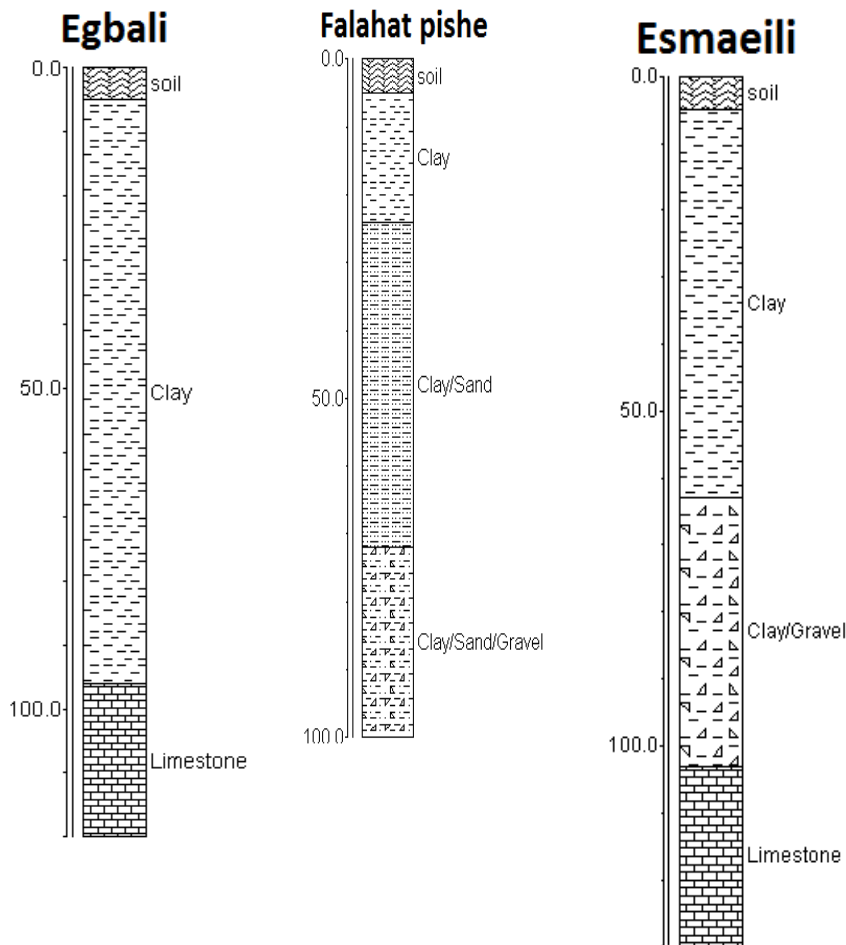
با توجه به نمودارهای زمین‌شناسی موجود در اشکال (۴-۱۳-الف، ب، پ) و اطلاعات موجود در جدول (۴-۶)، همانند دشت ذهاب، هماهنگی خوبی بین آبدهی چاه‌ها و نفوذ آنها در سازند آهکی وجود دارد و چاه‌هایی که در سازند آهکی حفاری شده‌اند دارای خصوصیات مثبت از نظر هیدروژئولوژیکی بوده است. با توجه به اشکال (۴-۱۳-الف، ب، پ و ث) نمودارهای زمین‌شناسی دشت ذهاب مشاهده می‌شود که چاه‌های اسدی، کیانی، محمدی، اسدی منش، احمدی، مارگیرانی، ملکی، منصوری، اقبالی، اسمائیلی در سازند کربناته آسماری - شهبازان حفاری شده‌اند و چاه‌های فلاح‌پیشه و علی‌خان مرادی تنها در رسوبات آبرفتی موجود در دشت حفاری شده‌اند و به داخل سازند کربناته آسماری نفوذ نکرده‌اند. نکته‌ای که در اینجا به آن باید توجه شود این است که عمق حفاری و موقعیت قرارگیری چاه در دشت در ورود چاه به داخل سازند کربناته نقش داشته است و اکثر چاه‌های آبرفتی آهکی از آبدهی بالایی نسبت به چاه‌هایی که تنها در آبرفت نفوذ کرده‌اند، دارند. مرور منابع انجام شده، مورفولوژی و همچنین چینه‌شناسی منطقه امکان جریان آب زیرزمینی سازند کربناته کارستی مجاور دشت (سازند آسماری - شهبازان) از طریق همین سازند در زیر نهشته‌های آبرفتی و یا حداقل در مرز بین سازند کربناته و نهشته‌های آبرفتی را همانند دشت ذهاب تأیید می‌کنند. در لازم به ذکر است چاه مارگیرانی در هم در رسوبات آبرفتی و هم آهکی حفاری شده است ولی به خاطر اینکه سطح آب زیرزمینی پایین‌تر از لایه آبرفتی است به همین خاطر جزء چاه‌های آهکی نامبرده شده است.



شکل ۴-۱۳- الف- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های اسدی، کیانی، محمدی و اسدی منش در دشت اسلام‌آباد غرب



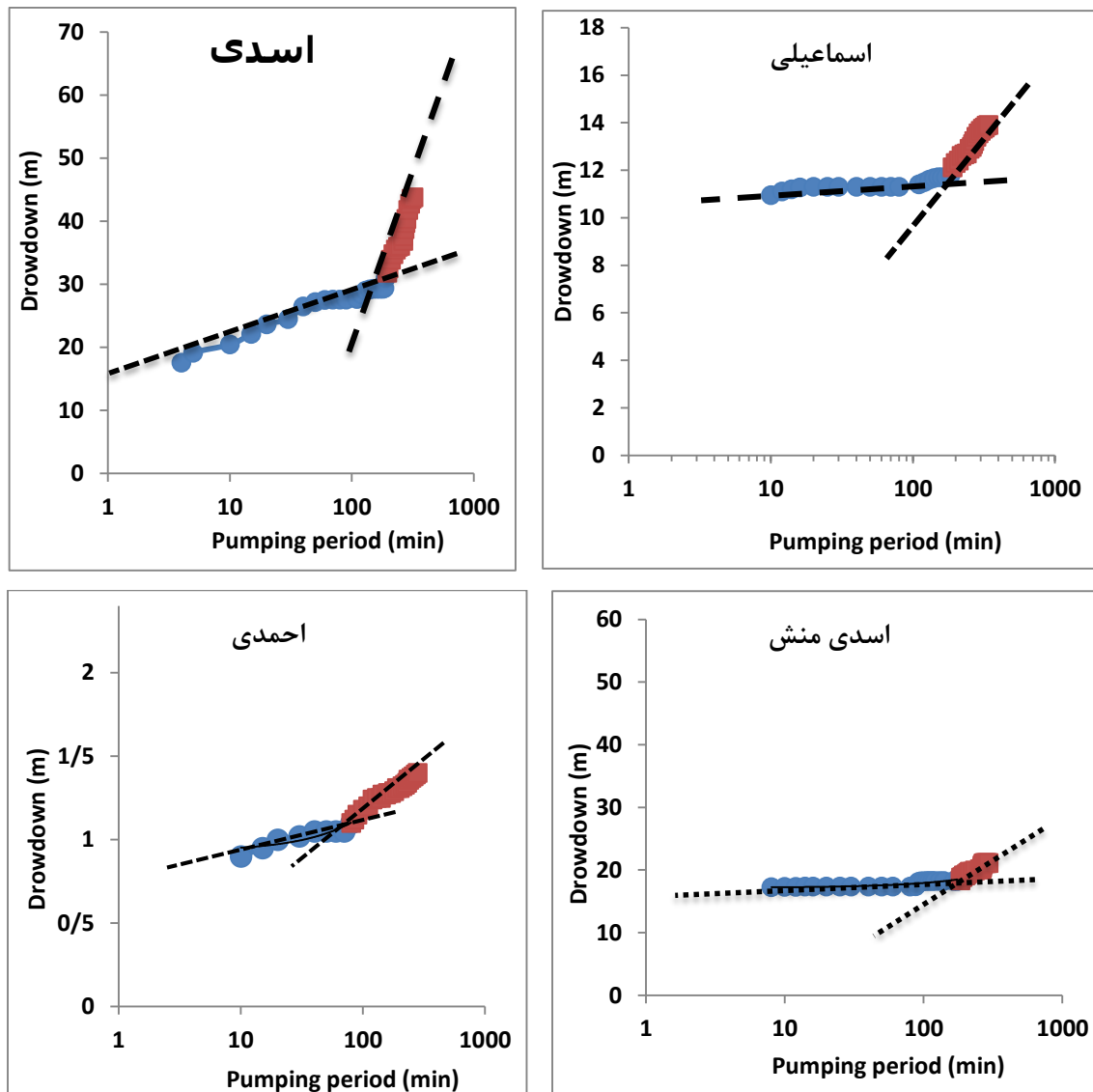
شکل ۴-۱۳- ب- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های احمدی، علی‌خان مرادی، منصوری و ملکی در دشت اسلام‌آباد غرب



شکل ۴-۱۳- پ- نمودار زمین‌شناسی چاه‌های، فلاحت پیشه، اسمائیلی و اقبالی در دشت اسلام‌آباد غرب

#### ۴-۳-۲- ارزیابی ناهمگنی آبخوان زیرزمینی در دشت اسلام‌آباد غرب

به منظور ارزیابی درجه ناهمگنی در این آبخوان، تعداد ۱۲ سری داده آزمایش پمپاژ مورد استفاده گرفتند. با ترسیم داده‌های تصحیح شده افت در مقابل زمان در محور نیمه لگاریتمی کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob 1946)، در آبخوان‌های ناهمگن یک خط چند شبیه‌ای حاصل می‌شود که چنین خطی نشان دهنده ناهمگنی در این دشت می‌باشد. در این بخش شاخص ناهمگنی برای دشت اسلام‌آباد غرب محاسبه شده (بر اساس معادله) و نتایج حاصله در جدول (۴-۹) ارائه شده است. شکل (۴-۱۴) چهار حلقه چاه که هم در بخش آبرفتی و کربناته کارستی شده حفاری شده‌اند را نشان می‌دهند.



شکل ۴-۱۴- ناهمگنی چاه‌های آبرفتی و آهکی دشت اسلام آباد غرب

با توجه به نتایج مندرج در جدول (۴-۹) ملاحظه می‌شود که مقادیر شاخص ناهمگنی برای آبخوان موجود در این منطقه از ۰/۰۱۹ تا ۰/۹۸۳ متغیر می‌باشد که کمترین مقدار مربوط به آبخوان‌های آبرفتی و بیشترین آن نیز مربوط به آبخوان‌های آبرفتی-آهکی می‌باشد و در کل میانگین این پارامتر برای آبخوان‌های آبرفتی-آهکی به مراتب بیشتر از آبخوان‌های آبرفتی می‌باشد. چاه‌های آبرفتی در این منطقه با توجه به دانه‌ریز بودن بافت خاک آنها معمولاً دارای آبدهی پایینی می‌باشند و در طی آزمایش پمپاژ فقط یک پله آزمایش در آنها انجام شده است، و این چاه‌ها دارای متوسط شاخص ناهمگنی برابر ۰/۰۲۵ می‌باشد که نسبت به چاه‌های آبرفتی - آهکی خیلی کمتر می‌باشد.

جدول ۴-۹- مقادیر شاخص ناهمگنی در دشت اسلام‌آباد غرب

| چاه‌هی پمپاژ  | شماره | مالک چاه      | شاخص ناهمگنی | متوسط شاخص ناهمگنی |
|---------------|-------|---------------|--------------|--------------------|
| آبرفتی        | W1    | فلاح‌ت پیشه   | ۰/۰۳۲        | ۰/۰۲۵              |
|               | W2    | علی‌خان مرادی | ۰/۰۲۵        |                    |
|               | W3    | مصطفی‌مرادی   | ۰/۰۱۹        |                    |
| آبرفتی - آهکی | W4    | منصوری        | ۰/۹۱۳        | ۰/۴۴۹              |
|               | W5    | کیانی         | ۰/۰۴۹۵       |                    |
|               | W5    | اسدی منش      | ۰/۴۴۸        |                    |
|               | W6    | اسدی          | ۰/۳۳۸        |                    |
|               | W7    | محمدی         | ۰/۹۸۳        |                    |
|               | W8    | اقبال‌ی       | ۰/۲۶۷        |                    |
|               | W9    | اسماعیلی      | ۰/۶۲۹        |                    |
|               | W10   | احمدی         | ۰/۳          |                    |
|               | W11   | ملکی          | ۰/۱۱۹        |                    |

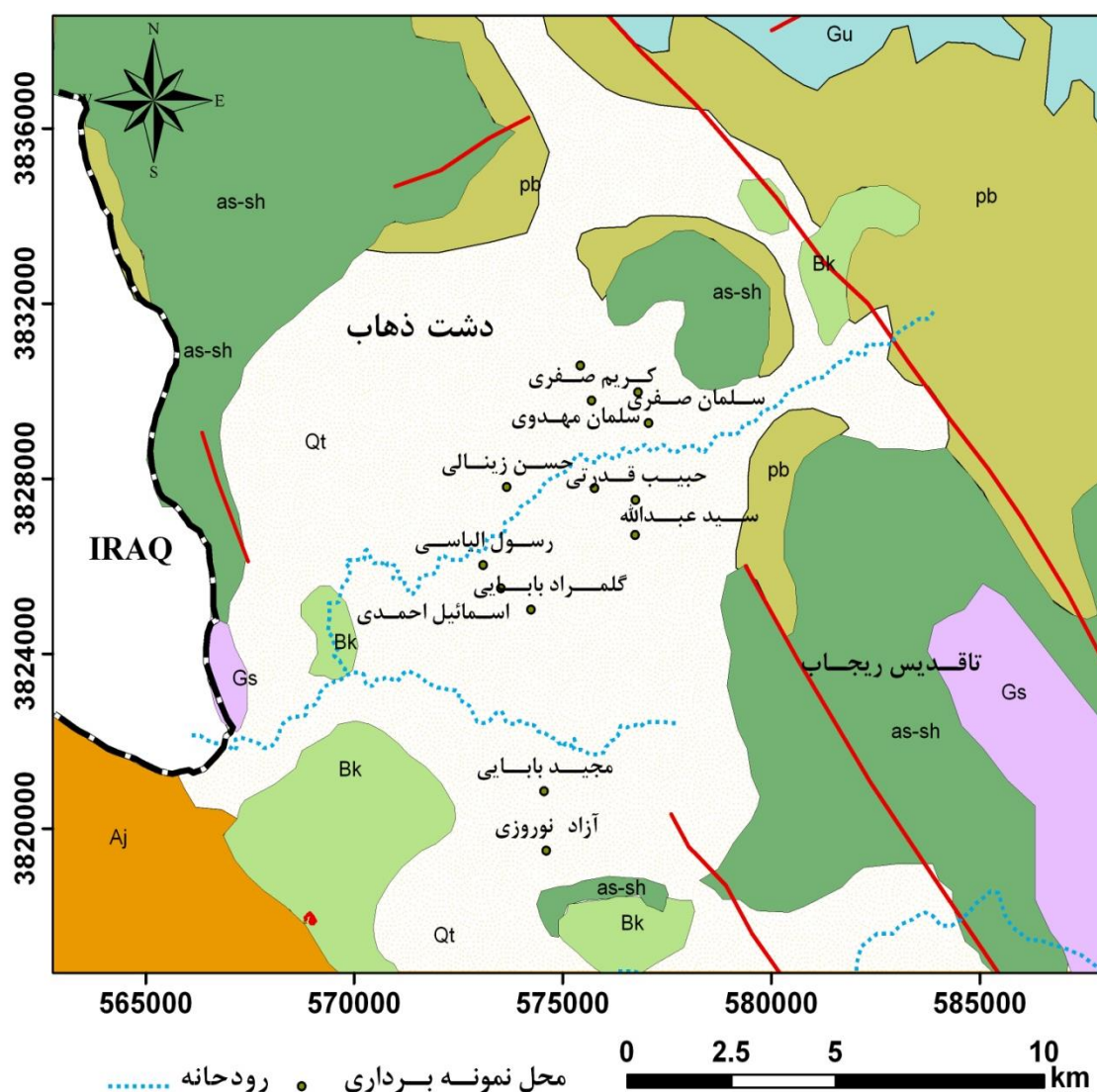
## فصل پنجم: بررسی هیدروژئوشیمیایی و ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های مناطق مورد مطالعه

### ۵-۱- مقدمه

منابع آب زیرزمینی از مهمترین منابع تأمین کننده آب شیرین هستند که بررسی و اکتشاف آنها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که آبخوان‌های آبرفتی از نظر میزان ذخیره آب زیرزمینی از پتانسیل بالایی برخوردار هستند، علاوه بر این سازندهای سخت نظیر سازندهای آهکی و کنگلومرایی نیز توانایی تشکیل آبخوان‌های با ارزشی دارند (Hunt *et al.* 1988). با توجه به خصوصیات ذاتی سازندهای سخت، در مناطقی که توانایی ایجاد آبخوان را پیدا می‌کنند تا حدودی هیدروشیمی این آبخوان‌ها را تحت تأثیر مواد قابل حل خود قرار می‌دهند (Cruz *et al.* 2004). با توجه به این که در مناطق مورد مطالعه (دشت ذهاب و دشت اسلام‌آباد غرب) منابع آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی، در مجاورت و همچنین بر روی آبخون‌های کارستی واقع شده‌اند، خصوصیات هیدروشیمیایی آبخوان‌های آبرفتی و عوامل تأثیرگذار بر این خصوصیات باید مورد ارزیابی قرار گیرد. در بخش‌های بعدی به طور جداگانه به ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی دشت‌های ذهاب و اسلام‌آباد غرب پرداخته می‌شود.

## ۵-۲- خصوصیات هیدروژئوشیمیایی محدوده دشت ذهاب

به منظور بررسی خصوصیات کیفی آبخوان‌های محدوده دشت ذهاب از ۱۳ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق موجود در منطقه در تیرماه ۱۳۸۸ (فصل خشک) نمونه‌برداری شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری شامل هدایت الکتریکی، اسیدیته و همچنین دمای آب می‌باشد. سایر پارامترهای کیفی شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، کلر و سولفات می‌باشند که در آزمایشگاه آب منطقه‌ای کرمانشاه اندازه‌گیری شده‌اند. شکل (۵-۱) موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری از منطقه

فصل پنجم: بررسی هیدروژئوشیمیایی و ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های مناطق مورد مطالعه

جدول ۵-۱- مقادیر پارامترهای هیدروژئوشیمیایی چاه‌های منطقه

| ردیف | محل نمونه‌برداری | X      | Y       | EC<br>( $\mu$ mhos/cm) | غلظت یون‌ها (epm) |      |      |   | Sum<br>Cation | غلظت یون‌ها (epm) |                  |      |                 | Sun Anion | pH   | درصد<br>خطا |
|------|------------------|--------|---------|------------------------|-------------------|------|------|---|---------------|-------------------|------------------|------|-----------------|-----------|------|-------------|
|      |                  |        |         |                        | Ca                | Mg   | Na   | K |               | CO <sub>3</sub>   | HCO <sub>3</sub> | Cl   | SO <sub>4</sub> |           |      |             |
| w1   | حسن زینالی       | 573652 | 3827804 | 524                    | 3.12              | 2    | 0.74 | 0 | 5.86          | 0.00              | 4.6              | 0.52 | 0.68            | 5.8       | 7.45 | 0.51        |
| w2   | کریم صفری        | 575695 | 3829778 | 579                    | 3.6               | 2.06 | 0.61 | 0 | 6.27          | 0.00              | 5                | 0.45 | 0.74            | 6.19      | 7.44 | 0.64        |
| w3   | رحمان قنبری      | 575417 | 3830580 | 525                    | 3.2               | 1.94 | 0.65 | 0 | 5.79          | 0.00              | 4                | 0.4  | 0.73            | 5.13      | 7.32 | 6.04        |
| w4   | سلمان مهدوی      | 576801 | 3829971 | 557                    | 2.75              | 1.95 | 0.4  | 0 | 5.1           | 0.00              | 3.95             | 0.4  | 0.67            | 5.02      | 7.47 | 0.79        |
| w5   | سلمان صفری       | 577052 | 3829273 | 634                    | 3.25              | 2.87 | 0.75 | 0 | 6.87          | 0.00              | 5.65             | 0.42 | 0.73            | 6.8       | 7.44 | 0.51        |
| w6   | حبیب قدرتی       | 576739 | 3827514 | 544                    | 3                 | 2.32 | 0.6  | 0 | 5.92          | 0.00              | 4.65             | 0.4  | 0.79            | 5.84      | 7.62 | 0.68        |
| w7   | صابر نیری‌زی     | 575759 | 3827780 | 520                    | 2.8               | 2.41 | 0.56 | 0 | 5.77          | 0.00              | 4.67             | 0.38 | 0.65            | 5.7       | 7.48 | 0.61        |
| w8   | سید عبدالله      | 576738 | 3826713 | 563                    | 2.98              | 2.58 | 0.64 | 0 | 6.2           | 0.00              | 5                | 0.4  | 0.71            | 6.11      | 7.45 | 0.73        |
| w9   | گلمراد بابایی    | 574242 | 3825011 | 761                    | 6.28              | 4.33 | 0.89 | 0 | 11.5          | 0.00              | 9.8              | 0.52 | 1.07            | 11.39     | 7.21 | 0.48        |
| w10  | رسول الیاسی      | 573093 | 3826021 | 971                    | 4.9               | 3.32 | 1.65 | 0 | 9.87          | 0.00              | 7.4              | 1.2  | 1.16            | 9.76      | 7.21 | 0.56        |
| w11  | اسمائیل احمدی    | 573516 | 3825493 | 787                    | 4                 | 3.16 | 1.16 | 0 | 8.32          | 0.00              | 7                | 0.54 | 0.68            | 8.22      | 7.33 | 0.6         |
| w12  | مجید بابایی      | 574548 | 3820857 | 699                    | 3.7               | 3.2  | 0.64 | 0 | 7.54          | 0.00              | 6.15             | 0.52 | 0.74            | 7.41      | 7.25 | 0.87        |
| w13  | آزاد نوروزی      | 574600 | 3819503 | 582                    | 3                 | 2.88 | 0.47 | 0 | 6.35          | 0.00              | 5.2              | 0.42 | 0.64            | 6.26      | 7.36 | 0.71        |

جدول ۵-۲- مقادیر پارامترهای محاسبه شده چاه‌های منطقه

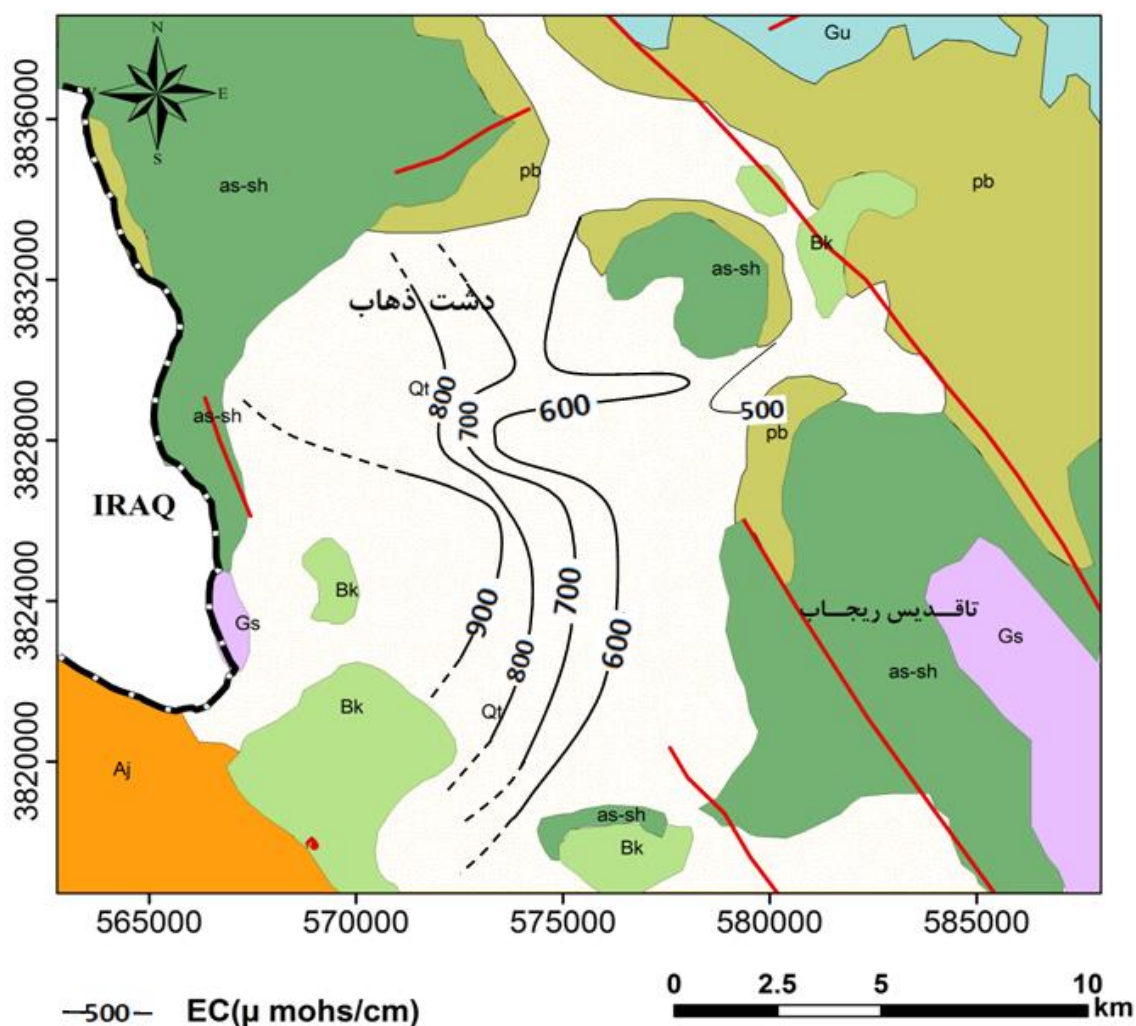
| محل نمونه برداری | SAR  | Na%   | سختی کل بر حسب (CaCO <sub>3</sub> ) | T.D.I (meq/l) | T.D.S (mg/l) | $\frac{HCO_3}{\sum Anions}$ | $\frac{Mg}{(Mg+Ca)}$ |
|------------------|------|-------|-------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------|----------------------|
| حسن زینالی       | ۰/۴۶ | ۱۲/۶۲ | ۲۵۶                                 | ۱۱/۶۶         | ۳۷۸          | ۰/۲۸                        | ۰/۸۵                 |
| کریم صفری        | ۰/۳۶ | ۹/۷۲  | ۲۸۳                                 | ۱۲/۴۶         | ۴۰۶          | ۰/۲۶                        | ۰/۸۶                 |
| رحمان قنبری      | ۰/۴۰ | ۱۱/۲۳ | ۲۵۷                                 | ۱۰/۹۲         | ۳۷۵          | ۰/۲۷                        | ۰/۸۳                 |
| سلمان مهدوی      | ۰/۲۶ | ۷/۸۴  | ۲۳۵                                 | ۱۰/۱۲         | ۳۳۰          | ۰/۳۰                        | ۰/۸۴                 |
| سلمان صفری       | ۰/۴۳ | ۱۰/۹۱ | ۳۰۶                                 | ۱۳/۶۷         | ۴۴۵          | ۰/۳۵                        | ۰/۸۷                 |
| حبیب قدرتی       | ۰/۳۷ | ۱۰/۱۳ | ۲۶۶                                 | ۱۱/۷۶         | ۳۸۴          | ۰/۳۲                        | ۰/۸۴                 |
| صابر نیری        | ۰/۳۴ | ۹/۷   | ۲۶۰                                 | ۱۱/۴۷         | ۳۷۴          | ۰/۳۴                        | ۰/۸۶                 |
| سید عبدالله      | ۰/۴۰ | ۱۰/۳۲ | ۲۷۸                                 | ۱۲/۳۱         | ۴۰۳          | ۰/۳۴                        | ۰/۸۶                 |
| گلمراد بابایی    | ۰/۴۰ | ۷/۷۳  | ۵۳۱                                 | ۲۲/۸۹         | ۷۶۶          | ۰/۲۹                        | ۰/۹۰                 |
| رسول الیاسی      | ۰/۸۳ | ۱۶/۷۱ | ۴۱۱                                 | ۱۹/۶۳         | ۶۵۹          | ۰/۲۹                        | ۰/۸۲                 |
| اسمائیل احمدی    | ۰/۶۲ | ۱۳/۹۵ | ۳۵۸                                 | ۱۶/۵۴         | ۵۷۷          | ۰/۳۲                        | ۰/۸۹                 |
| مجید بابایی      | ۰/۳۵ | ۸/۴۹  | ۳۴۵                                 | ۱۴/۹۵         | ۴۹۸          | ۰/۳۴                        | ۰/۸۷                 |
| آزاد نوروزی      | ۳/۳۶ | ۷/۴۱  | ۲۹۴                                 | ۱۲/۶۱         | ۴۱۳          | ۰/۳۷                        | ۰/۸۷                 |

## ۵-۲-۱- بررسی مقادیر هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی (Electrical conductivity) معیاری جهت سنجش توانایی یک محلول برای انتقال الکتریسیته است. از آنجایی که این توانایی تابعی از حضور یون‌های موجود در محلول می‌باشد، هدایت الکتریکی آب به لحاظ رابطه مستقیم با کل مواد جامد حل شده در آب، یکی از مهمترین خصوصیات شیمیایی آب می‌باشد (Todd 2005). عوامل تأثیرگذار بر روی مقادیر هدایت الکتریکی آب بسیار متنوع می‌باشد که از جمله می‌توان به لیتولوژی و زمین شناسی آبخوان، مدت زمان ماندگاری آب در آبخوان، مقدار بارش‌های جوی، زه‌آب‌های کشاورزی، ورود فاضلاب‌ها و رواناب‌های مختلف از جمله پساب‌های شهری و صنعتی اشاره نمود.

جهت مطالعه هدایت الکتریکی دشت ذهاب نقشه هدایت الکتریکی این دشت برای داده‌های اندازه

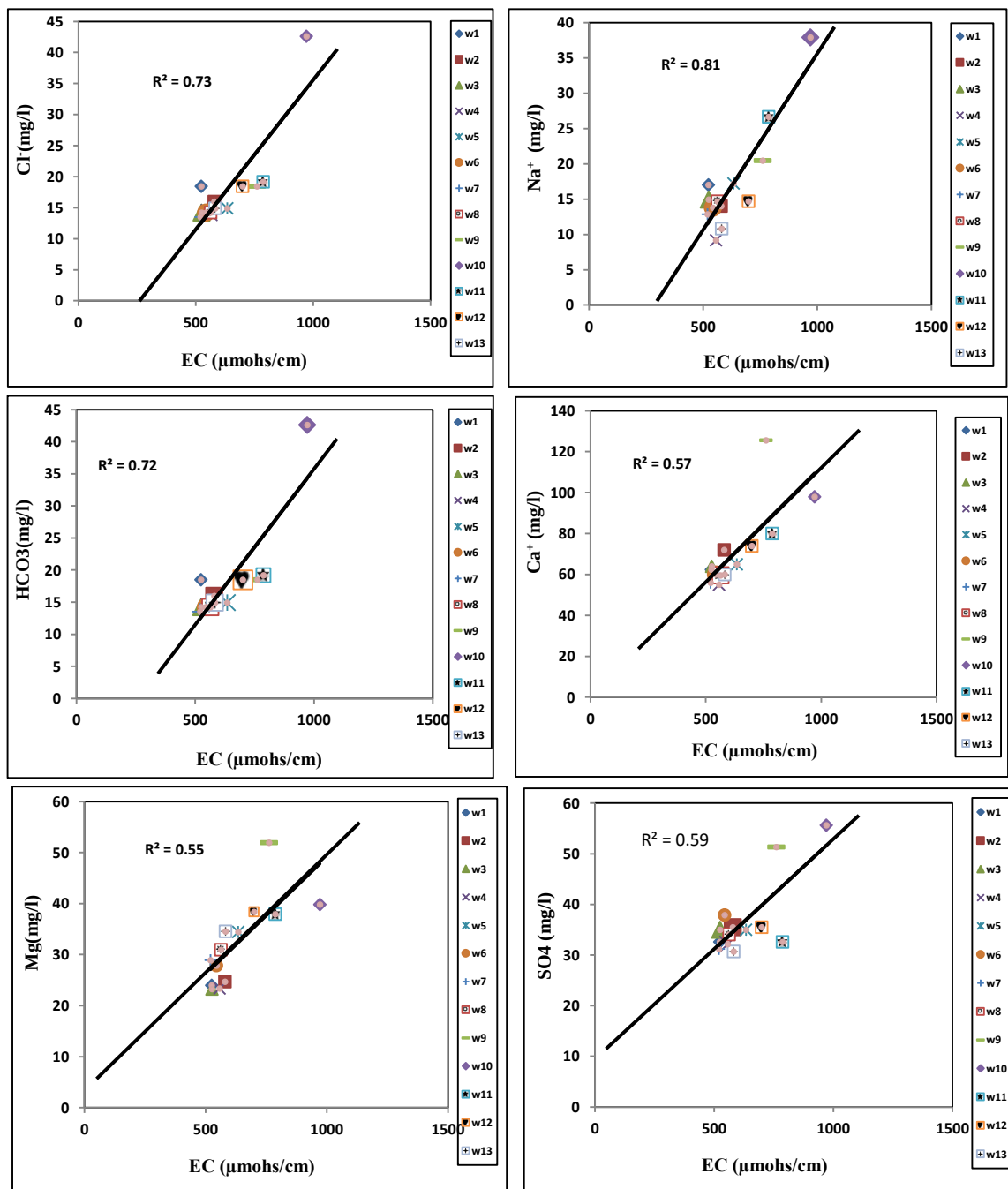
گیری شده در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۲۳ ترسیم شده است شکل (۵-۲).



شکل ۵-۲- نقشه هدایت الکتریکی دشت دهب

همان طور که نقشه هدایت الکتریکی نشان می‌دهد به طور کلی میزان هدایت الکتریکی از سمت شرق به غرب در جهت جریان آب زیرزمینی افزایش می‌یابد، که این جهت منطبق بر جهت جریان آب‌ها ی زیرزمینی می‌باشد. در قسمت غربی و مرکز دشت ملاحظه می‌شود که خطوط هدایت الکتریکی به یکدیگر نزدیک می‌باشند که حکایت از افزایش هدایت الکتریکی دارد با توجه به شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی منطقه افزایش غیرعادی هدایت الکتریکی در این منطقه را می‌توان ناشی از وجود سازند گچساران در زیر آبخوان آبرفتی دانست که به طور محلی در زیر رسوبات آبرفتی بدون فرسایش باقی مانده و با انحلال کانی‌های موجود در این سازند مقدار هدایت الکتریکی آب در این قسمت دشت دچار تغییر شده است. بر اساس داده‌های موجود میزان هدایت الکتریکی دشت دهب از ۵۲۰ تا ۹۷۰ میکروموس بر سانتیمتر تغییر می‌کند. در نواحی شرقی به دلیل وجود سازند کربناته

کارستی و آبدار بودن این سازند در منطقه (وجود چشمه‌های که از این سازند خارج می‌شوند)، و همچنین رودخانه‌ای که وارد دشت می‌شود و تغذیه آبخوان آبرفتی از آنها، آب‌های زیرزمینی هدایت الکتریکی پایین و کیفیت بسیار مناسبی را نشان می‌دهند. به منظور تعیین ارتباط بین هدایت الکتریکی با سایر یونها مختلف در شکل (۵-۳) آورده شده است.



شکل ۵-۳- نمودار رابطه‌ی یون‌های مختلف در مقابل هدایت الکتریکی در دشت ذهاب

بر اساس نمودارهای تغییرات یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم بی‌کربنات سولفات و کلر در برابر هدایت الکتریکی ترسیم شده و بر پایه آنالیزهای برداشت شده در محدوده مورد مطالعه بین غلظت یون‌ها و میزان هدایت الکتریکی همبستگی وجود دارد. در بین یون‌های مختلف، سدیم، بی‌کربنات و کلر دارای بیشترین همبستگی با هدایت الکتریکی می‌باشند و این یون‌ها بیشترین تأثیر را در افزایش هدایت الکتریکی آب داشته‌اند.

#### ۵-۲-۲- بررسی روند تغییرات سختی آب

سختی آب عبارت است از یون‌های فلزی موجود در آب که با سدیم صابون واکنش داده و باعث به وجود آمدن صابون جامد می‌گردد. تقریباً تمام سختی آب ناشی از یون‌های کلسیم و منیزیم محلول می‌باشد (Davis and Dewiest 1975). منشأ یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب، می‌تواند نمکهای بیکربناته، سولفات‌ها یا نیترات‌ها باشد.

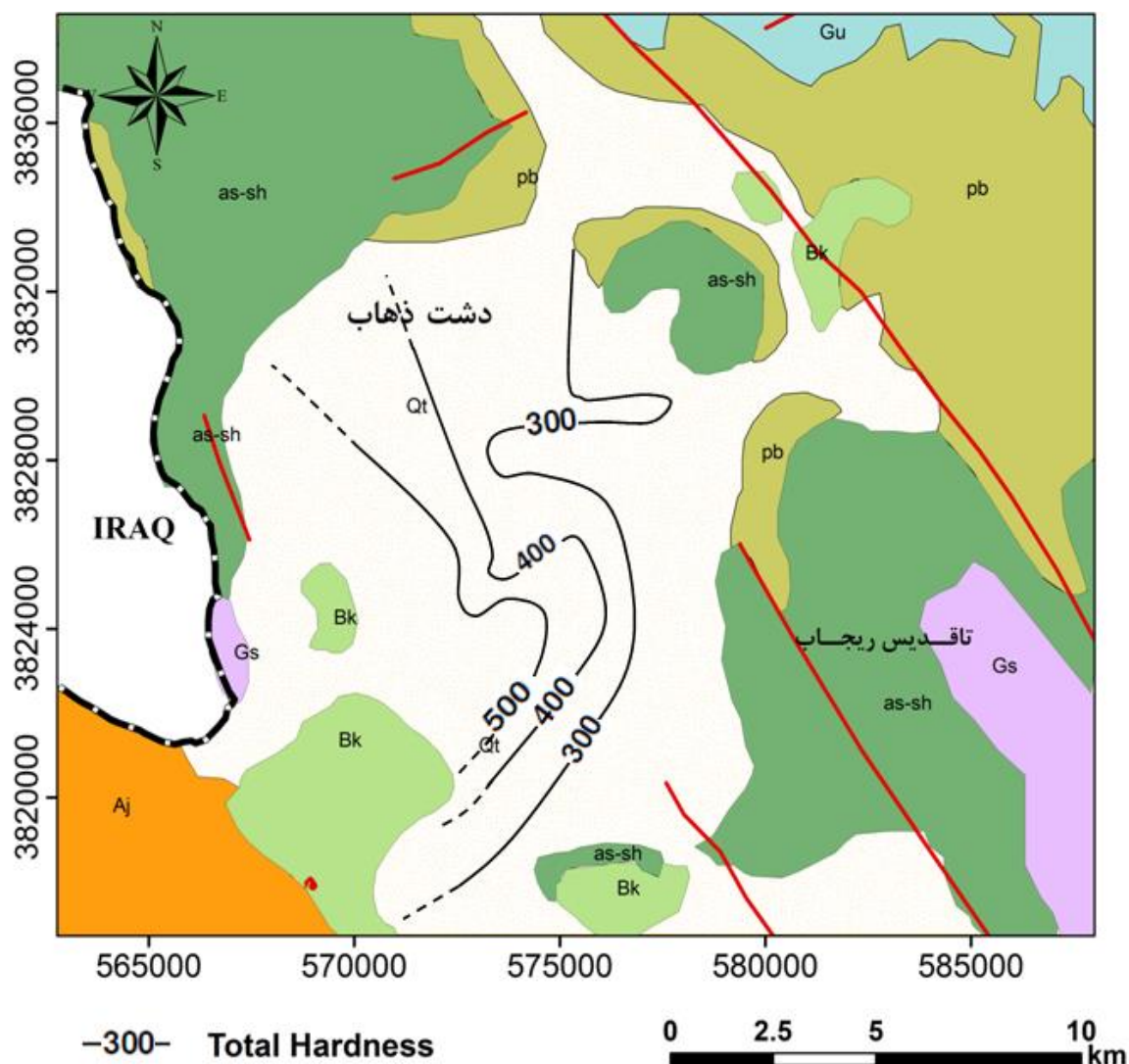
زمانی که آب باران به صورت عمقی نفوذ می‌کند بر اثر فعالیت باکتری‌ها میزان دی اکسید کربن محلول در آن افزایش می‌یابد و در نتیجه انحلال کانیهای کربناته موجود در آبخوان سرعت می‌گیرد و غلظت یون‌های فلزی منیزیم و کلسیم در آب زیاد شده و سختی آب زیاد می‌گردد.

بر اساس محاسبات حداقل سختی در نمونه‌های آب زیرزمینی مربوط به چاه حسن زینالی و برابر ۲۵۶ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. همچنین حداکثر سختی در نمونه‌های آب زیرزمینی، مربوط به چاه بابایی برابر ۵۳۱ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. جدول (۳-۵) طبقه بندی سختی آب توسط (Tood 2005) را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول (۳-۵) مشاهده می‌شود، (پنج نمونه) خیلی سخت و بقیه نمونه‌ها (هشت نمونه) در محدوده سخت قرار می‌گیرند. دلیل اصلی بالا بودن سختی آب در این منطقه را تغذیه آبخوان دشت توسط سازندهای کربناته کارستی می‌باشد. شکل (۴-۵) نقشه سختی کل در منطقه دشت ذهاب را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۳- نوع آب بر حسب درجه سختی آب (Tood 2005)

| نوع آب   | سختی (میلی گرم بر لیتر) $\text{CaCO}_3$ |
|----------|-----------------------------------------|
| نرم      | ۰-۷۵                                    |
| نیمه سخت | ۷۵-۱۵۰                                  |
| سخت      | ۱۵۰-۳۰۰                                 |
| خیلی سخت | >۳۰۰                                    |



شکل ۵-۴- نقشه سختی کل دشت ذهاب

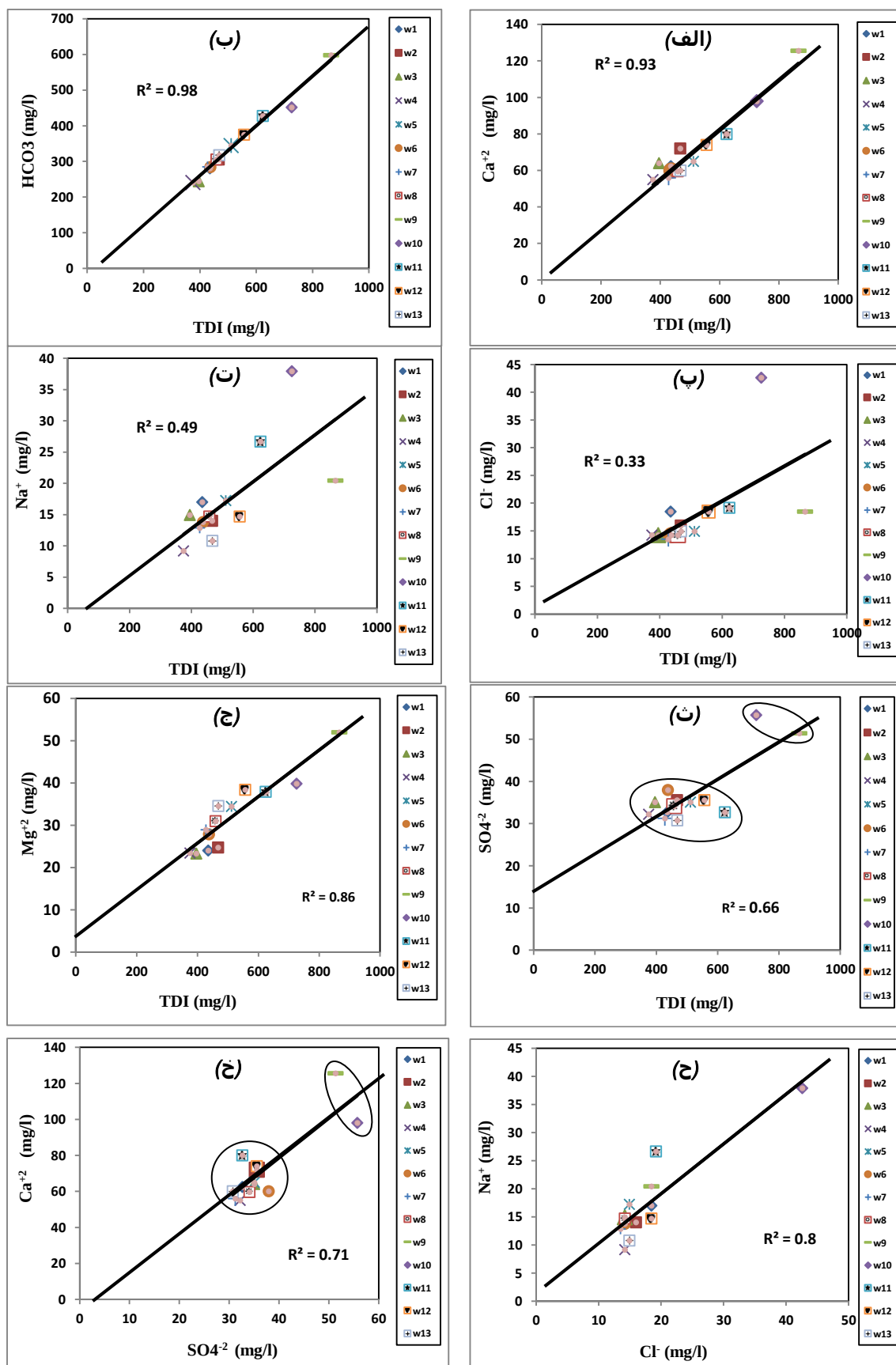
با توجه به شکل (۵-۴) از اطراف با سمت غرب و مرکز دشت میزان سختی آب افزایش می‌یابد. چون نهشته‌های آبرفتی موجود در منطقه هم بیشتر از مواد آواری سازندهای کربناته می‌باشد در طول

مسیر حرکت آب زیرزمینی سختی آن نیز در اثر انحلال کانی‌های کربناته بیشتر می‌شود. یکی دیگر از دلایلی که افزایش غیر عادی سختی آب در مرکز دشت را می‌تواند توجیه می‌کند وجود احتمالی سازند گچساران (با توجه به شواهد چینه‌شناسی) در این قسمت از دشت می‌باشد که انحلال کانی ژئوپس باعث افزایش مقدار سختی شده است.

### ۵-۲-۳- نمودارهای ترکیبی

به منظور بررسی دقیق‌تر هیدرووشیمیایی آبخوان مورد مطالعه از نمودارهای ترکیبی برای نمونه‌های برداشته شده در تابستان سال ۱۳۸۹ استفاده شده است. این نمودارها بر اساس غلظت یون‌های اصلی (TDI) در محور افقی و غلظت آنیون‌ها . یا کاتیون‌ها در محور قائم استوار می‌باشد که در تشخیص منابع تغذیه کننده آب زیرزمینی و اختلاط آب‌های زیرزمینی کاربرد دارد (Mazor 2004). جهت شناخت فرآیندهای ژئوشیمیایی موثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ذهاب نمودارهای ترکیبی سدیم، کلسیم، منیزیم، کلر، بی‌کربنات و سولفات در مقابل TDI (مقدار کل یون‌های محلول) برای نمونه‌های برداشت شده تهیه گردیده است شکل (۵-۵).

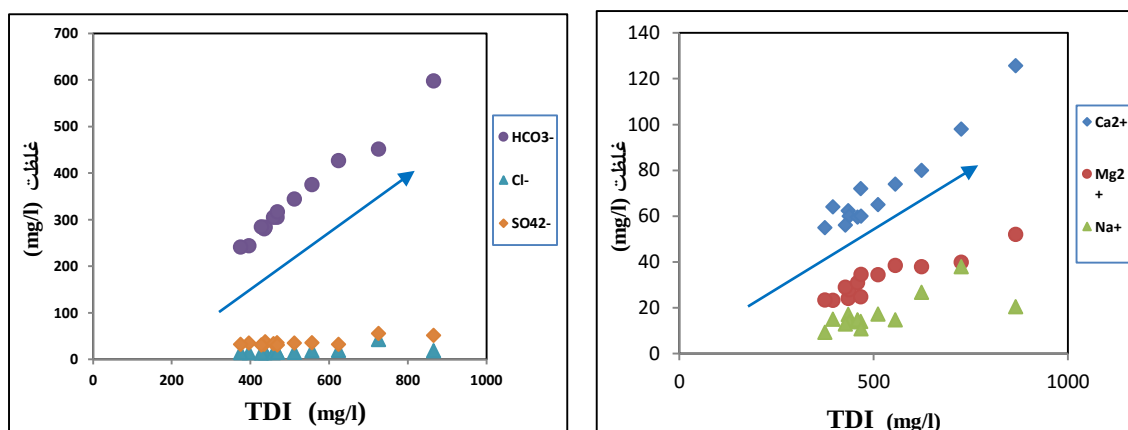
غلظت بی‌کربنات با افزایش TDI به صورت خطی افزایش می‌یابد و از طرف دیگر این رابطه خطی بین یون‌های منیزیم و کلسیم نیز وجود دارد که در مجموع نشان دهنده رویداد فرآیند انحلال کربنات‌ها (کلسیت و دولومیت) در آبخوان آبدار دشت می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه در نمونه های آب زیرزمینی نسبت یونی  $\text{HCO}_3^- / \text{Sum Anions}$  بیشتر از ۰/۸ است، نقش انحلال کربنات‌ها در کیفیت آب زیرزمینی تأیید می‌شود (Hounslow 1995). با توجه به اینکه نسبت یونی  $(\text{Mg}/(\text{Ca}+\text{Mg}))$  در همه نمونه‌ها کمتر از ۰/۵ است در نتیجه منیزیم محلول در آب زیرزمینی دشت ناشی از هوازدگی دولومیت می‌باشد (Hounslow 1995).



شکل ۵-۵- نمودارهای ترکیبی یونهای مختلف نمونه‌های آب زیرزمینی در مقابل TDI

شکل‌های (۵-۵-ث و خ) نشان می‌دهند که دو چاه (W9 و W10) یون سولفات بیشتر از دیگر نمونه‌ها می‌باشند و به صورت نسبتاً تفکیک شده خودشان را در این نمودارها نشان می‌دهند. بنابراین نشان دهنده رخداد یک فرآیند جدید در این چاه‌ها می‌باشد و با توجه به شواهد زمین‌شناسی و مطالعات پیشین در مورد دشت‌های ناودیس گون زاگرس چین خورده احتمال وجود بقایایی از سازند گچساران در زیر نهشته‌های آبرفتی این منطقه زیاد می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده دلیل تفکیک این دو نمونه می‌تواند ناشی از اختلاط آب این سازند باشد.

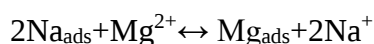
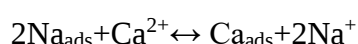
جهت بررسی کلی تغییرات غلظت هر کدام از یون‌ها از نمودارهای ترکیبی شکل (۵-۶) استفاده شده که در آن شکل (۵-۶-الف) تغییرات کاتیون‌ها را در مقابل مجموع یون‌های محلول و شکل (۵-۶-ب) تغییرات آنیون‌ها را در مقابل مجموع یون‌ها نشان می‌دهد. در این نمودارها نحوه آرایش نمونه‌ها دلالت بر منابع تغذیه کننده آنها دارد. یکنواختی نمونه‌ها در نمودارهای مربوطه نشان از یک منبع تغذیه یکسان دارد.



شکل (۵-۶-ب) نمودار ترکیبی آنیون‌های چاه‌های آب

شکل (۵-۶-الف) نمودار ترکیبی کاتیون‌های چاه‌های آب

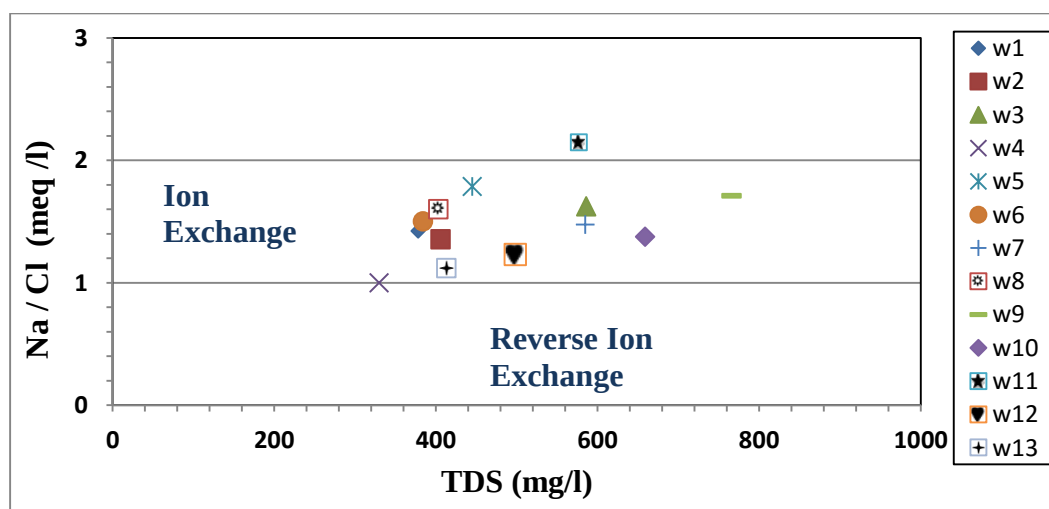
جهت نمایش فرآیندهای تبادل یونی و تبادل یونی معکوس در آبخوان آبدار دشت ذهاب، دو نمودار ترکیبی با استفاده از توابع بین متشکله‌های شیمیایی متأثر از فرآیند تبادل یونی تهیه گردیده است. شکل (۵-۷). رخداد فرآیند تبادل یونی بر حسب واکنش‌های زیر است:



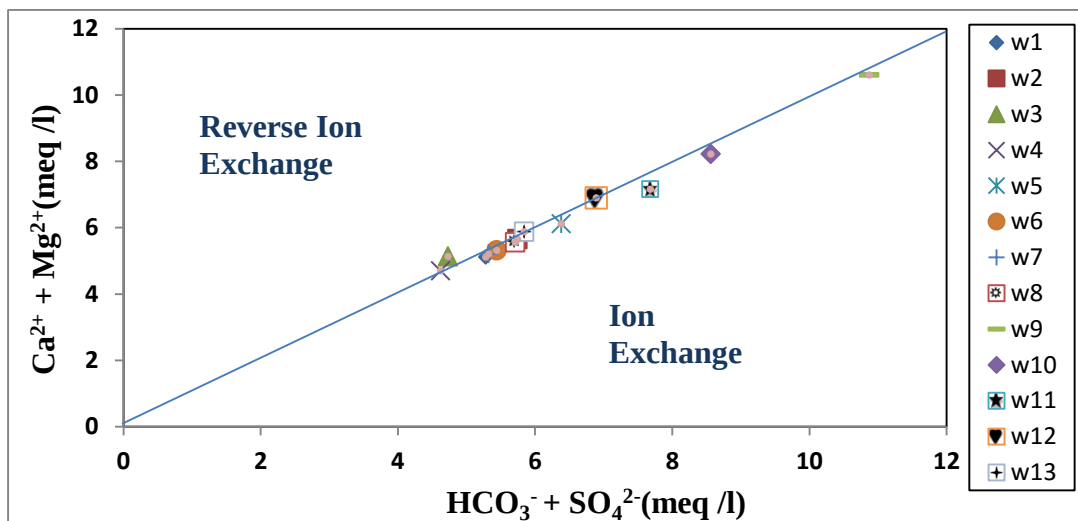
در شکل (۵-۷-الف) نمودار دو متغیره TDS در مقابل Na/Cl برای نمونه‌های آب زیرزمینی دشت

ذهاب ارائه گردیده است. منشاء نمونه‌هایی که در بالای خط  $\text{Na/Cl}=1$  واقع شده اند، منشاء دوگانه دارند. علاوه بر انحلال هالیت، فرآیند تبادل یونی در این نمونه‌ها مشاهده می‌شود. یون کلر در آب زیرزمینی از انحلال هالیت در رسوبات دانه ریز و سازندهای نمک‌دار منشاء می‌گیرد. در نمونه‌های آب زیرزمینی مقدار کلر تابعی از یون سدیم می‌باشد. انحلال هالیت در آب غلظتی مساوی از سدیم و کلر آزاد می‌کند (Gabriela Garcia Margarita del et al. 2001). همان‌طور که در شکل (۵-۵) مشاهده می‌شود، نسبت یک به یک غلظت کلر در مقابل سدیم که از انحلال هالیت انتظار می‌رود دیده نمی‌شود که نشان می‌دهد مقداری از یون سدیم با آنیون‌های دیگر به غیر از کلر همبسته است. و بیانگر این است که مقداری سدیم از تبادل یونی در کانی‌های رسی موجود در زمینه رسوبات نشأت می‌گیرد.

در شکل (۵-۷ ب) نمودار دو متغیره ( $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ ) در مقابل ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) نشان داده شده است. خط ۱:۱ نشان دهنده فرآیندهای انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس می‌باشد. اگر غلظت ( $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ ) در نمونه‌های که روی خط راست قرار می‌گیرند کمتر از ۱۰ (meq/l) باشد غالب انحلال کلسیت و دولومیت و در صورتیکه این غلظت بیشتر از ۱۰ (meq/l) باشد غالب انحلال ژپس می‌باشد. در نمونه‌های که در پایین و بالای خط قرار می‌گیرند به ترتیب فرآیند تبادل یونی و تبادل یونی معکوس غالب می‌باشد (Mazor 2004). تعدادی از نمونه‌ها آب زیرزمینی دشت ذهاب در زیر خط ۱:۱ واقع می‌شوند که نشان دهنده فرآیند تبادل یونی در آنها می‌باشد.



شکل ۵-۷ الف- نمودار ترکیبی جهت تعیین وضعیت تبادل یونی نمونه‌ها



شکل ۵-۷-ب- نمودار ترکیبی جهت تعیین وضعیت تبادل یونی نمونه‌ها

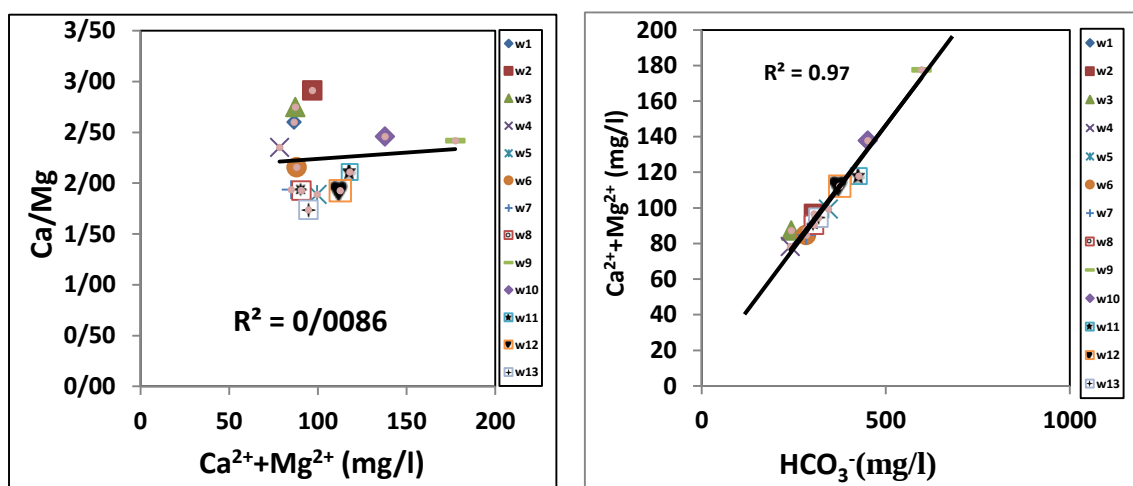
همان گونه که در جدول (۴-۵) نشان داده شده میزان همبستگی بین یون‌های کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات قابل توجه است ( $R^2 > 0.9$ ) و با توجه به شکل (۵-۸) همچنین همبستگی بین مجموع  $rCa^{2+} + rMg^{2+}$  در مقابل  $HCO_3^-$  بالا می‌باشد ( $R^2 = 0.96$ ) این امر نشان دهنده انحلال کانی‌های کربناته مانند کلسیت و دولومیت در آب زیرزمینی دشت است. بین یون‌های سدیم با کلر و همچنین کلسیم با سولفات همبستگی خوبی وجود دارد که به ترتیب نشان دهنده انحلال کانی‌های هالیت و ژپس در رسوبات دشت می‌باشد.

جدول ۴-۵- همبستگی بین یون‌های مختلف

|             | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Na^+$ | $HCO_3^-$ | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ |
|-------------|-----------|-----------|--------|-----------|--------|-------------|
| $Ca^{2+}$   | ۱         |           |        |           |        |             |
| $Mg^{2+}$   | ۰/۸۴۱     | ۱         |        |           |        |             |
| $Na^+$      | ۰/۶۳۵     | ۰/۵۱۴     | ۱      |           |        |             |
| $HCO_3^-$   | ۰/۹۵      | ۰/۹۵۴     | ۰/۶۲۵  | ۱         |        |             |
| $Cl^-$      | ۰/۵۳۶     | ۰/۳۹۸     | ۰/۸۹۶  | ۰/۴۸      | ۱      |             |
| $SO_4^{2-}$ | ۰/۸۴۶     | ۰/۶۴۵     | ۰/۷۳۳  | ۰/۷۴۲     | ۰/۷۷   | ۱           |

همبستگی بین کلسیم و منیزیم با بی‌کربنات بالا می‌باشد اما همبستگی منیزیم بالاتر است. همبستگی بین نسبت  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  و مجموع  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  پایین می‌باشد و نشان می‌دهد که انحلال دولومیت از کلسیت در این منطقه بیشتر می‌باشد (Eftimi and Benderev 2007).

مقدار نسبت  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  در سنگ‌های دولومیتی پایین و در سنگ‌های آهکی بالا می‌باشد (Langmuir 1971). افتمی (Eftimi 2005) در منطقه آلبانی (Albania) میانگین نسبت  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  را برای چشمه‌های سنگ آهک خالص ۱۱/۸ و برای اغلب چشمه‌های سنگ‌های دولومیتی ۲/۱ برآورد کرد. میانگین نسبت  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  برای نمونه‌های برداشتی از منطقه برابر ۲/۲۴ برآورد شد بیانگر این است که آب از درون سنگ دولومیت آهکی حرکت می‌کند.



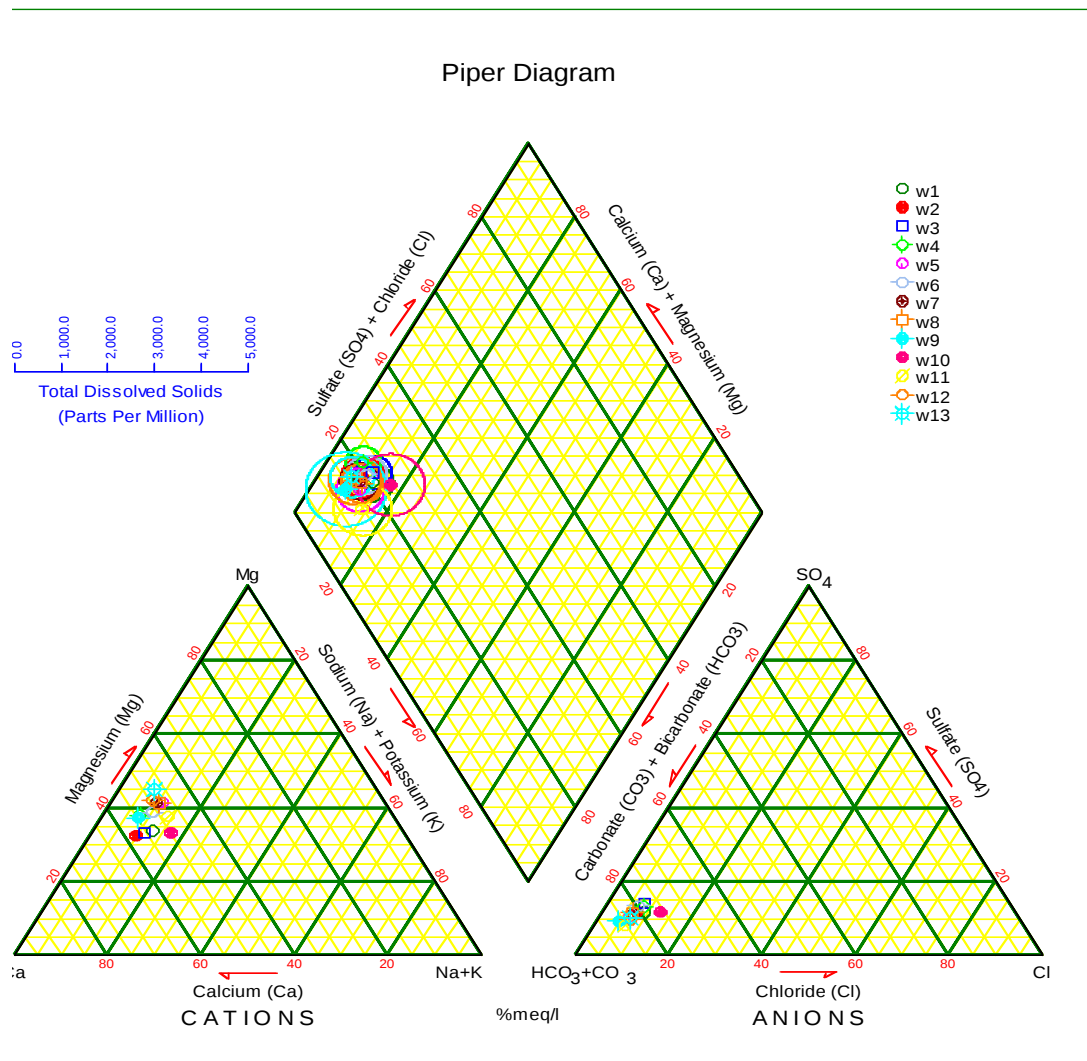
شکل ۵-۸- نمودار ترکیبی جهت تعیین نوع سنگ منشاء

با توجه به اینکه سازندهای کارستی آبخوان آبرفتی را تغذیه می‌کنند و همچنین رسوبات تشکیل دهنده این آبخوان‌ها بیشتر ناشی از فرسایش سازندهای کربناته می‌باشد. به همین خاطر نمودارهای ترکیبی رسم شده برای این دشت برای شناسایی آبخوان‌های آبرفتی از آبرفتی- آهکی مناسب نمی‌باشند.

## ۵-۲-۴- نمودار پایپر

نمودارهای پایپر عمدتاً جهت تعیین نوع آب‌ها، رخساره‌های هیدرووشیمیایی و مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی در آبخوان‌ها تهیه می‌گردند. استابر و باکر (Stober and Bucher 1999) از نمودار پایپر جهت تعیین مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی استفاده نموده‌اند. شکل (۵-۹) موقعیت تمامی نمونه‌ها را در نمودار پایپر نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار موارد زیر قابل تفسیر می‌باشد:

اکثر نمونه‌ها دارای بی‌کربنات، منیزیم و کلسیم بالا و سولفات و سدیم پایین می‌باشند و همه نمونه‌ها در راس گوشه چپ لوژی قرار می‌گیرند که حاکی از تیپ بی‌کربناته شدید و بالا بودن قلیایی‌های دو ظرفیتی (Ca و Mg) است که در نهایت منجر به بالا رفتن سختی آب می‌شوند.

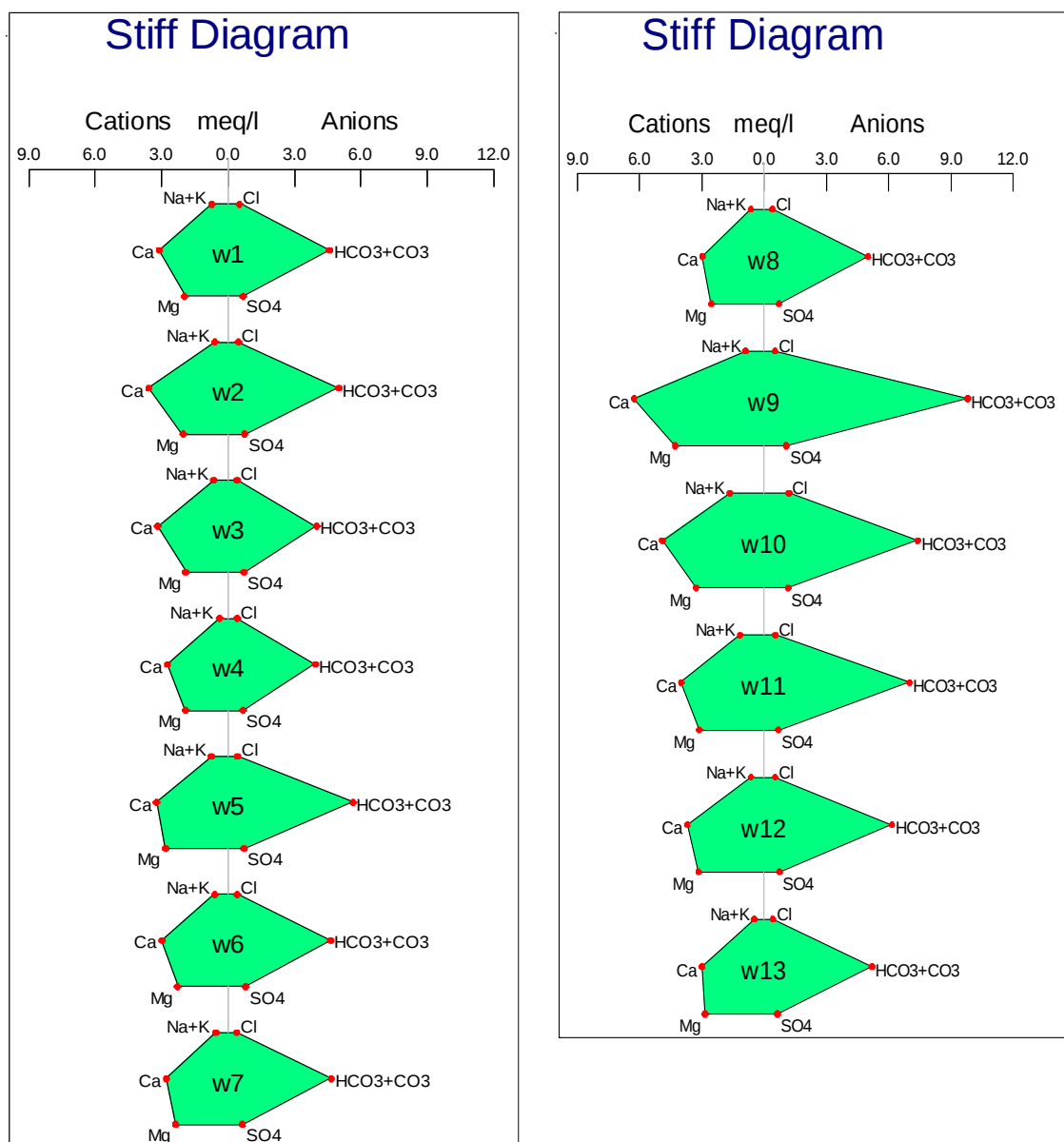


شکل ۵-۹- نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی در تیر ماه ۱۳۸۹

## ۵-۲-۵- بررسی تیپ آب‌های زیرزمینی با استفاده از نمودار استیف

یکی از نمودارهای مناسب جهت مقایسه سریع ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی و تعیین تیپ نمونه‌های آب نمودار استیف می‌باشد. با توجه به شکل کلی به دست آمده از نمودار استیف می‌توان تا حدی به محیط (نوع سنگ‌ها یا رسوبات) که آب از آنجا منشأ گرفته است پی برد. نمودارهای استیف

ترسیمی برای نمونه‌های برداشتی، نشان می‌دهد در بین کاتیون‌ها  $(Na^+ + K^+) > Mg^{2+} > Ca^{2+}$  و برای آنیون‌ها  $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$  دارا می‌باشند. که همه نمونه‌ها کلسیم و منیزیم بالایی در مقایسه با دیگر کاتیون‌ها دارند. با توجه به نمودارهای رسم شده برای نمونه‌ها، یک تیپ آب در منطقه قابل تمایز است و آن هم بی‌کربناته کلسیک است شکل (۵-۱۰). در نمونه‌های اندازه‌گیری شده کلسیم و بی‌کربنات تقریباً ۸۰ درصد کل یون‌ها و یون  $Cl^-$ ، ۳ تا ۵ درصد از آنیون‌ها را تشکیل می‌دهد.



شکل ۵-۱۰- نمودارهای استیف دشت ذهاب

## ۵-۲-۶- شاخص‌های اشباع

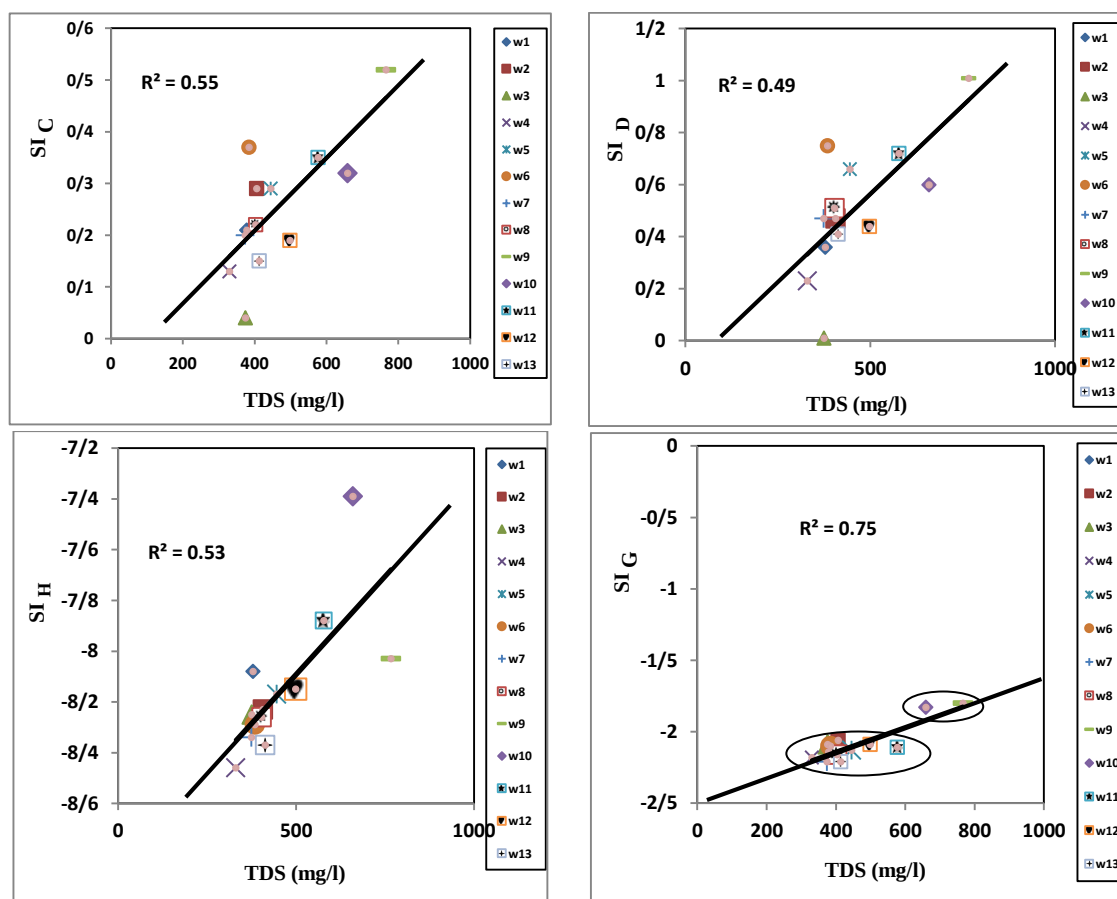
به منظور محاسبه شاخص‌های اشباع کلسیت، دولومیت، ژپس و هالیت در منطقه مورد مطالعه از نرم افزار Phreeqc استفاده شد. اگر شاخص اشباع نسبت به یک کانی مثبت باشد بیانگر اشباع بودن آب زیرزمینی نسبت به آن کانی است و آب زیرزمینی نمی‌تواند این کانی را در خود حل کند و این کانی رسوب می‌کند و در صورتی که شاخص اشباع نسبت به یک کانی منفی باشد یعنی این کانی می‌تواند در آب زیرزمینی حل شود. جدول (۵-۵) شاخص اشباع کانی‌های کلسیت، دولومیت، هالیت و ژپس را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۵- مقدار شاخص اشباع کانی‌های کلسیت، دولومیت، ژپس و هالیت

| شماره نمونه | شاخص اشباع کلسیت | شاخص اشباع دولومیت | شاخص اشباع ژپس | شاخص اشباع هالیت |
|-------------|------------------|--------------------|----------------|------------------|
| W1          | ۰/۲۱             | ۰/۳۶               | -۲/۱۴          | -۸/۰۸            |
| W2          | ۰/۲۹             | ۰/۴۷               | -۲/۰۶          | -۸/۲۳            |
| W3          | ۰/۰۴             | ۰/۰۱               | -۲/۰۹          | -۸/۲۵            |
| W4          | ۰/۱۳             | ۰/۲۳               | -۲/۱۳          | -۸/۴۶            |
| W5          | ۰/۲۹             | ۰/۶۶               | -۲/۱۳          | -۸/۱۷            |
| W6          | ۰/۳۷             | ۰/۷۵               | -۲/۱           | -۸/۲۹            |
| W7          | ۰/۲۰             | ۰/۴۷               | -۲/۲۱          | -۸/۳۴            |
| W8          | ۰/۲۲             | ۰/۵۱               | -۲/۱۶          | -۸/۲۶            |
| W9          | ۰/۵۲             | ۱/۰۱               | -۱/۸           | -۸/۰۳            |
| W10         | ۰۱/۳۲            | ۰/۶۰               | -۱/۸۳          | -۷/۳۹            |
| W11         | ۰/۳۵             | ۰/۷۲               | -۲/۱۱          | -۷/۸۸            |
| W12         | ۰/۱۹             | ۰/۴۴               | -۲/۰۹          | -۸/۱۵            |
| W13         | ۰/۱۵             | ۰/۴۱               | -۲/۲۱          | -۸/۳۷            |
| میانگین     | ۰/۲۷             | ۰/۵۳               | -۲/۰۷          | -۸/۱۳            |

با توجه به جدول (۵-۵) میزان شاخص اشباع برای دو کانی کلسیت و دولومیت مثبت است، این امر نشان می‌دهد این دو کانی در حال رسوب کردن و تشکیل بلور هستند و همچنین شاخص اشباع برای کانی ژپس و هالیت نشان می‌دهد که این کانی‌ها در حال انحلال در آب زیرزمینی دشت هستند. نمودارهای دو متغیره شاخص اشباع کلسیت، شاخص اشباع دولومیت، شاخص اشباع هالیت و شاخص

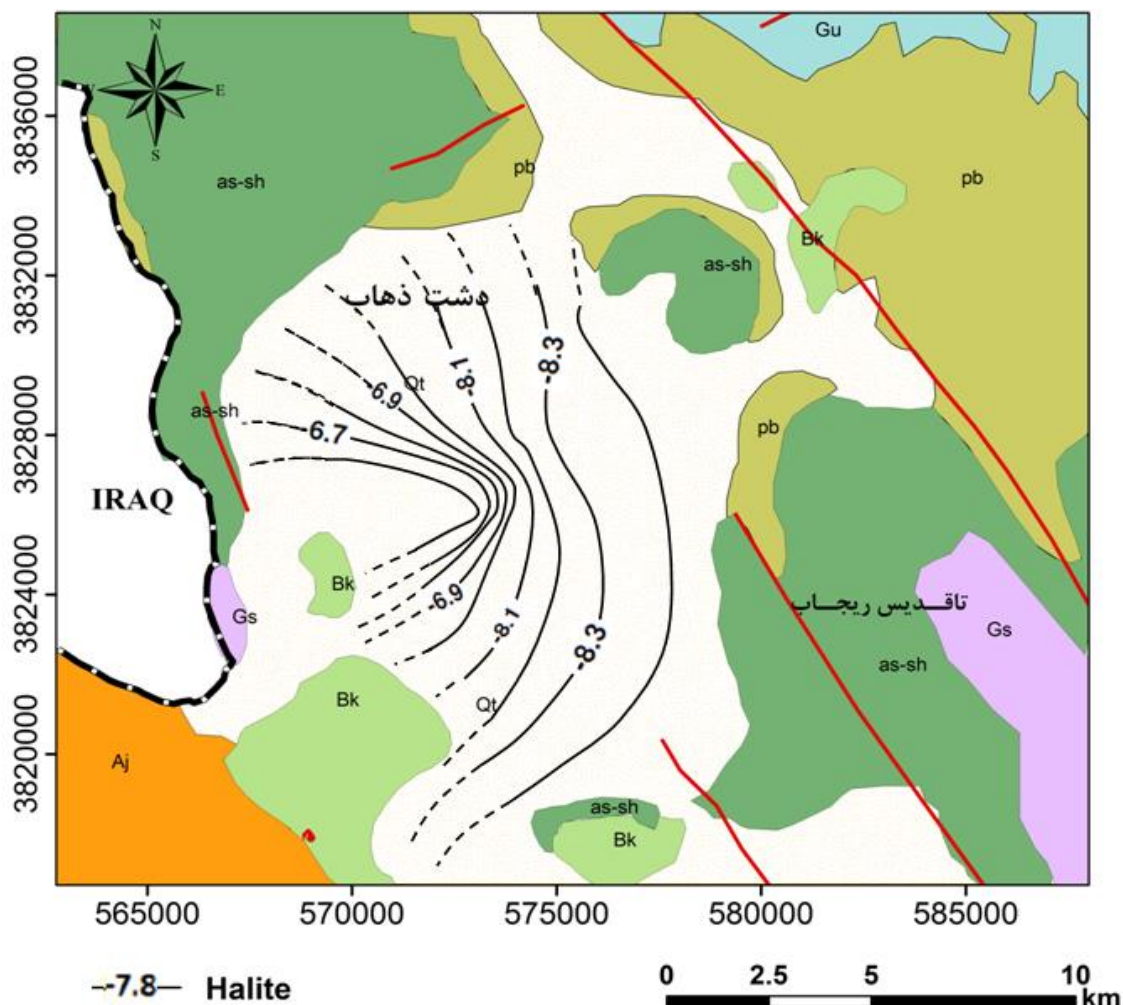
اشباع ژپیس در مقابل مجموع املاح در شکل (۵-۱۱) نشان دهنده آن است که نمونه‌های آب نسبت به کانی کلسیت و دولومیت فوق اشباع می باشند زیرا کانی کلسیت و دولومیت اولین کانی‌هایی هستند که در آب زیر زمینی به حالت اشباع می‌رسند و به دلیل وجود سازندهای کربناته در مجاورت رسوبات آبرفتی و هم در زیر رسوبات آبرفتی دشت، این کانی‌ها زود به حد اشباع می‌رسند. ولی نسبت به کانی‌های هالیت و ژپیس تحت اشباع هستند. میانگین شاخص اشباع دولومیت بیشتر از کلسیت است که نشان‌دهنده حل شدن بالای این کانی نسبت به کلسیت در آب زیرزمینی دشت می‌باشد. دو نمونه چاه ( W9 و W10 ) دارای شاخص اشباع ژپیس بالاتری نسبت به دیگر چاه‌ها دارند و دلیل آن همان طور که قبلاً ذکر شد ناشی از وجود سازند گچساران در زیر نهشته‌های آبرفتی دانست.



شکل ۵-۱۱- نمودارهای شاخص اشباع کانی‌ها در مقابل مجموع املاح

شکل (۵-۱۲) نقشه شاخص اشباع هالیت را در منطقه دشت ذهاب را نشان می‌دهد. بر اساس شکل مذکور ملاحظه می‌شود که از نظر درجه اشباع تمام منطقه نسبت به هالیت غیر اشباع است و این کانی دیر به حالت اشباع می‌رسد. در حالت کلی از سمت شرق به غرب هماهنگ با جهت جریان آب

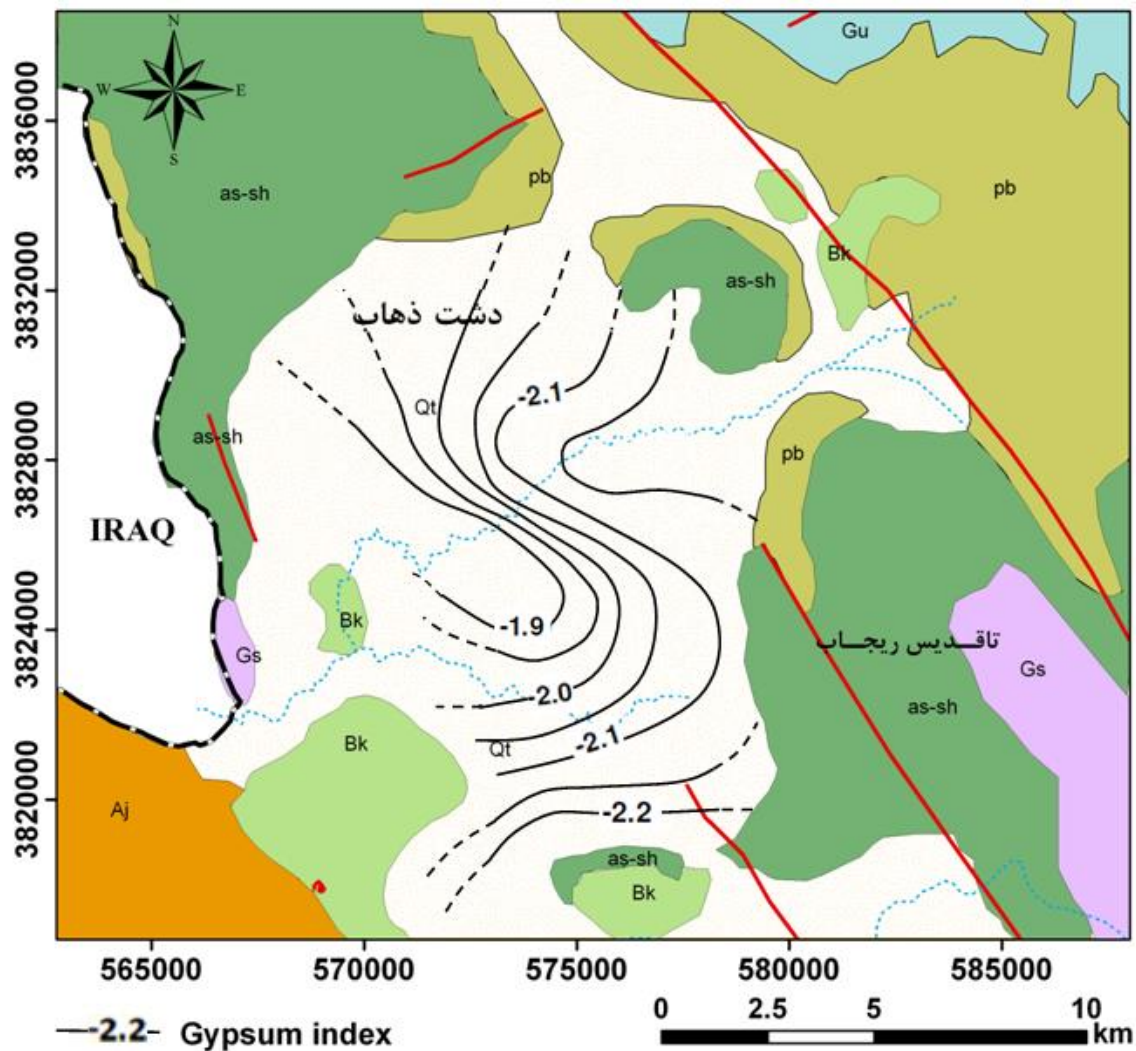
زیرزمینی این شاخص بیشتر می‌شود دلیل آن را می‌توان انحلال هالیت موجود در بین نهشته‌های آبرفتی موجود در آبخوان دشت ذهاب و همچنین انحلال هالیت باقی مانده از سازند گچساران در زیر رسوبات آبرفتی دانست.



شکل ۵-۱۲- نقشه شاخص اشباع هالیت در دشت ذهاب

شکل (۵-۱۳) نقشه شاخص اشباع ژپیس را در منطقه دشت ذهاب را نشان می‌دهد. بر اساس شکل مذکور ملاحظه می‌شود که از نظر درجه اشباع تمام منطقه نسبت به کانی ژپیس تحت اشباع می‌باشد ولی در حالت کلی از سمت شرق، جنوب به سمت مرکز دشت و غرب آن این شاخص بیشتر می‌شود. مقدار آن در سمت شرق که جریان‌های تغذیه کننده کارستی وارد دشت می‌شود کمتر و در مرکز و غرب دشت بیشتر می‌باشد. افزایش نسبتاً غیر عادی این شاخص در مرکز این دشت را می‌توان به

بدون فرسایش باقی ماندن سازند گچساران در زیر نهشته‌های آبرفتی در این منطقه دانست. چون با توجه به سنگ شناسی این سازند، این سازند دارای کانی‌های ژیپسی و نمک است و انحلال جزئی آنها هم می‌تواند تا اندازه‌ای بر روی مقدار این پارامتر تأثیرگذار باشد.

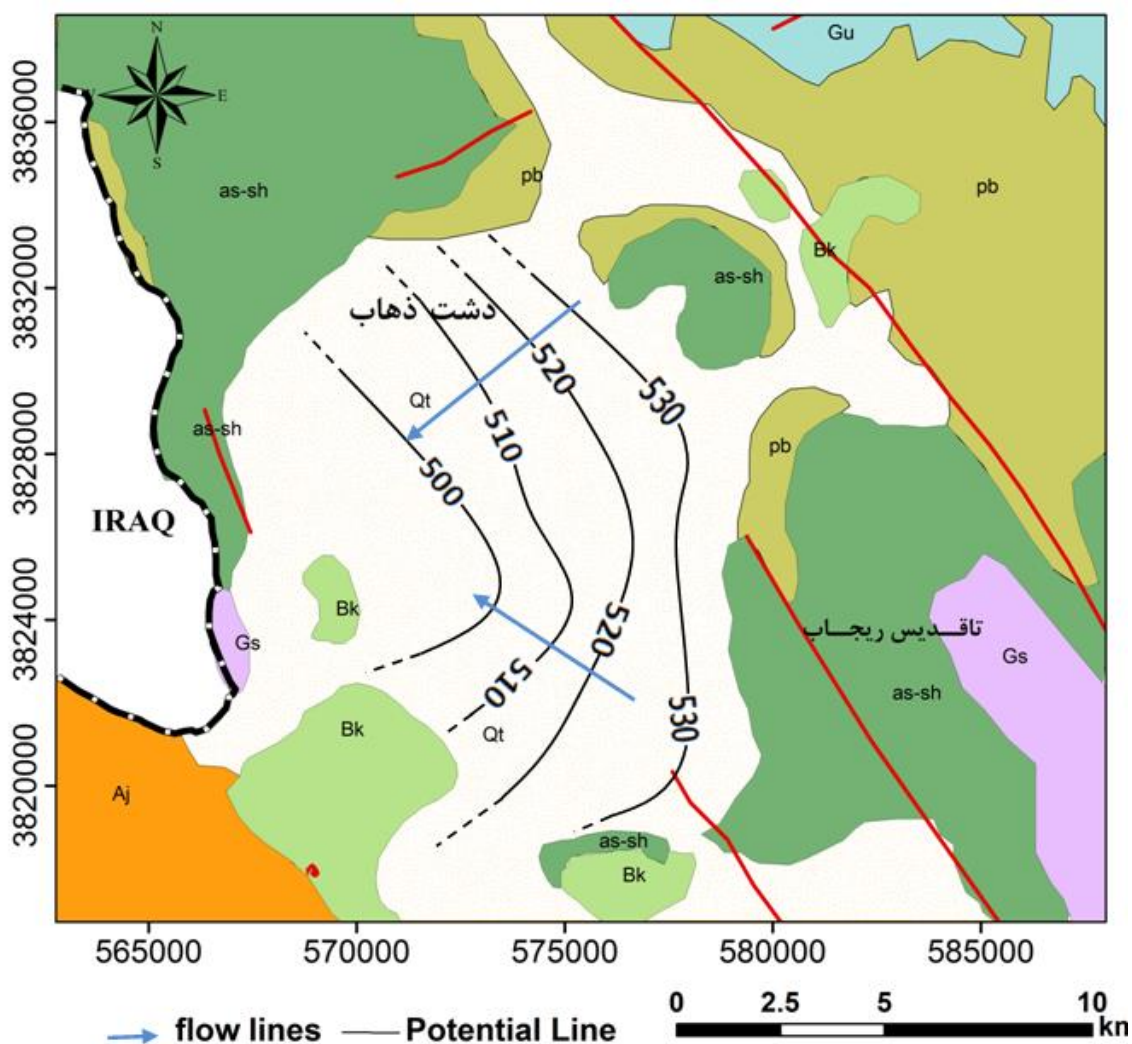


شکل ۵-۱۳- نقشه شاخص اشباع ژیپس در دشت ذهاب

### ۵-۳- بررسی ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های منطقه دشت ذهاب

جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه دشت ذهاب از شرق به غرب می‌باشد و بیشترین تراز آب زیرزمینی هم مربوط به این قسمت و کمترین مقدار آن نیز در قسمت غربی دشت می‌باشد. این وضعیت حاکی از آن است که آبخوان کربناته کارستی سازند آسماری - شهبازان با پتانسیل ذخیره‌ای

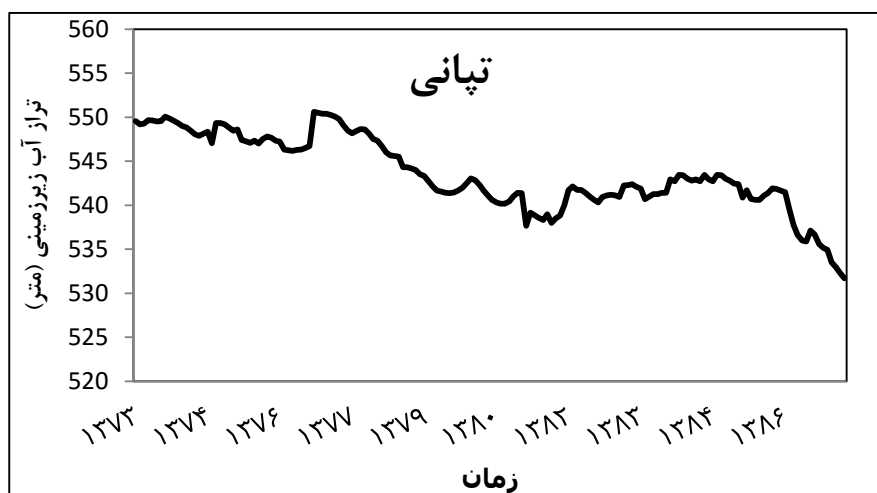
بالا به صورت زیرزمینی آبخوان دشت ذهاب را از بخش‌های شرقی تغذیه می‌کند شکل (۵-۱۴). نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های آنالیز هیدرووشیمیایی نمونه‌های برداشتی از این منطقه نیز تأکیدی بر این مطلب است. به طوری که همه نمونه‌های برداشت شده از آبخوان دشت ذهاب دارای تیپ بی‌کربناته کلسیک می‌باشند که نشان حرکت آب در طول یک سازند کربناته می‌باشد.



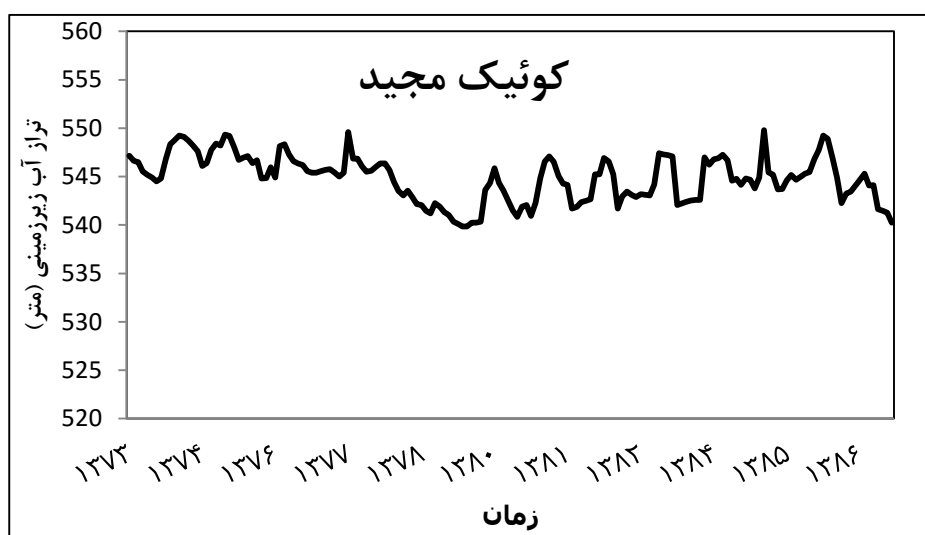
شکل ۵-۱۴- نقشه هم پتانسیل و خطوط جریان آب زیرزمینی

از دیگر شواهد که می‌تواند وجود ارتباط هیدروژئولوژیکی بین آبخوان کربناته کارستی آسماری و آبخوان آبرفتی دشت ذهاب را تأیید می‌کند. خشک شدن سراب‌های (چشمه‌های بزرگ) کارستی

دشت بوده است که در مجاورت آبخوان آبرفتی از سازند کربناته آسماری - شهبازان تخلیه می‌شدند. خشکسالی‌های اخیر و توسعه کشاورزی در منطقه باعث پمپاژ بیش از اندازه از چاه‌های شده است که علاوه بر رسوبات آبرفتی در سازند کربناته زیرین نیز حفاری شده‌اند و با پایین انداختن سطح ایستابی، آب مستقیماً به داخل آبرف‌ها تخلیه شده یا از طریق چاه‌های حفاری شده برداشت می‌شود در نتیجه این فرآیند چشمه‌های موجود در منطقه خشک می‌شوند. سطح آب پیزومترهای نزدیک سراب‌های شمال شرقی دشت نسبت به دیگر پیزومترها که در مرکز و جنوب شرقی دشت قرار دارند افت بیشتری کرده است. به طوری این پیزومترها در طول دوره ۱۴ ساله اخیر از سال ۱۳۷۳-۱۳۸۷ حدود ۱۹-۱۰ متر افت کرده است. در حالی پیزومترهای قسمت جنوب شرقی دشت در طول این دوره حدود ۳-۴ متر نوسان داشته است. از دلایل آن می‌توان به رخنمون زیاد سازند آسماری در این قسمت نسبت به قسمت شمال شرقی و همچنین از دیگر علل آن نرخ برداشت آب از چاه‌های موجود در این دو منطقه دانست به طوری که چاه‌های موجود در شمال شرقی دشت آبدهی خیلی بالایی نسبت به دیگر نقاط دشت دارند بنابراین در نتیجه برداشت بیشتر سطح آب آبخوان این قسمت از دشت افت زیادتری داشته است. شکل (۵-۱۵) چاه پیزومتری روستای تپانی که در شمال شرق دشت قرار دارد را نشان می‌دهد که در طول دوره آماری ۱۴ ساله حدود ۱۹ متر سطح آب زیرزمینی افت کرده است. شکل (۵-۱۷) پیزومتر روستای تپه ماران را نشان می‌دهد که بین دو تا سراب که در حال حاضر خشک شده‌اند را نشان می‌دهد. سطح آب در این پیزومتر در طول دوره آماری ذکر شده در بالا حدود ۱۲ متر افت کرده و این مقدار کاهش سطح آب می‌تواند خشک شدن هر دو سراب را توجیه کند. شکل (۵-۱۶) پیزومتر موجود در روستای کوئیک مجید در جنوب شرق دشت واقع شده و در طول همین دوره سطح آب ۳-۴ متر نوسان داشته است. لازم به ذکر است که در جنوب شرقی دشت در حال حاضر هم چشمه‌های از سازند آسماری تخلیه می‌شوند در حالی که در قسمت شمال شرقی هیچ چشمه فعالی وجود ندارد و همه خشک شده‌اند.



شکل ۵-۱۵- نوسانات تراز آب زیرزمینی پیزومتر موجود در شمال شرق دشت



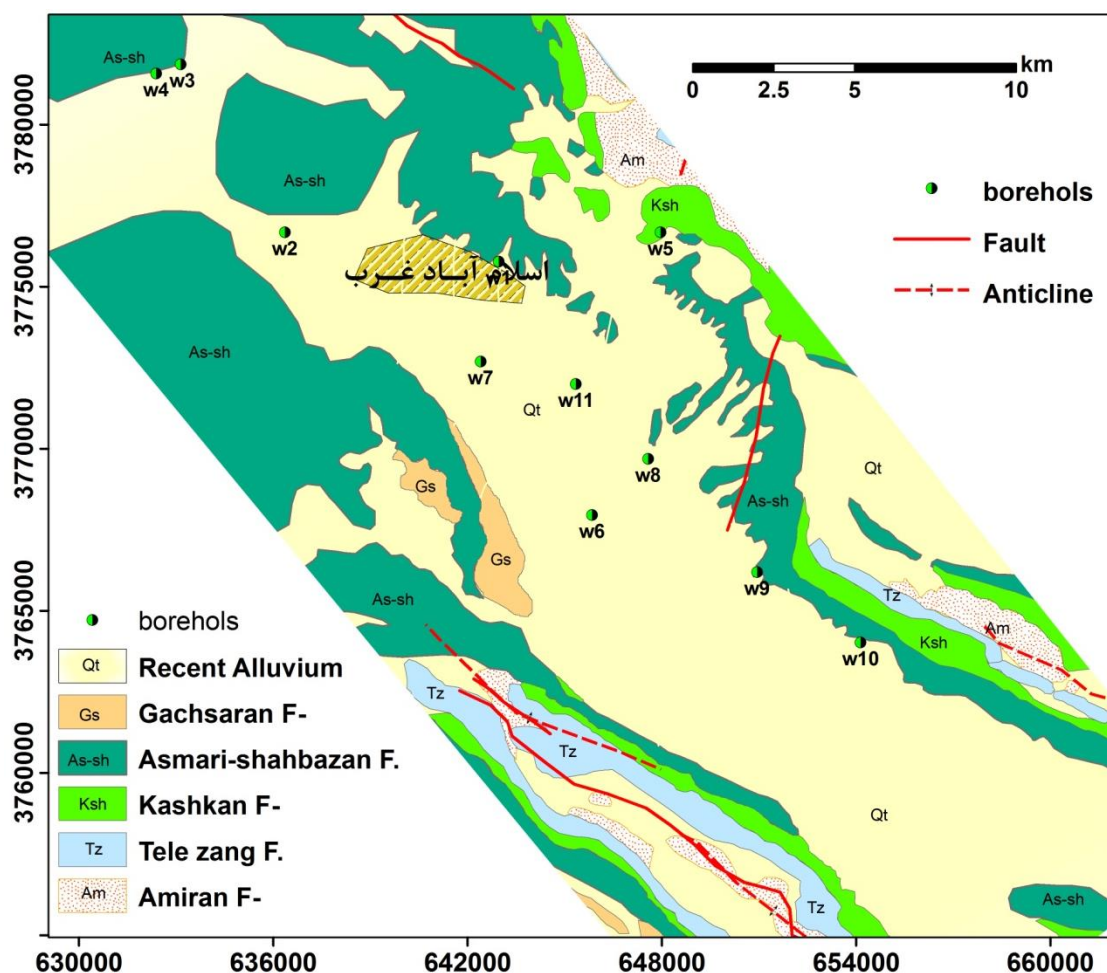
شکل ۵-۱۶- نوسانات تراز آب زیرزمینی پیزومتر موجود در جنوب شرق دشت



شکل ۵-۱۷- نوسانات تراز آب زیرزمینی پیزومتر موجود در شمال شرق دشت

#### ۵-۴- خصوصیات هیدروژئوشیمیایی محدوده دشت اسلام آباد غرب

جهت بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبخوان‌های محدوده دشت اسلام آباد غرب از ۱۳ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق موجود در منطقه در تیرماه ۱۳۸۸ (فصل خشک) نمونه‌برداری شد. شکل (۵-۱۸) موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری در منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۸- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری از منطقه دشت اسلام آباد غرب

نمونه‌های برداشت شده در شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه مورد تجزیه تحلیل قرار گرفتند و نتایج آنها در جدول (۵-۶) و چندین پارامتر هیدروژئوشیمیایی دیگر که از این آنالیزها به دست آمده است جدول (۵-۷) ارائه شده است.

فصل پنجم: بررسی هیدروژئوشیمیایی و ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های مناطق مورد مطالعه

جدول ۵-۶- مقادیر پارامترهای هیدروژئوشیمیایی چاه‌های منطقه

| ردیف | محل نمونه‌برداری | X      | Y       | EC<br>( $\mu$ mhos/cm) | غلظت یون‌ها (epm) |      |      |      | Sum Cation | غلظت یون‌ها (epm) |      |                  |                 | Sun Anion | pH   | درصد خطا |
|------|------------------|--------|---------|------------------------|-------------------|------|------|------|------------|-------------------|------|------------------|-----------------|-----------|------|----------|
|      |                  |        |         |                        | Na                | Mg   | Ca   | K    |            | SO <sub>4</sub>   | Cl   | HCO <sub>3</sub> | CO <sub>3</sub> |           |      |          |
| w1   | آب شرب           | 642970 | 3775773 | 566                    | 0                 | 0.42 | 1.5  | 4.3  | 6.22       | 0.43              | 0.7  | 5                | 0.00            | 6.13      | 7.45 | 0.73     |
| w2   | رحیمی            | 636365 | 3776675 | 525                    | 0                 | 0.57 | 1.37 | 4    | 5.94       | 0.52              | 0.42 | 4.9              | 0.00            | 5.84      | 7.53 | 0.85     |
| w3   | کارخانه آرد      | 633150 | 3781856 | 406                    | 0                 | 0.2  | 1.4  | 3.05 | 4.65       | 0.37              | 0.4  | 3.8              | 0.00            | 4.57      | 7.68 | 0.87     |
| w4   | جواد احمدی       | 632394 | 3781572 | 414                    | 0                 | 0.23 | 1.68 | 2.77 | 4.68       | 0.39              | 0.3  | 3.9              | 0.00            | 4.59      | 7.65 | 0.97     |
| w5   | خسرو اسدی        | 647969 | 3776675 | 544                    | 0                 | 2.2  | 1.48 | 2.3  | 5.98       | 0.5               | 0.72 | 4.65             | 0.00            | 5.87      | 7.67 | 0.93     |
| w6   | حسین خداد        | 645847 | 3767953 | 753                    | 0                 | 3.1  | 2.2  | 3.2  | 8.5        | 0.46              | 1    | 6.9              | 0.00            | 8.36      | 7.78 | 0.83     |
| w7   | روستای لر        | 642413 | 3772687 | 706                    | 0                 | 0.7  | 3.2  | 4.1  | 8          | 0.46              | 1.18 | 6.25             | 0.00            | 7.89      | 7.62 | 0.69     |
| w8   | جواد پاشایی      | 647587 | 3769685 | 590                    | 0                 | 1.09 | 2.19 | 3.2  | 6.48       | 0.61              | 0.65 | 5.1              | 0.00            | 6.36      | 7.88 | 0.93     |
| w9   | علی نظری         | 650951 | 3766195 | 623                    | 0                 | 0.97 | 2.91 | 3    | 6.88       | 0.44              | 0.7  | 5.6              | 0.00            | 6.74      | 7.65 | 1.03     |
| w10  | خوشکام           | 654142 | 3764028 | 666                    | 0                 | 1.26 | 2.56 | 3.5  | 7.32       | 0.52              | 0.7  | 6                | 0.00            | 7.22      | 7.92 | 0.69     |
| w11  | میهن دوست        | 645346 | 3771992 | 582                    | 0                 | 0.56 | 2.18 | 3.2  | 5.94       | 0.56              | 0.55 | 5.2              | 0.00            | 6.31      | 7.84 | 2.71     |

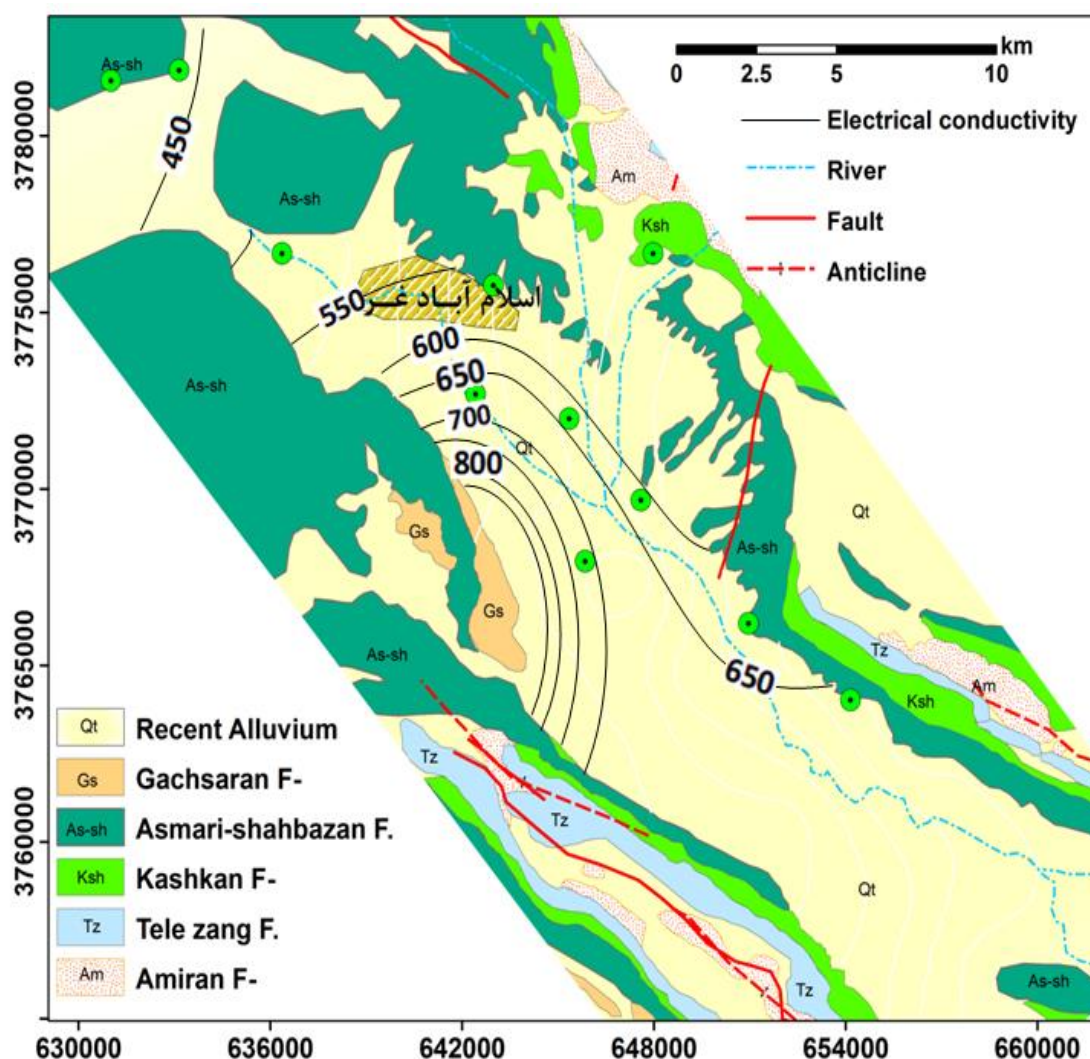
جدول ۵-۷- مقادیر پارامترهای محاسبه شده چاه‌های منطقه

| محل نمونه<br>برداری | SAR  | Na%   | سختی کل بر<br>حسب (CaCO <sub>3</sub> ) | T.D.I<br>(meq/l) | T.D.S<br>(mg/l) | $\frac{HCO_3}{\sum Anions}$ | $\frac{Mg}{(Mg+Ca)}$ |
|---------------------|------|-------|----------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
| آب شرب              | ۰/۲۵ | ۶/۷۶  | ۲۹۰                                    | ۱۲/۳۵            | ۴۰۳             | ۰/۲۸                        | ۰/۸۵                 |
| مصطفی رحیمی         | ۰/۳۵ | ۹/۶   | ۲۶۹                                    | ۱۱/۷۸            | ۳۸۵             | ۰/۲۶                        | ۰/۸۶                 |
| کارخانه آرد         | ۰/۱۴ | ۴/۳۱  | ۲۲۳                                    | ۹/۲۲             | ۳۰۲             | ۰/۲۷                        | ۰/۸۳                 |
| جواد احمدی          | ۰/۱۶ | ۴/۹۲  | ۲۲۳                                    | ۹/۲۷             | ۳۰۳             | ۰/۳۰                        | ۰/۸۴                 |
| خسرو اسدی           | ۱/۶۱ | ۳۶/۷۹ | ۱۸۹                                    | ۱۱/۸۵            | ۳۸۹             | ۰/۳۵                        | ۰/۸۷                 |
| حسین خداد           | ۱/۹  | ۳۶/۴۷ | ۲۷۰                                    | ۱۶/۸۶            | ۵۶۳             | ۰/۳۲                        | ۰/۸۴                 |
| روستای لر           | ۰/۳۸ | ۸/۷۵  | ۳۶۵                                    | ۱۵/۸۹            | ۵۳۲             | ۰/۳۴                        | ۰/۸۶                 |
| جواد پاشایی         | ۰/۶۷ | ۱۶/۸۲ | ۲۷۰                                    | ۱۲/۸۴            | ۴۲۲             | ۰/۳۴                        | ۰/۸۶                 |
| علی نظری            | ۰/۵۸ | ۱۴/۱۰ | ۲۹۶                                    | ۱۳/۶۲            | ۴۵۶             | ۰/۲۹                        | ۰/۹۰                 |
| خوشکام              | ۰/۷۰ | ۱۷/۲۲ | ۳۰۳                                    | ۱۴/۵۴            | ۴۸۲             | ۰/۲۹                        | ۰/۸۲                 |
| میهن دوست           | ۰/۳۰ | ۸/۷۰  | ۲۹۴                                    | ۱۱/۹۵            | ۴۲۲             | ۰/۳۲                        | ۰/۸۹                 |

جهت مطالعه هدایت الکتریکی دشت اسلام آباد غرب نقشه هدایت الکتریکی این دشت برای داده‌های اندازه گیری شده در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۲۳ ترسیم شده است شکل (۵-۱۹).

با توجه به اینکه غلظت املاح موجود در آب زیرزمینی در جهت حرکت آب افزایش می‌یابد و همان طور که نقشه هدایت الکتریکی نشان می‌دهد به طور کلی میزان هدایت الکتریکی از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرق افزایش یافته است، که این جهت منطبق بر جهت جریان آب‌ها ی زیرزمینی است. در قسمت مرکزی دشت ملاحظه می‌شود که مقدار هدایت الکتریکی به خاطر مجاورت با سازند گچساران و انحلال کانی‌های موجود در این سازند بر خلاف جهت جریان آب زیرزمینی کاهش می‌یابد دلیل اصلی کاهش مقدار هدایت الکتریکی در این قسمت از دشت را اختلاط بین دو آب با کیفیت متفاوت بیان کرد یکی از سازند آسماری-شهبازان سرچشمه می‌گیرد و دیگری متأثر از سازند گچساران می‌گردد. بر اساس داده‌های موجود میزان هدایت الکتریکی از ۴۰۶ تا ۷۳۵ میکروموس بر

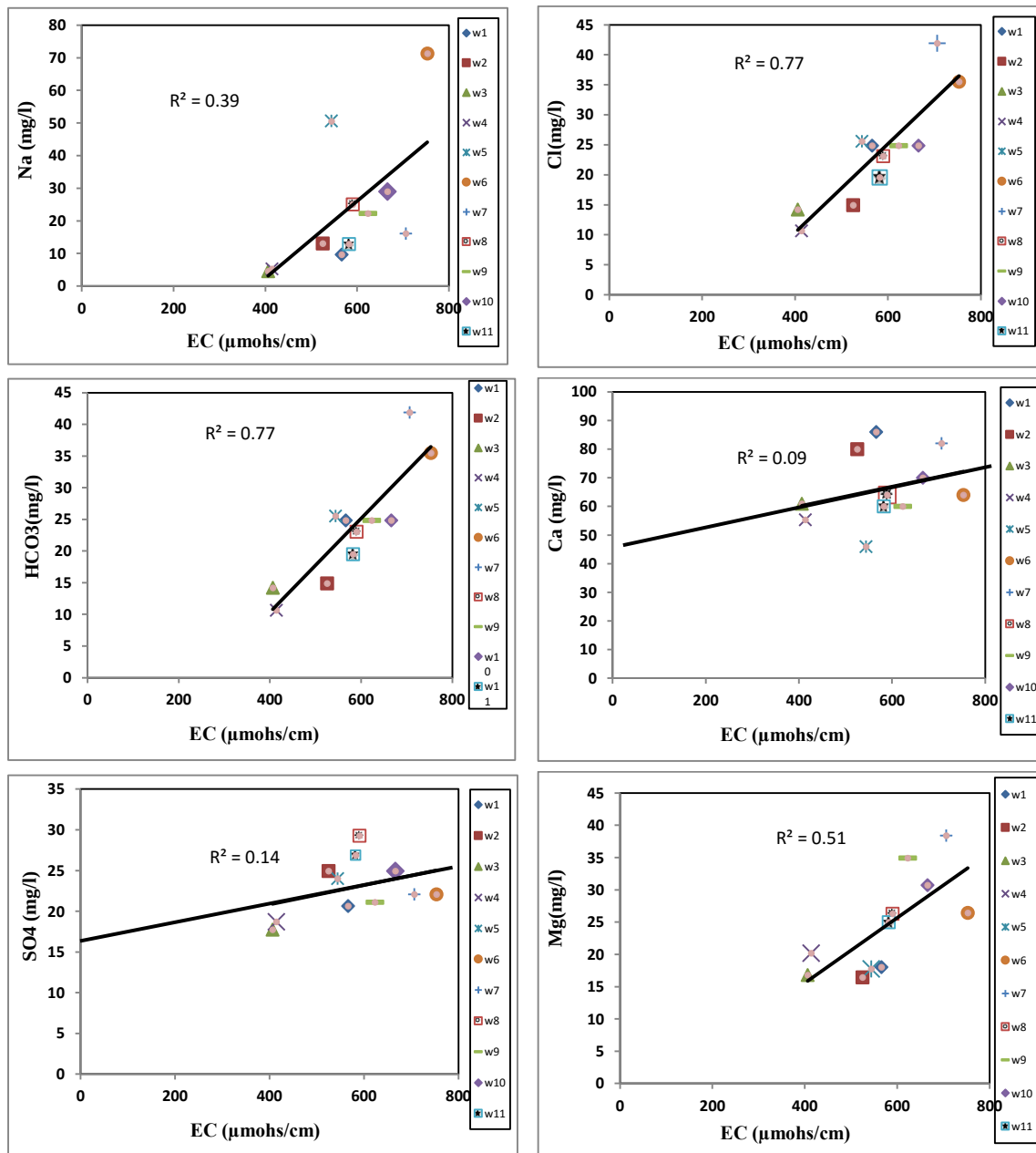
سانتیمتر تغییر می‌کند. در قسمت شمال غربی دشت به دلیل وجود سازند کربناته کارستی با پتانسیل ذخیره‌ای بالا این سازندها در منطقه باعث تغذیه آخوان آبرفتی در محدوده از دشت می‌شود و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی نیز در این مناطق پایین می‌شد.



شکل ۵-۱۹- نقشه هدایت الکتریکی دشت ذهاب

به منظور تعیین ارتباط بین هدایت الکتریکی با سایر یونها نمودار تغییرات یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم بی‌کربنات سولفات و کلر در برابر هدایت الکتریکی رسم شده است. شکل (۵-۲۰) این نمودارها را نشان می‌دهد. بر اساس نمودارهای ترسیم شده در محدوده مورد مطالعه بین غلظت یون‌ها و میزان

هدایت الکتریکی همبستگی وجود دارد. در بین یون‌های مختلف، کلسیم، بی‌کربنات و منیزیم دارای بیشترین همبستگی با هدایت الکتریکی می‌باشند.

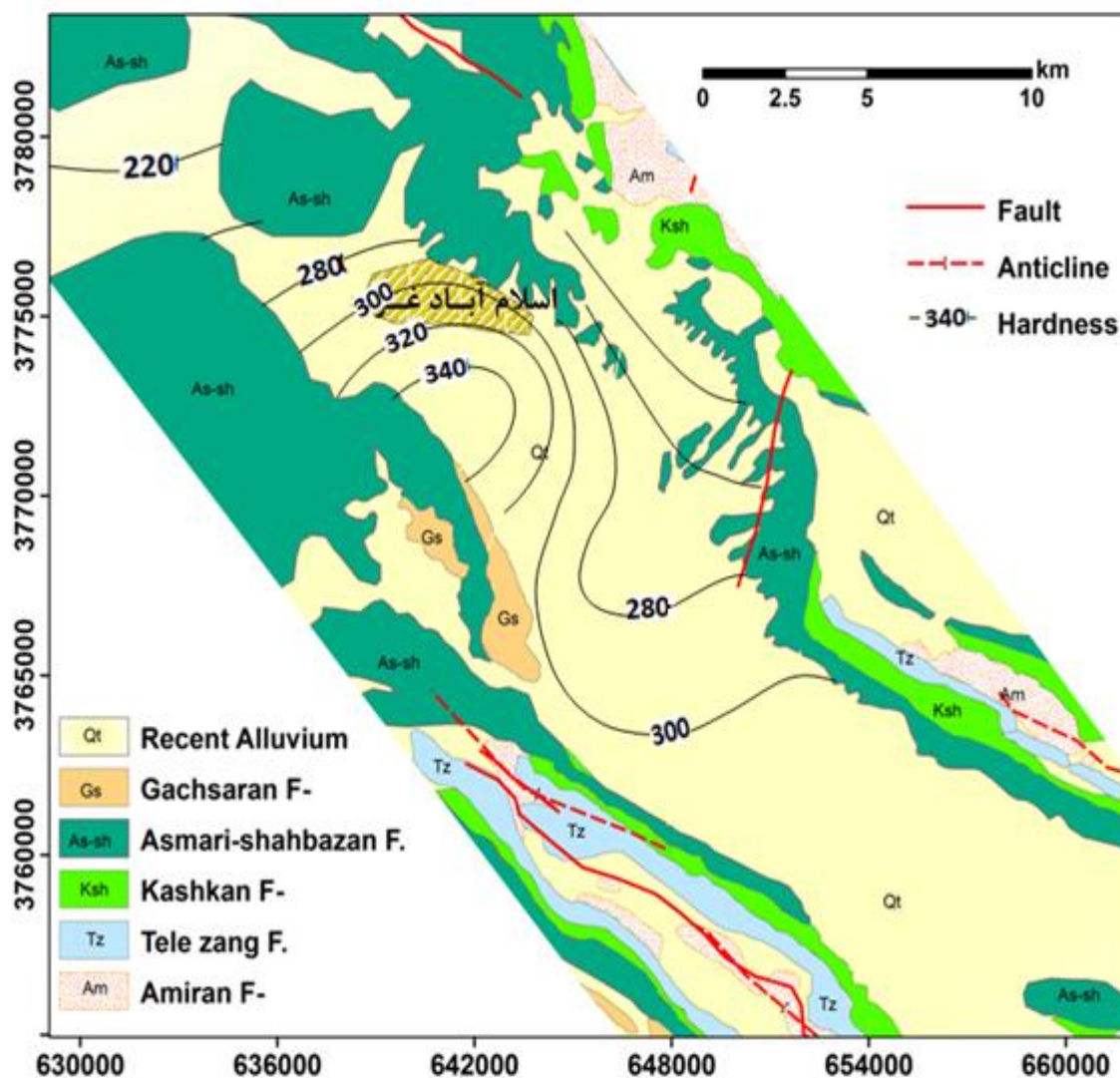


شکل ۵-۲۰- نمودار رابطه‌ی یون‌های مختلف و هدایت الکتریکی در دشت ذهاب

#### ۵-۴-۲- بررسی روند تغییرات سختی آب

روند کلی تغییرات سختی آب در دشت اسلام آباد غرب از شمال غرب به سمت جنوب غرب می‌باشد. کمترین مقدار آن در شمال غرب و برابر ۲۲۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم و بیشترین مقدار آن در

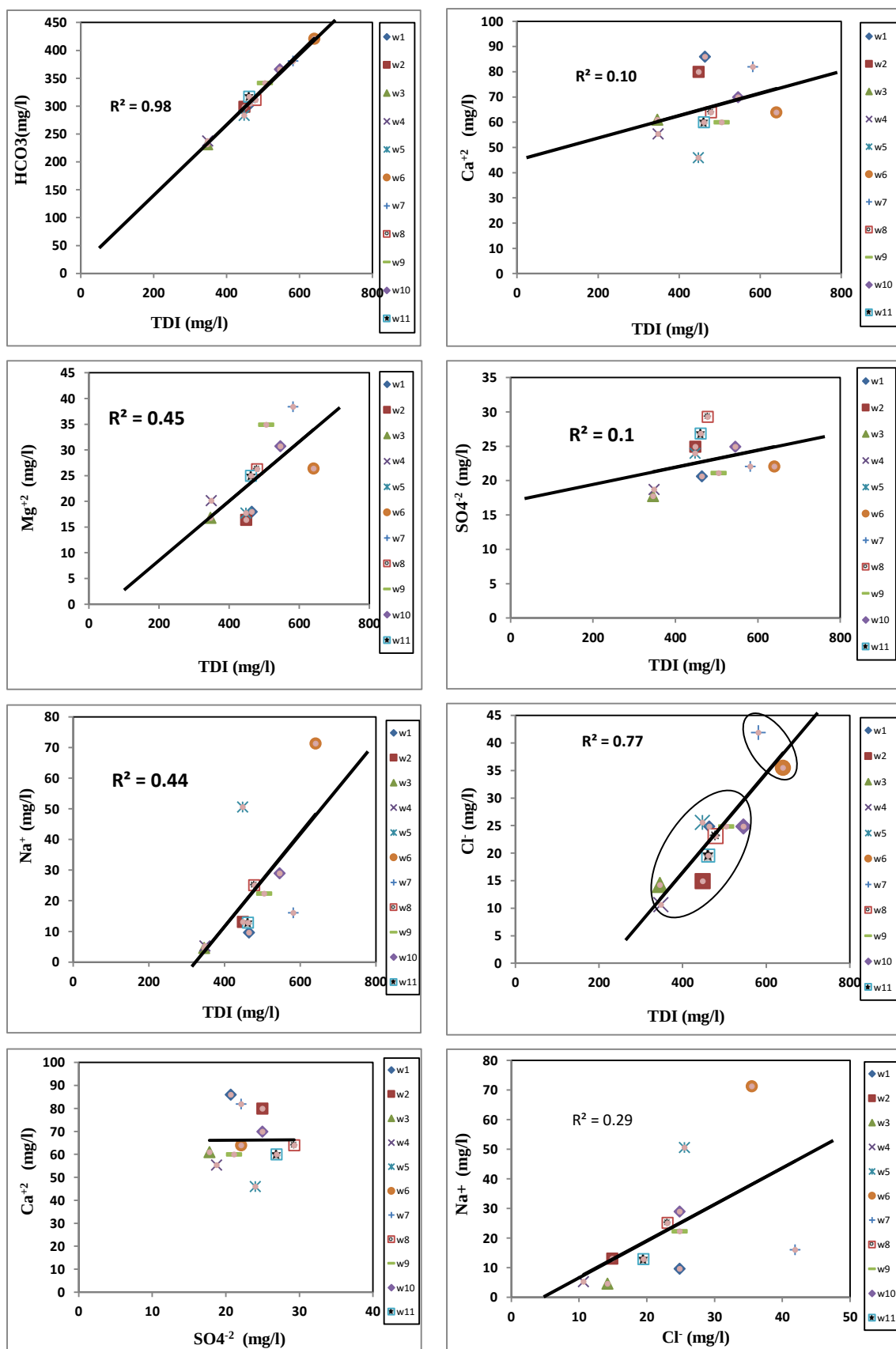
قسمت مرکزی دشت و برابر ۳۴۰ ملی گرم در لیتر کربنات کلسیم می‌باشد به طور کلی در جهت جریان آب زیرزمینی مقدار آن افزایش می‌یابد شکل (۵-۲۱).



شکل ۵-۲۱- نقشه سختی دشت اسلام آباد غرب

#### ۵-۴-۳- نمودارهای ترکیبی

جهت شناخت فرایندهای ژئوشیمیایی موثر بر کیفیت آب های زیرزمینی دشت اسلام آبادغرب نمودارهای ترکیبی سدیم، کلسیم، منیزیم، کلر، بی کربنات و سولفات در مقابل TDI (مقدار کل یون‌های محلول) برای نمونه‌های برداشت شده تهیه گردیده است شکل (۵-۲۲).

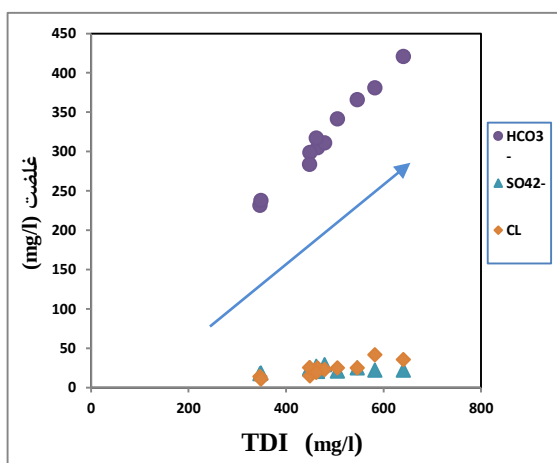


شکل ۵-۲۲- نمودارهای ترکیبی یونهای مختلف نمونه‌های آب زیرزمینی در مقابل TDI

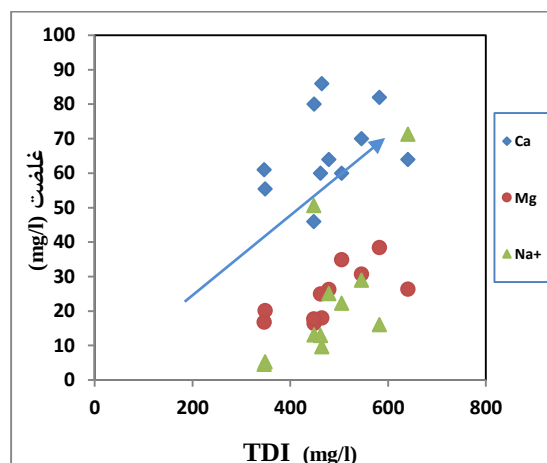
افزایش خطی منیزیم با افزایش TDI حدودی مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه نسبت یونی  $(Mg/(Ca+Mg))$  در همه نمونه‌ها کمتر از ۰/۵ است در نتیجه منیزیم ناشی از هوازده‌گی دولومیت می‌باشد (Hounslow 1995).

غلظت بی‌کربنات با افزایش TDI به صورت خطی افزایش می‌یابد و از طرف دیگر این رابطه خطی بین یون‌های منیزیم و کلر نیز وجود دارد که در مجموع نشان دهنده رویداد فرآیند انحلال کربنات‌ها (دولومیت) در آبخوان آبدار دشت می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه در نمونه‌های آب زیرزمینی نسبت یونی  $HCO_3^- / \text{Sum Anions}$  بیشتر از ۰/۸ است، نقش انحلال کربنات‌ها در کیفیت آب زیرزمینی تأیید می‌شود (Hounslow 1995).

جهت بررسی کلی تغییرات غلظت هر کدام از یون‌ها، از نمودارهای ترکیبی شکل (۵-۲۳) استفاده شده که در آن شکل (۵-۲۳-الف) تغییرات کاتیون‌ها را در مقابل مجموع یون‌های محلول و شکل (۵-۲۳-ب) تغییرات آنیون‌ها را در مقابل مجموع یون‌ها نشان می‌دهد. در این نمودارها نحوه آرایش نمونه‌ها دلالت بر منابع تغذیه کننده آنها دارد. یکنواخت نبودن نمونه‌ها در نمودارهای مربوطه نشان از متفاوت بودن منبع تغذیه آنها دارد.



شکل (۵-۲۳-الف) نمودار ترکیبی کاتیون‌های چاه‌های آب



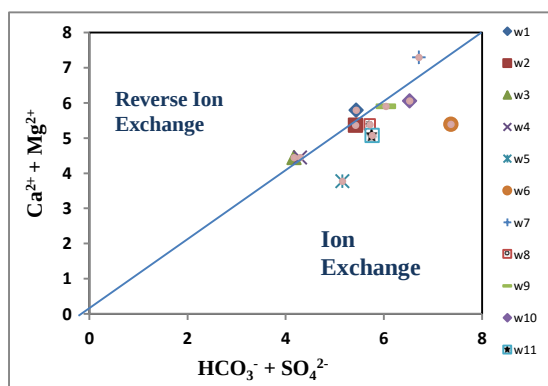
شکل (۵-۲۳-ب) نمودار ترکیبی آنیون‌های چاه‌های آب

همان طور که در شکل (۵-۲۲) مشاهده می‌شود، نسبت یک به یک غلظت کلر در مقابل سدیم که از انحلال هالیت انتظار می‌رود دیده نمی‌شود که نشان می‌دهد مقداری از یون سدیم با آنیون‌های دیگر

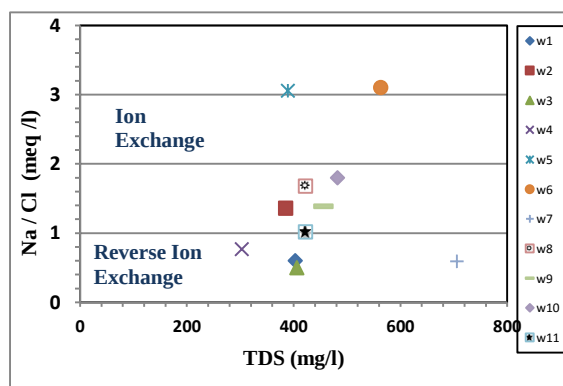
به غیر از کلر همبسته است و بیانگر این موضوع می‌تواند باشد که مقداری سدیم از تبادل یونی در کانی‌های رسی موجود در زمینه رسوبات نشأت می‌گیرد.

نمودار دو متغیره TDS در مقابل Na/Cl برای نمونه‌های آب زیرزمینی دشت اسلام آبادغرب در شکل (۵-۲۴-الف) ارائه گردیده است. منشاء نمونه‌هایی که در بالای خط  $\text{Na/Cl}=1$  واقع شده اند، منشاء دوگانه دارند. علاوه بر انحلال هالیت، فرآیند تبادل یونی در این نمونه‌ها مشاهده می‌شود.

در شکل (۵-۲۴-ب) نمودار دو متغیره  $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$  در مقابل  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$  نشان داده شده است. خط ۱:۱ نشان دهنده فرآیندهای انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس می‌باشد. اگر غلظت  $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$  در نمونه‌های که روی خط راست قرار می‌گیرند کمتر از  $10 \text{ (meq/l)}$  باشد غالب انحلال کلسیت و دولومیت و در صورتیکه این غلظت بیشتر از  $10 \text{ (meq/l)}$  باشد غالب انحلال ژپس می‌باشد. در نمونه‌های که در پایین و بالای خط قرار می‌گیرند به ترتیب فرآیند تبادل یونی و تبادل یونی معکوس غالب می‌باشد (Mazor 2004). تعدادی از نمونه‌ها آب زیرزمینی دشت اسلام آباد غرب در زیر خط ۱:۱ واقع می‌شوند که نشان دهنده فرآیند تبادل یونی و تعدادی هم بالای این خط قرار گرفته‌اند که تبادل یونی معکوس در آنها می‌باشد.



شکل ۵-۲۴-ب- وضعیت تبادل یونی نمونه‌ها



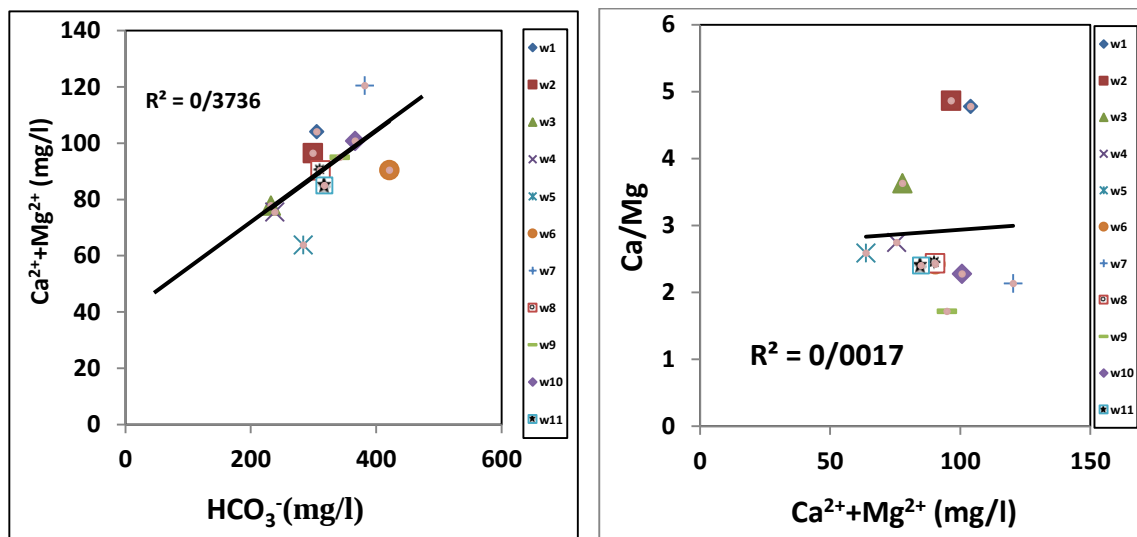
شکل ۵-۲۴-الف- وضعیت تبادل یونی نمونه‌ها

با توجه به جدول (۵-۸) همبستگی بین منیزیم با بی‌کربنات بیشتر از کلسیم با بی‌کربنات می‌باشد نشان‌دهنده انحلال بیشتر دولومیت نسبت به کلسیت در منطقه می‌باشد. بین یون‌های سدیم با کلر

هم همبستگی نسبتاً خوبی وجود دارد که نشان دهنده انحلال کانی هالیت در رسوبات دشت می‌باشد. همبستگی بین مجموع  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  در مقابل  $HCO_3^-$  بالا نمی‌باشد ( $R^2 < 0/4$ ) این امر نشان می‌دهد که تنها انحلال کانی‌های کربناته مانند کلسیت و دولومیت در کیفیت آب زیرزمینی این دشت نقش نداشته‌اند و انحلال دیگر کانی‌های و همچنین فرآیندهای مثل تعویض یونی و تعویض یونی معکوس هم در آن نقش داشته است شکل (۵-۲۵).

جدول ۵-۸- همبستگی بین آنیون‌های مختلف در منطقه دشت اسلام آباد غرب

|             | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Na^+$ | $HCO_3^-$ | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ |
|-------------|-----------|-----------|--------|-----------|--------|-------------|
| $Ca^{2+}$   | ۱         |           |        |           |        |             |
| $Mg^{2+}$   | ۰/۱۶      | ۱         |        |           |        |             |
| $Na^+$      | -۰/۳۲     | ۰/۱۴      | ۱      |           |        |             |
| $HCO_3^-$   | ۰/۳۳      | ۰/۷۱      | ۰/۶۱   | ۱         |        |             |
| $Cl^-$      | ۰/۳۱      | ۰/۶۸      | ۰/۵۵   | ۰/۸۴      | ۱      |             |
| $SO_4^{2-}$ | ۰/۰۱      | ۰/۱۶      | ۰/۲۳   | ۰/۳۰      | ۰/۱۳   | ۱           |

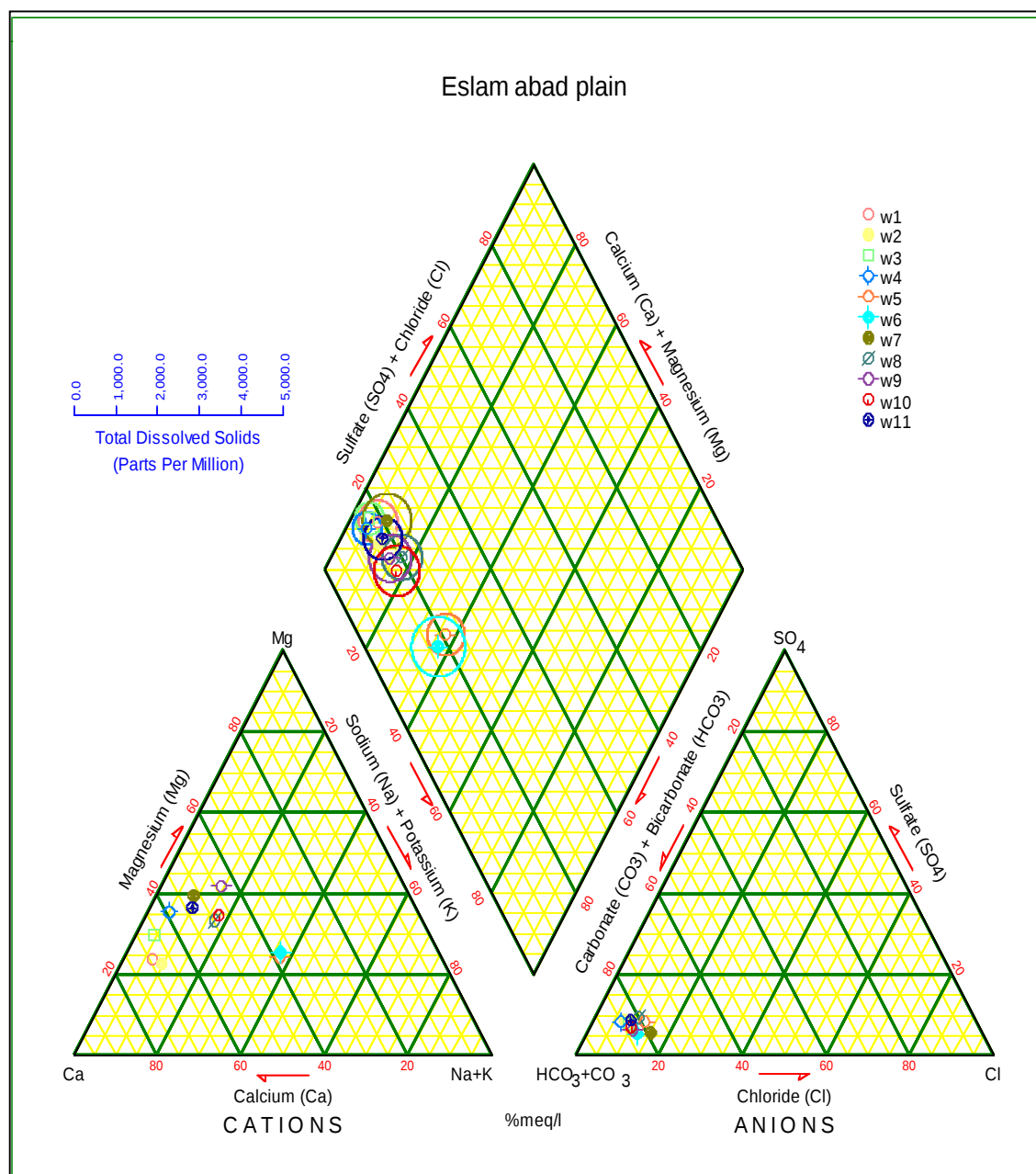


شکل ۵-۲۵- نمودارهای ترکیبی جهت تعیین نوع سنگ منشاء

در این دشت نیز مشابه دشت ذهاب با استفاده از نمودارهای ترکیبی امکان شناسایی آبخوان‌های آبرفتی از آبرفتی - آهکی امکان پذیر نمی‌باشد.

#### ۵-۴-۴- نمودار پایپر

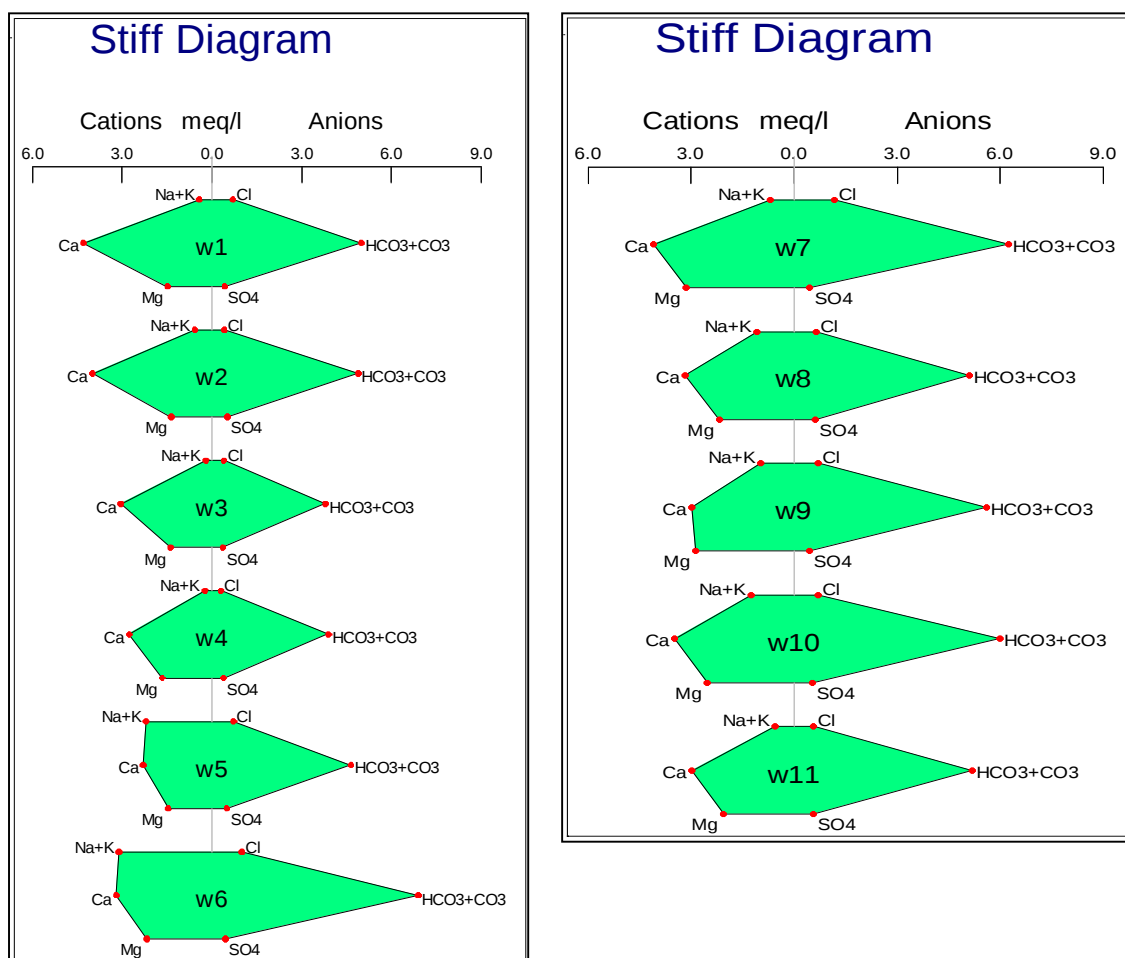
شکل (۵-۲۶) نمودار پایپر مربوط به دشت اسلام آبادغرب را نشان می‌دهد. اکثر نمونه‌ها در این شکل در گوشه سمت چپ لوزی قرار می‌گیرند که آب‌های با تیپ بی‌کربناته شدید و یون‌های قلیایی‌های خاکی (Ca و Mg) در آنها بالا می‌باشد و تنها دو نمونه (W5 و W6) دارای کیفیت نسبتاً متفاوتی از دیگر نمونه‌ها می‌باشند و مقادیر یون سدیم این نمونه‌ها بیشتر از دیگر نمونه‌ها می‌باشد شکل (۵-۲۶).



شکل ۵-۲۶- نمودار پایپر دشت اسلام آباد غرب

#### ۵-۴-۵- نمودار استیف

نمودارهای استیف ترسیمی برای نمونه‌های برداشتی، نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌ها به جزء چاه‌های (W5 و W6)، دارای کلسیم و منیزیم بالایی در مقایسه با دیگر کاتیون‌ها می‌باشند. با توجه به نمودارهای رسم شده برای نمونه‌ها، دو نوع تیپ آب در منطقه قابل تمایز است و آن هم بی‌کربناته کلسیک و بیکربناته کلسیک (سدیک) می‌باشد شکل (۵-۲۷). نمونه‌های (W5 و W6)، دارای تیپ بی‌کربناته کلسیک (سدیک) و بقیه نمونه‌ها دارای تیپ بی‌کربناته کلسیک می‌باشد.



شکل ۵-۲۷- نمودارهای استیف دشت اسلام آباد غرب

با توجه به موقعیت جغرافیایی این نمونه‌ها که چاه (W5) در مجاورت سازند آواری کشکان واقع شده است که آب نفوذی از سازند دارای مقادیر نسبتاً بالایی نسبت به سازندهای کربناته مجاور است و در نتیجه در این نمودار دارای موقعیت متفاوتی است. چاه (W6) در مرکز دشت و در مجاورت سازند

گچساران قرار گرفته و آب تغذیه شده از این سازند کیفیت پایین‌تری نسبت به سازندهای کربناته دارد و در نتیجه باعث تغییر کیفیت آب در مجاورت خود گردیده است. با توجه به خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه در این قسمت آب از زیر وارد آبخوان آبرفتی می‌شود و نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ نیز بالا بودن خصوصیات هیدرودینامیکی چاه‌های حفاری شده را تأیید می‌کند. با استفاده از چینه‌شناسی و ساختمانی منطقه، حضور سازند گچساران بر روی سازند آسماری - شهبازان در مرکز دشت و در زیر آبخوان آبرفتی دور از انتظار نیست. با توجه به مطالب ذکر شده، این قسمت از دشت هم از طریق ورود آب شور سازند گچساران رخنمون‌دار موجود در مجاورت دشت و هم از طریق تغذیه آبخوان از سنگ کف دشت (سازند آسماری - شهبازان) و انحلال کانی‌های موجود در سازند گچساران در بالا دست خود در حین بالا آمدن، باعث کاهش کیفیت آب این منطقه می‌شوند.

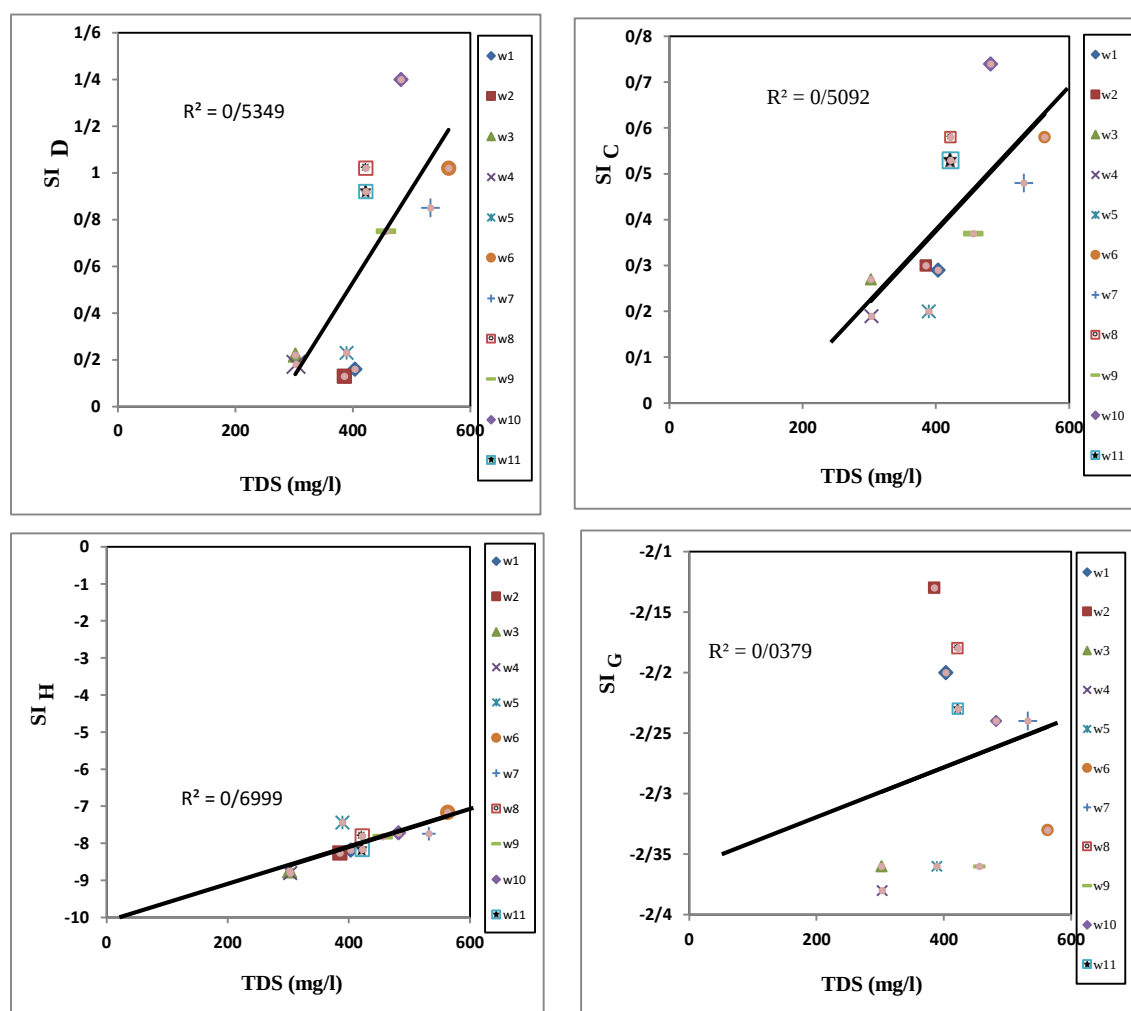
#### ۵-۴-۶- شاخص‌های اشباع

مقادیر شاخص‌های اشباع کانی‌هایی کلسیت، دولومیت، هالیت و ژیپس در این منطقه نیز با استفاده از نرم افزار PHREEQC محاسبه گردید جدول (۵-۹).

جدول ۵-۹- شاخص‌های اشباع کانی‌های دولومیت، کلسیت، ژیپس و هالیت در منطقه دشت اسلام آبادغرب

| شماره نمونه | شاخص اشباع کلسیت | شاخص اشباع دولومیت | شاخص اشباع ژیپس | شاخص اشباع هالیت |
|-------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| W1          | ۰/۲۹             | ۰/۱۶               | -۲/۲۰           | -۸/۱۸            |
| W2          | ۰/۳۰             | ۰/۱۳               | -۲/۱۳           | -۸/۲۶            |
| W3          | ۰/۲۷             | ۰/۲۲               | -۲/۳۶           | -۸/۷۴            |
| W4          | ۰/۱۹             | ۰/۱۸               | -۲/۳۸           | -۸/۸۰            |
| W5          | ۰/۲۰             | ۰/۲۳               | -۲/۳۶           | -۷/۴۴            |
| W6          | ۰/۸۵             | ۱/۰۲               | -۲/۳۳           | -۷/۱۶            |
| W7          | ۰/۴۸             | ۰/۸۵               | -۲/۲۴           | -۷/۷۴            |
| W8          | ۰/۵۸             | ۱/۰۲               | -۲/۱۸           | -۷/۸۰            |
| W9          | ۰/۳۷             | ۰/۷۵               | -۲/۳۶           | -۷/۸۲            |
| W10         | ۰/۷۴             | ۱/۴۰               | -۲/۲۴           | -۷/۷۱            |
| W11         | ۰/۵۳             | ۰/۹۲               | -۲/۲۳           | -۸/۱۶            |
| میانگین     | ۰/۴۱             | ۰/۶۳               | -۲/۲۷           | -۷/۹۸            |

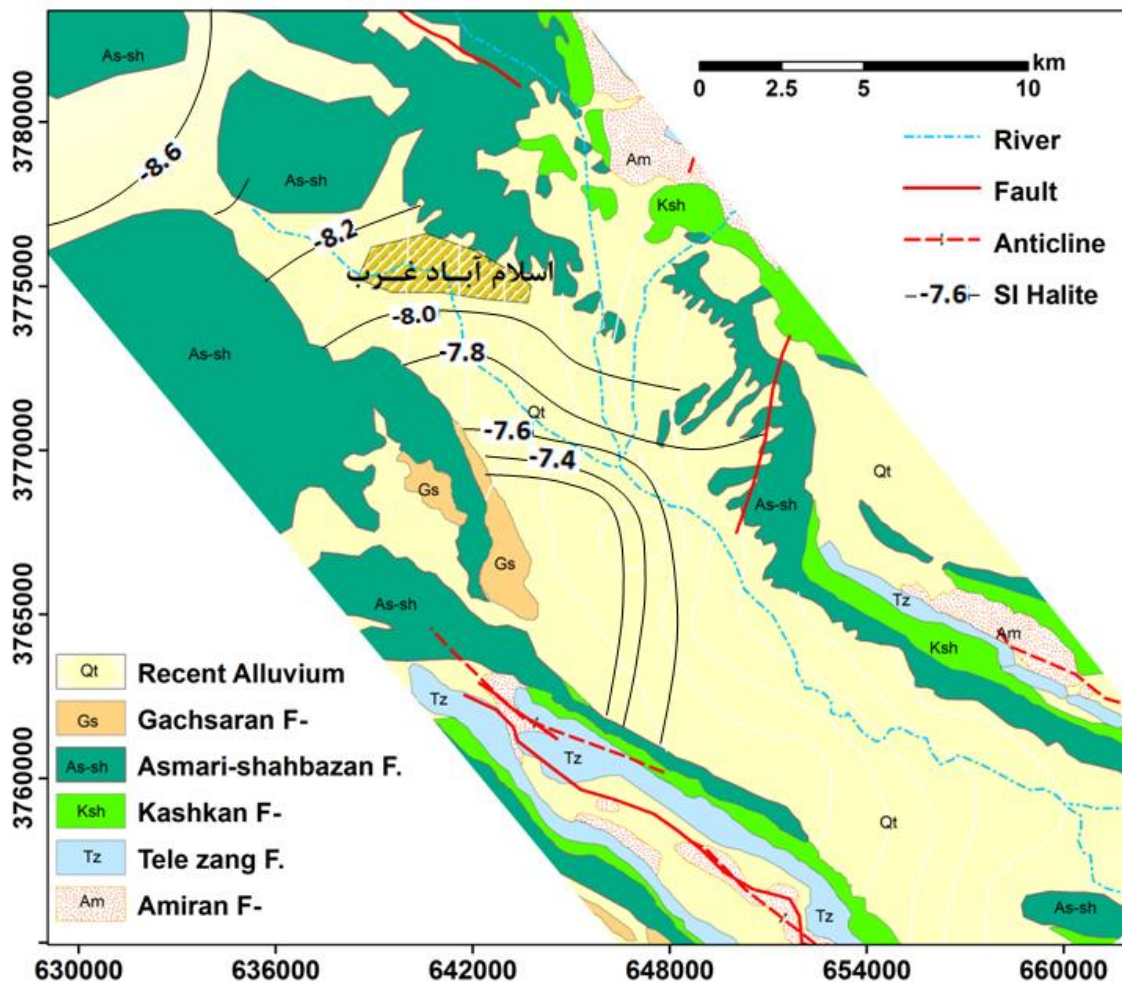
نمودارهای دو متغیره شاخص اشباع کلسیت، شاخص اشباع دولومیت، شاخص اشباع هالیت و شاخص اشباع ژیپس در مقابل مجموع املاح در شکل (۵-۲۸) آورده شده است. با توجه به جدول (۵-۹) و شکل (۵-۲۸) مشخص می‌شود که نمونه‌های آب نسبت به کانی کلسیت و دولومیت فوق اشباع می‌باشند زیرا کانی کلسیت و دولومیت اولین کانی‌هایی هستند که در آب زیر زمینی به حالت اشباع می‌رسند و همچنین وجود سازندهای کربناته در مجاورت رسوبات آبرفتی و هم در زیر رسوبات آبرفتی دشت، این کانی‌ها زود به حد اشباع می‌رسند و در نتیجه این دو کانی در حال رسوب کردن و تشکیل بلور در آب زیرزمینی هستند. ولی نسبت به کانی‌های هالیت و ژیپس تحت اشباع بوده و در حال انحلال در آب زیرزمینی دشت می‌باشند.



شکل ۵-۲۸- نمودارهای شاخص اشباع کانی‌ها در مقابل مجموع یون‌های محلول دشت اسلام آباد غرب

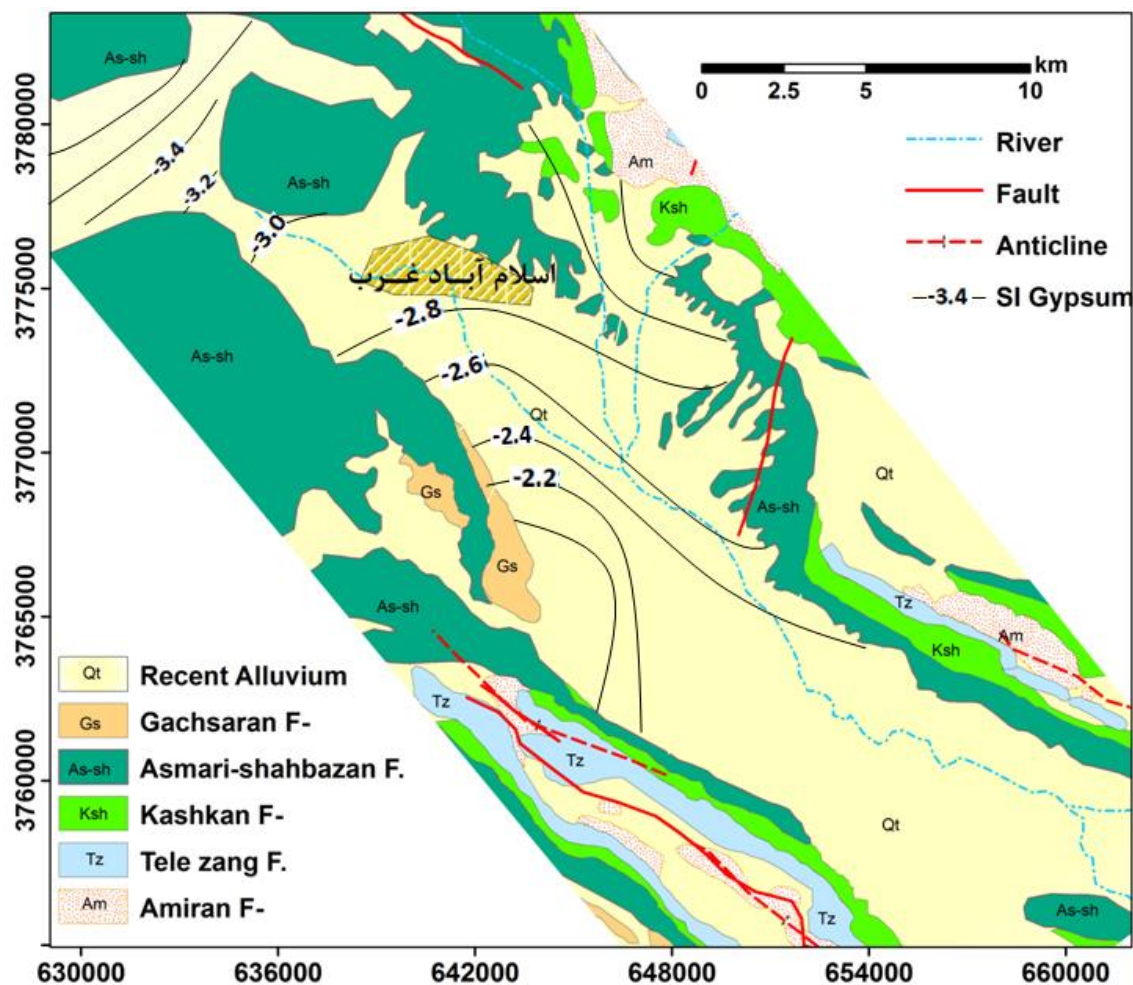
میانگین شاخص اشباع دولومیت بیشتر از کلسیت است که نشان‌دهنده حل شدن بالای این کانی نسبت به کلسیت در این دشت می‌باشد. با توجه به شکل (۵-۲۸) مقادیر شاخص اشباع کلسیت و دولومیت و هالیت با کل مداد جامد محلول همبستگی وجود دارد اما شاخص اشباع هالیت همبستگی بیشتری نسبت به بقیه دارد و با افزایش مواد جامد محلول در آب مقادیر شاخص اشباع هالیت بیشتر می‌شود و این موارد می‌تواند موید این مطلب باشد که در کانی‌های کلسیت، دولومیت و هالیت به عنوان بیشترین مواد جامد محلول در آب را تشکیل می‌دهند.

نقشه شاخص اشباع هالیت در منطقه با استفاده از نمونه‌های برداشت شده رسم گردید شکل (۵-۲۹).



شکل ۴-۲۹- نقشه شاخص اشباع هالیت

همان طور که از این شکل هم مشخص است مقادیر شاخص در مرکز دشت و در مجاورت سازند گچساران به بیشترین مقدار خود می‌رسد. ورود آب شور این سازند به داخل آبخوان دشت باعث افزایش مقدار شاخص اشباع هالیت در منطقه شده است. نقشه شاخص اشباع ژپس روندی مشابه شاخص اشباع هالیت در منطقه نشان می‌دهد به طوری که مقادیر آن هم در مرکز دشت در مجاورت با سازند گچساران افزایش می‌یابد شکل (۵-۳۰).

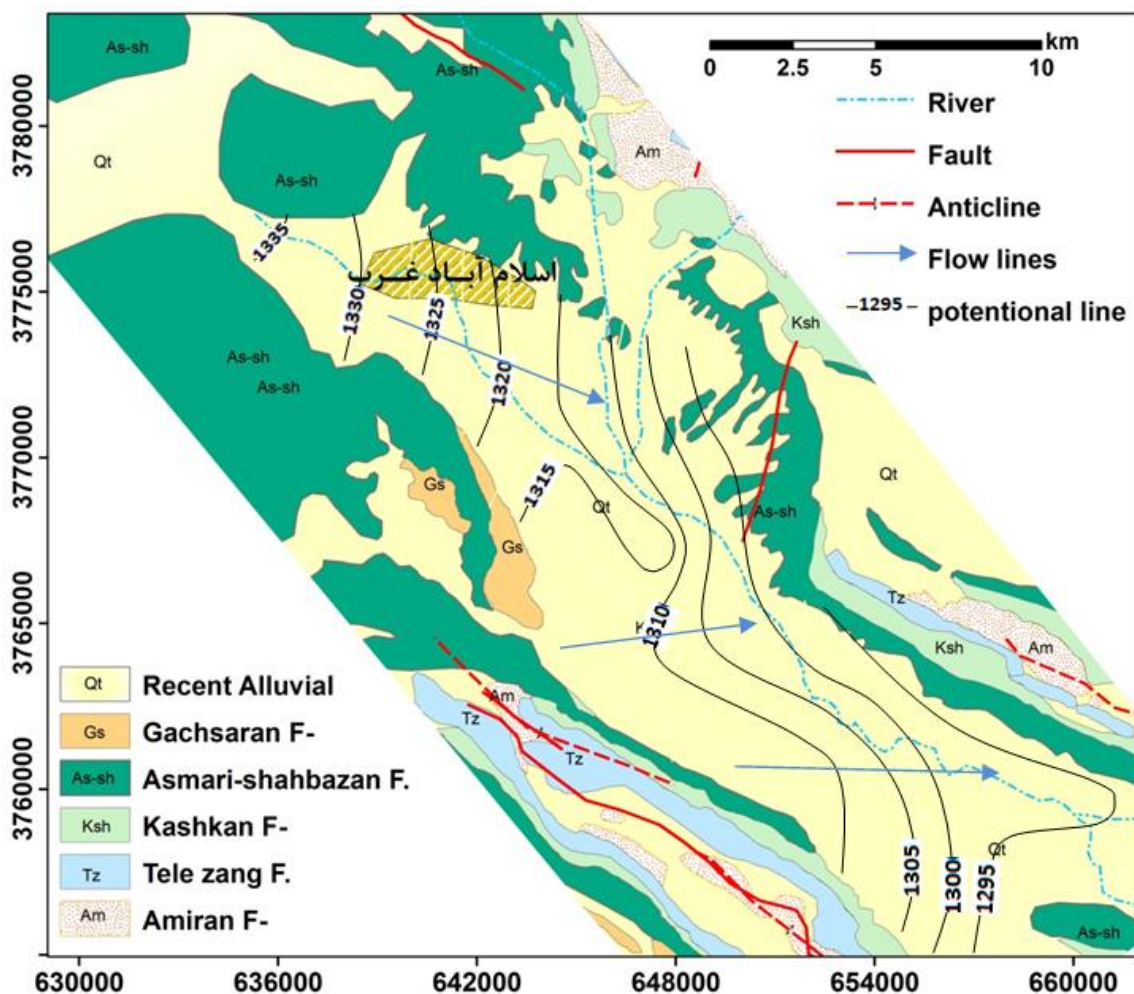


شکل ۴-۳۰- نقشه شاخص اشباع ژپس

## ۵-۵- بررسی ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های منطقه دشت اسلام آباد غرب

جهت جریان عمومی آب زیرزمینی در منطقه دشت اسلام آباد غرب از شمال شرق به جنوب شرق می‌باشد. به طوری که در نواحی شمال غربی آبخوان کارستی سازند آسماری-شهبازان با پتانسیل ذخیره‌ای بالا باعث تغذیه آبخوان آبرفتی می‌گردد شکل (۵-۳۱). نتایج به دست آمده از آنالیز

هیدروشیمیایی نمونه‌های برداشتی نیز تأکیدی بر این مطلب می‌باشد و همه نمونه‌های برداشت شده از دشت اسلام‌آباد غرب دارای تیپ بی‌کربناته کلسیک، به جزء نمونه‌های (W5 و W6) که دارای تیپ بی‌کربناته کلسیک (سدیک) می‌باشند که این شواهد نشان‌دهنده تغذیه از آبخوان‌های آهکی می‌باشد. در مرکز این دشت خطوط هم پتانسیل آب زیرزمینی به نحوی آرایش پیدا کرده‌اند که نشان‌دهنده ورود آب از زیر آبخوان است دلیل آن را می‌توان به وجود سازند کربناته آسماری-شهبازان در زیر نهشته‌های آبرفتی دانست و نمودارهای زمین‌شناسی چاه‌ها نیز وجود این سازند را نشان می‌دهند. اطلاعات حاصل از آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ آبدار بودن این سازند را تأیید می‌کنند زیرا چاه‌هایی که در سازند کربناته زیرین حفاری شده بودند قابلیت انتقال و آبدهی بیشتری نسبت به چاه‌هایی که تنها در آبرفت حفاری شده‌اند دارند.



شکل ۵-۳۱- نقشه هم پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی دشت اسلام آباد غرب

## فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این فصل نتایج حاصل از این تحقیق که شامل برآورد خصوصیات هیدرودینامیکی، بررسی شرایط هیدروژئوشیمیایی و ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های محدوده‌های مورد مطالعه می‌باشد، به طور خلاصه ارائه می‌شود.

### ۶-۱- نتیجه‌گیری

#### ۶-۱-۱- کاربرد داده‌های آزمایش پمپاژ برای مقایسه آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی-آهکی

جهت مقایسه خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی-آهکی، داده‌های آزمایش پمپاژ در دشت ذهاب واسلام‌آباد غرب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای انجام این کار، داده‌های آزمایش پمپاژ دبی ثابت با استفاده از روش‌های تایس (Theis 1935) و کوپر - ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. داده‌های افت پله‌ای نیز توسط روش ایدن - هیزل (Eden and Hazel 1973) مورد آنالیز قرار گرفتند. جهت آنالیز داده‌ها در هر روش از نرم افزار  $Aquifer^{win32}$  استفاده شد. نتایج حاصله از خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی-آهکی به جداگانه در زیر ارائه می‌شوند.

### الف - قابلیت انتقال

نتایج بدست آمده از آنالیز داده‌های آزمایش پمپاژ نشان می‌دهند که در دشت ذهاب متوسط قابلیت انتقال برای آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی-آهکی به ترتیب حدود ۶۰ و ۶۰۰ مترمربع بر روز می‌باشد.

همچنین در دشت اسلام آباد غرب نیز متوسط قابلیت انتقال محاسبه شده برای آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی- آهکی به ترتیب حدود ۵ و ۵۰۰ مترمربع بر روز می‌باشد.

با عنایت به مقادیر قابلیت انتقال در آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی و آهکی در دشت ذهاب و اسلام آباد غرب می‌توان این چنین نتیجه گرفت که مقادیر این پارامتر هیدرودینامیکی در آبخوان‌های آبرفتی در مقایسه با آبخوان‌های آبرفتی - آهکی به مراتب کمتر است.

#### ب- دبی ویژه

در دشت ذهاب متوسط دبی ویژه برای آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی- آهکی به ترتیب حدود ۹ و ۶۴۰ متر مکعب بر روز در متر برآورد گردید. در دشت اسلام آباد غرب متوسط دبی ویژه محاسبه شده برای آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی- آهکی به ترتیب برابر ۹ و ۲۹۳ مترمربع بر روز در متر می‌باشد.

بنابراین در این دشت‌های مورد مطالعه، این نتیجه بدست می‌آید که متوسط دبی ویژه آبخوان‌های آبرفتی - آهکی از آبخوان‌های آبرفتی بیشتر است.

#### ج- افت ویژه

در دشت ذهاب متوسط افت ویژه برای آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی- آهکی به ترتیب برابر ۰/۱۳۲ و ۰/۰۱۴ متر در متر مکعب بر روز برآورد گردید. در دشت اسلام آباد غرب متوسط افت ویژه محاسبه شده برای آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی- آهکی به ترتیب برابر ۰/۱۰۵ و ۰/۰۱۳ متر در متر مکعب بر روز می‌باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان این چنین اظهارنظر نمود که متوسط افت ویژه برای آبخوان‌های آبرفتی در مقایسه با آبخوان‌های آبرفتی - آهکی به طور قابل توجهی بیشتر است.

#### د- شاخص ناهمگنی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور ارزیابی شاخص ناهمگنی در دشت ذهاب، نشان می‌دهند که متوسط شاخص ناهمگنی برای آبخوان‌های آبرفتی و آبرفتی- آهکی به ترتیب حدود

۰/۰۶۸ و ۰/۵۷۶ می باشد، همچنین در مورد دشت اسلام آباد غرب، متوسط شاخص ناهمگنی برای آبخوان های آبرفتی و آبرفتی - آهکی به ترتیب حدود ۰/۰۲۵ و ۰/۴۴۹ برآورد شده است. به طور کلی نتایج حاصل از مقایسه خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان های آبرفتی و آبرفتی - آهکی در هر دو دشت ذهاب و اسلام آباد غرب نشان می دهند که متوسط مقادیر قابلیت انتقال، دبی ویژه و شاخص ناهمگنی آبخوان های آبرفتی - آهکی نسبت به آبخوان آبرفتی بیشتر می باشند و همچنین مقادیر متوسط افت ویژه آبخوان آبرفتی - آهکی در مقایسه با آبخوان آبرفتی کمتر می باشد. بنابراین نتایج حاصل از مقایسه خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان های آبرفتی و آبرفتی - آهکی در تشخیص و شناسایی آنها مؤثر می باشد.

#### ۶-۱-۲- کاربرد نمودارهای زمین شناسی در مقایسه آبخوان های آبرفتی و آبرفتی - آهکی

نمودارهای زمین شناسی یکی از روش های مستقیم و مهم برای تشخیص و شناسایی آبخوان های آبرفتی و آبرفتی - آهکی از یکدیگر می باشند. اما با توجه به اینکه بسیاری از مالکان چاه ها در منطقه از بابت غیرمجاز بودن حفاری در آهک مطلع بودند بنابراین، در اغلب موارد نمی توان به نمودار زمین شناسی تهیه شده برای چاه های مورد نظر استناد کرد. البته در بعضی از موارد که نمودارهای زمین شناسی به صورت واقعی تهیه شده اند و لایه های آهکی ضخامت قابل توجهی از انتهای نمودار زمین شناسی را به خود اختصاص می دهد. این قبیل آبخوان ها از نوع آبرفتی - آهکی هستند که قابلیت انتقال بالاتری هم دارند می تواند روش ساده و دقیقی برای تفکیک آبخوان های آبرفتی و آبرفتی - آهکی باشد برای مثال (چاه های مهدوی و قدرتی در دشت ذهاب و چاه های کیانی و احمدی در دشت اسلام آباد غرب).

#### ۶-۱-۳- کاربرد هیدروژئوشیمی برای مقایسه آبخوان های آبرفتی و آبرفتی - آهکی

با توجه به شواهد زمین شناسی و نقشه هم پتانسیل تهیه شده برای دشت های مورد نظر، تغذیه اساسی آبخوان های آبرفتی از طریق آهک های مجاور دشت ها صورت می گیرد. علاوه بر این، مواد تشکیل

دهنده آبرفت‌ها نیز از هوازده‌گی آهک‌های مجاور به وجود آمده‌اند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت محسوس و مشخصی در کیفیت و غلظت‌های یونی مربوط به آبخوان‌های آبرفتی با آبخوان‌های آبرفتی - آهکی مشاهده نمی‌شود.

در دشت ذهاب اختلاط آب بخش‌های محدود باقی مانده سازند گچساران در زیر نهشته‌های آبرفتی و به عنوان پوشاننده آهک‌های آسماری- شهبازان، باعث تغییر کیفیت آب چاه‌های قرار گرفته در این قسمت شده است. به عنوان مثال چاه‌های بابایی و الیاسی که در قسمت غربی دشت واقع شده‌اند. این امر باعث اختلافات فاحشی در کیفیت نمونه‌های آب حتی یک آبخوان می‌شود و پیچیدگی تفسیر داده‌های هیدروژئوشیمی را به دنبال دارد.

در دشت اسلام آباد غرب به خاطر رخنمون سازنده‌های متفاوت در مجاورت دشت که به طور متفاوتی بر روی کیفیت املاح نقش دارند و حتی باعث تغییر تیپ آب هم شده‌اند. به عنوان مثال چاه اسدی به خاطر اینکه در مجاورت سازند آواری کشکان حفاری شده است و چاه خداد در قسمت مرکزی دشت و در مجاورت سازند گچساران حفاری شده که هر دو چاه دارای تیپ بی‌کربناته کلسیک (سدیک) می‌باشند.

به هر حال در مواردی هم داده‌های هیدروژئوشیمی تا حدودی در این آبخوان‌ها با هم متفاوت می‌باشند به عنوان مثال چاه روستای لر مربوط به یک آبخوان آبرفتی است و با اینکه مثل بقیه نمونه‌ها دارای تیپ آب بی‌کربناته کلسیک می‌باشد ولی غلظت املاح و میزان هدایت الکتریکی آن بالاتر از چاه‌های مربوط به آبخوان‌های آبرفتی - آهکی می‌باشد.

## ۶-۲- پیشنهادها

- ۱- آزمایش پمپاژ با دبی ثابت به طور صحیح انجام شود و برای هر قرائت افت نیز دبی پمپاژ نیز با دقت اندازه گیری شود و همچنین در طول مدت زمان پمپاژ تغییرات هدایت الکتریکی آب با زمان اندازه گیری شود.
- ۲- نمودارهای زمین‌شناسی چاه‌ها توسط افراد مجرب و تحت نظارت کامل کارشناسان آب منطقه‌ای تهیه گردد.
- ۳- جهت بررسی دقیق‌تر خصوصیات هیدروشیمیایی آبخوان‌های مختلف، نمونه‌برداری از عمق‌های مختلف چاه‌ها می‌تواند در شناسایی این آبخوان‌ها مؤثر باشد.
- ۴- استفاده از دستگاه تجزیه کیفی آب به نام TURO T-611 که توسط شرکت (Turo Technology 1996) طراحی شده و دارای ۶ نشانگر دما، هدایت الکتریکی (EC)، اکسیژن محلول (D.O.)، پتانسیل احیا (Eh) و pH و کدورت است و قابلیت رسم نمودار هیدروشیمیایی برای کل عمق چاه را دارد، توصیه می‌شود.

## مراجع فارسی

- امیری، م.، (۱۳۸۱) "بررسی گازدار شدن و ارائه راه حلها در رابطه با چاههای آب استان همدان"، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان همدان، نشریه شماره، ۳۶۱.
- امیری، م.، (۱۳۸۲). "ارتباط فروچاله های دشت قهاوند - فامنین - کبودراهنک با سنگ کف منطقه"، سومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه بوعلی سینا، ص ۲۱۳-۲۲۶.
- امیری م. (۱۳۸۴) "نقش دی اکسید کربن در ایجاد کارست درونی در منطقه فروچاله های همدان، چهارمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ص ۲۱۴-۲۲۳.
- احمدپور م. رئیسی ع. اصغری مقدم الف. (۱۳۸۴) "هیدروژئولوژی چشمه های تاقدیس سبزپوشان" چکیده مقالات بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- اصغری مقدم الف. فیجانی الف. ندیری ع. (۱۳۸۶) "مطالعه هیدروشیمی و ارتباط هیدروژئولوژیکی آبخوان های کارستی و بازالتی دشت های بازرگان و پلدشت" بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور، تهران
- آقا محمدی اقدم ج. رئیسی ع. زارع م. کریمی ح. (۱۳۸۴) "ویژگیهای هیدروشیمی سازندهای محدوده سد سازبن" مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۲۰۷-۲۱۸.
- بهاروند س. احمدی خلجی الف. ادیب الف. یوسفی راد م. (۱۳۸۶) "نقش سازندهای مختلف زمین شناسی بر کیفیت آبها ی زیرزمینی شمال شهر خرم آباد" سومین همایش زمین شناسی کاربردی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، ص ۱-۱۱.
- ترابی، ت.، (۱۳۷۹). هیدرولوژی زیرزمینی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۳۶۲ صفحه.
- تولائی نژاد م، رنگزن ک.، چرچی ع.، هاتف م.، (۱۳۸۴) "بررسی بیلان دشت ایزه و نقش تکتونیک در ارتباط هیدرولیکی آبخوان های بین حوضه ای" نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم، کرج، ص ۱۱۱-۱۲۲.

جاوید ع. اصغری مقدم الف. (۱۳۸۵) "آنالیز نتایج اندازه‌گیری دبی رودخانه سنگ سیاه و بررسی ارتباط هیدرولیکی آن با آبخوان دشت دهگلان" دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

حسینی سبزواری س.م. (۱۳۸۶) بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان آب زیرزمینی در معدن گل گهر، سیرجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود ۱۱۵ صفحه.

درویش زاده ع. (۱۳۸۳) زمین شناسی ایران، انتشارات امیر کبیر، ۴۳۴ صفحه.

رضایی م. رئیسی ع. زارع م. (۱۳۷۷) "بررسی علل کاهش کیفیت آب چشمه کارستی تاقدیس رحمت" مجموعه مقالات دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مشهد.

رضائی ل. کرمی غ. بهروز س. (۱۳۸۸) "بررسی منابع آلاینده آب زیرزمینی در دشت داراب" سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.

رئیسی ع. کمالی م. زارع م. (۱۳۷۹) "بررسی علل تغییرات هیدروشیمیایی منابع آب در تاقدیس کارستی راوندی" فشرده مقاله های چهارمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تبریز، ص ۲۶-۲۸.

رئیسی. ع. (۱۳۷۴) "اثر گنبد نمکی گز طویله بر روی آب‌های کارستی و آبرفتی مجاور" نخستین همایش علمی سالانه انجمن زمین شناسی ایران، شیراز، ۱۲۵-۱۲۹.

زارعی، ح.، کلانتری، ن. (۱۳۸۲) "بررسی ارتباط هیدرولیکی بین رودخانه زهره و آبخوان دشت زیدون با استفاده از داده های هیدروشیمی". بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

سامانی ن.، رئوف الف.، (۱۳۸۴) "تأثیر هتروژنی در برهمکنش هیدرولیکی لایه های آبدار آبخوان دشت کربلا" نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم کرج، ص ۴۱-۵۰.

شریعت، م. (۱۳۷۸) اصول کیفیت و تصفیة آب و فاضلاب، انتشارات دانشگاه تهران ۱۹۶ صفحه.

صداقت م. (۱۳۷۸) زمین و منابع آب، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۶۷ صفحه.

فیروزه. م، اصغری مقدم. الف، (۱۳۸۵) "تأثیر ساختارهای زمین شناسی بر قابلیت انتقال آبخوان دشت هادیشهر" دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس.

کاظمی گلیان، ر. توسلی، س. خاکزادی، ز. (۱۳۷۴) "تبادل هیدرولیکی رودخانه با آبخوان آب زیرزمینی و تصحیح نقشه‌های تراز آب، هم عمق و هم افت ترسیمی به طریق دستی و نرم افزاری (روش Kriging در Surfer)" هشتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران ص ۵۰۲-۵۰۹.

کاظمی. غ، مهدی‌زاده. ح (۱۳۷۴) "کاربرد ایزوتوپ‌های هیدروژن، اکسیژن، و استرانسیم در مطالعات آب‌های سطحی و زیرزمینی حوضه آبریز باکینباه (Bachinbah) در شرق استرالیا" چهارمین انجمن زمین شناسی ایران.

مهندسین مشاور آبدان فراز (۱۳۸۵) "گزارش بیلان و چرخه آب در محدوده مطالعاتی دشت اسلام آباد غرب، ۱۵۴ صفحه.

مهندسین مشاور آبدان فراز (۱۳۸۵) "گزارش بیلان و چرخه آب در محدوده مطالعاتی دشت ذهاب، ۱۳۰ صفحه.

نقشه زمین‌شناسی ایلام - کوه‌دشت و قصر شیرین، (۱۹۷۴)، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، اکتشاف و تولید زمین‌شناسی، شرکت ملی نفت ایران، تهران.

نقشه زمین‌شناسی کرمانشاه (۱۳۵۷)، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## References

- Almeida, C. Silva M.L. (1987) "Incidence of Agriculture on water quality at Campinade Faro (South Portugal)" *Hidrogeologia y Recursos Hidráulicos*, 12:249-257.
- Ashjari, J., and Raeisi, E., (2006), Anticlinal structure influences on regional flow, Zagros, Iran: *Journal of Cave and Karst Studies*, 68(3):119–127.
- Barbieri. M., Boschetti . T., Petitta. M., Tallini. M., (2005)," Stable isotope ( $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) and hydrochemistry monitoring for groundwater hydrodynamics analysis in akarst aquifer (Gran Sasso, Central Italy)" *Applied Geochemistry*, 20:2063–2081.
- Bonacci,o.(1993) "Karst spring hydrographs as indicators of karst aquifer", *Hydrologies! Sciences -Journal- des Sciences Hydrologiques*, 38:51-61.
- Bouwer H.(1978)" Groundwater Hydrology" Mac Graw-Hill, New York, 480pp.
- Brahana J.V. Hollyday E.F. (1988) "Relation between the hydrogeology of carbonate rocks and the development of karst landform" *Karst hydrogeology and karst environment protection*, 1:270-275.
- Chakrabarty,c. (1994) "A note on fractional dimation analysis of constant rate interference tests", *water resourse reserch*, 30(7):2339-2341.
- Condeso de Melo, M.T., Buckley, D.K., Marques da Silva, M.A., Edmunds, W.M., (2003), "Use of geophysical borehole logging techniques and depth sampling methods to characterize the hydrogeochemical heterogeneity of the aveiro cretaceous multilayer aquifer" 8th, *Environmental and Engineering geophysics*, 297-300.
- Cooper,H.H., and Jacob, C.E, (1946) "A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, *American Geophysics Union Transaction*, 27:526-534.
- Cruz, J.V., Amaral, C.S., (2004), Major ion chemistry of groundwater from perched-water bodies of the Azores volcanic archipelago. *Applied Geochemistry*, 19:445-459.
- Davis S.N. and Dewiest R.J.M (1966) "Hydrogeology" John Wiley , New York, 463 pp.
- Eden,R.N., and Hazel, C, P. (1973) "Computer and graphical analysis of variable discharge pumping test of well. *Inst. Engrs. Australia, Civil Eng. Trans.*, 5-10.
- Eftimi, R. (2005), "Hydrochemical characteristics of some lithologically different karst massifs of Albania". – In: *Int. Conference & Field Seminars - Water Resources & Environmental Problems in Karst*, Cvijić 2005. Belgrade, 499-504.
- Eftimi. R, and Benderev. A, (2007), " Utilization of hydrochemical data for characterization of the karst system: example of Iskrets karst spring, Bulgaria" *Review of the Bulgarian geological society*, 68(1-3):167-174.

- Ehlig-Economides, C., ( 1988) "Use of the pressure derivative for diagnosing pressure-transient behavior", J. Pet. Technol, 1280–1282.
- Ford d., Williams P., (2007)" Karst Hydrogeology and Geomorphology" John Wiley&Sons, Ltd.
- Gabriela Garcia Margarita del. M, Hidalgo. V, Miguel A. Blesa (2001) Geochemistry of groundwater in the alluvial plain of Tucuman province, Argentina. Hydrogeology Journal 9:597-610.
- Grasby, S. Chen, Z. Osader, K. Betcher, R. Kennedy, P. (2005)" Fracture controlled regional variations in transmissivity, carbonate aquifer, southern manitoba, canada" Salt Lake City Annual Meeting, Session No. 70.
- Hess J. 1974. Hydrochemical Investigations of the Central Kentucky Karst Aquifer System. Ph.D.thesis, The Pennsylvania State University.
- Hounslow, A.W. 1995. Water quality data analysis and interpretation. Lewis publishers,CKC press,LLC: 378 pp.
- Hunt, C.D., Ewart, C.J., Voss, C.I., 1988. Region 27, Hawaiian islands. In: Back, W., Roseneshein,J.S., Seaber, P.R., (Eds), Hudrogeology, the geology of north America,Geol. Soc.America boulder, 2:225-262.
- Jiang. Y, Yan. J, (2009)" Effects of Land Use on Hydrochemistry and Contamination of Karst Groundwater from Nandong Underground River System, China" Water Air Soil Pollut.
- Karami Gh., (2002) Assessing the heterogeneity and flow system types in karstic aquifers using pumping test data, Ph.D. Thesis, University of Newcastle, Newcastle Upon Tyne, 180 pp.
- Karami.G.H andYounger.P.L,2006 "Assessing floow types in karst aquifers by evaluation of conventional pumping test data" journal of geological society of iran, 53-59.
- .Karimi H (2003) Hydrogeological behavior of Alvand karst aquifers Kermanshah (in English). PhD Thesis, University of, Shiraz, Iran.
- Kenneth ,S.J, (1985)"Hydrogeology and recharge of a gypsum-dolomite karst aquifer in southwestern Okahoma, U.S.A." Karst Water Resources (Proceedings of the Ankara - Antalya, Symposium, IAHS Publ. No. 161
- Kruseman, G.P. and de Ridder, N.A. (1991)" Analysis and evaluation of pumping test data" International Institute for Land Reclamation and improvment. Wageningen, the Netherlands , 2nd ed. (completely revised). 377pp.
- Land L. Huff G.F. (2009) " Multi-tracer investigation of groundwater residence time in a karstic aquifer: Bitter Lakes National Wildlife Refuge, New Mexico, USA" Hydrogeology Journal, 18(2).
- Langmuir, D. (1971). "The geochemistry of some carbonate ground waters of Central Pennsylvania". Geochem., Cosmochim. Acta, 35:1023-1045.

- Leveinen. J. , Rönkä. E. , Tikkanen. J., Karro .E., (1998) " Fractional flow dimensions and hydraulic properties of a fracture-zone aquifer, Leppävirta, Finland" *Hydrogeology Journal* , 6(3):327-340.
- Lindsey B.D. , Berndt M.P. , Berndt B.G., Ardis A.F., Skach K.A.,(2009) " Factors Affecting Water Quality in Selected, Carbonate Aquifers in the United States" *Philadelphia Annual Meeting*, 4:187-194.
- Lohnert, E.P., and Papakonstantinou, A. 1988. Relationship between karst and porous aquifers on Chalkidiki peninsula Greece. *Proceedings of the IAH 21st Congress*, Gulin, China, 21:321–326 .
- Macpherson G.L., Sophocleous M. (2003) "Fast ground-water mixing and basal recharge in an unconfined, alluvial aquifer, Konza LTER Site, Northeastern Kansas" *Journal of Hydrology* 286:271–299.
- Massi N. Lacroix M. Wang H.Q. Mahler B.J. Dupont J.P. (2001) " Transport of suspended solids from a karstic to an alluvial aquifer: the role of the karst/alluvial interface" *Journal of hydrology* 260:88-101.
- Mazor, E., (2004) "Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology", Third Edition, John Wiley, New York 247pp.
- Memon. B.A, Patton .A.F, Pitts .M.W, (1999) "Control of naturally occurring brine springs and seeps in an evaporite karst setting" *Engineering Geology* 52:83-91.
- Milanović, P., (1989) Power Plant Ombla: Geological Part. Feasibility Study, unpublished, Energoprojekt, Beograd, Yugoslavia.
- Milanovic and Agili, 1990) "hydrogeological characteristics and groundwater mismanagement of Kazeun karst aquifer, ZAGROS, IRAN" *Hydrogeological Processes in Karst Terranes* (Proceedings of the Antalya Symposium and Field Seminar, October 1990). IAHS Kib. No. 207.
- Mishra, S., (1992), "Methods for analyzing single- and multi-well hydraulic test data, in Grimsel Test Site: Interpretation of Crosshole Hydraulic Tests and a Pilot Fluid Logging Test for Selected Boreholes Within the BK Site, edited by S. Vomvoris and B. Frier, NAGRA Tech. Rep. NTB 91-09, Natl. Coop. for the Disposal of Radioactive Waste, Wettingen, Switzerland.
- Mokrik, R., & Baublyte, A., (2005). Water Geochemistry in the Sventoji-Arukula Aquifer System, Lithuania. *Geologija*, 52:55-64.
- Nativ and Gutierrez, (1989) Hydrogeology and hydrochemistry of Cretaceous aquifers, Southern High Plains, U.S.A. *Journal of Hydrology* 108:79-109.
- Nayef mohamad mansor abolhom D. (2002) "Hydrogeological, geophysical and geochemical investigation of the aquifers in wadi siham, tihama area, republic of yemen" *National Information Center - Yemen*.

- Pedler W.H., Barvenik M.J., Tsang C.F., Hale F.V., (1990) " Determinintion of bedrock hydraulic conductivity and hydrochemistry using a wellbore fluid logging method, 39-53.
- Raeisi E (2002) Carbonate karst caves in Iran. In: Kranjc A (ed) Evolution of karst: from prekarst to cessation. Ljubljana-Postojna, 339–344.
- Raeisi E., (2008) Ground-water storage calculation in karst aquifers with alluvium or no-flow boundaries. Journal of Cave and Karst Studies, 70(1):62–70.
- Sahabi, F., Aghasi, A., Afshar Harb A., (1998) "Geological report of Alvand Basin (Kermanshah Province)" west Regionnal water Authority, 132 pp.
- Raeisi, E. and Moore, F. (1993) "Hydrochemistry of karst springs from two carbonate units in zagrosides of iran" Jornal of science, Islamic Repuplic of iran, 4:302-309.
- Raymondi R.R. (1997) " Aquifer Tests in Carbonate Rocks Overlain by Glacial Sediments in North- Central Ohio" OHIO J. SCI. 97(1):24-29
- Rieg A. Leibundgut Ch. Brand M. Ries Th. (1993)" Interaction between karst and porous groundwater investigation by tracer experiments" Tracers in Hydrology, Proceedings of the Yokohama Symposium, IAHS Publ.No. 215:253-262.
- Rosentha. E, Adar. E, Issar. A.S, Batelaan. O, (1990) "Definition of groundwater flow patterns by environmental tracers in the multiple aquifer system of southern Arava Valley, Israel" Journal of Hydrology, 117 (1-4):339-368.
- Schorch M. Vuataz F.D. (2002) "Hydrochemical multiparameter log analysis in a shallow, heterogeneous alluvial aquifer(Wallis Canton, Switzerland)" Bull. appl. Geol., 7:3-18.
- Schürch. M and Buckley.D, (2002)" Integrating geophysical and hydrochemical borehole-log measurements to characterize the Chalk aquifer, Berkshire, United Kingdom" Hydrogeology Journal 10:610–627.
- Smith, B. A., and Hunt B. B, (2008)" Multilevel monitoring and characterization of the Edwards and Trinity aquifers of Central Texas" Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, 58:833-840.
- Steele, C. E., and Barclay, J. E.. 1965. Groundwater resources of Harmon County and adjacent parts of Greer and Jackson Counties,Oklahoma, Oklahoma Water Resources Board Bulletin 29, 96pp.
- Stetzenbach. K. J. , Hodge .V. F. , Guo. C. , Farnham. I. M. , Johannesson. K. H., (2001)" Geochemical and statistical evidence of deep carbonate groundwater within overlying volcanic rock aquifers aquitards of southern Nevada, USA"Journal of Hydrology, 243(3-4): 254-271.
- Stober, I, and K. Bucher., (1999). Deep groundwater in the crystalline basement of the Black Forest region, Applied Geochemistry, 14:237-254.

- Suski. B. , Ladner. F. , Baron. L., Vuataz. F.-D. , Philippossian. F., Holliger. K. (2008)" Detection and characterization of hydraulically active fractures in a carbonate aquifer: results from self-potential, temperature and fluid electrical conductivity logging in the Combioula hydrothermal system in the southwestern Swiss Alps" *Hydrogeology Journal* 16: 1319–1328.
- Theis, C.V. (1935) "The relation between the lowering of the pizometric surface and the rate and duration of discharge off a well using groundwater storage. *Transaction of American Geophysical Union*, 16:519-524.
- Todd D.K. (2005) *Ground water Hydrology*" Third Ed, John Wiley and Sons Inc. New York, U.S.A. 535PP.
- U.S. Department of Energy Cooperative Agreement DE-FC08-02RW12162 (2005) "Death vally lower carbonate aquifer monitoring program wells down gradient of the proposed yucca mountain nuclear waste repository"Prepared by inyo county Yucca mountain repository assessment office, final project report.
- Verbovšek .T ,(2009) “Flow dimensions in dolomite aquifers - correlations with lithological, geochemical and fracture network properties” *EGU General Assembly*, 11, EGU 2009-3443.
- Vila, S.x., Meier, P.M., and Carrera, J, (1999), "Pumping test in heterogeneous aquifers: an analytical study of what can be obtained from their interpretation using Jacobs method, *Water Resources, Reseach.*, 35:934-952.
- Walker D.D. and Roberts R.M. , (2003) "Flow dimensions corresponding to hydrogeologic conditions" *Water Resurces Research*, 39(12) 1349, doi:10.1029/2002WR001511.
- Walton, W. C. 1987. "Groundwater Pumping Tests: Design and Analysis," Lewis Pub., Chelsea, MI 216pp.
- Wang Y., Ma T., Lou Z., (2001) " Geostatical and geochemical analysis of surface water leakage into groundwater on a regional scale: a case study in the Linlin karst system, northwestern China" *Journal of hydrology* 246:223-234.
- White, W.B., 1988, *Geomorphology and hydrology of karst terrains*: New York, Oxford University Press, 464 pp.

## **Abstract**

As, the karstic aquifers usually have a better water quality than alluvial aquifers, Ministry of Energy has approved rules to prevent using karstic aquifers in agricultural consumptions, but rather they should be only used as drinking water sources. The present research considers if there is a hydraulic relationship between alluvial aquifers and underlying karstic aquifer in Islamabad Gharb and Zahab plains in Kermanshah Province.

Six sets of pumping test data with a constant discharge rate and also 16 step-drawdown data sets are analyzed using professional software aquifer <sup>win32</sup> to evaluate the hydrodynamic characteristics of Zahab plain aquifers. In addition, 13 step-drawdown data sets are evaluated using the above mentioned software in order to access the hydrodynamic characteristics of Islamabad gharb plain aquifers. It is noteworthy that, there are both types of alluvial and alluvial-karstic aquifers in these plains. The results show that in both plains, alluvial-karstic aquifers have a higher value of transmissivity, specific capacity and heterogeneity indices than alluvial aquifers, whereas the specific drawdown values of alluvial aquifers are greater than alluvial-karstic aquifers.

Some 13 and 11 samples from existing wells in Zahab and Islamabad Gharb plains were respectively taken to study the hydrogeochemistry characteristics, at July 2010. The results show that the electrical conductivity in direction of groundwater flow (i.e. from east to west) in Zahab plain increases from 500 to 900 microhms/cm, whereas, the electrical conductivity in direction of groundwater (i.e. from northwest to southeast) in Islamabad Gharb plain increases from 450 to 800 microhms/cm. Also, these results demonstrate that the degradation of groundwater quality of Islamabad Gharb plain is due to the flow of water through Gachsaran formation outcropping in the middle part of this plain. Also the study of groundwater potential maps, compound and quality diagrams of studied plains shows that there is a hydrogeological relationship between alluvial and karstic aquifers, so that alluvial aquifers are recharged from adjacent karstic aquifers.

**Keywords:** Karstic and alluvial aquifers, pumping test, hydrogeochemistry, hydrogeology.



**Shahrood University of Technology**  
**Faculty of Earth Sciences**  
**Hydrogeology and Environmental Geology Group**  
**M. Sc. Thesis**

**Evaluating the hydraulic relationship of alluvial aquifers and  
karstic formations under these aquifers in Islamabad Gharb  
and Zahab plains of Kermanshah province**

**Ghasem Salim**

**Supervisor:**

**Dr. G.H. Karami**

**February 2011**