



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه آبشناسی و زمین شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی علل کاهش آبدهی و تخریب چاه‌ها در دشت گرگان

دانشجو:

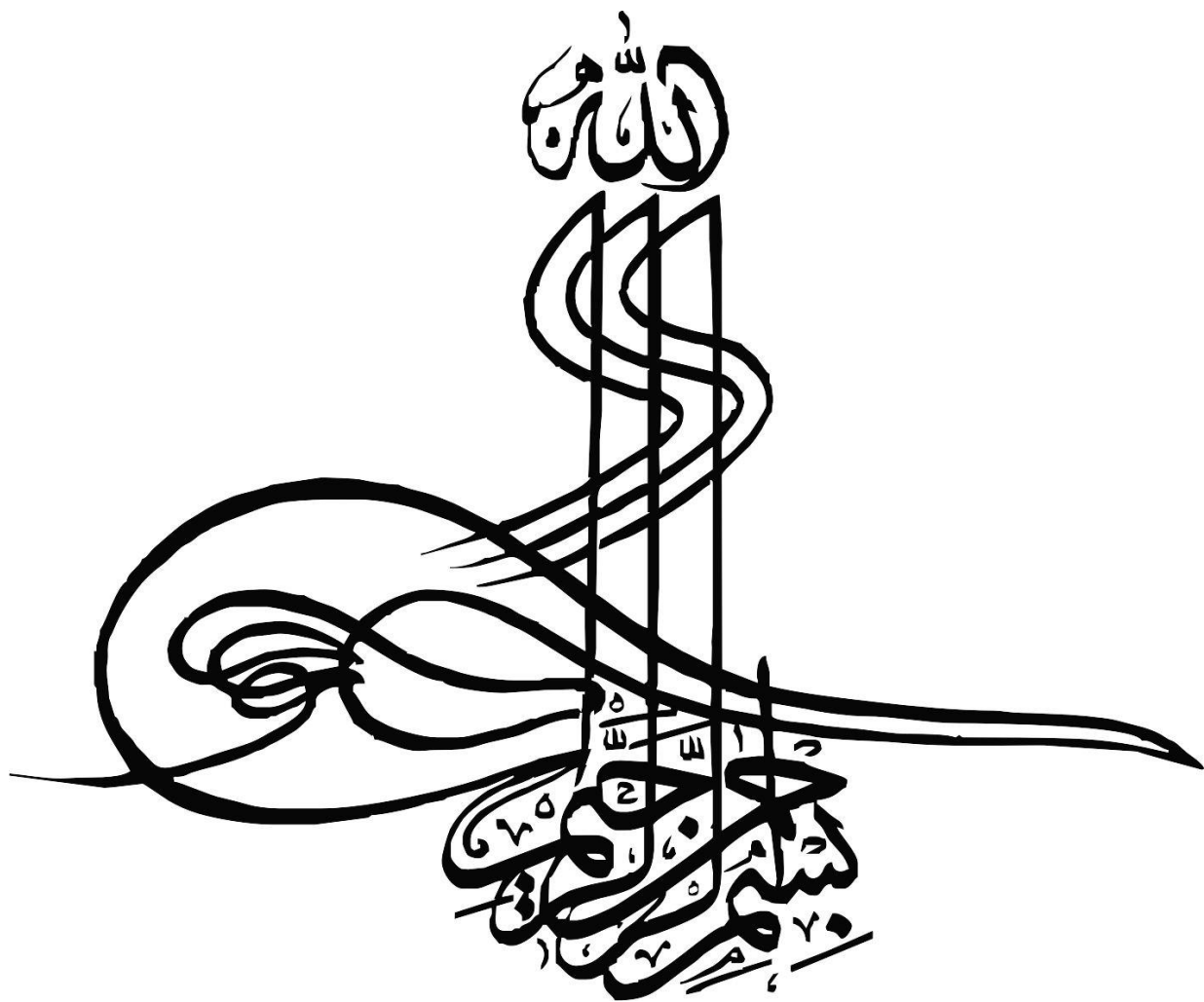
نسیم السادات مسلمی عقیلی

اساتید راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

دکتر ابراهیم یخکشی

تیر ماه ۱۳۹۰



تقدیم به تو

ای پدر از تو هر چه می گویم باز هم کم می آورم

خورشیدی شدی و از روشنایی ات جان گرفتم و در ناامیدی ها نازم را

کشیدی و لبریزم کردی از شوق

اکنون حاصل دستان خسته ات رمز موفقیتم شد

و تو ای مادر، ای شوق زیبایی نفس کشیدن

ای روح مهربان هستی ام

تو رنگ شادی هایم شدی و لحظه ها را با تمام وجود از من دور کردی و

عمری خستگی ها را به جان خریدی تا اکنون توانستی طعم خوش

موفقیت را به من بچشانی

و تقدیم به یگانه خواهرم

که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.

تشکر و قدردانی

سپاس مخصوص خداوند مهربان که به انسان توانایی و دانایی بخشید تا به بندگانش شفقت ورزد، مهربانی کند و در حل مشکلاتشان یاری شان نماید. از راحت خویش بگذرد و آسایش هم نوعان را مقدم دارد، با او معامله کند و در این خلوص انباز نگیرد و خوش باشد که پروردگار سمیع و بصیر است.

سپاس ایزد منان که به من این فرصت را داد تا به این مرحله از علم رسیده و از هیچ محبتی دریغ نکرد و در تمام مراحل زندگی مرا قوت قلب بود.

اکنون که به یاری خداوند متعال این دوره را به پایان رسانده‌ام، به رسم ادب و احترام بر خود واجب می‌دانم از حمایت‌های بی دریغ پدرم که تا به امروز همیشه یاور و پشتیبانم در زندگی و تحصیل بوده است و مادر عزیزم، معلم مهربانم که قلم نوشتن به دستم داد و زیباترین کلمات را با آموختن الفبا به من آموخت و همیشه و در همه حال دعاهایش بدرقه راهم و راهنمایی‌هایش روشنگر راهم بوده است. همچنین زحمات استادان عزیز و بزرگوایم جناب آقایان دکتر کرمی و دکتر یخکشی که علاوه بر تحقیق و پژوهش با نظرات ارزنده و مدبرانه‌ی خود بهتر فکر کردن، بهتر زندگی کردن و بهتر بودن را به من آموختند.

از تمام عزیزانی که در شرکت آب منطقه‌ای و شرکت آب و فاضلاب استان گلستان به‌ویژه جناب آقایان مهندس کابلی، مهندس ایزدی و مهندس دهقان که در تمام مدت پژوهش از هیچ کمکی دریغ نوزیدند و همچنین از اساتید گراتقدر و پرسنل زحمتکش دانشکده علوم زمین کمال تشکر را دارم.

نسیم السادات مسلمی عقیلی

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- مسلّمی عقیلی، ن.ا.، کرمی، غ.ح. و یخکشی،ا.، بررسی آماری نقش مجموعه چاه‌ها بر کیفیت آب، (۱۳۸۹)، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ارومیه.
- ۲- مسلّمی عقیلی، ن.ا.، کرمی، غ.ح. و یخکشی،ا.، بررسی آماری عوامل موثر بر میزان آبدهی چاه‌ها در مجموعه چاه‌های منطقه گرمابدشت، (۱۳۹۰)، دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، زنجان.

چکیده

منابع آب زیرزمینی در منطقه گرمابدشت- سیاهتلو به عنوان تامین کننده بخش مهمی از آب شرب شهر گرگان دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند. به علت پمپاژ نسبتاً زیاد از این منطقه آبدهی بعضی از چاه‌ها به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده و بعضی از چاه‌ها تخریب شده‌اند.

با جمع آوری آمار و اطلاعات ۱۹ چاه آب شرب، به منظور مطالعه تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی منطقه گرمابدشت- سیاهتلو، از تعدادی شاخص‌های آماری استفاده شده است. شاخص اول، شاخص فاصله و شاخص دوم، شاخص دبی- فاصله است. مقادیر ارزیابی شده آبدهی، کاهش آبدهی و غلظت یون‌های اصلی آب برای چاه‌های مورد نظر و همچنین شاخص‌های آماری تعریف شده، استاندارد شده‌اند. نمودار مربوط به داده‌های استاندارد شده ترسیم شده و بهترین خط از بین داده‌ها عبور داده شده است سپس شیب خط و همچنین r -square مربوط به هر نمودار محاسبه گردیده است. در نهایت، داده‌هایی با شیب و ضریب همبستگی زیاد که دارای سطح معنی‌داری ۹۹٪ می‌باشند، برای ارزیابی‌های نهایی انتخاب شدند. با استفاده از ارزیابی شاخص‌های آماری ارائه شده در این تحقیق، یک روش ساده و کاربردی به منظور تعیین درصد تاثیر ساختمان چاه بر روی کاهش آبدهی چاه‌ها معرفی شده است. نتایج حاصله از این تحقیق بیانگر این است که مقدار تاثیر ساختمان چاه بر کاهش آبدهی چاه‌ها از صفر تا ۷۵ درصد متغیر بوده است.

کلمات کلیدی: کیفیت، افت سطح ایستابی، مجموعه چاه، شاخص‌های آماری، آبدهی، کاهش آبدهی، گرمابدشت.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

- ۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق ۱
- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه ۲
- ۳-۱- آب و هوا ۳
- ۴-۱- ژئومورفولوژی منطقه ۵
- ۵-۱- زمین شناسی عمومی منطقه ۵
- ۱-۵-۱- چینه شناسی منطقه ۷
- ۲-۵-۱- زمین شناسی ساختمانی ۱۱
- ۶-۱- هیدرولوژی منطقه ۱۲
- ۱-۶-۱- هیدرولوژی آب‌های سطحی ۱۲
- ۲-۶-۱- هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی ۱۴

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده درباره دلایل کاهش آبدهی و تخریب

چاه‌های آب ۲۳

- ۱-۲- ساختمان چاه ۲۳
- ۱-۱-۲- لوله جدار ۲۳
- ۲-۱-۲- صافی شنی ۲۶
- ۳-۱-۲- لوله مشبک ۲۹
- ۲-۲- برداشت بی‌رویه از مجموعه چاه‌ها ۳۱
- ۱-۲-۲- افت زیاد و کاهش آبدهی چاه‌ها ۳۲
- ۲-۲-۲- افت زیاد و نشست زمین و تخریب چاه‌ها ۳۳
- ۳-۲-۲- افت زیاد و ماسه‌دهی چاه و تخریب چاه‌ها ۳۵
- ۴-۲-۲- افت زیاد و هجوم آب‌های شور ۳۶
- ۵-۲-۲- راه‌های جلوگیری از افت سطح آب ۳۷
- ۳-۲- عوامل شیمیایی و بیوشیمیایی ۳۸
- ۱-۳-۲- عوامل شیمیایی ۳۹
- ۲-۳-۲- عوامل بیولوژیکی ۴۱

فصل سوم: داده‌ها و روش‌های مورد استفاده ۴۳

- ۱-۳- موقعیت مکانی چاه‌های مورد بررسی ۴۳
- ۲-۳- آبدهی و سایر مشخصات چاه‌های مورد بررسی ۴۶

۴۷	۳-۳- شاخص‌های آماری مورد استفاده.....
۴۹	۳-۳-۲- شاخص دبی - فاصله.....
۵۰	۳-۴- استاندارد نمودن داده‌ها.....
۵۱	۳-۵- تعیین سطح معنی‌داری.....
۵۲	۳-۶- تاثیر ساختمان چاه.....
۵۴	فصل چهارم: تعیین علل کاهش آبدهی و تاثیر ساختمان چاه بر روی کاهش آبدهی.....
۵۴	۴-۱- شاخص‌های آماری.....
۵۴	۴-۱-۱- شاخص‌های فاصله.....
۵۵	۴-۱-۲- شاخص‌های دبی - فاصله.....
۶۱	۴-۲- نمودارهای آبدهی و کاهش آبدهی در برابر شاخص‌های آماری.....
۶۱	۴-۲-۱- نمودارهای آبدهی - شاخص‌های فاصله.....
۶۲	۴-۲-۲- نمودارهای آبدهی - شاخص‌های دبی - فاصله.....
۶۴	۴-۲-۳- نمودارهای کاهش آبدهی - شاخص‌های فاصله.....
۶۵	۴-۲-۴- نمودارهای کاهش آبدهی - شاخص‌های دبی - فاصله.....
۶۶	۴-۳- نمودارهای کیفیت آب در برابر شاخص‌های آماری.....
۶۷	۴-۳-۱- نمودارهای هدایت الکتریکی - شاخص‌های فاصله.....
۶۷	۴-۳-۲- نمودارهای هدایت الکتریکی - شاخص‌های دبی - فاصله.....
۶۹	۴-۳-۳- نمودارهای غلظت یون‌ها - شاخص‌های فاصله.....
۷۲	۴-۳-۴- نمودارهای غلظت یون‌ها - شاخص‌های دبی - فاصله.....
۷۸	۴-۴- تعیین سطح معنی‌داری.....
۷۸	۴-۴-۱- تعیین سطح معنی‌داری نمودارهای آبدهی.....
۸۰	۴-۴-۲- تعیین سطح معنی‌داری نمودارهای کاهش آبدهی.....
۸۰	۴-۴-۳- تعیین سطح معنی‌داری نمودارهای غلظت.....
۸۳	۴-۵- تاثیر ساختمان چاه.....
۸۳	۴-۵-۱- شاخص دبی - فاصله.....
۸۵	۴-۵-۲- شاخص مربع دبی به فاصله.....
۸۸	۴-۵-۳- شاخص دبی به مربع فاصله.....
۹۰	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....
۹۰	۵-۱- نتیجه‌گیری.....
۹۰	۵-۱-۱- تاثیر شاخص‌های آماری بر میزان آبدهی و کاهش آبدهی.....

۹۴	.....	۲-۱-۵- تاثیر شاخص‌های آماری بر کیفیت آب
۹۵	.....	۳-۱-۵- تاثیر ساختمان چاه
۹۶	.....	۲-۵- پیشنهادها
۹۷	.....	منابع
۱۰۷	.....	پیوست

لیست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی و محدوده چاه‌های مورد بررسی ۳
- شکل ۱-۲- نمودار ترکیبی بارندگی و دما در محوطه امور آب گرگان ۴
- شکل ۱-۳- نقشه زمین شناسی محدوده مورد بررسی ۶
- شکل ۱-۴- نقشه نوع آبخوان محدوده مورد بررسی ۱۷
- شکل ۱-۵- نیمرخ زمین شناسی محدوده مورد مطالعه ۱۸
- شکل ۱-۷- نقشه تیپ آب در محدوده مورد بررسی ۲۰
- شکل ۱-۸- نقشه هم عمق محدوده مورد بررسی ۲۱
- شکل ۱-۹- نقشه هدایت الکتریکی منطقه بندی شده ۲۲
- شکل ۳-۱- رابطه شاخص دبی- فاصله با کاهش آبدهی چاه‌ها و نحوه برآورد تاثیر ساختمان چاه ۵۳
- شکل ۴-۱- شاخص فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۲
- شکل ۴-۲- شاخص مربع فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۲
- شکل ۴-۳- شاخص مجذور فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۲
- شکل ۴-۴- شاخص دبی- فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۳
- شکل ۴-۵- شاخص مربع دبی- فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۳
- شکل ۴-۶- شاخص مربع دبی به فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۳
- شکل ۴-۷- شاخص دبی به مربع فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۳
- شکل ۴-۸- شاخص مجذور دبی به مربع فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۳
- شکل ۴-۹- شاخص مربع دبی به مجذور فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۳
- شکل ۴-۱۰- شاخص مجذور دبی به فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۳
- شکل ۴-۱۱- شاخص دبی به مجذور فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۳
- شکل ۴-۱۲- شاخص لگاریتم دبی - فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۴
- شکل ۴-۱۳- شاخص لگاریتم دبی به فاصله در برابر مقدار آبدهی ۶۴
- شکل ۴-۱۴- شاخص فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۴
- شکل ۴-۱۵- شاخص مربع به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۴
- شکل ۴-۱۶- شاخص مجذور به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۴
- شکل ۴-۱۷- شاخص دبی- فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۵
- شکل ۴-۱۸- شاخص مربع دبی- فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۵
- شکل ۴-۲۰- شاخص دبی به مربع فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۵
- شکل ۴-۲۳- شاخص مجذور دبی به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۶
- شکل ۴-۲۴- شاخص دبی به مجذور فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۶
- شکل ۴-۲۵- شاخص لگاریتم دبی- فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۶
- شکل ۴-۲۶- شاخص لگاریتم دبی به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی ۶۶
- شکل ۴-۲۷- هدایت الکتریکی در برابر شاخص فاصله ۶۷
- شکل ۴-۲۸- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مربع فاصله ۶۷

- شکل ۴-۲۹- هدایت الکتریکی در برابر مجذور شاخص فاصله ۶۸
- شکل ۴-۳۰- هدایت الکتریکی در برابر شاخص دبی- فاصله ۶۸
- شکل ۴-۳۱- هدایت الکتریکی در برابر مربع شاخص دبی- فاصله ۶۸
- شکل ۴-۳۲- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مربع دبی به فاصله ۶۸
- شکل ۴-۳۳- هدایت الکتریکی در برابر شاخص دبی به مربع فاصله ۶۸
- شکل ۴-۳۴- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله ۶۸
- شکل ۴-۳۵- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله ۶۸
- شکل ۴-۳۶- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مجذور دبی به فاصله ۶۸
- شکل ۴-۳۷- هدایت الکتریکی در برابر شاخص دبی به مجذور فاصله ۶۹
- شکل ۴-۳۸- هدایت الکتریکی در برابر شاخص لگاریتم دبی به فاصله ۶۹
- شکل ۴-۳۹- غلظت سولفات در برابر شاخص فاصله ۶۹
- شکل ۴-۴۰- غلظت بی کربنات در برابر شاخص فاصله ۶۹
- شکل ۴-۴۱- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مربع فاصله ۷۰
- شکل ۴-۴۲- غلظت سولفات در برابر شاخص مربع فاصله ۷۰
- شکل ۴-۴۳- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مجذور فاصله ۶۹
- شکل ۴-۴۴- غلظت سولفات در برابر شاخص مجذور فاصله ۷۰
- شکل ۴-۴۵- غلظت سدیم در برابر شاخص فاصله ۷۱
- شکل ۴-۴۶- غلظت کلسیم در برابر شاخص فاصله ۷۱
- شکل ۴-۴۷- غلظت منیزیم در برابر شاخص فاصله ۷۱
- شکل ۴-۴۸- غلظت سدیم در برابر شاخص مربع فاصله ۷۱
- شکل ۴-۴۹- غلظت کلسیم در برابر شاخص مربع فاصله ۷۱
- شکل ۴-۵۰- غلظت منیزیم در برابر شاخص مربع فاصله ۷۱
- شکل ۴-۵۱- غلظت سدیم در برابر شاخص مجذور فاصله ۷۱
- شکل ۴-۵۲- غلظت کلسیم در برابر شاخص مجذور فاصله ۷۱
- شکل ۴-۵۳- غلظت منیزیم در برابر شاخص مجذور فاصله ۷۲
- شکل ۴-۵۴- غلظت سولفات در برابر شاخص دبی- فاصله ۷۳
- شکل ۴-۵۵- غلظت بی کربنات در برابر شاخص دبی- فاصله ۷۳
- شکل ۴-۵۶- غلظت سولفات در برابر شاخص مربع دبی- فاصله ۷۳
- شکل ۴-۵۷- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مربع دبی- فاصله ۷۳
- شکل ۴-۵۸- غلظت بیکربنات در برابر شاخص مربع دبی به فاصله ۷۳
- شکل ۴-۵۹- غلظت سولفات در برابر شاخص مربع دبی به فاصله ۷۳
- شکل ۴-۶۰- غلظت سولفات در برابر شاخص دبی به مربع فاصله ۷۳
- شکل ۴-۶۱- غلظت بیکربنات در برابر شاخص دبی به مربع فاصله ۷۳
- شکل ۴-۶۲- غلظت سولفات در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله ۷۴
- شکل ۴-۶۳- غلظت بیکربنات در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله ۷۴

- شکل ۴-۶۴- غلظت سولفات در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله..... ۷۴
- شکل ۴-۶۵- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله..... ۷۴
- شکل ۴-۶۶- غلظت سولفات در برابر شاخص مجذور دبی به فاصله..... ۷۴
- شکل ۴-۶۷- غلظت بیکربنات در برابر شاخص مجذور دبی به فاصله..... ۷۴
- شکل ۴-۶۸- غلظت سولفات در برابر شاخص دبی به مجذور فاصله..... ۷۴
- شکل ۴-۶۹- غلظت بیکربنات در برابر شاخص دبی به مجذور فاصله..... ۷۴
- شکل ۴-۷۰- غلظت سولفات در برابر شاخص لگاریتم دبی به فاصله..... ۷۵
- شکل ۴-۷۱- غلظت بیکربنات در برابر شاخص لگاریتم دبی به فاصله..... ۷۵
- شکل ۴-۷۲- غلظت سدیم در برابر شاخص مربع دبی- فاصله..... ۷۶
- شکل ۴-۷۳- غلظت کلسیم در برابر شاخص مربع دبی- فاصله..... ۷۶
- شکل ۴-۷۴- غلظت منیزیم در برابر شاخص مربع دبی- فاصله..... ۷۶
- شکل ۴-۷۵- غلظت سدیم در برابر شاخص مربع دبی به فاصله..... ۷۶
- شکل ۴-۷۶- غلظت کلسیم در برابر شاخص مربع دبی به فاصله..... ۷۶
- شکل ۴-۷۷- غلظت منیزیم در برابر شاخص مربع دبی به فاصله..... ۷۶
- شکل ۴-۷۸- غلظت کلسیم در برابر شاخص دبی به مربع فاصله..... ۷۶
- شکل ۴-۷۹- غلظت منیزیم در برابر شاخص دبی به مربع فاصله..... ۷۶
- شکل ۴-۸۰- غلظت سدیم در برابر شاخص دبی به مربع فاصله..... ۷۷
- شکل ۴-۸۱- غلظت سدیم در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله..... ۷۷
- شکل ۴-۸۲- غلظت کلسیم در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله..... ۷۷
- شکل ۴-۸۳- غلظت منیزیم در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله..... ۷۷
- شکل ۴-۸۴- غلظت سدیم در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله..... ۷۷
- شکل ۴-۸۵- غلظت کلسیم در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله..... ۷۷
- شکل ۴-۸۶- غلظت منیزیم در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله..... ۷۷
- شکل ۴-۸۷- نمودار درصد کاهش آبهی در برابر شاخص دبی- فاصله..... ۸۶
- شکل ۴-۸۸- نمودار درصد کاهش آبهی در برابر شاخص مربع دبی به فاصله..... ۸۷
- شکل ۴-۸۹- نمودار درصد کاهش آبهی در برابر شاخص دبی به مربع فاصله..... ۸۹
- شکل ۵-۱- رابطه شاخص دبی- فاصله با کاهش آبهی چاهها و نحوه برآورد تاثیر ساختمان چاه..... ۹۵

لیست جداول

- جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و دمای متوسط ایستگاه محوطه امور آب مورد مطالعه..... ۴
- جدول ۱-۲- میانگین میزان هدایت الکتریکی ۱۶
- جدول ۱-۳- تعداد شبکه‌های استاندارد ایران برای لوله جدار چاه ۳۰
- جدول ۱-۳-۱- اطلاعات مربوط به مختصات مکان چاه‌های گرمابدشت ۴۴
- جدول ۲-۳- فاصله بین چاه‌های مورد بررسی گرمابدشت به متر ۴۵
- جدول ۳-۳- فاصله بین چاه‌های مورد بررسی سیاهتلو به متر ۴۵
- جدول ۳-۴- فاصله بین چاه‌های مورد بررسی مرزنکلاته به متر ۴۵
- جدول ۳-۵- عمق و میزان آبدهی چاه‌های مورد بررسی ۴۶
- جدول ۳-۶- مقادیر هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های اصلی ۴۷
- جدول ۳-۷- تعیین سطح معنی‌داری با استفاده از مقادیر Z_{α} ۵۲
- جدول ۴-۱- مقادیر شاخص‌های فاصله محاسبه شده برای چاه‌های مورد بررسی ۵۶
- جدول ۴-۲- مقادیر شاخص‌های دبی - فاصله محاسبه شده برای چاه‌های مورد بررسی ۵۷
- جدول ۴-۳- مقادیر استاندارد شده شاخص‌های فاصله محاسبه شده برای چاه‌های مورد بررسی ۵۸
- جدول ۴-۴- مقادیر شاخص‌های دبی - فاصله محاسبه شده برای چاه‌های مورد بررسی ۵۹
- جدول ۴-۵- مقادیر استاندارد شده میزان آبدهی و کاهش آبدهی ۶۰
- جدول ۴-۶- مقادیر استاندارد شده غلظت یون‌های موجود در آب چاه‌ها ۶۱
- جدول ۴-۷- داده‌هایی که تمامی نقاط مورد استفاده قرار گرفته و با سطح معنی‌داری ۹۹٪ ۷۸
- جدول ۴-۸- داده‌های آبدهی با سطح معنی‌داری ۹۹٪ ۷۹
- جدول ۴-۹- داده‌های آبدهی با سطح معنی‌داری ۹۵٪ ۷۹
- جدول ۴-۱۰- داده‌های آبدهی با سطح معنی‌داری ۹۰٪ ۷۹
- جدول ۴-۱۱- داده‌های کاهش آبدهی با سطح معنی‌داری ۹۹٪ ۸۰
- جدول ۴-۱۲- داده‌های غلظت فاقد نقاط پرت برای سطح معنی‌داری ۹۹٪ ۸۱
- جدول ۴-۱۳- داده‌های غلظت فاقد نقاط پرت برای سطح معنی‌داری ۹۵٪ ۸۲
- جدول ۴-۱۴- داده‌های غلظت فاقد نقاط پرت برای سطح معنی‌داری ۹۰٪ ۸۳
- جدول ۴-۱۵- درصد ساختمان تعیین شده ۸۴
- جدول ۴-۱۶- درصد ساختمان تعیین شده ۸۵
- جدول ۴-۱۷- درصد ساختمان تعیین شده ۸۸

فصل اول: کلیات

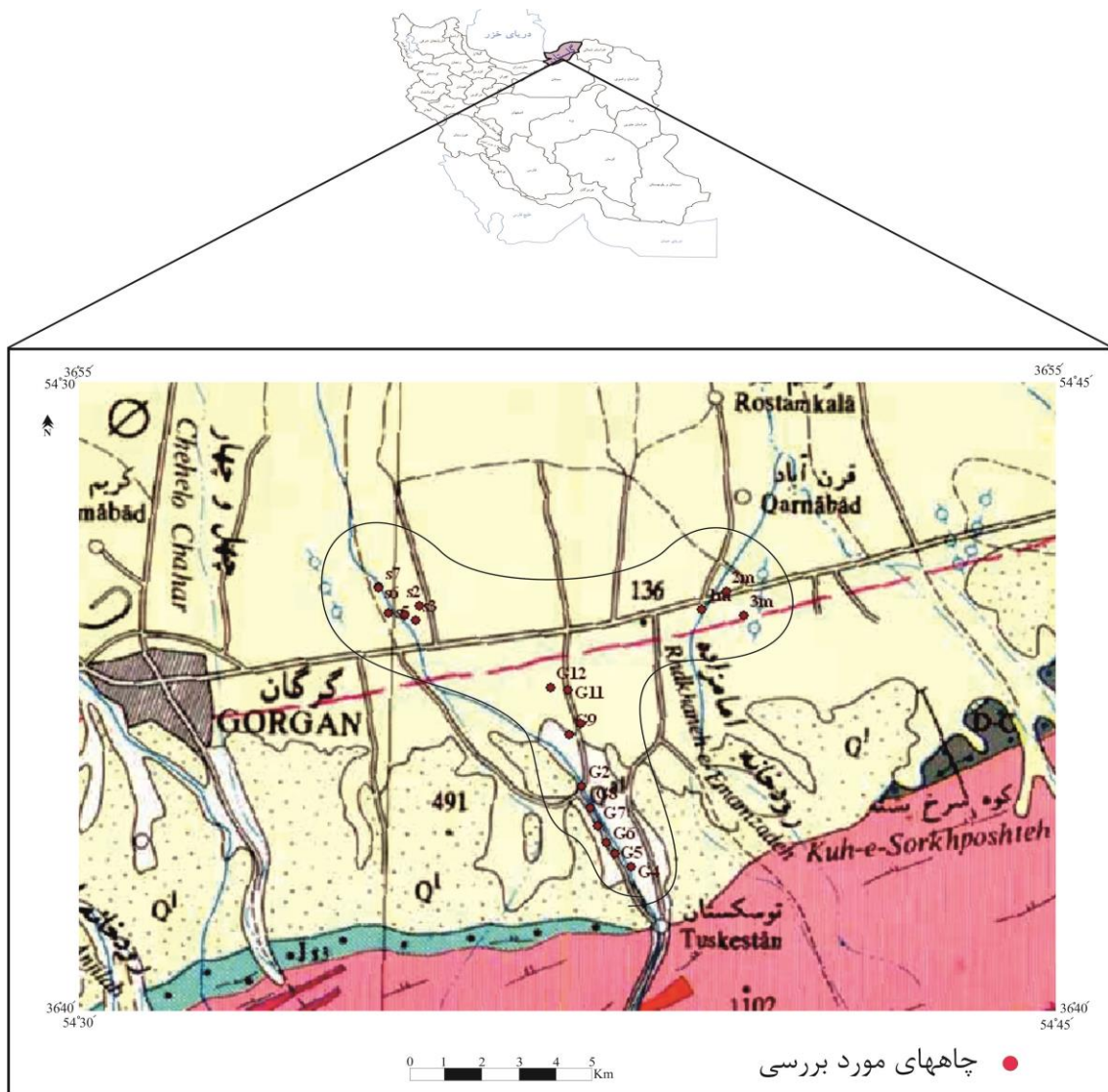
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

اصولاً سیاست مدیریت منابع آب تکیه بر استفاده حداکثر و بهینه از منابع آب‌های سطحی از طریق بهره‌برداری مستقیم از رودخانه‌ها، چشمه‌ها و یا احداث سدها و بندها و اجرای طرح‌های پخش سیلاب، آبخیزداری و تغذیه مصنوعی بوده و منابع آب‌های زیرزمینی به عنوان منبع تأمین کننده کسری نیازها در سال‌های خشکسالی و شرایط بحرانی تلقی می‌گردد. ایران به خاطر واقع شدن در منطقه خشک و نیمه خشک، به لحاظ منابع آب در زمره کشورهای بحرانی دنیا می‌باشد و به دلیل محدودیت منابع آب سطحی و عدم مهار آن‌ها برای مصارف مختلف، منابع تأمین آب مصارف مختلف به خصوص تأمین آب شرب از آب‌های زیرزمینی می‌باشد. افزایش تقاضای استفاده از آب زیرزمینی باعث تراکم بیشتر چاه‌های آب زیرزمینی در فواصل کم شده است. در تأمین آب شرب نیز به دلیل مسائل اقتصادی ناشی از اجرای خطوط جمع‌آوری، انتقال و تمرکز چاه‌ها، این مسئله از شدت بیشتری برخوردار است که سبب برداشت بیش از حد از آبخوان به صورت مجموعه‌ای از چاه‌ها و به طور همزمان صورت می‌گیرد این همزمانی برداشت از چاه‌ها، سبب افت بیشتر در محدوده چاه‌ها آبخوان می‌شود که معمولاً اوج مصرف در ماه‌های گرم سال و سبب افت بیشتر می‌شود. آبدهی چاه‌ها در مجموعه چاه‌ها بعد از مدتی کاهش می‌یابد که می‌تواند دلایل متعددی داشته باشد. در کارهای اجرایی صنعت آب و آبرسانی، معمولاً بدون توجه به تاثیر مجموعه چاه‌ها و عدم آگاهی از تاثیر آن‌ها، طراحی

صورت می‌گیرد و متعاقب آن آبدهی چاه‌ها کاهش و هزینه بالایی را متحمل می‌شوند از جمله آن تاثیر ساختمان چاه و نیز اثر چاه‌ها بر روی یکدیگر در مجموعه چاه‌ها می‌باشد. تاکنون مطالعه جامعی درباره دلایل کاهش آبدهی چاه‌ها و تاثیر هر یک از عوامل و تفکیک آن انجام نشده است. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی عوامل مختلف موثر بر کاهش آبدهی در مجموعه چاه‌ها و میادینی که همزمان بهره‌برداری می‌شود می‌باشد. به این منظور میدان تامین آب شرب شهر گرگان بررسی و تجزیه و تحلیل‌های لازم صورت گرفته است.

۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

محدوده انتخابی میدان تامین آب شرب شهر گرگان در ۶ کیلومتری شرق این شهر در محدوده مخروط افکنه گرمابدشت و سیاهتلو است که از نظر حوضه آبرگیر بخشی از حوضه قره‌سو و مناطق مرزی دو حوضه قره‌سو و گرگانرود می‌باشد. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی به آن را نشان می‌دهد که در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه ۳۰ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و در بخش شرقی حوضه قره‌سو واقع شده است. حوضه قره‌سو در دشت گرگان، یکی از حوضه‌های آبرگیر اصلی در استان گلستان است که در جنوب شرقی دریای خزر قرار دارد. مخروط افکنه گرمابدشت، مرتفع‌ترین منطقه در دشت حوضه قره‌سو است و متوسط ارتفاع آن حدود ۱۷۵ متر بالاتر از سطح دریای آزاد است. همچنین ضخامت آبرفت ۲۶۰ متر و سنگ کف منطقه نیز اغلب شیستی و آبرفت آن از رسوبات مخروط افکنه‌ای تشکیل شده است (مهندسین مشاور خزر آب، ۱۳۸۵).



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی و محدوده چاه‌های مورد بررسی (برگرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرجان، سازمان زمین‌شناسی ایران)

۱-۳- آب و هوا

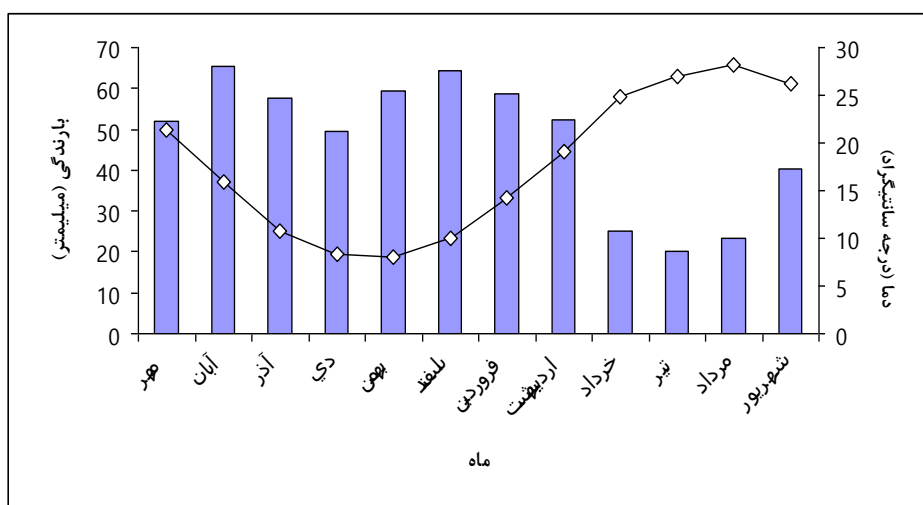
بارندگی رکن اصلی چرخه آب می باشد که ذخایر و منابع آب یک حوضه آبرگیر به آن وابسته است. متوسط میزان بارش سالانه در حوضه آبرگیر مورد مطالعه ۵۶۴ میلیمتر می باشد و متوسط سالانه میزان بارش در دشت حدود ۶۵۰ میلیمتر است که تفاوتی زیادی با میزان بارندگی در ارتفاعات ندارد. جدول (۱-۲) میانگین ماهانه بارندگی و درجه حرارت برای سال های ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۸ در ایستگاه محوطه امور گرجان که در دو کیلومتری شمال شهر گرجان و نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مورد

مطالعه را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۱-۱) رابطه بین بارندگی و متوسط میزان حرارت را نشان

می‌دهد.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و دمای متوسط ایستگاه محوطه امور آب مورد مطالعه

ماه	باران (mm)	دمای متوسط ($^{\circ}\text{C}$)
مهر	۵۲	۲۱/۳۳
آبان	۶۵	۱۵/۹
آذر	۵۸	۱۰/۸۳
دی	۴۹	۸/۳۴
بهمن	۵۹	۸/۰۳
اسفند	۶۴	۱۰/۰۴
فروردین	۵۹	۱۴/۲۱
اردیبهشت	۵۲	۱۹/۰۴
خرداد	۲۵	۲۴/۸۶
تیر	۲۰	۲۷/۰۳
مرداد	۲۳	۲۸/۲۵
شهریور	۴۰	۲۶/۱۷
سالانه	۵۶۶	۱۷/۹



شکل ۱-۲- نمودار ترکیبی بارندگی و دما در محوطه امور آب گرگان

۱-۴- ژئومورفولوژی منطقه

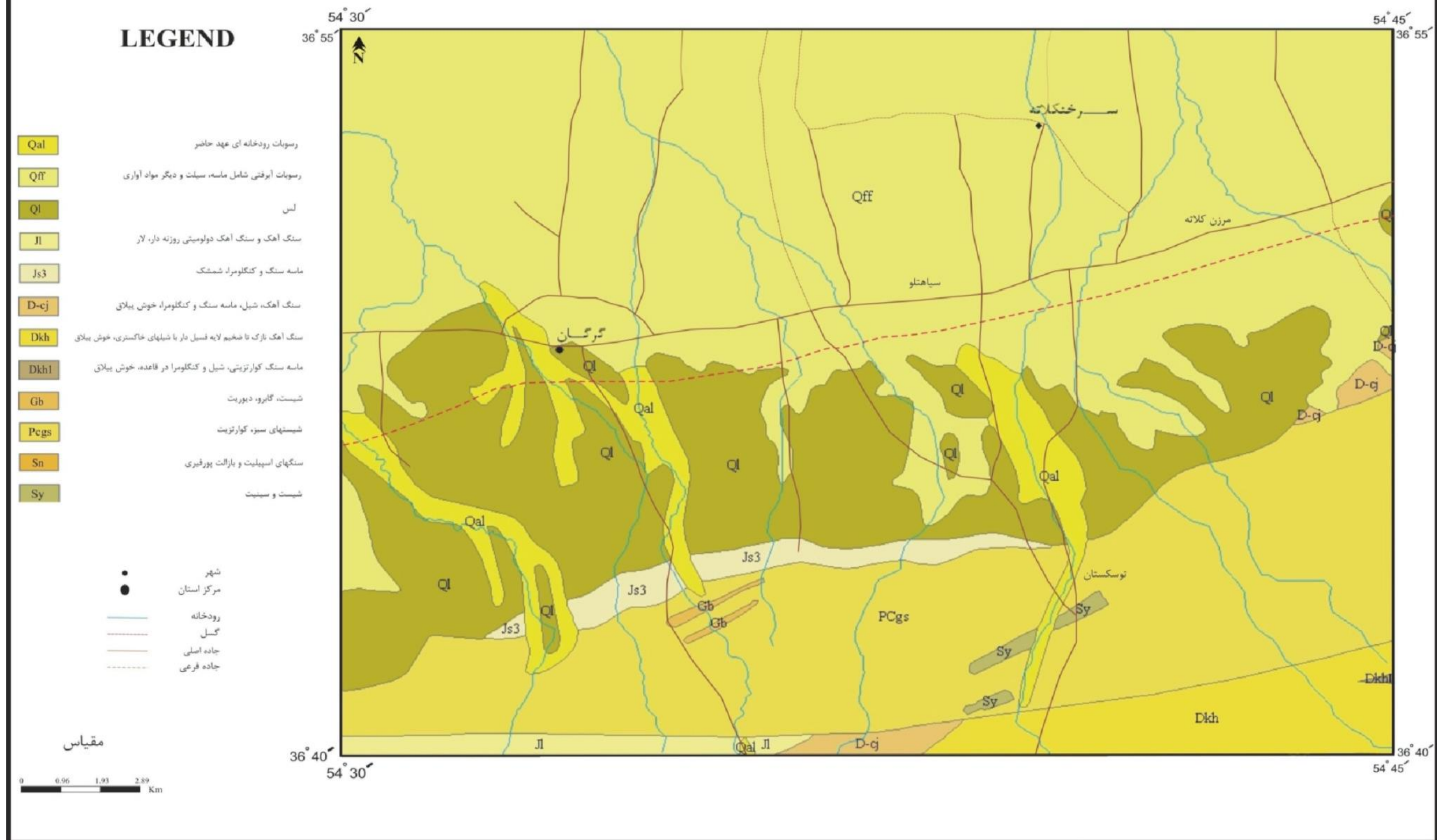
از دیدگاه عناصر ریخت شناسی، محدوده مورد بررسی را می‌توان در دو بخش کوهستان و دشت مورد بررسی قرار داد. مشخصه اصلی پستی و بلندی در این حوضه آبگیر ارتفاعات البرز در جنوب و دریای خزر در شمال غرب آن می‌باشد. عرض متوسط دشت گرگان ۵۰ کیلومتر برآورد گردیده است. دشت گرگان از نظر ژئومورفولوژیکی از دو بخش دامنه البرز در جنوب و حاشیه ارتفاعات و بخش پست در شمال تشکیل شده است. بخش دامنه‌ای البرز در جنوب دشت غالباً از مخروط افکنه تشکیل شده در مسیر رودخانه‌ها واقع شده است و دشت را در حوضه تشکیل می‌دهد. دشت ایجاد شده دارای شیبی از سمت جنوب به سمت شمال می‌باشد منطقه مورد مطالعه بخشی از مناطق دامنه‌ای مخروط افکنه‌ایی در ابتدای ورودی به دشت اصلی گرگان می‌باشد.

۱-۵- زمین شناسی عمومی منطقه

واحدهای مهم زمین‌شناختی ایران ابتدا توسط اشتوکلین (Stocklin 1968) و اشتوکلین و نبوی (Stocklin and nabavi 1973) معرفی گردیده است. در سال‌های اخیر با مطالعات زمین‌شناسی دقیق‌تر و استفاده از فرضیه تکتونیک صفحه‌ای تقسیمات کوچکتری نیز برقرار شده است. به نحوی که افتخارنژاد (افتخارنژاد ۱۳۵۹) بخش‌های مختلف ایران را از دیدگاه ساختمانی و حوضه‌های رسوبی مطرح می‌کند. در نهایت زیر تقسیمات تکتونیکی ایران در سال ۱۹۷۷ معرفی گردیده است. براساس مطالب بالا حوضه آبگیر قره‌سو و گرگان‌رود در زون‌های ساختمانی گرگان - رشت (البرز) و هزار مسجد - کپه‌داغ واقع شده است و منطقه مورد مطالعه نیز در بخشی از محدوده قره‌سو در زون گرگان - رشت واقع گردیده است.

شکل (۱-۳) نقشه زمین شناسی منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه زمین شناسی مطالبی در خصوص چینه شناسی و زمین شناسی ساختمانی منطقه ارائه می‌شود.

سیاهتلو - گرمادشت



شکل ۱-۳- نقشه زمین شناسی محدوده مورد بررسی (برگرفته از شرکت آب منطقه‌ای گلستان)

۱-۵-۱- چینه شناسی منطقه

از نظر چینه شناسی منطقه مورد مطالعه را می‌توان به دو بخش ارتفاعات و دشت تقسیم نمود. در ارتفاعات منطقه سازندهای سخت گسترش دارد و این سازندها تا فاصله‌ای از ارتفاعات در زیر آبرفت به عنوان سنگ کف عمل می‌کند. براساس زمین شناسی منطقه سازندهای موجود در ارتفاعات جنوبی منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید به صورت زیر است.

واحدهای دوران پرکامبرین

قدیمی‌ترین رخنمون‌های اطراف گرگان و منطقه مورد مطالعه شیست‌های گرگان است که اولین بار در سال ۱۸۷۷ توسط تی‌یتزه (Titeze 1877) در البرز شرقی و در حوالی گرگان مورد بررسی قرار گرفته است. گسترش شیست گرگان از حوالی بهشهر در غرب گرگان تا علی‌آباد در شرق گرگان به طول تقریبی ۷۰ کیلومتر و به عرض تقریبی ۶ کیلومتر دارای گسترش می‌باشد. حدود جغرافیایی انتشار این سازند از طرف جنوب به گسل رادکان-درازنو و از سمت شمال به گسل خزر می‌رسد. شیست‌های گرگان جزو رسوبات پلاتفرمی و کم‌عمق پرکامبرین که در تمام باند حاشیه ارتفاعات منطقه مورد مطالعه از حوضه شصت کلا در غرب تا حوضه محمدآباد-فاضل‌آباد در شرق این منطقه گسترش دارد.

واحدهای دوران پالئوزوئیک

دوران پالئوزوئیک در ایران، شاهد حوادث و بروز پدیده‌های مختلف زمین شناسی است که در پاره‌ای از موارد نظیر فعالیت‌های ماگمایی و دگرگونی با ابهاماتی نیز توأم می‌باشد.

• سازند لالون

مقطع تیپ سازند لالون در البرز مرکزی به وسیله آسرتو (Assereto 1963) معرفی شده است. ضخامت آن حدود ۵۸۲ متر و شامل ماسه سنگ‌های آرکوزی قرمز رنگ، شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های قرمز بین لایه‌ای و بخش فوقانی کوارتزیت سفید، که به آن تاپ کوارتزیت می‌گویند و به عنوان لایه راهنما می‌باشد. گسترش سازند در دو حوضه گرمابدشت و محمد آباد- فاضل‌آباد در ناحیه‌ای در محل ساحل چپ رودخانه محمدآباد و بیشترین گسترش آن در محل خط‌الراس در حوضه مشترک محمدآباد- فاضل‌آباد و گرمابدشت می‌باشد.

• سازند جیروود

این سازند از سنگ آهک، سنگ آهک مارنی و شیل تشکیل شده است. از نظر سنی سازند جیروود را متعلق به دونین بالایی- کربونیفر در نظر گرفته‌اند (Assereto 1963). سطح کل گسترش این سازند در حدود ۱۹ کیلومترمربع می‌باشد که حدود ۱۴ کیلومتر مربع آن فصل مشترک دو حوضه آبگیر نهارخوران و گرمابدشت با ارتفاع حدود ۱۵۰۰ متر از سطح دریا بر روی شیست‌های گرگان و مابقی مربوط به حوضه آبگیر تقی‌آباد در حد فاصل کوه و دشت در دامنه شمالی ارتفاعات کوه سرخ پشته می‌باشد.

• سازند خوش‌ییلاق

به طور کلی سازند خوش‌ییلاق مجموعه‌ای تکتونیزه و بهم‌ریخته است که توسط بزرگ‌نیا در سال ۱۹۷۳ (Bozorgnia 1973) در گردنه خوش‌ییلاق معرفی و مطالعه شده است. این سازند از لحاظ لیتولوژی به شش بخش تقسیم شده است که در محور توسکستان مشاهده می‌شود که بیشترین ضخامت مربوط به بخش ۶ که حدود ۱۳۵۴ متر ضخامت دارد که به دلیل تکتونیک در توسکستان ضخامت بیشتری دارد.

• سازند مبارک

سازند مبارک متعلق به کربونیفر است. این سازند از سنگ آهک خاکستری متوسط لایه، دولومیت توده‌ای، شیل آهکی و به مقدار کمتری شیل تشکیل شده است. این واحد سنگی در حدود ۳۵۰ تا ۶۰۰ متر ضخامت دارد. براساس فسیل‌های موجود در این سازند سن آن را کربونیفر پائینی در نظر گرفته‌اند (Assereto 1963). بیشترین گسترش این سازند در حوضه آبگیر رودخانه فاضل‌آباد ۱۱۴ کیلومترمربع در جنوبی‌ترین حد حوضه گرمابدشت حدود ۱۷ کیلومترمربع است.

• سازند درود

سازند درود متعلق به پرمین زیرین است. در آغاز پرمین رسوب‌گذاری عمدتاً تخریبی بوده که نشان دهنده کاهش عمق دریای کربونیفر انتهایی می‌باشد. از نظر سنگ‌شناسی سازند درود در قاعده از ۱۰ متر ماسه‌سنگ کوارتزی سفید تا شیری‌رنگ آغاز و روی آن ماسه‌سنگ قرمز رنگ قرار دارد که به صورت بین انگشتی (Inter fingeres) آهک آنکولیت‌دار و آهک ماسه‌ای متوسط تا توده‌ای به رنگ خاکستری تا کرم روشن رخنمون دارد (Assereto 1963). حوضه آبگیر فاضل‌آباد و گرمابدشت گسترش دارد که در حوضه آبگیر فاضل‌آباد میزان آن حدود ۵۷ و در حوضه آبگیر گرمابدشت ۱۴ کیلومترمربع است.

• سازند روته

پس از سازند درود دریا شروع به عمیق‌تر شدن نموده و شرایط برای تشکیل سازند روته متشکل از سنگ‌های کربناته مهیا گردیده است. این سازند اساساً از آهک نازک تا متوسط لایه خوب لایه‌بندی شده به همراه مارن به رنگ خاکستری تا کرم متمایل به زرد تشکیل شده است. در برخی نقاط و در بخش‌های بالایی خود به آهک و آهک دولومیتی ضخیم لایه تا توده‌ای چرت‌دار تبدیل می‌شود (Assereto 1963). این سازند در حوضه‌های آبگیر فاضل‌آباد و گرمابدشت رخنمون دارد و گسترش آن در حوضه آبگیر فاضل‌آباد میزان آن حدود پنج و در حوضه آبگیر گرمابدشت سه کیلومترمربع است.

واحدهای دوران مزوزوئیک

سری رسوبی دوران مزوزوئیک با سنگ‌های آهکی سازند الیکا آغاز می‌گردد و به سنگ آهک‌های گلوکنی‌دار کرتاسه انتهایی ختم می‌گردد. در محدوده حوضه آبگیر گرمادشت سازندی مشاهده نشده است.

واحدهای دوران سنوزوئیک

سازندها و واحدهای دوران سوم زمین‌شناسی در زون گرگان - رشت با سازند فجن آغاز می‌شود. در محدوده حوضه آبگیر گرمادشت سازندی مشاهده نشده است.

دوران چهارم

از رسوبات زمان کواترنر در محدوده مطالعاتی می‌توان به سه دسته کلی اشاره نمود به ترتیب از قدیم به عبارتند از:

رسوبات بادرفتی یا لس، پادگانه‌های قدیم، آبرفت‌های جوان یا تراس‌های جدید

۱- رسوبات لسی غالباً در دامنه ارتفاعات و در حد میان کوه و دشت گسترش دارد و به صورت پشته یا پیشانی ارتفاعات البرز را تشکیل می‌دهد این رسوبات در جنوب منطقه مورد مطالعه در حوالی روستای توسکستان دیده می‌شود سد کوثر در جنوب منطقه مورد مطالعه بر روی این لس‌ها بنا گردیده است و کوره‌های آجرپزی جنوب منطقه از این لس‌ها استفاده می‌نمایند.

۲- آبرفت‌های رودخانه‌ای اغلب به صورت مخروط افکنه در مسیر رودخانه‌ها گسترش دارد، ضخامت این مخروط افکنه‌ها در جنوب دشت کاهش پیدا کرده و به سمت شمال ضخامت زیاد می‌شود و در مناطق شمالی این مخروط افکنه‌ها دارای رسوبات دریایی به صورت بین انگشتی می‌باشد.

۳- رسوبات دریایی، پیشروی و پسروی دریا در دوران چهارم سبب شده است که تا رسوبات دریایی و رودخانه‌ای نیز روی هم نهشته شود و نیز رسوب‌گذاری در منطقه جنوبی دشت گرگان به صورت

بین انگشتی با رسوبات آبرفتی مخروط افکنه‌ها دیده می‌شود و به سمت شمال نیز لایه‌های متناوبی از رسوبات درشت و ریزدانه‌تر که ناشی از تغییرات عمق دریا در نتیجه پیشروی و پسروی می‌باشد مشاهده گردیده است. این نوع رسوب‌گذاری سبب شده است تا تعدادی آبخوان آزاد و تحت فشار در منطقه ایجاد شود. ضخامت این رسوبات در دشت متفاوت است از حدود ۱۰۰ متر تا بیش از ۱۰۰۰ متر در شمال دشت گرگان مشاهده شده است.

۱-۵-۲- زمین شناسی ساختمانی

فازهای کوهزایی مختلفی در منطقه اعمال شده است که سبب ایجاد تاقدیس و ناودیس‌هایی با ویژگی‌های منفرد بوده است. محور چین‌خوردگی‌های این منطقه به‌طور کلی دارای روند شرقی - غربی بوده است و شکل عمومی آن‌ها به صورت چین‌های باریک، کشیده و موازی هم می‌باشد که در ارتفاعات حوضه مورد مطالعه به فراوانی وجود دارد. این چین‌ها معمولاً توسط گسل‌ها دچار انقطاع و گسیختگی شده‌اند. نمونه‌ای از این چین‌ها در ارتفاعات جنوب شهر گرگان در سازند خوش‌بیلاق دیده می‌شود.

گسل‌های این حوضه نیز کم و بیش موازی گسل البرز بوده و روند عمومی آنها شرقی - غربی می‌باشد. از جمله گسل‌های مهم می‌توان گسل گرگان (خزر) را نام برد که در حاشیه شمالی ارتفاعات عمل کرده و شاخه‌هایی از آن‌ها در پهنه آبرفتی جلگه گرگان عمل نموده و موجب افتادگی‌هایی در سنگ کف نهشته‌های ناپیوسته شده است. این گسل در جنوب منطقه مورد مطالعه اثر می‌گذارد و در مواردی موجب تغییر ضخامت آبخوان آبرفتی و نیز تغییر کیفیت آب زیرزمینی می‌گردد.

۱-۶- هیدرولوژی منطقه

۱-۶-۱- هیدرولوژی آب‌های سطحی

مخروط‌افکنه گرمابدشت مرتفع‌ترین بخش در حوضه آبگیر قره‌سو می‌باشد. حوضه آبگیر قره‌سو هشت درصد استان گلستان را با مساحت ۱۶۱۰ کیلومتر مربع تشکیل داده است و کل این حوضه در استان گلستان قرار دارد. حوضه آبگیر قره‌سو از شمال و شرق به حوضه آبگیر گرگانرود و از جنوب به حوضه آبگیر نکارود و از غرب به حوضه آبگیر خلیج گرگان و نیز دریای خزر محدود می‌شود و در روستای قره‌سو به این دریا تخلیه می‌گردد.

سطح عمده حوضه آبگیر قره‌سو در جنوب توسط جنگل پوشیده شده و در شمال حوضه دشت آبرفتی با کاربری زراعی و مسکونی سطح حوضه را تشکیل می‌دهد. ارتفاعات جنوبی به دلیل اختلاف ارتفاع شدید با دشت آبرفتی شمال آن به همراه بارندگی زیاد موجب روان شدن رودخانه‌های جنوبی - شمالی بسیار جوان با قدرت فرسایش شدید گردیده است که این رودخانه‌ها پس از رسیدن به دشت با تشکیل مخروطه افکنه، رسوبات درشت‌دانه خود را به جا می‌گذارند و پس از الحاق به آبراهه اصلی حوضه آبگیر قره‌سو به دلیل تغییر مسیر ناگهانی ۹۰ درجه‌ای، کلیه رسوبات دانه‌ریز خود را در رودخانه تخلیه کرده و رودخانه پیر قره‌سو با باری از رسوب به سمت دریا روانه می‌شود و وجه تسمیه قره‌سو یا آب سیاه به همین دلیل به آن اطلاق می‌گردد.

شهرستان‌های گرگان و کردکوی به‌طور کامل در این حوضه قرار گرفته و بخش‌های جنوبی شهرستان آق‌قلا نیز در این حوضه واقع گردیده است. میزان پتانسیل آب سطحی حوضه‌های مختلف با توجه به شکل، اندازه، شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و سایر موارد متفاوت است. هشت درصد آب سطحی استان یعنی ۱۰۰ میلیون مترمکعب در این حوضه جریان دارد.

رودخانه‌های موجود در این مخروط افکنه که در حوضه آبگیر قره‌سو واقع شده‌اند شامل رودخانه‌های گرمابدشت، نومل، زیارت، خاصه‌رود، انجیراب و طول چشمه می‌باشند که در زیر به طور مختصر درباره

آن‌ها توضیح داده شده است (مهندسين مشاور فارساب صنعت ۱۳۸۷).

رودخانه گرمابدشت (توسکاستان): این رودخانه از ارتفاعات چل چلی، چلبه، چله خانه، پیرگرده کوه، النگ و کل چال در جنوب شرقی گرگان سرچشمه گرفته و پس از الحاق به رودخانه نومل در حوالی روستای نصر آباد، در حدود روستای شورحیات به رودخانه قره‌سو متصل می‌شود. وسعت حوضه رودخانه گرمابدشت حدود ۲۰۰ کیلومترمربع است و ارتفاع آن حدود ۳۲۲۰ متر می‌باشد و حجم آب سالانه رودخانه حدود ۲۰ میلیون مترمکعب است (مهندسين مشاور فارساب صنعت ۱۳۸۷). آبدهی متوسط رودخانه گرمابدشت در یک دوره ۳۰ ساله، حدود ۱۸/۱ میلیون مترمکعب است. یک ایستگاه هیدرومتری این رودخانه در محل روستای توسکستان در جنوب منطقه مورد مطالعه قرار دارد سری زمانی آبدهی این رودخانه نشان می‌دهد که آبدهی این رودخانه در یک دوره درازمدت روند کاهشی داشته است با برداشتن آب زیرزمینی به ویژه در حوضه گرمابدشت برای شهر گرگان، آبخوان این حوضه به صورت تغذیه واداری از رودخانه تامین می‌شود و در نتیجه آبدهی آن کم شده است. شایان ذکر است که بخشی از آب این رودخانه با یک بند انحرافی، به سد کوثر (نومل) که بر روی رودخانه نومل در غرب مخروط افکنه احداث شده است منحرف و منتقل می‌شود (مهندسين مشاور خزر آب ۱۳۸۵).

رودخانه نومل: این رودخانه از ارتفاعات زارمینجه در جنوب شرقی گرگان سرچشمه گرفته و پس از الحاق به رودخانه گرمابدشت در حوالی روستای نصرآباد، در حدود روستای شورحیات به رودخانه قره‌سو متصل می‌شود (مهندسين مشاور خزر آب ۱۳۸۵).

رودخانه زیارت (ناهارخوران یا خاصه رود): رودخانه زیارت از ارتفاعات بالاچال، زرشک کوه، سفیداب و ناهارخوران در جنوب گرگان سرچشمه گرفته و پس از عبور از شهر گرگان در حدود روستای حاجی‌قره به رودخانه قره‌سو ملحق می‌شود (مهندسين مشاور خزر آب ۱۳۸۵).

رودخانه طول چشمه (النگ دره): این رودخانه از ارتفاعات سفیداب و النگ دره در جنوب گرگان سرچشمه گرفته و پس از عبور از شهر گرگان و الحاق به رودخانه انجیراب، در حدود روستای اسلام تپه به رودخانه قره‌سو می‌پیوندد (مهندسین مشاور خزر آب ۱۳۸۵).

رودخانه انجیراب: این رودخانه از ارتفاعات جوز بند در جنوب گرگان سرچشمه گرفته و پس از عبور از غرب شهر گرگان و اتصال به رودخانه طول چشمه، در حدود روستای اسلام تپه به رودخانه قره‌سو متصل می‌شود (مهندسین مشاور خزر آب ۱۳۸۵).

طولانی‌ترین رودخانه موجود در محدوده مورد مطالعه رودخانه گرمابدشت می‌باشد. این رودخانه در محدوده چاه‌های مورد مطالعه جریان دارد و تاثیر زیادی بر روی آن‌ها دارد.

۱-۶-۲- هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی

نوع آبخوان

آبخوان‌های موجود در محدوده مورد مطالعه شامل آبخوان تک لایه در جنوب و چندلایه محبوس و آزاد در قسمت شمالی محدوده مورد بررسی می‌باشد. آبخوان تک لایه در نزدیکی ارتفاعات منطقه می‌باشد. رسوبات دشت مورد مطالعه از لایه‌های مختلف ریزدانه و درشت‌دانه در دشت گرگان تشکیل شده است. لایه‌های آبدار آزاد و تحت فشار در شکل (۱-۴) نشان داده شده است. تعداد لایه‌های تحت فشار در دشت گرگان تا ۱۱ لایه گزارش شده است (مهندسین مشاور فارساب صنعت ۱۳۸۷). در مناطق جنوبی دشت لایه‌های رسوبی غالباً درشت‌دانه می‌باشد و در ادامه به سمت شمال لایه‌های درشت‌دانه و ریزدانه به صورت بین‌انگشتی نهشته شده است. به همین دلیل در قسمت‌های جنوبی عمدتاً آبخوان آزاد به صورت آبخوان تک لایه شکل گرفته است و در فاصله‌ای از مخروط افکنه‌های جنوبی، لایه‌های تحت فشار تشکیل شده است و به صورت مجموعه‌ای از آبخوان آزاد و لایه‌های تحت فشار وجود دارد. شکل (۱-۵) مقطعی از شرایط زمین‌شناسی زیرزمینی دشت و توسعه آبخوان آزاد و

تحت فشار را در دشت گرگان نشان می‌دهد. نقشه گسترش آبخوان آزاد تک لایه و تحت فشار چند لایه آزاد و تحت فشار در شکل (۱-۴) ارائه شده است.

جهت جریان

جهت جریان در دشت معمولاً از نقاط مرتفع به سمت نقاط پست با شیب کمتر می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه نیز جهت جریان از جنوب به سمت شمال منطقه است. برای تعیین جهت جریان، با استفاده از اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان آزاد دریافتی از آب منطقه‌ای، نقشه هم پتانسیل سطح آب زیرزمینی ترسیم شده است. همانطور که شکل (۱-۵) نشان می‌دهد جهت جریان آب زیرزمینی از جنوب به شمال می‌باشد.

عمق سطح آب

به منظور بررسی عمق سطح آب، نقشه هم عمق سطح آب منطقه مورد مطالعه با استفاده از چاه‌های مشاهده‌ای آبخوان آزاد در شکل (۱-۸) نشان داده شده است. بر اساس این نقشه عمق سطح آب در مناطق جنوبی زیاد و به طرف شمال عمق سطح آب کم می‌شود. در مناطق جنوبی عمق سطح آب ۴۰ تا ۶۰ متر و در شمال منطقه عمق سطح ایستابی دو تا چهار متر کاهش پیدا می‌کنند.

بهره‌برداری از آبخوان

به دلیل زیاد بودن چاه‌های بهره‌برداری در آبخوان موجود، حفر چاه‌های جدید در حریم آن‌ها به سختی امکان‌پذیر می‌باشد. به همین دلیل شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان، اجازه حفر چاه‌های کشاورزی در محدوده این دشت را نمی‌دهد. همچنین به خاطر اینکه ساختمان چاه‌های حفر شده به خوبی طراحی و ساخته نشده است و با شروع بهره‌برداری، چاه شروع به ماسه‌دهی می‌کند و یا دچار بریده شدن لوله جدار می‌شود و در بیشتر اوقات بر اثر برداشت زیاد، نیاز به کف شکنی در چاه می‌باشد.

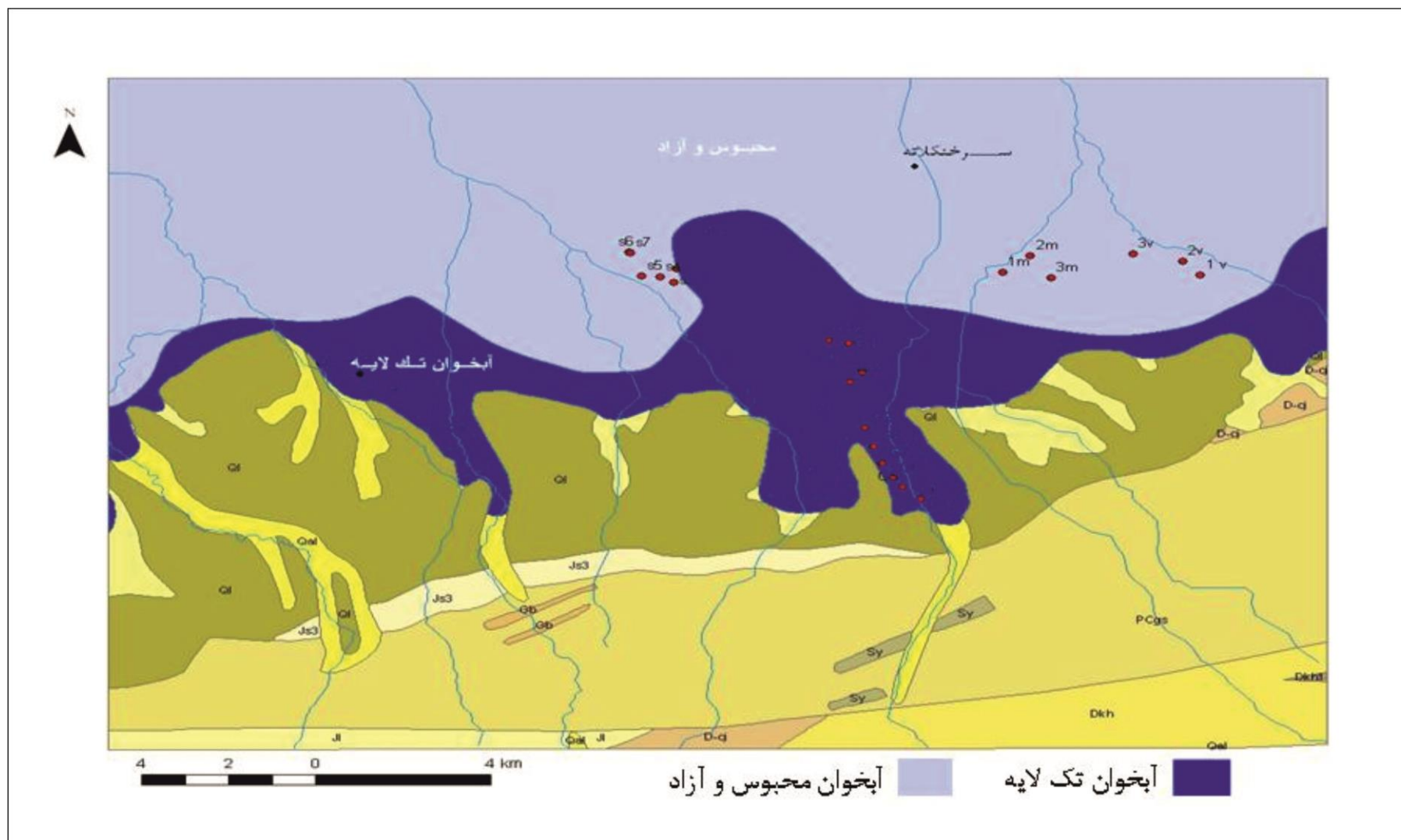
کیفیت آب

کیفیت آب زیرزمینی دارای اهمیت خاصی می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه به دلیل اینکه شبکه چاه‌های موجود دارای تراکم مناسبی نمی‌باشد در نتیجه با اطلاعات موجود و با استفاده از اطلاعات چاه‌های بهره‌برداری، نقشه توزیع هدایت الکتریکی دشت مورد مطالعه ترسیم شده و در شکل (۱-۹) نقشه توزیع هدایت الکتریکی نشان داده شده است. به دلیل پراکندگی هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه، این منطقه به شش ناحیه تقسیم شده و هر ناحیه بیان کننده میانگین هدایت الکتریکی در آن ناحیه می‌باشد که جدول (۱-۲) بیانگر نواحی تقسیم شده و میانگین هدایت الکتریکی می‌باشد. اساساً به لحاظ هیدروژئولوژیکی و جهت جریان آب زیرزمینی از جنوب به شمال می‌بایست تخریب گردد ولی در منطقه مورد مطالعه چنین وضعی حاکم نیست. هدایت الکتریکی در نقشه (۱-۹) از ۶۳۶ میکروموس بر سانتیمتر در جنوب تا ۱۰۷۸ میکروموس بر سانتیمتر در مناطق میانی و پسین تا ۷۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در مناطق شمالی تر تغییر می‌کند. این تغییرات به لحاظ تئوری در انطباق با شرایط هیدروژئولوژیکی جریان آب زیرزمینی در دشت نیست ممکن است وجود گسل خزر در مناطق میانی محدوده مورد مطالعه سبب این امر شده باشد. در دو طرف گسل خزر سطح آب دارای اختلاف می‌باشد که این اختلاف سطح سبب کیفیت متفاوت آب شده است.

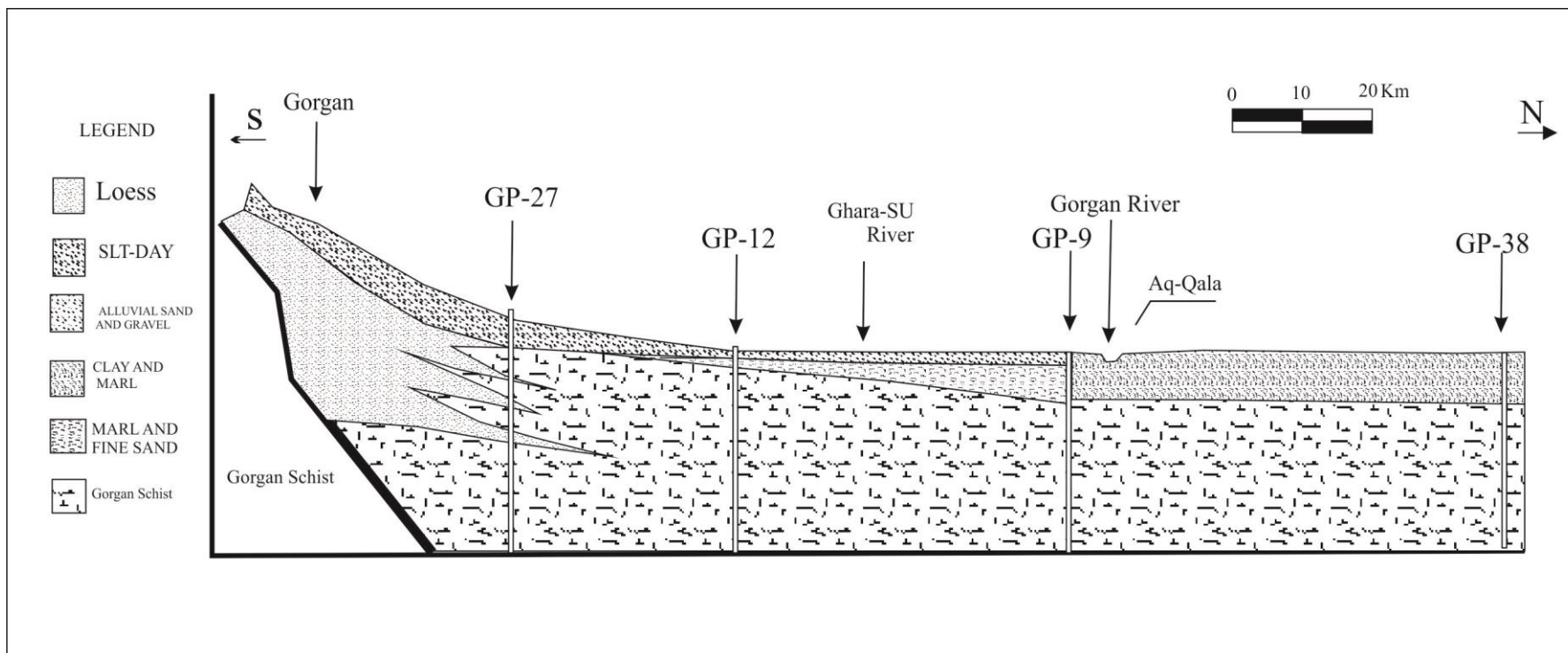
در نقشه (۱-۷) تیپ آب بر اساس ترکیب شیمیایی بررسی شده است، تیپ آب در محدوده مورد مطالعه کربناته می‌باشد و به سمت شمال تیپ آب کربنات منیزیک و سدیک می‌شود.

جدول ۱-۲- میانگین هدایت الکتریکی

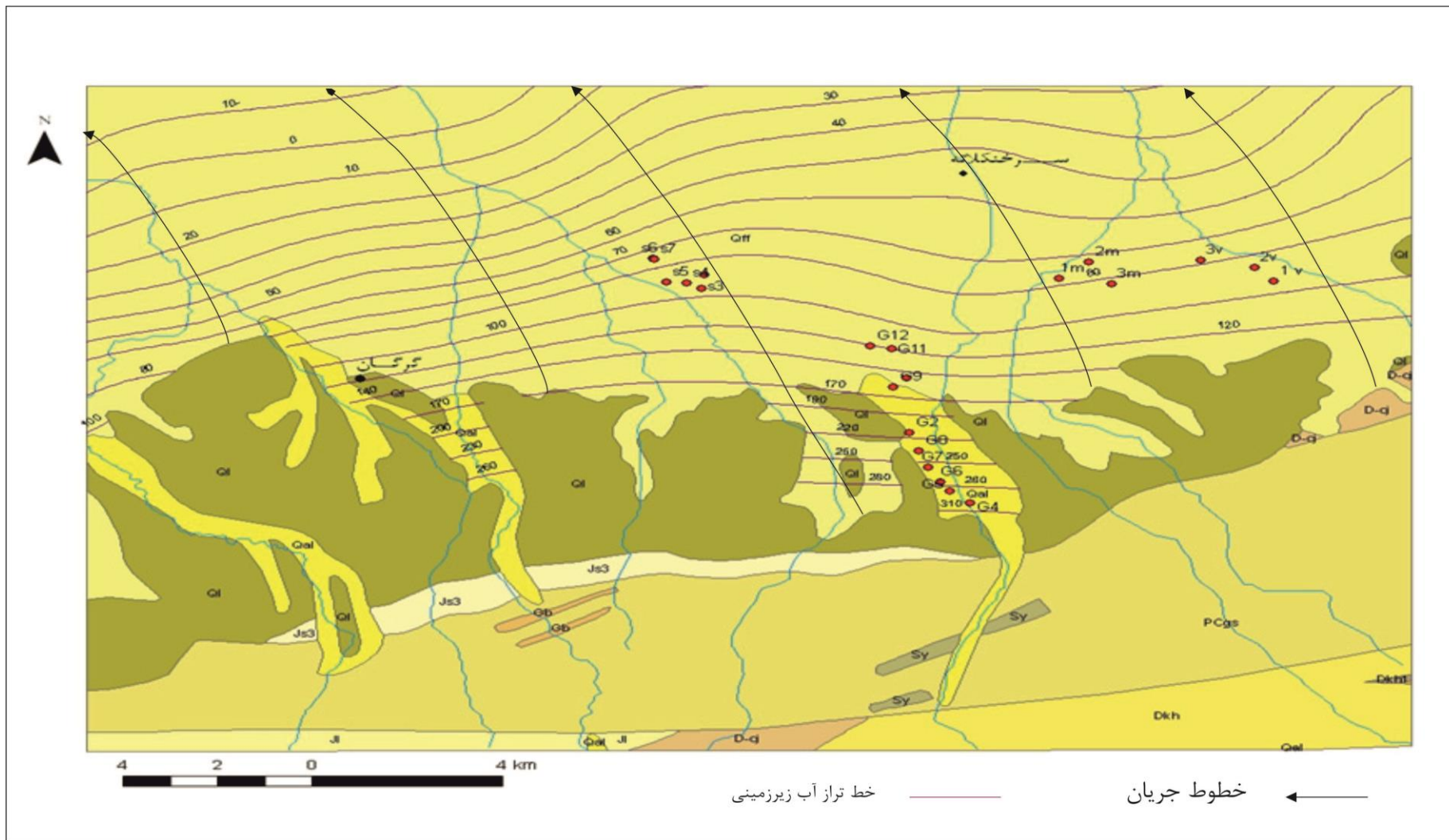
ردیف	ناحیه	نام محل	میانگین هدایت الکتریکی	ضریب تغییرات هدایت الکتریکی
۱	A	آلوکلاته	۸۹۹	۱۳۳/۴
۲	B	سرخنکلاته	۶۸۴	۲۱/۹
۳	C	سیاهتلو	۷۱۴	۲/۷
۴	D	مرزنکلاته	۷۱۹	۳۹/۷
۵	F	جلین	۶۲۲	۱/۹
۶	G	گرمابدشت	۷۰۵	۱۳/۹



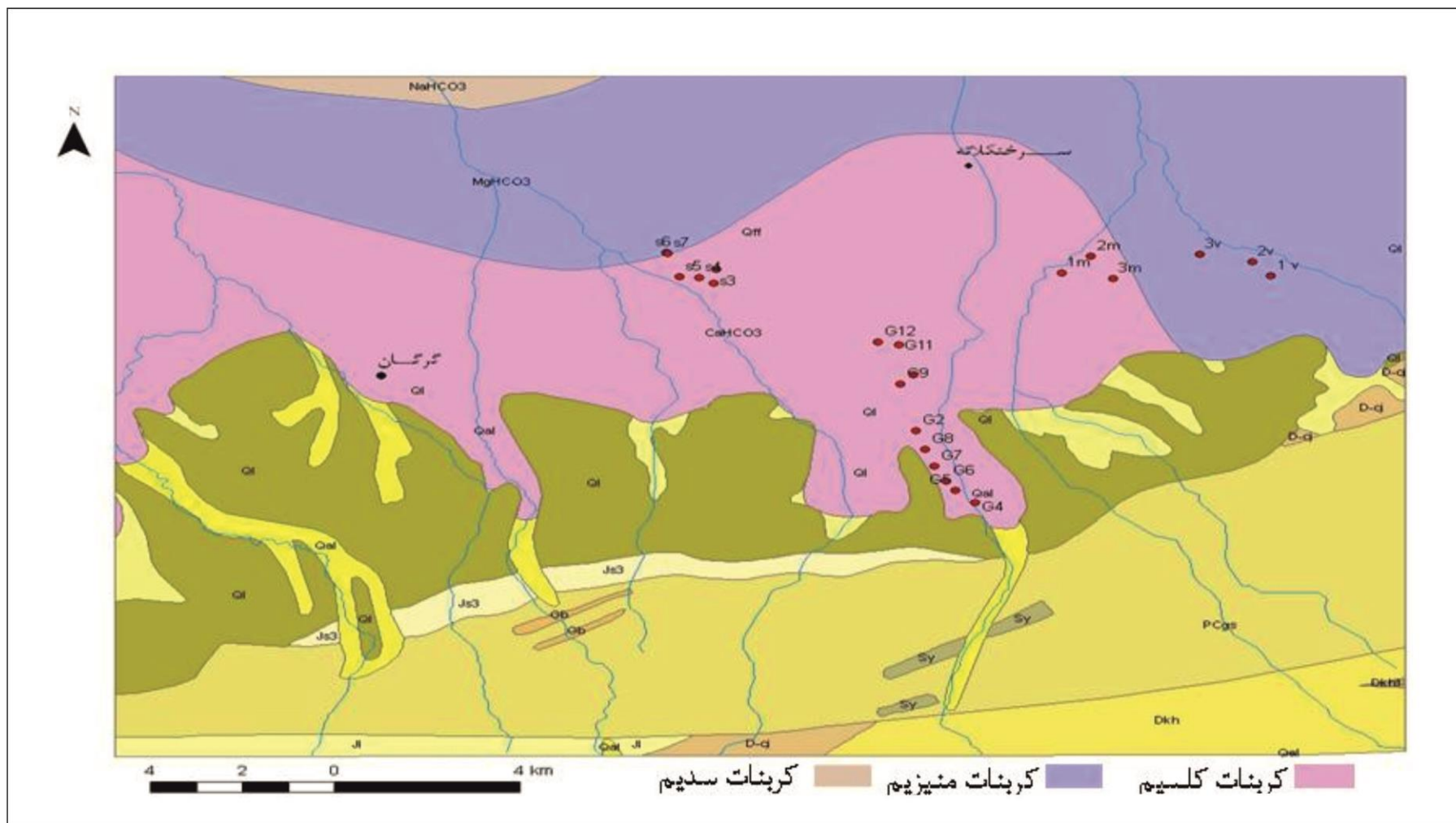
شکل ۱-۴- نقشه نوع آبخوان محدوده مورد بررسی (برگرفته از شرکت آب منطقه‌ای گلستان)



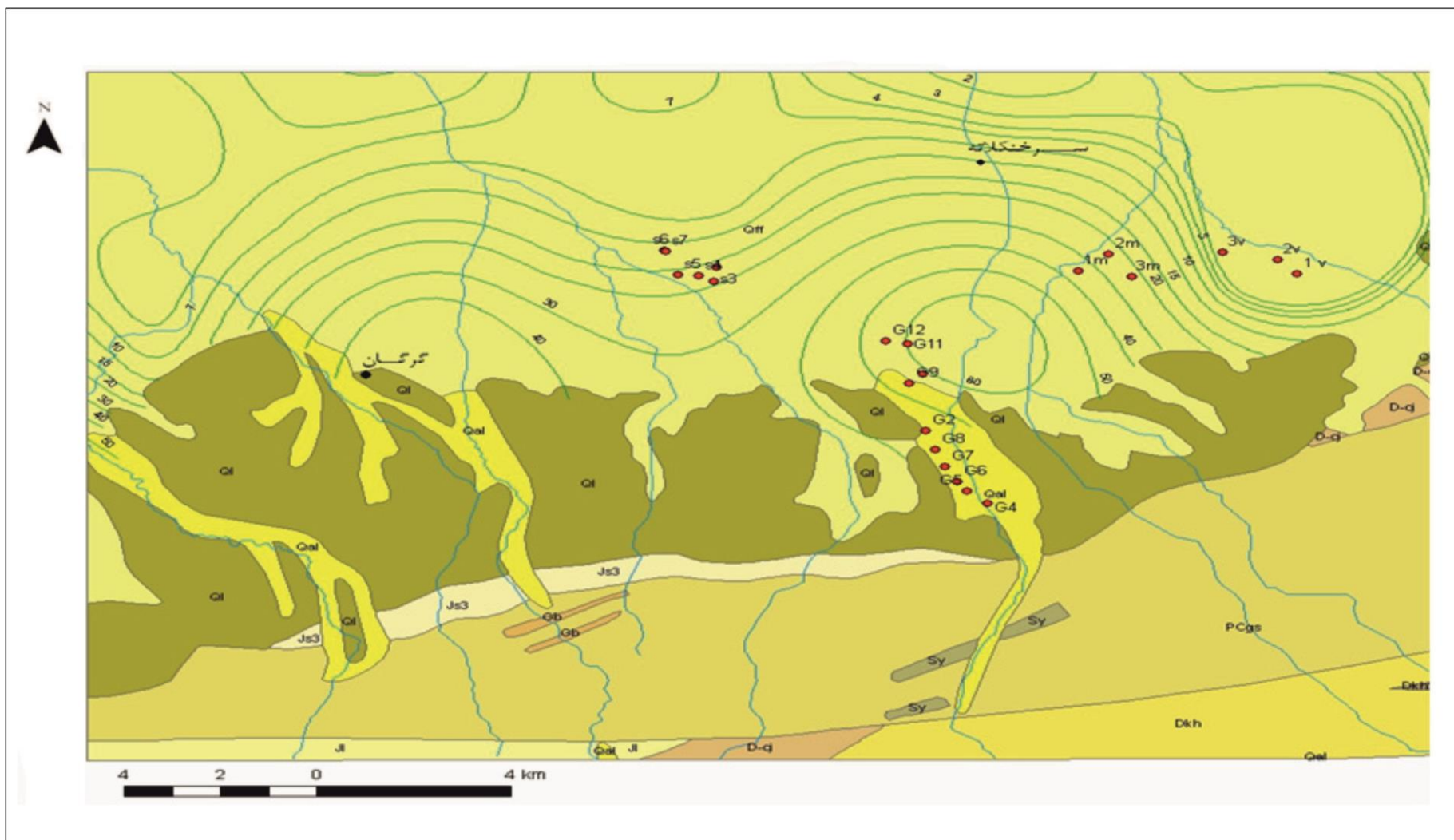
شکل ۱-۵- نیمرخ زمین شناسی محدوده مورد مطالعه (شرکت لویز برجر ۱۳۵۴)



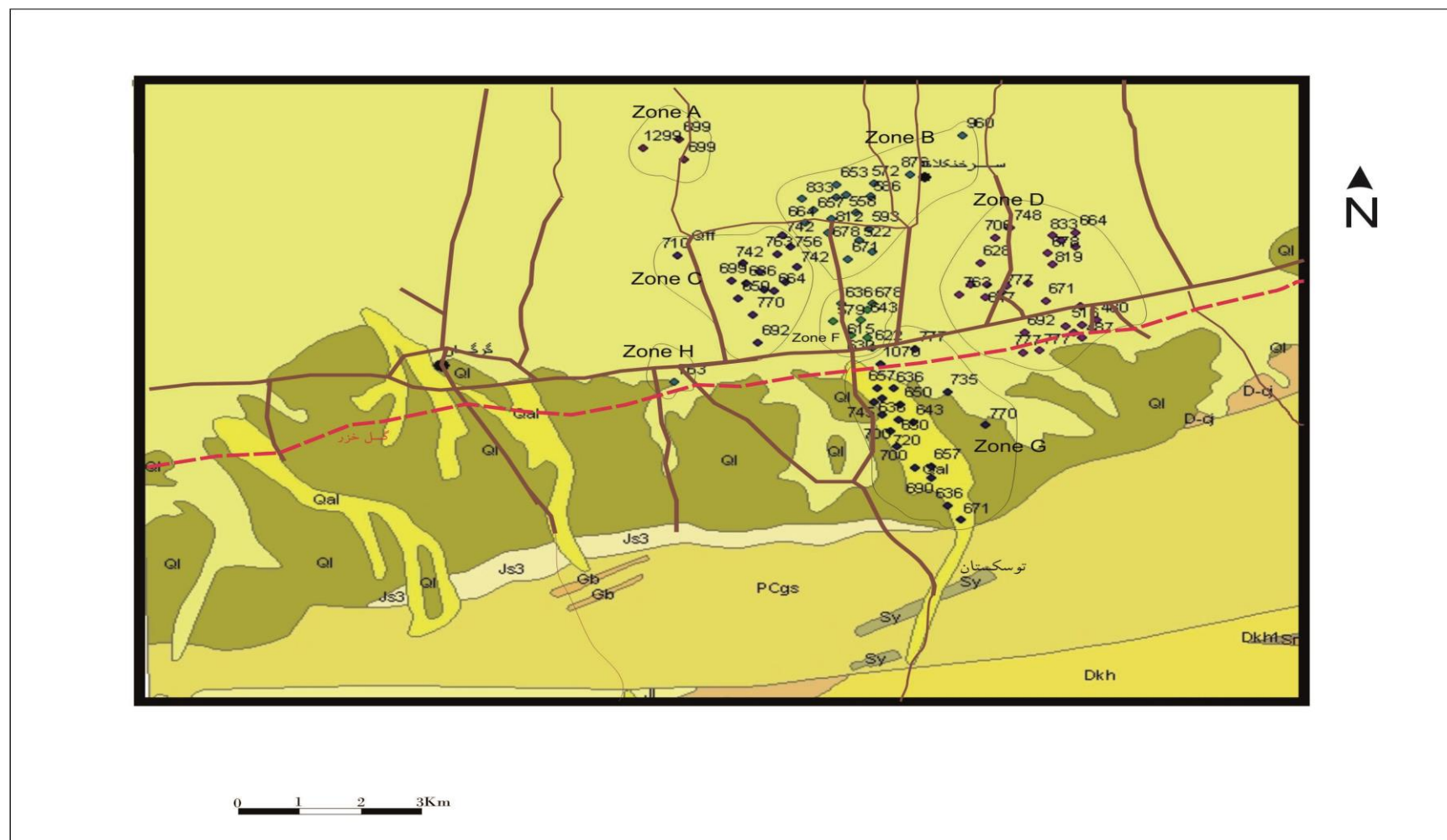
شکل ۱-۶- نقشه هم‌تراز آبخوان در محدوده مورد بررسی (برگرفته از شرکت آب منطقه‌ای گلستان)



شکل ۱-۷- نقشه تیپ آب در محدوده مورد بررسی (برگرفته از شرکت آب منطقه‌ای گلستان)



شکل ۱-۸- نقشه هم عمق محدوده مورد بررسی (برگرفته از شرکت آب منطقه‌ای گلستان)



شکل ۱-۹- نقشه هدایت الکتریکی منطقه بندی شده

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده درباره دلایل کاهش آبدهی و تخریب چاه‌های آب

مهم‌ترین عواملی که بر روی کاهش آبدهی و تخریب چاه‌های آب مختلف اثر دارد عبارتند از تاثیر ساختمان چاه، تغییرات آبدهی آبخوان و برداشت بی‌رویه از یک مجموعه چاه، تاثیر چاه‌های بهره‌برداری بر روی یکدیگر و تاثیر عوامل شیمیایی و بیوشیمیایی می‌باشد.

۲-۱- ساختمان چاه

اجزاء موثر ساختمان چاه شامل لوله جداری، صافی شنی و لوله مشبک می‌باشند که هر کدام می‌توانند بر آبدهی چاه‌ها تاثیر بگذارد. این موارد به‌طور خلاصه ارائه می‌شوند:

۲-۱-۱- لوله جدار

به منظور جلوگیری از ریزش دیواره چاه و هم‌چنین ورود آب از سفره به داخل چاه در منطقه اشباع از لوله جدار استفاده می‌شود که جنس آن‌ها ممکن است فلزی، بتنی، PVC و غیره می‌باشد. لوله‌های جدار کور در منطقه تهویه و در مواردی با توجه به تشکیلات زمین‌شناسی محل حفاری در منطقه اشباع قرار

داده می‌شود ولی لوله جدار مشبک فقط در منطقه اشباع مورد استفاده قرار می‌گیرد. نصب لوله در جدار چاه می‌تواند دیواره‌های چاه را به ویژه در تشکیلات منفصل از قبیل لایه‌های آبدار ماسه‌ای محافظت نموده و سهولت ورود آب به داخل چاه فراهم نماید. معمولاً دو نوع لوله جدار برای چاه استفاده می‌شود یک نوع آن لوله سطحی می‌باشد که لوله هادی نامیده می‌شود. لوله‌های جداری سطحی از ریزش مواد منفصل نزدیک سطح زمین به درون چاه جلوگیری می‌نماید و غالباً در حین حفاری استفاده می‌شود. نوع دیگر لوله جدار، لوله اصلی چاه است که پس از حفاری نصب می‌شود و معمولاً درون این لوله پمپ سوار می‌شود. لوله آبد و پمپ، درون لوله جدار اصلی قرار می‌گیرد. قطر لوله جدار باید بیش از دو اینچ از قطر لوله آبد و پمپ بیشتر باشد تا لوله پمپ بتواند به راحتی وارد لوله جدار شود (AWWA 1997).

لوله‌های جداری که برای پوشش چاه از آن استفاده می‌شود عموماً از جنس لوله‌های فلزی حاوی کربن استفاده می‌شود. همچنین مواد پلاستیکی نیز می‌تواند جایگزین لوله‌های فلزی در چاه‌های کم عمق شود (Rafferty 2001). به طور کلی جنس لوله جداری که برای چاه استفاده می‌شود بستگی به چندین عامل دارد که این عوامل شامل شیمیایی آب و زمین شناسی محیط اطراف چاه می‌باشد که جنس لوله جدار بر روی کارایی چاه و عمر تاثیر دارد (Stone 2003). علاوه بر لوله‌های فلزی و پلاستیکی، استفاده از لوله‌های ترموپلاستی (Thermoplastic) برای لوله‌گذاری چاه‌های آب می‌تواند عمر چاه را در حدود ۱۰ تا ۲۰ سال افزایش دهد و همچنین آب درون چاه را در برابر آلودگی حفظ نماید (Troxall et al. 1968).

خرابی لوله جدار اولین بار در سال ۱۹۷۸ در چاهی در منطقه اکوفیست (Ekofisk) در کشور نروژ کشف گردید. پدیده خرابی لوله جدار در اثر نشست زمین و کاهش فشار منابع آب بر روی رسوبات آبخوان از سال ۱۹۸۴ نمایان شده است. در نتیجه خرابی لوله چاه بر روی نفوذپذیری و آبدی چاه اثر می‌گذارد مطالعات مربوط به خرابی و تغییر شکل لوله جدار چاه از سال ۱۹۸۱ در کشور نروژ به وسیله شرکت فیلیپس پترولیوم (Phillips Petroleum) آغاز شده است (Vudovich 1988).

با افزایش نرخ بهره‌برداری از چاه سطح آب زیرزمینی افت کرده و سبب تراکم دانه‌های آبخوان و در نتیجه نشست در آبخوان می‌شود که بر روی ساختمان چاه اثر گذاشته و سبب گسیختگی لوله جدار می‌شود. پدیده گسیختگی لوله جدار چاه شامل آسیب دیدگی لوله جدار چاه‌های بهره‌برداری تحت تاثیر عواملی همچون کشش (Tension)، کمانش (Buckling)، فرورودگی (Collapsing)، ترکیدگی (Bursting) و یا برش (Shearing) حاصله از پدیده نشست ناشی از بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی می‌باشد (RMC 1989). پیامدهای ناشی از وقوع پدیده گسیختگی لوله جدار در مراحل اولیه شامل کاهش فشار، افت تولید و انحراف محور قائم لوله‌های جدار چاه که سبب به تله افتادن تجهیزات درون چاه مورد بهره‌برداری می‌شود ولی در مراحل حادثه به خاطر تغییر شکل زیاد، بریدگی لوله‌های جدار چاه را همراه داشته و سبب غیر قابل استفاده بودن چاه می‌شود در نتیجه چاه غیر قابل استفاده می‌شود (Bruno 2001). وقوع پدیده گسیختگی لوله جدار همزمان با افزایش نرخ بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی معمولاً در حوضه‌های گرم و خشک که در آن بهره‌برداری زیاد می‌باشد به وقوع می‌پیوندد (کریمی‌نسب ۱۳۸۳). در کشور آمریکا، طوفان کاترینا در سال ۲۰۰۵ سبب ایجاد خساراتی در ساختمان چاه‌ها و همچنین باعث شکستن لوله جدار چاه‌های بهره‌برداری شده است. بیشتر چاه‌های موجود در ناحیه که تحت تاثیر طوفان قرار گرفتند در آبخوان‌های کم عمق قرار داشتند که می‌توان به آبخوان گنزالس (Gonzalez) در نیوارلئان (New Orleans) و پانچاتولا بالایی (Ponchatoula) اشاره نمود (Tomaszewski and Lovelace 2005). به خاطر اینکه سطح آب در آبخوان‌های کم عمق معمولاً در نزدیکی سطح زمین قرار دارد و همچنین جریان آب وارد شده به آبخوان‌های کم عمق، سبب ایجاد خسارت به چاه‌های بهره‌برداری موجود در منطقه می‌شود (Nyman and Fayard 1978).

خرابی لوله جدار معمولاً در اثر کاهش منابع آب زیرزمینی و همچنین از تاثیر تحکیم سازند ایجاد می‌شود لوله جدار چاه‌هایی که بر اثر این عوامل تحت تاثیر قرار گرفتند و خرابی و خسارت در لوله‌های آن ایجاد

شده است را می‌توان در نواحی موجود در دریای شمال، خلیج مکزیک در آمریکا، کالیفرنیا، آمریکای جنوبی و آسیا مشاهده نمود (Fredrich *et al.* 2000).

همچنین در حوضه چالک (Chalk) واقع در دریای شمال بیش از ۹۰ مورد خرابی لوله جدار چاه گزارش شده است که با افزایش فشارهای محوری و شعاعی بر روی لوله جدار چاه‌های بهره‌برداری ایجاد شده است و با خرابی آن‌ها دارای ارتباط می‌باشد. از این‌رو سبب شده است که با افزایش فشرده شدن لایه‌ها، نفوذپذیری بالای سنگ زمینه کاهش پیدا کند و در نتیجه باعث خرابی لوله جدار چاه‌های بهره‌برداری می‌شود (De Silva *et al.* 1990).

در مجموع بریدن لوله به هر دلیلی از جمله تاثیر عوامل طبیعی، برداشت زیاد از آبخوان، مقاومت کم و ضعف لوله‌های انتخابی و عوامل دیگر موجب می‌شود تا ساختمان چاه ریزش کند و آبدهی چاه کاهش یابد.

۲-۱-۲- صافی شنی

پس از نصب لوله جدار، فضای خالی بین لوله جدار و دیواره چاه یک صافی شنی قرار می‌گیرد تا از ورود ذرات ریز به داخل چاه و آسیب رساندن به پمپ در هنگام بهره‌برداری چاه جلوگیری نماید. انتخاب یک صافی شنی نامناسب باعث ورود مواد ریزدانه آبخوان به داخل چاه و اصطلاحاً رسوبدهی چاه می‌شود در نتیجه این عمل ضمن اینکه پمپ و تاسیسات چاه آسیب دیده، در نتیجه بر اثر تخلیه رسوب جدار چاه، سبب جابجایی لایه‌های آبدار، گرفتگی مشبک‌ها و کاهش آبدهی چاه، نشست و تخریب ساختمان چاه می‌شود.

اولین بار در حدود سال ۱۹۱۶ در کانزاس آمریکا از صافی شنی استفاده شده است و بعد از آن به دیگر نقاط جهان گسترش یافته است (Shawart 1969). سال ۱۹۶۶ در خلیج لوئیزیانا (Louisiana) آمار نشان

می‌دهد که حدود ۷۰٪ صافی شنی نصب شده در این خلیج با موفقیت در چاه عمل نموده است و سبب کارکرد بهتر چاه‌های بهره‌برداری شده است (Saucier and Shell 1974).

ذرات صافی شنی مورد استفاده باید کاملاً مدور، تمیز، هم شکل و دارای سطحی صاف باشد تا آب به راحتی بتواند از درون آن حرکت کند. جنس ذرات معمولاً از نوع سیلیس می‌باشد که نسبت به انواع دیگر از اولویت بیشتری برخوردار است و تعدادی نیز تا ۵٪ گراول از جنس آهک را مجاز دانسته که می‌توان استفاده نمود (NGWA 1998).

بر اساس استانداردهای NGWA و AWWA ذرات صافی شنی از منابع مختلفی به دست می‌آید که وزن مخصوص این ذرات حدود ۲/۵ باید باشد و بیش از ۱٪ وزن مخصوص ذرات صافی شنی نباید کمتر از ۲/۲۵ باشد. صافی شنی باید دارای یک سطح صاف، گردشده، دانه‌ای و ضریب یکنواختی ذرات حدود ۲/۵ باشد (Serret 2007). ذرات صافی شنی نباید در pH پایین محیط حل شود (یعنی در محلول اسیدی) و ذرات باید با دوام باشد تا پس از قرارگیری در محیط خاصیت تداوم خود را از دست ندهند و همچنین جنس ذرات بر اساس کیفیت آب زیرزمینی تعیین می‌شود (EPA 1976). به‌طور کلی اندازه ذرات صافی شنی باید از اندازه ذرات آبخوان بزرگتر باشد (RMC 1990).

اساس طراحی صافی شنی توزیع اندازه ذرات است. صافی شنی اطراف لوله مشبک فقط به ذرات ریزتر آبخوان، اجازه ورود به ساختمان چاه را می‌دهد. بیشتر کارهای انجام شده در طراحی صافی شنی توسط ترزاقی و پک انجام شده است (Terzaghi and Peck 1948). ابعاد صافی شنی معمولاً از نسبت اندازه ذرات صافی شنی به نسبت اندازه ذرات آبخوان از معادله زیر بدست می‌آید.

$$GPR = \frac{D50\% \text{ GRAVEL}}{D50\% \text{ FORMATION}}$$

در این رابطه معمولاً اندازه دانه‌ها در صافی شنی طوری انتخاب می‌شود که d_{50} صافی ۵ برابر d_{50} مواد تشکیل دهنده سفره باشد (صداقت ۱۳۸۵، Misstear *et al.* 2006). اساس طراحی در صافی شنی را بر کارهای کوبرلی (Coberly) و هیل (Hill) قرار داده شده است که بر اساس تحقیق کوبرلی صافی شنی از ذرات دانه‌ای تشکیل شده است که قطر ذرات بیش از ۱۰ برابر قطر ذرات سازند می‌باشد. همچنین هیل این نسبت را از ۱۰ به ۸ برابر قطر ذرات کاهش داده است.

همچنین در رابطه با اندازه ذرات صافی شنی شوارتز (Schwartz) توصیه می‌کند که نسبت اندازه این ذرات حدود ۶ تا ۱۰ درصد ذرات درشت آبخوان باشد که تا حدود ۴۰ درصد ذرات یک شکل و ذرات با شکل متفاوت ماسه باشد. همچنین ویلیامز (Williams) با استناد به تحقیق شوارتز به این نتیجه رسیده است که نسبت اندازه ذرات باید کمتر از ۶ درصد ذرات درشت باشد و همچنین آبدهی یک چاه تابعی از اندازه شکاف و تراکم آن‌ها می‌باشد (Saucier and Shell 1974). نسبت قطر اندازه ذرات شن مورد استفاده در طراحی صافی شنی، نسبت به اندازه ذرات موجود در آبخوان تعیین می‌شود (Misstear *et al.* 2006).

ذرات صافی شنی باید به طور کامل لوله مشبک چاه را احاطه نمایند. به طور عملی ضخامت حدود ۷۶ میلیمتر برای صافی شنی مناسب می‌باشد. علاوه بر ضخامت ۷۶ میلیمتر ضخامت‌های ۱۵۲ و ۲۲۹ میلیمتر نیز برای صافی شنی در یک چاه تعریف شده است در صورتی که اگر گراول دستی انجام گیرد برای حصول از پوشش گراول این ضخامت به ۱۰۰ میلیمتر افزایش می‌یابد (Buyalski 1986).

به این ترتیب در طراحی صحیح صافی شنی اطراف لوله جدار مسائلی از قبیل شناخت دقیق جنس لایه آبدار و دانه‌بندی آن، انتخاب قطر مناسب صافی شنی مناسب با دانه‌بندی آبخوان، ضخامت صافی شنی و نیز نحوه آرایش دانه‌های اولیه صافی شنی اهمیت بسزایی دارند که معمولاً مورد دقت قرار نمی‌گیرند.

۲-۱-۳- لوله مشبک

لوله‌های مشبک، لوله‌هایی هستند که در کارخانه‌ی سازنده تحت استانداردهایی مشخص و تعیین شده است. با توجه به نوع شکاف‌ها و چگونگی قرار گرفتن آن‌ها و درصد شبکه‌ها و مساحت فضا‌های باز لازم ساخته و با طول مناسب معمولاً چهار متر به بازار عرضه می‌شود.

لوله‌های مشبک به آب‌های زیرزمینی اجازه ورود به چاه را می‌دهد و از ورود زیاد شن و ماسه سازند به داخل چاه جلوگیری می‌نماید و از خراب شدن پمپ و کاهش راندمان چاه جلوگیری می‌کند چاه‌های حفر شده در لایه‌های آهکی نیازی به لوله مشبک ندارند ولی چاه‌های حفر شده در آبرفت باید از لوله‌های مشبک برای محافظت از چاه استفاده نمود (Governor et al. 1993). از مهمترین مارک‌های لوله‌های

مشبک می‌توان به انواع لوله‌های مشبک جانسون، روسگوموس، آمریکائی و نولد آلمانی اشاره نمود.

معمولاً طول لوله مشبک به نوع استفاده از چاه بستگی دارد که طول این لوله‌ها بستگی به نوع آبخوان، ضخامت منطقه اشباع و افت موجود در چاه دارد. طول لوله‌های مشبک معمولاً از ۱۰ فوت نباید بیشتر باشد (Wilson 1995).

به منظور انتخاب ابعاد شبکه می‌بایست ابعاد ذرات متشکله اطراف چاه مشخص شود لذا انجام آزمایشات دانه‌بندی بر روی نمونه‌های استخراجی از چاه ضروری می‌باشد. هر چقدر نمونه‌های استخراج شده از چاه و انتقال آن به آزمایشگاه به صورت دست نخورده و طبیعی صورت گیرد نتایج آزمایش واقعی‌تر و ابعاد شبکه‌ها نیز منطبق با واقعیات زمین شناسی محل صورت می‌گیرد. بدیهی است در صورتیکه ضخامت لوله‌ها و ترکیب شیمیایی آن‌ها که در ضریب مخصوص مقاومت لوله موثر است اجازه دهد می‌توان تعداد شبکه‌ها را افزایش داد. ابعاد و تعداد شبکه‌ها در میزان آب ورودی به داخل لوله جدار در ضمن پمپاژ نقش بسیار مهمی را دارا می‌باشد. ولی ازدیاد آن‌ها بدون تناسب و بدون رعایت مقاومت لوله موجب کم شدن عمر لوله جدار و در نتیجه کم شدن عمر بازدهی چاه خواهد شد. تعداد و ابعاد شبکه‌ها برای لوله-

های با قطرهای مختلف یکسان نبوده و تعداد و مشخصات آنها طبق جدول (۲-۱) زیر برای لوله-های فولادی ساخت کارخانجات داخلی ایران با توجه به ضخامت و مقاومت فولاد مربوطه می‌باشد (فرجی ۱۳۸۷).

شکاف در لوله‌های PVC به‌طور ماشینی ایجاد می‌شود و ابعاد شبکه در لوله‌های PVC حدود چهار تا شانزده اینچ می‌باشد (Forge 2006). لوله‌های مشبک بر اساس بازشدگی و میزان شکاف‌ها در لوله مشبک چاه طبقه بندی می‌شود (Governor et al. 1993).

لوله مشبک با بازشدگی کم سبب کاهش آبدهی، افزایش افت و ایجاد مشکلاتی در چاه می‌شود. ولی بازشدگی زیاد شاید سبب ورود ذرات ریزدانه به درون چاه شود. بازشدگی‌های پیوسته در لوله مشبک معمولاً به‌صورت V شکل در چاه طراحی می‌شود (Sterrett and Robert 2007).

جدول ۲-۱- تعداد شبکه‌های استاندارد ایران برای لوله جدار چاه (فرجی ۱۳۸۷)

تعداد کل شبکه‌ها در یک متر لوله	تعداد شبکه‌ها در یک دور لوله	تعداد شبکه‌ها در یک متر طولی	قطر اسمی لوله به اینچ
۳۰ عدد	۶	۵	۱۰
۴۰ عدد	۸	۵	۱۲
۵۰ عدد	۱۰	۵	۱۴
۶۰ عدد	۱۲	۵	۱۶

جنس لوله مشبک می‌تواند متفاوت باشد به عنوان مثال می‌توان از نوع فلزی، بتونی و غیره انتخاب شود که متداول‌ترین آن نوع فلزی می‌باشد در انتخاب نوع فلزی می‌توان به سه فاکتور اشاره نمود. استحکام لوله مشبک در مقابل فشارهای وارده، وجود باکتری‌های موجود در آب‌های منطقه اشباع و همچنین املاح موجود در آب زیرزمینی که قبل از انجام عملیات لوله‌گذاری می‌بایست توسط آزمایشات شیمیایی آب

مشخص شود، زیرا آب ممکن است دارای حالت خوردگی و یا رسوب‌گذاری و یا هر دو حالت باشد (RMC 2008).

اگر آب حالت خوردگی داشته باشد باعث بزرگ شدن قطر منافذ لوله مشبک شده که باعث ورود ذرات بزرگ‌دانه‌تر به داخل چاه شود. جهت مقابله با این عمل پیشنهاد می‌گردد از لوله مشبک ضد زنگ استفاده شود معمولاً آب‌هایی که pH آن‌ها کمتر از ۷ باشند این حالت را دارا می‌باشند (RMC 2008).

اگر استیل استفاده شده در لوله مشبک از نوع ضدزنگ باشد مقاومت زیادی در برابر آب خوردنده دارد. استیل ضدزنگ بر اساس رفتار آن در برابر خوردگی آب تعیین می‌شود که استیل موجود حاوی مقدار فلزهای مختلفی می‌باشد. به عنوان مثال استیل سخت ضد زنگ حاوی ۱۶٪ کرم، ۱۰٪ نیکل و حدود ۲٪ مولیبدوم است که به‌طور عمومی مقاومت زیادی را در برابر خوردگی و گسترش شبکه در لوله مشبک را سبب می‌شود (ALC 1998). لوله‌های مشبک به دو نوع دستی و کارخانه‌ای ساخته می‌شود که نوع دستی آن از طریق مشبک کردن لوله کور ساخته می‌شود. نوع کارخانه‌ای آن که به لوله‌های مشبک معروف می‌باشد در کارخانه‌ها مطابق با شرایط علمی ساخته می‌شوند که مهمترین لوله‌های مشبک شامل فیلتر فلزی با شکاف‌های V شکل، فیلترهای فلزی دو جداره، فیلترهای برنجی، فیلتر با شبکه پل مانند فیلترهای کرکره‌ای می‌باشند (Misster et al. 2006).

۲-۲- برداشت بی‌رویه از مجموعه چاه‌ها

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی می‌تواند باعث افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی شود که این پدیده به نوبه خود باعث کاهش آبدهی چاه‌ها، نشست زمین و شورشدن آب‌ها و پدیده‌های مخرب دیگر می‌شود. این موارد به‌صورت مختصر توضیح داده می‌شوند.

۲-۱- افت زیاد و کاهش آبدهی چاه‌ها

مجموعه چاه‌ها (Well field) شامل چندین چاه است که با فاصله حدود ۲۰۰ فوت از یکدیگر قرار دارند که به‌طور معمول با برداشت آب از مجموعه چاه‌ها سبب ایجاد افت می‌شود که افت حاصل شده باعث کاهش ضخامت اشباع در آبخوان مورد برداشت می‌شود (Walton 1962).

در خصوص وضعیت آبدهی مجموعه چاه‌های (Well field) موجود در یک منطقه کوچک، مهمترین عاملی که می‌تواند بر آبدهی چاه‌ها تاثیر داشته باشد، پائین افتادن سطح آب زیرزمینی در این مناطق می‌باشد. در خصوص تاثیر متقابل آبدهی چاه‌ها و افت سطح آب زیرزمینی، مطالعات زیادی انجام شده است (Carruth and Pool 2005). کاهش سطح آب زیرزمینی بیشترین تاثیر را بر روی چاه آب دارد که با افزایش عمق آب، چاه باید آب را از مسافت دورتری از سفره برداشت کند که این امر سبب افزایش هزینه و کاهش آبدهی می‌شود (Galloway 1999).

ناحیه توکسن (Tucson) واقع در آریزونا جنوبی دارای چهار ناحیه مجموعه چاه اصلی می‌باشد. که عمق آب در این ناحیه حدود ۲۰۰ فوت بوده است که به خاطر پمپاژ زیاد در منطقه سبب کاهش سطح آب شده است (Carruth and Pool 2005). در ناحیه توکسن (Tucson) از سال ۱۹۴۰ به بعد سطح آب زیرزمینی چند فوت در سال کاهش پیدا کرده است که کاهش سطح آب زیرزمینی سبب تحکیم آبخوان دره آورا (Avra) موجود در این ناحیه شده است (Evans and Pool 2000).

به‌طور عمومی در بین سال‌های ۱۹۵۲ تا ۱۹۸۰ افت ایجاد شده در ناحیه توکسن (Tucson) حدود ۰/۵ فوت بوده است و در سال‌های بین ۱۹۴۲ تا ۱۹۸۰ در دره آورا (Avra) افت حدود ۱ فوت بوده است (Schumann and Anderson 1988).

۲-۲-۲- افت زیاد و نشست زمین و تخریب چاه‌ها

یکی از مشکلات مهم در اثر برداشت بی‌رویه آب از آبخوان، افت سطح آب و متراکم شدن لایه‌ها و رسوبات است. افت سطح آب زیرزمینی موجب کاهش فشار هیدرواستاتیک آبخوان شده، و بخش جامد یا ساختمان آبخوان پایداری خود را از دست می‌دهد و باعث فشرده شدن ذرات و از بین رفتن فضاها می‌گردد (خلخالی ۱۳۷۳).

پدیده نشست زمین به طور معمول بلافاصله با خروج سیال رخ نمی‌دهد بلکه در زمان طولانی‌تر از برداشت اتفاق می‌افتد (Scott 1979). غالباً پدیده نشست نتیجه عملکرد انسان می‌باشد همانند بهره‌برداری بیش از حد آب زیرزمینی، نفت، گاز طبیعی و سیالات ژئوترمالی (Geothermal) می‌باشد. مقدار نشست ناشی از برداشت آب از چند میلیمتر تا حدود ۱۰ متر و ابعاد نشست در نواحی گوناگون از چند کیلومتر مربع تا ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع گزارش شده که به طور مستقیم و غیر مستقیم بر جامعه و طبیعت اثر می‌گذارد. بر طبق آمار برداری صورت گرفته توسط جانسون (Johnson 1991) تخمین اولیه هزینه خسارات یا هزینه‌های جبرانی ناشی از نشست در دنیا به چند میلیارد دلار آمریکا می‌رسد.

خطر نشست بر اثر افت آب‌های زیرزمینی یک خطر جهانی است و در مقیاس جهانی مورد توجه قرار گرفته است. حالت بحرانی این پدیده به دهه‌های اخیر برمی‌گردد که به دلیل صنعتی شدن و شهرنشینی شدن نیاز به منابع آب افزایش یافته و این امر موجب پمپاژ بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی شده است. گزارشات متعدد از نشست زمین به ویژه از نقاط خشک و کم باران از سراسر جهان ارائه گردیده است (Larson et al. 2001, Guerrero and Rudolph 1999).

نشست زمین بر اثر برداشت بی‌رویه آب از چاه‌ها در نقاط مختلفی از جهان و ایران به خصوص در سال‌های اخیر همراه با افت سطح آب‌های زیرزمینی در خیلی از آبخوان‌ها شده است (رحمانیان ۱۳۶۵، عباس نژاد ۱۳۷۷، فاطمی عقدا و همکاران ۱۳۸۰، رهنما راد و فیروزان ۱۳۸۱).

در گذشته بیش از ۱۵۰ ناحیه در جهان مثل تایلند، چین، ایتالیا، ژاپن و آمریکا از پدیده نشست زمین متضرر شده‌اند (Zhou *et al.* 2003). همانند نشست زمین در شمال ایتالیا که در قسمت شرقی مرکز دشت پو (Po) بوده است. نشست زمین ایجاد شده در این دشت بر اثر افت سطح آب زیرزمینی با نرخ حدود صفر تا ۷ سانتیمتر در سال رخ می‌دهد (Carminati and Martinelli 2003).

از مثال‌های دیگر می‌توان به نشست در دره سن ژواکوی در کالیفرنیا آمریکا اشاره نمود. در این منطقه تا اواخر دهه ۱۹۶۰ نشست زمین خسارات زیادی را به منطقه وارد نموده بود که میزان نشست زمین حدود ۸/۸ متر در سال ۱۹۶۹ گزارش گردید (Poland 1981). در اواخر دهه ۶۰ با انتقال آب از حوضه دیگر به این حوضه میزان نشست زمین بین ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش یافته است. اما در خشکسالی‌های سال‌های ۱۹۷۶ تا ۱۹۷۷ و ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ به دلیل برداشت بی‌رویه آب میزان نشست افزایش یافته و نرخ نشست به میزان قبل از دهه ۱۹۶۰ رسید (Larson *et al.* 2001). همچنین می‌توان به نشست زمین در شهر کلکته هندوستان (Chatterjee 2006) و بانکوک تایلند نیز اشاره نمود (Phien-wej 2006).

در ایران، منطقه رفسنجان به ازای هر ۱۰ متر افت سطح آب زیرزمینی، سطح زمین حدود ۴۲ سانتیمتر نشست می‌نماید. در منطقه سیرجان به ازای هر ۱۰ متر افت سطح آب، نشست زمین حدود ۲۷ سانتیمتر گزارش شده است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان ۱۳۸۱). همچنین در مناطق کرمان، رفسنجان، زرنند به دلیل افت سطح آب آثاری همچون نشست زمین، بالا آمدن لوله‌های جدار چاه‌ها و ایجاد شکاف‌هایی در سطح زمین به همراه داشته است. علت این نشست‌ها، برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی به خصوص برای آبیاری زمین‌های کشاورزی است (Mousavi *et al.* 1998). میزان نشست‌های ایجاد شده با افت سطح آب زیرزمینی و همچنین حجم آب پمپاژ شده توسط چاه‌های بهره‌برداری رابطه مستقیم دارد (Mousavi *et al.* 2001) و مقدار نشست زمین برای هر ده متر افت سطح آب زیرزمینی بین یک تا ۵۰ سانتیمتر متغیر است که دامنه این تغییرات به ضخامت و تراکم‌پذیری لایه‌ها، طول زمان بارگذاری، درجه

و نوع استرس بستگی دارد (Lofgren 1969). پدیده نشست زمین باعث بروز مشکلاتی همانند تخریب ساختمان‌ها، لوله‌زایی (بالا آمدن ظاهری لوله‌های آب از سطح زمین)، ریزش جداره چاه‌ها، ایجاد درز و شکاف در زمین، تغییر شیب زمین، افزایش سیل خیزی، فرو رفتن تدریجی دکل‌ها و سازه‌ها، تغییر شیب رودخانه‌ها و جاده‌های منطقه می‌گردد (لشکری پور و همکاران ۱۳۸۴).

یکی از عواقب نشست ناشی از بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی رشد لوله جدار چاه آب می‌باشد. البته این لوله جدار نیست که رشد می‌کند بلکه زمین اطراف لوله جدار است که به سمت پایین می‌رود. نیروهای ناشی از نشست همچنین می‌تواند باعث تخریب لوله جدار چاه گردد که این موضوع باعث تحمیل هزینه‌های تعمیر و یا حتی جایگزینی چاه می‌گردد (آل‌خمیس و همکاران ۱۳۸۴).

۲-۲-۳- افت زیاد و ماسه‌دهی چاه و تخریب چاه‌ها

از عواملی که موجب کاهش کیفیت منابع آب می‌گردد می‌توان عامل ماسه‌دهی چاه‌ها را به عنوان یکی از عوامل موثر در کاهش کیفیت منابع آب به شمار آورد. بنابراین با توجه به کمبود منابع آبی کشور استفاده از روش‌های مناسب جهت جلوگیری از ماسه‌دهی می‌تواند نقش قابل توجهی در تامین نیازهای آبی داشته باشد (شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان ۱۳۸۹).

تامین آب از طریق پمپاژ چاه‌ها در بعضی از موارد همراه با ماسه دهی صورت می‌گیرد و این نقص باعث ایجاد مشکلاتی اعم از کاهش آبدهی چاه، تخریب چاه، تخریب پمپ، تخریب تاسیسات چاه، کاهش حجم مخزن ذخیره، کاهش قطر لوله‌ها پس از ته‌نشینی در شبکه و نارضایتی مشترکین می‌شود. یکی از عوامل مهم در ماسه‌دهی چاه‌ها، برداشت بیش از حد از ظرفیت اسمی چاه که باعث حرکت آب با سرعت زیاد در لایه‌های خاک شده و آب با سرعت بالا به همراه ماسه به سیستم پمپاژ وارد می‌شود. در بررسی انجام شده در حوضه تلخه‌رود علت تخریب و ماسه‌دهی چاه‌های آب را می‌توان به عدم استفاده از لوله مشبک و

صافی شنی مناسب، خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی تجهیزات و لوله‌ها، پمپاژ بیش از حد، نفوذ آب شور و تشدید خوردگی و به‌ویژه حضور سازندهای ریزدانه رسی می‌باشد (اصغری مقدم و افزون ۱۳۷۴).

۲-۲-۴- افت زیاد و هجوم آب‌های شور

آب‌های زیرزمینی به عنوان اصلی ترین منابع ذخیره آب شیرین در جهان همواره مورد توجه و استفاده بشر بوده است (Todd 2004). نوسانات سطح آب زیرزمینی بر روی کمیت و کیفیت آب تاثیر می‌گذارد که عمدتاً به صورت طبیعی و پیوسته رخ می‌دهد. بیشتر این تغییرات اندک و زودگذر می‌باشد، اگرچه عواملی از قبیل تغییر اقلیم می‌تواند اثرات قابل توجهی بر روی کیفیت آب زیرزمینی داشته باشد (Bradford 2009). در مناطق ساحلی آبخوان آب شیرین بر روی آبخوان آب شور قرار دارد. بهره‌برداری بیش از حد مجاز از آبخوان‌های آب شیرین سبب کاهش فشار آب شیرین بر آب شور گردیده در نتیجه آب شور پیشروی نموده و سبب شور شدن چاه‌ها می‌شود (شمسایی ۱۳۸۱). به دلیل برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی تغییراتی در سیستم طبیعی جریان آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌شود که این امر در آبخوان‌های ساحلی باعث نفوذ آب شور به درون آبخوان‌های آب شیرین ساحلی می‌شود (محمدی ۱۳۸۸). حفر چاه‌های متعدد آب و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در بعضی از مناطق ساحلی منجر به پیشروی آب شور به سمت مناطق ساحلی و نفوذ آب شور به آبخوان‌های آب شیرین شده و همچنین سبب افزایش هدایت الکتریکی آب چاه‌ها در مناطق ساحلی شده است. افزایش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در منطقه ساحلی نه تنها موجب افت کیفیت آب برای شرب بلکه منجر به زیان‌های اقتصادی ناشی از کاهش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی می‌گردد (دیانتی تیلیکی ۱۳۸۸).

در بررسی‌های انجام شده در پیشروی آب شور دریا به آبخوان ساحلی دشت ساری- نکا نشان می‌دهد که پیشروی آب شور دریا به آبخوان ساحلی زمانی رخ می‌دهد که سطح آب زیرزمینی به دلایلی پایین بی‌افتد

و در نتیجه ذخیره آبی آبخوان ساحلی کاهش یافته و سطح آب دریا افزایش پیدا می‌کند که سبب نفوذ آب شور به آبخوان ساحلی می‌شود (کردرستمی ۱۳۷۲).

در بررسی‌های دیگر افت سطح ایستابی در شمال دشت کاشان در طی سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۷۶ در حدود ۱۶ متر بوده است که در این سال‌ها میزان هدایت الکتریکی از ۴۳۵۰ میکروموس بر سانتیمتر به ۶۹۳۰ میکروموس بر سانتیمتر رسیده است که علت این امر برداشت بیش از حد مجاز از آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد (ترابی ۱۳۷۸). همچنین بررسی روند کیفی در حوضه قم نشان می‌دهد که متوسط سطح ایستابی در سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۹ در حدود ۱۴/۵ متر افت داشته که سبب تغییرات هدایت الکتریکی در منطقه می‌شود که نشان دهنده این است که افت سالیانه سطح آب باعث تغییر در کیفیت آب در منطقه مورد نظر شده است (خلیلی پور ۱۳۸۱). مطالعات انجام شده در حوضه سیرجان نشان می‌دهد که با افت سطح ایستابی این آبخوان که حدود ۷۰ سانتیمتر در سال است و به خاطر نزدیک بودن این آبخوان به دشت نمک، آب شور به آبخوان نفوذ کرده و سبب تغییر کیفیت آب در آن می‌شود. برای اینکه از افت سطح ایستابی جلوگیری شود باید نرخ برداشت حدود ۳۰٪ کاهش یابد تا تعادل در بیلان آب منطقه ایجاد شود (Rahnama 2009).

۲-۲-۵- راه‌های جلوگیری از افت سطح آب

با اجرای برنامه‌های به تعادل رساندن آبخوان‌ها، از جمله

- افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی با استفاده از روش‌های مدرن آبیاری به منظور

صرفه‌جویی در مصرف آب

- اعمال مدیریت صحیح مصرف آب در بخش‌های شرب و صنعت

- مطالعه و اجرای طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی به منظور تقویت و تعادل بخشی آبخوان‌ها
- کنترل و استفاده بهینه از منابع آب‌های سطحی موجود، جلوگیری از بهره‌برداری و انسداد چاه‌های غیر مجاز
- کنترل بهره‌برداری چاه‌های دارای پروانه
- جلوگیری از توسعه بی‌رویه چاه‌ها و مهاجرت به شهرهای بزرگ
- رعایت سقف تخصیص تعیین شده به جهت توسعه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی می‌توان شاهد کاهش روند افت سطح آب زیرزمینی بوده و از مخاطرات ناشی از افت سطح آب زیرزمینی از جمله
- کاهش حجم مخازن آب زیرزمینی
- کاهش آبدهی و خشک شدن چاه‌ها و قنوات
- نشست سطح زمین و تخریب مخازن آب زیرزمینی
- هجوم آب شور و تنزل و تخریب کیفیت آب شیرین منابع آب زیرزمینی و انتشار و پخش آلودگی‌ها جلوگیری نمود.

۲-۳- عوامل شیمیایی و بیوشیمیایی

پس از حفر چاه و بهره‌برداری مداوم از چاه، میزان آبدهی کلیه چاه‌ها به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد که این کاهش آبدهی ممکن است بر اثر عوامل شیمیایی (خوردگی لوله‌های مشبک و لوله جدار که خود شامل خوردگی میکروبی و شیمیایی می‌باشد) و یا بر اثر پوسته گذاری، انسداد لوله‌های مشبک که شامل انسداد مکانیکی یا فیزیکی (Physical clogging)، انسداد در اثر رسوب مواد معدنی

(chemical Incrustation) و همچنین انسداد بیولوژیکی (Biological clogging) باشد که در چاه‌های مورد بهره‌برداری ایجاد می‌شود (لطفی صدیق ۱۳۷۴، خلخالی ۱۳۶۴، Howsam 1990، Fletcher 1986).

۲-۳-۱- عوامل شیمیایی

از مهمترین عوامل فیزیکوشیمیایی موثر بر پایداری ساختار چاه‌ها وضعیت خوردندگی و پوسته‌گذاری آب‌ها می‌باشد. عوامل اصلی که سبب تخریب سریع در ساختمان چاه‌ها و کاهش عمر مفید چاه‌ها می‌شود شامل:

۱- عواملی نظیر خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی لوله مشبک، لوله جدار و پمپ چاه در اثر کیفیت نامطلوب آب ایجاد شده است. خوردگی سبب گشاد شدن و افزایش منافذ شکاف‌های لوله مشبک می‌شود و در نتیجه ذرات ریز دانه وارد چاه شده و باعث از کار افتادن پمپ می‌شود، همچنین سبب کاهش مقاومت لوله مشبک می‌شود که در بعضی مواقع لوله مشبک از لوله جدار چاه جدا شده و به ساختمان چاه خسارت وارد می‌شود که این امر سبب غیرقابل استفاده شدن چاه بهره‌برداری می‌شود (خیابانی ۱۳۶۷، Driscoll 1986). از عوامل تاثیر خوردگی می‌توان به ایجاد خوردگی مجدد و مسدود کردن شکاف‌های لوله مشبک اشاره نمود که سبب کاهش مقدار آب ورودی به چاه می‌شود و در نتیجه عمر چاه کاهش پیدا می‌کند. در حالت کلی وجود مواد معدنی و گازهای محلول در آب سبب خوردگی و پوسته‌گذاری می‌شود. بنابراین خوردگی یک پدیده مضر و ضربه زننده به اقتصاد است. برآوردی که در مورد ضررهای خوردگی انجام گرفته است، نشان می‌دهد که هزینه تحمیل شده از سوی خوردگی، سالانه بالغ بر پنج میلیارد دلار می‌باشد (فراستی و همکاران ۱۳۸۷).

به منظور جلوگیری از خوردگی می‌توان از لوله‌های جدار با جنس فولادی که دارای کربن است استفاده نمود. این لوله‌ها دارای هزینه پایینی برای اجرا و نصب در چاه دارد و ترکیبات آلی موجود در آن شامل

اتم‌های اکسیژن، نیتروژن و سولفور به منظور جلوگیری از خوردگی در این لوله‌ها استفاده شده است (Frenier and Growcock 1998, Migahed and Shafei 2002).

۲- عامل دیگری که سبب کاهش آبدهی چاه می‌شود پوسته‌گذاری می‌باشد، فعالیت‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است که بیشترین تاثیر را بر روی آب چاه دارد و سبب ایجاد یک بیوفیلم (Biofilm) بر روی لوله جدار، لوله مشبک، پمپ و ستون پمپ می‌شود. ایجاد این رسوبات باعث گرفتگی و انسداد منافذ لوله مشبک و خرابی پمپ می‌شود.

از عمده‌ترین و مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی آب‌های زیرزمینی بی‌کربنات کلسیم $(\text{HCO}_3)_2\text{Ca}$ می‌باشد. البته بی‌کربنات آهن $(\text{HCO}_3)_2\text{Fe}$ نیز در اغلب آب‌های زیرزمینی مشاهده می‌شود. این ترکیبات بر اثر برخی از عوامل مثل تغییرات دما و فشار، انیدرید کربنیک موجود در خود را از دست می‌دهند و یک ماده نامحلول کربنات کلسیم یا آهن را ایجاد می‌نماید که بر روی لوله‌های جدار و شیارهای لوله جدار چاه و همچنین بر روی صافی شنی اطراف چاه و آبخوان مجاور چاه رسوب می‌کند. رسوبات اکسید آهن و هیدروکسید آهن شایع‌ترین رسوبات معدنی در چاه می‌باشد که رنگ این رسوبات معمولاً قهوه‌ای می‌باشد (PLC 2003). پتانسیل ایجاد رسوب و خوردگی توسط آب را می‌توان از روی نتایج آنالیز شیمیایی آب تعیین نمود (Doland 1966). برای مشخص نمودن پتانسیل خوردگی و پوسته‌گذاری آب، شاخص‌های زیادی ارائه شده است. بیشتر این شاخص‌ها بر این فرضیه استوارند که آبی که تمایل به رسوب کربنات کلسیم بر روی سطوح فلزی دارد، خاصیت خوردگی کمتری از خود نشان می‌دهد. از طرفی خاصیت خوردگی آب با پتانسیل رسوب‌دهی کربنات کلسیم نسبت عکس دارد. به عبارتی هر چه محیط آب قلیایی‌تر باشد احتمال رسوب کربنات کلسیم در آب افزایش و در نتیجه خاصیت خوردگی آب کاهش می‌یابد (فراستی و همکاران ۱۳۸۷).

چند شاخص مهم که برای آنالیز خاصیت خورندگی آب استفاده می‌شود، که می‌توان به شاخص‌های لانژیلر (Lanzhylr)، اندیس پایداری (Stability index) و پایداری رایزنر (Stability Rayznr) اشاره نمود (سازمان بهداشت جهانی ۱۳۷۵، پیشنمازی ۱۳۷۷، پیکری ۱۳۸۷). شاخص لانژیلر، شاخص اشباع نیز نامیده می‌شود. که این شاخص تمایل آب به رسوب‌دهی یا عدم آن را نشان می‌دهد و در نتیجه این شاخص یک عامل اندازه‌گیری کمی تلقی نمی‌گردد (پیشنمازی ۱۳۷۷، پیکری ۱۳۸۷).

رایزنر (Rayznr) به منظور پیش بینی در مورد چگونگی رسوب‌گذار یا خورنده بودن آب، شاخص لانژیلر را اصلاح و شاخصی ارائه نمود که به اندیس پایداری معروف می‌باشد. با استفاده از شاخص اشباع و اندیس پایداری می‌توان به‌طور دقیق‌تر در مورد رسوب‌دهی و یا خورندگی آب تصمیم‌گیری نمود (پیشنمازی ۱۳۷۷). شاخص پایداری رایزنر، یک روش عددی می‌باشد که بر اساس خورندگی و یا پوسته‌گذار بودن آب زیرزمینی تعیین می‌شود (اصغری مقدم و افزون، ۱۳۷۴ Driscoll 1986).

مهمترین عوامل موثر در بهره‌برداری طولانی مدت از چاه‌ها، با سرویس و نگهداری آن‌ها مرتبط می‌باشد و از این‌رو بهترین روش نگهداری چاه‌ها، کنترل پوسیدگی و جرم‌گرفتگی آن‌ها می‌باشد. ولی اعمال تمهیداتی از قبیل استفاده از لوله‌های جدار مناسب، تزریق مواد شیمیایی جهت رفع عیوب فلزی، توسعه و تجهیز چاه برای به حداقل رساندن فرسودگی شیمیایی، جلوگیری از ورود هوا، کاهش سرعت پمپاژ و ترمیم ناحیه‌های پوسته‌بندی شده برای کاهش جرم‌گرفتگی لوله مشبک الزامی می‌باشد (خیابانی ۱۳۶۷).

۲-۳-۲- عوامل بیولوژیکی

برخی موجودات تک سلولی که در آب زندگی می‌کنند معمولاً غذا و انرژی مورد نیاز خود را از آب دریافت نموده و در نتیجه می‌توانند بی‌کربنات‌های آهن موجود در آب را به یون سه ظرفیتی آهن تبدیل کنند

همچنین آنیدریدکربنیک حاصل شده را مورد استفاده قرار می‌دهند. این موجودات برخی از ترکیبات ارگانیک در آب را به عنوان غذا استفاده می‌کنند و آهن سه طرفیتی تولید می‌کنند که به این موجودات، باکتری‌های آهن‌خوار گفته می‌شود. در نتیجه عمل این موجودات سبب تولید رسوبات هیدروکسید آهن قرمز مایل به قهوه‌ای می‌شوند. ورقه‌های نازک اکسید آهن سیاه رنگ و لایه‌هایی از این موجودات زنده بر روی لوله جدار چاه رسوب می‌کنند. معمولاً آب‌هایی که حاوی در صد کمی از یون آهن باشد محیط مناسبی برای زندگی این باکتری‌ها خواهند بود. همچنین جرم گرفتگی ناشی از عملکرد باکتری‌های آهن‌خوار مشکلات بسیاری را برای چاه ایجاد می‌نماید زیرا از بین بردن آن مشکل می‌باشد و هم اینکه دوباره حتماً در چاه ایجاد می‌شود (خیابانی ۱۳۶۷).

فصل سوم: داده‌ها و روش‌های مورد استفاده

همانطور که قبلاً ذکر شده است، هدف از انجام این تحقیق، بررسی علل اصلی کاهش آبدهی چاه‌های آب و همچنین تخریب ساختمان آن‌ها می‌باشد. برای دستیابی به این هدف از داده‌های زیر استفاده شده است:

- موقعیت مکانی چاه‌های مورد بررسی
- آبدهی و سایر مشخصات چاه‌های مورد بررسی
- شاخص‌های آماری مورد استفاده برای بررسی عوامل موثر بر کاهش آبدهی چاه‌ها
- استاندارد نمودن داده‌های بدست آمده و تعیین سطح معنی‌داری
- روش ارزیابی تاثیر ساختمان چاه

۳-۱- موقعیت مکانی چاه‌های مورد بررسی

در این تحقیق تعداد ۱۹ چاه در منطقه گرمابدشت- سیاهتلو مورد استفاده قرار گرفته است. شکل (۱-۲) موقعیت مکانی چاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. جدول (۳-۱) نام چاه‌ها و مختصات جغرافیایی آن را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول دیده می‌شود، چاه‌های مورد مطالعه به سه گروه چاه‌های گرمابدشت، سیاهتلو و چاه‌های مرزن کلاته تقسیم می‌شوند که بیشترین تعداد چاه‌ها مربوط به گروه گرمابدشت می‌باشد.

یکی از عوامل موثر بر مقدار آبدهی فاصله میان چاه‌ها می‌باشد که به این منظور فاصله افقی میان چاه‌ها مورد مطالعه تعیین شده است که در جدول‌های (۲-۳)، (۳-۳) و (۴-۳) به ترتیب فاصله چاه‌های گرمابدشت، سیاهتلو و مرزنکلاته را نشان می‌دهند.

جدول ۳-۱- اطلاعات مربوط به مختصات مکان چاه‌های گرمابدشت (برگرفته از شرکت آب منطقه‌ای)

مختصات جغرافیایی		نام چاه	شماره چاه	ردیف
Y	X			
۴۰۷۷۵۶۵	۲۸۲۲۰۷	G2	گرمابدشت ۲	۱
۴۰۷۵۳۸۷	۲۸۳۵۰۹	G4	گرمابدشت ۴	۲
۴۰۷۵۷۵۳	۲۸۳۰۶۲	G5	گرمابدشت ۵	۳
۴۰۷۶۰۴۶	۲۸۲۸۶۰	G6	گرمابدشت ۶	۴
۴۰۷۶۴۸۹	۲۸۲۶۰۴	G7	گرمابدشت ۷	۵
۴۰۷۶۹۸۸	۲۸۲۴۰۹	G8	گرمابدشت ۸	۶
۴۰۷۸۹۹۱	۲۸۱۸۶۵	G9	گرمابدشت ۹	۷
۴۰۷۹۲۷۵	۲۸۲۱۵۱	G10	گرمابدشت ۱۰	۸
۴۰۸۰۲۰۱	۲۸۱۸۳۳	G11	گرمابدشت ۱۱	۹
۴۰۸۰۲۷۴	۲۸۱۳۸۸	G12	گرمابدشت ۱۲	۱۰
۴۰۸۲۴۸۸	۲۷۷۸۸۹	S2	سیاهتلو ۲	۱۱
۴۰۸۲۰۸۵	۲۷۷۸۱۶	S3	سیاهتلو ۳	۱۲
۴۰۸۲۲۲۹	۲۷۷۵۰۱	S4	سیاهتلو ۴	۱۳
۴۰۸۲۲۷۹	۲۷۷۰۹۵	S5	سیاهتلو ۵	۱۴
۴۰۸۳۰۰۴	۲۷۶۸۱۲	S6	سیاهتلو ۶	۱۵
۴۰۸۲۹۹۰	۲۷۶۸۲۶	S7	سیاهتلو ۷	۱۶
۴۰۸۲۳۸۳	۲۸۵۳۷۸	M1	مرزنکلاته ۱	۱۷
۴۰۸۲۸۸۹	۲۸۶۰۱۱	M2	مرزنکلاته ۲	۱۸
۴۰۸۲۲۲۵	۲۸۶۴۸۸	M3	مرزنکلاته ۳	۱۹

جدول ۳-۲- فاصله بین چاه‌های مورد بررسی گرمادشت به متر

نام	2G	4G	5G	6G	7G	8G	9G	10G	11G	12G
2G	۰	۲۴۶۷	۱۸۰۰	۱۶۰۰	۱۲۰۰	۶۱۱	۱۴۴۵	۱۶۶۶	۲۶۰۰	۲۸۶۷
4G	۲۴۶۷	۰	556	۸۶۷	۱۴۶۷	۱۸۶۷	۳۸۶۶	۴۱۳۳	۴۹۳۰	۵۲۰۰
5G	۱۸۰۰	556	۰	۳۵۶	۹۳۳	۱۴۰۰	۳۸۶۷	۳۶۰۰	۴۰۰۰	۴۶۶۷
6G	۱۶۰۰	۸۶۷	۳۵۶	۰	۵۰۰	۱۱۳۳	۳۰۶۶	۳۲۰۰	۴۲۰۰	۴۳۳۳
7G	۱۲۰۰	۱۴۶۷	۹۳۳	۵۰۰	۰	۵۴۰	۲۵۳۳	۲۷۳۳	۳۷۳۳	۳۸۶۶
8G	۶۱۱	۱۸۶۷	۱۴۰۰	۱۱۳۳	۵۴۰	۰	۲۰۰۰	۲۲۶۶	۳۱۳۳	۳۴۰۰
9G	۱۴۴۵	۳۸۶۶	۳۸۶۷	۳۰۶۶	۲۵۳۳	۲۰۰۰	۰	۳۸۹	۱۲۰۰	۱۳۳۳
10G	۱۶۶۶	۴۱۳۳	۳۶۰۰	۳۲۰۰	۲۷۳۳	۲۲۶۶	۳۸۹	۰	۹۶۷	۱۲۲۲
11G	۲۶۰۰	۴۹۳۰	۴۰۰۰	۴۲۰۰	۳۷۳۳	۳۱۳۳	۱۲۰۰	۹۶۷	۰	۴۴۴
12G	۲۸۶۷	۵۲۰۰	۴۶۶۷	۴۳۳۳	۳۸۶۶	۳۴۰۰	۱۳۳۳	۱۲۲۲	۴۴۴	۰

جدول ۳-۳- فاصله بین چاه‌های مورد بررسی سیاهتلو به متر

نام چاه	2S	3S	4S	5S	6S	7S
2S	۰	۴۱۱	۴۶۷	۸۲۵	۱۲۰۰	۱۱۶۷
3S	۴۱۱	۰	۳۳۴	۸۰۰	۱۳۳۳	۱۳۳۰
4S	۴۶۷	۳۳۴	۰	۳۸۹	۱۰۰۴	۱۰۰۰
5S	۸۲۵	۸۰۰	۳۸۹	۰	۷۷۵	۷۷۸
6S	۱۲۰۰	۱۳۳۳	۱۰۰۴	۷۷۵	۰	۵۶
7S	۱۱۶۷	۱۳۳۰	۱۰۰۰	۷۷۸	۵۶	۰

جدول ۳-۴- فاصله بین چاه‌های مورد بررسی مرزنکلاته به متر

نام چاه	1M	2M	3M
1M	۰	۷۵۰	۱۰۰۰
2M	۷۵۰	۰	۱۰۰۰
3M	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰

۳-۲- آبدهی و سایر مشخصات چاه‌های مورد بررسی

به منظور بررسی علل کاهش آبدهی چاه‌های مورد مطالعه ابتدا به بررسی مقدار آبدهی چاه‌ها در ابتدای بهره‌برداری و سپس آبدهی فعلی چاه‌های مورد مطالعه پرداخته شده است. جدول (۳-۵) مقدار آبدهی چاه‌ها را در ابتدای بهره‌برداری، مقدار آبدهی در زمان حاضر و همچنین عمق چاه‌های مورد بررسی را بیان می‌کند.

علاوه بر بررسی مقدار آبدهی هر چاه به بررسی میزان غلظت‌های موجود در آب پرداخته شده است. جدول (۳-۶) مقادیر هدایت الکتریکی، میزان غلظت کاتیون‌ها (سدیم، منیزیم و کلسیم) و آنیون‌های (سولفات و بی‌کربنات) بعضی از چاه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۵- عمق و میزان آبدهی چاه‌های مورد بررسی (شرکت آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای گلستان)

ردیف	نام چاه	عمق چاه (متر)	آبدهی اولیه (لیتر بر ثانیه)	آبدهی فعلی (لیتر بر ثانیه)
۱	G2	۱۸۶	۲۰	۶
۲	G4	۲۰۲	۲۷	۲۱
۳	G5	۱۸۲	۱۷	۵
۴	G6	۱۹۶	۱۷	۰
۵	G7	۱۸۸	۳۵	۱۸
۶	G8	۲۱۲	۳۸	۲۴
۷	G9	۲۸۰	۱۵	۰
۸	G10	۲۶۸	۱۵	۸
۹	G11	۲۲۸	۲۱	۱۹
۱۰	G12	۲۳۴	۱۴	۹
۱۱	S2	۲۵۲	۲۴	۰
۱۲	S3	۲۲۰	۲۳	۱۷
۱۳	S4	۲۵۰	۲۴	۰
۱۴	S5	۲۰۰	۱۵	۱۴
۱۵	S6	۲۰۰	۱۸	۶
۱۶	S7	۲۵۱	۱۷	۱۵
۱۷	M1	۲۰۰	۲۸/۶	۲۵
۱۸	M2	۱۹۲	۲۰/۳	۱۸/۸
۱۹	M3	۱۸۱	۲۰/۳	۱۸/۳

جدول ۳-۶- مقادیر هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های اصلی (شرکت آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای گلستان)

غلظت یون‌های اصلی (epm)					EC ($\mu\text{m/cm}$)	شماره چاه
HCO ₃	SO ₄	Mg	Ca	Na		
۳/۶۰	۲/۵۰	۲	۴/۴	۱/۰۴	۷۴۵	گرمابدشت ۲
۳/۴۴	۲/۳۹	۲/۸	۳/۴	۰/۶۱	۶۹۰	گرمابدشت ۴
۳/۴۴	۲/۶۲	۲/۲	۴	۰/۸۲	۷۰۰	گرمابدشت ۷
۳/۶۰	۲/۳۷	۲/۴	۴	۰/۷۸	۷۲۰	گرمابدشت ۸
۴/۵۹	۲/۶۰	۴	۴/۴	۲/۲۶	۱۰۷۰	گرمابدشت ۱۰
۳/۴۴	۱/۳۳	۲/۴	۳	۰/۳۴	۵۷۰	گرمابدشت ۱۱
۳/۴۴	۱/۸۳	۲/۶	۳/۲	۰/۴۸	۶۳۰	گرمابدشت ۱۲
۴/۰۹	۱/۸۳	۲/۸	۳/۶	۰/۴۸	۶۸۰	چاه ۶ سیاهتلو
۴/۴۲	۱/۹۱	۳	۳/۶	۰/۵۲	۷۱۰	چاه ۷ سیاهتلو

۳-۳- شاخص‌های آماری مورد استفاده

استخراج آب از چاه، سبب کاهش سطح آب زیرزمینی یا پیزومتريک، در اطراف چاه می‌شود و باعث ایجاد مخروط افتهی در چاه می‌شود. گسترش و عمق مخروط افتهی به دبی، مدت زمان پمپاژ و مشخصات هیدرودینامیکی آبخوان بستگی دارد.

در خصوص وضعیت آبدهی چاه‌های موجود در یک مجموعه چاه، مهمترین عاملی که می‌تواند بر آبدهی چاه‌ها تاثیر داشته باشد، پائین افتادن سطح آب زیرزمینی در این مناطق می‌باشد که با افزایش عمق آب، چاه باید آب را از مسافت دورتری از آبخوان برداشت کند که این امر سبب کاهش آبدهی چاه می‌شود (Carruth and Pool 2005, Galloway 1999).

به غیر از خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان دو عامل فاصله میان چاه‌ها و آبدهی آن‌ها بر کاهش آبدهی یک مجموعه چاه (Well field) تاثیر گذار است. رابطه عوامل ذکر شده با افت سطح آب

به وسیله معادله‌های تایس (Thies 1935) و کوپر-ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) نشان داده شده است (Todd 1980, Krusman and de Ridder 1994).

$$s = \frac{Q}{4\lambda T} W(u), \quad u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad \text{معادله تایس}$$

$$s = \frac{Q}{4\lambda T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 S} \quad \text{معادله کوپر-ژاکوب}$$

که در آن

$$\begin{aligned} S &= \text{افت بر حسب متر} & Q &= \text{آبدهی چاه بر حسب متر مکعب بر روز} \\ W(u) &= \text{تابع چاه} & S &= \text{ضریب ذخیره} \\ T &= \text{قابلیت انتقال سفره بر حسب متر بر روز} & t &= \text{زمان از شروع پمپاژ بر حسب روز} \\ r &= \text{فاصله تا چاه اصلی} \end{aligned}$$

همانطور که معادله‌های تایس (Thies 1935) و کوپر-ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) نشان می‌دهند با افزایش میزان آبدهی چاه، افت چاه زیاد می‌شود در نتیجه دبی با افت رابطه مستقیم دارد، همچنین ملاحظه می‌شود که مقدار فاصله با افت رابطه معکوس نشان می‌دهد. میزان $W(u)$ کاهش پیدا نموده در نتیجه افت چاه کم می‌شود. پس بر اساس معادلات تایس (Thies 1935) و کوپر-ژاکوب (Cooper and Jacob 1946) دو عامل اساسی بر روی کاهش مقدار آبدهی چاه‌ها، یکی فاصله میان چاه‌ها و دیگری دبی پمپاژ هر چاه می‌باشد. برای ارزیابی تاثیر دو پارامتر ذکر شده بر کاهش آبدهی چاه‌ها دو شاخص معرفی شده که به طور خلاصه ارائه می‌شوند:

۳-۱- شاخص فاصله

به منظور بررسی تاثیر مجموعه چاه‌ها و فاصله میان چاه‌ها، شاخص فاصله تعریف شده است که شاخص فاصله، در حقیقت مجموع عکس فاصله چاه‌های مجاور از چاه مورد نظر می‌باشد که در معادله زیر بیان شده است.

$$DI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i}\right)$$

شاخص فاصله

که در این معادله

$DI =$ شاخص فاصله

$n =$ تعداد چاه‌های مجاور چاه مورد نظر می‌باشد.

$d_i =$ فاصله چاه‌ها از چاه مورد نظر می‌باشد.

به عنوان مثال نحوه محاسبه شده شاخص فاصله برای چاه‌های گرمادشت به شرح زیر می‌باشد

$$DI_2 = \frac{1}{G_9} + \frac{1}{G_{10}}$$

$$DI_4 = \frac{1}{G_5}$$

$$DI_9 = \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_{10}} + \frac{1}{G_{11}} + \frac{1}{G_{12}}$$

$$DI_{10} = \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_9} + \frac{1}{G_{10}} + \frac{1}{G_{11}}$$

$$DI_{11} = \frac{1}{G_{10}} + \frac{1}{G_{12}}$$

$$DI_{12} = \frac{1}{G_9} + \frac{1}{G_{11}}$$

لازم به ذکر است که علاوه بر مجموع شاخص فاصله از لگاریتم، مربع، ریشه دوم و حالت‌های دیگر این شاخص استفاده شده است.

۳-۲- شاخص دبی - فاصله

برای بررسی تاثیر مقدار آبدهی هر چاه و همچنین فاصله موثر بر روی چاه‌های مورد مطالعه، شاخص دبی- فاصله تعریف شده است یعنی شاخص دبی- فاصله، بیانگر مجموع نسبت دبی چاه روی فاصله برای تمام چاه‌های مجاور می‌باشد که در زیر معرفی شده است.

$$DQI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{d_i} \right)$$

شاخص دبی - فاصله

که در این معادله

d_i = فاصله چاه‌ها از چاه مورد نظر می‌باشد.

DQI = شاخص دبی - فاصله.

Q_i = دبی محاسبه شده در چاه‌های مجاور می‌باشد.

n = تعداد چاه‌های مجاور چاه مورد نظر می‌باشد.

به عنوان مثال نحوه محاسبه شده شاخص دبی - فاصله برای چاه‌های گرمابدشت به شرح زیر می‌باشد

$$DQI_2 = \frac{Q_9}{G_9} + \frac{Q_{10}}{G_{10}}$$

$$DQI_4 = \frac{Q_5}{G_5}$$

$$DQI_9 = \frac{Q_2}{G_2} + \frac{Q_{10}}{G_{10}} + \frac{Q_{11}}{G_{11}} + \frac{Q_{12}}{G_{12}}$$

$$DQI_{10} = \frac{Q_2}{G_2} + \frac{Q_9}{G_9} + \frac{Q_{10}}{G_{10}} + \frac{Q_{11}}{G_{11}}$$

$$DQI_{11} = \frac{Q_{10}}{G_{10}} + \frac{Q_{12}}{G_{12}}$$

$$DQI_{12} = \frac{Q_9}{G_9} + \frac{Q_{11}}{G_{11}}$$

علاوه بر مجموع شاخص دبی - فاصله از لگاریتم، مربع، ریشه دوم و حالت‌های دیگر این شاخص استفاده شده است.

۳-۴ - استاندارد نمودن داده‌ها

استانداردسازی اطلاعات داده‌ای به شکل سازمان یافته به درک بهتر آن‌ها کمک می‌کند. در واقع، یک استاندارد داده‌ای مطلوب چارچوب مناسبی را جهت فرمت‌سازی بهتر اطلاعات و اجرای آن از طریق سیستم‌ها و نیز تبادل اطلاعات داده‌ای بین این سیستم‌ها می‌سازد. گردآوری، تهیه داده‌ها و

سازماندهی و مدیریت آن‌ها مستلزم وجود استانداردهای مناسب کاربردی و قابل اطمینان می‌باشد. به این خاطر داده‌های بدست آمده را ابتدا استاندارد نموده، استاندارد نمودن داده‌ها از طریق معادله زیر صورت می‌گیرد (یهودیان ۱۳۸۰)

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$$

معادله استاندارد نمودن داده‌ها

در این معادله

$$\begin{aligned} Z_i &= \text{داده‌های استاندارد شده} \\ \bar{x} &= \text{میانگین داده‌های اولیه} \\ X_i &= \text{داده‌های اولیه} \\ S &= \text{انحراف معیار داده‌های اولیه} \end{aligned}$$

۳-۵- تعیین سطح معنی داری

بعد از ترسیم نمودارهای مربوطه و محاسبه شیب خط هر نمودار و r-square مربوطه، برای هر نمودار سطح معنی داری تعریف شده است. هر نمودار دارای سه سطح معنی داری ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشد. برای تعیین سطح معنی داری از معادله زیر استفاده می‌شود (یهودیان ۱۳۸۰):

$$z_{\alpha} = \frac{\sqrt{n-3}}{2} \times \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right)$$

معادله تعیین سطح معنی داری

در این معادله

$$\begin{aligned} Z_{\alpha} &= \text{داده‌های بدست آمده برای تعیین سطح معنی داری} \\ n &= \text{تعداد داده‌ها} \\ r &= \text{ضریب همبستگی} \end{aligned}$$

با تعیین مقادیر Z_{α} می‌توان سطح معنی داری، طبق جدول (۳-۷) تعیین شده است.

جدول ۳-۷- تعیین سطح معنی‌داری با استفاده از مقادیر Z_{α} (یهودیان ۱۳۸۰)

Z_{α}	سطح معنی‌داری	ردیف
$1/28 <$	%۹۰	۱
$1/68 <$	%۹۵	۲
$2/57 <$	%۹۹	۳

طبق جدول (۳-۱۰) مقادیر بدست آمده Z_{α} برای این که این داده‌ها در سطح معنی‌داری %۹۰ قرار گیرد باید مقدار Z_{α} بدست آمده بیش از $1/28$ باشد، همچنین برای قرار گرفتن در سطح %۹۵ باید Z_{α} بدست آمده بیش از $1/68$ باشد و برای قرار گرفتن در سطح %۹۹ باید مقدار Z_{α} تعیین شده بیش از $2/57$ باشد.

۳-۶- تاثیر ساختمان چاه

برای ارزیابی تاثیر ساختمان چاه، مقادیر شاخص دی-فاصله در برابر کاهش آبدهی ترسیم می‌شوند و سپس سعی می‌شود که خطی که رابطه این دو پارامتر را نشان می‌دهد به گونه‌ای ترسیم شود که تمام داده‌ها زیر خط پوششی مزبور قرار بگیرند. سرانجام با استفاده از معادله زیر درصد تاثیر ساختمان چاه بر کاهش آبدهی چاه‌ها برآورد می‌شود شکل (۳-۱)

$$A\% = \frac{A_0}{A_{Total}} \times 100$$

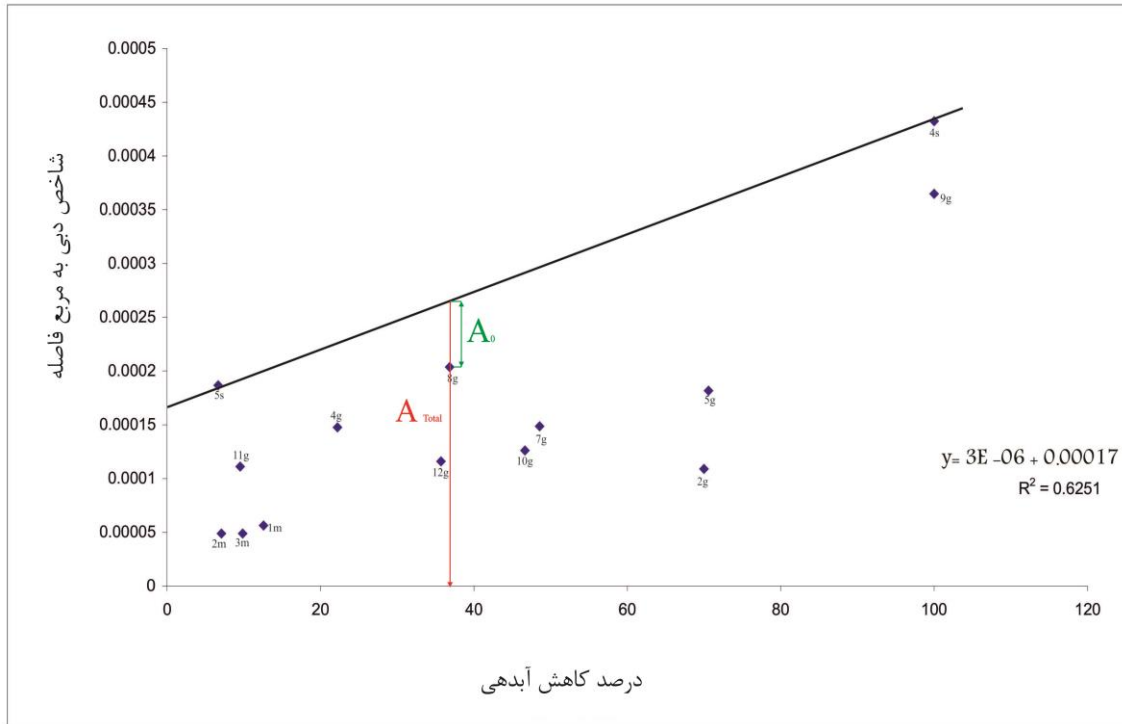
تعیین درصد تاثیر ساختمان چاه

در این معادله

A_0 = فاصله خط تا نقطه چاه

$A\%$ = درصد تاثیر ساختمان چاه

A_{Total} = فاصله خط تا محور X داده‌ها



شکل ۳-۱- رابطه شاخص دبی- فاصله با کاهش آبدهی چاهها و نحوه برآورد تاثیر ساختمان چاه

فصل چهارم: تعیین علل کاهش آبدهی و تاثیر ساختمان چاه بر روی کاهش آبدهی

به منظور بررسی علل کاهش آبدهی و تخریب چاه‌های مورد بررسی در منطقه گرمادشت - سیاهتلو، دو شاخص فاصله و دبی - فاصله تعریف شده است و این دو شاخص به طور جداگانه برای هر چاه محاسبه شده و نمودارهای مربوطه ترسیم گردیده است.

۴-۱- شاخص‌های آماری

همانطور که قبلاً ذکر شده است به منظور ارزیابی علل کاهش آبدهی و تخریب چاه‌های منطقه مورد مطالعه از شاخص‌های آماری فاصله و دبی - فاصله استفاده شده است که در ادامه به طور مفصل مورد بحث قرار داده شده است:

۴-۱-۱- شاخص‌های فاصله

مقدار شاخص فاصله برای هر چاه بر اساس مقدار فاصله بین چاه‌ها و میزان نزدیکی هر چاه نسبت به چاه مجاور تعیین شده یعنی هر چه دو چاه به یکدیگر نزدیک‌تر باشد مقادیر این شاخص‌ها بزرگتر می‌شوند. شاخص‌های فاصله مورد استفاده شامل شاخص فاصله، شاخص مربع فاصله و شاخص مجذور فاصله می‌باشد. با توجه به معادله ذکر شده در فصل سوم، مقادیر شاخص فاصله و همچنین سایر

شاخص‌های این گروه برای چاه‌های مورد مطالعه محاسبه شده و نتایج بدست آمده در جدول (۴-۱) ارائه شده است.

لازم به ذکر است که برای محاسبه شاخص‌های فاصله، شاخص مربع فاصله و شاخص مجذور فاصله به ترتیب مجموع عکس فاصله، مجموع مربع عکس فاصله و مجموع مجذور فاصله برای تمام چاه‌های مورد بررسی محاسبه شده است. از آنجایی که مقادیر شاخص‌های مورد استفاده به لحاظ بزرگی با یکدیگر کاملاً متفاوت می‌باشند، به این منظور نتایج بدست آمده شاخص‌های مختلف و مقادیر مربوط به آبدهی، کاهش آبدهی و غلظت یون‌های موجود در آب چاه‌ها لازم است که استاندارد شوند. با استفاده از مقادیر شاخص‌های مذکور که بر اساس داده‌های استاندارد شده محاسبه شده‌اند، نمودار آبدهی و کاهش آبدهی چاه‌ها و همچنین پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در برابر هریک از این شاخص‌ها ترسیم شده است که در بخش‌های بعدی این فصل ارائه شده است.

۴-۱-۲- شاخص‌های دبی - فاصله

همانطور که برای شاخص فاصله بیان شده است، مقدار شاخص دبی - فاصله نیز بر اساس میزان دبی هر چاه به چاه‌های مجاور نسبت به فاصله میان چاه‌های مجاور از یکدیگر می‌باشد. مقادیر بدست آمده هر شاخص با فاصله میان چاه‌ها رابطه عکس و با دبی رابطه مستقیم دارد. شاخص‌های دبی - فاصله مورد استفاده شامل شاخص دبی - فاصله، شاخص مربع دبی - فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص لگاریتم دبی - فاصله، شاخص لگاریتم دبی به فاصله، شاخص مربع دبی به مجذور فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به فاصله و شاخص دبی به مجذور فاصله می‌باشد. با توجه به معادله ذکر شده در فصل سوم، مقادیر شاخص فاصله و همچنین سایر شاخص‌های این گروه برای چاه‌های مورد مطالعه محاسبه شده و نتایج بدست آمده در جدول (۴-۲) ارائه شده است.

برای محاسبه شاخص‌های دبی - فاصله، ابتدا مجموع دبی به عکس فاصله هر چاه را محاسبه نموده و برای محاسبه دیگر شاخص‌های دبی - فاصله مقادیر محاسبه شده دبی و فاصله را در معادلات مربوط به هر شاخص قرار داده و شاخص‌های دیگر محاسبه شده است. و همانطور که ذکر شده است ابتدا باید کل داده‌های مورد استفاده را استاندارد نموده و سپس نمودارهای مرتبط با هر شاخص ترسیم شده است که در ادامه فصل به ارائه آن پرداخته شده است.

جدول ۴-۱- مقادیر شاخص‌های فاصله محاسبه شده برای چاه‌های مورد بررسی

شاخص‌های فاصله محاسبه شده			نام چاه	ردیف
شاخص مجذور فاصله	شاخص مربع فاصله	شاخص فاصله		
۰/۰۲۶۳۱	۰/۰۰۰۰۰۰۴۷	۰/۰۰۰۰۶۹	G2	۱
۰/۰۴۲۴۱	۰/۰۰۰۰۰۰۳۲۳	۰/۰۰۰۱۷۹	G4	۲
۰/۰۵۲۹۹	۰/۰۰۰۰۰۰۷۸۹	۰/۰۰۰۴۶۱	G5	۳
۰/۰۴۴۷۲	۰/۰۰۰۰۰۰۴۰۰	۰/۰۰۰۴۸۱	G6	۴
۰/۰۴۲۴۱	۰/۰۰۰۰۰۰۳۲۳	۰/۰۰۰۳۷۹	G7	۵
۰/۰۴۰۴۵	۰/۰۰۰۰۰۰۲۶۷	۰/۰۰۰۳۴۳	G8	۶
۰/۰۵۰۷۰	۰/۰۰۰۰۰۰۶۶۰	۰/۰۰۰۴۸۵	G9	۷
۰/۰۳۲۱۵	۰/۰۰۰۰۰۰۱۰۶	۰/۰۰۰۴۲۲	G10	۸
۰/۰۲۸۶۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۶۶	۰/۰۰۰۳۲۸	G11	۹
۰/۰۴۷۴۶	۰/۰۰۰۰۰۰۵۰۷	۰/۰۰۰۹۷۷	G12	۱۰
۰/۰۴۹۳۳	۰/۰۰۰۰۰۰۵۹۱	۰/۰۰۰۵۴۳	S2	۱۱
۰/۰۵۴۷۲	۰/۰۰۰۰۰۰۸۹۶	۰/۰۰۰۵۴۲۷	S3	۱۲
۰/۰۴۶۲۷	۰/۰۰۰۰۰۰۴۵۸	۰/۰۰۰۷۷۱	S4	۱۳
۰/۰۵۰۷۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۶۶۰	۰/۰۰۰۳۸۶	S5	۱۴
۰/۰۳۵۸۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۶۵	۰/۰۰۰۱۷۸۶	S6	۱۵
۰/۰۳۱۶۳	۰/۰۰۰۰۰۰۱۰۰	۰/۰۰۰۲۰۹۹	S7	۱۶
۰/۰۶۸۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۲۷۷	۰/۰۰۰۲۳۳	M1	۱۷
۰/۰۶۸۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۲۷۷	۰/۰۰۰۲۳۳	M2	۱۸
۰/۰۶۳۲۴	۰/۰۰۰۰۰۰۲۰۰	۰/۰۰۰۲۰۰	M3	۱۹

جدول ۴-۲- مقادیر شاخص‌های دبی- فاصله محاسبه شده برای چاه‌های مورد بررسی

شاخص‌های دبی- فاصله										نام چاه	ردیف
دبی به مجذور فاصله	مجذور دبی به فاصله	مجذور دبی به مربع فاصله	مربع دبی به مجذور فاصله	لگاریتم دبی به فاصله	لگاریتم دبی- فاصله	دبی به مربع فاصله	مربع دبی به فاصله	مربع دبی- فاصله	دبی- فاصله		
۰/۹۳۱۹۱۶	۰/۰۳۶۲۸۷	۱/۰۰۰۰۸۳۶۷۲	۶۴/۳۳۶۹۹۰۵۲	۰/۰۰۳۳۹۹	-۳/۱۹۰۰۳	۰/۰۰۰۱۰۹	۲/۵۱۹۰۴۸	۰/۰۰۳۹۷۶	۰/۰۷۲۵۷۴	G2	۱
۱/۳۹۶۶۷۲	۰/۰۳۲۷۶۹	۳/۰۰۰۰۸۱۲۲۹	۲۰/۹۵۰۰۷۸۳۱	۰/۰۰۲۲۱۳	-۱/۵۱۴۶۳	۰/۰۰۰۱۴۸	۰/۵۱۹۷۸۴	۰/۰۰۲۲۱۵	۰/۰۳۰۵۷۶	G4	۲
۱/۵۹۵۳۶۵	۰/۰۳۷۲۵۰	۴/۰۰۰۰۰۳۰۰۳	۳۰/۶۰۸۴۶۵۴۷	۰/۰۰۴۹۳۰	-۳/۰۳۳۸۵	۰/۰۰۰۱۸۲	۲/۱۲۲۹۴۹	۰/۰۰۳۷۲۰	۰/۰۹۶۳۱۴	G5	۳
۱/۲۲۶۸۳۵	۰/۰۲۲۵۹۲	۱/۰۰۰۰۸۰۳۵۴	۲۱/۳۸۰۸۴۳۴۴	۰/۰۰۳۰۸۸	-۱/۱۵۴۹۰	۰/۰۰۰۰۷۰	۰/۷۵۲۸۸۴	۰/۰۰۱۰۷۹	۰/۱۱۷۷۵۳	G6	۴
۱/۶۸۲۲۳۷	۰/۰۳۷۳۴۸	۳/۰۰۰۰۴۸۲۷۴	۳۲/۷۲۹۵۸۹۵۲	۰/۰۰۵۰۶۴	-۲/۸۶۶۱۲	۰/۰۰۰۱۴۹	۲/۵۹۷۱۲۲	۰/۰۰۲۸۵۷	۰/۱۰۲۳۴۵	G7	۵
۲/۱۱۴۳۱۳	۰/۰۴۸۰۱۹	۴/۰۰۰۰۱۸۴۸۰	۴۹/۸۱۳۰۳۴۰۰	۰/۰۰۱۹۲۵	-۱/۶۰۹۹۵	۰/۰۰۰۲۰۴	۲/۵۷۱۴۸۶	۰/۰۰۴۸۲۷	۰/۰۹۵۶۸۳	G8	۶
۲/۴۷۵۳۵۲	۰/۰۶۵۲۷۹	۷/۰۰۰۰۵۳۶۵۱	۵۸/۱۴۹۹۵۱۴۵	۰/۰۰۷۶۲۵	-۲/۳۷۱۷۶	۰/۰۰۰۳۶۵	۳/۰۶۴۵۵۲	۰/۰۰۸۵۴۸	۰/۰۸۰۵۵۱	G9	۷
۱/۵۹۲۹۵۵	۰/۰۳۳۴۵۲	۲/۰۰۰۰۶۶۰۵۰	۳۳/۸۸۹۶۱۳۴۷	۰/۰۰۱۳۶۷	-۱/۶۶۳۲۱	۰/۰۰۰۱۲۶	۰/۴۵۶۰۵۰	۰/۰۰۲۸۸۲	۰/۰۷۱۷۳۴	G10	۸
۱/۲۷۵۴۴۷	۰/۰۲۶۶۴۵	۲/۰۰۰۰۸۴۳۵۶	۲۰/۶۷۶۴۵۱۸۴	۰/۰۰۴۰۵۱	-۳/۲۴۵۶۶	۰/۰۰۰۱۱۱	۰/۸۴۳۵۴۵	۰/۰۰۱۷۰۴	۰/۰۴۷۰۴۳	G11	۹
۱/۴۵۲۱۱۶	۰/۰۳۰۷۱۲	۲/۰۰۰۰۷۹۲۴۴	۲۵/۳۳۱۲۹۵۸۲	۰/۰۰۳۱۰۹	-۳/۰۵۲۶۴	۰/۰۰۰۱۱۶	۱/۲۹۷۲۹۷	۰/۰۰۲۵۱۴	۰/۰۷۰۸۲۵	G12	۱۰
۰/۵۳۷۵۸۷	۰/۰۰۸۵۰۰	۴/۰۰۰۰۰۱۲۳۱	۹/۱۳۸۹۸۲۴۳	۰/۰۰۷۳۲۳	-۴/۳۷۷۸۴	۰/۰۰۰۰۱۷	۱/۷۲۸۵۴۶	۰/۰۰۰۲۸۹	۰/۱۲۱۹۲۰	S2	۱۱
۲/۴۹۷۰۵۴	۰/۰۶۵۱۲۵	۷/۰۰۰۰۲۹۱۶۶	۵۹/۹۲۹۳۰۲۴۶	۰/۱۳۰۲۵۰	-۲/۳۷۷۱۷	۰/۰۰۰۳۵۷	۳/۱۲۶۰۱۱	۰/۰۰۸۵۷۳	۰/۱۳۰۲۵۰	S3	۱۲
۱/۹۵۲۶۲۱	۰/۰۵۰۴۹۱	۶/۰۰۰۰۰۷۴۹۱	۳۹/۳۵۷۳۵۰۴۶	۰/۱۰۰۹۸۲	-۵/۶۳۴۵۳	۰/۰۰۰۴۳۲	۳/۶۸۴۶۴۳	۰/۰۰۹۱۵۹	۰/۱۷۵۸۱۵	S4	۱۳
۲/۰۲۳۲۲۴	۰/۰۴۸۸۳۲	۵/۰۰۰۰۰۵۰۰۶	۴۳/۰۸۱۵۵۳۳۵	۰/۰۰۵۱۳۰	-۲/۸۷۰۲۷	۰/۰۰۰۱۸۷	۱/۸۵۲۱۸۵	۰/۰۰۴۲۸۴	۰/۰۸۳۵۴۸	S5	۱۴
۱/۳۷۰۰۱۰	۰/۰۳۰۲۰۶	۳/۰۰۰۰۰۲۴۰۶۳	۲۱/۷۶۹۱۰۴۸۳	۰/۳۰۳۵۷۱	-۰/۵۱۷۷۴	۰/۰۰۵۴۲۱	۱/۶۰۷۷۶۶	۰/۰۹۲۱۵۶	۰/۳۰۳۵۷۱	S6	۱۵
۰/۶۴۵۳۳۱	۰/۰۱۱۵۶۸	۷/۰۰۰۰۰۰۰۹۳	۱۱/۶۱۵۹۶۲۷۸	۰/۰۲۶۴۹۰	-۵/۵۱۴۴۵	۰/۰۰۵۸۰۶	۰/۳۲۴۰۰۰	۰/۱۰۴۶۸۷	۰/۳۸۵۲۷۴	S7	۱۶
۱/۳۸۱۸۳۱	۰/۰۱۰۵۰۸	۱/۰۰۰۰۰۲۵۰۹۳	۲۸/۰۲۳۵۲۸۷۷	۰/۰۰۳۰۵۰	-۱/۳۲۴۹۶	۰/۰۰۰۰۵۶	۰/۹۵۹۶۵۰	۰/۰۰۲۲۳۹	۰/۰۴۷۳۲۰	M1	۱۷
۱/۶۸۵۶۳۴	۰/۰۱۱۶۳۴	۱/۰۰۰۰۰۴۰۱۰۷	۴۲/۸۷۳۴۴۱۱۷	۰/۰۰۳۲۴۹	-۱/۲۳۳۴۹	۰/۰۰۰۰۷۱	۱/۵۰۱۸۹۲	۰/۰۰۳۴۱۲	۰/۰۵۸۴۱۳	M2	۱۸
۱/۵۴۵۷۲۱	۰/۰۰۹۸۵۱	۹/۰۰۰۰۰۸۵۱۲	۳۸/۸۷۱۹۳۱۳۱	۰/۰۰۲۷۶۳	-۱/۳۱۰۸۷	۰/۰۰۰۰۴۸	۱/۲۲۹۲۳۸	۰/۰۰۲۳۸۹	۰/۰۴۸۸۸۰	M3	۱۹

همانطور که در قبلاً ذکر شده است ابتدا بایستی شاخص‌های فاصله و دبی- فاصله استاندارد شوند.

جداول (۳-۴) و (۴-۴) مقادیر استاندارد شده شاخص‌های مربوطه را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۴- مقادیر استاندارد شده شاخص‌های فاصله محاسبه شده برای چاه‌های مورد بررسی

شاخص‌های فاصله محاسبه شده			نام چاه	ردیف
شاخص مجذور فاصله	شاخص مربع فاصله	شاخص فاصله		
-۱/۶۱۴۷۲	-۱/۳۰۰۰۴	-۰/۹۵۷۲۵	G2	۱
-۰/۳۰۲۲۷	-۰/۲۰۴۲۸	-۰/۷۴۷۷۴	G4	۲
۰/۵۶۰۹۱	۱/۶۴۶۸۱	-۰/۲۱۵۸۷	G5	۳
-۰/۱۱۳۸۳	۰/۰۹۹۹۶	-۰/۱۷۷۷۷	G6	۴
-۰/۳۰۲۲۷	-۰/۲۰۴۲۸	-۰/۳۶۹۰۵	G7	۵
-۰/۴۶۱۵۱	-۰/۴۲۵۴۱	-۰/۴۳۷۸۴	G8	۶
۰/۳۷۳۶۲	۱/۱۳۷۱۰	۰/۱۶۹۳۵	G9	۷
-۱/۱۳۷۸۲	-۱/۰۶۵۲۶	-۰/۲۸۹۲۱	G10	۸
-۱/۴۲۷۲۸	-۱/۲۲۴۲۰	-۰/۴۶۶۹۸	G11	۹
۰/۱۰۹۲۱	۰/۵۲۶۴۵	۰/۷۶۰۸۵	G12	۱۰
۰/۲۶۱۴۹	۰/۸۶۳۳۳	-۰/۰۵۹۸۹	S2	۱۱
۰/۷۰۰۹۱	۲/۰۷۳۷۱	-۰/۰۶۰۶۹	S3	۱۲
۰/۰۱۲۷۵	۰/۳۳۲۶۷	۰/۳۷۰۸۱	S4	۱۳
۰/۳۷۳۶۲	۱/۱۳۷۱۰	-۰/۳۵۸۱۶	S5	۱۴
-۰/۸۳۶۷۵	-۰/۸۳۳۵۷	۲/۲۹۲۸۶	S6	۱۵
-۱/۱۸۱۴۴	-۱/۰۹۲۸۶	۲/۸۸۷۸۲	S7	۱۶
۱/۷۹۴۷۱	-۰/۳۸۶۰۰	-۰/۶۴۶۴۸	M1	۱۷
۱/۷۹۴۷۱	-۰/۳۸۶۰۰	-۰/۶۴۶۴۸	M2	۱۸
۱/۳۹۵۹۸	-۰/۶۹۵۲۵	-۰/۷۰۹۵۹	M3	۱۹

جدول ۴-۴- مقادیر شاخص‌های دبی - فاصله محاسبه شده برای چاه‌های مورد بررسی

شاخص‌های دبی - فاصله										نام چاه	ردیف
شاخص دبی به مجذور فاصله	شاخص مجذور دبی به فاصله	شاخص مجذور دبی به مربع فاصله	شاخص مربع دبی به مجذور فاصله	شاخص لگاریتم دبی به فاصله	شاخص لگاریتم دبی- فاصله	شاخص دبی به مربع فاصله	شاخص مربع دبی به فاصله	شاخص مربع دبی- فاصله	شاخص دبی- فاصله		
۰/۶۵۰۳۷	۰/۳۱۵۶۲	-۰/۳۶۳۴۸	۱/۸۸۶۳۳	-۰/۴۰۶۰۱	-۰/۴۳۱۷۹	-۰/۳۶۳۴۸	۰/۸۰۱۵۰	-۰/۴۴۶۴۳	-۰/۴۴۶۴۳	G2	۱
-۰/۳۹۵۴۶	۰/۰۱۶۵۲	-۰/۳۴۱۰۴	-۰/۸۴۷۱۳	-۰/۴۳۹۴۸	۰/۷۳۸۸۲	-۰/۳۴۱۰۴	-۱/۲۱۴۳۴	-۰/۹۱۴۲۵	-۰/۹۱۴۲۵	G4	۲
-۰/۰۰۷۲۲	۰/۲۷۰۱۵	-۰/۳۲۱۲۷	-۰/۲۳۸۶۳	-۰/۳۶۲۸۱	-۰/۳۲۵۹۶	-۰/۳۲۱۲۷	۰/۴۰۲۱۱	-۰/۱۸۱۹۸	-۰/۱۸۱۹۹	G5	۳
-۰/۷۲۷۳۲	-۰/۵۵۹۴۹	-۰/۳۸۶۰۵	-۰/۸۱۹۹۹	-۰/۴۱۴۷۹	۰/۹۹۰۱۶	-۰/۳۸۶۰۵	۰/۷۵۹۱۳	۰/۰۵۶۸۲	۰/۰۵۶۸۲	G6	۴
۰/۱۶۲۵۲	۰/۲۷۵۷۱	-۰/۳۴۰۴۶	-۰/۰۴۱۹۹	-۰/۳۵۹۰۴	-۰/۲۰۵۴۷	-۰/۳۴۰۴۶	۰/۸۸۰۲۲	-۰/۱۱۴۸۱	-۰/۱۱۴۸۱	G7	۵
۰/۰۰۶۷۷	۰/۸۷۹۶۵	-۰/۳۰۸۵۴	۰/۹۷۱۲۹	-۰/۴۴۷۶۲	۰/۶۷۲۲۱	-۰/۳۰۸۵۴	۰/۸۵۴۳۷	-۰/۱۸۹۰۱	-۰/۱۸۹۰۲	G8	۶
۱/۷۱۲۲۲	۱/۸۵۶۶۲	-۰/۲۱۵۰۹	۱/۴۹۶۵۴	-۰/۲۸۶۷۷	۰/۱۳۹۹۴	-۰/۲۱۵۰۹	۱/۳۵۱۵۳	-۰/۳۵۷۵۷	-۰/۳۵۷۵۷	G9	۷
-۰/۰۱۱۹۴	۰/۰۵۵۱۶	-۰/۳۵۳۵۵	-۰/۰۳۱۹۱	-۰/۴۶۳۳۵	۰/۶۳۵۰۱	-۰/۳۵۳۵۵	-۱/۲۷۸۶۰	-۰/۴۵۵۷۹	-۰/۴۵۵۷۹	G10	۸
-۰/۶۳۲۳۳	-۰/۳۳۰۱۰	-۰/۳۶۳۲۲	-۰/۸۶۴۳۷	-۰/۳۸۷۶۳	-۰/۴۷۰۶۶	-۰/۳۶۲۱۹	-۰/۸۸۷۸۹	۰/۷۳۰۸۱	-۰/۷۳۰۸۱	G11	۹
-۰/۲۸۷۱۳	-۰/۰۹۹۹۱	-۰/۳۵۹۴۲	-۰/۵۷۱۱۱	-۰/۴۱۴۲۲	-۰/۳۳۵۷۹	-۰/۳۵۹۴۲	-۰/۴۳۰۳۸	-۰/۴۶۵۹۱	-۰/۴۶۵۹۱	G12	۱۰
-۲/۰۷۴۰۷	-۱/۳۵۷۱۴	-۰/۴۱۶۸۳	-۱/۵۹۱۲۶	-۰/۲۹۵۲۹	-۱/۲۶۱۷۲	-۰/۴۱۶۸۳	۰/۰۰۴۴۴	۰/۱۰۳۲۳	۰/۱۰۳۲۴	S2	۱۱
۱/۷۵۴۶۳	۱/۸۴۷۸۹	-۰/۲۱۹۴۷	۱/۶۰۸۶۴	۳/۱۷۳۲۹	-۰/۱۳۶۱۶	-۰/۲۱۹۴۷	۱/۴۱۳۴۹	۰/۱۹۶۰۳	۰/۱۹۶۰۳	S3	۱۲
۰/۶۹۰۸۳	۱/۰۱۹۵۹	-۰/۱۷۵۸۹	۰/۳۱۲۵۶	۲/۳۴۷۴۴	-۲/۱۳۹۷۸	-۰/۱۷۸۸۹	۱/۹۷۶۷۶	۰/۷۰۳۵۶	۰/۷۰۳۵۷	S4	۱۳
۰/۸۲۸۷۹	۰/۹۲۵۶۹	-۰/۳۱۸۳۹	۰/۵۴۷۱۹	-۰/۳۵۷۱۹	-۰/۲۰۸۳۷	-۰/۳۱۸۳۹	۰/۱۲۹۱۱	-۰/۳۲۴۱۹	-۰/۳۲۴۱۹	S5	۱۴
-۰/۴۴۷۵۶	-۰/۱۲۸۵۸	۲/۷۱۷۹۹	-۰/۷۹۵۵۳	۰/۰۱۱۸۰	۱/۴۳۵۳۵	۲/۷۱۷۹۹	-۰/۱۱۷۳۴	۲/۱۲۶۶۵	۲/۱۲۶۶۵	S6	۱۵
-۱/۸۶۳۵۵	-۱/۱۸۳۴۸	۲/۹۴۱۴۹	-۱/۴۳۵۲۰	۰/۲۴۵۵۳	-۲/۰۵۵۸۸	۲/۹۴۱۴۹	-۱/۴۱۱۷۵	۳/۰۳۶۷۴	۳/۰۳۶۷۴	S7	۱۶
-۰/۴۲۴۴۶	-۱/۲۴۳۴۹	-۰/۳۹۴۰۲	-۰/۴۰۱۱۵	-۰/۴۱۵۸۷	۰/۸۷۱۳۴	-۰/۳۹۴۰۲	-۰/۷۷۰۸۳	-۰/۳۸۴۰۵	-۰/۷۲۷۷۳	M1	۱۷
۰/۱۶۹۱۵	-۱/۱۷۹۷۶	-۰/۳۸۵۴۴	۰/۵۳۴۰۸	-۰/۴۱۰۲۶	۰/۹۳۵۲۵	-۰/۳۸۵۴۴	-۰/۲۲۴۰۹	-۰/۳۴۴۹۶	-۰/۶۰۴۱۷	M2	۱۸
-۰/۱۰۴۲۳	-۱/۲۸۰۶۶	-۰/۳۹۸۳۴	۰/۲۸۱۹۸	۰/۴۲۳۹۵	۰/۸۸۱۱۹	-۰/۳۹۸۳۴	-۰/۴۹۹۰۰	-۰/۳۷۹۰۵	-۰/۷۱۰۳۶	M3	۱۹

علاوه بر اینکه شاخص‌های مورد استفاده بایستی استاندارد شوند، از آنجایی شاخص‌های مورد نظر برای ارزیابی مقادیر آبدهی، کاهش آبدهی و غلظت یون‌های اصلی بکار گرفته خواهند شد، لازم است که مقادیر آبدهی، کاهش آبدهی و غلظت یون‌های اصلی نیز استاندارد شوند. جداول (۴-۵) و (۴-۶) مقادیر استاندارد شده این پارامترها را نشان می‌دهند.

جدول ۴-۵- مقادیر استاندارد شده میزان آبدهی و کاهش آبدهی

ردیف	شماره چاه	نام چاه	آبدهی	کاهش آبدهی
۱	گرمابدشت ۲	G2	-۰/۲۲۸۵۹	۰/۵۶۹۶۷
۲	گرمابدشت ۴	G4	۰/۸۱۴۰۳	-۰/۵۰۰۱۳
۳	گرمابدشت ۵	G5	-۰/۶۷۵۴۳	۰/۳۰۲۲۲
۴	گرمابدشت ۶	G6	-۰/۶۷۵۴۳	۰/۹۷۰۸۴
۵	گرمابدشت ۷	G7	۲/۰۰۵۵۹	۰/۹۷۰۸۴
۶	گرمابدشت ۸	G8	۲/۴۵۲۴۳	۰/۵۶۹۶۷
۷	گرمابدشت ۹	G9	-۰/۹۷۳۳۲	۰/۷۰۳۳۹
۸	گرمابدشت ۱۰	G10	-۰/۹۷۳۳۲	-۰/۳۶۶۴۰
۹	گرمابدشت ۱۱	G11	-۰/۰۷۹۶۵	-۱/۰۳۵۰۳
۱۰	گرمابدشت ۱۲	G12	-۱/۱۲۲۲۷	-۰/۶۳۳۸۵
۱۱	سیاهتلو ۲	S2	۰/۳۶۷۱۹۱	۱/۹۰۶۹۱
۱۲	سیاهتلو ۳	S3	۰/۲۱۸۲۴۵	-۰/۵۰۰۱۳
۱۳	سیاهتلو ۴	S4	۰/۳۶۷۱۹۱	۱/۹۰۶۹۱
۱۴	سیاهتلو ۵	S5	-۰/۹۷۳۳۲	-۱/۱۶۸۷۵
۱۵	سیاهتلو ۶	S6	۰-/۵۲۶۴۸	۰/۳۰۲۲۲
۱۶	سیاهتلو ۷	S7	-۰/۶۷۵۴۳	-۱/۰۳۵۰۳
۱۷	مرزنکلاته ۱	M1	۱/۰۵۲۳۴	-۰/۸۲۱۰۷
۱۸	مرزنکلاته ۲	M2	-۰/۱۸۶۸۹	-۱/۱۰۴۵۶
۱۹	مرزنکلاته ۳	M3	-۰/۱۸۶۸۹	-۱/۰۳۷۷۰

جدول ۴-۶- مقادیر استاندارد شده غلظت یون‌های موجود در آب چاه‌ها

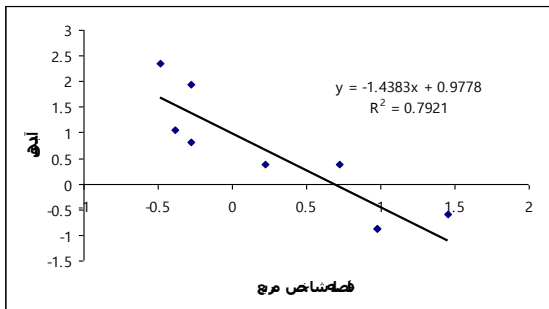
غلظت یون‌های اصلی					EC	نام چاه
HCO ₃	SO ₄	Mg	Ca	Na		
-۰/۳۴۲۹۹	۰/۷۶۹۲۱	-۱/۱۷۹۵۱	۱/۳۳۳۳۳	۰/۳۸۹۵۷	-۰/۱۵۰۸۹	G2
-۱/۰۲۸۹۹	۰/۵۳۵۳۳	۰/۱۹۰۲۴	-۰/۶۶۶۶۷	-۰/۳۵۶۴۱	-۰/۲۴۲۲۳	G4
-۰/۶۸۵۹۹	۱/۰۴۹۸۷	-۰/۸۳۷۰۷	۰/۵۳۳۳۳	۰/۰۱۶۵۷	-۰/۱۷۰۷۵	G7
-۰/۳۴۲۹۹	۰/۴۸۸۵۵	-۰/۴۹۴۶۳	۰/۵۳۳۳۳	۰/-۰۵۸۰۲	-۰/۰۲۷۷۹	G8
۱/۷۱۴۹۸	۱/۰۰۳۰۹	۲/۲۴۴۸۷	۱/۳۳۳۳۳	۲/۴۷۸۳۴	۲/۴۷۳۸۸	G10
-۰/۶۸۵۹۹	-۱/۸۵۰۲۷	-۰/۴۹۴۶۳	-۱/۴۶۶۶۷	-۰/۸۰۴۰۱	-۱/۰۹۹۹۴	G11
-۰/۶۸۵۹۹	-۰/۷۲۷۶۴	۰/۱۵۲۱۹	-۱/۰۶۶۶۷	-۰/۵۸۰۲۱	-۰/۶۷۱۰۹	G12
-۰/۶۸۵۹۹	-۰/۷۲۷۶۴	۰/۱۹۰۲۴	-۰/۲۶۶۶۷	-۰/۵۸۰۲۱	-۰/۳۱۳۷۰	S6
۱/۳۷۱۹۸	-۰/۵۴۰۵۳	۰/۵۳۲۶۸	-۰/۲۶۶۶۷	-۰/۵۰۵۶۱	-۰/۰۹۹۲۷	S7

۲-۴- نمودارهای آبدهی و کاهش آبدهی در برابر شاخص‌های آماری

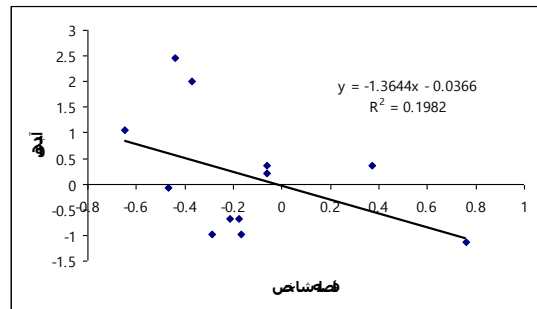
به منظور بررسی رابطه بین آبدهی و کاهش آبدهی چاه‌ها با شاخص‌های آماری مورد استفاده نمودارهای مربوطه برای چهار حالت زیر ترسیم شده است. لازم به ذکر است که پس از ترسیم نمودارها، نقاط پرت موجود در هر نمودار حذف شده است.

۱-۲-۴- نمودارهای آبدهی - شاخص‌های فاصله

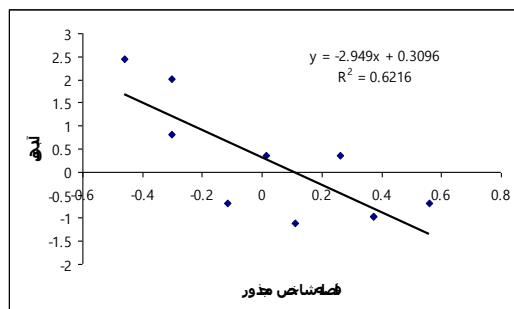
شکل‌های (۱-۴) تا (۳-۴) رابطه بین مقادیر آبدهی چاه‌ها و شاخص‌های فاصله را نشان می‌دهند. همانطور که ملاحظه می‌شود رابطه بین مقادیر آبدهی با شاخص فاصله، شاخص مربع فاصله و شاخص مجذور فاصله به صورت معکوس می‌باشد. به این ترتیب که هر قدر مقادیر شاخص‌های مذکور افزایش پیدا می‌کند، فاصله چاه‌ها از یکدیگر کمتر می‌باشد و این امر به نوبه خود باعث تاثیر چاه‌ها بر یکدیگر و تداخل مخروط افت آن‌ها و در نهایت کاهش آبدهی چاه‌ها می‌شوند.



شکل ۴-۲- شاخص مربع فاصله در برابر مقدار آبدهی



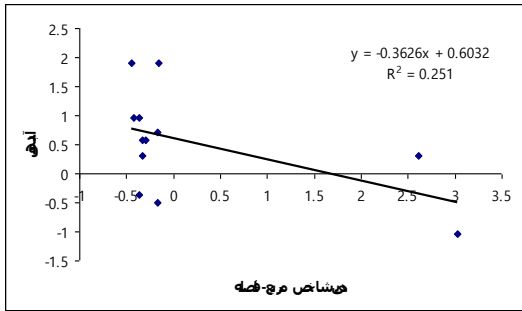
شکل ۴-۱- شاخص فاصله در برابر مقدار آبدهی



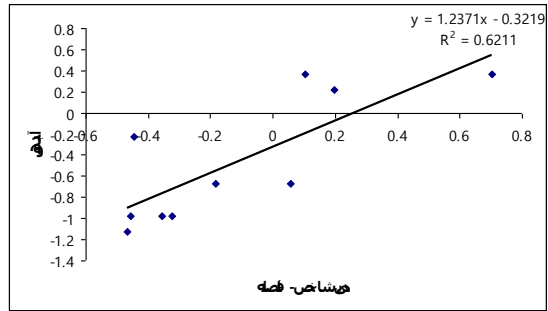
شکل ۴-۳- شاخص مجذور فاصله در برابر مقدار آبدهی

۲-۲-۴- نمودارهای آبدهی - شاخص های دبی - فاصله

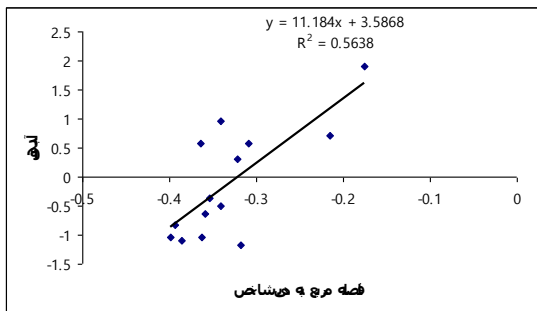
شکل های (۴-۴) تا (۴-۱۳) نشان دهنده نمودارهای ترسیم شده مقادیر استاندارد شده آبدهی در برابر شاخص های دبی - فاصله می باشد. رابطه ای بین مقدار آبدهی با شاخص های دبی - فاصله ملاحظه می شود که در این رابطه مقدار آبدهی با شاخص دبی - فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله، شاخص مربع دبی به مجذور فاصله، شاخص مجذور دبی به فاصله، شاخص لگاریتم دبی به فاصله دارای یک رابطه مستقیم می باشد و با شاخص های مربع دبی - فاصله و شاخص لگاریتم دبی - فاصله دارای رابطه عکس می باشد.



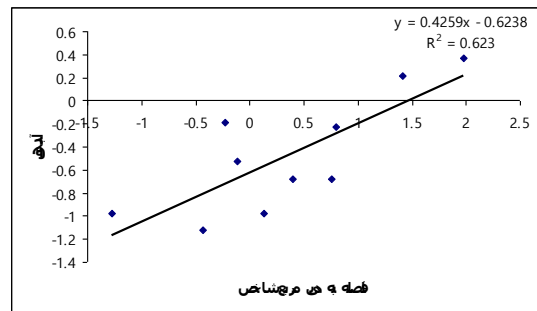
شکل ۴-۵- شاخص مربع دبی- فاصله در برابر مقدار آبدهی



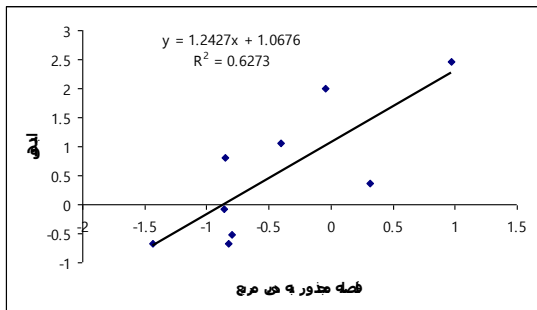
شکل ۴-۴- شاخص دبی- فاصله در برابر مقدار آبدهی



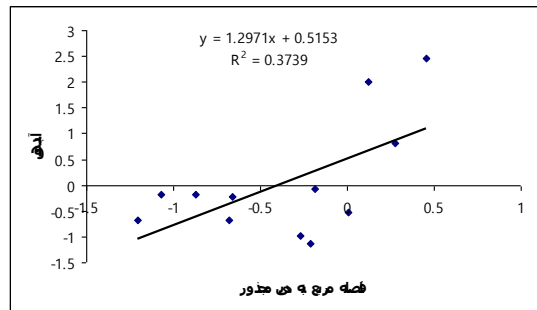
شکل ۴-۷- شاخص دبی به مربع فاصله در برابر مقدار آبدهی



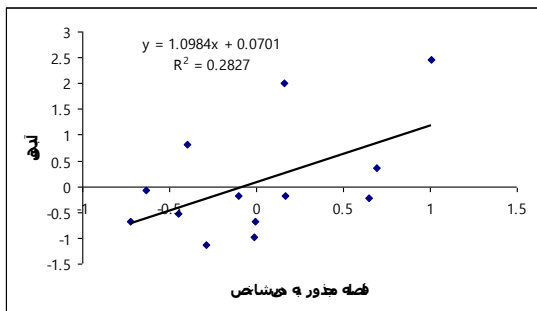
شکل ۴-۶- شاخص مربع دبی به فاصله در برابر مقدار آبدهی



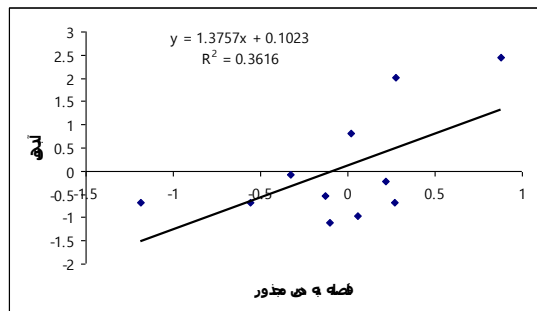
شکل ۴-۹- شاخص مربع دبی به مجذور فاصله در برابر مقدار آبدهی



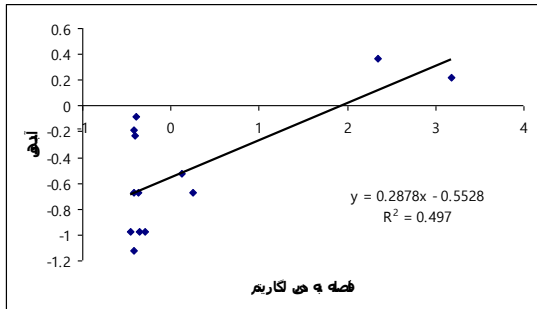
شکل ۴-۸- شاخص مجذور دبی به مربع فاصله در برابر مقدار آبدهی



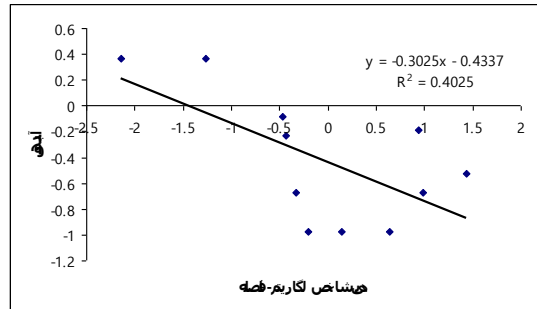
شکل ۴-۱۱- شاخص دبی به مجذور فاصله در برابر مقدار آبدهی



شکل ۴-۱۰- شاخص مجذور دبی به فاصله در برابر مقدار آبدهی



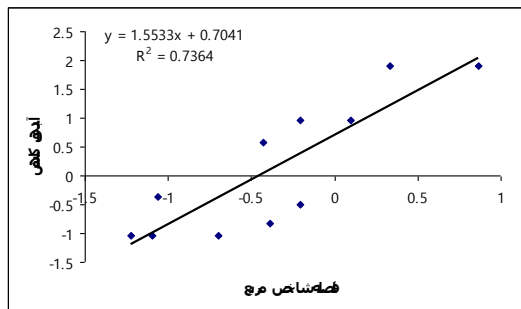
شکل ۴-۱۳- شاخص لگاریتم دبی به فاصله در برابر مقدار آبدهی



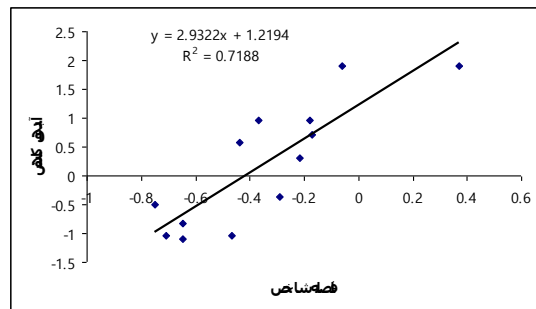
شکل ۴-۱۲- شاخص لگاریتم دبی - فاصله در برابر مقدار آبدهی

۳-۲-۴- نمودارهای کاهش آبدهی - شاخص های فاصله

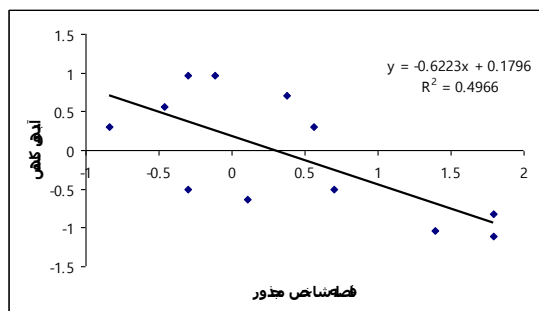
به منظور ترسیم نمودارهای کاهش آبدهی، ابتدا مقادیر استاندارد شده کاهش آبدهی در برابر مقادیر استاندارد شده شاخص های فاصله ترسیم شده است که شکل های (۴-۱۴) تا (۴-۱۶) نشان دهنده این نمودارها می باشد که شاخص های فاصله و شاخص مربع فاصله با کاهش آبدهی رابطه مستقیم و شاخص مجذور فاصله با مقادیر کاهش آبدهی رابطه عکس نشان می دهد.



شکل ۴-۱۵- شاخص مربع به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



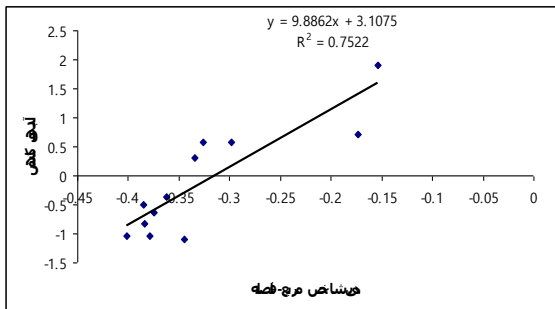
شکل ۴-۱۴- شاخص فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



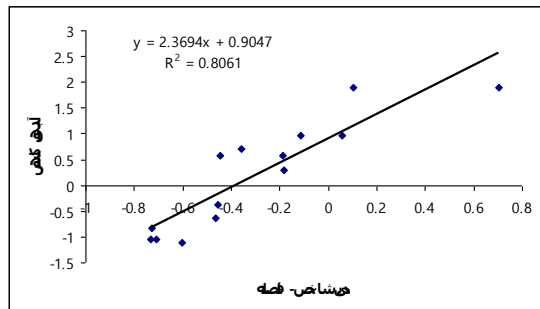
شکل ۴-۱۶- شاخص مجذور به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی

۴-۲-۴- نمودارهای کاهش آبدهی - شاخص‌های دبی - فاصله

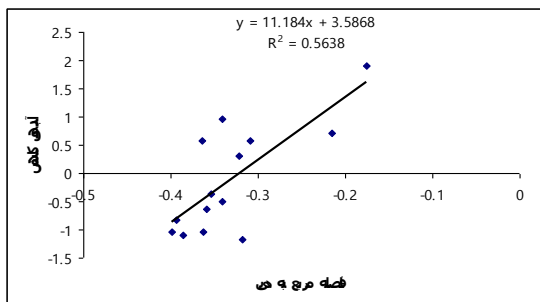
به منظور ارزیابی رابطه بین شاخص‌های دبی - فاصله با کاهش آبدهی چاه‌ها، مقادیر کاهش آبدهی چاه‌ها در برابر مقادیر شاخص‌های دبی - فاصله ترسیم شده است. شکل‌های (۴-۱۷) تا (۴-۲۶)، نمودارهای مربوط به کاهش آبدهی در برابر شاخص‌های دبی - فاصله را نشان می‌دهند. با عنایت به شکل‌های مذکور ملاحظه می‌شود که شاخص دبی - فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله، شاخص مربع دبی به مجذور فاصله، شاخص لگاریتم دبی به فاصله و شاخص مربع دبی - فاصله دارای یک رابطه مستقیم می‌باشد و با شاخص لگاریتم دبی - فاصله دارای رابطه عکس می‌باشد.



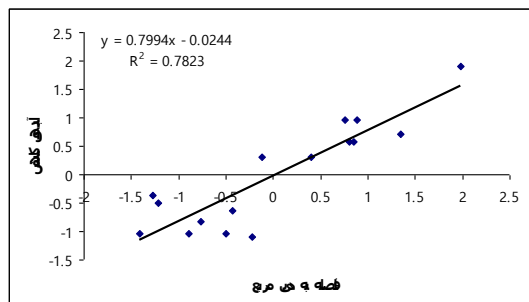
شکل ۴-۱۸ - شاخص مربع دبی - فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



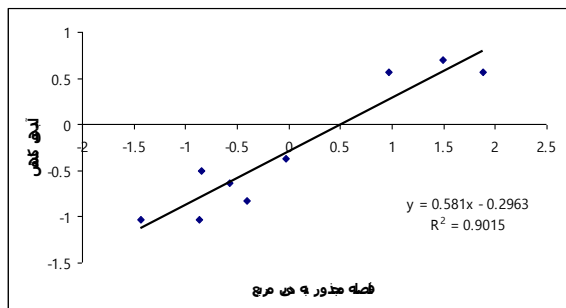
شکل ۴-۱۷ - شاخص دبی - فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



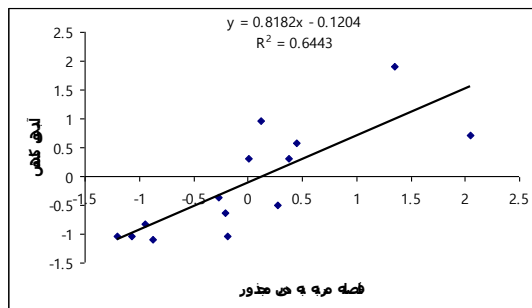
شکل ۴-۲۰ - شاخص دبی به مربع فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



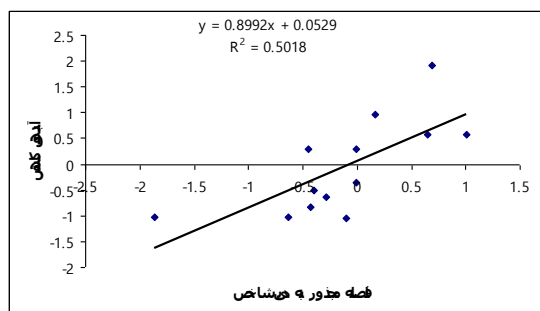
شکل ۴-۱۹ - شاخص مربع دبی به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



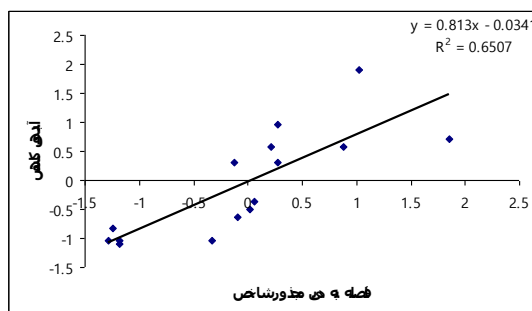
شکل ۴-۲۲- شاخص مربع دبی به مجذور فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



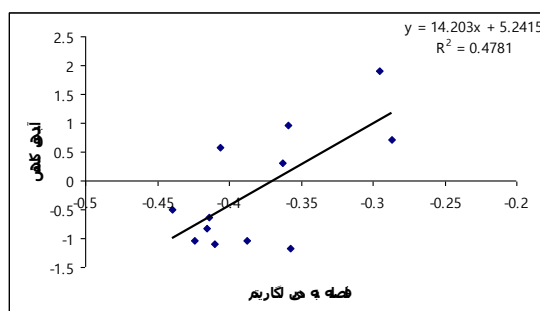
شکل ۴-۲۱- شاخص مجذور دبی به مربع فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



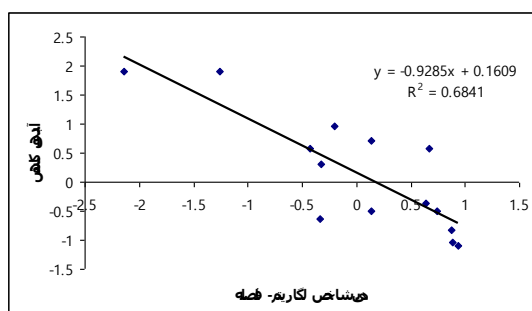
شکل ۴-۲۴- شاخص دبی به مجذور فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



شکل ۴-۲۳- شاخص مجذور دبی به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



شکل ۴-۲۶- شاخص لگاریتم دبی به فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی



شکل ۴-۲۵- شاخص لگاریتم دبی - فاصله در برابر مقدار کاهش آبدهی

۴-۳- نمودارهای کیفیت آب در برابر شاخص‌های آماری

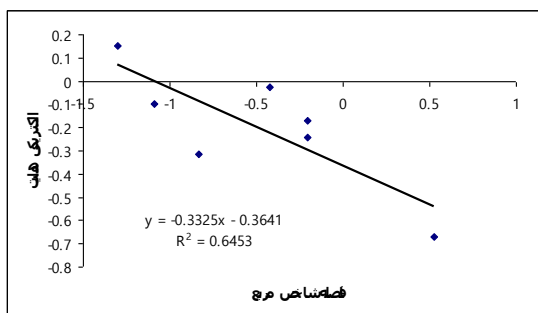
به منظور بررسی تاثیر شاخص‌های آماری معرفی شده بر خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، مقادیر هدایت الکتریکی و غلظت یون‌ها در برابر شاخص‌های فاصله و دبی - فاصله به طور جداگانه ترسیم و مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

۴-۳-۱- نمودارهای هدایت الکتریکی - شاخص های فاصله

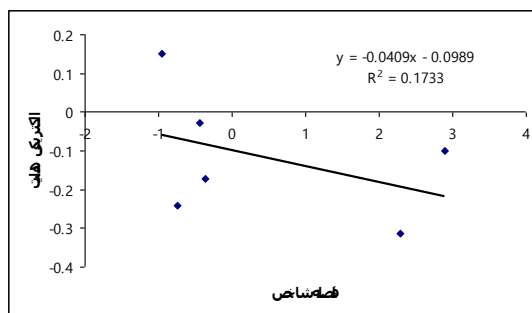
مقادیر هدایت الکتریکی، به عنوان یکی از پارامترهای مهم کیفی منبع آب، در برابر مقادیر شاخص های فاصله ترسیم شده اند شکل های (۴-۲۷) تا (۴-۲۹) نشان دهنده نمودارهای هدایت الکتریکی در برابر شاخص های مختلف را نشان می دهند. نمودارها نشان می دهند که هدایت الکتریکی با شاخص های فاصله و شاخص مربع فاصله رابطه معکوس و با شاخص مجذور فاصله رابطه مستقیم دارد.

۴-۳-۲- نمودارهای هدایت الکتریکی - شاخص های دبی - فاصله

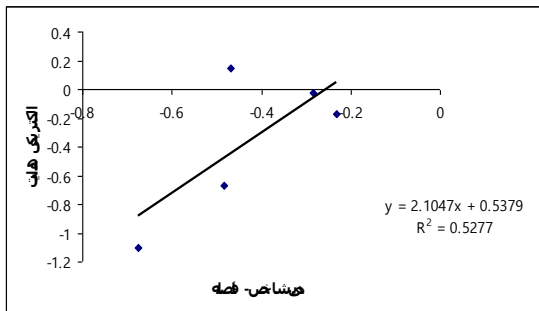
شکل های (۴-۳۰) تا (۴-۳۸) نشان دهنده نمودارهای هدایت الکتریکی در برابر شاخص های دبی-فاصله می باشد. رابطه میان هدایت الکتریکی با شاخص دبی-فاصله، شاخص مربع دبی-فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله، شاخص دبی به مجذور فاصله، شاخص دبی به فاصله، شاخص لگاریتم دبی به فاصله رابطه عکس دارد.



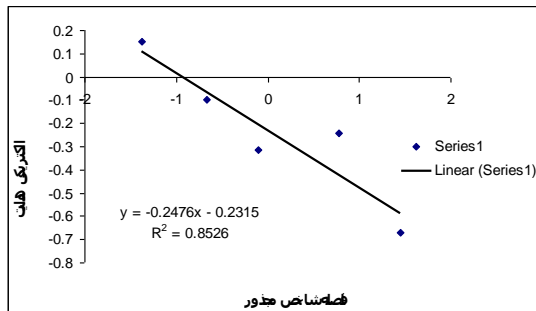
شکل ۴-۲۸- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مربع فاصله



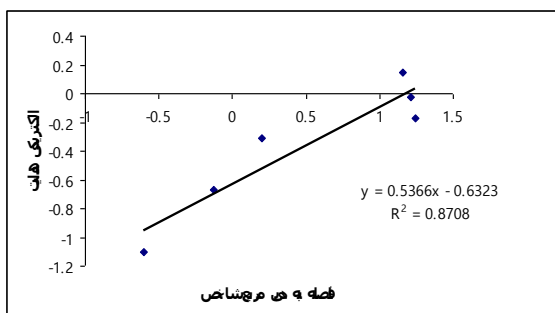
شکل ۴-۲۷- هدایت الکتریکی در برابر شاخص فاصله



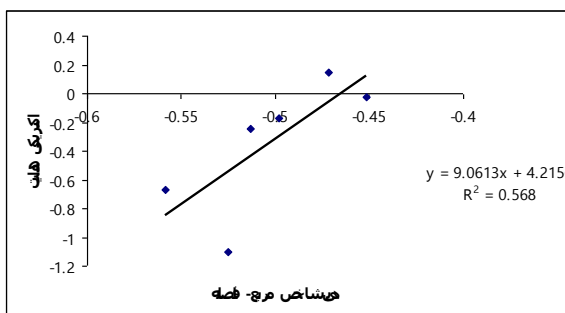
شکل ۴-۳۰- هدایت الکتریکی در برابر شاخص دبی - فاصله



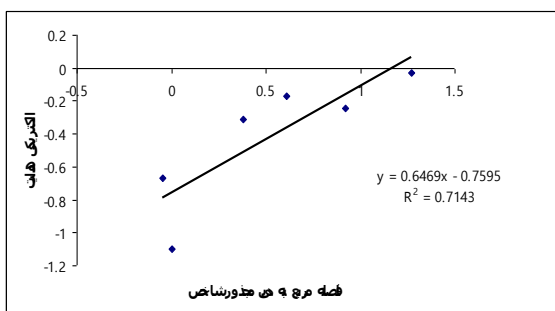
شکل ۴-۲۹- هدایت الکتریکی در برابر مجذور شاخص فاصله



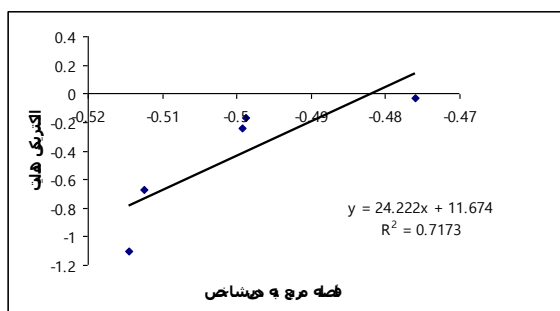
شکل ۴-۳۲- هدایت الکتریکی در برابر مربع شاخص دبی به فاصله



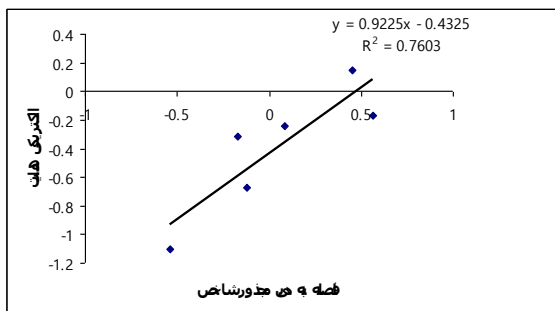
شکل ۴-۳۱- هدایت الکتریکی در برابر مربع شاخص دبی - فاصله



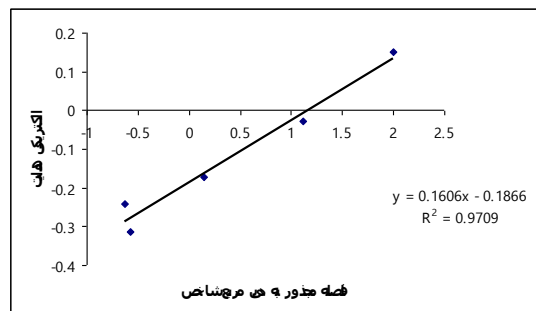
شکل ۴-۳۴- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله



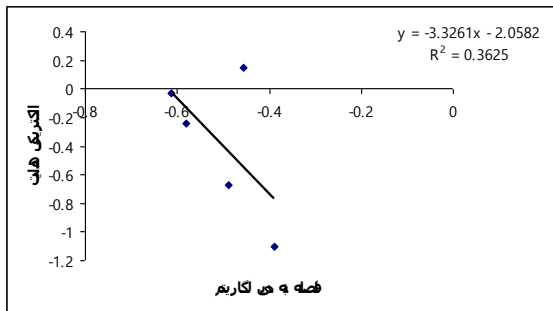
شکل ۴-۳۳- هدایت الکتریکی در برابر شاخص دبی به مربع فاصله



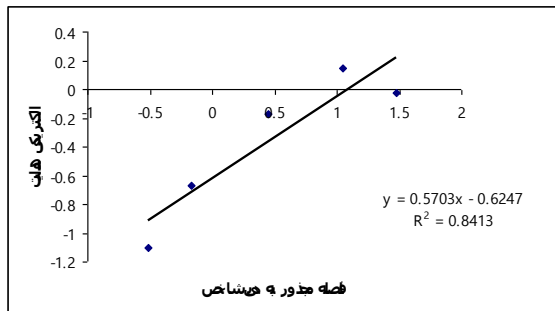
شکل ۴-۳۶- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مجذور دبی به فاصله



شکل ۴-۳۵- هدایت الکتریکی در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله



شکل ۴-۳۸- هدایت الکتریکی در برابر شاخص لگاریتم دبی به فاصله



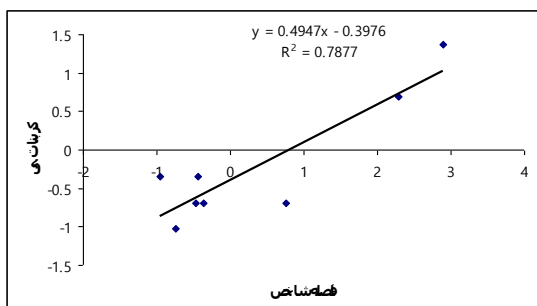
شکل ۴-۳۷- هدایت الکتریکی در برابر شاخص دبی به مجذور فاصله

۳-۳-۳- نمودارهای غلظت یون ها - شاخص های فاصله

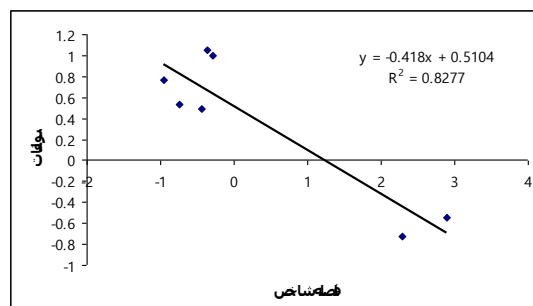
برای ترسیم نمودارهای غلظت، مقادیر استاندارد شده شاخص های فاصله در برابر غلظت یون ها ترسیم شده است که به منظور ترسیم نمودارها، آن ها به دو گروه آنیون ها و کاتیون ها تقسیم شده است.

الف- نمودارهای غلظت آنیون ها در برابر شاخص های فاصله

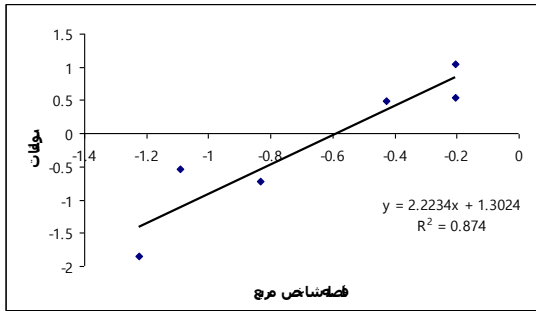
نمودار ترسیم شده آنیون ها شامل مقادیر استاندارد شده سولفات و بی کربنات می باشد. در شکل های (۴-۳۹) تا (۴-۴۴) نمودارهای غلظت های استاندارد شده سولفات و بی کربنات در برابر شاخص های فاصله ارائه شده است. در این نمودارها مشاهده می شود که رابطه میان غلظت بی کربنات با شاخص مربع فاصله و شاخص مجذور فاصله عکس و با شاخص فاصله مستقیم و همچنین رابطه غلظت سولفات با شاخص مربع فاصله و شاخص مجذور فاصله عکس و با شاخص فاصله مستقیم می باشد.



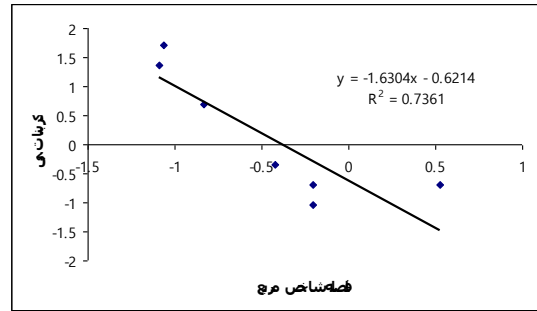
شکل ۴-۴۰- غلظت بی کربنات در برابر شاخص فاصله



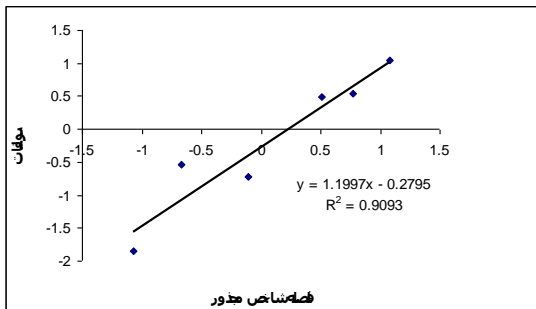
شکل ۴-۳۹- غلظت سولفات در برابر شاخص فاصله



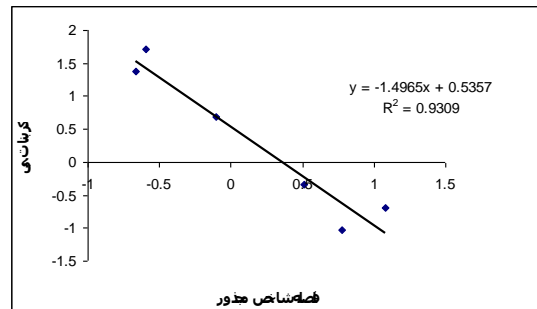
شکل ۴-۴۲- غلظت سولفات در برابر شاخص مربع فاصله



شکل ۴-۴۱- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مربع فاصله



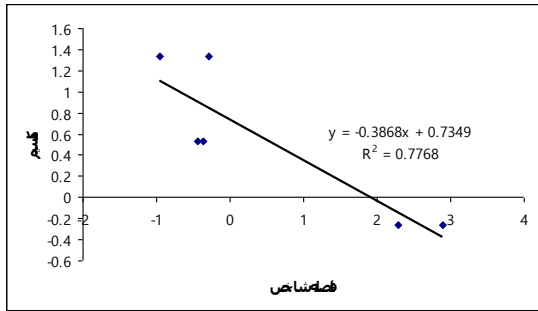
شکل ۴-۴۴- غلظت سولفات در برابر شاخص مجذور فاصله



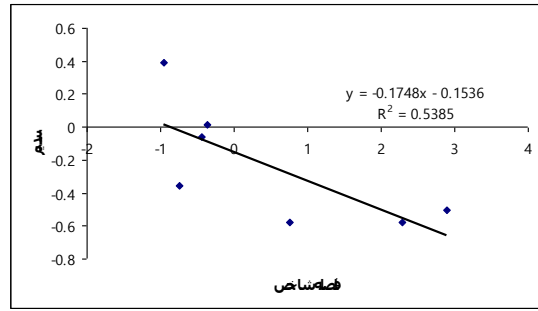
شکل ۴-۴۳- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مجذور فاصله

ب- نمودارهای غلظت کاتیون‌ها در برابر شاخص‌های فاصله

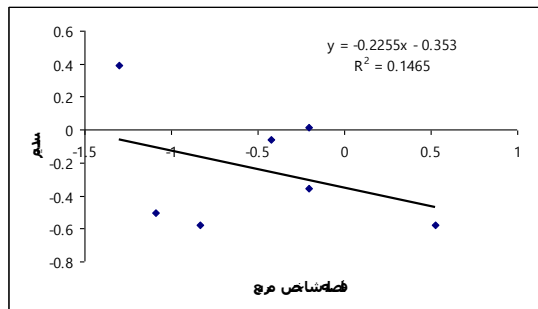
به منظور ترسیم نمودارهای کاتیون‌ها در برابر شاخص‌های فاصله، ابتدا مقادیر استاندارد شده غلظت کاتیون‌ها (سدیم، منیزیم و کلسیم) در برابر شاخص‌های فاصله ترسیم شده و در شکل‌های (۴-۴۵) تا (۴-۵۳) نمودارهای غلظت کاتیون‌ها را در برابر شاخص‌های فاصله نشان می‌دهد. رابطه بین غلظت کاتیون‌ها با شاخص‌های فاصله در این نمودارها مشخص است که رابطه میان غلظت سدیم با شاخص‌های فاصله، شاخص مربع فاصله و با شاخص مجذور فاصله معکوس است همچنین رابطه میان غلظت کلسیم با شاخص فاصله، شاخص مربع فاصله و شاخص مجذور فاصله معکوس است و رابطه بین غلظت منیزیم با شاخص مربع فاصله و شاخص مجذور فاصله معکوس و با شاخص فاصله رابطه مستقیم دارد.



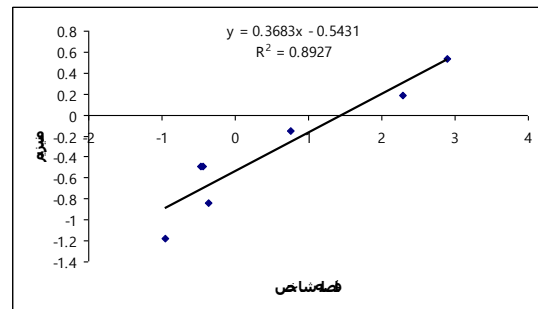
شکل ۴-۴۶- غلظت کلسیم در برابر شاخص فاصله



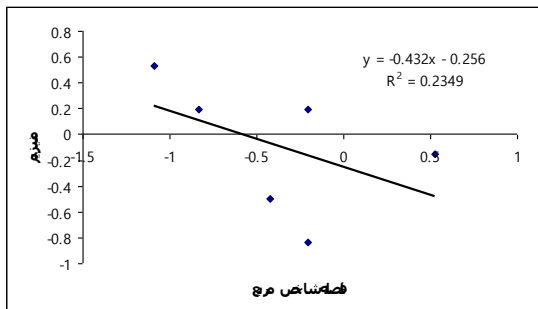
شکل ۴-۴۵- غلظت سدیم در برابر شاخص فاصله



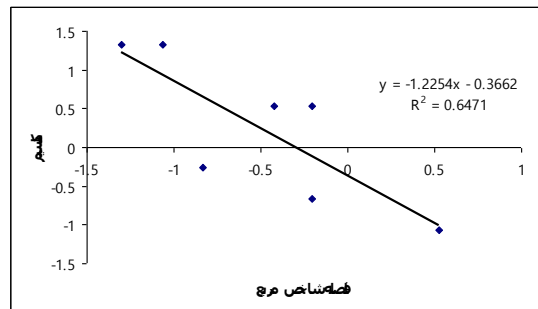
شکل ۴-۴۸- غلظت سدیم در برابر شاخص مربع فاصله



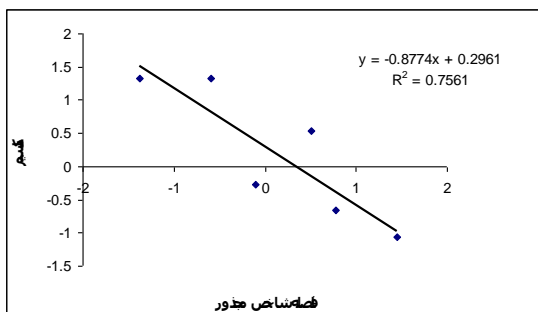
شکل ۴-۴۷- غلظت منیزیم در برابر شاخص فاصله



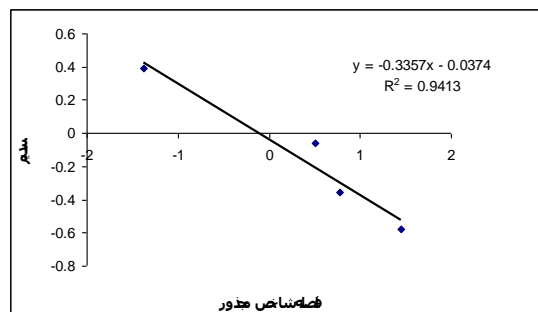
شکل ۴-۵۰- غلظت منیزیم در برابر شاخص مربع فاصله



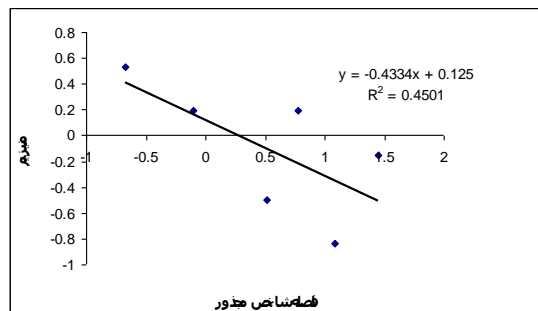
شکل ۴-۴۹- غلظت کلسیم در برابر شاخص مربع فاصله



شکل ۴-۵۲- غلظت کلسیم در برابر شاخص مجذور فاصله



شکل ۴-۵۱- غلظت سدیم در برابر شاخص مجذور فاصله



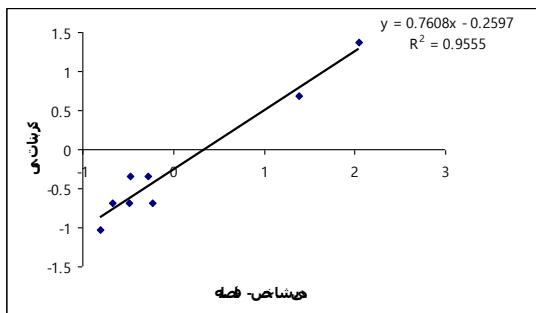
شکل ۴-۵۳- غلظت منیزیم در برابر شاخ مجذور فاصله

۴-۳-۴- نمودارهای غلظت یون ها - شاخ های دبی - فاصله

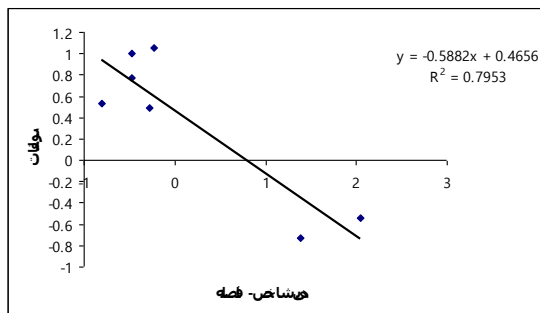
به منظور ترسیم نمودارهای غلظت یون های موجود در آب چاه در برابر شاخ های دبی - فاصله ابتدا مقادیر استاندارد شده غلظت های بدست آمده یون های موجود در آب در برابر شاخ های دبی - فاصله ترسیم شده است. به منظور ترسیم این نمودارها غلظت یون های موجود در آب به دو گروه آنیون ها و کاتیون ها تقسیم می شود.

الف - نمودارهای غلظت آنیون ها در برابر شاخ های دبی - فاصله

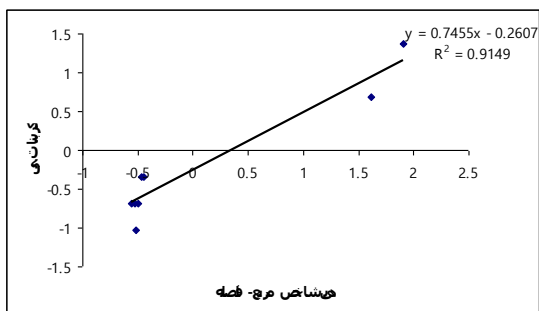
شکل های (۴-۵۴) تا (۴-۷۱) نشان دهنده نمودارهای غلظت های استاندارد شده آنیون ها (سولفات و بی کربنات) در برابر شاخ های دبی - فاصله می باشد. غلظت های سولفات با شاخ دبی - فاصله، شاخ مربع دبی - فاصله، شاخ دبی به مربع فاصله و شاخ لگاریتم دبی به فاصله رابطه معکوس دارد و با شاخ مربع دبی به فاصله، شاخ مجذور دبی به مربع فاصله، شاخ مربع دبی به مجذور فاصله، شاخ مجذور دبی به فاصله و شاخ دبی به مجذور فاصله رابطه مستقیم دارد. رابطه بین غلظت بی کربنات با شاخ دبی - فاصله، شاخ مربع دبی - فاصله و شاخ دبی به مربع فاصله رابطه مستقیم دارد و با شاخ لگاریتم دبی به فاصله، شاخ مربع دبی به فاصله، شاخ مجذور دبی به مربع فاصله، شاخ مربع دبی به مجذور فاصله، شاخ مجذور دبی به فاصله و شاخ دبی به مجذور فاصله رابطه معکوس دارد.



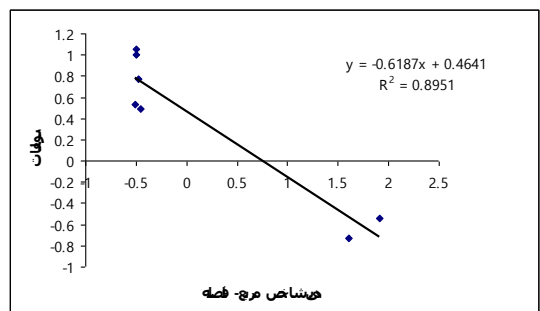
شکل ۴-۵۵- غلظت بی کربنات در برابر شاخص دبی- فاصله



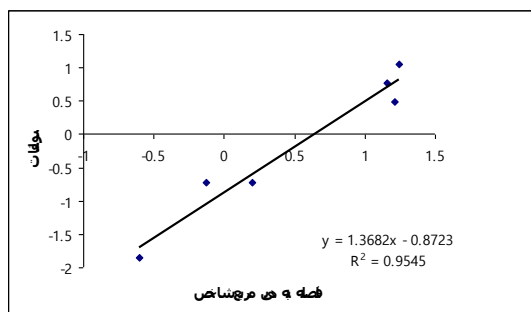
شکل ۴-۵۴- غلظت سولفات در برابر شاخص دبی- فاصله



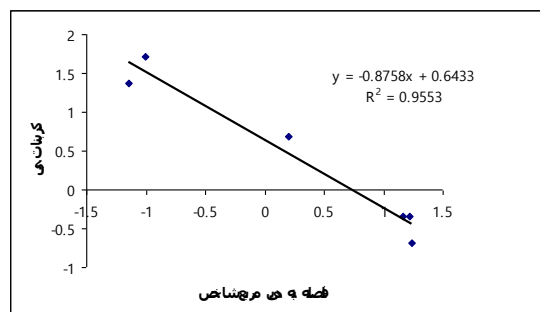
شکل ۴-۵۷- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مربع دبی- فاصله



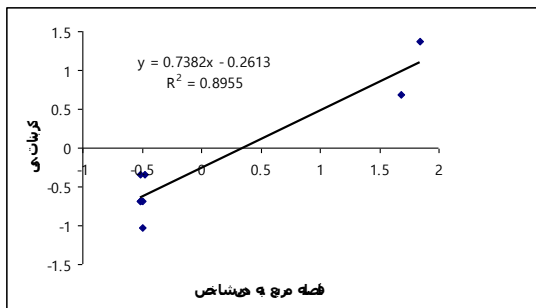
شکل ۴-۵۶- غلظت سولفات در برابر شاخص مربع دبی- فاصله



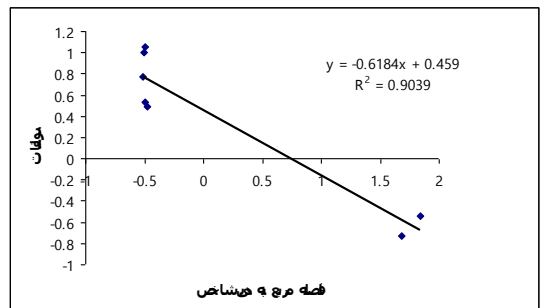
شکل ۴-۵۹- غلظت سولفات در برابر شاخص مربع دبی به فاصله



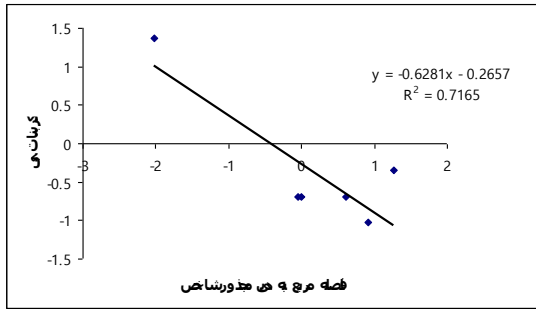
شکل ۴-۵۸- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مربع دبی به فاصله



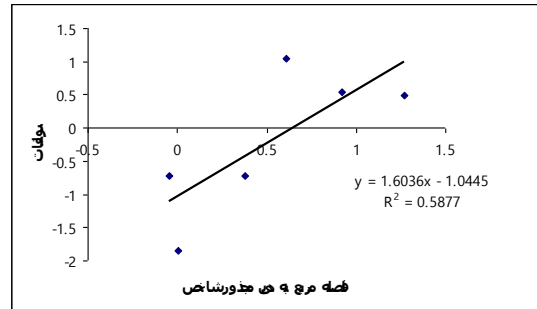
شکل ۴-۶۱- غلظت بی کربنات در برابر شاخص دبی به مربع فاصله



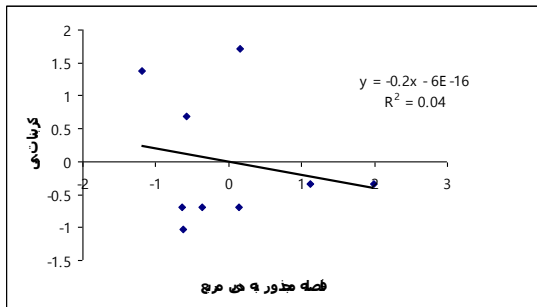
شکل ۴-۶۰- غلظت سولفات در برابر شاخص دبی به مربع فاصله



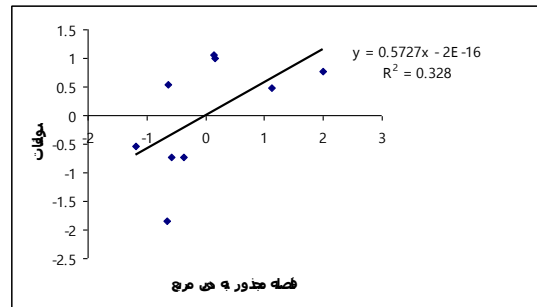
شکل ۴-۶۳- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله



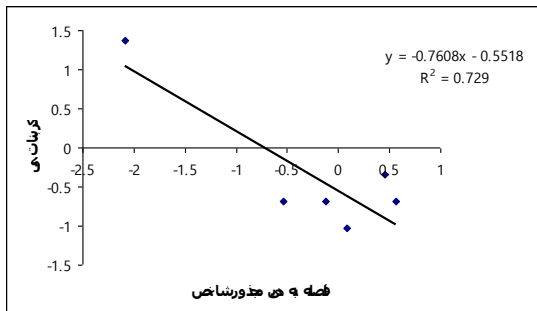
شکل ۴-۶۲- غلظت سولفات در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله



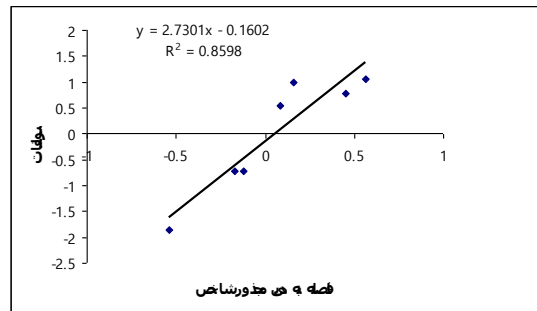
شکل ۴-۶۵- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله



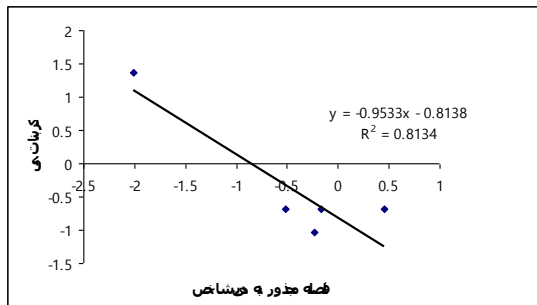
شکل ۴-۶۴- غلظت سولفات در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله



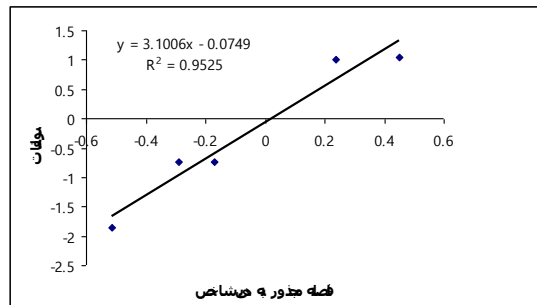
شکل ۴-۶۷- غلظت بی کربنات در برابر شاخص مجذور دبی به فاصله



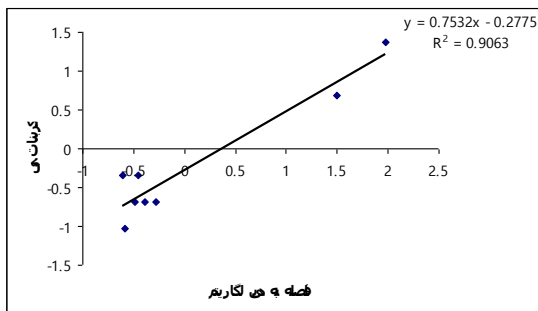
شکل ۴-۶۶- غلظت سولفات در برابر شاخص مجذور دبی به فاصله



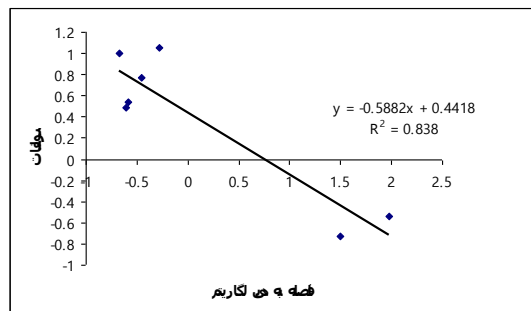
شکل ۴-۶۹- غلظت بی کربنات در برابر شاخص دبی به مجذور فاصله



شکل ۴-۶۸- غلظت سولفات در برابر شاخص دبی به مجذور فاصله



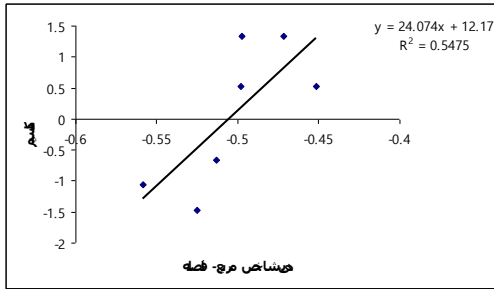
شکل ۴-۷۱- غلظت بی کربنات در برابر شاخص لگاریتم دبی به فاصله



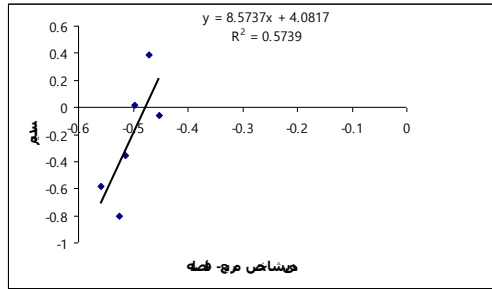
شکل ۴-۷۰- غلظت سولفات در برابر شاخص لگاریتم دبی به فاصله

ب- نمودارهای غلظت کاتیون‌ها در برابر شاخص‌های دبی- فاصله

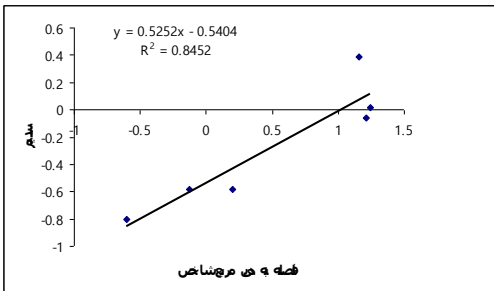
به منظور ترسیم این نمودارها، شاخص‌های دبی - فاصله در برابر غلظت‌های استاندارد شده کاتیون‌های (سدیم، کلسیم و منیزیم) بدست آمده ترسیم شده است که شکل‌های (۴-۷۲) تا (۴-۸۶) نشان دهنده نمودارهای این کاتیون‌ها می‌باشد. به منظور بررسی رابطه میان غلظت کاتیون‌ها با شاخص‌های دبی- فاصله، غلظت‌های سدیم با شاخص دبی- فاصله، شاخص مربع دبی- فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله و شاخص مربع دبی به مجذور فاصله رابطه مستقیم دارد. غلظت‌های کلسیم با شاخص دبی- فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص مربع دبی به مجذور فاصله رابطه مستقیم دارد و با شاخص مجذور دبی به مربع فاصله عکس دارد. رابطه بین غلظت‌های منیزیم با شاخص‌های دبی- فاصله و دبی به مربع فاصله رابطه مستقیم دارد و با شاخص مربع دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله، شاخص دبی به مجذور فاصله، شاخص مربع دبی به مجذور فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله رابطه عکس دارد.



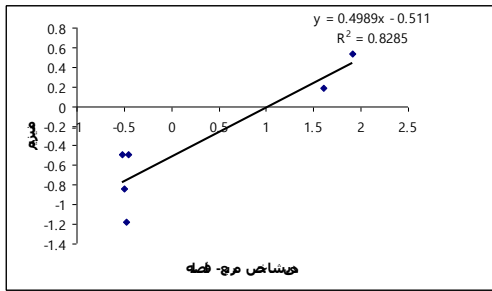
شکل ۴-۷۳- غلظت کلسیم در برابر شاخص مربع دبی- فاصله



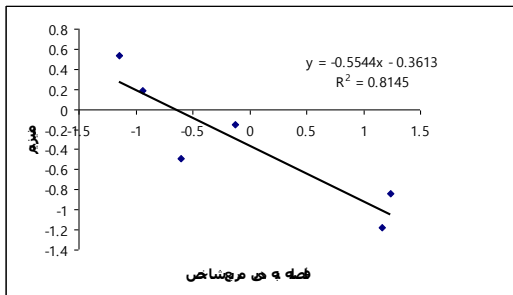
شکل ۴-۷۲- غلظت سدیم در برابر شاخص مربع دبی- فاصله



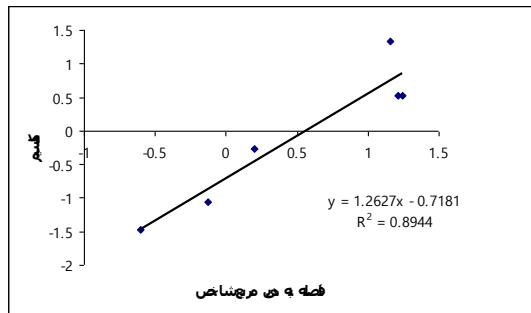
شکل ۴-۷۵- غلظت سدیم در برابر شاخص مربع دبی به فاصله



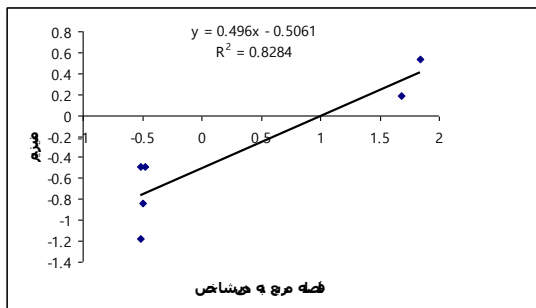
شکل ۴-۷۴- غلظت منیزیم در برابر شاخص مربع دبی- فاصله



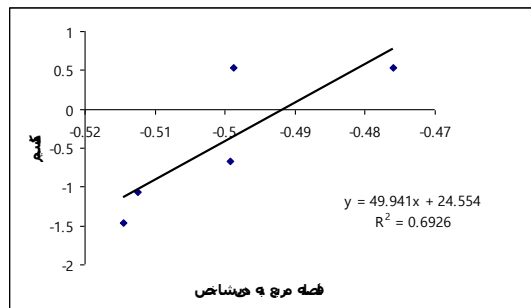
شکل ۴-۷۷- غلظت منیزیم در برابر شاخص مربع دبی به فاصله



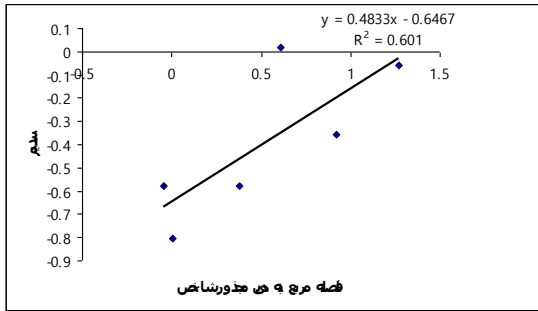
شکل ۴-۷۶- غلظت کلسیم در برابر شاخص مربع دبی به فاصله



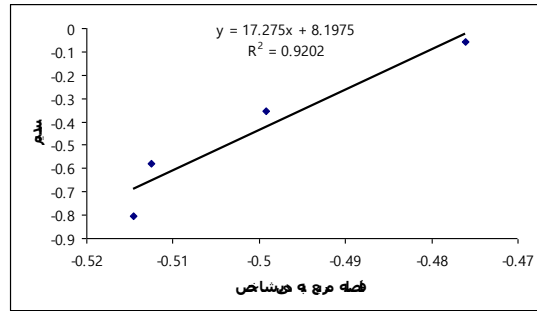
شکل ۴-۷۹- غلظت منیزیم در برابر شاخص دبی به مربع فاصله



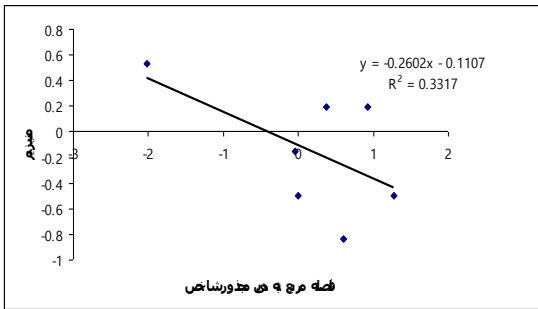
شکل ۴-۷۸- غلظت کلسیم در برابر شاخص دبی به مربع فاصله



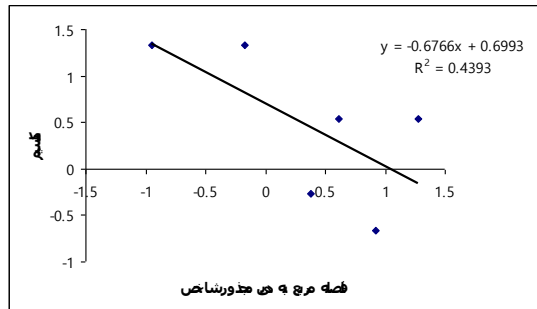
شکل ۴-۸۱- غلظت سدیم در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله



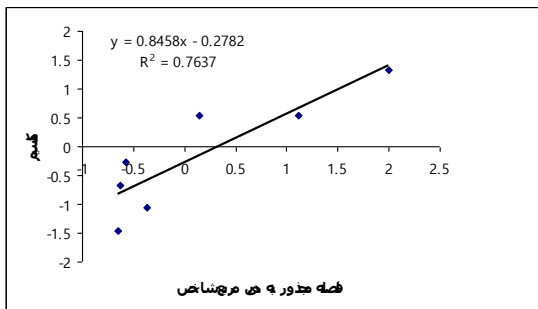
شکل ۴-۸۰- غلظت سدیم در برابر شاخص دبی به مربع فاصله



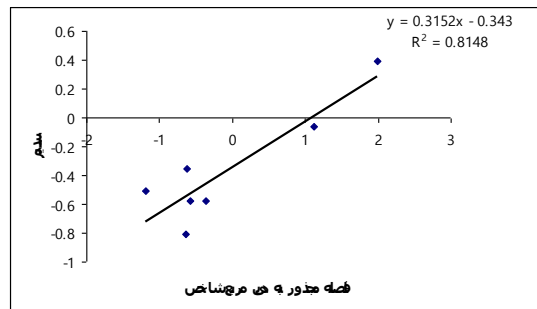
شکل ۴-۸۳- غلظت منیزیم در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله



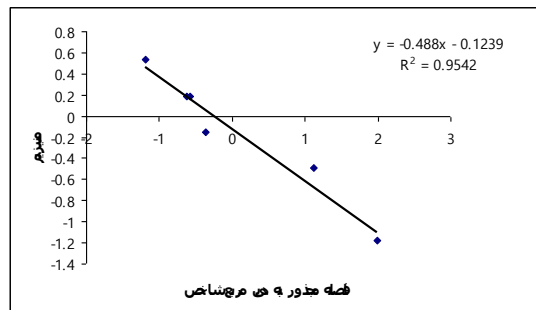
شکل ۴-۸۲- غلظت کلسیم در برابر شاخص مجذور دبی به مربع فاصله



شکل ۴-۸۵- غلظت کلسیم در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله



شکل ۴-۸۴- غلظت سدیم در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله



شکل ۴-۸۶- غلظت منیزیم در برابر شاخص مربع دبی به مجذور فاصله

۴-۴- تعیین سطح معنی داری

پس از ترسیم نمودارهای مربوط به رابطه آبدهی، کاهش آبدهی و پارامترهای کیفی با شاخص‌های آماری و محاسبه شیب خط و r-square مربوطه، برای هر نمودار سطح معنی داری تعریف نموده و نمودارهای مختلف در سه سطح معنی داری ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد مقایسه شده‌اند. که در زیر سطح معنی داری نمودارها در حالت‌های مختلف بیان شده است.

۴-۴-۱- تعیین سطح معنی داری نمودارهای آبدهی

برای تعیین سطح معنی داری از فرمول ارائه شده در فصل سوم استفاده شده است. با تعیین مقادیر Z_{α} محاسبه شده برای نمودارهای مختلف سطح معنی داری نمودارها تعیین شده است.

۱. تعیین سطح معنی داری برای نمودارهای با تمام نقاط

به این منظور با بررسی نمودارهای که با تمام داده‌های ترسیم شده‌اند مورد استفاده قرار گرفته است که در جدول (۴-۷) سطح معنی داری ۹۹٪ را برای نمودارها با تمامی نقاط نشان می‌دهد.

۴-۷- جدول داده‌هایی که تمامی نقاط مورد استفاده قرار گرفته و با سطح معنی داری ۹۹٪

ردیف	نمودار	Z_{α}	شیب	r-square
۱	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر Q^2/D	۲/۷۴۴۹	۰/۵۹۸	۰/۳۹۷

۲. تعیین سطح معنی داری برای نمودارهای فاقد نقاط پرت

پس از ترسیم نمودارها، نقاط پرت هر نمودار حذف شده و سپس بهترین حالت خط ممکن را از میان نقاط عبور داده و شیب خط و r-square مربوط به هر نمودار محاسبه شده است. و برای هر نمودار یک

سطح معنی‌داری تعریف شده که در جداول (۴-۸) تا (۴-۱۰) به ترتیب بیانگر سطح معنی‌داری ۹۹، ۹۵ و ۹۰٪ نمودارهای آبدهی در برابر شاخص‌های مختلف می‌باشد.

جدول ۴-۸- داده‌های آبدهی با سطح معنی‌داری ۹۹٪

ردیف	نمودار	Z_{α}	شیب	r-square
۱	نمودار مقدار آبدهی در برابر DQI	۲/۸۲۱۴	۱/۲۳۷	۰/۶۲۱
۲	نمودار مقدار آبدهی در برابر Q^2/D	۲/۸۲۹۸	۰/۴۲۵	۰/۶۲۳
۳	نمودار مقدار آبدهی در برابر $Q^2/D^{0.5}$	۲/۶۳۷۶	۱/۲۴۲	۰/۶۲۷
۴	نمودار مقدار آبدهی در برابر Q/D^2	۳/۲۳۳۵	۱۱/۱۸	۰/۵۶۳
۵	نمودار مقدار آبدهی در برابر DI^2	۳/۴۸۲۹	-۱/۴۳۸۳	۰/۷۹۲۱

جدول ۴-۹- داده‌های آبدهی با سطح معنی‌داری ۹۵٪

ردیف	نمودار	Z_{α}	شیب	r-square
۱	نمودار مقدار آبدهی در برابر $Q^{0.5}/D$	۱/۹۶۶۴	۱/۳۷۵	۰/۴۶۱
۲	نمودار مقدار آبدهی در برابر $Q^{0.5}/D^2$	۲/۱۳۳۸	۱/۲۹۷	۰/۳۷۳
۳	نمودار مقدار آبدهی در برابر $Q/D^{0.5}$	۱/۹۶۵۱	۱/۰۹۸	۰/۲۸۲
۴	نمودار مقدار آبدهی در برابر $DI^{0.5}$	۲/۱۰۷۲۱	۰/۳۷۸۳	۰/۳۳۹۴

جدول ۴-۱۰- داده‌های آبدهی با سطح معنی‌داری ۹۰٪

ردیف	نمودار	Z_{α}	شیب	r-square
۱	نمودار مقدار آبدهی در برابر $(DQI)^2$	۱/۶۵۱۹	-۰/۳۶۲	۰/۲۵۱
۲	نمودار مقدار آبدهی در برابر DI	۱/۴۳۶۱	-۱/۳۶۴۴	۰/۱۹۸۲

۲-۴-۴- تعیین سطح معنی داری نمودارهای کاهش آبدهی

با تعیین مقادیر Z_{α} برای نمودارهای کاهش آبدهی، سطح معنی داری هر نمودار تعیین شده است و در جدول (۴-۱۱) سطح معنی داری ۰.۹۹٪ برای نمودارهایی با داده‌های فاقد نقاط پرت نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۱- داده‌های کاهش آبدهی با سطح معنی داری ۰.۹۹٪

ردیف	نمودار	Z_{α}	شیب	r-square
۱	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر $(DQI)^2$	۳/۹۶۶۱	۹/۸۸۶	۰/۷۵۲
۲	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر DQI	۴/۸۴۵۳	۲/۳۶۹	۰/۸۰۶
۳	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر $Q^{0.5}/D$	۳/۸۷۰۸	۰/۸۱۳	۰/۶۵۰
۴	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر Q^2/D	۵/۰۳۳۲	۰/۷۹۹	۰/۷۸۲
۵	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر $Q^2/D^{0.5}$	۴/۴۷۳۷	۰/۵۸۱	۰/۹۰۱
۶	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر $Q/D^{0.5}$	۲/۷۹۵۲	۰/۸۹۹	۰/۵۰۱
۷	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر $Q^{0.5}/D^2$	۳/۶۶۳۸	۰/۸۱۸	۰/۶۴۴
۸	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر Q/D^2	۳/۲۳۳۵	۱۱/۱۸	۰/۵۶۳
۹	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر DI	۳/۹۴۷۶	۲/۹۳۲۲	۰/۷۱۸۸
۱۰	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر DI^2	۳/۶۲۰۶	۱/۵۵۳۳	۰/۷۳۶۴
۱۱	نمودار مقدار کاهش آبدهی در برابر $DI^{0.5}$	۲/۶۲۹۷	-۰/۶۲۲۳	۰/۴۹۶۶

۳-۴-۴- تعیین سطح معنی داری نمودارهای غلظت

با محاسبه مقادیر Z_{α} برای هر نمودار، سطح معنی داری‌های مختلف برای هر نمودار تعیین شده است که در زیر به آن پرداخته می‌شود.

تعیین سطح معنی داری برای نمودارهای فاقد نقاط پرت

پس از ترسیم نمودارها، نقاط دور افتاده هر نمودار را حذف نموده و سپس بهترین حالت خط ممکن را از میان نقاط عبور داده و شیب خط و r-square مربوط به هر نمودار محاسبه شده است. برای هر نمودار یک سطح معنی داری تعریف شده که در جداول (۴-۱۲)، (۴-۱۳) و (۴-۱۴) به ترتیب بیانگر سطح معنی داری ۹۹، ۹۵ و ۹۰ درصد نمودارهای کیفی مورد بررسی در برابر شاخص‌های مختلف می‌باشد.

جدول ۴-۱۲ - داده‌های غلظت فاقد نقاط پرت برای سطح معنی داری ۹۹٪

ردیف	نمودار	Z_{α}	شیب	r-square
۱	نمودار غلظت بی‌کربنات در برابر DQI	۵/۰۰۴	۰/۷۶۰۸	۰/۹۵۵۵
۲	نمودار غلظت کلسیم در برابر Q^2/D	۳/۰۹۹	۱/۲۶۲۷	۰/۸۹۴۴
۳	نمودار غلظت بی‌کربنات در برابر Q^2/D	۳/۸۷۲	-۰/۸۷۶۰	۰/۹۵۵۳
۷	نمودار غلظت سولفات در برابر Q^2/D	۳/۸۵۶	۱/۳۶۸۲	۰/۹۵۴۵
۸	نمودار هدایت الکتریکی در برابر Q^2/D	۲/۹۱۳	۰/۵۳۶۶	۰/۸۷۰۸
۹	نمودار هدایت الکتریکی در برابر $Q^2/D^{0.5}$	۳/۴۷۱	۰/۱۶۰۶	۰/۹۷۰۹
۱۰	نمودار غلظت منیزیم در برابر $Q^2/D^{0.5}$	۳/۸۵۱	-۰/۴۸۸۰	۰/۹۵۴۲
۱۱	نمودار غلظت سدیم در برابر $Q^2/D^{0.5}$	۳/۸۶۰	۰/۷۴۳۳	۰/۹۵۴۷
۱۲	نمودار غلظت کلسیم در برابر $Q/D^{0.5}$	۴/۰۵۷	۱/۶۸۳۵	۰/۸۸۹۴
۱۳	نمودار غلظت منیزیم در برابر $Q/D^{0.5}$	۲/۶۸۲	-۰/۵۴۵۰	۰/۹۱۳۸
۱۴	نمودار غلظت سولفات در برابر Q/D^2	۳/۶۷۹	-۰/۶۱۸۰	۰/۹۰۳۹
۱۵	نمودار غلظت بی‌کربنات در برابر DI	۳/۱۵۳۱	۰/۴۹۴۷	۰/۷۸۷۷
۱۶	نمودار غلظت سولفات در برابر DI	۳/۰۵۲۴۹	-۰/۴۱۸	۰/۸۲۷۷
۱۷	نمودار غلظت منیزیم در برابر DI	۳/۵۶۲۴	۰/۳۶۸۳	۰/۸۹۲۷
۱۸	نمودار غلظت بی‌کربنات در برابر DI^2	۲/۵۷۱۱	-۱/۶۳۰۴	۰/۷۳۶۱
۱۹	نمودار غلظت سولفات در برابر DI^2	۲/۹۳۷۲	۲/۲۲۳۴	۰/۸۷۴
۲۰	نمودار غلظت منیزیم در برابر DI^2	۳/۹۵۲۷	-۰/۴۳۲	۰/۲۳۴۹
۲۱	نمودار غلظت بی‌کربنات در برابر $DI^{0.5}$	۳/۳۵۱۵۷	-۱/۲۴۲۱	۰/۸۶۹۲
۲۲	نمودار غلظت سولفات در برابر $DI^{0.5}$	۳/۲۳۸۵	۱/۱۹۹۷	۰/۹۰۹۳

جدول ۴-۱۳ - داده‌های غلظت فاقد نقاط پرت برای سطح معنی داری ۰.۹۵٪

ردیف	نمودار	Z_{α}	شیب	r-square
۱	نمودار غلظت سدیم در برابر $(Q/D)^{0.5}$	۲/۴۱۱۶	۰/۵۳۷۶	۰/۷۸۰۹
۲	نمودار غلظت سدیم در برابر $Q^{0.5}/D$	۲/۱۵۶۴	۰/۳۵۰۱	۰/۷۱۷۲
۳	نمودار غلظت بی‌کربنات در برابر $Q^{0.5}/D$	۲/۱۹۹۸	-۰/۷۶۱۰	۰/۷۲۹۰
۷	نمودار هدایت الکتریکی در برابر $Q^{0.5}/D$	۲/۳۲۳۰	۰/۹۲۲۵	۰/۷۶۰۳
۸	نمودار غلظت سولفات در برابر $Q^2/D^{0.5}$	۲/۴۳۶۹	۰/۵۱۲۳	۰/۸۸۰۳
۹	نمودار غلظت کلسیم در برابر $Q/D^{0.5}$	۲/۰۹۶۲	۱/۶۸۳۵	۰/۸۸۹۴
۱۰	نمودار هدایت الکتریکی در برابر $Q/D^{0.5}$	۲/۲۲۲۱	۳/۱۰۰۶	۰/۹۵۲۵
۱۱	نمودار غلظت سدیم در برابر Q/D^2	۱/۹۳۶۹	۱۷/۲۷۵	۰/۹۲۰۲
۱۲	نمودار غلظت کلسیم در برابر LOG (DQI)	۲/۰۲۷۵	۰/۵۵۸۰	۰/۹۳۳۰
۱۳	نمودار غلظت سولفات در برابر LOG (DQI)	۲/۴۴۳۹	۱/۸۵۸۱	۰/۸۸۱۴
۱۴	نمودار غلظت سدیم در برابر DI	۲/۹۳۲۲	-۰/۱۷۴۸	۰/۵۳۸۵
۱۵	نمودار غلظت کلسیم در برابر DI	۲/۳۹۳۴	-۰/۳۸۶۸	۰/۷۷۶۸
۱۶	نمودار غلظت کلسیم در برابر DI^2	۲/۲۲۲۰	-۱/۲۲۵۴	۰/۶۴۷۱
۱۷	نمودار هدایت الکتریکی در برابر DI^2	۲/۲۱۵۷	-۰/۳۳۲۵	۰/۶۴۵۳
۱۸	نمودار غلظت کلسیم در برابر $DI^{0.5}$	۱/۹۸۵۵	-۰/۷۴۲۵	۰/۵۷۵۴
۱۹	نمودار هدایت الکتریکی در برابر $DI^{0.5}$	۱/۸۵۹۲	-۰/۱۸۷۲	۰/۵۳۳۵

جدول ۴-۱۴ - داده‌های غلظت فاقد نقاط پرت برای سطح معنی داری ۹۰٪

ردیف	نمودار	Z_{α}	شیب	r-square
۱	نمودار غلظت کلسیم در برابر DQI	۱/۴۸۲۶	۲/۹۱۳۵	۰/۶۱۰۲
۲	نمودار هدایت الکتریکی در برابر DQI	۱/۳۰۲۷	۲/۱۰۴۷	۰/۵۲۷۷
۳	نمودار غلظت منیزیم در برابر $DI^{0.5}$	۱/۴۰۷۰۶	-۰/۴۳۳۴	۰/۴۵۰۱

۴-۵- تاثیر ساختمان چاه

برای تعیین درصد تاثیر ساختمان چاه بر روی آبدهی از معادله تعیین درصد تاثیر ساختمان چاه ارائه

شده در فصل سوم استفاده شده است، به این منظور پس از ترسیم نمودار

- منحنی پوششی نقاط را رسم نموده.
- برای ترسیم منحنی پوششی، بهترین حالت خط که از بین نقاط ترسیم شده است را با همان شیب حرکت داده تا هنگامی از همه نقاط عبور کرده و در سطح بالای نمودار قرار گیرد.
- سپس فاصله بین نقاط و خط پوششی محاسبه شده است.
- مقادیر محاسبه شده را در فرمول قرار داده و میزان تاثیر درصد تاثیر ساختمان چاه محاسبه می‌شود.

به این منظور از سه شاخص دبی - فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله و شاخص دبی به مربع فاصله استفاده شده است.

۴-۵-۱- شاخص دبی - فاصله

به منظور تعیین درصد تاثیر ساختمان چاه برای شاخص دبی - فاصله، ابتدا نمودار درصد کاهش آبدهی در برابر شاخص دبی - فاصله ترسیم شده است. و سپس با حرکت بهترین حالت خط به بالای

تمام نقاط موجود در نمودار، فاصله هر نقطه از خط پوششی تعیین شده است که شکل (۴-۸۷) نشان

دهنده نمودار درصد کاهش آبهی در برابر شاخص دبی- فاصله است.

در این شکل فاصله نقاط مورد نظر را بدست آورده و در فرمول قرار داده شده است در نتیجه درصد

تاثیر ساختمان تعیین شده است که در جدول (۴-۱۵) درصد تاثیر ساختمان ارائه شده است.

جدول ۴-۱۵- محاسبه درصد تاثیر ساختمان چاه

ردیف	نام چاه	فاصله خط تا محور (X)	فاصله خط تا نقطه چاه	درصد تاثیر ساختمان چاه
۱	S5	۲/۷۵	۰/۴	۱۴/۵
۲	M2	۲/۷۵	۱/۰	۳۶/۴
۳	G11	۲/۸	۱/۵	۵۳/۶
۴	M3	۲/۸	۱/۷	۶۰/۷
۵	M1	۲/۹	۱/۵	۵۱/۷
۶	G4	۳/۱	۲/۲	۷۰/۹
۷	G8	۳/۵	۰/۸	۲۲/۹
۸	G12	۳/۴	۱/۴	۴۱/۲
۹	G7	۳/۷۵	۰/۸۵	۲۲/۷
۱۰	G10	۳/۷	۱/۶	۴۳/۲
۱۱	G5	۴/۳	۱/۵	۳۴/۹
۱۲	G2	۴/۲۵	۲/۲۵	۵۲/۹
۱۳	S2	۵/۰	۱/۵	۳۰/۰
۱۴	G6	۵/۰	۱/۶۵	۳۳/۰
۱۵	S4	۵/۰	۰/۰	۰/۰

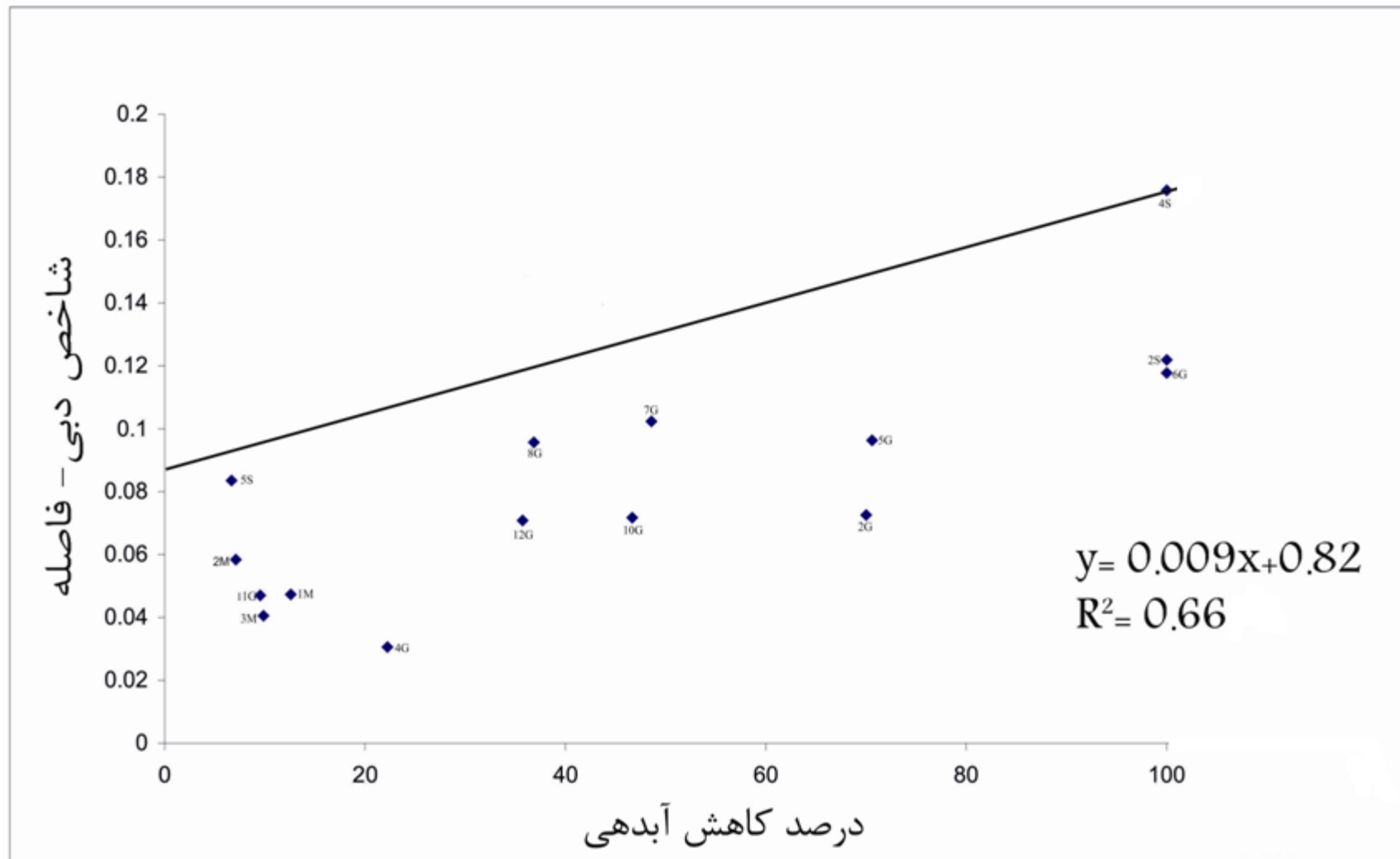
۴-۵-۲- شاخص مربع دبی به فاصله

برای تعیین درصد تاثیر ساختمان چاه، نمودار درصد کاهش آبدهی را در برابر شاخص مربع دبی به فاصله ترسیم نموده و بهترین خط ممکن را که از بین نقاط موجود در نمودار عبور داده و سپس خط را به بالای تمامی نقاط حرکت داده تا تمامی نقاط موجود را تحت پوشش قرار دهد سپس فاصله خط پوششی تا محور افقی و نقاط موجود تا خط پوششی محاسبه شده است.

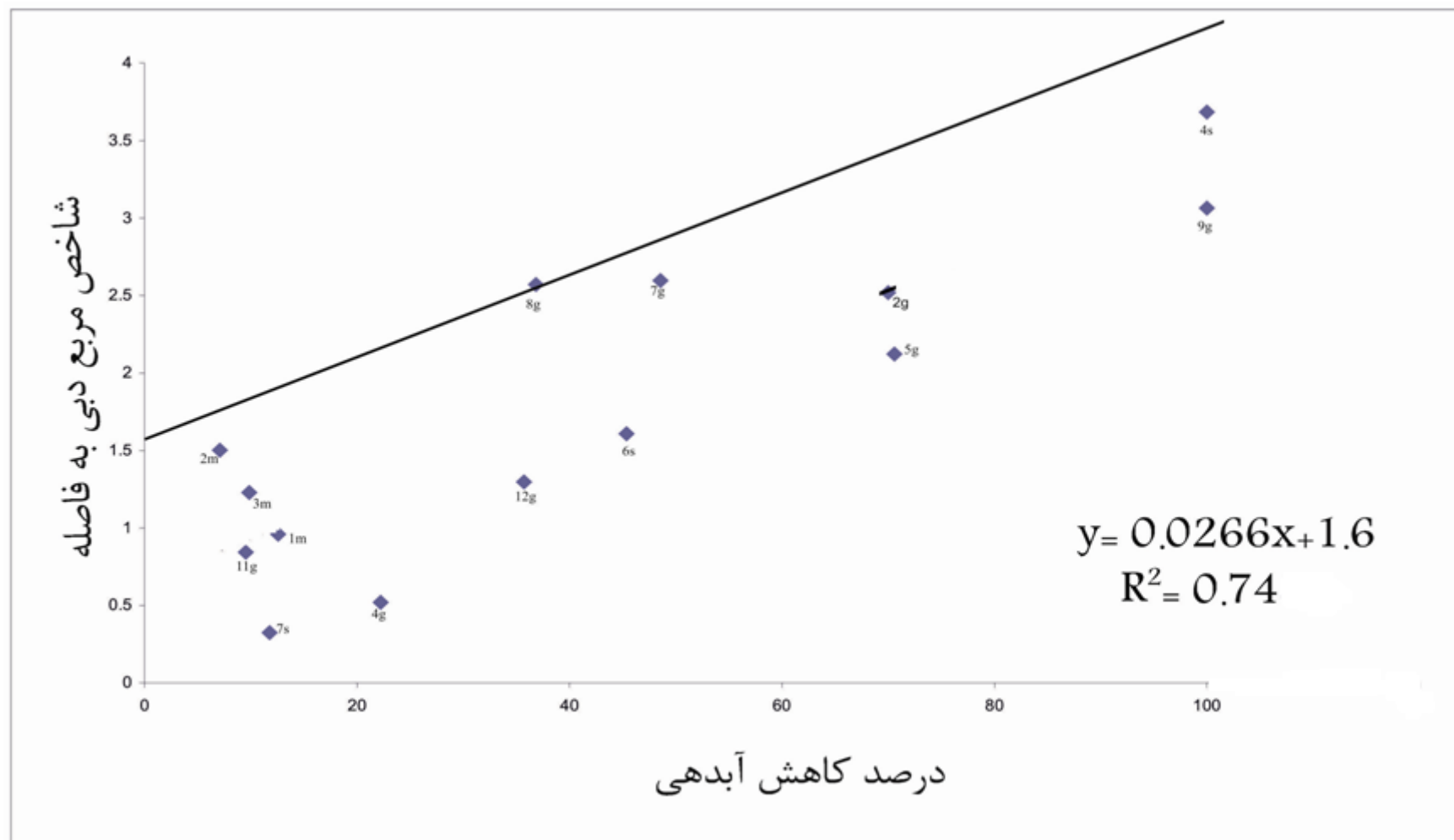
شکل (۴-۸۸) نمودار درصد کاهش آبدهی نسبت به شاخص مربع دبی به فاصله را نشان می‌دهد. از شکل (۴-۸۸) فاصله نقاط را بدست آورده و در فرمول قرار داده شده و درصد تاثیر ساختمان تعیین می‌گردد که در جدول (۴-۱۶) مقادیر محاسبه شده درصد تاثیر ساختمان ارائه شده است.

جدول ۴-۱۶- محاسبه درصد تاثیر ساختمان چاه

ردیف	نام چاه	فاصله خط تا محور (X)	فاصله خط تا نقطه چاه	درصد تاثیر ساختمان چاه
۱	M2	۲/۶	۰/۶	۲۳/۷
۲	M3	۲/۷	۰/۹	۳۳/۳
۳	G11	۲/۷	۱/۰	۳۷/۰
۴	M1	۲/۹	۰/۹	۳۱/۰
۵	S7	۲/۸	۲/۴	۸۵/۷
۶	G4	۳/۳	۲/۵	۷۵/۸
۷	G8	۳/۸	۰/۰	۰/۰
۸	G12	۳/۷	۱/۴	۳۷/۸
۹	S6	۴/۲	۱/۷	۴۰/۵
۱۰	G7	۴/۳	۰/۵	۱۱/۶
۱۱	G2	۵/۱	۱/۴	۲۷/۴
۱۲	G5	۵/۲	۲/۰	۳۸/۵
۱۳	S4	۶/۲	۰/۹	۱۴/۵
۱۴	G9	۶/۲	۱/۷	۲۷/۴



شکل ۴-۸۷- نمودار درصد کاهش آبدهی در برابر شاخص دبی - فاصله



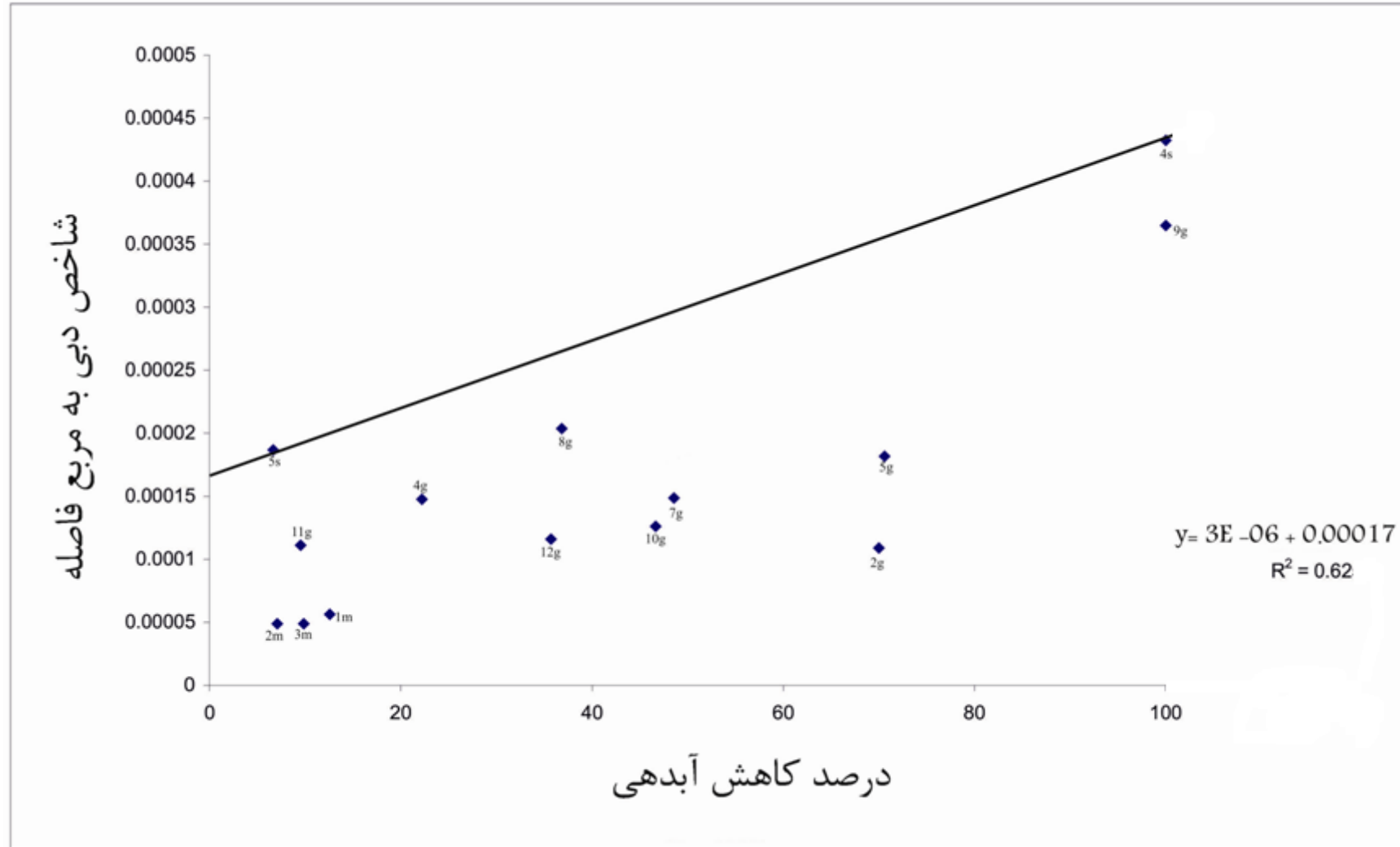
شکل ۴-۸۸- نمودار درصد کاهش آبدهی در برابر شاخص مربع دبی به فاصله

۴-۵-۳- شاخص دبی به مربع فاصله

نمودار درصد کاهش آبهی به شاخص دبی به مربع فاصله ترسیم شده است. بهترین حالت خط ممکن از میان نقاط موجود در نمودار عبور داده شده است. سپس این خط ترسیم شده را به بالای تمامی نقاط حرکت داده تا تمامی نقاط را تحت پوشش قرار دهد پس از عبور خط و ایجاد خط پوششی، فاصله خط پوششی جدید با محور مختصات و نقاط موجود در نمودار تا خط پوششی محاسبه شده است که در شکل (۴-۸۹) نمودار درصد کاهش آبهی نسبت به شاخص دبی به مربع فاصله را نشان می‌دهد. همانطور که این شکل نشان می‌دهد، فاصله نقاط محاسبه شده و در جدول (۴-۱۷) میزان فاصله خط، نقطه تا خط پوششی و میزان درصد تاثیر ساختمان بیان شده است.

جدول ۴-۱۷- محاسبه درصد تاثیر ساختمان چاه

ردیف	نام چاه	فاصله خط تا محور (X)	فاصله خط تا نقطه چاه	درصد تاثیر ساختمان چاه
۱	S5	۲/۲	۰/۰	۰/۰
۲	G11	۲/۳	۱/۰	۴۳/۵
۳	M2	۲/۲	۱/۶	۷۲/۷
۴	M3	۲/۳	۱/۷	۷۳/۹
۵	M1	۲/۵	۱/۸	۷۲/۰
۶	G4	۲/۷	۱/۰	۳۷/۰
۷	G8	۳/۲	۰/۸	۲۵/۰
۸	G12	۳/۱	۱/۷	۵۴/۸
۹	G7	۳/۶	۱/۸	۵۰/۰
۱۰	G10	۳/۵	۲/۰	۵۷/۱
۱۱	G5	۴/۳	۲/۱	۴۸/۸
۱۲	G2	۴/۲۵	۲/۹	۶۸/۲
۱۳	S4	۵/۳	۰/۰	۰/۰
۱۴	G9	۵/۳	۰/۹	۱۶/۹



شکل ۴-۸۹- نمودار درصد کاهش آبدهی در برابر شاخص دبی به مربع فاصله

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برای ارزیابی وضعیت آبدهی مجموعه چاه‌های موجود در یک مجموعه چاه (Well field) و عوامل موثر بر میزان آبدهی و کیفیت آن‌ها، شاخص‌های آماری جدیدی در این تحقیق ارائه شده است که نتایج حاصله از بکارگیری این شاخص‌ها در این فصل به طور خلاصه ارائه شده است. در انتها پیشنهادهایی جهت تحقیقات بیشتر ذکر شده است.

۵-۱- نتیجه‌گیری

در این بخش نتایج بررسی تاثیر شاخص‌های آماری بر آبدهی و کیفیت آب‌های زیرزمینی در یک مجموعه چاه ارائه شده است. علاوه بر این، چگونگی ارزیابی تاثیر ساختمان چاه بر روی آبدهی چاه نیز ذکر شده است.

۵-۱-۱- تاثیر شاخص‌های آماری بر میزان آبدهی و کاهش آبدهی

به خاطر تمرکز چاه‌های آب شرب در یک مجموعه چاه و تاثیرگذاری چاه‌ها بر روی یکدیگر، یکی از عواملی که تحت تاثیر قرار می‌گیرد، مقدار آبدهی چاه‌ها می‌باشد.

الف- تاثیر شاخص‌های آماری بر آبدهی چاه‌های مورد بررسی

نمودارهای ترسیم شده برای دو شاخص تعریف شده فاصله و دبی-فاصله می‌باشد که در زیر به طور

مختصر نتایج بدست آمده شرح داده شده است.

• تاثیر شاخص‌های فاصله بر آبدهی

ترسیم نمودارها و بررسی آنها نشان می‌دهد که شاخص‌های فاصله مورد استفاده با آبدهی رابطه معکوس داشته است به این معنی که هر چه مقدار شاخص زیاد شود مقدار آبدهی کم می‌شود. همانطور که شاخص‌های فاصله نشان می‌دهند هرچه فاصله چاه‌های مجاور به یکدیگر نزدیک باشد تاثیر چاه‌ها بر روی یکدیگر بیشتر شده و با برداشت آب از چاه‌های مجاور، مخروط افت چاه‌ها با یکدیگر تداخل پیدا کرده و در نتیجه افت آبخوان بیشتر می‌شود. با افزایش افت آبخوان مقدار آبدهی هر چاه کم شده است که این مسئله به وسیله شاخص‌های فاصله در نمودارهای ترسیم شده بیان شده است.

• تاثیر شاخص‌های دبی - فاصله بر آبدهی

نمودارهای شاخص‌های دبی - فاصله در برابر آبدهی نشان می‌دهد که با افزایش شاخص‌های مربع دبی - فاصله و لگاریتم دبی - فاصله مقدار آبدهی هر چاه کاهش می‌یابد به این ترتیب، شاخص‌های بیان شده دارای رابطه عکس با مقدار آبدهی هر چاه می‌باشند. برعکس، نمودارهای شاخص‌های دبی - فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله، شاخص مربع دبی به مجذور فاصله، شاخص مجذور دبی به فاصله، شاخص دبی به مجذور فاصله و شاخص لگاریتم دبی به فاصله نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر شاخص‌های محاسبه شده مقدار آبدهی چاه‌ها افزوده شده است و این امر به دلیل استاندارد نمودن داده‌ها در هنگام ترسیم نمودارها می‌باشد. به عبارتی هنگامی که چاه‌های مجاور در فواصل نزدیک یکدیگر باشند و یا مقدار دبی برداشتی هر چاه زیاد باشد افت چاه و آبخوان زیاد می‌شود و این امر سبب کاهش آبدهی مناسب هر چاه می‌شود و در نتیجه مقدار آب برداشتی از چاه کاهش می‌یابد و این امر در شاخص‌های

محاسبه شده شاخص مربع دبی - فاصله و همچنین شاخص لگاریتم دبی - فاصله کاملاً مشهود است.

ب- تاثیر شاخص های آماری بر کاهش آبدهی چاه های مورد بررسی

به منظور بررسی رابطه میان شاخص های محاسبه شده فاصله و دبی - فاصله با میزان کاهش آبدهی نمودارهای شاخص ها با کاهش آبدهی ترسیم شده است که در زیر به شرح تفسیر نمودارها پرداخته می شود.

• تاثیر شاخص های فاصله بر کاهش آبدهی

همانطور که ذکر گردید با تداخل مخروط افت چاه های نزدیک به یکدیگر، افت زیاد شده و در نتیجه آبدهی چاه کاهش می یابد که این امر در مدت زمانی که چاه های آب شرب منطقه مورد مطالعه در حال برداشت است کاملاً قابل مشاهده می باشد. به عبارتی، میزان آبدهی چاه های مجاور نسبت به زمان ابتدای برداشت کاهش یافته است. به این منظور نمودارهای شاخص های فاصله در برابر مقادیر کاهش آبدهی ترسیم شده است. با بررسی این نمودارها مشخص شده است که شاخص فاصله و شاخص مربع فاصله با افزایش میزان شاخص محاسبه شده مقادیر کاهش آبدهی افزایش یافته است که این امر نشان می دهد که چاه ها با فاصله نزدیک به یکدیگر قرار دارند و این نزدیکی سبب شده است که افت بیشتر شود. در نتیجه با افزایش افت مقدار آبدهی کم تر می شود ولی شاخص مجذور فاصله در نمودارها نشان می دهد که با افزایش میزان فاصله، مقدار کاهش آبدهی نمودار کم شده است. به این معنی که هر چه مقدار شاخص زیاد شود آبدهی نیز زیاد می شود.

• تاثیر شاخص های دبی - فاصله بر کاهش آبدهی

در مجموعه چاه ها، افزایش مقدار دبی برداشتی از هر چاه سبب می شود که در چاه و آبخوان افت

زیاد شود و با افزایش افت، مقدار آبدهی کاهش می‌یابد. در نتیجه تاثیر تداخل مخروط افت چاه‌ها بیشتر شده که این امر نیز به نوبه خود منجر به افت بیشتر سطح آب و کاهش آبدهی چاه‌ها می‌شود. بنابراین، دو عامل موثر بر کاهش آبدهی چاه‌ها شامل دبی چاه‌ها و فاصله آن‌ها از یکدیگر می‌باشد. بررسی نمودارهای ترسیم شده شاخص‌های دبی - فاصله با کاهش آبدهی نشان می‌دهد که شاخص‌های دبی - فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله، شاخص مربع دبی به مجذور فاصله، شاخص لگاریتم دبی به فاصله و مربع شاخص دبی - فاصله با کاهش آبدهی چاه‌ها دارای رابطه مستقیم می‌باشد. به این ترتیب که با افزایش میزان شاخص‌های مذکور مقادیر کاهش آبدهی نیز افزایش یافته است. برعکس موارد ذکر شده، شاخص لگاریتم دبی - فاصله با کاهش آبدهی دارای رابطه عکس می‌باشد. به این معنی که با افزایش شاخص ذکر شده مقدار کاهش آبدهی نیز کاهش یافته است.

با توجه به مطالب ذکر شده در بخش (۵-۱-۱) می‌توان اینگونه ذکر کرد که در یک مجموعه چاه به علت برداشت بیش از حد و همچنین نزدیک بودن فاصله میان چاه‌ها، مخروط افت‌های ایجاد شده با یکدیگر تداخل نموده و در نتیجه افت در هر چاه افزایش پیدا کند. افزایش افت در هر چاه به نوبه خود باعث می‌شود که مقدار آبدهی هر چاه کاهش یابد. بررسی شیب و ضریب همبستگی نمودارهای مربوطه و همچنین تعیین سطح معنی‌داری ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد برای داده‌های بدست آمده در جداول مختلفی رسم شده است و برای تفسیر آن تنها داده‌هایی مورد قبول می‌باشد که دارای شیب و ضریب همبستگی زیاد می‌باشد. سطح معنی‌داری محاسبه شده بیانگر این است که شاخص‌های Q^2/D , DQI , $Q^2/D^{0.5}$ بهترین شاخص‌هایی هستند که می‌توانند برای ارزیابی اثر دبی بر کاهش آبدهی در یک مجموعه چاه بکار گرفته شوند.

۵-۱-۲- تاثیر شاخص‌های آماری بر کیفیت آب

از آنجایی که هدایت الکتریکی به عنوان نماینده اصلی میزان املاح آب بکار می‌رود و تفسیر نتایج مربوط به این پارامتر منطقی‌تر و کاربردی‌تر می‌باشد، در این بخش به رابطه شاخص‌های آماری با این پارامتر مهم کیفی بسنده می‌شود. با عنایت به این که در مجموعه چاه‌ها افت سطح آب زیاد است، این پارامتر کیفی هم تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در بخش‌های زیر رابطه بین شاخص‌های مختلف با هدایت الکتریکی به طور مختصر ارائه خواهد شد.

• تاثیر شاخص‌های فاصله بر میزان هدایت الکتریکی

نتایج بدست آمده از رابطه شاخص‌های فاصله و شاخص مربع فاصله نشان می‌دهد که هرچه بر میزان شاخص‌های محاسبه شده افزوده شود مقادیر هدایت الکتریکی کم شده به عبارتی با افزایش این شاخص‌ها میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده کم می‌شود. برعکس شاخص‌های ذکر شده، رابطه هدایت الکتریکی با شاخص مجذور فاصله نشان می‌دهد که با افزایش میزان شاخص مورد نظر مقدار هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد.

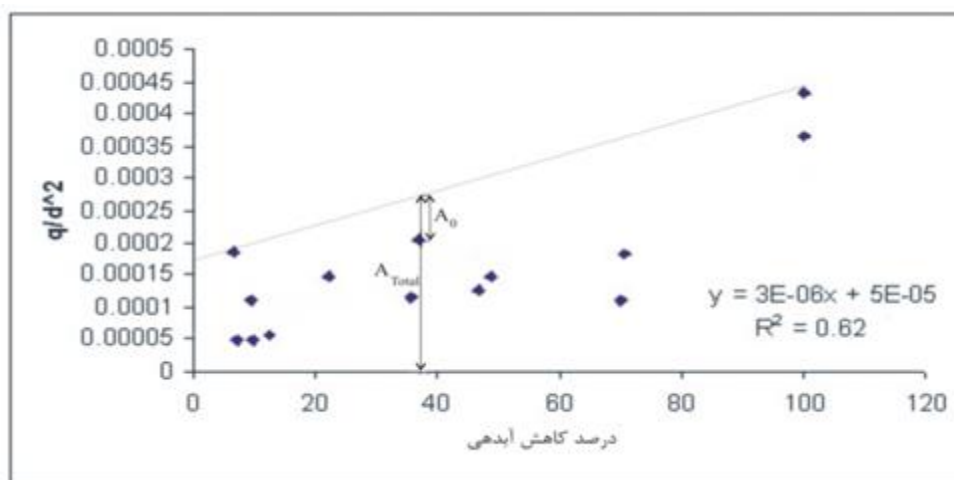
• تاثیر شاخص‌های دبی- فاصله بر میزان هدایت الکتریکی

با بررسی نتایج بدست آمده، رابطه شاخص‌های دبی- فاصله در برابر هدایت الکتریکی نشان می‌دهند که شاخص دبی- فاصله، شاخص مربع دبی- فاصله، شاخص مربع دبی به فاصله، شاخص دبی به مربع فاصله، شاخص مجذور دبی به مربع فاصله، شاخص مربع دبی به مجذور فاصله، شاخص مجذور دبی به فاصله و شاخص دبی به مجذور فاصله با هدایت الکتریکی رابطه مستقیم دارد. با افزایش میزان شاخص‌های ذکر شده مقادیر هدایت الکتریکی افزایش یافته و این امر نشان دهنده این است که شاخص‌های ذکر شده با هدایت الکتریکی دارای رابطه مستقیم می‌باشد.

در نتیجه افزایش میزان شاخص‌های ذکر شده به دو دلیل می‌باشد. یک از دلایل دبی برداشتی زیاد از چاه می‌باشد و همچنین دلیل دوم فاصله نزدیک چاه‌های مجاور به چاه مورد نظر می‌باشد. که تاثیر هر کدام از دو عامل فوق سبب افت زیاد و تغییر کیفیت آب در آبخوان می‌شود. برعکس شاخص‌های ذکر شده، رابطه هدایت الکتریکی با شاخص لگاریتم دبی به فاصله عکس می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که با محاسبه مقادیر شیب و ضریب همبستگی هر نمودار، نمودارهایی که دارای مقادیر شیب و ضریب همبستگی بالایی را شامل می‌شود (سطح معنی‌داری ۰.۹۹٪) مورد قبول می‌باشد. و ملاحظه می‌شود که پارامتر هدایت الکتریکی با شاخص مربع دبی به فاصله (Q^2/D) بیشترین همبستگی را نشان می‌دهد. بنابراین، می‌توان این چنین اظهار نظر نمود که هر چه مجموعه چاه‌ها بر اساس شاخص مذکور (Q^2/D) فشرده‌تر باشد، تاثیر بیشتری بر روی کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌نماید.

۵-۱-۳- تاثیر ساختمان چاه

به منظور ارزیابی تاثیر ساختمان چاه بر کاهش آبدهی چاه‌ها یک شیوه جدیدی در فصل سوم ارائه شده است (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵- رابطه شاخص دبی- فاصله با کاهش آبدهی چاه‌ها و نحوه برآورد درصد تاثیر ساختمان چاه (شکل ۲-۳)

با توجه به ارزیابی انجام شده و با عنایت به شکل (۵-۱) ملاحظه می‌شود که هر چه شاخص دبی به مربع فاصله (Q/D^2) بیشتر باشد، درصد کاهش آبدهی چاه‌ها هم بیشتر می‌شود. بنابراین نقاطی که دقیقاً روی خط پوششی واقع می‌شوند، اینگونه می‌توان اظهار نظر کرد که تاثیر ساختمان چاه تقریباً صفر می‌باشد. از آنجایی که داده‌های موجود نسبت به خط پوششی انحراف‌هایی را نشان می‌دهند، بر اساس مقدار این انحراف‌ها معادله‌ای ارائه شده است که بر اساس آن درصد تاثیر ساختمان چاه تعیین شده است. به این ترتیب که هر چه مقدار انحراف بیشتر باشد، تاثیر ساختمان چاه بیشتر خواهد بود.

۵-۲- پیشنهادها

با عنایت به کارهای انجام شده در این تحقیق و کاستی‌هایی که در خصوص اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی علل تخریب چاه لازم است موارد زیر پیشنهاد می‌شود.

- یکی از عوامل مهم در کاهش آبدهی و افت چاه، نامناسب بودن ساختمان چاه و همچنین استفاده از صافی شنی غیرمناسب می‌باشد. به منظور طراحی مناسب صافی شنی برای جلوگیری از ورود مواد ریز دانه به درون چاه، ابتدا باید منحنی دانه‌بندی آبخوان تعیین شود و با تعیین منحنی دانه‌بندی آبخوان و تعیین اندازه تقریبی ذرات در اطراف چاه مورد نظر صافی شنی مناسب برای چاه طراحی و استفاده شود.
- اندازه‌گیری پیوسته سطح آب چاه‌های موجود در مجموعه چاه به منظور ارزیابی مقدار افت در چاه‌های مختلف.
- اندازه‌گیری پیوسته دبی چاه‌ها به منظور ارزیابی تغییرات دبی در چاه‌های مختلف.
- اندازه‌گیری مقادیر هدایت الکتریکی چاه‌ها به منظور ارزیابی تغییرات هدایت الکتریکی در چاه‌های مختلف
- تعیین فواصل حریمی مناسب و توجه به عدم تاثیر افت چاه بر روی یکدیگر.

منابع

- آل خمیس.ر.، کریمی نسب. س.، آریانا. ف.، ۱۳۸۵، بررسی تاثیر نشست حاصل از تخلیه آب زیرزمینی بر روی لوله جدار، آب و فاضلاب شماره ۶۰، ۱۲ صفحه.
- افتخار نژاد، ج.، ۱۳۵۹، تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲، ۲۵ صفحه.
- اصغری مقدم، ا.، افزون، م.، ۱۳۷۴، مطالعه علل تخریب ساختمان چاه‌های آب در حوضه آبگیر تلخه رود استان آذربایجان شرقی، مجموعه مقالات دومین همایش زمین شناسی ایران، ۱۱ صفحه.
- پیشنمازی، س.ا.، ۱۳۷۷، نقش آب و کنترل خوردگی در صنایع، انتشارات ارکان اصفهان، ۴۴۸ صفحه.
- پیکری، م.، ارجمند، م.، ۱۳۸۳، مبانی تصفیه آب، انتشارات ارکان، ۴۰۰ صفحه.
- ترابی، ع.، ۱۳۷۸، بررسی روند شور شدن آب‌های زیرزمینی شمال دشت کاشان، مجله بیابان، ۲۴ صفحه.
- خلخالی، غ.، ۱۳۶۴. خوردگی و جرم گرفتگی در چاه‌های آب، انتشارات وزارت نیرو، ۱۱۷ صفحه.
- خلخالی، غ.، ۱۳۷۳، ویژگی‌های طبیعی منابع آب زیرزمینی و اهمیت آن در ایران، مجموعه مقالات کنفرانس ملی منابع آب زیرزمینی، سیرجان، ۱۳ صفحه.

- خلیلی پور، ا، ۱۳۸۱، بررسی روند کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت قم و تاثیر آن بر بیابان زایی منطقه، دانشگاه تهران، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۶، شماره ۲، صفحه ۲۳۴-۲۵۴.
- خیابانی، ن.، ۱۳۶۷، بهره‌برداری موثر و طولانی از چاه‌های آب با سرویس و نگهداری از آن‌ها، مجله رشد آموزش زمین‌شناسی، سال چهارم، شماره ۱۴-۱۵.
- دیانتی تیلیکی، ر.، ۱۳۸۸، بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی و سختی آب‌های زیرزمینی در منطقه ساحلی شهرستان ساری، دوازدهمین همایش بهداشت محیط ایران، ۱۴ صفحه.
- رحمانیان، د.، ۱۳۶۵، نشست زمین و ایجاد شکاف بر اثر تخلیه آب‌های زیرزمینی در کرمان، مجله آب، ۴۲ صفحه.
- رهنما راد، ج.، فیروزان، م.، ۱۳۸۱، بررسی تاثیرات پدیده متناوب خشکسالی و فرسایش بر ساختمان‌ها در پهن دشت سیستان، نشریه ژئوتکنیک و مقاومت مصالح، شماره ۸۸، صفحات ۳۹-۳۰.
- سازمان بهداشت جهانی، ۱۳۷۵، رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی، ترجمه مهندس رامین نبی‌زاده. انتشارات نص، ۱۹۶ صفحه.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۸۹، یافتن روش‌های مناسب برای کاهش ماسه‌دهی چاه‌های آب روستایی، گروه مطالعات آب‌های زیرزمینی، ۳ صفحه.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۸۱، هیدروگراف واحد دشت‌های استان کرمان، گروه مطالعات آب‌های زیرزمینی.

- شرکت لویز برجر، ۱۳۵۴، مطالعات آب زیرزمینی دشت گرگان.
- شمسایی، ا.، ۱۳۸۱، هیدرولیک جریان آب در محیط‌های متخلخل (جلد دوم: مهندسی آب‌های زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۵۶۰ صفحه.
- صداقت، م.، ۱۳۸۵، زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۶۸ صفحه.
- عباس نژاد، ا.، ۱۳۷۳، بررسی شرایط و مسائل زمین‌شناسی محیط زیست دشت رفسنجان، فشرده مقالات دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، صفحات ۳۱۰-۳۰۳.
- فاطمی عقدا، م.، نخعی، م.، بیت‌الهی، ع. و علیاری، ع.، ۱۳۸۰، بررسی مکانیزم تشکیل فروچال‌های دشت مرکزی همدان، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، جلد دوم، صفحات ۷۰۱-۶۹۳.
- فراستی، م.، معاضد، ه. و دلقندی، م.، ۱۳۸۷، بررسی خاصیت خورندگ و رسوب‌دهی آب‌های زیرزمینی مطالعه موردی آب‌های زیرزمینی محدوده شهرستان شوشتر، کنفرانس سراسری مدیریت جامع بهره‌برداری آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۹ صفحه.
- فرجی، ع.، ۱۳۸۷، بررسی روش‌های حفاری چاه‌های اکتشافی و پی‌زومترها و دستورالعمل روش تکمیل فرم‌های مصوب حفاری وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۴۶ صفحه.
- کردرستمی، م.، ۱۳۷۲، تهاجم و پیشروی آب شور دریا در آبخوان ساحلی دشت ساری-نکا، پایان نامه کارشناسی ارشد آب‌های زیرزمینی، دانشگاه خواجه نصیر، ۱۵۰ صفحه.

- کریمی نسب، س. ۱۳۸۳، گزارش تحقیقی پروژه بررسی علل گسیختگی لوله جدار چاه‌های آب شرب مشهد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۰ صفحه.
- لشکری پور، غ.، غفوری، م.، سویزی، ز. و پیوندی، ز.، ۱۳۸۴، افت سطح آب زیرزمینی و نشت زمین در دشت مشهد، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صفحه ۱۲۴-۱۳۲.
- لطفی صدیق، ا.، ۱۳۷۴، هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی. انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، ۶۰۱ صفحه.
- محمدی، ض.، ۱۳۸۸، بررسی علل شوری و تخریب کیفیت آب زیرزمینی در محدوده دیر-آبدان، استان بوشهر، شرکت سهامی آب منطقه ای بوشهر، ۹ صفحه.
- مهندسین مشاور خزر آب، ۱۳۸۵، طرح تامین آب شرب درازمدت شهر گرگان (سازند سخت)، شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۲۰۰ صفحه.
- مهندس مشاور فارساب، ۱۳۸۷، بررسی ایجاد تشکل‌های آب‌بران و مطالعات بیلان و پیشنهاد ممنوعیت و آزادسازی مناطق (مطالعات زمین شناسی و ریخت شناسی)، شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۱۰۰ صفحه.
- یهودیان، ج.، ۱۳۸۰، آمار و احتمال مقدماتی، انتشارات آستان قدس، چاپ چهاردهم، ۲۰۰ صفحه.

- Assereto, R., 1963, The Paleozoic Formations in Central Elburz (Iran) – Riv. Ital. Paleont. Vol.lxix, No.4, 503-543.

- AWWA. 1997, Standard for water wells. Denver Colo.: American Water Works Association, A 100-97.
- A.L.C, Technical Data: Blue Sheet– Stainless Steels: Chromium- Nickel,1998, Allegheny Ludlum Corporation
- Bozorgnia, F. 1973, Paleozoic foraminiferal biostratigraphy of central and east Alborz Mountains, Iran. N. I. O. C., Geol. Labs., Publ. no. 4, 185 p.
- Bradford, W., (Online Edition, 2009), Ground Water Handbook, originally published in 1987.
- Bruno, M.S. 2001, “Geomechanical analysis and decision for mitigation related casing damage.”SPE 71695.
- Buyalski, Clark P. 1986, Gravel Pack thickness for ground water wells report no.1, Hydraulics Branch Division of Research and Laboratory Services Engineering and Research Center Denver, Colorado.
- Carminati, E., & Martinelli, G., 2002, Subsidence rates in the Po Plain, northern Italy: the relative impact of natural and anthropogenic causation. Engineering Geology, 66:241-255.
- Carruth, R.L. Pool, D. R. 2005, "Land Subsidence and Aquifer Compaction in the Tucson Active Management Area, South-Central Arizona 1987–2005", United States Geological Survey.
- Clear Creek Associates, PLC, 2003, “Sun City and Sun City West Well Field Analysis, Surprise, Arizona”.
- Chatterjee, R.S., Funeau, B., Rudant, J.P., Roy, P.S., Frison, P.L., Lakhera, R.C., Dahwal, V.K., Saha, R., 2006, Subsidence of Kolkata (Calcutta) city, India during 1990s as observed from spacing differential synthetic aperture radar interferometry (D-InSAR) technique, Remote Sensing of Environment, 102: 176-185.

- Cooper, H.H. and C.E. Jacob, 1946, A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, Am. Geophys. Union Trans., vol. 27, p. 526-534
- DeSilva, F.V., Debande, G.F., Pereira, C.A., Plischke, B., 1990, Casing collapse analysis associated with reservoir compaction and overburden subsidence. SPE 20953 presented at Europec 90, The Netherlands.
- Doland, H.L., 1966, Analysis and Application of step- Drawdown Test, Journal of The Hydraulics Division.
- Driscoll, F., 1986, Groundwater and Wells, Johnson Division, St. Paul, Minnesota.
- Environmental Protection Agency (EPA), 1976, Manual of Water Well Construction Practices, EPA Office of Water Supply, EPA-570/9-75-001.
- Evans, D.W., and Pool, D.R., 2000, Aquifer compaction and ground-water levels in south-central Arizona: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4249, 54 p.
- Fletcher.1986, Groundwater and wells, Johnson Division, 1089p.
- Forge, V., 2006, certa-lok™ well casing, CertainTeed Corporation.
- Fredrich, J.T., Arguello, J.G., Deitrick, G.L., de Rouffignac, E.P, 2000, Geomechanical modeling of reservoir compaction, surface subsidence, and casing damage at the Belridge field, paper SPE.
- Frenier, F.B. Growcock, V.R. Lopp, 1998, Inhibition of Steel Corrosion in HCl by Derivatives of Cinnamaldehyde: Part II. Structure—Activity Correlations, Corrosion Science, 9p.
- Galloway, D.L., Jones, D.R., and Ingebritsen, S.E., 1999, Land subsidence in the United States: U.S. Geological Survey Circular 1182, 175 p

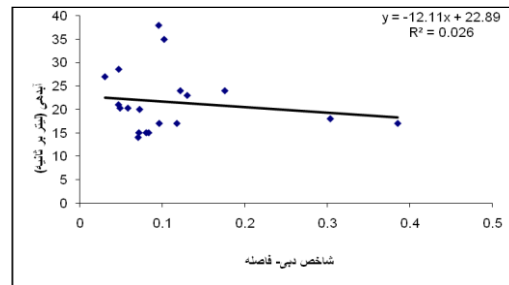
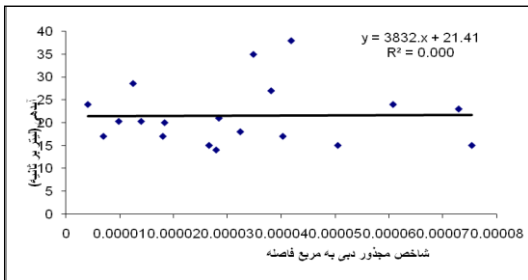
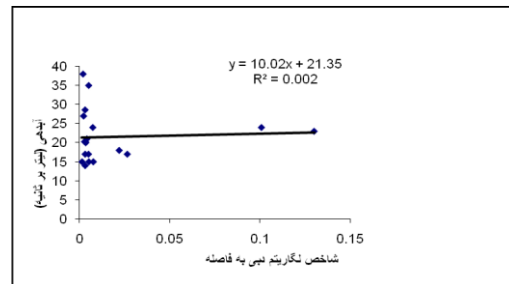
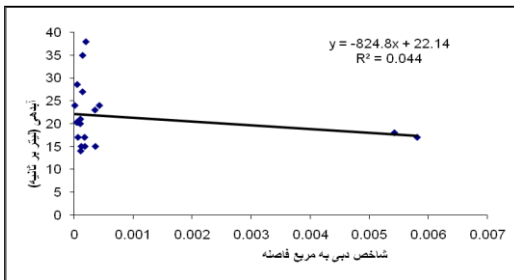
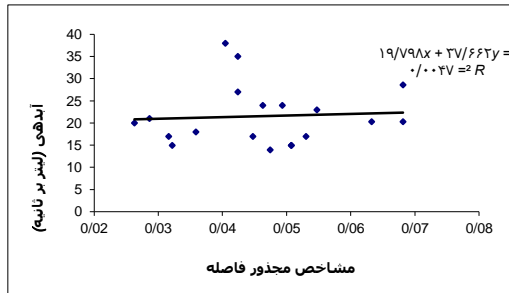
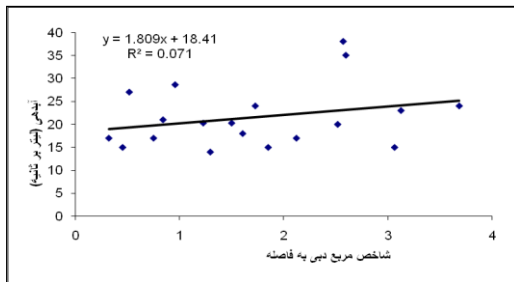
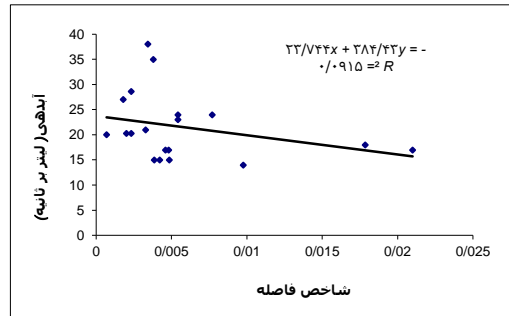
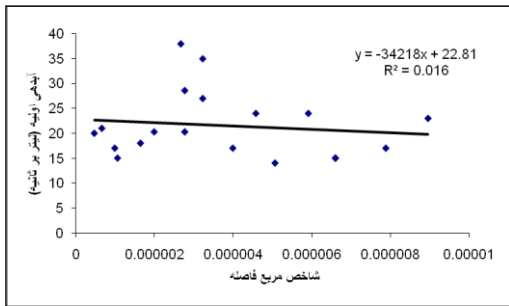
- Governor, Ted Strickland , Sean D. , Chief ,Deborah Hoffman., 1993, Ohio Department of Natural Resources Division of Water Water Resources Program, Website: <http://www.dnr.state.oh.us/water>
- Howsam P., 1990, Water wells.E &.F.N.Spon.422p.
- Johnson AI, 1991, Preface. In: Land Subsidence, International Association of Hydrological Sciences, Publication No 200.
- Kruseman, G.P., and de Ridder, N.A., 1990, Analysis and evaluation of pumping test data (Second edition): International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 377 p.
- Larson, K.J., Barasaolu, H., and Mariño, M.A., 2001. “Prediction of optimal safe groundwater yield and land subsidence in the Los Banos-Kettleman City area, California, using a calibrated numerical simulation model.” J. Hydrology, 242, 79–102p.
- Lofgern, B.E., 1969, Field measurement of aquifer system compaction, Sanjoaquin Balley, California,U.S.A. Proc. of Tokyo, Symp. on Land subsidence, IASH-UNSCO, pp.272-284.
- Migahed, M.A., El-Shafei, A.A., Morsi, M.A., 2002, Egyptian Journal of Chemistry 45 (3) 587.
- Misstetear, B., Banks, D., Clark. L., 2006, Water Wells and Boreholes, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
- Mousavi, S. M, Shamsai, A., El Naggar, M. H., Khamehchian, M., 2001. A GPS-based monitoring.
- Mousavi. S.M., Shamsai. A., Khamehchiyan. M., 1998. Land subsidence in Rafsanjan plain, Iran, Proc.Conf. IAEG, 2395-2400 p.

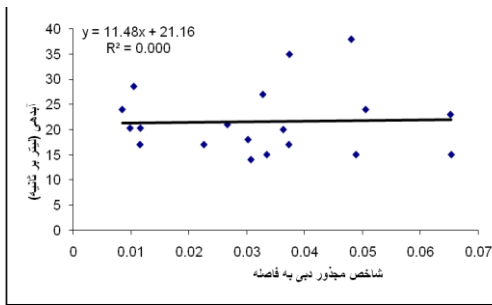
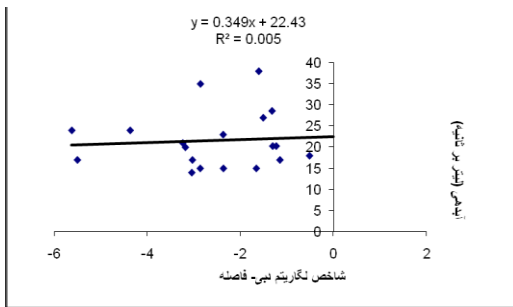
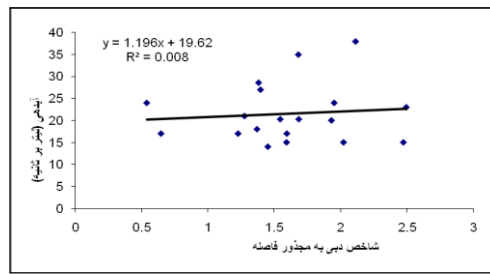
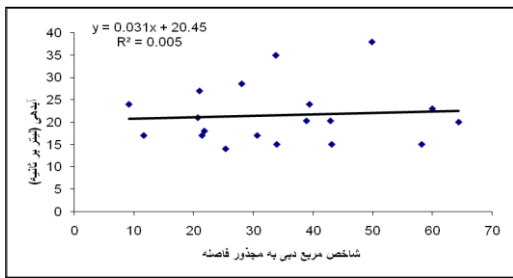
- National Ground Water Association (NGWA), 1998, Manual of Water Well Construction Practices, 2nd Edition.
- Nyman, D.J., and Fayard, L.D., 1978, Ground-water resources of Tangipahoa and St. Tammany Parishes, southeastern Louisiana: Louisiana Department of Transportation and Development, Office of Public Works Water Resources Technical Report no. 15, 76 p.
- Ortega-Guerrero, A., Rudolph, D.L., and Cherry, J.A. 1999, “Analysis of long-term land subsidence near Mexico City: Field investigations and predictive modeling.” Water Resources Research, 35 (11), 3327–3341.
- Phien-Wej, N., Giao. P.H., Nutalaya, P. 2006, Land subsidence in Bangkok Thailand, Engineering Geology, 82: 187-201.
- Poland, J.F., 1981, The occurrence and control of land subsidence due to groundwater withdrawal with special reference to the San Joaquin and Santa Clara Valleys, California, Ph.D Dissertation, Stanford University, Palo Alto, California.
- Rahnama, M., Mirabbasi, R., 2009, Effect of groundwater table decline on groundwater quality in sirjanwatershed, The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 35, Number 1B.
- Raffery, k. 2001, Specification of Water Wells, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- R.MC.(Roscoe Moss Company), 2008, Selection of Steel Casing and Well Screen for Brackish Ground Water Production Boreholes, Technical Information, www.roscoemoss.com
- Roscoe Moss Co. (RMC), 1990, Handbook of Ground Water Development : John Wiley & Sons, Inc., New York, NY

- R.M.C.([Roscoe Moss Company](#)), 1989, Handbook of groundwater development, 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York.
- Saucier, R.J., Shell Oil Co., 1974, Considerations in Gravel Pack Design, Journal of Petroleum Technology, 205-212.
- Schumann, H.H., and Anderson, S.R., 1988, Land-subsidence measurements and aquifer-compaction monitoring in Tucson Basin and Avra Valley, Arizona: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 88–4167, 15 p
- Scott, R.F., 1979, Subsidence-revaluation and prediction of subsidence, Ed. By Saxema, S, k., Proc. Conf. ASCE, Gainesville, pp 1-25.
- Shawartz D.H., 1969, Successful sand control design for high rate oil & water wells, SPE 2330, Vol. 21, pp. 93-98.
- Sterrett, Robert, 2007, Groundwater and Wells: Third Edition. Johnson Screens/a Weatherford Company. St. Paul, Minnesota.
- Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran: A review. AAPG Bull., 52(7), 1229–1258.
- Stocklin, J. and M. H. Nabavi 1973., Tectonic map of Iran, scale 1:2,500,000, Geological Survey of Iran. Tchalenko, J. S. and J. Braud 1974. Seismicity and structure of the Zagros (Iran): the main recent fault between 33 and 35N, *Phil. Trans. Roy. Sac. Lond.* 227, 1-25.
- Stone, A., 2003, Well casing or plastic, The American well owner, *Number 4*, American Ground Water Trust - Independent Authority on Ground Water.
- Terzaghi, K., and R. B. Peck, 1948, Soil Mechanics in Engineering Practices, John Wiley and Sons, New York, NY.
- Titetze, E., 1877, Ein Ausflug nach dem Siahkuh (Schwarzer Berg) in Persien.Mitt.geogr. Ges.Wien. (N.F.)18/8,pp.257-267.

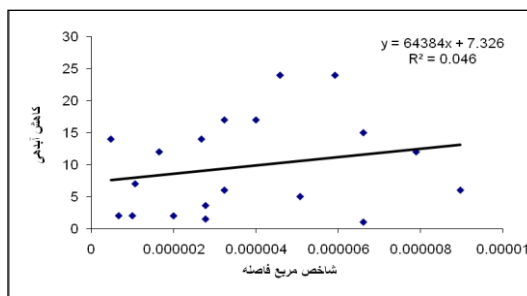
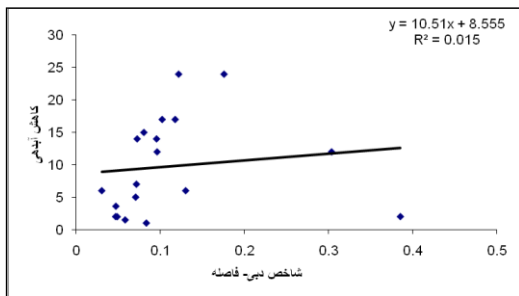
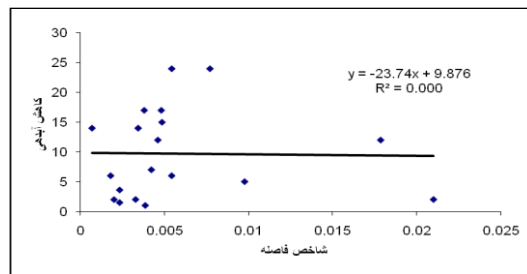
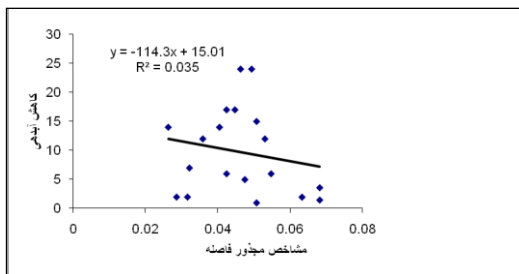
- Theis, C. V. 1935, “The relation between lowering of the piezometric surface and rate and duration of discharge of a well using groundwater storage.” *Transactions of the American Geophysical Union*, 16, 519-524.
- Tomaszewski, Dan J., K. Lovelace, J., 2005, Effects of Hurricane Katrina’s Storm Surge on the Quality of Shallow Aquifers near the Northern Shoreline of Lake Pontchartrain, Southeastern Louisiana, Science and the Storms: the USGS Response to the Hurricanes.
- Todd, D.K., 1980, Ground-water hydrology (Second Edition): John Wiley and Sons, New York, 535 p.
- Todd, D.K. 2004. Ground water hydrology. second Edition, John Wiley and Sons, Leake, S. A., 2004.
- Troxell, G. E., Davis and j.w.Kelly. 1968. Composition and Properties of Concrete. McGraw- Hill Book Co., New York, Ny.
- Vudovich and L.V. Chin, Phillips Petroleum Co.; and D.R. Morgan, Phillips Petroleum Co. Norway, 1988, Casing Deformation In Ekofisk, Offshore Technology Conference, Houston, Texas.
- Walton, W.C., 1962, Selected analytical methods for well and aquifer evaluation. Illinois State Water Survey Bulletin 39.
- Wilson, P., 1995, Monitoring well design and construction for hydrogeologic characterization, The California Environmental Protection Agency.
- Zhou, G.Y., & Esaki, T.J., 2003, GIS based spatial and prediction system development for regional land subsidence hazard mitigation *Environmental Geology*, 44:665-678.

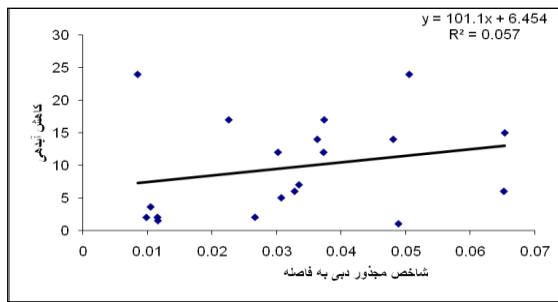
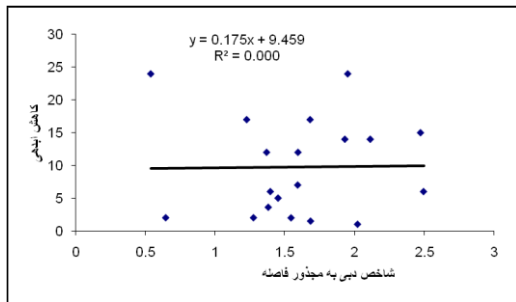
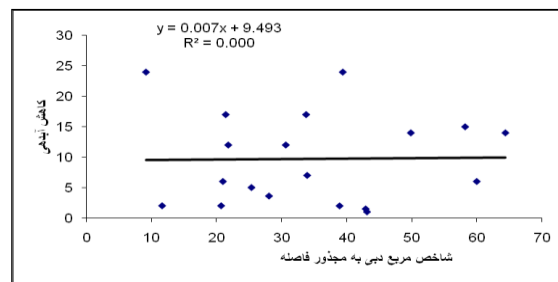
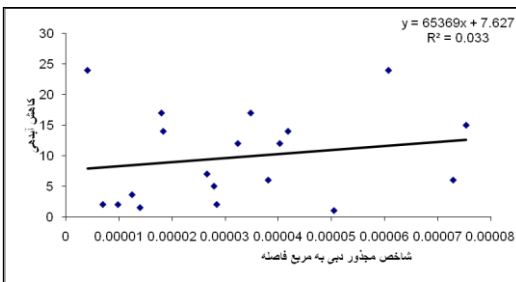
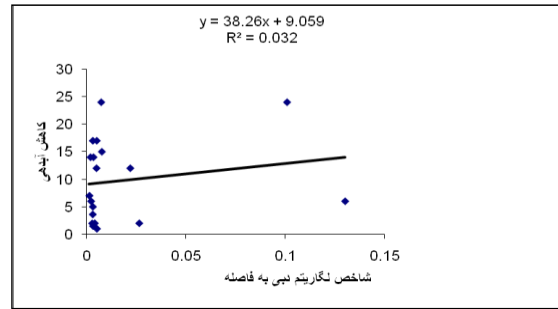
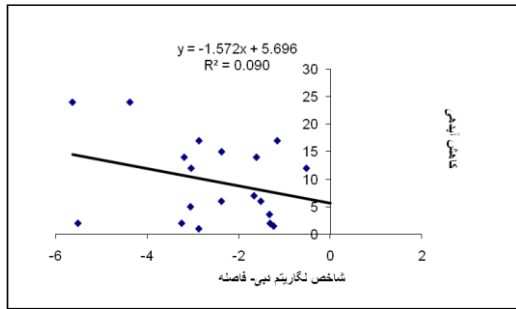
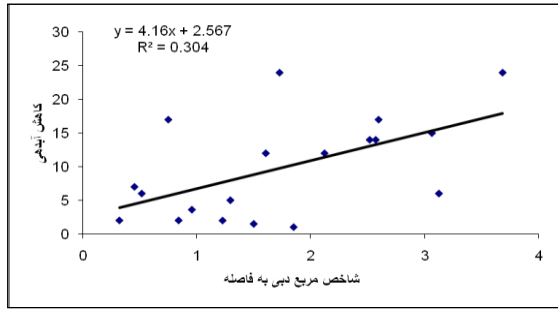
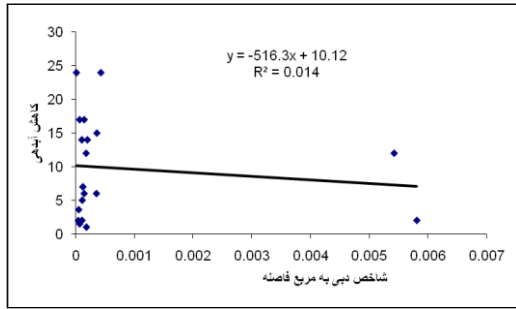
نمودارهای اولیه شاخص‌های فاصله و دبی - فاصله با مقادیر آبدهی



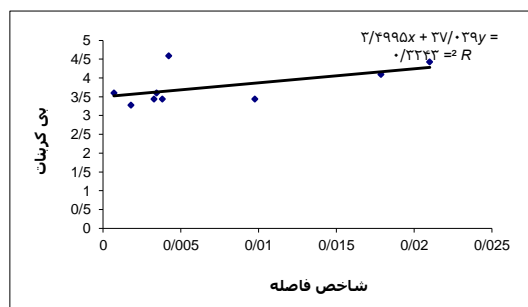
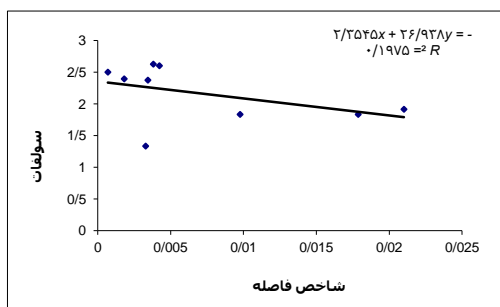


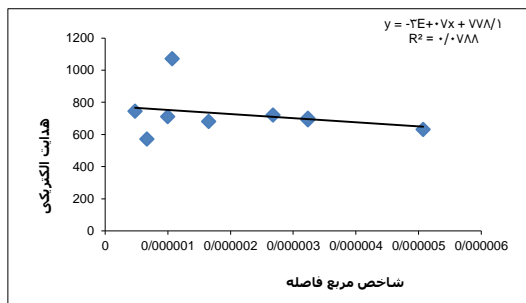
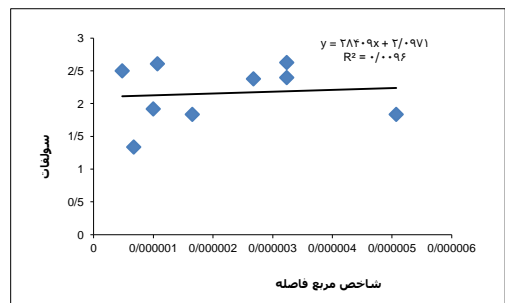
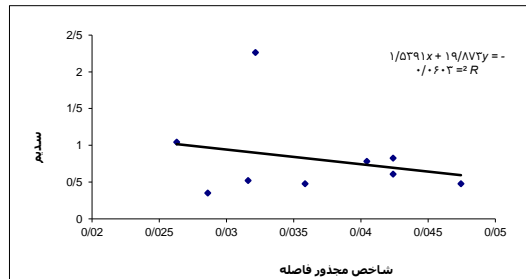
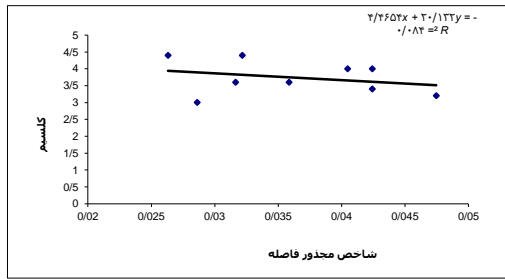
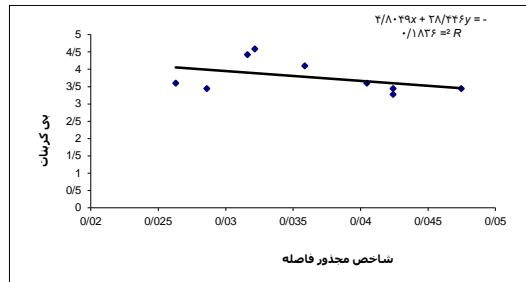
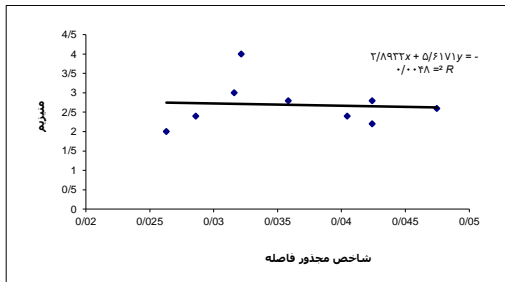
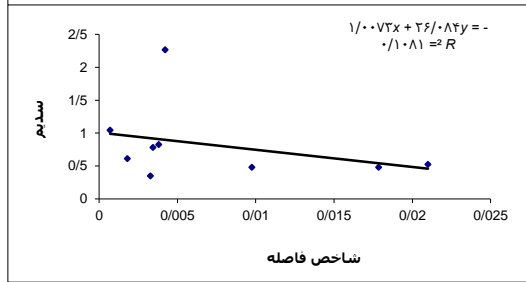
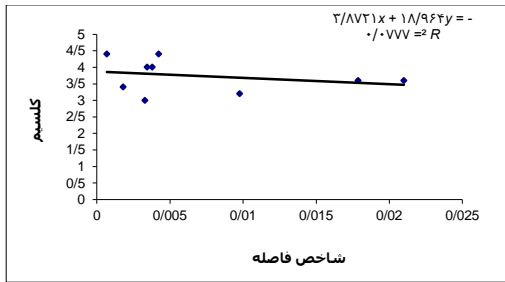
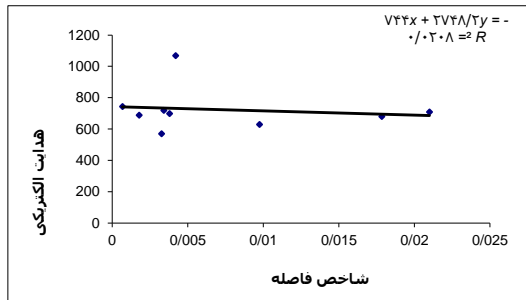
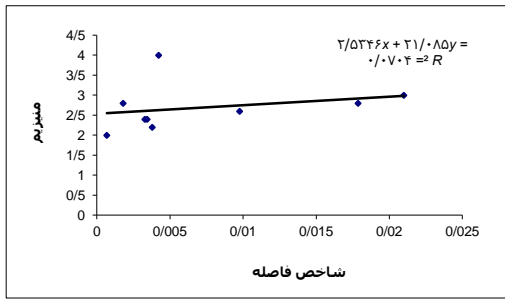
نمودارهای اولیه شاخص‌های فاصله و دبی - فاصله با مقادیر کاهش آبدهی

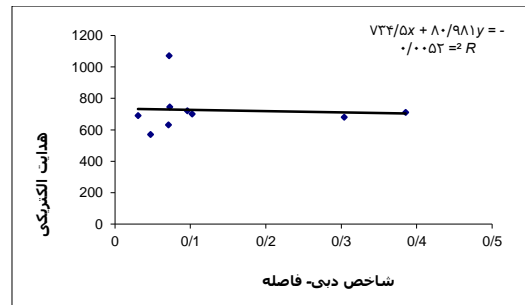
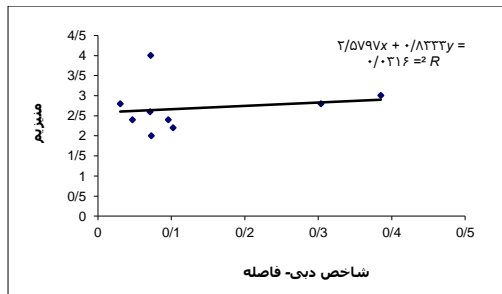
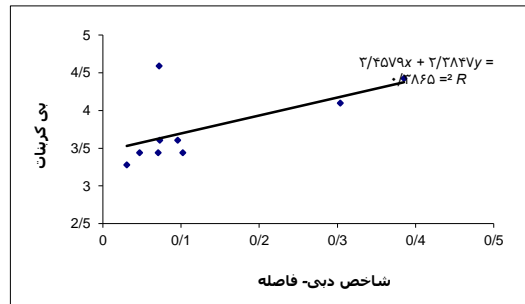
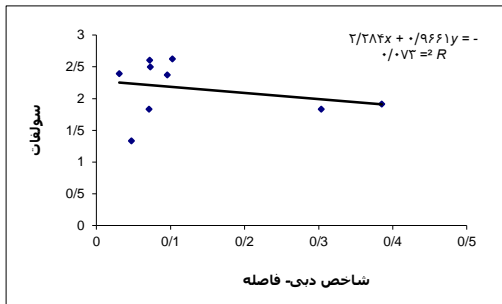
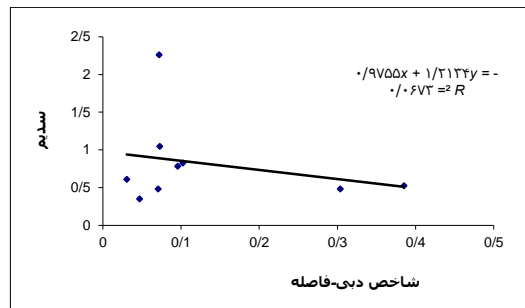
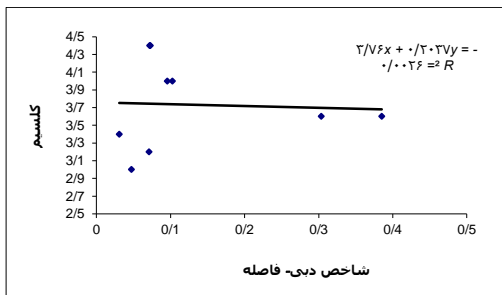
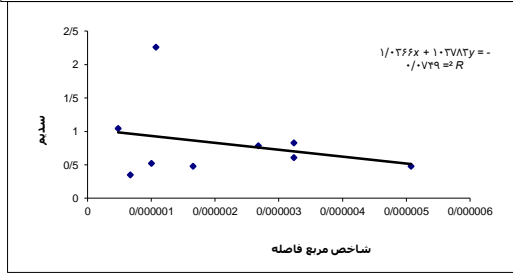
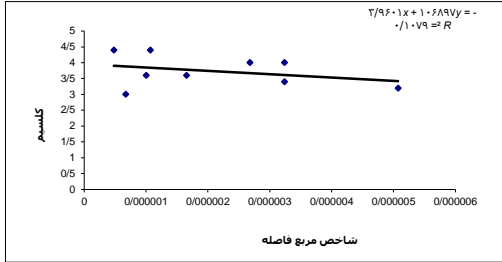
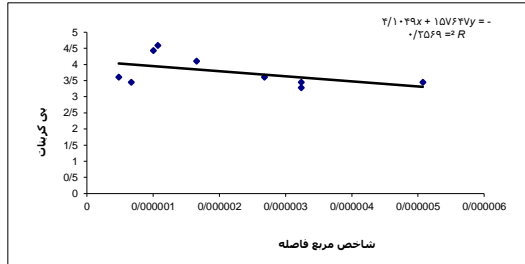
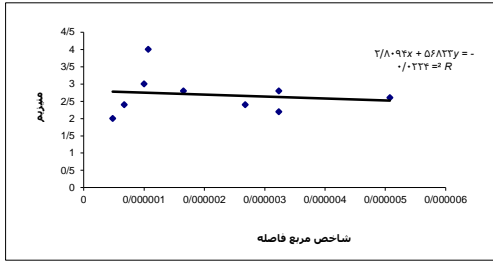


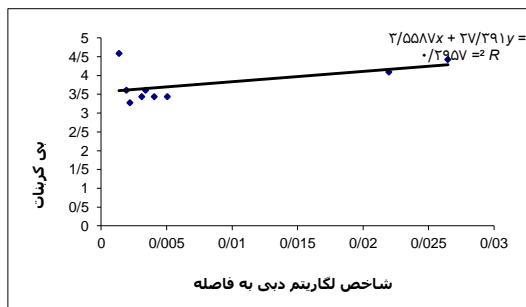
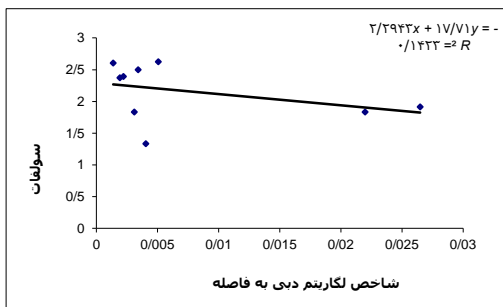
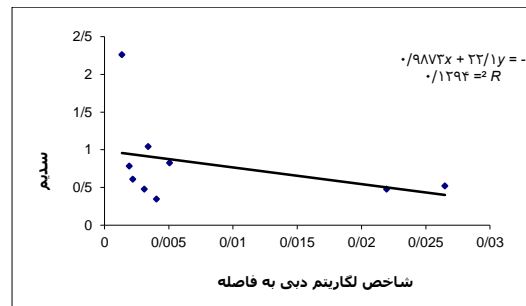
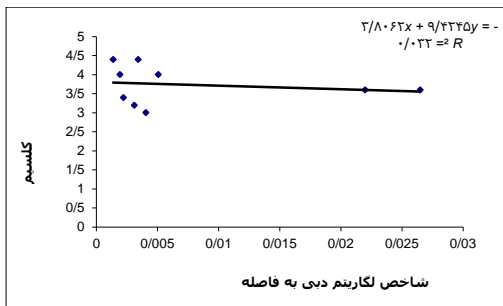
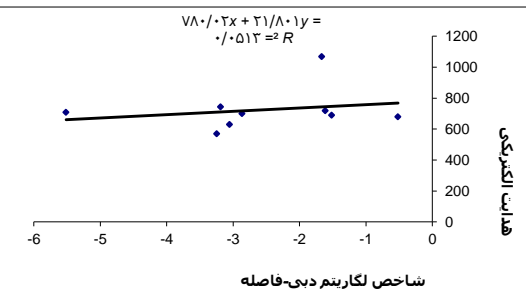
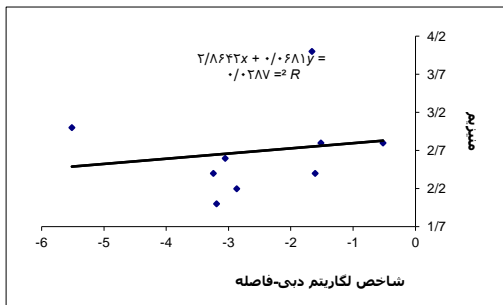
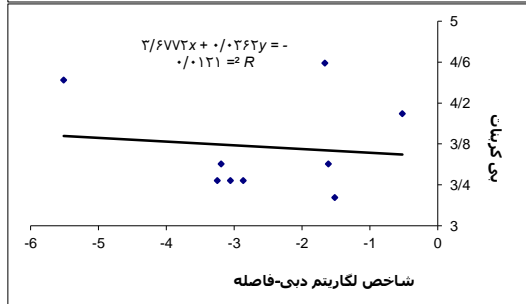
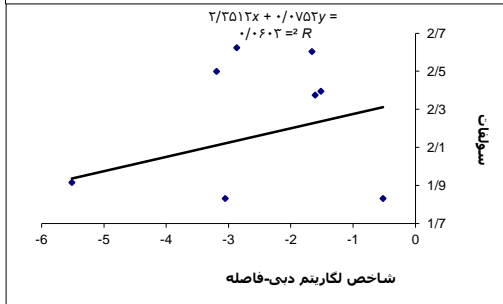
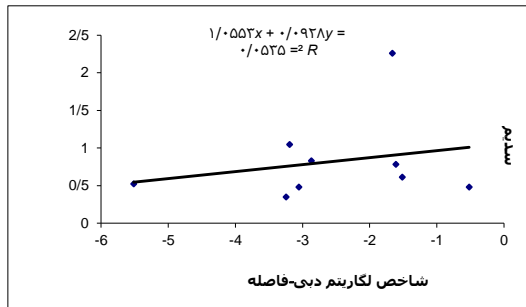
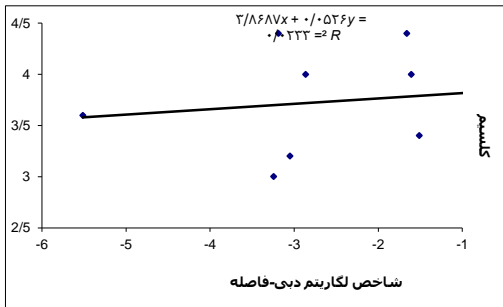


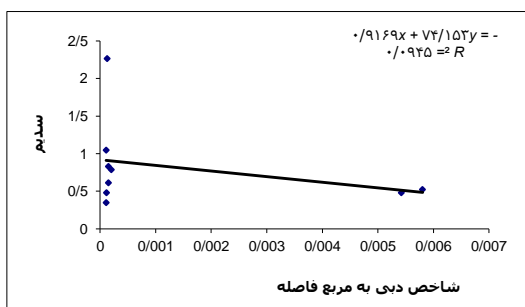
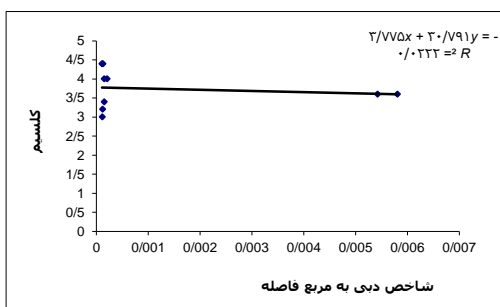
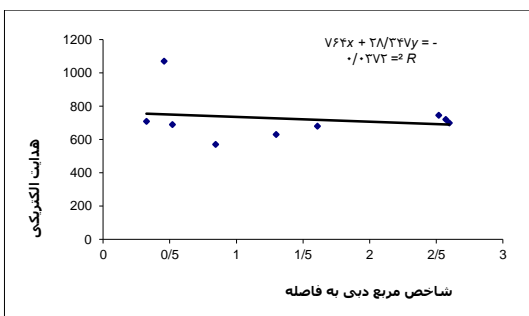
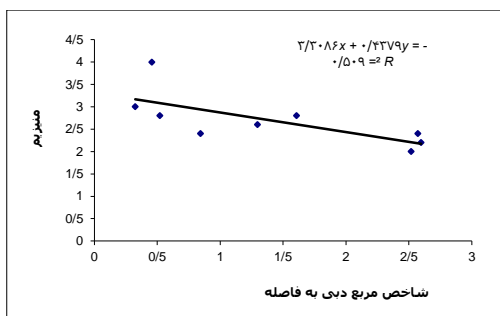
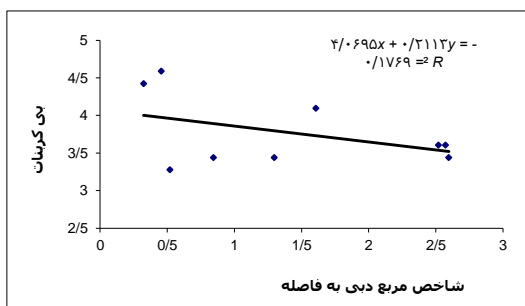
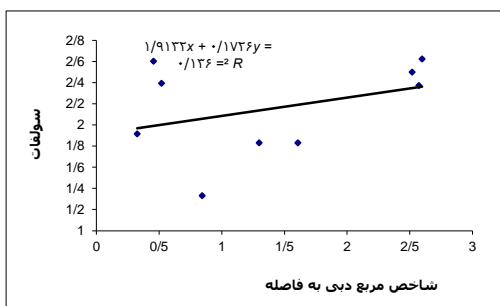
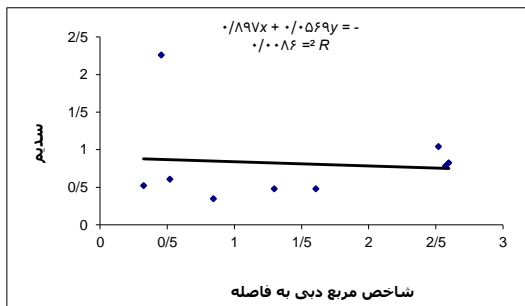
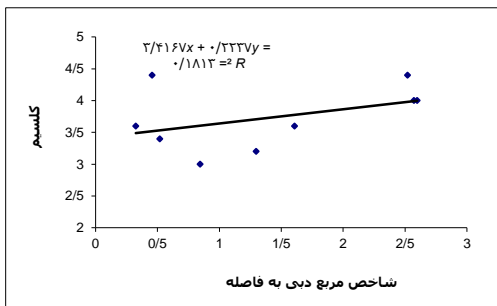
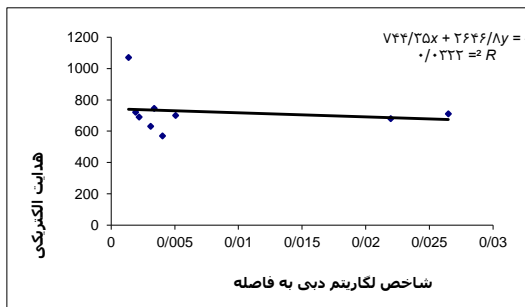
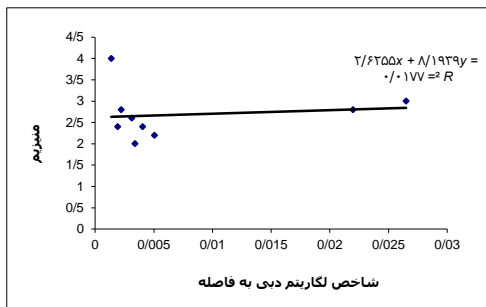
نمودارهای اولیه شاخص های فاصله و دبی - فاصله با کیفیت

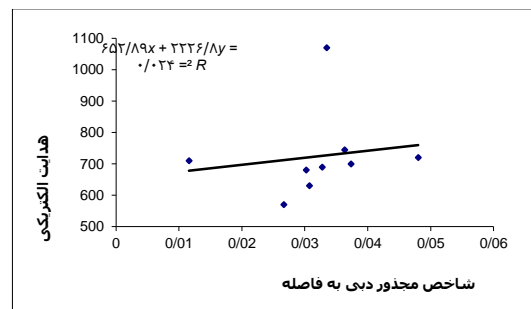
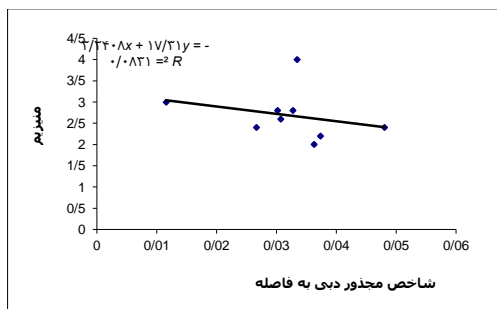
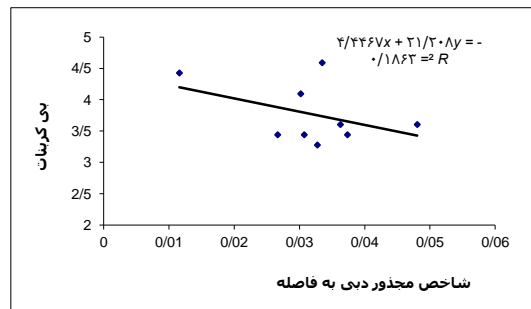
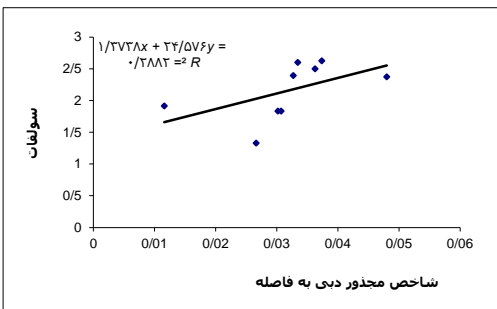
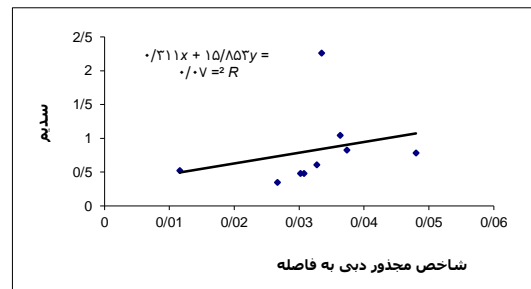
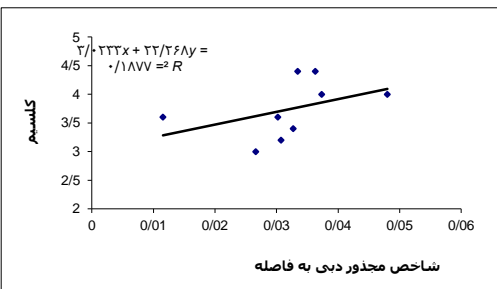
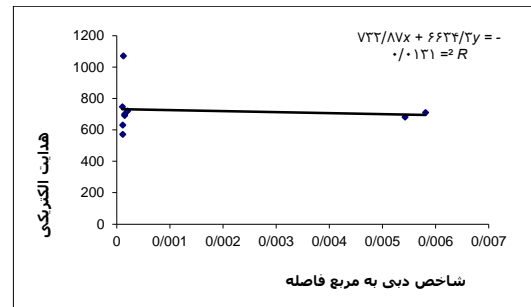
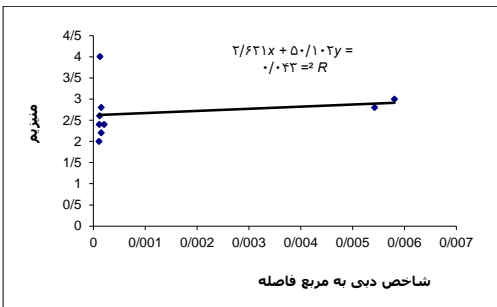
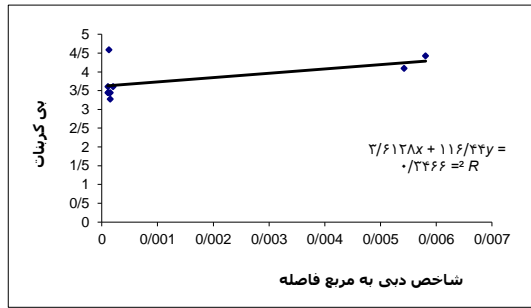
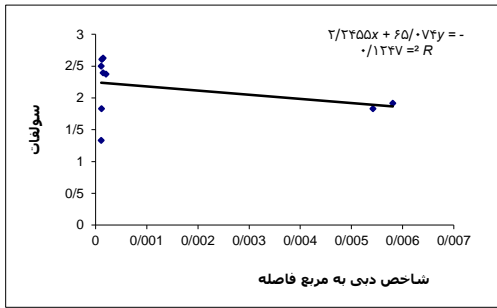


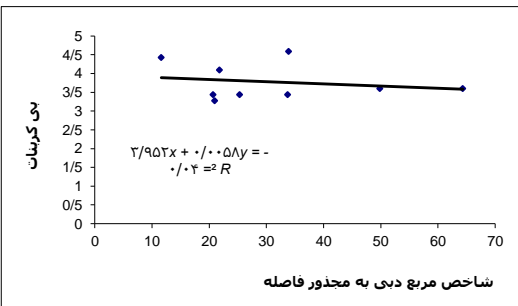
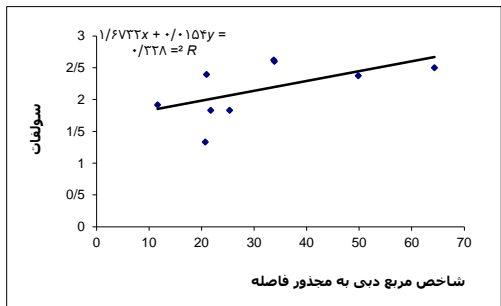
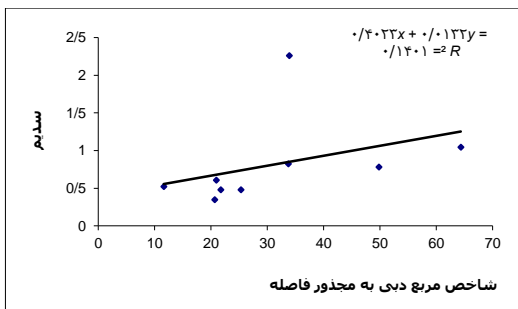
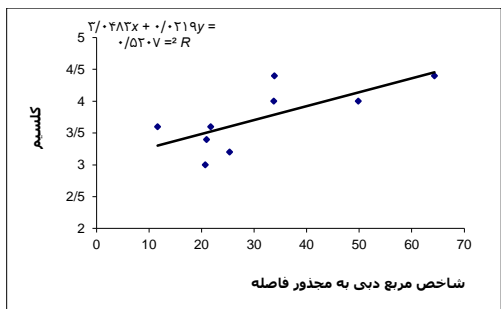
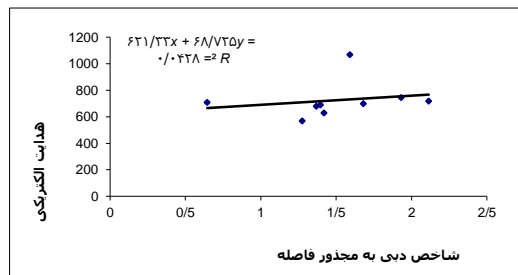
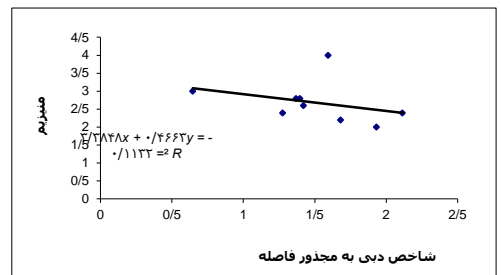
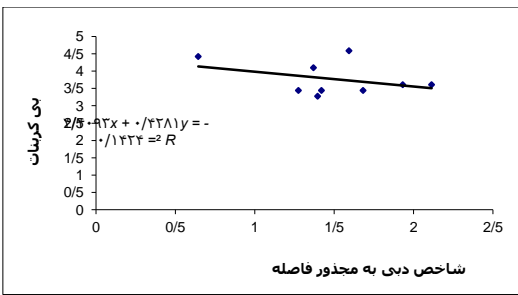
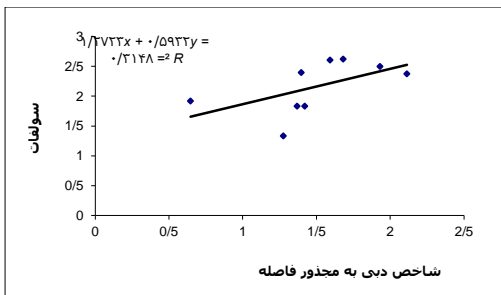
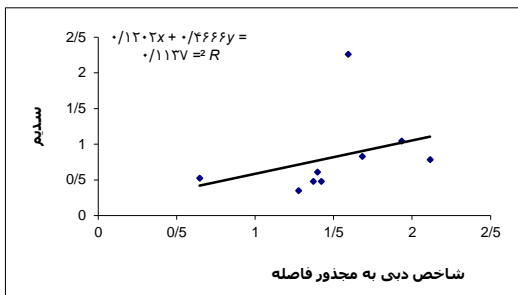
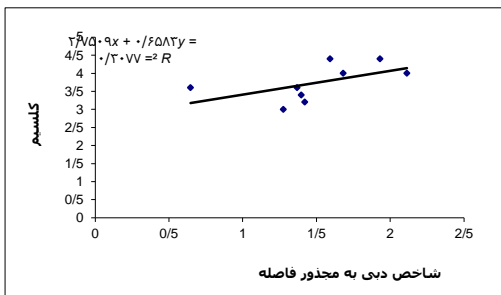


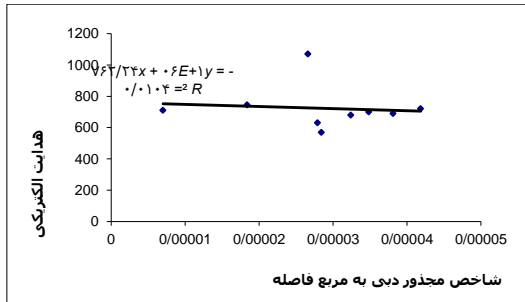
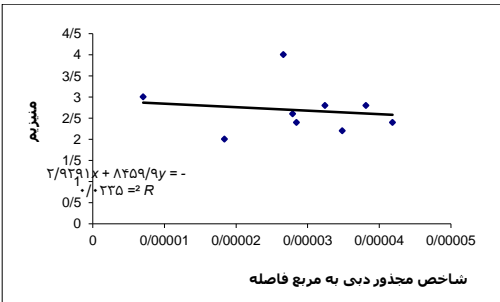
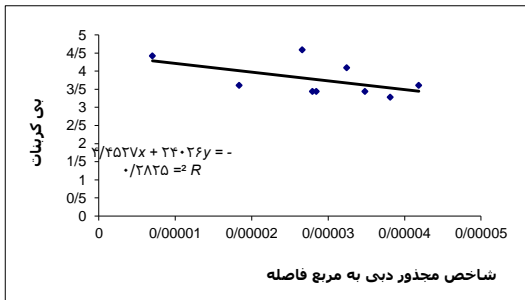
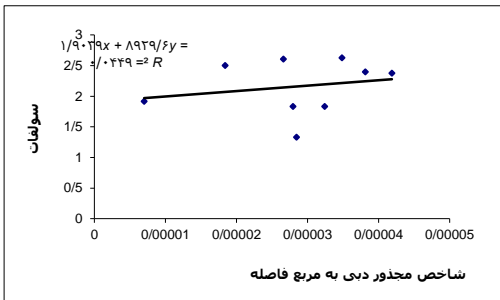
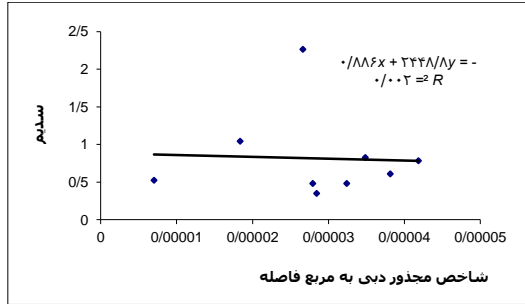
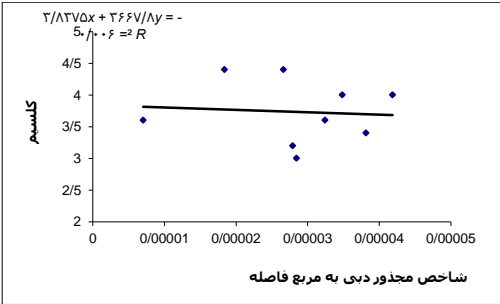
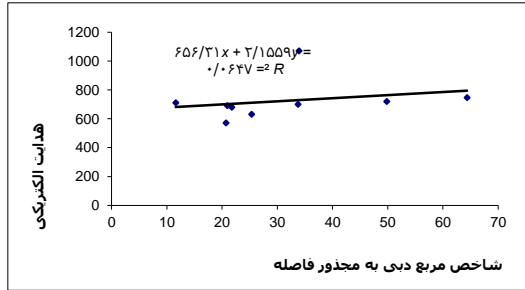
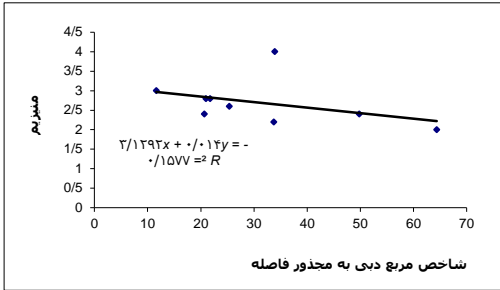




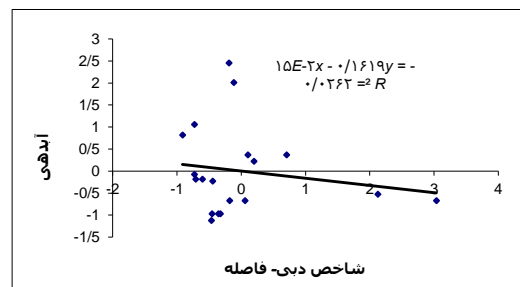
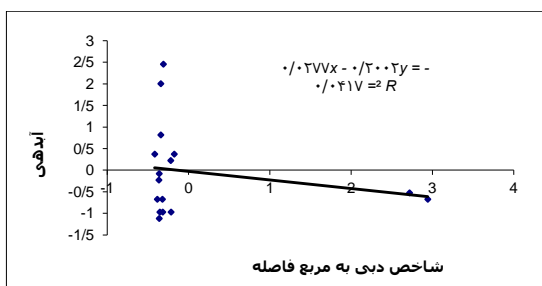
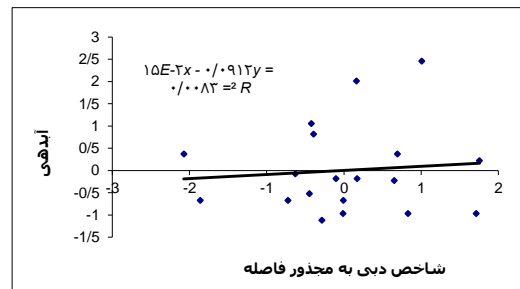
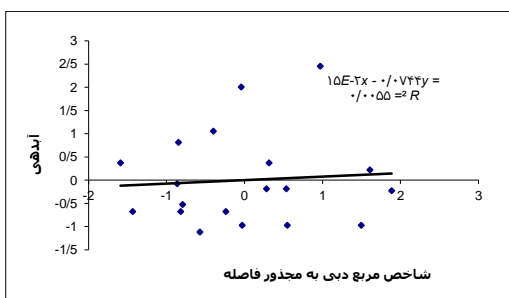
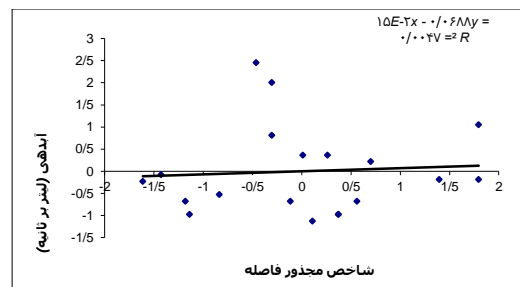
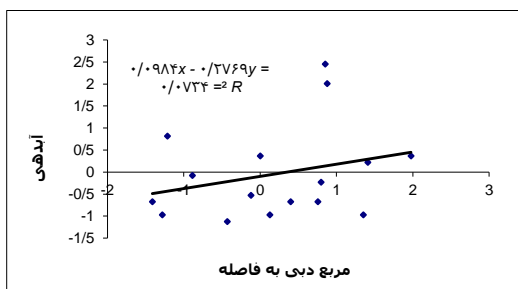
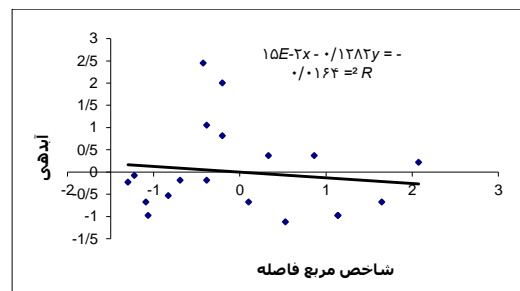
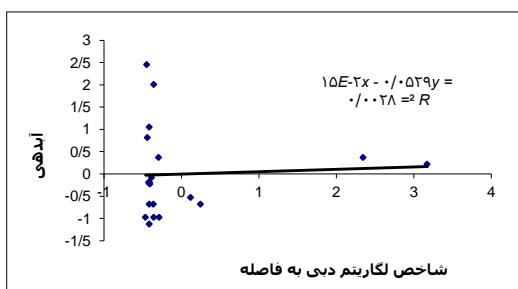
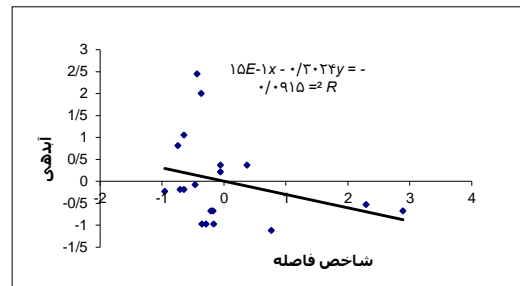
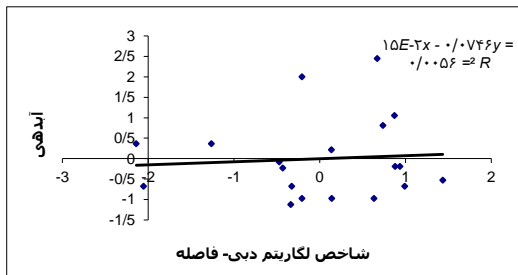


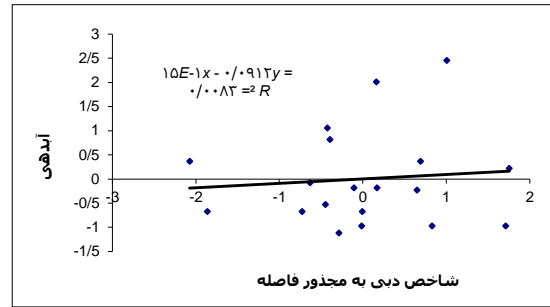
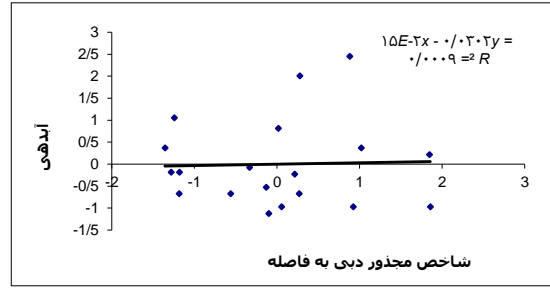
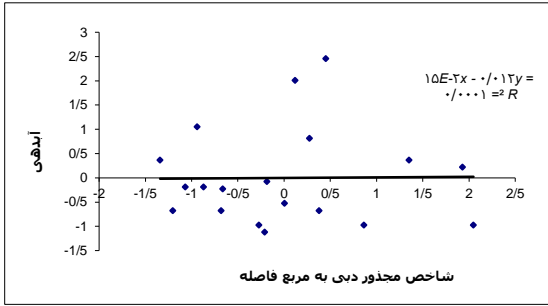






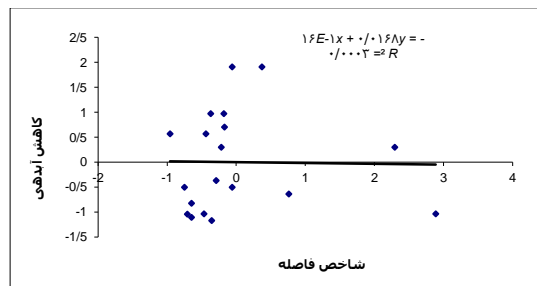
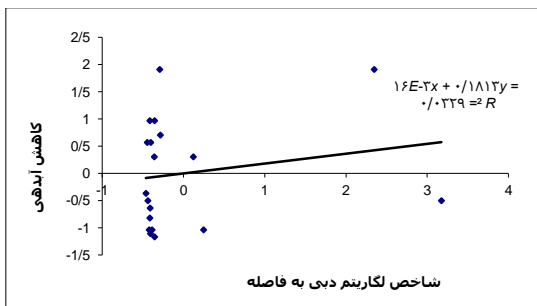
نمودارهای استاندارد شده شاخص‌های فاصله و دبی - فاصله با مقادیر استاندارد شده آبدهی

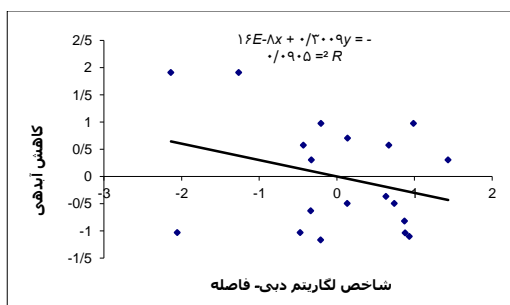
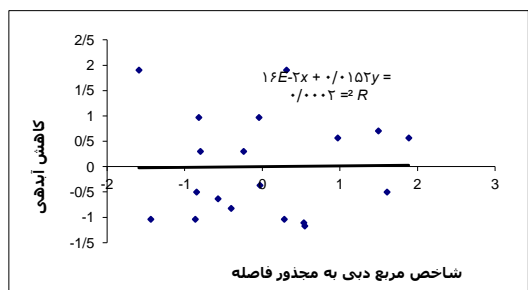
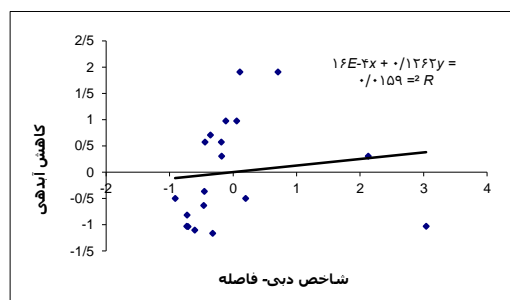
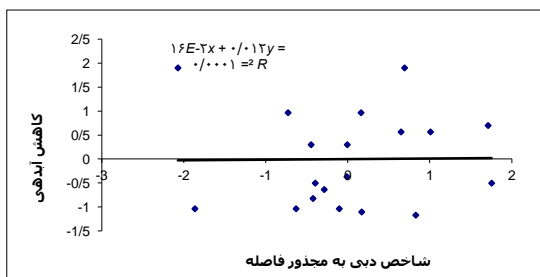
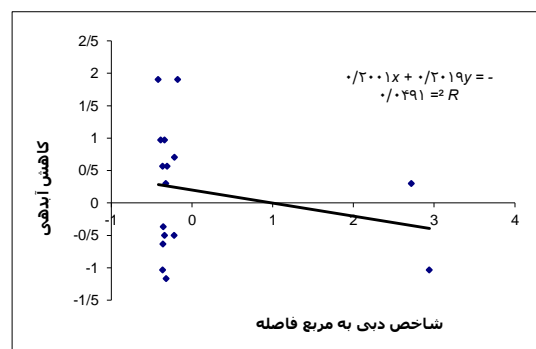
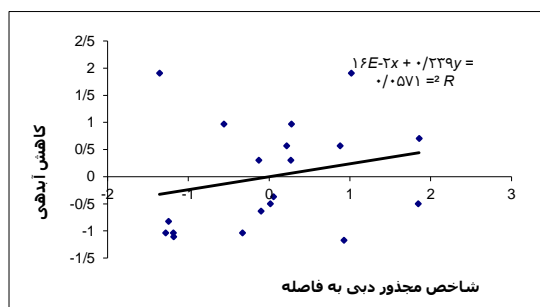
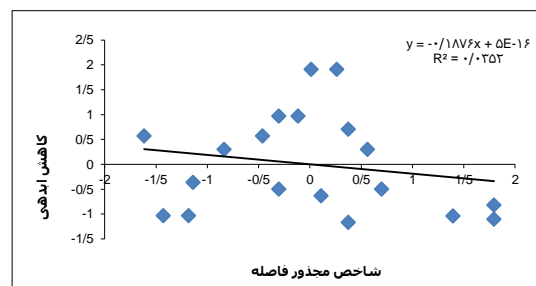
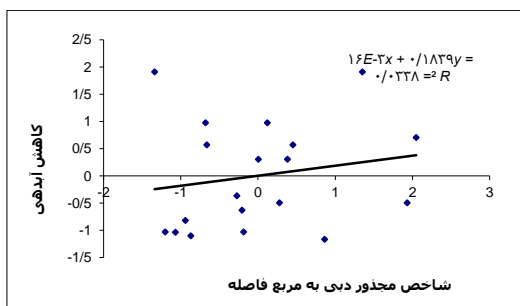
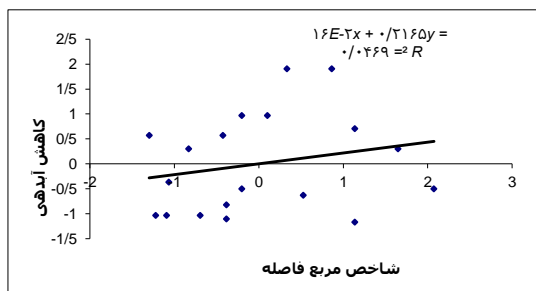
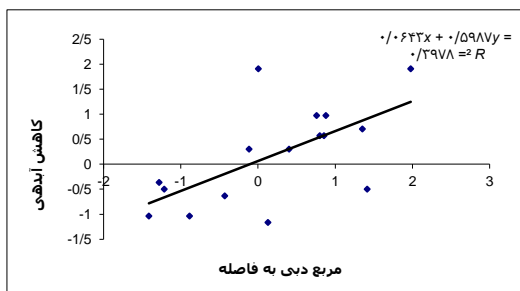




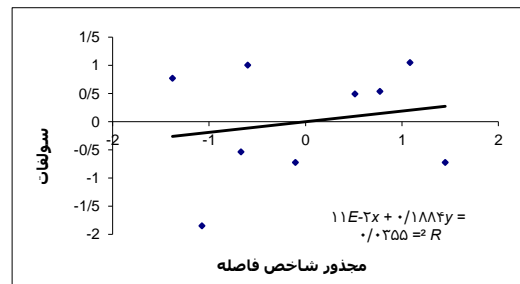
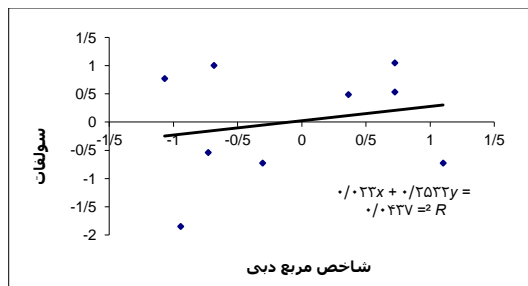
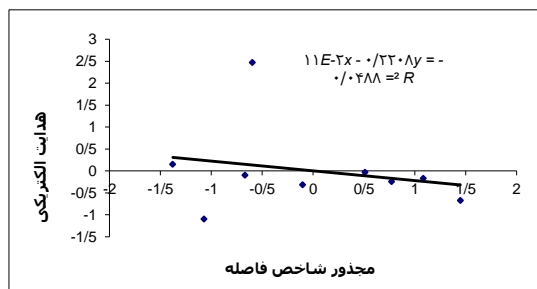
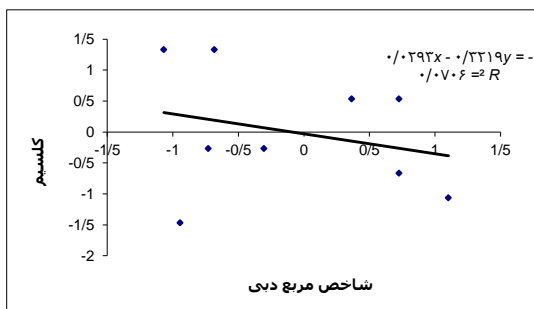
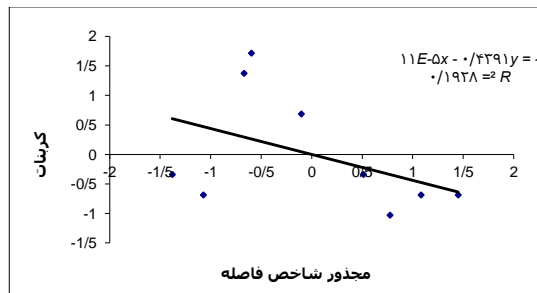
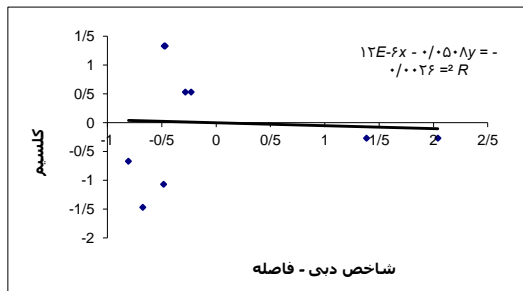
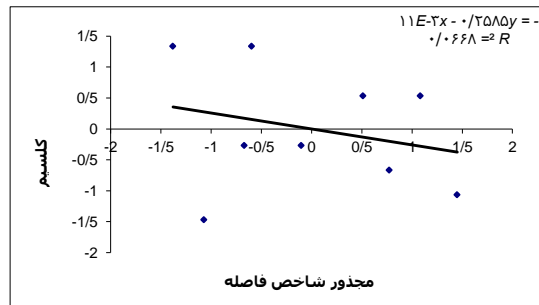
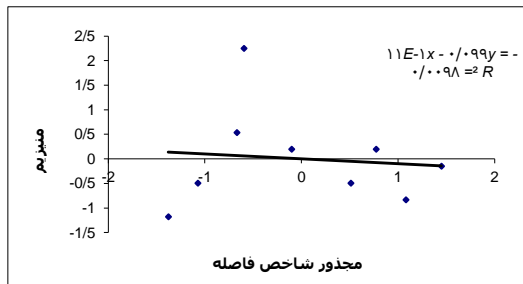
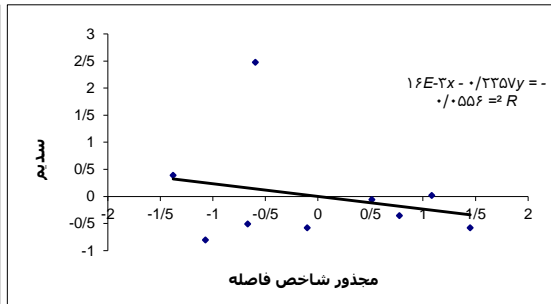
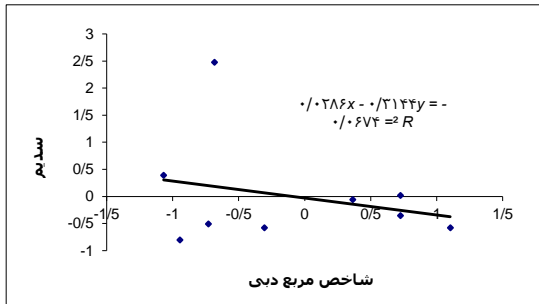
نمودارهای استاندارد شده شاخص های فاصله و دبی - فاصله با مقادیر استاندارد شده کاهش

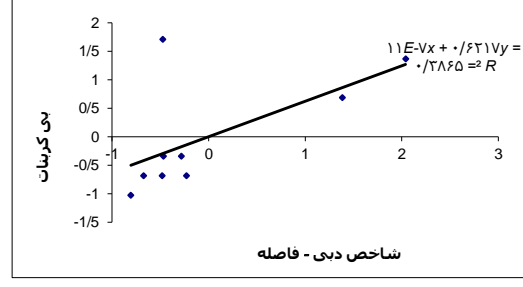
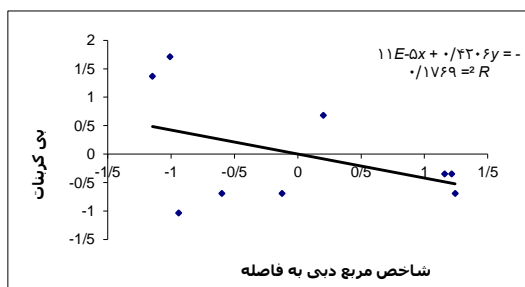
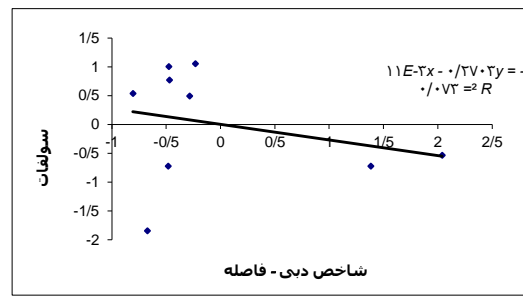
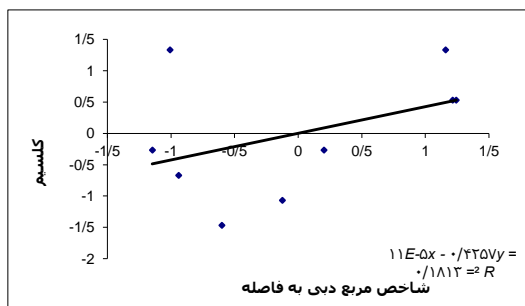
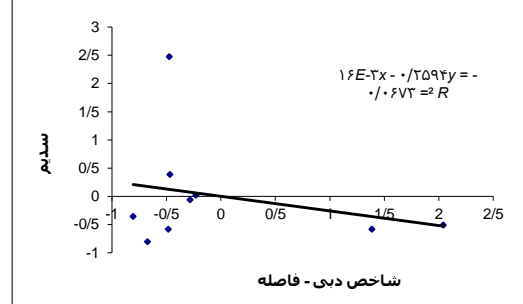
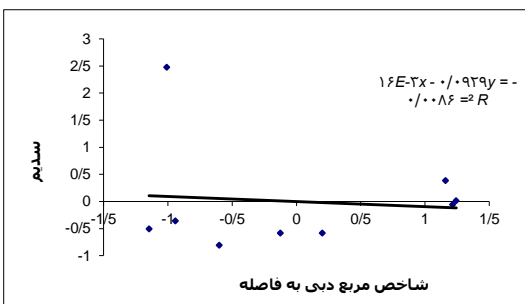
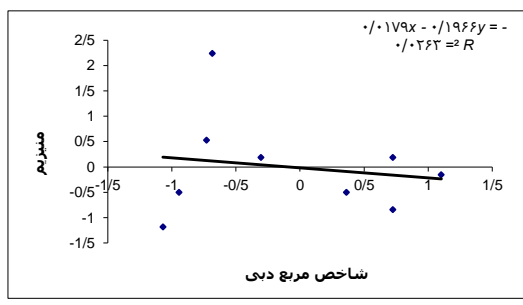
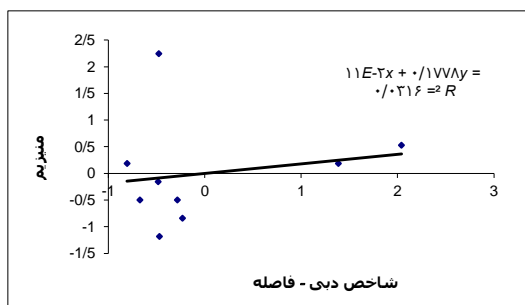
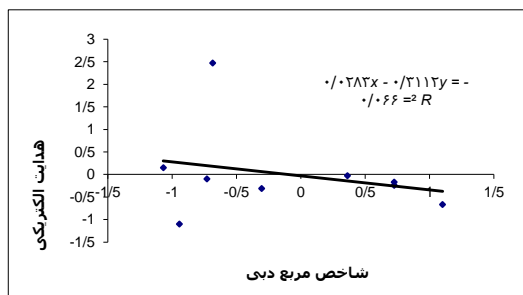
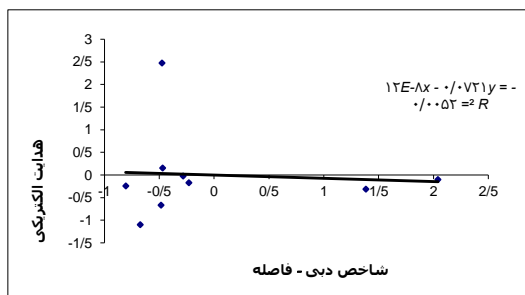
آبدهی

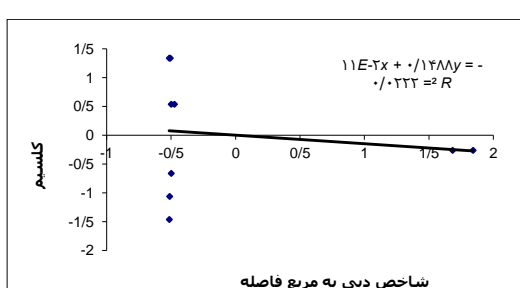
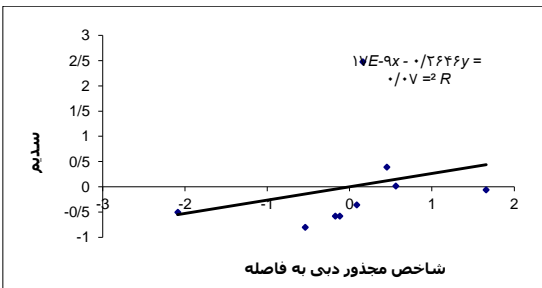
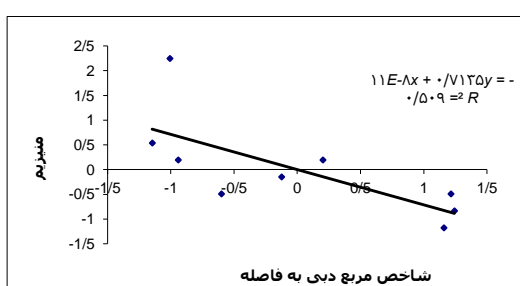
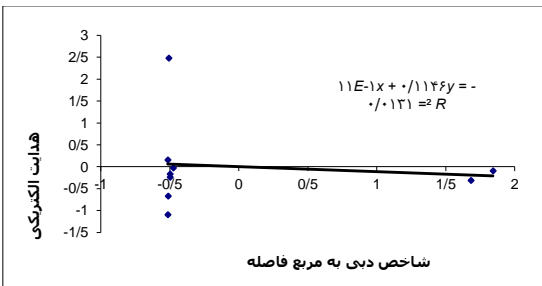
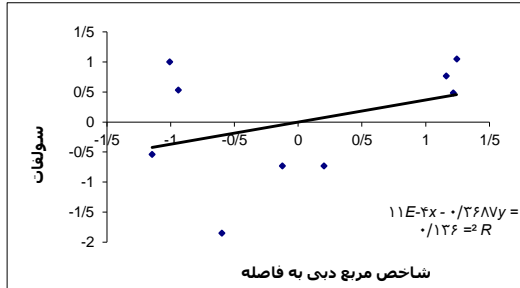
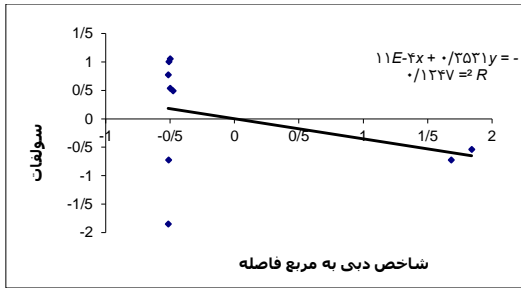
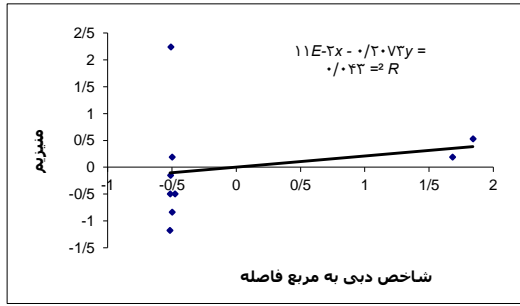
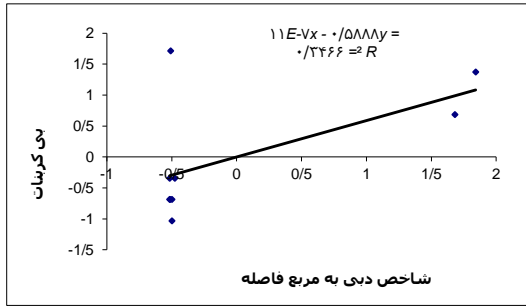
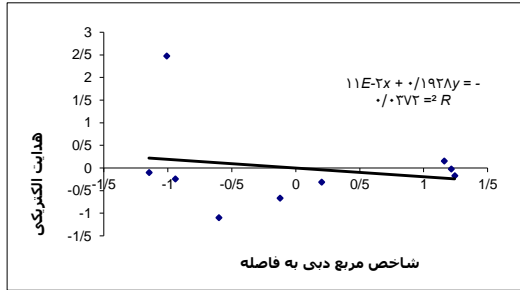
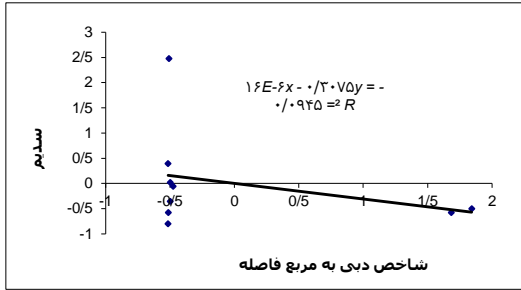


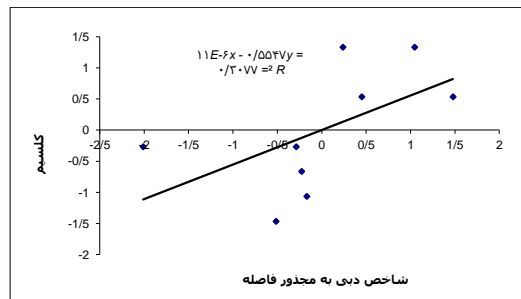
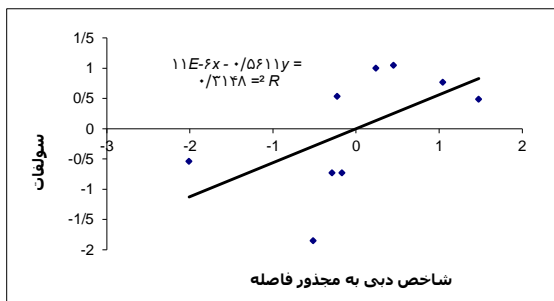
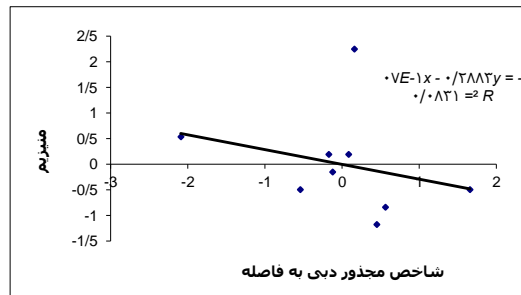
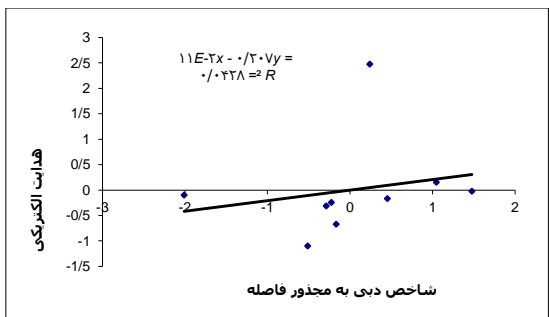
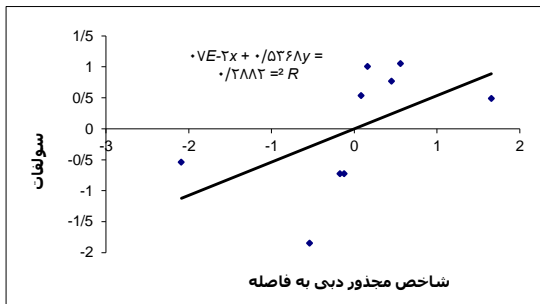
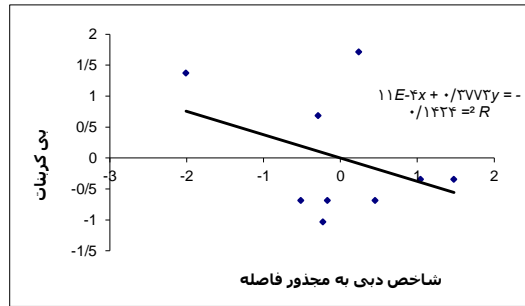
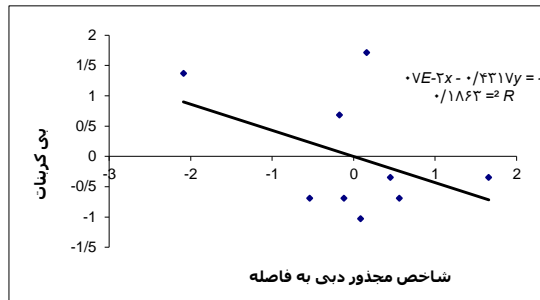
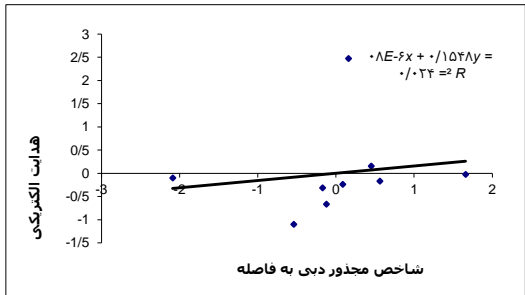
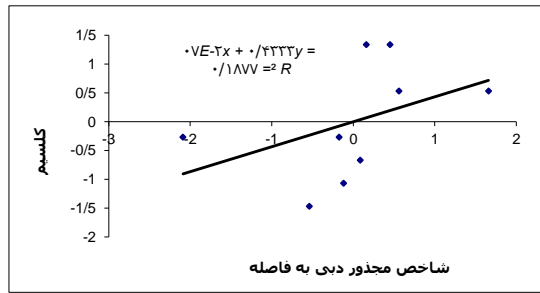
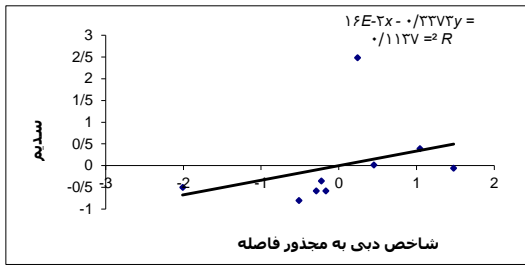


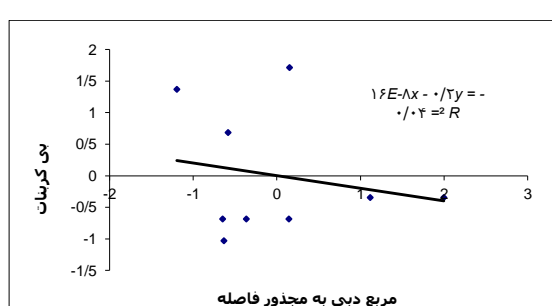
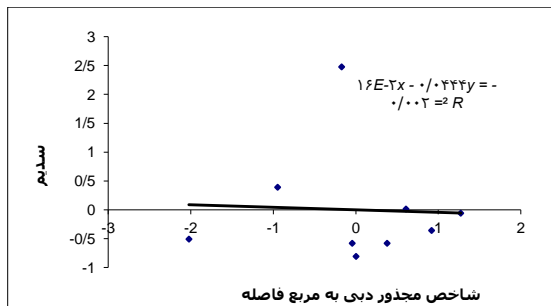
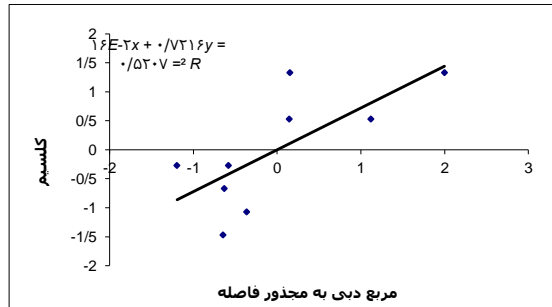
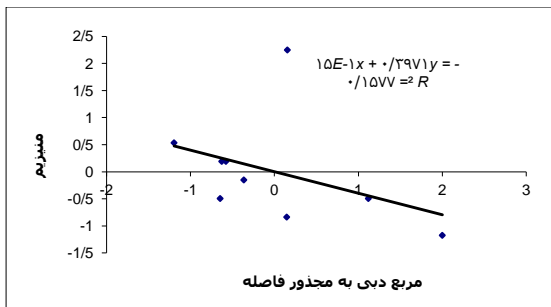
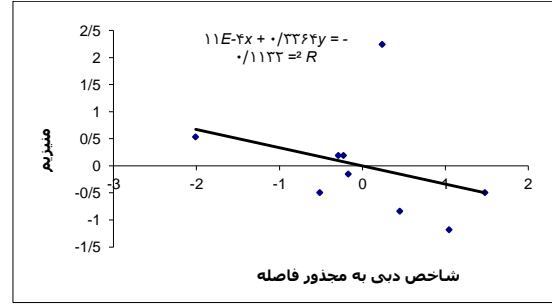
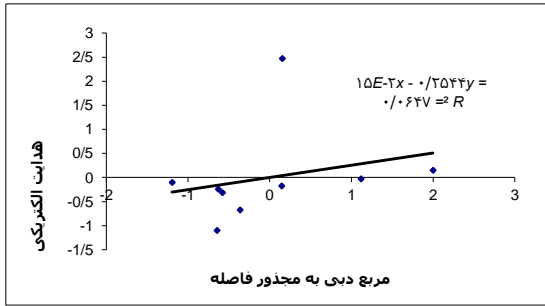
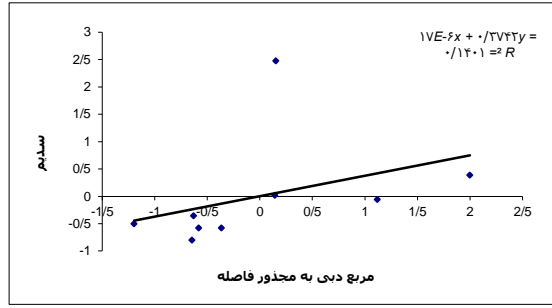
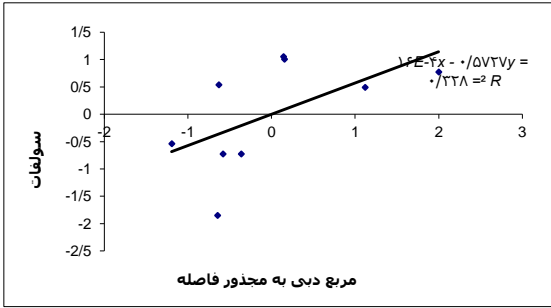
نمودارهای استاندارد شده شاخص‌های فاصله و دبی - فاصله با مقادیر استاندارد شده کیفیت

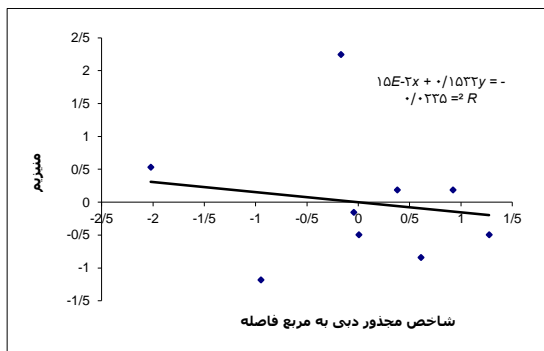
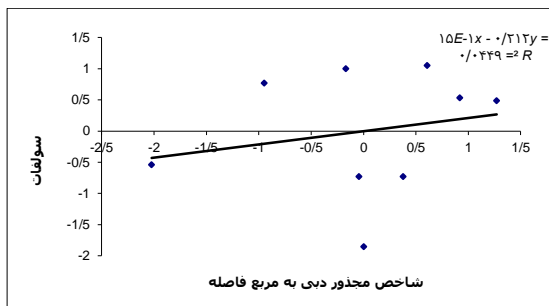
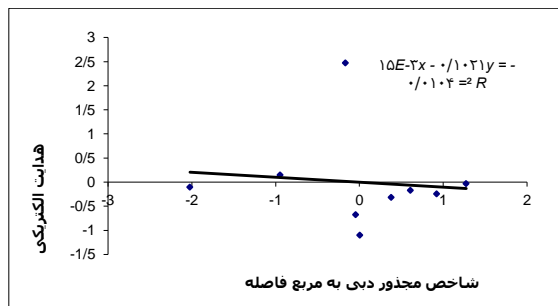
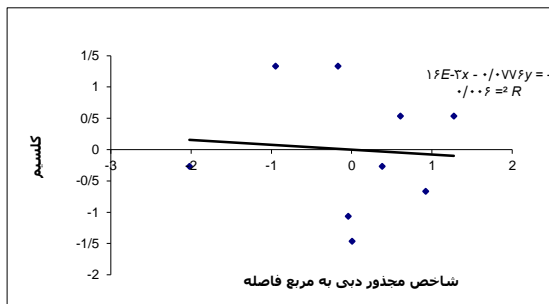
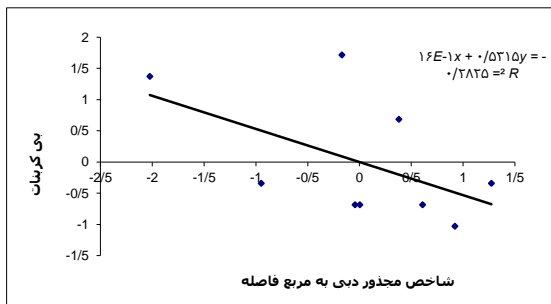












Abstract

Groundwater resources in Garmabdasht – Syahtalve region are important sources for drinking water supply for Gorgan City. Because of the relatively large groundwater extraction in this area, the yield of some of the production wells has reduced considerably and some wells have faced severe deterioration. In order to study the qualitative and quantitative changes in groundwater sources of Garmabdasht - Syahtalv, a series of statistical indicators have been used. The first is distance index and the second is discharge-distance index. The amount of discharge, reduction in the discharge and the concentrations of major ions in the water wells and statistical indicators have been standardized. Standardized data were plotted against each other and the regression line of the data has been drawn. Then, the slope and r-square for this line has been calculated. Finally, those data with considerable slope and correlation coefficients (99% level of significance) were selected for final evaluations. By using statistical indicators evaluation presented in this study, a simple and applied method is introduced to determine the effect of well structure on the reduction in discharges of wells. The results of this study show that the effect of wells structure to reduce the discharge of the wells can vary between 0 to 75 percent.

Keywords: Discharge, Decrease discharge, Deteriorated water well, Statistical indicators, Quality, Well field, Garmabdasht.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

Hydrogeology and Environmental Geology Group

M. Sc. Thesis

**Investigation on causes of decrease in yield and
destruction of water wells in Gorgan plain**

By:

Nasim Alsadat Mosallami Aghili

Supervisors:

Dr. G.H. Karami

Dr. E. Yakhkeshie

June 2011