

الامر بالمعروف والنهي عن المنكر



دانشکده علوم زمین

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی تأثیر طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر سفره آب زیرزمینی

در جنوب بندرگز

مرضیه پروار

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین گرمی

بهمن ۱۳۹۴

به پاس تعبیر عظیم و انسانیشان، از کلمه ایثار و از خودگذشتن

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان، که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان، که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهنشان به شجاعت می کرید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم

پروردگار احسن عاقبت، سلامت و سعادت را برای آنان مقدر نما.

شکر و قدردانی

تختین پاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دایمی بیکران اندیشه، قطره‌ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه‌های ناب آموزگاران بزرگ به تماشانشیند. لذا اکنون که در سایه سار بنده نوازی هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم تا مراتب پاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگیشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی‌رسید. ابتدا از استاد فرزانه جناب آقای دکتر کریمی که در کمال سه‌صدور با حسن خلق و فروتنی از بیچ‌گلی در این عرصه بر من دریغ نکردند و زحمت راهشانی این پژوهش را بر عهده گرفتند، کمال پاس را دارم.

در ادامه از کلیه اساتید ارجمند در طول دوره تحصیل از جمله دکتر کاظمی، دکتر جعفری، دکتر باقری، دکتر طاهری صمیمانه شکر و قدردانی نموده و همچنین از کارکنان شرکت آب منطقه‌ای گلستان، به ویژه آقای مهندس کابلی و بهکلاسی‌های کرامی به ویژه آقای لایچینی، آقای ازانی، خانم زارع، خانم یار احمدی و خانم تفضلی شکر می‌نمایم.

پاس آخر را به مهربان‌ترین همراهان زندگیم، پدر، مادر، ادنا، محبتی، فاطما و نیما عزیزم تقدیم می‌کنم که حضورشان در فضای زندگیم مصداق بی‌ریای سخاوت بوده است.

پروار - بهمن ۱۳۹۴

تعهد نامه

اینجانب **مرضیه پروار** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **آبشناسی** دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **ارزیابی تأثیر طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر سفره آب زیرزمینی در جنوب بندرگز تحت راهنمایی دکتر غلامحسین کرمی** متعهد می شوم.

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

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

در مناطق شمالی ایران به علت بارش زیاد و همچنین شیب زیاد دامنه‌ها در شمال البرز، تعداد زیادی رودخانه جوان و پرشیب وجود دارد که رواناب‌های ناشی از بارش‌ها را به سمت دشت شمالی منتقل می‌کنند. در این قبیل مناطق، به منظور جلوگیری از هدر رفتن این رواناب‌ها، که دارای کیفیت بالایی هستند، اقدام به احداث شبکه‌های تغذیه مصنوعی متعددی شده است. از جمله این شبکه‌های تغذیه مصنوعی، شبکه تغذیه مصنوعی احداث شده بر روی رودخانه جفاکنده می‌باشد که در جنوب شهر بندرگز در استان گلستان واقع شده است. عملیات اجرایی تغذیه مصنوعی جفاکنده از سال ۱۳۸۱ آغاز شده و در سال ۱۳۸۳ به بهره‌برداری رسیده است. این طرح شامل یک حوضچه رسوب‌گیر و یک حوضچه تغذیه با مساحت مفید $5/9$ هکتار، گنجایش 500 هزار متر مکعب و با طول دیواره حدود 550 متر احداث شده است. با استفاده از مقدار بارندگی حوضه مورد مطالعه در دوره بازگشت‌های مختلف، حجم سیلاب نیز در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است. به این ترتیب که، حجم سیلاب از $2/6$ میلیون متر مکعب در دوره 2 ساله تا $3/8$ میلیون متر مکعب در دوره 100 ساله متغیر می‌باشد. بررسی‌های صورت گرفته بر روی نقشه هم‌پتانسیل منطقه مورد مطالعه حاکی از آن است که طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده تأثیر محسوسی بر روی سطح آب زیرزمینی در پایین دست گذاشته است. به نحوی که در خطوط هم‌پتانسیل یک تحدب به سمت ترازهای پایین‌تر ایجاد شده است. آب ورودی به شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده دارای کیفیت بسیار مطلوب می‌باشد. میانگین هدایت الکتریکی آب‌های ورودی به شبکه تغذیه مصنوعی حدود 330 میکروموس بر سانتی‌متر است. نتایج بدست آمده از این تحقیق بیانگر این است که کیفیت آب زیرزمینی در محدوده پایین‌دست این طرح در مقایسه با مناطق مجاور بهتر می‌باشد. به این ترتیب که مقدار هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های اصلی در پایین‌دست محل اجرای طرح در مقایسه با مناطق مجاور به طور محسوسی کمتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه مصنوعی، آب زیرزمینی، جفاکنده، دوره بازگشت.

مقالات برگرفته شده از این پایان نامه

- ۱- ارزیابی اثرات کمی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بندرگز، استان گلستان، سومین سمپوزیوم محیط زیست و منابع آب، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر، تهران، خرداد ۱۳۹۴.
- ۲- برآورد ضریب رواناب در حوضه آبگیر رودخانه جفاکنده، بندرگز استان گلستان، دومین همایش آب، انسان، زمین، اصفهان، شهریور ۱۳۹۴

فهرست

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- بیان مسأله و هدف از انجام تحقیق	۱
۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه	۲
۳-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه	۳
۴-۱- ژئومورفولوژی منطقه	۶
۵-۱- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه	۸
۱-۵-۱- چینه‌شناسی منطقه	۸
۲-۵-۱- زمین‌شناسی ساختمانی	۱۲
فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته درباره تأثیر تغذیه مصنوعی	۱۵
۱-۲- مقدمه	۱۵
۲-۲- اهداف تغذیه مصنوعی	۱۶
۱-۲-۲- افزایش و یا ثابت نگه‌داشتن سطح آب زیرزمینی	۱۶
۲-۲-۲- افزایش کیفیت آب‌های زیرزمینی	۱۹
۳-۲-۲- اثرات مثبت زیست‌محیطی تغذیه مصنوعی	۲۱
۴-۲-۲- استفاده مجدد از فاضلاب	۲۳
۵-۲-۲- افزایش آبدهی قنات‌ها	۲۵
۶-۲-۲- مقابله با پدیده هجوم آب‌های شور	۲۶
۳-۲- جمع‌بندی مطالب بدست آمده از مطالعات پیشین درباره تغذیه مصنوعی	۲۷

فصل سوم: روش انجام کار ۲۹

۱-۳- جمع‌آوری آمار و اطلاعات ۲۹

۲-۳- بررسی مشخصات فیزیکی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده ۳۰

۳-۳- تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه ۳۱

۴-۳- بازدید صحرایی و نمونه‌برداری از چاه‌های منطقه مورد مطالعه ۳۱

۵-۳- رسم نمودارهای هیپسومتری حوضه مورد مطالعه ۳۴

۶-۳- برآورد ضریب رواناب در حوضه مورد مطالعه ۳۴

۷-۳- بررسی تأثیر کمی طرح تغذیه مصنوعی بر آبخوان منطقه ۳۴

۸-۳- بررسی تأثیر کیفی طرح تغذیه مصنوعی بر آبخوان منطقه ۳۵

فصل چهارم: ارزیابی تأثیر تغذیه مصنوعی جفاکنده بر آبخوان منطقه ۳۷

۱-۴- مقدمه ۳۷

۲-۴- برآورد حجم رواناب سالانه در حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده ۳۸

۱-۲-۴- تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبرگیر مورد مطالعه ۳۸

۲-۲-۴- برآورد میانگین بارندگی سالانه در منطقه ۴۵

۳-۲-۴- تعیین توزیع آماری مناسب ۵۰

۴-۲-۴- برآورد مقدار بارندگی منطقه در دوره بازگشت‌های مختلف ۵۱

۵-۲-۴- برآورد بارندگی حوضه مورد نظر برای دوره بازگشت‌های مختلف ۵۲

۶-۲-۴- برآورد ضریب رواناب ۵۲

۷-۲-۴- برآورد حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف ۵۳

۳-۴- بررسی اثرات طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر کمیت آب‌های زیرزمینی ۵۴

۴-۴- ارزیابی تأثیر کیفی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر آبخوان منطقه ۶۱

- ۶۲-۴-۴-۱- خصوصیات هیدروژنوشیمیایی محدوده مورد مطالعه.....
- ۶۴-۴-۴-۲- بررسی هدایت الکتریکی در پایین دست طرح تغذیه مصنوعی.....
- ۶۵-۴-۴-۳- بررسی غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب زیرزمینی در منطقه.....
- ۶۷-۴-۴-۴- بررسی روند تغییرات سختی آب.....
- ۶۸-۴-۴-۵- محاسبه نسبت جذب سدیم.....
- ۶۸-۴-۴-۶- محاسبه کل مواد جامد محلول.....
- ۶۹-۴-۴-۷- نمودار پایپر.....
- ۷۰-۴-۴-۸- تعیین تیپ آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه.....
- ۷۱-۴-۴-۹- بررسی روند تغییرات مقادیر یون‌های اصلی.....
- ۷۲-۴-۴-۱۰- مقایسه محدوده اجرای طرح تغذیه مصنوعی با نواحی مجاور.....

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها..... ۷۵

۷۵-۱- نتیجه‌گیری.....

۷۸-۲- پیشنهادها.....

منابع مورد استفاده..... ۷۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده ۲
- شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن ۳
- شکل ۳-۱- نمودار امپروترمیک منطقه بر پایه میانگین اطلاعات ۱۰ ساله منطقه ۵
- شکل ۴-۱- نمایی از ژئومورفولوژی منطقه ۷
- شکل ۵-۱- نمایی از رودخانه جفاکنده ۷
- شکل ۶-۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۴
- شکل ۱-۳- نمایی از طرح تغذیه مصنوعی ۳۰
- شکل ۲-۳- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری در پایین‌دست طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده ۳۰
- شکل ۳-۳- اندازه‌گیری سطح آب در یکی از چاه‌های منطقه ۳۳
- شکل ۴-۳- آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب در آزمایشگاه ۳۳
- شکل ۱-۴- حوضه آبگیر رودخانه جفاکنده ۳۹
- شکل ۲-۴- نیمرخ طولی آبراهه اصلی حوضه ۴۲
- شکل ۳-۴- رده‌بندی شبکه رودخانه‌ای حوضه آبگیر رودخانه جفاکنده ۴۳
- شکل ۴-۴- نمودار ارتفاع - بارندگی ایستگاه‌های منطقه در دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۷ ۴۶
- شکل ۵-۴- منحنی هیپسومتری حوضه آبگیر برای ناحیه با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر ۴۷
- شکل ۶-۴- منحنی هیپسومتری حوضه آبگیر برای ناحیه با ارتفاع بیشتر از ۵۰۰ متر ۴۸
- شکل ۷-۴- نمودار ارتفاع - بارندگی برای محدوده با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر ۴۹
- شکل ۸-۴- نمودار ارتفاع - بارندگی برای محدوده با ارتفاع بیشتر از ۵۰۰ متر ۴۹
- شکل ۹-۴- موقعیت مکانی چاه‌های پیژومتری مورد مطالعه ۵۵

- شکل ۴-۱۰- هیدروگراف پیزومتر باغ موسوی ۵۶
- شکل ۴-۱۱- هیدروگراف پیزومتر نوکنده ۵۶
- شکل ۴-۱۲- هیدروگراف پیزومتر گز ۵۷
- شکل ۴-۱۳- هیدروگراف پیزومتر شمال نوکنده ۵۷
- شکل ۴-۱۴- هیدروگراف پیزومتر دشت کلاته ۵۸
- شکل ۴-۱۵- هیدروگراف پیزومتر بنفشه تپه ۵۸
- شکل ۴-۱۶- هیدروگراف پیزومتر بندرگز ۵۹
- شکل ۴-۱۷- نقشه همپتانسیل منطقه مورد مطالعه ۶۰
- شکل ۴-۱۸- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری ۶۴
- شکل ۴-۱۹- مقادیر هدایت الکتریکی نمونه‌های آب حوضچه تغذیه و چاه‌ها ۶۵
- شکل ۴-۲۰- هیستوگرام کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه ۶۶
- شکل ۴-۲۱- نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه ۶۹
- شکل ۴-۲۱- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه ۷۰
- شکل ۴-۲۲- نمودار شولر نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه ۷۱

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱- میانگین دما و بارندگی ایستگاه هواشناسی بالابوک و ایستگاه بارندگی وطن ۴
- جدول ۱-۲- رده‌بندی اقلیمی دمارتن ۶
- جدول ۱-۴- میانگین شش‌ساله بارندگی ایستگاه‌های بارانسنجی اطراف حوضه آبرگیر ۴۶
- جدول ۲-۴- نتایج آزمون نکویی برازش داده‌های بارندگی ده سالانه ایستگاه وطن ۵۰
- جدول ۳-۴- مقادیر بارندگی ایستگاه وطن در دوره بازگشت‌های مختلف برازش داده شده ۵۱
- جدول ۴-۴- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه مورد مطالعه ۵۲
- جدول ۵-۴- حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه مورد مطالعه ۵۳
- جدول ۶-۴- موقعیت چاه‌ها و مقادیر پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده ۶۳
- جدول ۷-۴- نوع آب بر حسب درجه سختی آب ۶۷
- جدول ۸-۴- طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی بر حسب مقدار کل مواد جامد محلول ۶۸
- جدول ۱-۵- حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه مورد مطالعه ۷۶

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسأله و هدف از انجام تحقیق

میلیاردها انسان در جهان، با معضل بزرگی به نام کم آبی مواجه هستند. بحران منابع آبی بیشتر از آن چه که انتظار می‌رفت در حال افزایش است و تداوم این امر بسیار نگران‌کننده می‌باشد. افزایش مطالبات برای آب در حالی است که منابع آب محدود می‌باشد. امروزه احداث سد به دلیل مسائل اجتماعی، زیست‌محیطی، هزینه‌ها و هدر رفتن آب در اثر تبخیر، با مشکلاتی مواجه شده است. بنابراین، استفاده از یک رابط، بین آب‌های سطحی و زیرزمینی راهکاری مناسب و ضروری می‌باشد (Bouwer 2002).

افزایش تقاضای مصرف آب در بخش‌های مختلف اعم از کشاورزی، صنعت، شرب و بهداشت و اضافه برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر و همچنین کاهش رواناب‌های سطحی برای تغذیه طبیعی و مصنوعی آبخوان‌ها، باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی اکثر آبخوان‌های کشور شده است. از عواقب و زیان‌های ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی می‌توان به کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی و همچنین در بسیاری از موارد نشست زمین در این مناطق اشاره کرد. تغذیه مصنوعی یکی از راهکارهای مناسب جهت حفظ و احیاء منابع آب زیرزمینی می‌باشد. تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی عبارت از افزایش حرکت طبیعی آب‌های سطحی به داخل سفره‌های آب زیرزمینی به وسیله روش‌های مختلف ساختمانی، پخش آب و یا ایجاد تغییراتی مصنوعی در شرایط طبیعی می‌باشد (Todd and Mays 2005).

تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها باعث بهبود کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی در آن‌ها می‌شود. یکی از آبخوان‌هایی که تغذیه مصنوعی در آن انجام شده است، آبخوان منطقه غرب گز می‌باشد. برای بهبود کمی و کیفی

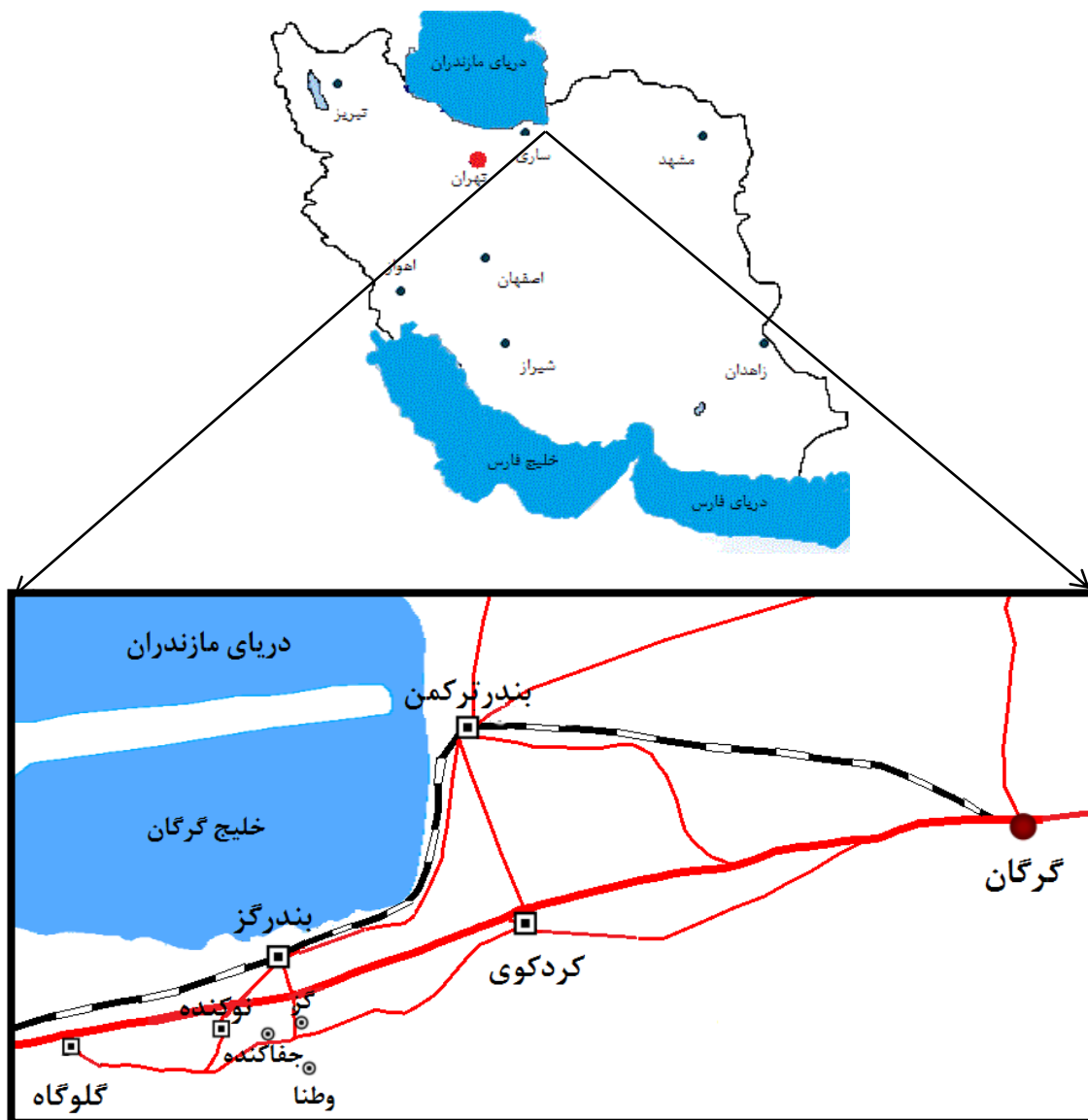
آب‌های زیرزمینی در این آبخوان، شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده احداث شده است. تاکنون هیچ‌گونه مطالعه درباره اثرات شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده بر کمیت و کیفیت آبخوان منطقه انجام نشده است. بنابراین، هدف اساسی از انجام این تحقیق، بررسی اثرات کمی و کیفی شبکه فوق‌الذکر می‌باشد.

۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهرستان بندرگز در غرب استان گلستان واقع شده است و فاصله مرکز آن با گرگان حدود ۴۲ کیلومتر می‌باشد. این شهرستان از سمت شرق به شهرستان کردکوی، از سمت غرب به شهرستان گلوگاه، از سمت شمال به خلیج گرگان و از سمت جنوب به جنگل‌های جهان‌مورای محدود می‌شود. منطقه مورد مطالعه در حوضه آبرگیر خلیج گرگان واقع شده است. این حوضه با وسعتی معادل ۳۴۰ کیلومتر مربع، ۱/۶ درصد از مساحت استان گلستان را در بر گرفته است. ۳/۲ درصد از آب‌های سطحی استان یعنی حدود ۴۰ میلیون متر مکعب در این حوضه جریان دارد. طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده (شکل ۱-۱) با مختصات $53^{\circ} 56' E$ و $36^{\circ} 43' N$ در جنوب روستای جفاکنده در شهرستان بندرگز واقع شده است. در شکل (۱-۲) راه‌های ارتباطی به شهرستان بندرگز نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده



شکل ۱-۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن

۳-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

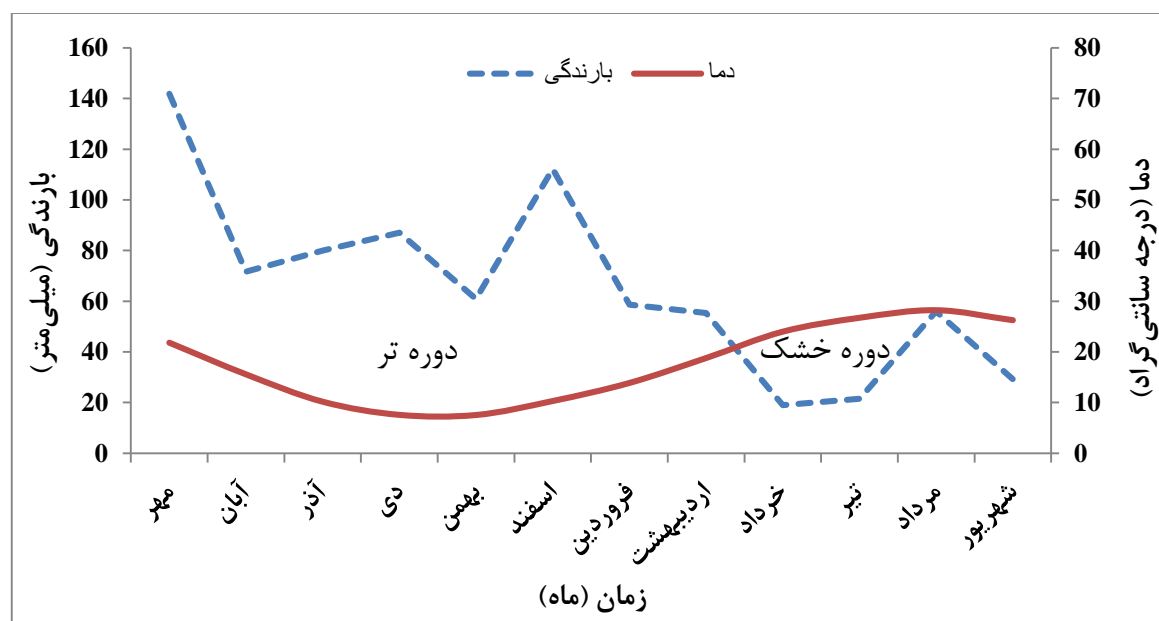
به منظور بررسی وضعیت آب و هوای منطقه مورد مطالعه از داده‌های ۱۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۸۳) ایستگاه باران‌سنجی وطن‌ا و داده‌های دراز مدت ایستگاه هواشناسی بالابوک استفاده گردید. اطلاعات میانگین ماهیانه بارندگی و درجه حرارت این ایستگاه‌ها، در جدول (۱-۱) و شکل (۱-۳) آمده است.

جدول ۱-۱- میانگین دما و بارندگی ایستگاه هواشناسی بالابلوک و ایستگاه بارندگی وطنا
در دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۸۳)

دما (درجه سانتی گراد)	بارندگی (میلی متر)	زمان (ماه)
۲۱/۸۰	۱۴۱/۸۷	مهر
۱۵/۵۶	۷۱/۶۵	آبان
۱۰/۱۷	۷۹/۹۵	آذر
۷/۵۸	۸۷/۱۰	دی
۷/۵۵	۶۰/۹۰	بهمن
۱۰/۳۱	۱۱۲/۲۵	اسفند
۱۳/۸۷	۵۸/۶۰	فروردین
۱۸/۷۸	۵۵/۳۰	اردیبهشت
۲۳/۹۸	۱۸/۹۲	خرداد
۲۶/۷۱	۲۱/۵۷	تیر
۲۸/۲۱	۵۵/۹۷	مرداد
۲۶/۲۴	۲۹/۲۲	شهریور
۱۷/۵۶	۷۹۳/۳۳	سالانه

با توجه به اطلاعات مندرج در جدول (۱-۱) ملاحظه می شود که بیشترین بارندگی در مهر ماه و کمترین بارندگی در خرداد ماه رخ می دهد. همچنین بیشینه دما مربوط به مرداد ماه و کمترین دما مربوط به ماه بهمن می باشد. علاوه بر این ملاحظه می شود که میانگین بارش سالانه و میانگین دمای سالانه منطقه در یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۳-۱۳۹۲) به ترتیب برابر با ۷۹۳ میلی متر و ۱۷/۵۶ درجه سانتی گراد می باشد.

بر اساس مقادیر بارندگی و دمای ماهانه، نمودار امبروترمیک (Embrothermic) منطقه ترسیم شده است. شکل (۳-۱) نمودار امبروترمیک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نقطه تلاقی منحنی میانگین بارندگی با منحنی میانگین دما، جداکننده فصل خشک از فصل تر می‌باشد. در زمان‌هایی که میانگین بارندگی بالاتر از میانگین دما قرار می‌گیرد؛ فصل تر و در غیر این صورت فصل خشک اتفاق می‌افتد. بر اساس این نمودار از ماه خرداد تا شهریور فصل خشک و بقیه ماه‌های سال فصل تر محسوب می‌شوند.



شکل ۳-۱- نمودار امبروترمیک منطقه بر پایه میانگین اطلاعات ۱۰ ساله منطقه

برای تعیین اقلیم منطقه، از روش دمارتن (De Martonne) استفاده شده است. دمارتن، با توجه به میانگین دما و بارش سالیانه، ضریبی به نام ضریب خشکی یا ضریب اقلیمی ارائه کرده است که مقدار این ضریب با توجه به جدول ارائه شده (جدول ۲-۱) وضعیت اقلیمی منطقه را مشخص می‌کند (علیزاده ۱۳۸۹). ضریب خشکی دمارتن با استفاده از معادله (۱-۱) محاسبه می‌شود:

$$I=P/(T+10)$$

معادله (۱-۱)

در این رابطه P متوسط بارندگی سالانه (میلی متر) و T متوسط دمای سالانه (درجه سانتی گراد) می باشد. با توجه به این رابطه مقدار ضریب خشکی دمارتن برای منطقه مورد مطالعه ۲۸/۷۷ برآورد می گردد؛ که بر اساس جدول (۱-۲) اقلیم منطقه از نوع مرطوب تعیین می گردد.

جدول ۱-۲- رده بندی اقلیمی دمارتن (علیزاده ۱۳۸۹)

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

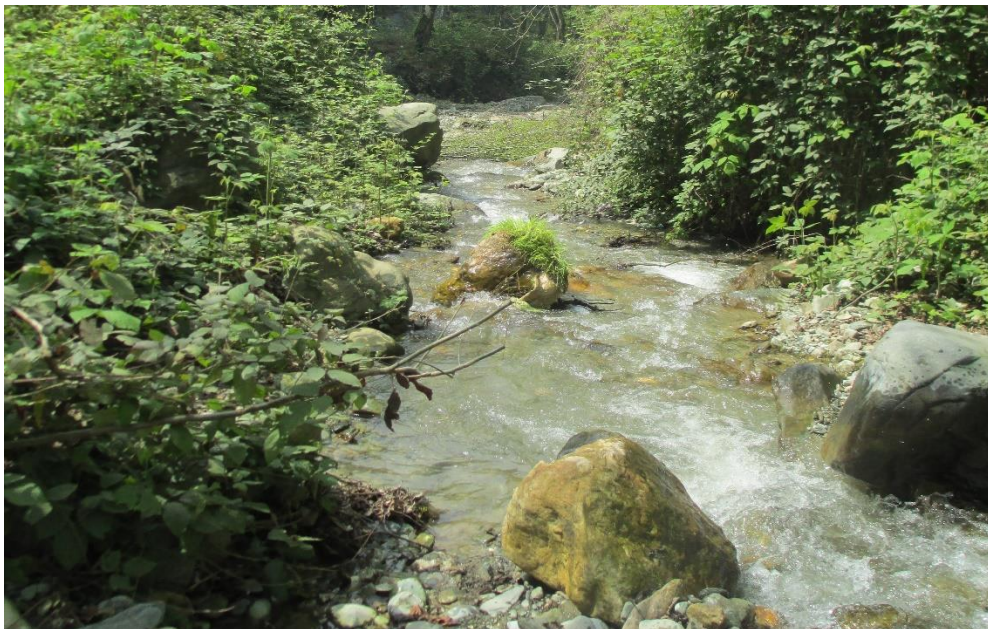
۱-۴- ژئومورفولوژی منطقه

محدوده مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژی به چهار واحد مجزای کوهستان، تپه‌ماهور، دشت و رودخانه تقسیم می‌شود. واحد کوهستانی در جنوب منطقه، واحد تپه‌ماهور به صورت نوار در حد فاصل ارتفاعات - دشت و واحد دشت نیز در قسمت شمالی منطقه واقع شده‌اند. همچنین واحد رودخانه نیز به طور مشخصی در نواحی مختلفی از منطقه مورد مطالعه با جهت جنوبی - شمالی قرار گرفته است. این تفاوت ریخت-شناسی بخش‌های شمالی و جنوبی را به طور عمده‌ای می‌توان به زمین‌ساخت ویژه منطقه نسبت داد که بر اثر عملکرد گسل خزر بخش شمالی گسل فروافتاده و در نتیجه بخش جنوبی در سرتاسر کرانه دریای مازندران به صورت ارتفاعات نمایان شده است. در شکل (۱-۴) نمایی از ژئومورفولوژی واحد کوهستان و

واحد تپه‌ماهور منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. هم‌چنین واحد رودخانه (رودخانه جفاکنده) که یکی از ارکان اصلی در طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده می‌باشد، در شکل (۵-۱) نشان داده شده است.



شکل ۴-۱- نمایی از ژئومورفولوژی منطقه



شکل ۵-۱- نمایی از رودخانه جفاکنده

۱-۵- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

از نگاه زمین‌شناسی ساختاری ایران، منطقه مورد مطالعه در البرز و بخشی از زون گرگان - رشت واقع شده است. لذا زمین‌شناسی این منطقه در ارتباط با زمین‌شناسی البرز مورد بررسی قرار می‌گیرد. این ناحیه بخشی از شمال رشته کوه البرز را تشکیل می‌دهد. از مهم‌ترین ویژگی‌های این ناحیه، گسترش بخش عمده‌ای از مجموعه دگرگونی گرگان است که با ناپیوستگی، در زیر واحدهای سنگی مزوزوییک قرار گرفته است. از ویژگی‌های ساختاری مهم این منطقه می‌توان به وجود گسل مازندران که شمال البرز را از فرونشست خزر جدا می‌کند اشاره نمود (شرح نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بهشهر).

۱-۵-۱- چینه‌شناسی منطقه

با توجه به این که در منطقه مورد مطالعه واحدهای رسوبی متنوعی از زمان کامبرین زیرین تا کواترنری گسترش دارند؛ در ادامه لیتولوژی منطقه بر اساس نقشه زمین‌شناسی منطقه شکل (۱-۶) از قدیم به جدید به طور مختصر شرح داده می‌شود (آقانباتی ۱۳۸۳). بخش اعظمی از این واحدهای رسوبی را آبرفت‌های مربوط به کواترنری تشکیل می‌دهد.

الف- کمپلکس دگرگونی گرگان

کمپلکس دگرگونی گرگان قدیمی‌ترین سنگ‌های حوضه آبگیر را تشکیل می‌دهد؛ که بخشی از منطقه را در بر می‌گیرد. گانسر (Gansser 1951) و اشتوکلین (Stocklin 1968) زمین‌شناسانی هستند که به طور استنباطی، شیست‌های گرگان را پی‌سنگ پرکامبرین کوه‌های البرز دانسته‌اند. علوی (Alavi 1991)، شیست‌های گرگان را شامل بخش‌هایی از سنگ‌های ماگمایی اردویسین - دونین و توالی سکوی دونین - تریاس میانی می‌داند که در تریاس پسین و در اثر برخورد صفحه ایران و توران به شدت دگرشکل و دگرگون شده است. افتخارنژاد و بهروزی (۱۳۷۰) مجموعه شیست‌های گرگان را با منشورهای برافزاینده بقایای تئیس کهن به سن پرمین دانسته و عامل دگرگونی را با رویداد سیمیرین پیشین وابسته می‌داند. ولایتی

(۱۳۸۱) بر پایه هاگ‌های شبه‌قارچ، شیست‌های گرگان را به سن ترشیری می‌داند. به نظر می‌رسد که شیست‌های گرگان یک واحد سنگ‌چینه‌ای در مرتبه سازند نیست، بلکه این انباشته‌ها، مجموعه درهمی از اولیستولیت‌های گوناگون به سن‌ها و جنس‌های متفاوت است که به لحاظ قرارگیری اتفاقی در محل زمین‌درز تیس کهن، با یکدیگر مخلوط شده‌اند. از نظر لیتولوژی مجموعه یاد شده را کلریت، سرسیت‌شیست، اپیدوت‌شیست، آمفیبول‌شیست، کالک‌شیست به همراه دیابازهای اسپیلیتی دگرگونه با میان‌لایه‌هایی از کوارتزیت، مرمر، متاولکانیک در حد بازیک و نیمه‌بازیک پدید آورده است.

واحد (Pz^l)

این واحد شامل یک توالی یک‌دست از جنس سنگ آهک متوسط‌لایه به رنگ خاکستری تیره است که در باریکه‌ای موازی با گسله خزر بین گلوگاه و لیوان شرقی رخنمون دارد. برگوارگی میلونیتی نسبتاً مشخصی در نمونه دستی این سنگ‌ها دیده می‌شود و رگه‌های کلسیت کوچک به فراوانی در آن وجود دارند. ضخامت قابل ملاحظه این واحد به حدود ۸۰ متر می‌رسد و لایه‌بندی آن به سمت بالای توالی نازک‌تر می‌شود. این واحد در زیر واحد کوارتزیت و دولومیت پالئوزوئیک مجموعه دگرگونی قرار می‌گیرد.

واحد (Pz^{qd})

این واحد در واقع یک توالی مرکب از لایه‌های کوارتزیت دولومیتی، کوارتزیت نسبتاً خالص به رنگ سفید و صورتی، دولومیت نخودی رنگ، سنگ‌جوش و فیلیت (شیل دگرگون شده) خاکستری تشکیل شده است. تمام توالی دارای نوعی برگوارگی میلونیتی مشخص است.

واحد (Pz^{ph})

واحد فیلیت بخش عمده‌ای از مجموعه سنگ‌های دگرگونی گرگان را تشکیل می‌دهد و در واقع همان واحدی است که آن را از ابتدا با نام شیست‌های گرگان نام‌گذاری کرده‌اند. واحد مزبور شامل یک توالی نسبتاً یکنواخت از فیلیت به رنگ خاکستری و خاکستری تیره است که قسمتی از بخش زیرین آن، با سنگ‌های آتشفشانی که دگرگون شده (VI) همراه است. این سنگ‌های آتشفشانی که دگرگون شده‌اند و

برگوارگی مشخصی دارند؛ دارای ترکیبات متغیری از انواع بازیگ تا حدواسط هستند. مطالعه سنگ‌نگاشتی نمونه‌هایی از این فیلیت‌ها نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده سنگ شامل کلریت و سرسیت است. مسکویت، بیوتیت، کلریتوئید، کوارتز، فلدسپار، تورمالین، زیرکن، کانی‌های کدر و اکسید آهن، کانی‌های فرعی سنگ را تشکیل می‌دهد. جهت‌یافتگی ترجیحی کانی‌های ورقه‌ای بیان شده، برگوارگی فیلیتی مشخصی را به این سنگ‌ها بخشیده است.

واحد (Pz^c)

این واحد شامل سنگ جوش‌های متوسط دانه‌ای است که اجزای آواری آن تا ۹۰ درصد از سنگ‌های آتشفشانی اسیدی و حدواسط تشکیل شده است. اندازه قلوها از چند میلی‌متر شروع می‌شود و بیشینه اندازه آن‌ها به حدود ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد. بسیاری از این قطعه سنگ‌های آتشفشانی دارای بافت حفره‌ای هستند که با کلریت، بیوتیت، اکسید آهن و کلسیت پر شده است. درشت بلورهای پلاژیوکلاز در برخی از این قلوها به خوبی دیده می‌شود. مطالعه سنگ‌نگاشتی نمونه‌ای که از قلوه سنگ‌های آتشفشانی این بخش گرفته شد نشان‌دهنده ترکیب کوارتز تراکتی - آندزیت به شدت تجزیه شده است. در این سنگ کانی‌های اصلی عبارتند از پلاژیوکلاز و فلدسپار قلیایی که در این میان پلاژیوکلاز چیره است و شامل بلورهای شکل‌دار و نیمه-شکل‌دار است که به کانی‌های رسی، سرسیت، کلسیت و کلریت تجزیه شده‌اند. بافت سنگ دارای تمرکز فراوان و حفره مانند کلسیت یا کلریت است. زمینه سنگ از فلدسپارهای ریزتر، کوارتز، کانی‌های رسی، کلریت، کلسیت و کانی‌های کدر، اکسید آهن، لوکوکسن و اپیدوت تشکیل شده است. علاوه بر این آثاری از بلورهای یک کانی مافیک دیده می‌شود؛ که به کلی با سرپانتین، کلریت، کانی‌های کدر و اکسید آهن جایگزین شده است و نمی‌توان کانی اولیه را تشخیص داد.

توده‌های نفوذی (g)

در بخش‌های مختلف واحدهای فیلیتی، سنگ‌جوش و آتشفشانی مجموعه دگرگونی گرگان، توده‌های نفوذی کوچک و بزرگی دیده می‌شود که از دگرگونی و دگرریختی مشابه با مجموعه مزبور برخوردار شده‌اند.

ترکیب این سنگ‌ها حدواسط تا بازیک است و شامل انواع مونزونیتی، دیوریتی و گابرویی هستند. این سنگ‌ها در برخی قسمت‌ها رخساره‌ای کاملاً نفوذی دارند و در بسیاری از قسمت‌ها توده‌های نیمه‌آتشفشانی هستند که در درون سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی تزریق شده‌اند.

ب- نهشته‌های کواترنری

واحد (Q¹)

این واحد شامل یک مجموعه لس به رنگ قهوه‌ای - خاکستری روشن است. رخنمون‌های گسترده این واحد در دامنه شمالی رشته کوه البرز دیده می‌شود که روی انواع واحدهای سنگی قدیمی‌تر را می‌پوشاند. بیشترین گسترش این واحد بر روی واحد بهمن خرده‌سنگی و آهک‌های سازند لار مشاهده می‌شود.

واحد آبرفت - لس (Q^{1a})

این واحد احتمالاً هم‌ارز زمانی واحد لس در شمال گسل خزر است و شامل تناوب متغیری از لس و نهشته‌های آبرفتی درشت دانه می‌باشد. احتمالاً وجود بارندگی فراوان و رودخانه‌های پرآب در دوره یخچالی ریس سبب نهشتگی این واحد شده است.

نهشته‌های بادزن‌های آبرفتی (Q^f)

این مجموعه شامل رسوباتی با اندازه دانه‌های گوناگون است که با عملکرد سیلاب‌های رودخانه‌ای شکل گرفته‌اند. بیشترین رخنمون این نهشته‌ها در مرز رشته کوه البرز و دشت خزر دیده می‌شود. نهشته‌های بادزن آبرفتی ناحیه به دو واحد تقسیم شده‌اند. واحد قدیمی‌تر (Q^{f1}) شامل نهشته‌های نسبتاً قدیمی‌تر و دور از منشأ هستند که نسبتاً ریزدانه‌تر نیز می‌باشند. در بریدگی‌های گودالی در جنوب شرقی گلوگاه سنگ‌جوش‌هایی دیده می‌شود که دارای لایه‌بندی مورب بزرگ مقیاس هستند. شیب این لایه بندی مورب بزرگ مقیاس به طور عمده به سوی جنوب است و ممکن است با کج‌شدگی زمین‌ساختی این لایه‌های

کواترنری اشتباه شود. سنگ‌جوش‌های مزبور دارای جورشدگی و شکستگی نسبتاً خوبی هستند. واحد جوان تر (Q^{f2}) در بادزن‌های فعال‌تری قرار دارد که در جبهه کوهستان در حال شکل‌گیری هستند و شامل نهشته‌های نسبتاً جوان‌تر و نزدیک‌تر به منشاء می‌باشد.

واحد نهشته‌های تالابی (Q^{tg})

این واحد از رسوبات ریزدانه تشکیل شده است. رنگ این نهشته‌ها خاکستری تیره تا خاکستری روشن و سفید است و لایه‌بندی مشخصی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود. این رسوبات در محیط تالابی خلیج گرگان در هنگام بالاتر بودن سطح آب دریای مازندران نهشته شده‌اند.

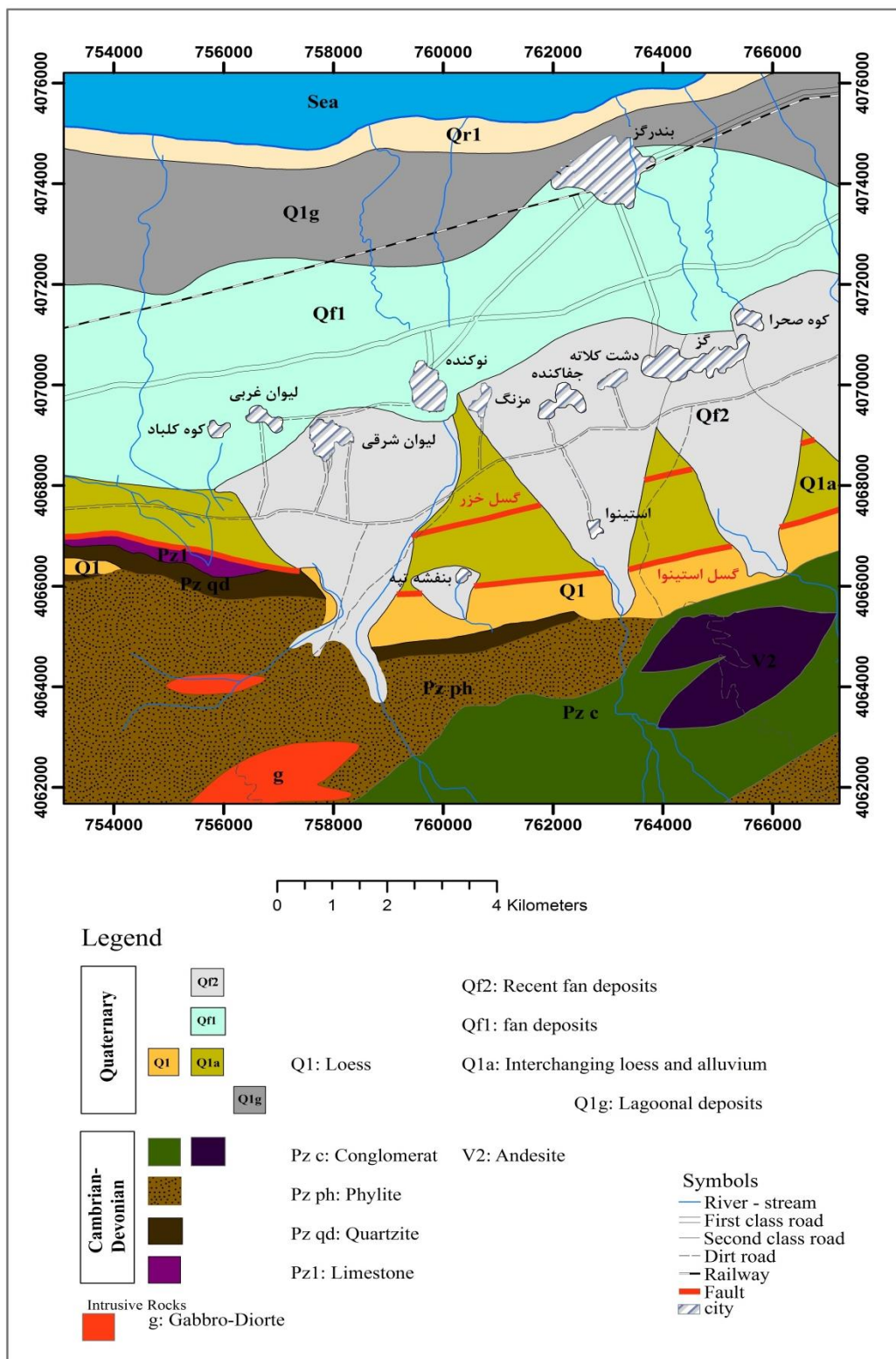
نهشته‌های کرانه‌ای

این واحد شامل ماسه‌هایی است که به طور فعال در کرانه دریای مازندران (Q^{ra}) و خلیج گرگان (Q^{rl}) نهشته می‌شوند. رسوبات مذکور در کرانه‌های دریای مازندران از جنس ماسه نسبتاً خالص هستند اما در کرانه‌های خلیج گرگان ریزدانه‌تر هستند.

۱-۵-۲- زمین‌شناسی ساختمانی

مهم‌ترین پدیده ساختاری در محدوده مورد مطالعه، گسل گرگان یا گسل خزر می‌باشد. این گسل که اصلی‌ترین گسله منطقه است احتمالاً از نوع راندگی با راستای شمال شرقی - جنوب‌غربی و دارای شیب به سمت جنوب است (Berberian 1983). گسل خزر از گرگان آغاز و در امتداد سواحل جنوبی دریای مازندران تا لاهیجان دنباله دارد. صالحی‌راد (۱۳۵۸) در ناحیه گرگان به این گسل نام گسل گرگان را داده است. سنگ‌های فرادیواره این گسل را مجموعه سنگ‌های دگرگونی گرگان، سازند شمشک، سازند لار و لس تشکیل می‌دهند. در فرودیواره این گسل نهشته‌های آبرفتی جوان و لس‌ها قرار گرفته‌اند (گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بهشهر). در تصاویر ماهواره‌ای بدون پوشش جنگلی و تا اندازه‌ای عکس‌های هوایی ۱:۱۰۰۰۰۰ گسل یاد شده دیده می‌شود.

تنها رخنمون تقریباً مشخص از گسل خزر در شرق بهشهر وضعیت گسلی را N89E/27SE نشان می‌دهد (قاسمی ۱۳۸۰). به گمان بربریان (Berberian 1983) از سرانجام‌های نئوژن تا کنون (حدود ۲ میلیون سال اخیر) رسوب‌های دو طرف گسل خزر نسبت به هم دست کم حدود ۳۰۰۰ متر جابه‌جا شده و همچنین پالوسکا و دیکنز (Paluska and Dickens 1979) کل جابه‌جایی و گودافتادگی دشت ساحلی جنوب دریای مازندران را در روند کواترنر به حدود ۲۰۰۰ متر و در ۳۰۰ هزار سال اخیر حدود ۶۰۰ متر ذکر کرده‌اند (گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بهشهر).



شکل ۱-۶- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته درباره تأثیر تغذیه مصنوعی

۲-۱- مقدمه

آب شیرین یکی از منابع اساسی مورد نیاز بشر است. ممکن است در بعضی از مناطق، منابع آب‌های سطحی محدود باشند یا به راحتی در دسترس انسان قرار نگیرند. در این قبیل مناطق می‌توان نیاز انسان‌ها به آب را از طریق آب‌های زیرزمینی که در همه‌جا به طور وسیع و گسترده پخش شده‌اند برطرف نمود (شمسایی ۱۳۸۱). بر اساس شرایط اقلیمی، جغرافیایی و توپوگرافی، بخش وسیعی از کشور جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. از ویژگی‌های این قبیل مناطق زیاد بودن تبخیر و تعریق در مقابل ناچیز بودن مقدار بارندگی سالیانه، و در نتیجه عدم وجود جریان‌های آب سطحی است. این مسأله موجب شده که امروزه بخش مهمی از آب مورد نیاز در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از منابع آب زیرزمینی تأمین گردد (ابراهیمی ۱۳۸۵).

امروزه افزایش جمعیت هم‌گام با رشد روزافزون فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی به منظور تأمین آب و غذا، موجب شده است که، استفاده از منابع آب زیرزمینی به بالاترین میزان خود برسد. بنابراین، حفظ و صیانت هر چه بیشتر این منبع، جهت بقای نسل‌ها و ادامه حیات بشر و تمام موجودات، امری واضح و اجتناب‌ناپذیر است.

تغذیه مصنوعی می‌تواند یکی از راه‌های مناسب جهت حفظ و احیاء منابع آب زیرزمینی و مقابله با خطر بهره‌برداری بیش از حد منابع آب باشد.

در ایران پروژه‌های تغذیه مصنوعی از سال ۱۳۵۱ به منظور حفظ تعادل آب‌های زیرزمینی مورد توجه قرار گرفته است (شایان‌نژاد و عابدی ۱۳۸۵). اولین طرح‌های تغذیه مصنوعی در ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ تا

۱۳۵۶ در شبکه آبیاری ورامین، گرمسار و قزوین به روش حوضچه‌ای و پس از آن در دشت ناز ساری به روش تزریق از طریق چاه احداث شده است (سوگندحسن‌آبادی و همکاران ۱۳۸۵).

۲-۲- اهداف تغذیه مصنوعی

با توجه به شرایط جغرافیایی، طبیعی، اقتصادی از تغذیه مصنوعی برای اهداف مختلفی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها معرفی می‌شوند:

۲-۲-۱- افزایش و یا ثابت نگه‌داشتن سطح آب زیرزمینی

امروزه به دلیل کاهش بارندگی، حفر زیاد چاه‌های عمیق و برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی در دشت‌ها، توجه بیشتر به تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها امری اجتناب‌ناپذیر و مهم محسوب می‌گردد. نتیجه حاصل از بررسی پروژه تغذیه مصنوعی آبخوان آبرفتی دشت قزوین که توسط ثابت‌آزاد (۱۳۷۲) انجام گرفت حاکی از آن است که با انتقال آب رودخانه طالقان و تزریق آن به داخل آبخوان دشت قزوین، به تدریج افزایش سطح آب زیرزمینی در منطقه پدیدار شده است. به این ترتیب که در برخی از قسمت‌های دشت، سطح ایستابی نسبت به سال قبل در حدود یک متر و در برخی مناطق حدود ۳/۵ تا ۴ متر بالا آمده است. بررسی‌های انجام شده توسط زارع و همکاران (۱۳۷۸) بر روی تغذیه مصنوعی دشت امامزاده جعفر گچساران نشان‌دهنده این مطلب است که با وجود عدم آبیگری حوضچه‌های تغذیه در طی سه سال پس از اجرای طرح و فقط به دلیل نفوذ آب از طریق مخزن بند انحرافی، وضعیت آبخوان در پایین‌دست از نظر کمی بهبود یافته است. آب تغذیه شده پس از پر کردن خلل و فرج موجود در زون غیراشباع و رسیدن به سطح ایستابی، باعث ایجاد گنبدهای آب زیرزمینی شده و بعد از گسترش این گنبدها در جهت شیب هیدرولیکی، باعث افزایش سطح آب زیرزمینی آبخوان پایین‌دست طرح گردیده است. رهنما و خلجی (۱۳۸۲) در مطالعه خود در پخش سیلاب باغ سرخ شهرضا، آمار مربوط به بارش و بهره‌برداری را با آمار

تغییرات سطح سفره، مورد مقایسه و ارزیابی قرار داده و توانستند تأثیر مثبت طرح را در افزایش سطح آب زیرزمینی منطقه به اثبات برسانند.

ضیاء و اصغری مقدم (۱۳۸۳) در ارزیابی کمی طرح تغذیه مصنوعی شوراب بیرجند به این نتیجه رسیدند که طرح تغذیه مصنوعی شوراب به دلیل عدم آبگیری کامل، کاهش نزولات جوی، پرشدن حوضچه رسوب-گیر، تبخیر زیاد در طی دوره آبگیری، قادر به کنترل کاهش کیفیت و افت سطح آب زیرزمینی چاه‌های پایین دست خود نمی‌باشد.

کتیبه و حافظی (۱۳۸۳) با بهره‌گیری از مدل‌سازی جریان‌های آب زیرزمینی با استفاده از نرم افزار MODFLOW وضعیت آینده آبخوان باریک بم را پیش‌بینی و عملکرد طرح تغذیه مصنوعی این دشت را ارزیابی کردند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که بکارگیری روش پخش سیلاب موجب افزایش سالیانه حدود ۱۲/۶ میلیون متر مکعب آب به ذخیره آبخوان شده است. مطالعات آن‌ها نشان داد که اگر چه تغذیه مصنوعی آبخوان به روش پخش سیلاب موجب کاهش نرخ افت سطح ایستابی شده است اما قادر به توقف روند افت سطح ایستابی نبوده است. قهاری و پاک‌پرور (۱۳۸۶) در بررسی تأثیر استحصال و پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت جعفرآباد گربایگان شهرستان فسا، بیان کردند که دست کم تا سه ماه بعد از سیلاب نیز روند تغییرات سطح سفره در محدوده طرح افزایشی است.

طایی سمیرمی (۱۳۸۸) با بررسی آبخوان دشت گربایگان فسا با استفاده از مدل MODFLOW، کاهش بهره‌برداری به میزان ۱۰ درصدی به همراه افزایش ۱۰ درصدی تغذیه مصنوعی را راهکاری مناسب در راستای کنترل اثرات منفی بهره‌برداری از آب زیرزمینی ارائه کرده است.

حاجی‌هاشمی جزی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی تأثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی شرق دشت بیرجند بیان کردند که با مقایسه سطح آب زیرزمینی در قبل و بعد از آبگیری مشاهده می‌شود که اثر تغذیه مصنوعی بر سطح آب زیرزمینی در دراز مدت مثبت بوده و حاکی از موفقیت اجرای طرح است. علت آن را

می‌توان به آبیگری شبکه در زمان وقوع سیلاب‌های شدید و برخورداری شبکه از سرعت نفوذ بالا، به سبب عدم ته‌نشین شدن رسوب دانه ریز در حوضچه‌های تغذیه، نسبت داد.

بررسی تأثیر تغذیه مصنوعی بر پتانسیل آب‌های زیرزمینی دشت قروه در کردستان توسط رستمی و همکاران (۱۳۸۹) نشان می‌دهد که افزایش ۱۰ درصدی میزان تغذیه از طریق بارندگی باعث کاهش افت سطح آب زیرزمینی می‌شود به طوری که ۴۴ درصد از بیلان منفی دشت جبران می‌شود. که می‌توان با تغذیه مداوم دشت در طول چند سال بیلان دشت را مثبت کرد. رسایی و ابرقویی (۱۳۸۹) در بررسی تأثیر بندهای تغذیه مصنوعی بر سطح آب پیژومترهای دشت مروست استان یزد نشان دادند که ارتفاع مطلق سطح آب پیژومترهای تحت تأثیر بندها در دوره آماری بعد از احداث بندها روند افت کمتری نسبت به دوره قبل از احداث پیدا کرده است. هم‌چنین چاه‌هایی که در محدوده بندها قرار دارند به طور قابل توجهی از روند افت سطح آن‌ها کاسته شده است.

معظمی و همکاران (۱۳۸۹)، در بررسی اثرات تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب بر تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه جارمه شهرستان اندیمشک، به این نتیجه رسیدند که پس از اجرای طرح، روند کلی سطح آب‌های زیرزمینی افزایشی بوده است اما آهنگ این افزایش تحت تأثیر میزان برداشت قرار داشته است به طوری که پیژومترهای واقع در زمین‌های کشاورزی روند افزایشی کندتری را نسبت به سایر پیژومترها نشان می‌دهند.

جورابلو و همکاران (۱۳۹۰) با توجه به بررسی‌های انجام شده بر روی سفره‌های آب زیرزمینی دشت گرمسار دریافتند که در سال‌های آبی که تغذیه مصنوعی صورت گرفته روند نزولی سطح آب زیرزمینی کمتر شده است. غفوری و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثرات تغذیه آبخوان دشت شهریار، به وسیله سیلاب‌های طبیعی و هم‌چنین رهاسازی آب از سد امیرکبیر، به این نتیجه رسیدند که این امر تأثیرات کمی قابل توجهی داشته است.

بررسی تغییرات شیب افت سطح آب زیرزمینی در محدوده پیژومترهای واقع در پایین دست شبکه تغذیه مصنوعی خوی بیانگر این مطلب است که در تمامی این پیژومترها، شیب افت سطح آب زیرزمینی بعد از آبیگری عمده طرح تغذیه مصنوعی به طور محسوسی کاهش یافته است. به این معنی که افت سالانه سطح آب زیرزمینی در سال های پس از آبیگری عمده طرح، به طور قابل توجهی نسبت به سال های قبل آن کمتر شده است. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که طرح تغذیه مصنوعی خوی به طور قابل توجهی بر کمیت آب های زیرزمینی آبخوان پایین دست خود تاثیر مثبتی گذاشته است (قوردویی میلان و کرمی ۱۳۹۲).

۲-۲-۲- افزایش کیفیت آب های زیرزمینی

با عنایت به افت کیفیت آب مورد نیاز بخش کشاورزی در بسیاری از دشت های کشور، توجه به بهبود کیفی منابع آب های زیرزمینی از طریق تغذیه مصنوعی آبخوان ها از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، در بررسی منابع آب، علاوه بر مطالعه کمی، بررسی کیفی آب برای مصارف مختلف مانند، شرب، صنعت و کشاورزی نیز ضروری می باشد.

نتایج حاصل از بررسی مقدس و همکاران (۱۳۸۶) در رابطه با اثر پخش سیلاب بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی منطقه غرب سبزوار نشان می دهد که تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی با استفاده از سیلاب های منطقه، علاوه بر مهار سیلاب و جلوگیری از خسارات ناشی از آن، می تواند باعث بهبود وضعیت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی شود. بررسی تراز سطح آب زیرزمینی و کیفیت آب در محدوده عرصه پخش سیلاب و نواحی مجاور آن بیانگر این است که طرح های مذکور سبب بهبود کمی و کیفی آب زیرزمینی در منطقه شده اند.

صافی و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر تغذیه مصنوعی بر کیفیت آب زیرزمینی در ناحیه شندآباد استان آذربایجان شرقی که یکی از مهم ترین دشت های آذربایجان شرقی از لحاظ کشاورزی است را مورد مطالعه قرار دادند. جهت تحلیل کیفی آب زیرزمینی، منطقه شندآباد به سه ناحیه تقسیم بندی شد؛ که ناحیه یک در نزدیکی

طرح تغذیه مصنوعی قرار دارد. آن‌ها با انتخاب یک دوره پنج ساله، تأثیر کمی و کیفی تغذیه مصنوعی بر دشت را بررسی کردند. در مقایسه و تحلیل کیفی آب شرب و کشاورزی ناحیه‌های مختلف، این نتایج حاصل شد؛ در ناحیه یک طی پنج سال کیفیت آب شرب و کشاورزی به علت ایجاد طرح تغذیه مصنوعی در میان‌چای با مرور زمان بهتر شده است. این در حالی است که در ناحیه دو و سه با توجه به برداشت آب زیرزمینی در دوره مزبور و عدم تغذیه کافی، از کیفیت آب کاسته شده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که با اجرای طرح تغذیه مصنوعی آبخوان، کیفیت آب در منطقه تأثیر بهبود یافته است. نتایج بدست آمده از بررسی تأثیر کیفی تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی بر روی چاه‌ها در منطقه تأثیر تغذیه مصنوعی، در مناطق روستایی راجستان در کشور هندوستان حاکی از این مطلب است که، کیفیت آب چاه‌هایی که در منطقه تغذیه مصنوعی قرار گرفته‌اند از طریق رقیق شدن ترکیب شیمیایی بهبود یافته است (Stiefel *et al.* 2008). قضاوی و همکاران (Ghazavi *et al.* 2012) در مطالعات خود در مورد ارزیابی اثرات پخش سیلاب بر کیفیت آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به بررسی میزان یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر، بی‌کربنات و سولفات در ۱۴ چاه عمیق پرداختند. آن‌ها هم‌چنین هدایت الکتریکی (EC) و pH آب زیرزمینی را برای دو دوره زمانی نیز اندازه گرفتند. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت یون در تمام چاه‌ها در طول دوره مطالعه به جز منطقه تحت تأثیر پخش سیلاب افزایش یافته است. نتایج بررسی طرح تغذیه مصنوعی آمستردام هلند به وسیله تزریق آب رودخانه راین توسط کارلسن و همکاران (Karlsen *et al.* 2012) نشان می‌دهد که به دلیل کیفیت بالای آب تزریق شده، کیفیت آب زیرزمینی منطقه بهبود یافته است. غلظت یون‌های اصلی طی یک بازه زمانی ۵۶ ساله (۲۰۰۸ - ۱۹۵۲) مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج حاصل از این بررسی حاکی از آن است که مقدار منیزیم از حدود ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر به کمتر از ۴/۸ میلی‌گرم بر لیتر رسیده است. هم‌چنین غلظت یون کلسیم از ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر به حدود ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته است. بر این اساس به تبعیت از کاهش مقدار کلسیم و منیزیم سختی آب نیز کاهش یافته است.

به منظور بهبود کیفیت آب زیرزمینی در یکی از مناطق چین از تغذیه مصنوعی به روش تزریق استفاده شده است. جهت تزریق آب به درون آبخوان از بستر رودخانه هاتو (Hutuo) استفاده شده است. نتایج حاصل از آنالیز چهار یون F ، NO_3 ، Cl و SO_4 نمونه‌های آب زیرزمینی در طول ۳ ماه نشان می‌دهد که بعد از اجرای طرح مقدار یون‌های F ، Cl و SO_4 در آب زیرزمینی آبخوان افزایش پیدا کرده است و یون NO_3 در این آبخوان کاهش یافته است (Shanghai and Danmei 2012).

۲-۲-۳- اثرات مثبت زیست‌محیطی تغذیه مصنوعی

کمبود آب علاوه بر تأثیر بر اراضی کشاورزی تأثیر زیادی بر منابع طبیعی دارد. امروزه در اکثر نقاط جهان جهت تأمین آب، بهبود حاصلخیزی خاک، جلوگیری از فرسایش و سیل علاوه بر آبخیزداری اقدام به انجام تغذیه مصنوعی به ویژه از طریق پخش سیلاب می‌شود که اثرات مثبت آن همواره مورد تایید قرار گرفته است.

خواجهای و همکاران (۱۳۸۳) طرح تغذیه مصنوعی علی‌نظر شهرستان پلدشت را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تغذیه مصنوعی باعث افزایش درصد پوشش گیاهی، استحصال رواناب و حاصلخیزی خاک شده است. نتایج حاصل از بررسی‌های طنرلی و همکاران (۱۳۸۴) در رابطه با تأثیر تغذیه مصنوعی آب‌باریک بم نشان می‌دهد که پخش سیلاب باعث افزایش حاصلخیزی خاک و همچنین افزایش میزان کلسیم، منیزیم، پتاسیم و مواد آلی شده است.

مقدس (۱۳۸۶) در بررسی اثر تغذیه مصنوعی بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت سبزوار بیان داشت که تغذیه آبخوان‌ها از طریق طرح‌های تغذیه مصنوعی، کمیت آب زیرزمینی را افزایش داده و به دنبال آن بر محیط زیست اثر مثبت دارد. از آنجایی که بخشی از منابع آب زیرزمینی یک دشت به صورت خروجی زیرزمینی و یا زهکش از دشت خارج و سپس وارد آبخوان‌های پایین‌دست شده و یا در مسیر رودخانه قرار می‌گیرد، لذا افزایش حجم مزبور موجب توسعه کشاورزی و تغییر در محیط زیست آن ناحیه خواهد شد.

تغییر در محیط زیست منطقه تدریجی بوده زیرا در سال‌های اول، آب تغذیه شده به آبخوان، صرف جبران کاهش حجم مخزن شده و در سال‌های بعد مشروط به آن که افزایش بهره‌برداری متناسب با افزایش پتانسیل آبخوان باشد، پوشش گیاهی توسعه یافته و تحول بهتری در تغذیه مصنوعی و محیط مسکونی و زیستگاه‌های جانوری به وقوع می‌پیوندد.

با توجه به نتایج بدست آمده از پروژه پخش سیلاب سیوجان در شهرستان بیرجند، می‌توان اظهار نظر کرد که پخش سیلاب یکی از عواملی است که سبب بهینه‌سازی منابع آب و خاک می‌شود. بنابراین، ارائه هر گونه برنامه‌ریزی عملی به منظور کنترل و مهار آب‌های سطحی، علاوه بر فواید بی‌شمار آن، می‌تواند برای محیط زیست مفید واقع شود (نحوی‌نیا و همکاران ۱۳۸۷).

نتایج تحقیقات بهشتی‌راد (۱۳۸۹) پیرامون بررسی تغییرات حاصلخیزی خاک در اثر تغذیه مصنوعی در منطقه پارک چابهار بیان‌کننده این مطلب است که، اجرای تغذیه مصنوعی اثرات مثبتی بر شاخص‌های حاصلخیزی خاک مانند میزان مواد آلی، ازت، پتاسیم، فسفر، درصد رس، سیلت، شن، اسیدیتته و هدایت الکتریکی در مقایسه با منطقه شاهد دارد. عباسی و دریکوند (۱۳۹۰) در مطالعات خود بر روی دشت تاکستان در استان قزوین، اثرات زیست‌محیطی طرح تغذیه مصنوعی منطقه را ارزیابی کردند. نتایج بررسی‌های آن‌ها بیانگر تأثیر مثبت اجرای طرح تغذیه مصنوعی بر جمعیت و کیفیت کشاورزی و دامپروری می‌باشد.

در بررسی اثرات زیست‌محیطی اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی در محدوده دشت حمامی شهرستان خنج استان فارس توسط منافی و یاری‌جو (۱۳۹۲) نتایج زیر حاصل شد. اجرای پروژه تغذیه مصنوعی علاوه بر تأثیر مستقیم بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه، بر وضعیت کشاورزی نیز تأثیر گذاشته است. این امر، بر تقویت مناسبات اقتصادی و افزایش درآمد کشاورزان مؤثر خواهد بود. همچنین در اثر آبیاری زمین‌های کشاورزی با آب دارای کیفیت بهتر، در طولانی مدت کیفیت خاک کشاورزی نیز بهبود می‌یابد.

۲-۲-۴- استفاده مجدد از فاضلاب

یکی از اهداف مصرف پساب‌های تصفیه شده شهری، استفاده از آن‌ها برای تغذیه مصنوعی دشت‌های بدون جریان آب سطحی می‌باشد. استفاده از این پساب‌ها به ویژه در دشت‌هایی که دارای افت سطح آب زیرزمینی به علت برداشت بی‌رویه این منابع می‌باشند؛ از اهمیت و ضرورت بیشتری برخوردار است. نتایج بدست آمده از بررسی‌های حسن اقلی و لیاقت (۱۳۸۷) در رابطه با تأثیر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان تهران بر انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیک به آبخوان کم عمق حکایت از آن دارد که اجرای این عملیات، تأثیر بسزایی بر حذف عوامل آلاینده و افزایش ذخیره آبی سفره زیرزمینی می‌گذارد.

نتایج بررسی‌های یاری و حسن‌نژاد (۱۳۸۷) در رابطه با تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی با استفاده از پساب تصفیه شده نشان داد که لایه غیراشباع خاک هم‌چون یک صافی طبیعی عمل نموده و قادر به جذب کلیه مواد معلق، باکتری، ویروس‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. هم‌چنین نفوذ تدریجی پساب تصفیه شده باعث کاهش قابل ملاحظه میزان ازت، فسفر و فلزات سنگین خواهد شد. هم‌چنین از لحاظ کمی، افت سطح ایستابی آب زیرزمینی جبران شده و از تداخل آب‌های شور و شیرین و فرونشست زمین جلوگیری به عمل می‌آید.

استفاده مجدد از پساب و فاضلاب تصفیه شده جهت تغذیه مصنوعی آبخوان‌هایی که مستعد آلودگی به واسطه پدیده پیشروی آب شور در زیر نواحی ساحلی هستند، به عنوان یک راهکار مناسب در مدیریت سواحل محسوب می‌شود. استفاده از فاضلاب جایگزینی مناسبی برای استفاده در مصارف کشاورزی می‌باشد که سبب افزایش سلامت عمومی می‌گردد (اسلامیان و همکاران ۱۳۸۸).

مروتی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی استفاده از پساب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان دشت اردکان یزد به این نتیجه رسیدند که استفاده مجدد از پساب‌ها ضمن این که از تخلیه پساب و ایجاد آلودگی احتمالی در محیط زیست جلوگیری می‌کند؛ بلکه سبب ایجاد ظرفیت‌های جدید منابع آبی نیز می‌شود.

لاله‌زاری و همکاران (۱۳۹۲) امکان‌سنجی برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی با فاضلاب خروجی از تصفیه خانه شهرکرد را مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور، مشخصات محیط متخلخل آبخوان شهرکرد نظیر ضخامت عبور جریان و ضرایب هیدرودینامیک در نقاط مختلف دشت را محاسبه و بررسی کردند. مدل جریان و انتقال آلاینده دشت شهرکرد از طریق نرم افزارهای MT3D و MODFLOW، واسنجی و صحت-سنجی گردید. از مدل تهیه شده برای شبیه‌سازی رفتار آبخوان قبل و بعد از اعمال سناریوهای فرضی تغذیه فاضلاب بهره گرفتند. بر این اساس، ۱۰ سناریوی فرضی تغذیه مصنوعی با انتقال فاضلاب به موقعیت‌های مختلف دشت تعریف و تأثیر حجم و غلظت نیترات در فاضلاب بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی محدوده، مطالعه گردید. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که بخش‌های میانی و جنوبی دشت با دارا بودن محیط متخلخل و بافت درشت‌تر و نزدیک بودن به محل تصفیه خانه از وضعیت بهتری برای اجرای سناریوها برخوردار هستند. تأثیر تزریق آب بر روی افزایش سطح ایستابی در این منطقه محدوده‌ای با شعاع بیش از شش کیلومتر را در بر می‌گیرد.

استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده از طریق تغذیه آب‌های زیرزمینی برای افزایش پایداری منابع آب با توجه به کاهش منابع آب زیرزمینی، راهکاری مناسب می‌باشد. از جمله اهداف مهمی که می‌توان اشاره کرد، افزایش منابع زیرزمینی، ایجاد سدی برای نفوذ نکردن آب شور به سفره آب زیرزمینی مناطق ساحلی، ایجاد تصفیه اضافی بر روی سیال از طریق خاک و کنترل و پیشگیری از نشست زمین می‌باشد. همچنین سفره‌های آب زیرزمینی یک مکانیزم طبیعی برای انتقال زیرسطحی آب اصلاح شده را مهیا می‌سازند و نیاز به تأسیسات ذخیره‌سازی سطحی و مشکلات همراه با آن از قبیل تبخیر و رشد جلبکی که عامل افت کیفیت آب است را برطرف می‌کنند.

۲-۲-۵- افزایش آبدهی قنات‌ها

در سال‌های اخیر برداشت بی‌رویه از منابع آبی زیرزمینی توأم با اثر تشدیدکننده خشکسالی‌ها، باعث کاهش شدید آبدهی قنات‌ها و حتی خشک شدن آن‌ها شده است. یکی از راهکارهای مقابله با کاهش آبدهی قنات‌ها و یا خشک شدن آن‌ها اجرای طرح‌های آبخیزداری و پخش سیلاب می‌باشد.

بیات‌موحد و شامی (۱۳۸۳) تأثیر پخش سیلاب بر دو رشته قنات (یکی در عرصه پخش سیلاب و دیگری به عنوان شاهد) در آبخوان سهرین - قره‌چریان زنجان را بررسی کردند. این بررسی در مورد دبی خروجی دو قنات در هفت دوره آبی بعد از احداث ایستگاه پخش سیلاب می‌باشد. نتیجه این بررسی حاکی از آن است که دبی خروجی قنات عملیاتی کاملاً تحت تأثیر مقدار آبدگیری و پخش سیلاب بوده و از نظر آماری همبستگی خوبی با مقدار آبدگیری نشان می‌دهد. این در حالی است که قنات شاهد با وجود دارا بودن حوضه بسیار بزرگتر از قنات عملیاتی، تغییرات قابل توجه نداشته و تنها تحت تأثیر بارش‌های جوی بوده است. این امر نشان می‌دهد که در صورت اجرای عملیات آبخوانداری پخش سیلاب می‌توان در دراز مدت از کاهش سطح آب‌های زیرزمینی جلوگیری و نسبت به احیاء قنات‌ها اقدام نمود. این امر می‌تواند در توسعه پایدار کشاورزی نیز مفید واقع شود. نتایج بررسی‌های آقارزی (۱۳۸۴) در مورد تأثیر چاه‌های تغذیه‌ای بر حوضه آبدگیر قره‌کهریز شهرستان اراک نشان می‌دهد که تغذیه آب به سفره آب زیرزمینی به روش چاه تغذیه در پایین دست قنات‌ها و چشمه‌ها، در ماه‌های غیرزرزاعی که آب آن‌ها هرز می‌رود، روش بسیار مؤثری برای افزایش آبدهی قنات‌های منطقه می‌باشد.

نتایج حاصل از بررسی تأثیر عملیات آبخیزداری و تغذیه مصنوعی بر احیاء قنات‌ها در کاشمر توسط بصیری و همکاران (۱۳۸۴) نشان می‌دهد که با اجرای طرح تغذیه مصنوعی سطح آب در آبخوان افزایش یافته و باعث احیاء دوره‌ای قنات‌های منطقه شده است.

با توجه به نتایج حاصل از بررسی گلرنگ و همکاران (۱۳۸۴) مبنی بر تأثیر مثبت کنترل و بهره‌وری از سیلاب بر آبخوان‌های منطقه سبزوار و کاشمر و نهایتاً آبدهی قنات‌ها می‌توان دریافت که طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی در احیاء قنات‌های منطقه مؤثر بوده است. گودرزی و اسلامیان (۱۳۸۴) تأثیرات

کمی و کیفی طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی باغ‌سرخ شهرضا بر آب قنات‌های منطقه را مورد بررسی قرار دادند. بررسی میزان آبدهی این قنات‌ها قبل و بعد از هر آبیگری نشان‌دهنده تأثیر مثبت اجرای این طرح‌ها بر افزایش آبدهی قنات‌ها بوده است.

مهدی‌پور و همکاران (۱۳۸۴) به منظور بررسی تأثیر بندهای خاکی در افزایش آبدهی قنات‌های حوضه آبیگر تنگویی سیرجان استان کرمان، ۵ بند خاکی که در پایین‌دست آن‌ها قنات‌های فعال وجود دارند را انتخاب نمودند و آمار و اطلاعات موجود قبل و بعد از احداث بندها را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده اهمیت و ارزش این سازه‌ها در جهت تغذیه آب به سفره آب زیرزمینی می‌باشد که این امر در افزایش آبدهی قنات‌های پایین‌دست بند خاکی بسیار مؤثر بوده است.

فتاحی و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی تأثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت جعفرآباد قم با مقایسه سطح آب در دو چاه پیرومتری و قنات در بالادست و پایین‌دست عرصه پخش سیلاب پس از آبیگری، افزایشی معادل ۲۰۰ لیتر بر ثانیه را در آبدهی قنات پایین‌دست گزارش کرده اند.

بر اساس مطالب فوق‌الذکر، ملاحظه می‌شود که تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به روش‌های مختلف تأثیر بسزایی در افزایش آبدهی قنات‌های موجود در پایین‌دست محل اجرای طرح تغذیه مصنوعی داشته است.

۲-۲-۶- مقابله با پدیده هجوم آب‌های شور

برداشت بی‌رویه از آب شیرین در آبخوان‌های ساحلی باعث افت سطح ایستابی و در نتیجه به هم خوردن تعادل هیدرواستاتیکی آب‌های شور و شیرین می‌شود. به این ترتیب که فشار هیدرواستاتیکی آب شیرین نسبت به آب شور کاهش پیدا کرده و باعث هجوم آب شور دریا به سفره آب زیرزمینی می‌شود. متأسفانه، به همین دلیل، در برخی مناطق کشور کشت محصولاتی که نیاز به آب با کیفیت بالا دارند، دیگر میسر

نمی‌باشد. با اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی در این مناطق می‌توان این امر را کنترل و به برقراری تعادل هیدرواستاتیکی آب شور و شیرین کمک کرد (صافی و موسوی ۱۳۸۸). در مطالعاتی که در آبخوان تبولبا (Teboulba) در کشور تونس صورت گرفت این نتیجه بدست آمد که تغذیه مصنوعی باعث جلوگیری از نفوذ آب شور و در نتیجه جلوگیری از تخریب اجتناب‌ناپذیر کیفیت آب می‌شود (Bouri and Dhia 2007). نتایج حاصل از مطالعات استفاده مجدد از فاضلاب در آبخوان ساحلی (Salalah) در کشور عمان نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب برای تغذیه مصنوعی باعث افزایش سطح آب در مجاورت خط تزریق و کاهش هجوم آب شور به سمت آبخوان می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که طرح تزریق فاضلاب به ثبات سطح آب و کاهش نفوذ آب شور دریا کمک می‌کند (Shammas 2007).

۲-۳- جمع‌بندی مطالب بدست آمده از مطالعات پیشین درباره تغذیه مصنوعی

منبع اصلی تمام آب‌های زیرزمینی تجدیدشونده، ریزش‌های جوی است. با وقوع خشکسالی و تغذیه نشدن آب زیرزمینی از یک طرف و برداشت زیاد از آن برای توسعه شهری، کشاورزی و صنعتی، سطح آب زیرزمینی به شدت پایین می‌رود. پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی مسائلی نظیر، خشک شدن قنات‌ها و چشمه‌ها، نشست زمین و بسته شدن منافذ موجود، کاهش قابلیت ذخیره آب لایه آبدار، پیشروی بیابان به علت پایین افتادن سطح آب و عدم توانایی گیاهان برای گرفتن آب از عمق و از بین رفتن آن‌ها، جیره‌بندی آب، افزایش آلودگی آب، پیشروی آب شور در آب شیرین در مناطق ساحلی و ایجاد بحران و تنش‌های ناحیه‌ای، ملی و بین‌المللی را پدید می‌آورد. بنابراین، با توجه به مطالعات انجام شده تغذیه مصنوعی راهکاری مناسب برای افزایش آب‌های زیرزمینی و جبران برداشت بیش از حد آب است. از طرفی ذخیره آب در زیرزمین، در هر منطقه، می‌تواند بیمه‌ای علیه خشکسالی و خسارت‌های ناشی از آن محسوب شود.

فصل سوم: روش انجام کار

در این فصل به بیان روش و روند مطالعات انجام گرفته به منظور ارزیابی تأثیر کمی و کیفی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر سفره آب زیرزمینی در جنوب بندرگز پرداخته می‌شود. به طور کلی، فعالیت‌های صورت گرفته برای انجام این تحقیق را می‌توان به شرح زیر دسته بندی نمود.

- جمع‌آوری آمار و داده‌های مرتبط با موضوع تحقیق
- بررسی مشخصات فیزیکی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده
- تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه
- نمونه‌برداری از چاه‌های منطقه مورد مطالعه و آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب
- برآورد ضریب رواناب در حوضه مورد مطالعه
- تهیه نقشه‌ها و نمودارهای مورد نیاز
- بررسی تأثیر کمی طرح تغذیه مصنوعی بر آبخوان منطقه
- بررسی تأثیر کیفی طرح تغذیه مصنوعی بر آبخوان منطقه

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات

اولین گام برای انجام یک تحقیق، جمع‌آوری آمار و داده‌های مرتبط با موضوع تحقیق می‌باشد. در این تحقیق، اطلاعات مربوط به سطح آب‌های زیرزمینی در محدوده طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده، شامل آمار پنج ساله مربوط به پیزومترهای بندرگز، شمال‌نوکنده، باغ موسوی، دشت کلاته، نوکنده، گز و

بنفشه تپه از شرکت آب منطقه‌ای گلستان جمع‌آوری گردید. هم‌چنین از داده‌های ۱۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۸۳) ایستگاه باران‌سنجی وطن و داده‌های دراز مدت ایستگاه هواشناسی بالابلوک جهت برآورد میانگین بارندگی و درجه حرارت منطقه استفاده شده است.

۲-۳- بررسی مشخصات فیزیکی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده

جهت بررسی مشخصات فیزیکی طرح، اطلاعات و اسناد موجود در رابطه با طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده از شرکت آب منطقه‌ای گلستان جمع‌آوری و مطالعه گردید. در همین راستا به منظور شناخت کامل طرح، چهار بازدید از شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده صورت گرفته است. شکل (۱-۳) نمایی از طرح تغذیه مصنوعی را نشان می‌دهد.



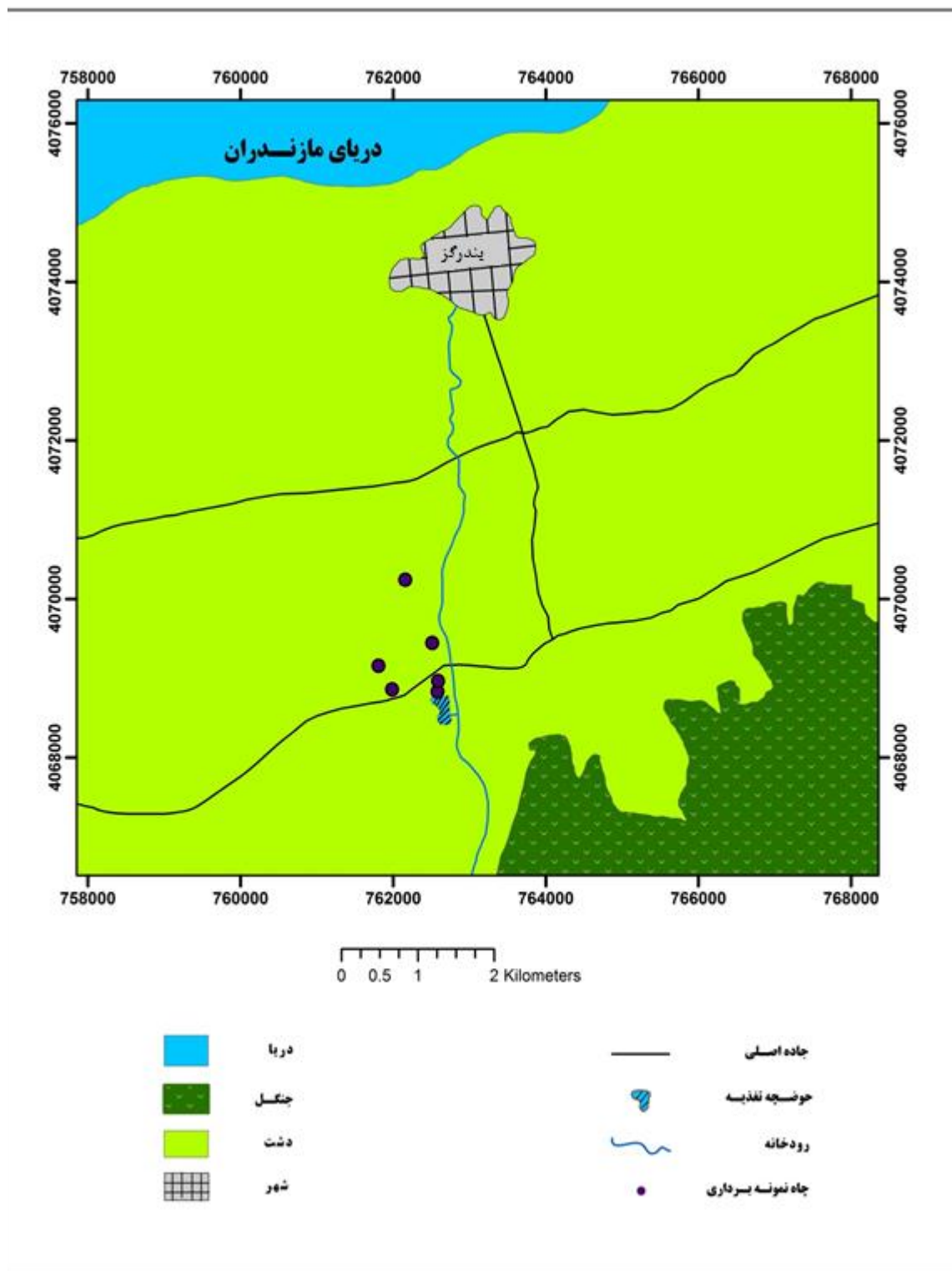
شکل ۱-۳- نمایی از طرح تغذیه مصنوعی

۳-۳- تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه

به منظور تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده به وسیله سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، استفاده گردید. سپس در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10 واحدها و ساختارهای زمین‌شناسی موجود در محدوده مورد مطالعه ترسیم و نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه تهیه گردید. تعیین حوضه آبخیز و بررسی ویژگی‌های حوضه آبخیز در محیط نرم‌افزار Google Earth و Global Mapper و بر اساس نقشه‌های رقومی ارتفاعی (Dem) منطقه صورت گرفت.

۳-۴- بازدید صحرایی و نمونه‌برداری از چاه‌های منطقه مورد مطالعه

با توجه به این که تعداد پیزومترهای واقع در پایین‌دست حوضچه تغذیه مصنوعی کم می‌باشد؛ جهت بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه مورد نظر، سطح آب زیرزمینی مربوط به شش حلقه چاه نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. شکل (۳-۲) موقعیت چاه‌های مورد نظر را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری سطح آب، در بهمن ماه ۱۳۹۳ انجام شده و در این زمان تمام چاه‌های منطقه خاموش بوده است. شکل (۳-۳) تصاویری از اندازه‌گیری سطح آب را نشان می‌دهد. هم‌چنین برای بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی، از چهار حلقه چاه در منطقه نمونه‌برداری شد. مختصات جغرافیایی چاه‌های مورد نظر توسط دستگاه GPS تعیین شد. در این نمونه-برداری خواص آب از جمله هدایت الکتریکی و اسیدیته در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. هم‌چنین غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی آب شامل سولفات، کلر، بی‌کربنات، پتاسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم، در آزمایشگاه آب‌شناسی دانشگاه شاهرود اندازه‌گیری شد (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۲- موقعیت چاه‌های موجود در پایین دست طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده



شکل ۳-۳- اندازه‌گیری سطح آب در یکی از چاه‌های منطقه



شکل ۳-۴- آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب در آزمایشگاه

۳-۵- رسم نمودارهای هیپسومتری حوضه مورد مطالعه

از آن جایی که حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده فاقد ایستگاه باران‌سنجی است، می‌توان با استفاده از نمودار ارتفاع - بارندگی و ارتفاع متوسط حوضه، میانگین بارندگی حوضه را برآورد نمود. نظر به این که در حوضه مورد مطالعه تا ارتفاع ۵۰۰ متری، رابطه بارندگی و ارتفاع مستقیم می‌باشد و پس از آن رابطه ارتفاع - بارندگی معکوس می‌شود، لازم است ارتفاع متوسط حوضه برای دو بخش به طور جداگانه محاسبه شود. بخش اول، محدوده با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر و بخش دوم، محدوده‌ای با ارتفاع بالاتر از ۵۰۰ متر را شامل می‌شود. به منظور تعیین ارتفاع متوسط حوضه در دو بخش فوق الذکر، نمودار هیپسومتری آن‌ها به طور جداگانه ترسیم شده است.

۳-۶- برآورد حجم سیلاب برای دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه مورد نظر

به منظور برآورد حجم سیلاب در حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده، ابتدا مقدار بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف برای حوضه مورد نظر از طریق نسبت میانگین بارندگی ایستگاه وطن (نزدیک‌ترین ایستگاه به حوضه مورد نظر) به میانگین بارندگی حوضه مورد مطالعه محاسبه گردید. سپس ضریب رواناب حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده بر اساس رابطه منطقی (نسبت ارتفاع رواناب به ارتفاع بارندگی) برآورد گردید. در نهایت با توجه به مساحت حوضه مورد نظر و ضریب رواناب محاسبه شده، حجم سیلاب برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است.

۳-۷- بررسی تأثیر کمی طرح تغذیه مصنوعی بر آبخوان منطقه

برای بررسی تأثیر طرح تغذیه مصنوعی بر کمیت آب‌های زیرزمینی منطقه، نقشه هم‌پتانسیل منطقه در محدوده پایین‌دست شبکه تغذیه مصنوعی تهیه شده است. برای رسم نقشه هم‌پتانسیل از اطلاعات

پیزومترها و داده‌های برداشت شده در بازدیدهای صورت گرفته، استفاده شده است. پیزومترهایی که داده‌های آنها مورد استفاده قرار گرفت شامل، پیزومتر باغ موسوی، بندرگز، نوکنده، شمال نوکنده، دشت کلاته، بنفشه تپه و گز می باشند.

۳-۸- بررسی تأثیر کیفی طرح تغذیه مصنوعی بر آبخوان منطقه

به منظور بررسی تأثیر تغذیه مصنوعی بر کیفیت آبخوان مورد نظر از داده‌های مربوط به کیفیت آب زیرزمینی چاه‌های بهره‌برداری واقع در پایین دست طرح مورد نظر، استفاده شده است. به دلیل ناقص بودن داده‌های کیفی جمع‌آوری شده از شرکت آب منطقه‌ای گلستان، از نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های برداشت شده طی بازدیدهای صورت گرفته نیز استفاده شده است. در نهایت، به منظور بررسی تأثیر کیفی طرح تغذیه مصنوعی بر آبخوان منطقه، آب ورودی به حوضچه تغذیه و آب‌های زیرزمینی در پایین دست محل اجرای طرح و آب‌های زیرزمینی محدوده اطراف طرح به لحاظ پارامترهای کیفی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

فصل چهارم: ارزیابی تأثیر طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر

سفره آب زیرزمینی در جنوب بندرگز

۴-۱- مقدمه

در مناطق شمالی کشور به دلیل بارش زیاد و شیب زیاد دامنه‌های شمالی البرز، تعداد زیادی رودخانه جوان و پرشیب وجود دارد که رواناب‌های ناشی از بارش‌ها را به سمت دشت شمالی منتقل می‌کنند. رودخانه‌های مذکور به دلیل فاصله نسبتاً اندک بین ارتفاعات جنوبی منطقه مورد نظر با دریای مازندران، طول اندکی را شامل شده و پس از طی مسیری نسبتاً کوتاه به دریای مازندران می‌پیوندند. در این قبیل مناطق، به منظور جلوگیری از هدر رفتن این رواناب‌ها، که کیفیت بالایی نیز دارند، اقدام به احداث شبکه‌های تغذیه مصنوعی متعددی شده است.

از جمله این شبکه‌های تغذیه مصنوعی، شبکه تغذیه مصنوعی احداث شده بر روی رودخانه جفاکنده می‌باشد که در جنوب شهر بندرگز در استان گلستان واقع شده است. در این فصل، به ارزیابی تأثیر طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر روی کمیت و کیفیت آبخوان منطقه پرداخته شده است. برای این منظور موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

- برآورد حجم رواناب سالانه در حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده
- ارزیابی تأثیر کمی تغذیه مصنوعی جفاکنده بر آبخوان منطقه
- ارزیابی تأثیر کیفی تغذیه مصنوعی جفاکنده بر آبخوان منطقه

۴-۲- برآورد حجم رواناب سالانه در حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده

هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ آب به داخل خاک بیشتر باشد بخشی از آب حاصل از بارندگی در سطح حوضه باقی می‌ماند. این آب پس از پر کردن گودی‌های سطح زمین که به آن چالاب گفته می‌شود، در امتداد شیب زمین جریان پیدا کرده و از طریق شبکه آبراهه‌ها و سپس رودخانه‌های اصلی از حوضه خارج می‌گردد. به این بخش از بارندگی، که می‌توان مقدار آن را در رودخانه‌ها اندازه‌گیری کرد، رواناب سطحی (Surface runoff) می‌گویند (علیزاده ۱۳۸۹).

هدف از این بخش برآورد حجم رواناب سالانه در حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده در شهرستان بندرگز استان گلستان می‌باشد. برای این منظور ابتدا پارامترهای مؤثر بر سیلاب (از جمله خصوصیات فیزیوگرافی حوضه) بررسی شده و سپس میانگین بارش سالانه در حوضه مورد مطالعه برآورد گردید. در ادامه توزیع آماری مناسب برای داده‌های بارندگی سالانه ایستگاه وطن (نزدیکترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه) با استفاده از نرم افزار EasyFit تعیین گردید. در پایان، ضریب رواناب حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده و هم‌چنین حجم سیلاب در این حوضه برآورد شده است.

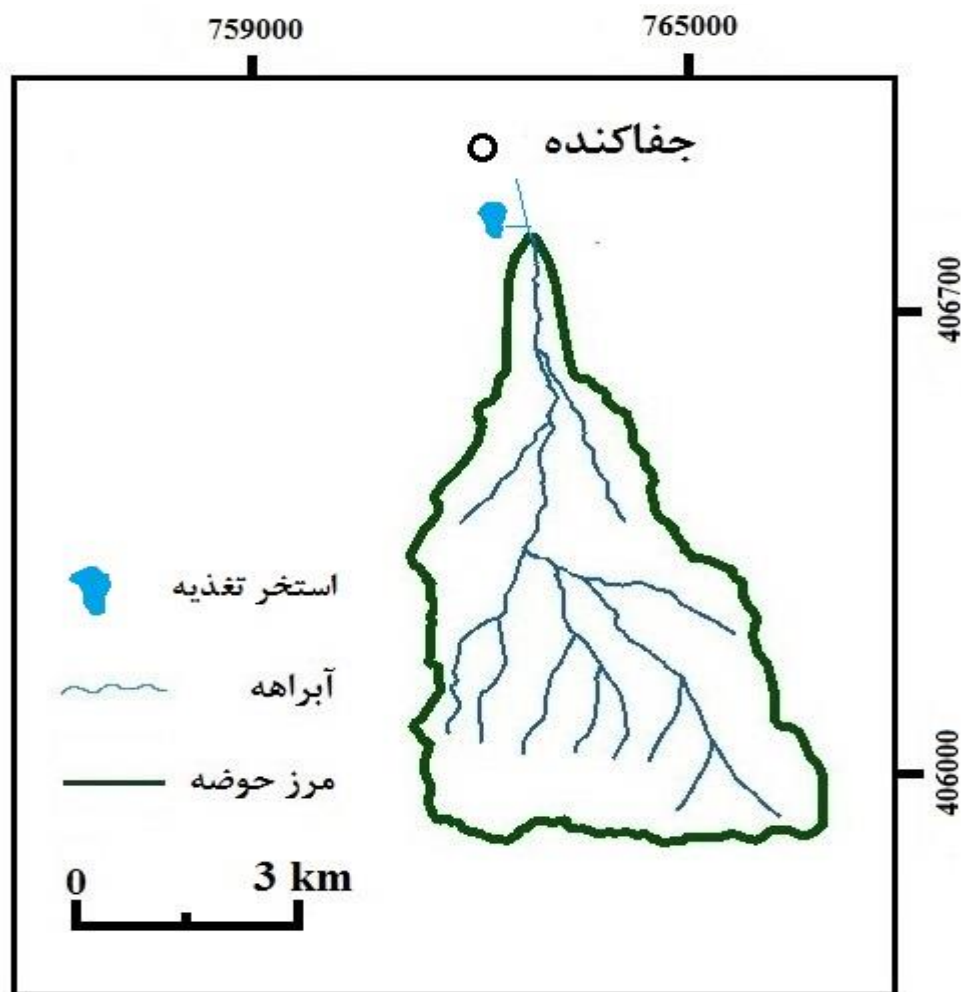
۴-۲-۱- تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبرگیر مورد مطالعه

خصوصیات فیزیکی حوضه‌ها شامل پارامترهای فیزیکی می‌شوند که اثرات بسیار بارزی بر حجم رواناب و خصوصیات سیلاب‌ها در حوضه‌ها دارند. مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده به طور مختصر در ادامه ارائه می‌شوند.

الف- مرز حوضه

مرز حوضه آبرگیر خط تقسیم آب تصویری است که حوضه را از حوضه‌های اطراف آن جدا می‌کند. به طور معمول مرز حوضه‌های آبرگیر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی ترسیم می‌گردند و در نهایت با بازدید صحرایی به برطرف کردن نقاط مبهم پرداخته می‌شود. مرز حوضه آبرگیر

رودخانه جفاکنده با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و هم‌چنین نرم‌افزار Google Earth ترسیم گردید و بر اساس بازدیدهای صحرایی صورت گرفته تصحیح و تکمیل گردید. شکل (۴-۱) حوضه آبریز رودخانه جفاکنده را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱- حوضه آبریز رودخانه جفاکنده

ب- مساحت

مساحت (A) از مهم‌ترین مشخصه‌های حوضه آبریز است که به طور مستقیم بر دبی سیلاب و حجم رواناب تأثیر می‌گذارد. حوضه‌ها از نظر مساحت به سه دسته تقسیم می‌شوند: حوضه‌های کوچک، متوسط و بزرگ

که به ترتیب مساحت آن‌ها کمتر از ۱۰۰، بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ و بیشتر از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع است. مساحت هر حوضه معمولاً برای برآورد حجم رواناب و یا حداکثر دبی لحظه‌ای سیلاب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (علیزاده ۱۳۸۹). مساحت حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده با استفاده از نرم‌افزار Google Earth حدود ۲۸ کیلومتر مربع برآورد شده است که جزء حوضه‌های کوچک طبقه‌بندی می‌شود.

پ- طول حوضه

برای مشخص کردن طول حوضه نمایه‌های زیادی بکار برده می‌شود که در تحلیل رواناب و سیل از آن‌ها استفاده می‌شود. طول حوضه (L) به طول مسیر آبراهه اصلی از نقطه خروج تا دورترین قله روی خط تقسیم آب گفته می‌شود. بر این اساس، طول حوضه مورد نظر برابر با ۱۱/۳ کیلومتر می‌باشد.

ت- شکل حوضه

حوضه آبرگیر از نظر ظاهری دارای شکل‌های گوناگون می‌باشند. شکل حوضه یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار بر هیدروگراف سیل می‌باشد. حوضه‌ها از نظر شکل به سه گروه عمده کشیده، پهن و بادبزی تقسیم‌بندی می‌شوند. جهت بررسی حوضه آبرگیر منطقه مورد نظر از نظر شکل، از ضرایب مربوط به شکل استفاده می‌گردد که در ادامه سه نوع آن‌ها شرح داده می‌شود.

- ضریب فشردگی

ضریب فشردگی (Compactness) که به نام ضریب گراویلوس نیز نامیده می‌شود عبارت است از نسبت محیط حوضه (p) به محیط دایره فرضی که مساحت آن برابر با مساحت حوضه باشد (معادله ۱-۴).

$$C = \frac{P}{P'} = \frac{P}{2\sqrt{A}\pi} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \quad \text{معادله (۱-۴)}$$

که در آن C ضریب فشردگی (بدون بعد)، P محیط حوضه آبرگیر (کیلومتر)، P' محیط دایره هم‌سطح با حوضه (کیلومتر) و A مساحت حوضه (کیلومتر مربع) است.

اگر حوضه دایره‌ای کامل باشد ضریب $C=1$ است در غیر این صورت مقدار این ضریب بزرگ‌تر از یک خواهد بود که نشان‌دهنده انحراف شکل آن از دایره است. این ضریب برای حوضه آبرگیر مورد نظر برابر با $1/43$ می‌باشد که نشان‌دهنده کشیده‌تر بودن شکل حوضه نسبت به دایره است.

- ضریب شکل هورتون

هورتون در سال ۱۹۳۲ ضریبی به نام عامل فرم حوضه را به صورت نسبت عرض متوسط حوضه آبرگیر به طول آن ارائه داده است. مقدار این پارامتر از معادله (۴-۲) به دست می‌آید:

$$F_f = \frac{A}{L^2} \quad \text{معادله (۴-۲)}$$

که در این معادله A مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع، L طول حوضه بر حسب کیلومتر و F_f ضریب شکل هورتون (بدون بعد) می‌باشد. بر اساس این رابطه، هر چه حاصل کسر به عدد ۱ نزدیک باشد، شکل حوضه گردتر و هر چه کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده کشیدگی و طولی‌تر بودن حوضه آبرگیر خواهد بود. مقدار این ضریب برای حوضه مورد نظر برابر با $0/22$ محاسبه شده است. بنابراین، شکل حوضه مورد نظر بر اساس ضریب هورتون، تا اندازه‌ای کشیده است.

- نسبت گردی (دایره‌ای)

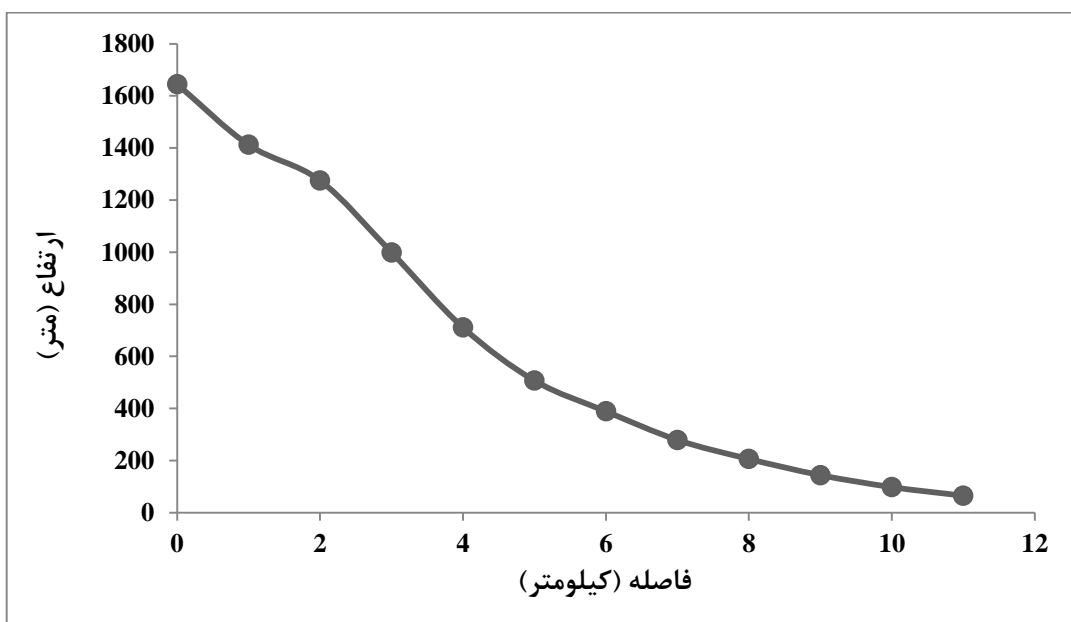
نسبت گردی (R_c) عبارت از نسبت مساحت حوضه (A) به مساحت دایره‌ای (A_c) است که محیط آن برابر با محیط حوضه (P) می‌باشد مقدار این ضریب از معادله (۴-۳) به دست می‌آید.

$$R_c = \frac{A}{A_c} = \frac{12.57A}{P^2} \quad \text{معادله (۴-۳)}$$

مقدار این ضریب برای دایره برابر با ۱ و برای مربع معادل، حدود ۰/۷۸۵ است. این ضریب برای حوضه آبرگیر مورد مطالعه برابر با ۰/۴۸ محاسبه گردیده است که تأییدکننده کشیدگی نسبی شکل حوضه مورد مطالعه است.

ث- نیمرخ طولی حوضه

نیمرخ طولی آبراهه اصلی اطلاعاتی را راجع به سرعت حرکت آب، قدرت فرسایشی رودخانه و زمان تمرکز بدست می‌دهد. شکل (۲-۴) نیمرخ طولی آبراهه اصلی حوضه را نشان می‌دهد. طول آبراهه اصلی به وسیله نرم‌افزار Google Earth حدود ۱۱ کیلومتر برآورد شد.



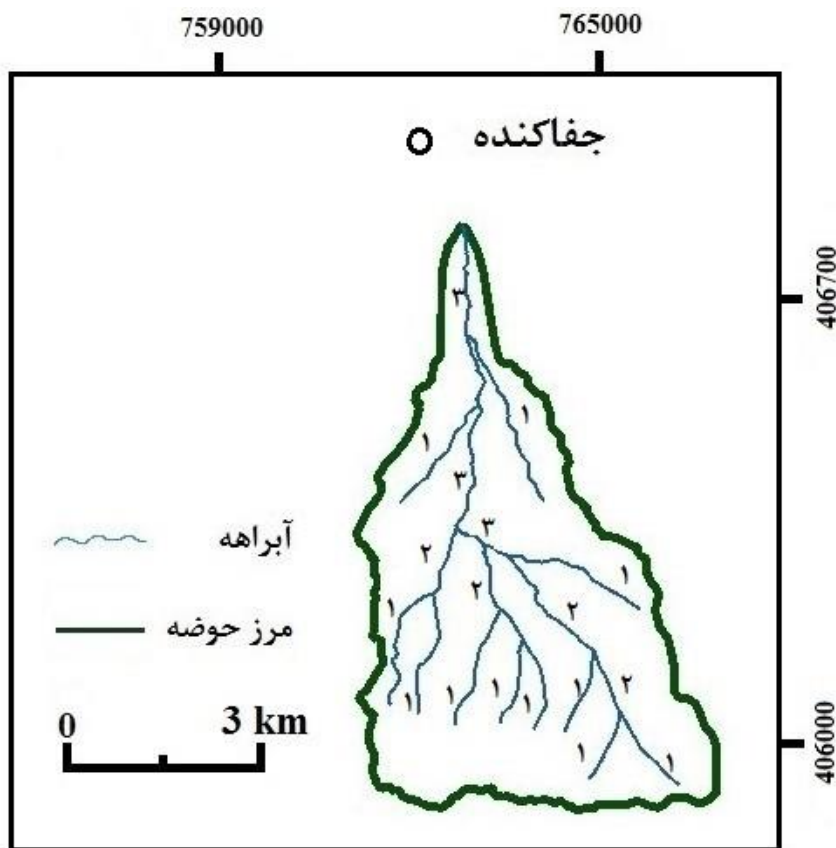
شکل ۲-۴- نیمرخ طولی آبراهه اصلی حوضه

ج- ضریب انشعابات آبراهه‌ای

برای مشخص کردن تأثیر انشعابات شبکه رودخانه بر هیدروگراف سیل، از نمایه نسبت انشعاب (Bifurcation ratio) استفاده می‌شود. اگر در حوضه‌ای n_1, n_2, n_3, \dots و n_i به ترتیب تعداد رودخانه‌های رده ۱، ۲، ۳، ... و i باشد بر حسب تعریف نسبت انشعاب رودخانه‌های حوضه از رابطه (۴-۴) بدست می‌آید.

$$BR = \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_3} + \frac{n_3}{n_4} + \frac{n_{i-1}}{n_i} \right) \frac{1}{i-1} \quad \text{معادله (۴-۴)}$$

شکل (۳-۴) رده‌بندی شبکه رودخانه‌ای حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود برای حوضه آبرگیر مورد مطالعه، $n_1=11$ ، $n_2=3$ و $n_3=1$ و $i=3$ می‌باشد که طبق معادله فوق $BR=3/3$ محاسبه می‌شود. نسبت انشعاب در حوضه‌های معمولی بین ۳ تا ۵ است. هرچه این نسبت کوچکتر باشد، هیدروگراف سیل در آن تیزتر خواهد بود و تداوم کوتاه‌تری دارد. بنابر نتایج بدست آمده برای حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده، می‌توان انتظار چنین رفتاری را داشت.



شکل ۴-۳- رده‌بندی شبکه رودخانه‌ای حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده

د- شیب متوسط حوضه

این خصوصیت نقش اساسی در میزان رواناب و مقدار نفوذ دارد. برای محاسبه این شاخص از فرمول هورتون استفاده می‌شود (معادله ۴-۵).

$$S = \frac{\sum L \times CI}{A} \times 100 \quad \text{معادله (۴-۵)}$$

در این رابطه A مساحت حوضه (کیلومتر مربع)، $\sum L$ مجموع طول خطوط تراز داخل حوضه که با فاصله خطوط تراز برابر با CI رسم شده‌اند (کیلومتر) و S درصد شیب متوسط حوضه می‌باشد. برای حوضه آبرگیر

مورد مطالعه، A برابر با ۲۸ کیلومتر مربع، CI برابر با ۲۰۰ متر و $\sum L$ برابر با ۴۴/۲ کیلومتر می‌باشند. بنابراین، شیب متوسط حوضه برابر با ۳۱ درصد برآورد شده است.

ذ- محاسبه زمان تمرکز حوضه مورد مطالعه

زمان تمرکز حداکثر زمانی است که طول می‌کشد تا آب از دورترین نقطه حوضه به نقطه خروجی برسد. دورترین نقطه نسبت به نقطه خروجی حوضه ممکن است فاصله فیزیکی آن دو نقطه نباشد بلکه فاصله هیدرولوژیکی آن‌ها مورد نظر است. معادله‌های زیادی برای محاسبه زمان تمرکز ارائه شده که بیشتر آن‌ها بر اساس دو عامل طول آبراهه اصلی و شیب می‌باشند (مهدوی ۱۳۷۱). برای این منظور فرمول‌ها و روش‌های تجربی زیادی پیشنهاد شده است که در ادامه به بیان یکی از آن‌ها پرداخته می‌شود.

- معادله کریپیچ

در سال ۱۹۴۰ کریپیچ (Kirpich) بر اساس داده‌های حاصل از ۶ حوضه کوچک معادله زیر را برای تخمین زمان تمرکز ارائه داده است (علیزاده ۱۳۸۹). این معادله برای حوضه‌های کوچک کاربرد دارد.

$$tc = 0.949 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad \text{معادله (۴-۶)}$$

که در آن t_c زمان تمرکز بر حسب ساعت، L طولانی‌ترین مسیر حرکت آب در داخل حوضه (کیلومتر) یا طول مسیر آبراهه اصلی، H اختلاف ارتفاع بین نقطه تمرکز و بلندترین قسمت حوضه (متر) یعنی اختلاف ارتفاع بلندترین و پایین‌ترین نقطه حوضه می‌باشد. از آن‌جا که طول آبراهه اصلی حدود ۱۱ کیلومتر است و ارتفاع بلندترین قسمت حوضه معادل ۱۶۹۰ متر و ارتفاع نقطه خروجی حوضه ۶۵ متر می‌باشد. بر اساس این معادله زمان تمرکز حوضه آبراهه رودخانه جفاکنده حدود ۵۲ دقیقه برآورد شده است.

با توجه به ضرایب عددی محاسبه شده و استنباط شکل نسبتاً کشیده‌تر (تقریباً کیفی شکل یا بادبزی)، می‌توان نتیجه گرفت که حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده دارای هیدروگراف‌های سیل با زمان تمرکز کوتاه، و دبی اوج زیادی باشد. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که حوضه آبرگیر مورد مطالعه عکس‌العمل سریع و زمان آبرگیری کوتاهی داشته باشد.

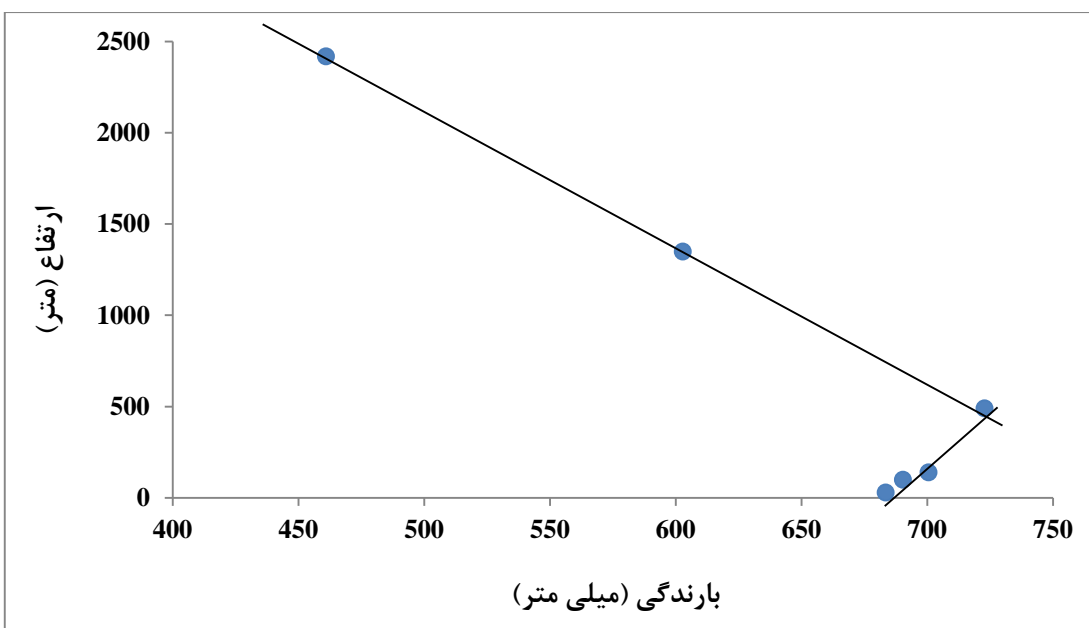
۴-۲-۲- برآورد میانگین بارندگی سالانه در منطقه

منطقه مورد مطالعه (حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده) فاقد ایستگاه باران‌سنجی می‌باشد. بنابراین، جهت برآورد میانگین بارندگی در حوضه آبرگیر مورد نظر از آمار بارندگی ایستگاه‌های اطراف استفاده شده است. برای این منظور آمار مربوط به ایستگاه‌های تیرتاش، وطن، بالابلوک، عباس‌آباد، برما و درازنو در یک دوره آماری شش ساله (۱۳۹۲ - ۱۳۸۷) انتخاب شده‌اند. جدول (۴-۱) آمار میانگین بارندگی مربوط به ایستگاه‌های فوق‌الذکر را نشان می‌دهد. در منطقه مورد مطالعه، همانند با سایر نقاط دامنه شمالی رشته کوه البرز، نمودار ارتفاع - بارندگی دارای دو رابطه کاملاً متفاوت می‌باشد. به این ترتیب که تا ارتفاع حدود ۵۰۰ متری از سطح دریا، با افزایش ارتفاع، مقدار بارندگی نیز زیاد می‌شود. ولیکن، از ارتفاع ۵۰۰ متری به بالاتر رابطه بارندگی و ارتفاع برعکس می‌شود. شکل (۴-۴) نمودار ارتفاع - بارندگی را برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱- میانگین شش ساله بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی اطراف حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده

نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع ایستگاه (m)	بارندگی سالانه (mm)
	Y	X		
تیرتاش	۵۳° ۴۳' ۲۳"	۳۶° ۴۳' ۱۳"	۳۰	۶۸۴
وطن	۵۳° ۵۸' ۰۰"	۳۶° ۴۳' ۰۰"	۱۰۰	۶۹۰
بالابلوک	۵۴° ۰۷' ۰۰"	۳۶° ۴۶' ۰۰"	۱۴۰	۷۰۱
عباس‌آباد	۵۳° ۳۵' ۳۴"	۳۶° ۳۹' ۵۰"	۴۹۰	۷۲۳

۶۰۳	۱۳۵۰	۳۶° ۳۱' ۰۷"	۵۳° ۴۶' ۴۸"	یرما
۴۶۱	۲۴۲۰	۳۶° ۴۰' ۰۰"	۵۴° ۰۸' ۰۰"	درازنو



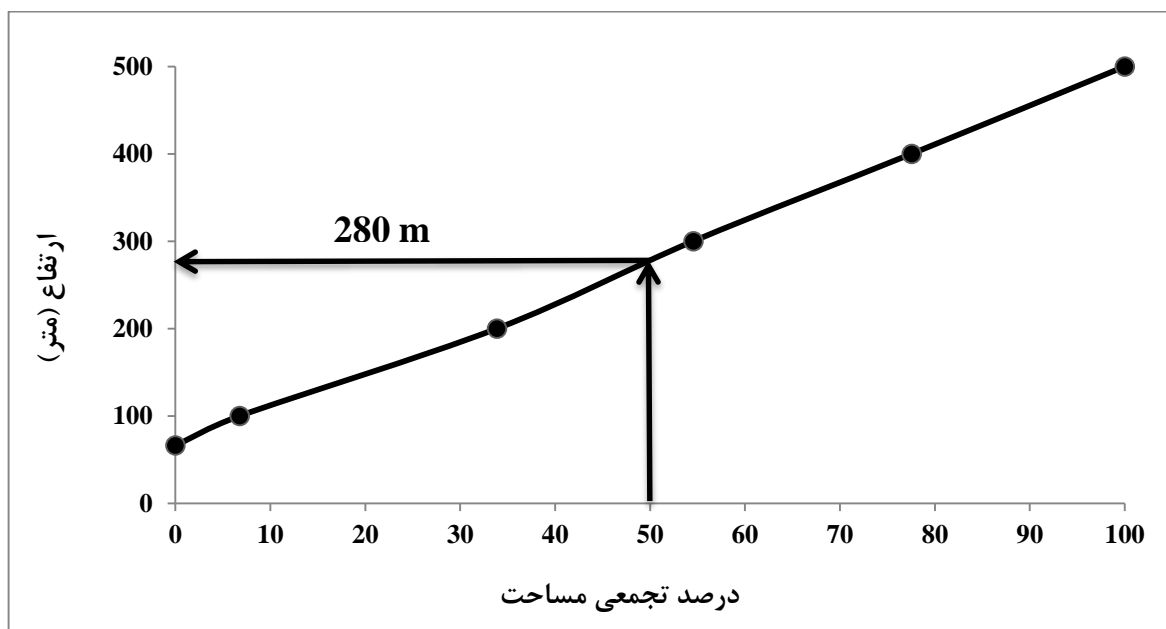
شکل ۴-۴- نمودار ارتفاع - بارندگی ایستگاه‌های منطقه در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۲

برای تعیین میانگین بارندگی سالانه منطقه مورد مطالعه لازم است که ابتدا میانگین ارتفاع حوضه برای بخش‌های با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر و بیشتر از آن برآورد شود.

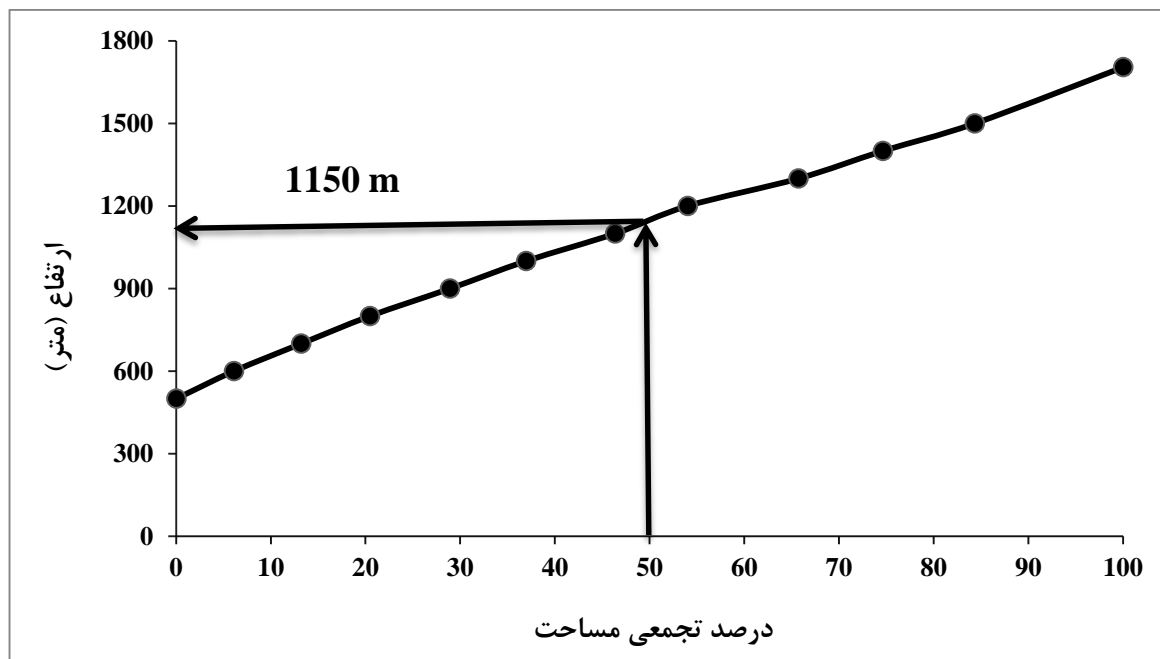
الف - تعیین ارتفاع متوسط حوضه آبرگیر

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در دامنه شمالی رشته کوه البرز، روند نمودار ارتفاع - بارندگی از ارتفاع حدود ۵۰۰ متری به بالا کاملاً معکوس می‌شود. به همین دلیل، حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده به دو ناحیه تقسیم می‌شود. ناحیه اول محدوده‌ای است که ارتفاع آن کمتر از ۵۰۰ متر می‌باشد و ناحیه دوم ارتفاعی بیشتر از ۵۰۰ متر را شامل می‌شود. برای تعیین ارتفاع متوسط هر یک از این ناحیه‌ها از نمودار هیپسومتری (منحنی تجمعی افزایش سطح حوضه نسبت به ارتفاع) استفاده شده است.

برای این کار ابتدا مرز دقیق حوضه مورد مطالعه به وسیله نرم‌افزار Google Earth مشخص شد و به کمک نرم‌افزار Global Mapper حوضه مورد نظر به گروه‌های ارتفاعی با فواصل یکسان تقسیم شده و مساحت هر گروه محاسبه گردید. با توجه به شکل‌های (۴-۵) و (۴-۶) که نمودارهای هیپسومتری دو ناحیه فوق‌الذکر را نشان می‌دهد، ارتفاع متوسط در ناحیه با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر برابر با ۲۸۰ متر و در ناحیه با ارتفاع بیشتر از ۵۰۰ متر برابر با ۱۱۵۰ متر بدست آمده است.



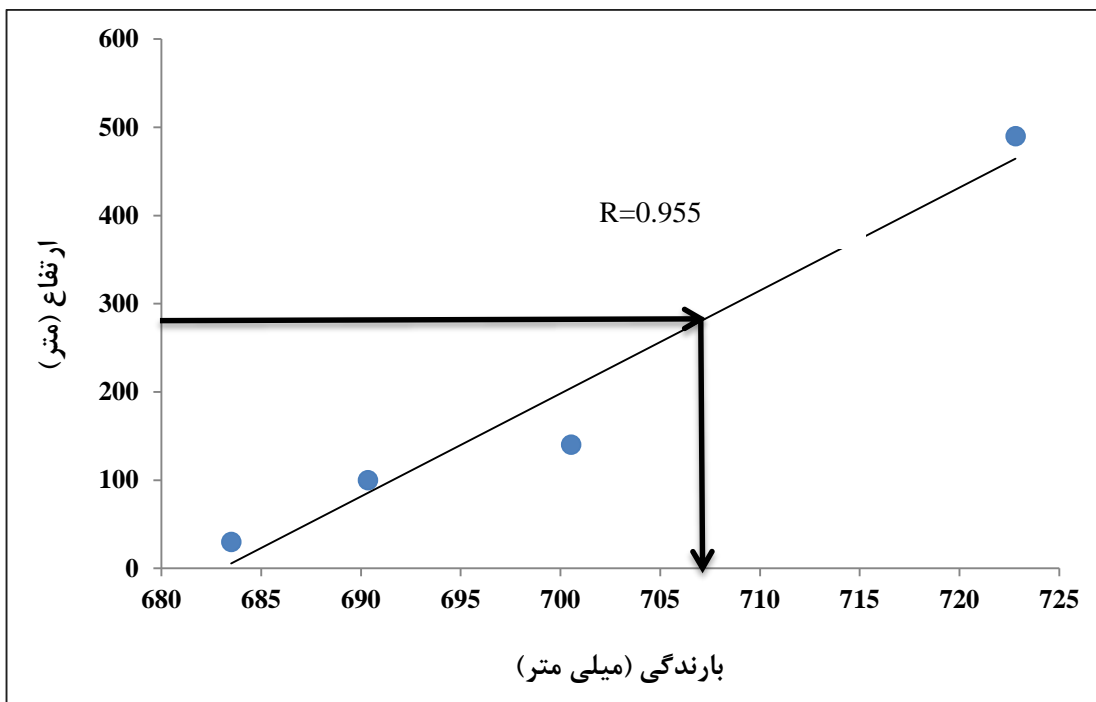
شکل ۴-۵- منحنی هیپسومتری حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده برای ناحیه با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر



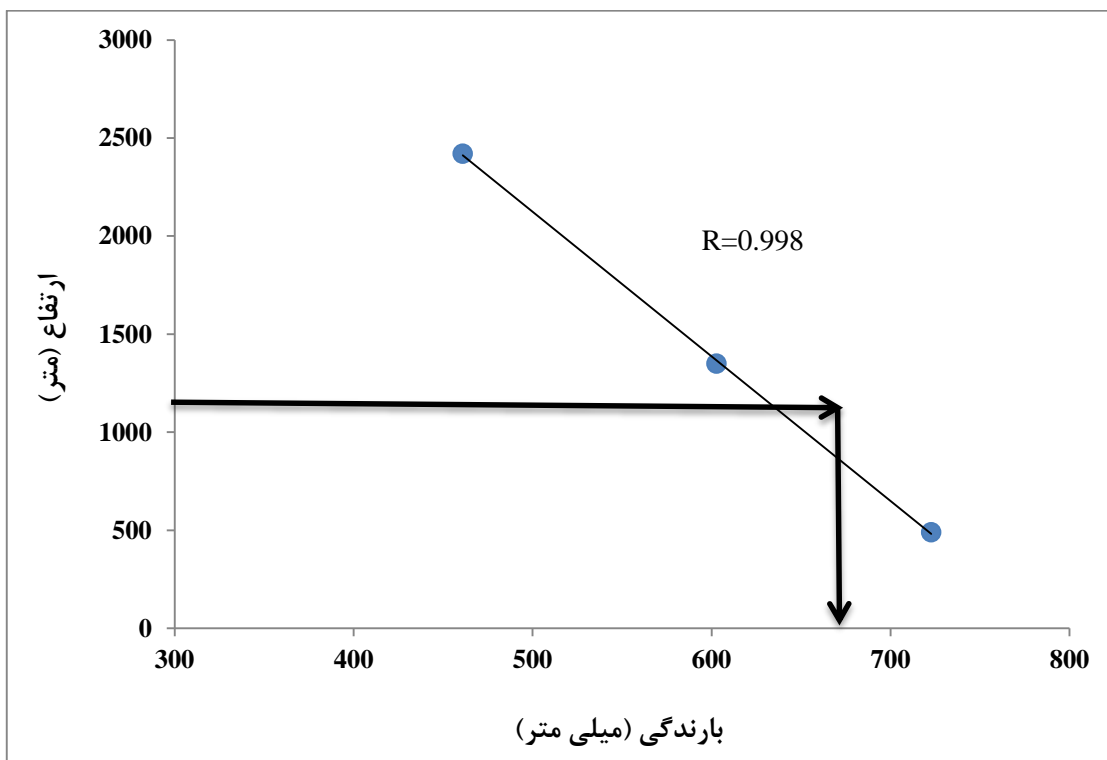
شکل ۴-۶- منحنی هیپسومتری حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده برای ناحیه با ارتفاع بیشتر از ۵۰۰ متر

ب- تعیین میانگین بارندگی سالانه حوضه آبرگیر بر اساس رابطه ارتفاع - بارندگی

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، با توجه به نبود ایستگاه باران‌سنجی در منطقه مورد نظر، برای برآورد متوسط بارندگی سالانه حوضه، از آمار شش ساله ایستگاه‌های اطراف استفاده شد. با در دست بودن ارتفاع و میزان بارندگی هر ایستگاه، رابطه بین ارتفاع و بارندگی برای محدوده کمتر و بیشتر از ۵۰۰ متر رسم گردید. شکل‌های (۴-۷) و (۴-۸) نمودارهای ارتفاع - بارندگی را به ترتیب برای نواحی با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر و نواحی با ارتفاع بیشتر از ۵۰۰ متری نشان می‌دهد. ضریب همبستگی برای نمودار مربوط به ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر برابر با ۰/۹۵۵ و برای نمودار بالای ۵۰۰ متر برابر با ۰/۹۹۸ می‌باشد. همان‌گونه که در شکل‌های (۴-۷) و (۵-۸) نشان داده شده است، میانگین بارندگی برای محدوده کمتر از ۵۰۰ متر برابر با ۷۰۷ میلی‌متر و برای محدوده بیش از ۵۰۰ متر برابر با ۶۳۵ میلی‌متر برآورد شده است. با توجه به مساحت حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده برای محدوده‌های بیشتر و کمتر از ۵۰۰ متر، و با اعمال میانگین‌گیری وزنی، بارش متوسط حوضه مورد نظر ۶۵۰ میلی‌متر برآورد شده است.



شکل ۴-۷- نمودار ارتفاع - بارندگی برای محدوده با ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر در دوره آماری ۱۳۸۷ - ۱۳۹۲



شکل ۴-۸- نمودار ارتفاع - بارندگی برای محدوده با ارتفاع بیشتر از ۵۰۰ متر در دوره آماری ۱۳۸۷ - ۱۳۹۲

۴-۲-۳- تعیین توزیع آماری مناسب

در هیدرولوژی سعی می‌شود برای داده‌ها، توابع احتمالاتی مناسبی مشخص شود تا بر اساس آن بتوان مقدار متغیر مورد نظر را به ازای احتمالات مختلف محاسبه کرد. در بررسی‌های هیدرولوژیکی سعی می‌شود داده‌هایی که به صورت تجربی اندازه‌گیری و ثبت شده‌اند، با توابع تئوری برازش داده شوند. سپس بهترین تابعی که با داده‌ها مطابقت دارد به عنوان تابع احتمال برگزیده شود تا به ازای هر احتمال مورد نظر مقدار متغیر هیدرولوژیکی بدست آید (علیزاده ۱۳۸۹). برای این منظور از داده‌های بارندگی ده ساله (۱۳۹۲-۱۳۸۳) ایستگاه باران‌سنجی وطن (نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه) استفاده شده است. برای برازش داده‌های بارندگی با توزیع‌های احتمالاتی مختلف از نرم‌افزار Easy Fit استفاده شده است. نتایج آزمون نکویی برازش توسط دو آزمون Kolmogorov-Smirnov و Anderson- Darling داده‌های بارندگی ۱۰ ساله ایستگاه وطن در نرم‌افزار Easy Fit برای توابع توزیع مختلف در جدول (۴-۲) ملاحظه می‌شود. این جدول میزان خطا را برای هر تابع نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲- نتایج آزمون نکویی برازش داده‌های بارندگی ۱۰ ساله ایستگاه وطن

Anderson- Darling	Kolmogorov-Smirnov	تابع توزیع
۰/۸۵۸۳	۰/۲۱۹۵	گاما
۱/۶۹۰۶	۰/۲۵۵۰	گامبل
۰/۳۲۰۳	۰/۲۱۳۵	لوگ پیرسون نوع سه
۰/۶۲۲۲	۰/۱۹۶۰	لوگ نرمال سه پارامتری
۰/۶۲۲۱	۰/۱۸۲۷	نرمال
۰/۸۳۴۲	۰/۲۳۷۰	پیرسون نوع سه

با توجه به نتایج، تابع توزیع نرمال با داشتن کمترین میزان خطا، بهترین تابع توزیع می‌باشد. بنابراین، نتایج حاصل از توزیع نرمال، مبنای برآورد مقدار بارندگی منطقه در دوره بازگشت‌های مختلف قرار می‌گیرد.

۴-۲-۴- برآورد مقدار بارندگی منطقه در دوره بازگشت‌های مختلف

برای برآورد مقدار بارندگی منطقه در دوره بازگشت‌های مختلف از آمار ده ساله بارندگی ایستگاه وطن استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل از برازش داده‌ها توسط نرم‌افزار Easy Fit، توزیع احتمالاتی نرمال بهترین تابع توزیع برای داده‌های بارندگی این ایستگاه تشخیص داده شد. بنابراین، با استفاده از معادله این تابع توزیع (معادله ۴-۷) مقدار بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شده است. نتایج بدست آمده در جدول (۴-۳) نشان داده شده است. در این معادله X مقدار بارندگی در دوره بازگشت مورد نظر، \bar{X} میانگین بارندگی‌های ثبت شده، S انحراف معیار و K ضریب فراوانی (مقدار ثابت برای هر دوره بازگشت) می‌باشد.

$$X = \bar{X} + KS \quad \text{معادله (۴-۷)}$$

جدول ۴-۳- مقادیر بارندگی ایستگاه وطن در دوره بازگشت‌های مختلف برازش داده شده در توزیع نرمال

دوره بازگشت (سال)	احتمال وقوع (درصد)	مقدار بارندگی (میلی‌متر)
۲	۵۰	۷۱۸/۲
۵	۲۰	۸۳۷/۴
۱۰	۱۰	۸۹۹/۹
۲۰	۵	۹۵۱/۴
۵۰	۲	۱۰۰۹/۰
۱۰۰	۱	۱۰۴۸/۰

۴-۲-۵- برآورد بارندگی حوضه مورد مطالعه برای دوره بازگشت‌های مختلف

به منظور برآورد بارندگی حوضه مورد مطالعه برای دوره بازگشت‌های مختلف، ابتدا نسبت متوسط بارندگی حوضه مورد نظر، که با استفاده از نمودار ارتفاع - بارندگی بدست آمده است، به بارندگی ایستگاه وطن در یک دوره آماری یکسان محاسبه شد. این نسبت در بارندگی‌های پیش‌بینی شده با دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه وطن اعمال شده و در نهایت مقدار بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوضه مورد نظر بدست می‌آید. متوسط بارندگی حوضه مورد مطالعه حدود ۶۵۰ میلی‌متر و متوسط بارندگی سالانه ایستگاه وطن حدود ۷۳۵ میلی‌متر برآورد گردیده است. بنابراین، نسبت متوسط بارندگی حوضه مورد مطالعه به متوسط بارندگی ایستگاه وطن، برابر با ۰/۸۸ می‌باشد. بر اساس این نسبت، مقادیر بارندگی سالانه حوضه مورد مطالعه برای دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از مقادیر بارندگی ایستگاه وطن در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است (جدول ۴-۴).

جدول ۴-۴- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه مورد مطالعه

بارندگی (میلی‌متر)	دوره بازگشت (سال)	ردیف
۶۳۲/۰	۲	۱
۷۳۶/۹	۵	۲
۷۹۱/۹	۱۰	۳
۸۳۷/۲	۲۰	۴
۸۸۷/۹	۵۰	۵
۹۲۲/۲	۱۰۰	۶

۴-۲-۶- برآورد ضریب رواناب

برای محاسبه ضریب رواناب از طریق رابطه منطقی، نیاز به اطلاعات ارتفاع رواناب و ارتفاع بارندگی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه دارای مساحتی حدود ۲۸ کیلومتر مربع و فاقد ایستگاه باران‌سنجی می‌باشد. همان‌طور

که قبلاً اشاره شد میانگین بارش برای حوضه مورد مطالعه برابر با ۶۵۰ میلی‌متر در سال برآورد شده است. هم‌چنین میانگین حجم سیلاب رودخانه بر اساس اطلاعات مربوط به دبی رودخانه برای یک دوره هفت ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۲) برابر با ۲/۶۶ میلیون متر مکعب محاسبه شده است که با توجه به مساحت حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده، معادل ۹۵ میلی‌متر رواناب می‌شود. بنابراین، با توجه به رابطه منطقی، ضریب رواناب برای حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده برابر با ۱۴/۶ درصد برآورد گردید.

۴-۲-۷- برآورد حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف

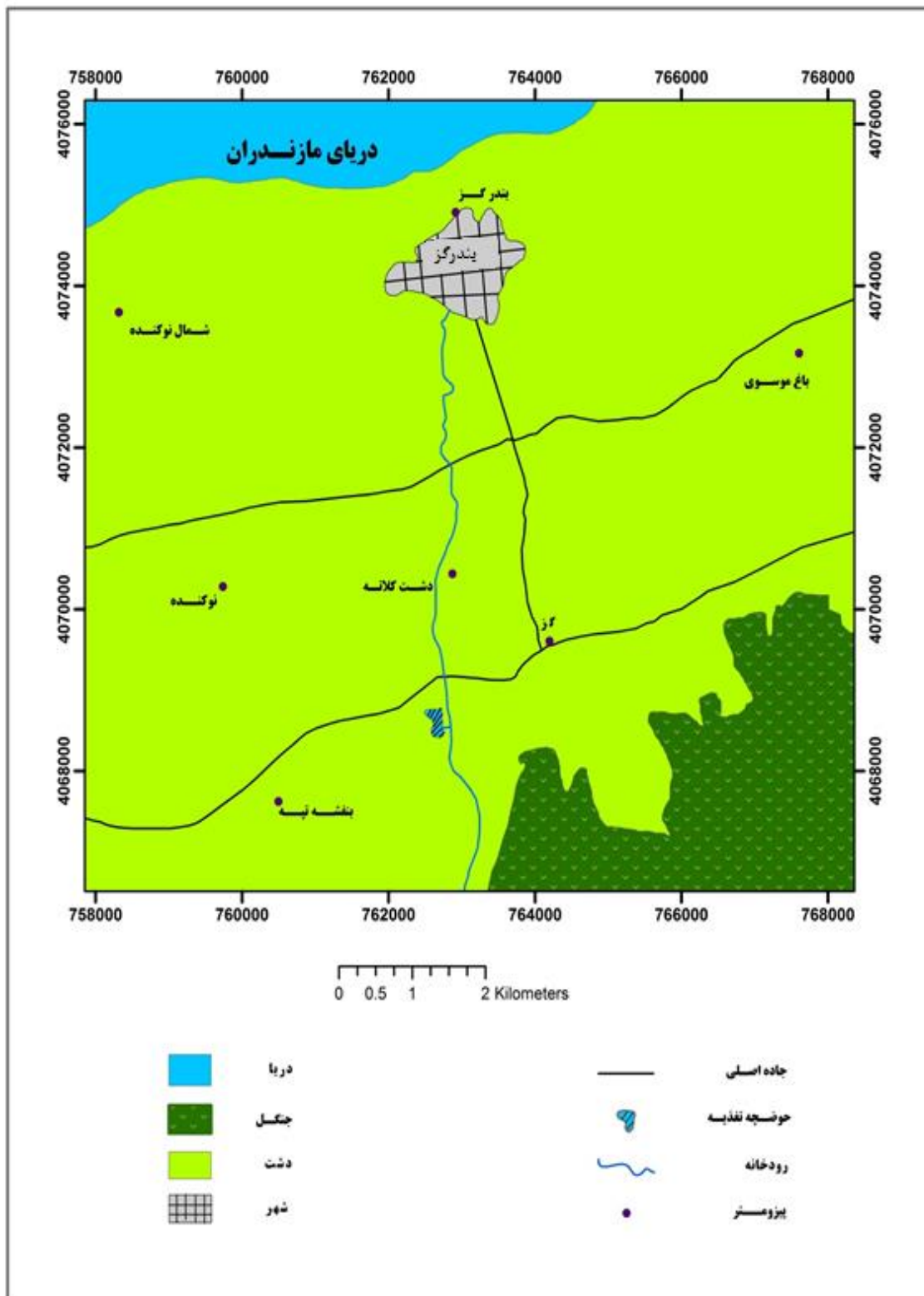
جهت برآورد حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف از مقادیر بارندگی سالانه حوضه آبرگیر که برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است (جدول ۴-۴) استفاده می‌گردد. به این ترتیب که ارتفاع بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در مساحت حوضه آبرگیر و ضریب رواناب ضرب شده و حجم سیلاب حوضه مورد نظر در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه می‌شود. جدول (۴-۵) حجم سیلاب سالانه در حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده برای دوره بازگشت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۵- حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه مورد مطالعه

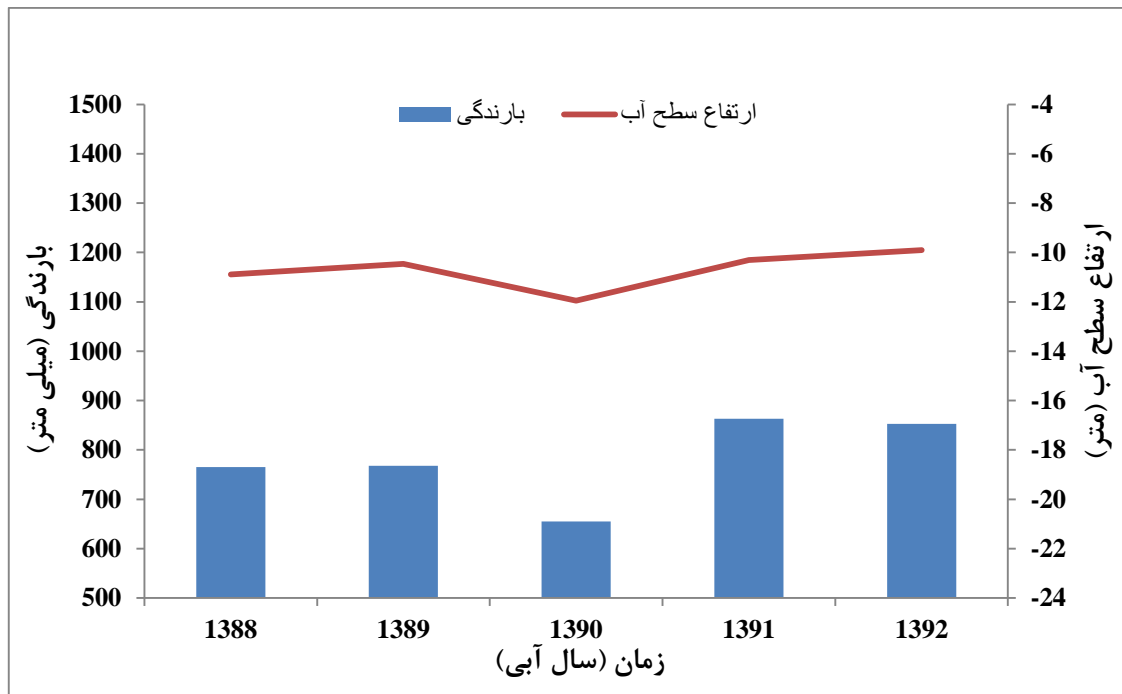
دوره بازگشت (سال)	ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)	حجم سیلاب (میلیون متر مکعب)
۲	۶۳۲/۰	۲/۶
۵	۷۳۶/۹	۳/۰
۱۰	۷۹۱/۹	۳/۲
۲۰	۸۳۷/۲	۳/۴
۵۰	۸۸۷/۹	۳/۶
۱۰۰	۹۲۲/۲	۳/۸

۳-۴- بررسی اثرات طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر کمیت آب‌های زیرزمینی

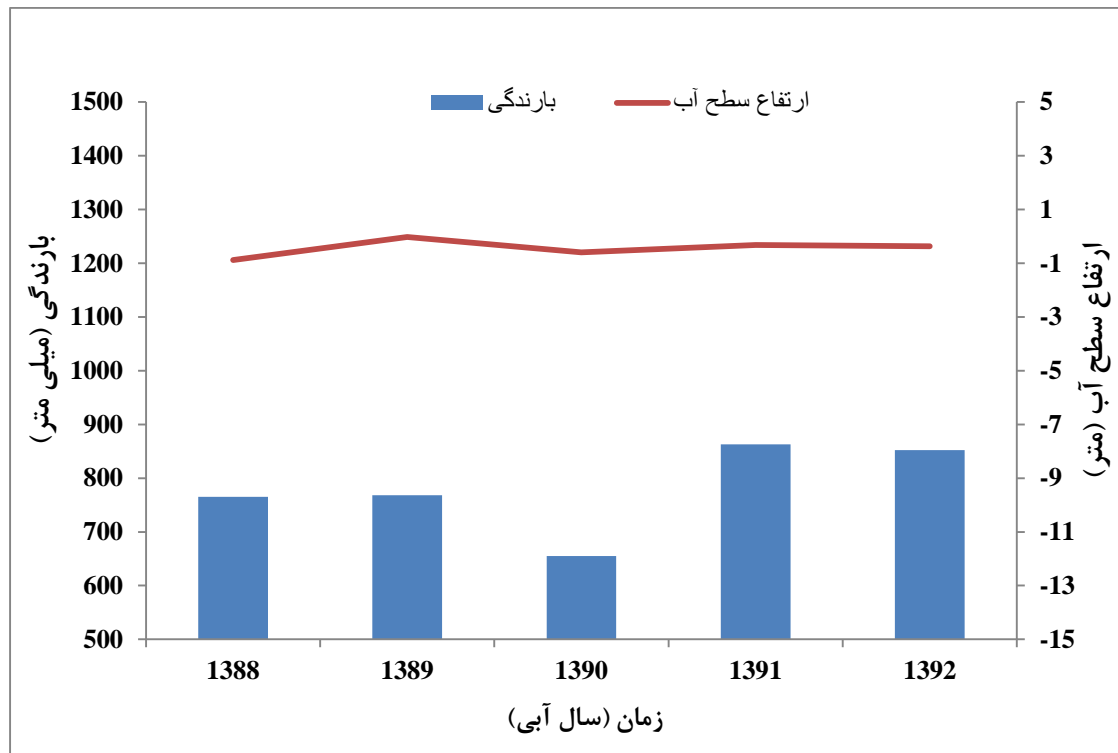
یکی از اهداف اصلی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده افزایش و یا ثابت نگه‌داشتن سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد نظر می‌باشد. در این بخش تأثیر کمی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر روی آبخوان منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور مطالعه روند تغییرات زمانی سطح آب زیرزمینی، داده‌های کمی ۷ چاه پیزومتر در سطح منطقه، مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۴-۹) موقعیت پیزومترها را نسبت به طرح تغذیه مصنوعی نشان می‌دهد. پیزومترهایی که از اطلاعات آن‌ها برای این تحقیق استفاده شده است شامل، پیزومترهای بندرگز، گز، بنفشه‌تپه، نوکنده، شمال‌نوکنده، باغ موسوی و دشت کلاته می‌باشد. برای تمام این پیزومترها تغییرات سطح آب زیرزمینی در یک دوره آماری پنج ساله از سال آبی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ ترسیم است (شکل‌های ۴-۱۰ تا ۴-۱۶). بر اساس هیدروگراف‌های رسم شده وضعیت سطح ایستابی در این دوره زمانی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. همان‌طور که شکل‌های (۴-۱۰) تا (۴-۱۶) نشان می‌دهند حداقل مقدار ارتفاع سطح آب زیرزمینی در این پیزومترها، در سال آبی ۱۳۹۰ رخ داده است که با مقدار بارندگی منطقه مطابقت دارد. هم‌چنین در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به علت بارندگی بیشتر، سطح آب زیرزمینی در محدوده تمام پیزومترها نسبت به سال ۱۳۹۰ افزایش محسوسی پیدا کرده است.



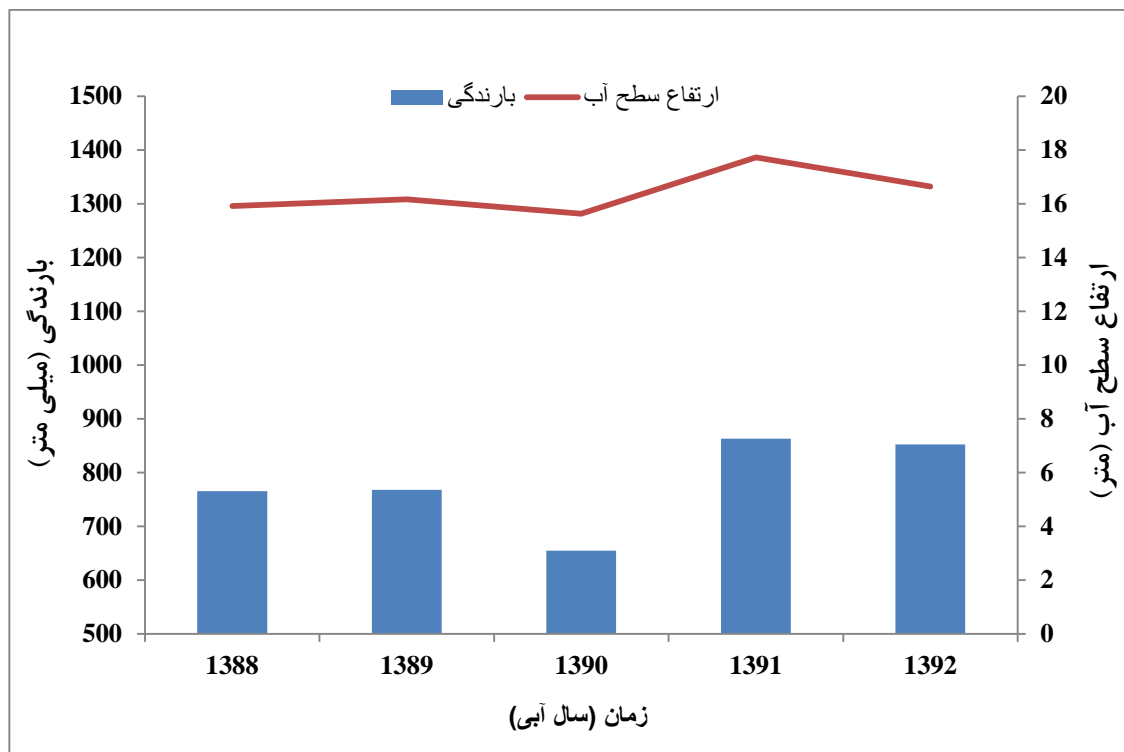
شکل ۴-۹- موقعیت مکانی چاه‌های بیژومتری مورد مطالعه



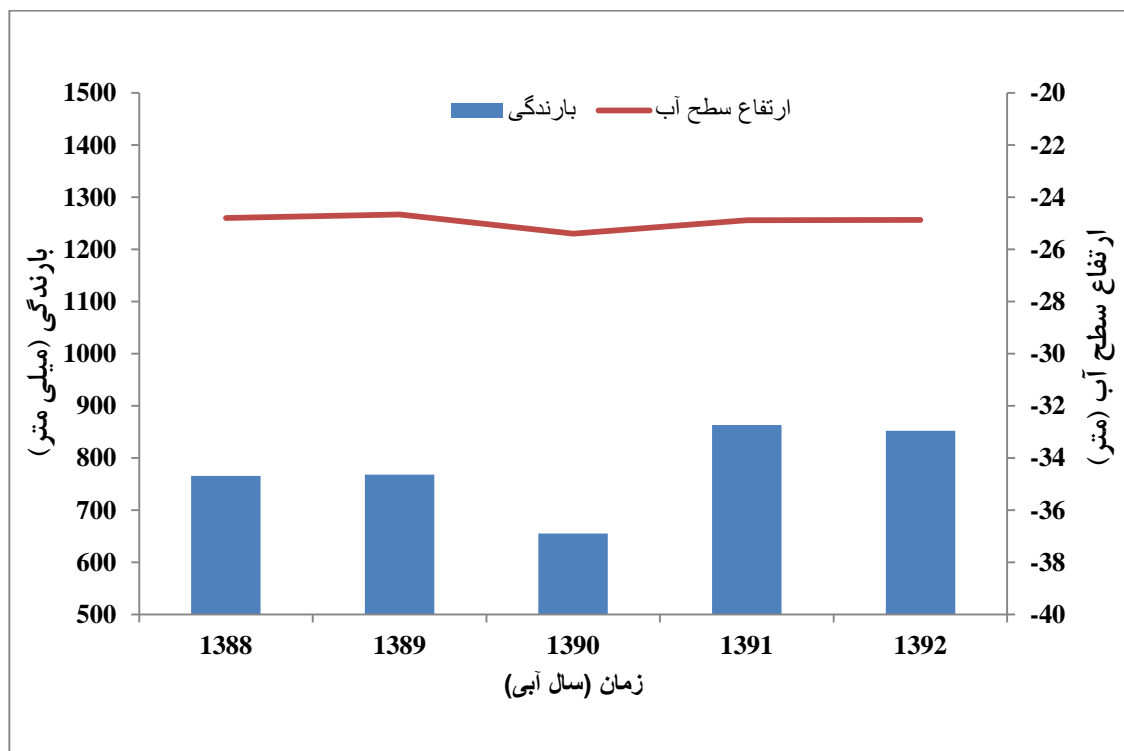
شکل ۴-۱۰- هیدروگراف پیژومتر باغ موسوی



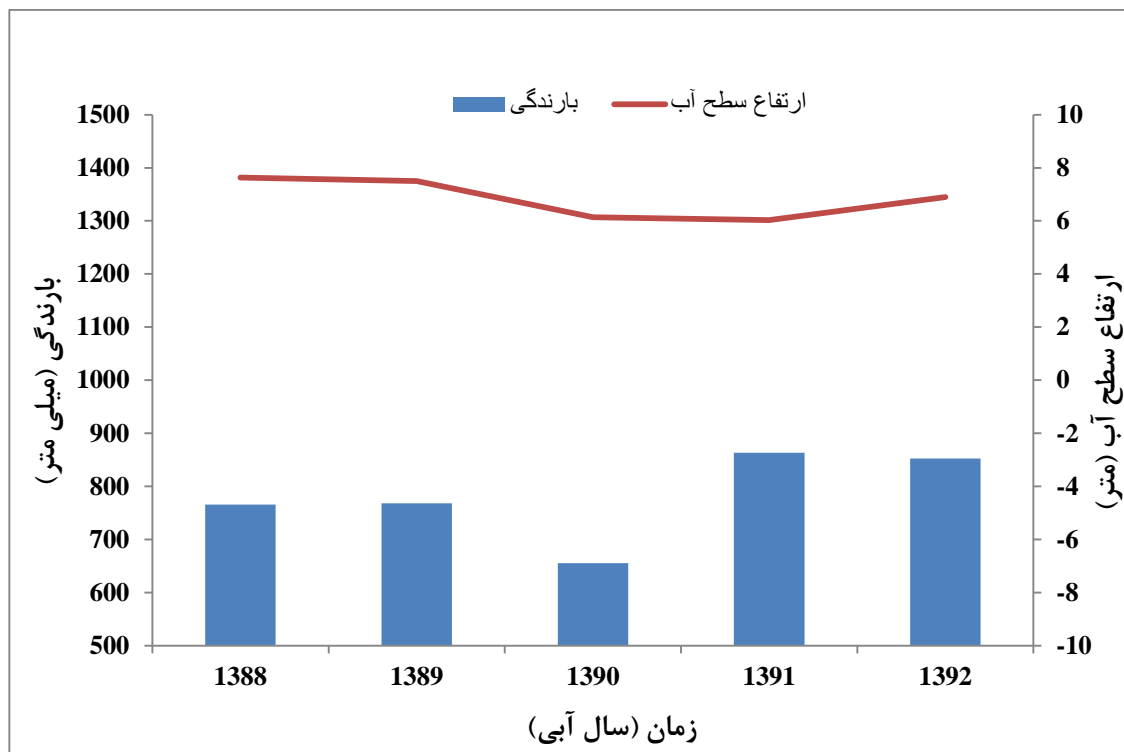
شکل ۴-۱۱- هیدروگراف پیزومتر نوکنده



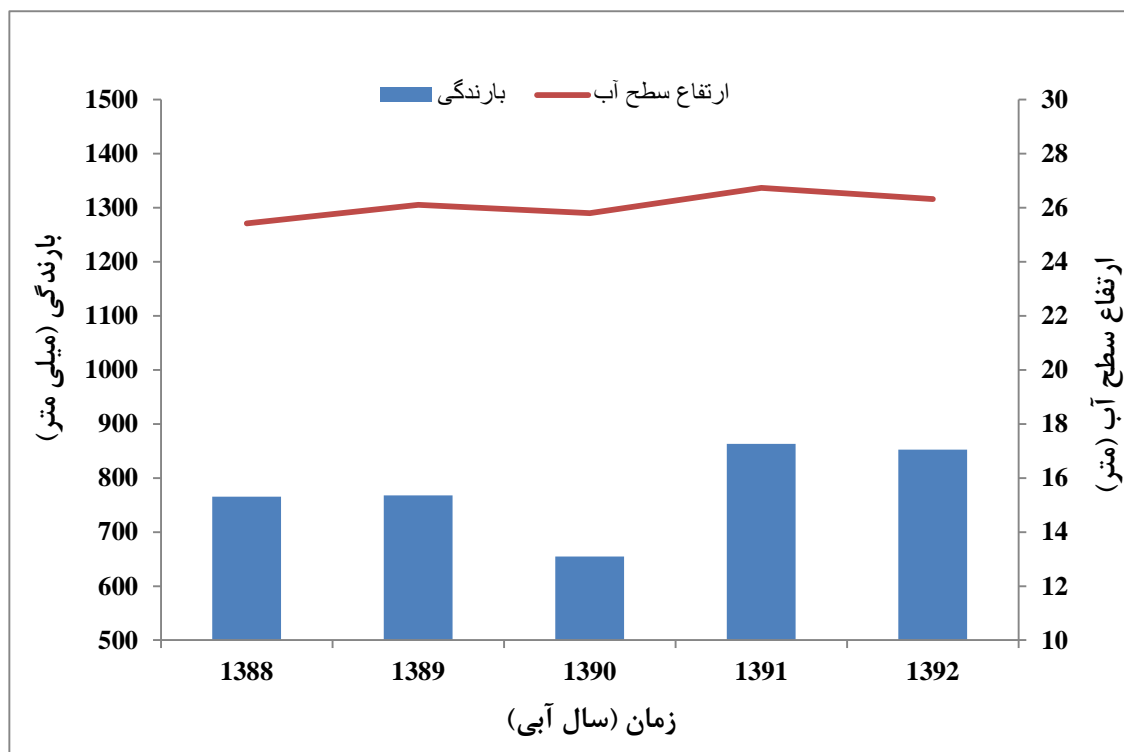
شکل ۴-۱۲- هیدروگراف پیزومتر گز



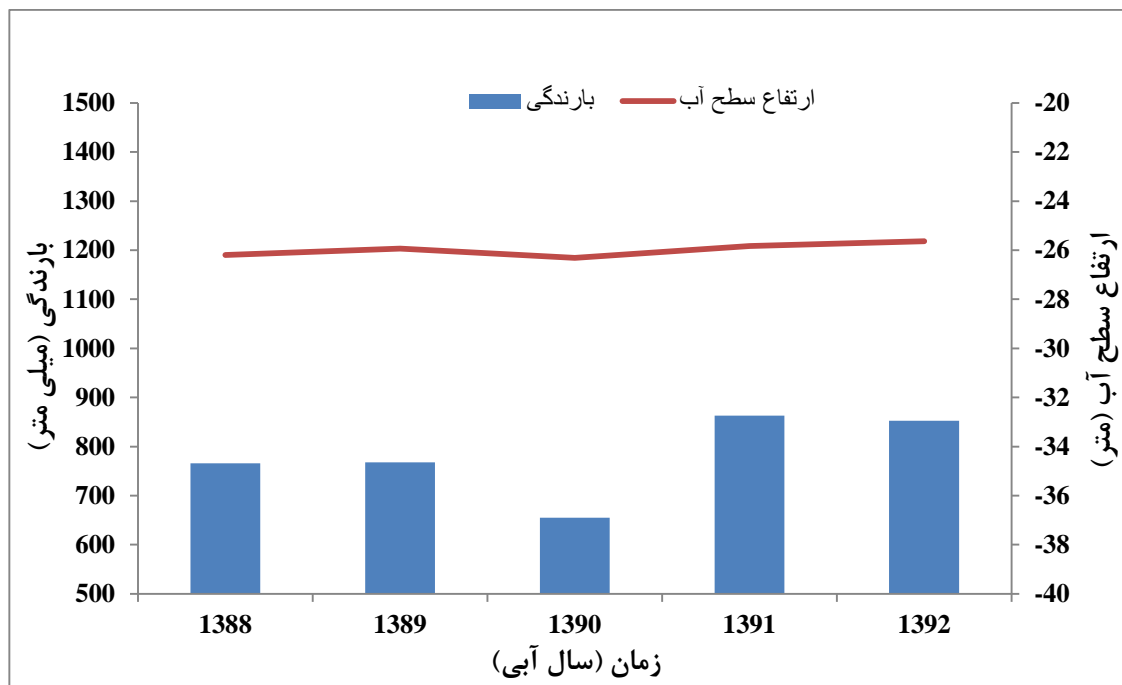
شکل ۴-۱۳- هیدروگراف پیزومتر شمال نوکنده



شکل ۴-۱۴- هیدروگراف پیزومتر دشت کلاته



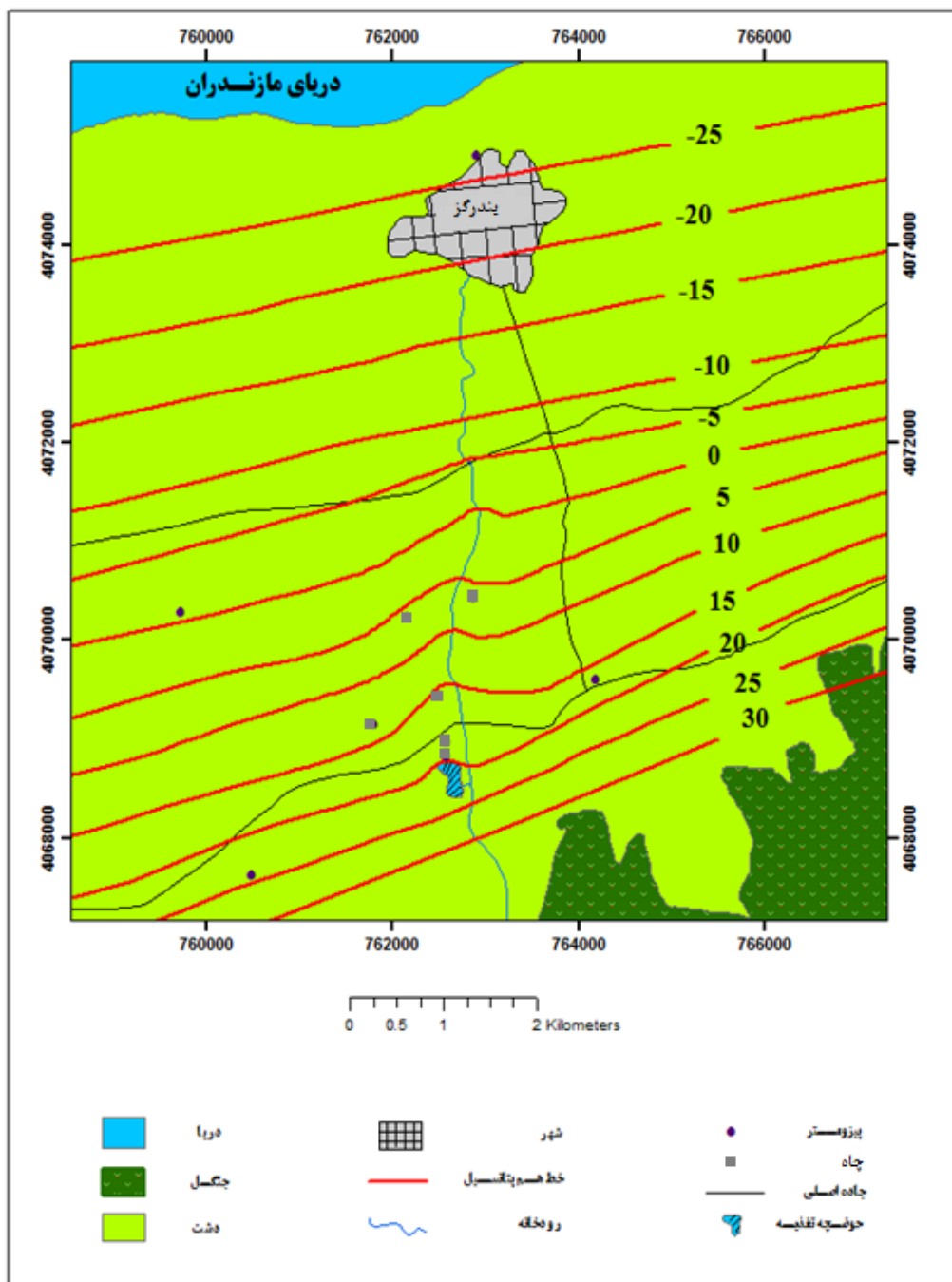
شکل ۴-۱۵- هیدروگراف پیزومتر بنفشه تپه



شکل ۴-۱۶- هیدروگراف پیژومتر بندرگز

برای مطالعه روند تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی و هم‌چنین تعیین جهت عمومی جریان آب‌های زیرزمینی، نقشه هم‌پتانسیل منطقه مورد مطالعه، بر اساس اندازه‌گیری ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی در سال آبی ۱۳۹۳ برای چاه‌های پیژومتری ترسیم گردید (شکل ۴-۱۷). همان‌گونه که در شکل (۴-۱۷) مشخص است؛ جهت جریان آب زیرزمینی از جنوب به شمال می‌باشد. شیب توپوگرافی زمین در نواحی جنوبی به دلیل وجود ارتفاعات، بیشتر از نواحی شمالی است؛ که دلیلی برای بالا بودن گرادیان هیدرولیکی در بالادست نسبت به پایین دست منطقه می‌باشد. علاوه بر این، به علت برداشت آب در محدوده جنوب بندرگز، دبی جریان آب زیرزمینی به طور قابل توجهی کاهش یافته است که این امر نیز به نوبه خود باعث کاهش گرادیان هیدرولیکی در بخش‌های شمالی آبخوان آبرفتی شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در پایین‌دست استخر تغذیه مصنوعی جفاکنده خطوط هم‌پتانسیل دارای یک تحدب به سمت ترازهای پایین‌تر می‌باشند. تحدب خطوط هم‌پتانسیل به سمت ترازهای پایین‌تر حاکی از آن است که در این محدوده جهت جریان آب زیرزمینی به طرفین می‌باشد. این مطلب گواه بالاتر بودن سطح آب زیرزمینی در مسیر

فوق‌الذکر نسبت به نواحی مجاور آن است. بنابراین، در پایین دست استخر تغذیه مصنوعی جفاکنده، اثرات تغذیه مصنوعی بر کمیت آبخوان منطقه تا اندازه‌ای مشهود است.



شکل ۴-۱۷- نقشه هم‌پتانسیل منطقه مورد مطالعه

بر اساس آمارهای موجود متوسط حجم سالانه رواناب‌های ورودی به شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده دو میلیون متر مکعب می‌باشد. با توجه به نفوذپذیری بالای محل احداث شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده (که بر روی آبرفت‌های درشت رودخانه‌ای انجام شده است) و هم‌چنین با توجه به تبخیر اندک منطقه (به خاطر رطوبت نسبی بالای منطقه)، تقریباً تمام آب‌های ورودی به این شبکه با نفوذ عمقی خود به آب‌های زیرزمینی منطقه ملحق می‌شوند. با توجه به نقشه هم‌پتانسیل ملاحظه می‌شود که در محل پایین دست حوضچه‌های تغذیه خطوط هم‌پتانسیل یک تحدب به سمت ترازهای پایین‌تر ایجاد شده است. این تحدب به سمت ترازهای پایین‌تر موجب شکل‌گیری جهت جریان آب زیرزمینی به سمت طرفین شده است. بنابراین، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده تأثیر قابل توجهی بر روی سطح آب زیرزمینی در پایین دست گذاشته است.

۴-۴- ارزیابی تأثیر کیفی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر آبخوان منطقه

برداشت بی‌رویه از آب شیرین در آبخوان‌های ساحلی باعث افت سطح ایستابی و در نتیجه به هم خوردن تعادل هیدرواستاتیکی آب‌های شور و شیرین می‌شود. به طوری که فشار هیدرواستاتیکی آب شیرین نسبت به آب شور کاهش پیدا کرده، آب شور به سفره آب زیرزمینی هجوم برده و در نتیجه کیفیت آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. ۹۵ درصد منابع آبی استان گلستان از سفره‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. در جهت حفاظت کمی و کیفی محدوده‌های تأمین آب شرب به ویژه در بخش‌های غربی استان که شرایط احداث طرح‌های تغذیه مصنوعی را دارد، مطالعه و احداث طرح‌های تغذیه مصنوعی از سال‌های قبل به عنوان یکی از راهکارهای تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی در دستور کار شرکت آب منطقه‌ای گلستان قرار گرفته است. بهره‌برداری‌های اخیر از منابع آب زیرزمینی در دشت‌ها، غیراصولی بوده است به طوری که در روند کاهشی کیفیت سفره‌های زیرزمینی تأثیر چشم‌گیری داشته است (ملکوتیان و کرمی ۱۳۸۳).

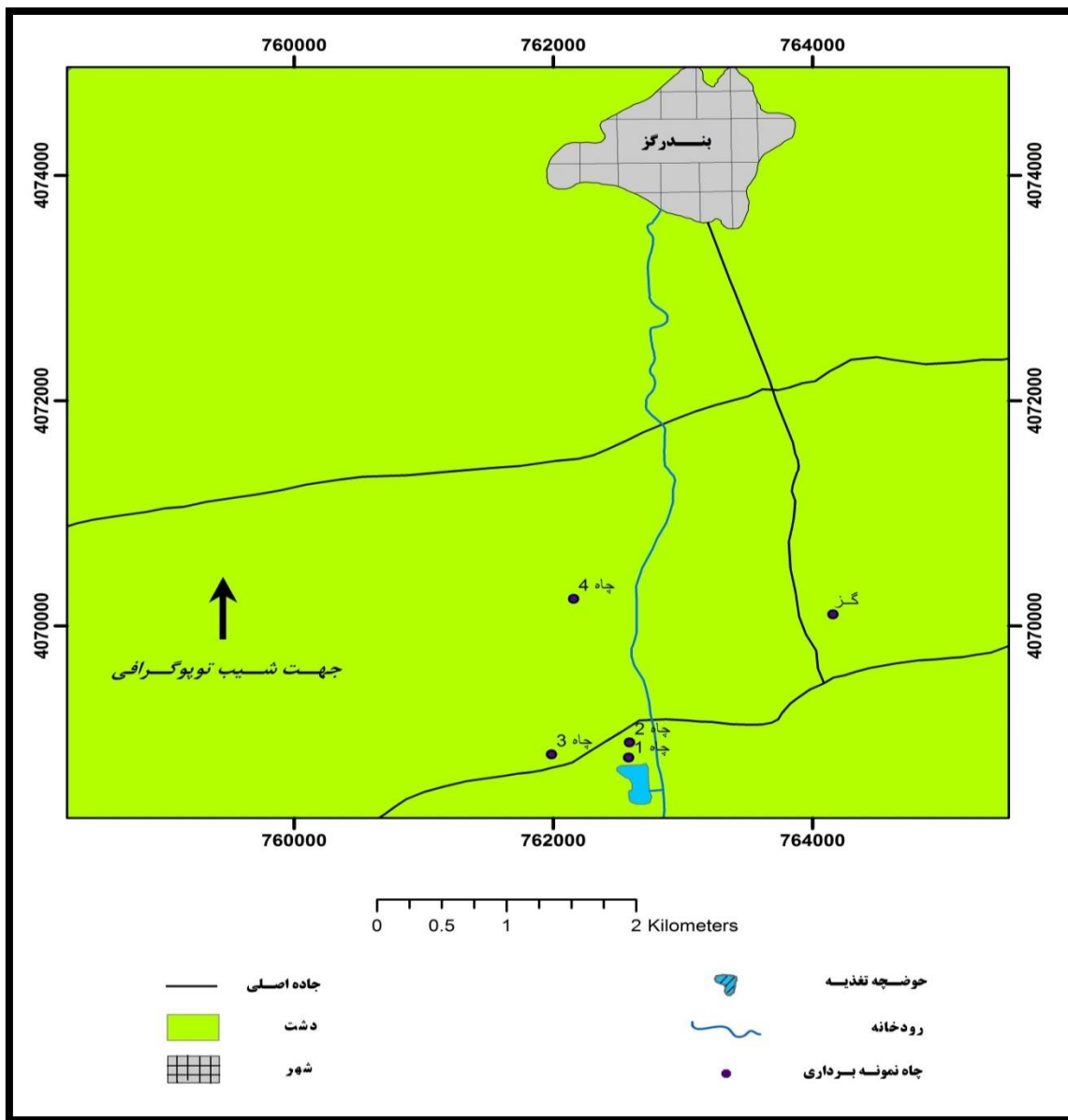
بنابراین، انجام یک مطالعه در زمینه شناخت و بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی در مناطق آسیب‌پذیر و حساس در برنامه‌ریزی آینده، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

۴-۴-۱- خصوصیات هیدروژئوشیمیایی محدوده مورد مطالعه

به منظور بررسی تأثیر طرح تغذیه مصنوعی بر کیفیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه اطلاعات کیفی چاه‌های موجود در پایین‌دست طرح از شرکت آب منطقه‌ای گلستان جمع‌آوری گردید. تنها چاه نیمه‌عمیق موجود در منطقه مورد مطالعه چاه گز می‌باشد. به دلیل کافی نبودن این اطلاعات، جهت بررسی تأثیر کیفی طرح تغذیه مصنوعی بر آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۴، از ۴ حلقه چاه موجود در پایین‌دست منطقه و آب ورودی به طرح تغذیه مصنوعی، نمونه‌برداری شد. از جمله پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری می‌توان به هدایت الکتریکی و اسیدیتته اشاره کرد. سایر پارامترهای کیفی شامل مقدار سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، کلر و سولفات در آزمایشگاه آبشناسی دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه‌گیری شده‌اند. جدول (۴-۶) پارامترهای مهم جهت بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۴-۱۸) موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری در منطقه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۶- موقعیت چاه‌ها و مقادیر پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده

سختی کل (mg/l CaCO ₃)	T.D.S (mg/l)	SAR	pH	غلظت (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)						EC (μS/cm)	مختصات جغرافیایی		نمونه
				HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		Y	X	
۴۳۲/۷	۴۹۸/۷	۰/۹۱	۷/۱۲	۴/۲	۱/۳۰	۰/۲	۲/۹	۱/۴	۱/۱	۳۳۳	۴۰۴۶۳۴۹	۷۶۲۶۸۷	حوضچه تغذیه
۴۵۷/۴	۵۳۴/۸	۰/۹۸	۷/۰۱	۴/۵	۱/۳۵	۰/۳	۳	۱/۶	۱/۲	۳۹۶	۴۰۶۸۸۳۱	۷۶۲۵۸۲	چاه ۱
۵۴۶/۳	۶۳۵/۴	۱/۱۸	۷/۱۲	۵/۳	۱/۶۰	۰/۴	۳/۲	۲/۳	۱/۵	۵۰۳	۴۰۶۸۹۶۵	۷۶۲۵۸۹	چاه ۲
۶۱۶	۷۳۸	۱/۴۷	۶/۹۷	۶	۲	۰/۵	۳/۷	۲/۵	۲	۶۷۰	۴۰۶۸۸۶۰	۷۶۱۹۸۶	چاه ۳
۷۹۵/۸	۹۱۵/۹	۱/۵۲	۷/۰۴	۶/۵	۲/۵	۱	۵/۴	۲/۶	۲/۵	۹۳۰	۴۰۷۰۲۴۱	۷۶۲۱۵۸	چاه ۴
۱۰۴۳/۶	۱۴۲۹/۱	۲/۳۹	۶/۵۹	۷/۵	۴/۲	۴/۹	۶/۵	۴	۴/۳	۱۴۶۸	۴۰۷۱۱۰۳	۷۶۴۱۵۸	چاه گز

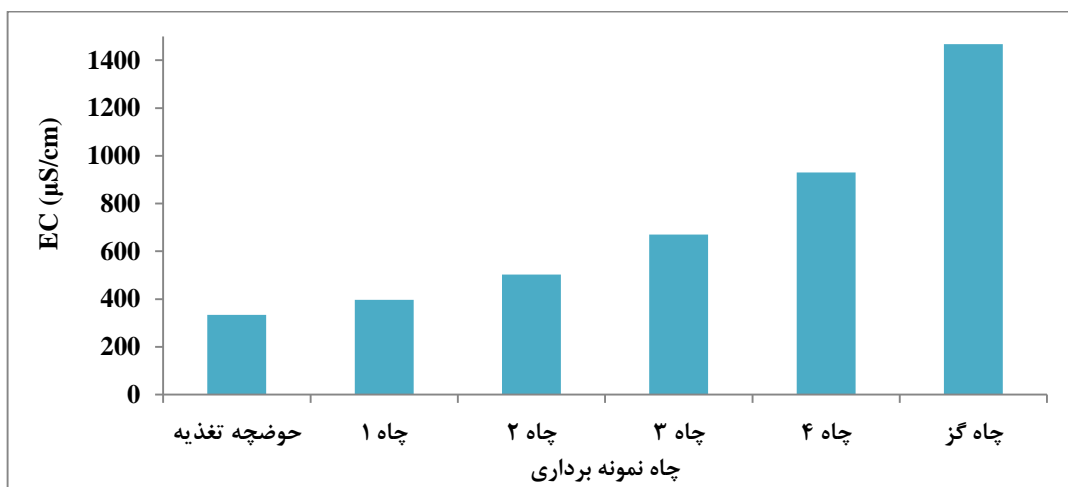


شکل ۴-۱۸- موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری

۴-۲- بررسی هدایت الکتریکی در پایین دست طرح تغذیه مصنوعی

هدایت الکتریکی (EC) معیاری برای سنجش توانایی یک محلول برای انتقال الکتریسیته می‌باشد. این توانایی انتقال الکتریسیته تابعی از مقدار غلظت نمک‌های محلول در آب است. هدایت الکتریکی آب به دلیل داشتن رابطه مستقیم با کل مواد جامد محلول در آب، یکی از مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی آب می‌باشد

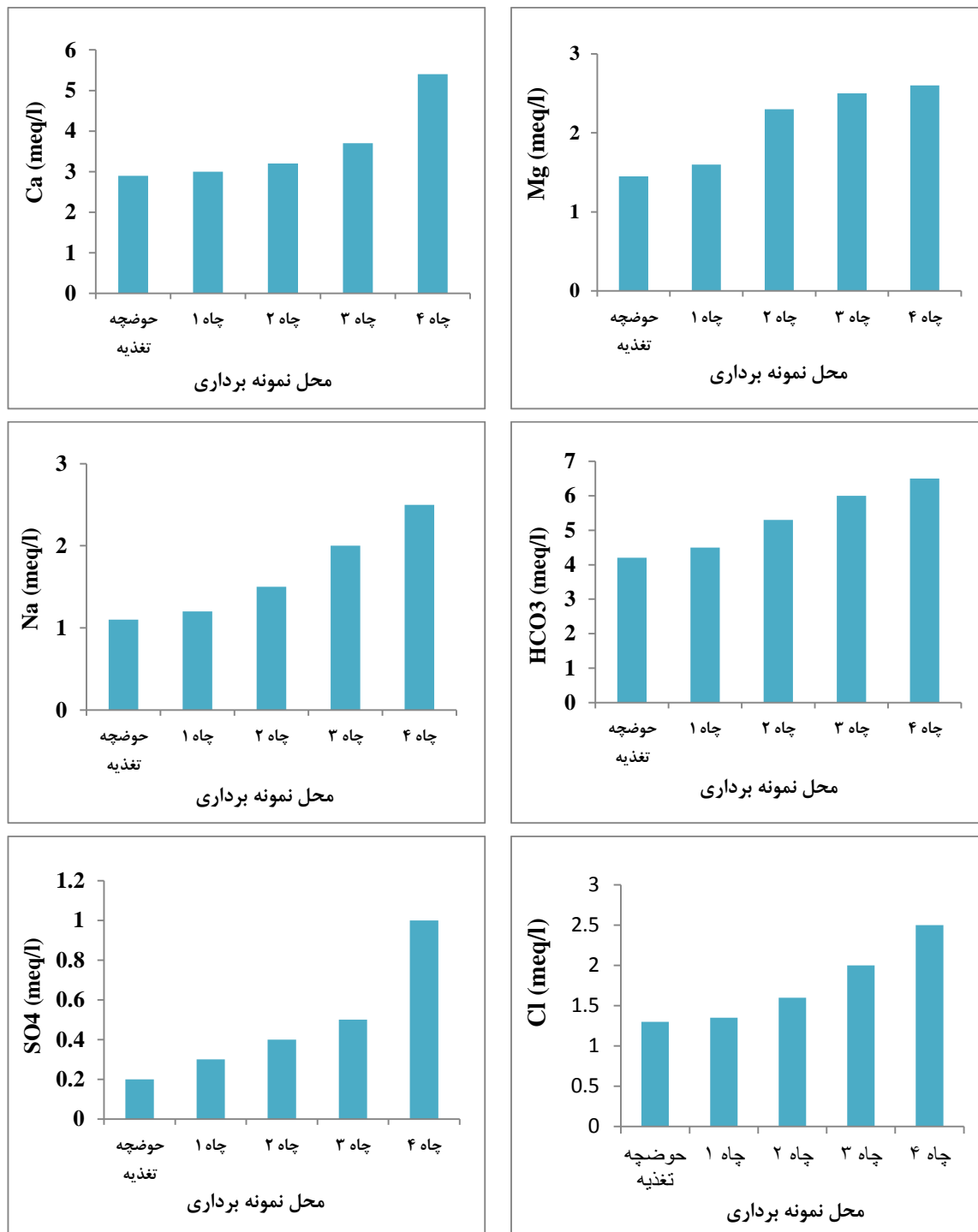
(Todd and Mays 2005). جهت مطالعه هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه، هیستوگرام هدایت الکتریکی این منطقه بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده ترسیم شده است (شکل ۴-۱۹). بر اساس شکل‌های (۴-۱۸) و (۴-۱۹) نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی چاه‌های نمونه‌برداری شده در پایین-دست طرح تغذیه مصنوعی نشان می‌دهد که به طور کلی مقدار هدایت الکتریکی از سمت جنوب به شمال به طور مشخصی افزایش یافته است. اگر چه به طور طبیعی افزایش هدایت الکتریکی در جهت جریان آب زیرزمینی قابل انتظار است ولیکن، پایین بودن نسبی مقادیر هدایت الکتریکی چاه‌هایی ۱ و ۲ نسبت به چاه ۳، که در موقعیت یکسانی واقع شده است، بیانگر کاهش هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی در پایین‌دست محل طرح تغذیه مصنوعی می‌باشد.



شکل ۴-۱۹- مقادیر هدایت الکتریکی چاه‌های نمونه‌برداری شده نسبت به هدایت الکتریکی حوضچه تغذیه

۴-۳-۴- بررسی غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب زیرزمینی در منطقه

بر اساس غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (شکل ۴-۲۰) می‌توان نتیجه گرفت که در جهت جریان آب زیرزمینی مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب افزایش می‌یابد. این روند در هیستوگرام‌های مربوط به یون‌های سدیم، کلسیم و سولفات بسیار محسوس می‌باشد. همچنین روند تغییرات مکانی یون‌ها به ویژه سدیم، کلسیم و سولفات کم و بیش شبیه به روند تغییرات مکانی هدایت الکتریکی است.



شکل ۴-۲۰- هیستوگرام کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

۴-۴-۴- بررسی روند تغییرات سختی آب

سختی آب عبارت است از یون‌های فلزی موجود در آب که با سدیم صابون واکنش داده و باعث بوجود آمدن صابون جامد می‌گردد. تقریباً می‌توان گفت تمام سختی آب ناشی از یون‌های کلسیم و منیزیم محلول در آب می‌باشد (Davis and Dewies 1966). برای محاسبه سختی کل نمونه‌های آب از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$H = 2.5 [Ca^{2+}] + 4.1 [Mg^{2+}] \quad \text{معادله (۴-۸)}$$

که در آن H مقدار سختی آب بر حسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. Ca و Mg به ترتیب غلظت‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (Todd and Mays 2005). بر اساس محاسبات انجام شده حداقل سختی در نمونه‌های آب زیرزمینی مربوط به چاه شماره ۱ و برابر با ۴۵۷ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم و بیشترین مقدار سختی در این نمونه‌ها، مربوط به چاه شماره چهار با سختی ۷۹۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (جدول ۴-۶). طبقه‌بندی سختی آب در جدول (۴-۷) نشان داده شده است (Todd and Mays 2005). بر اساس جدول (۴-۷) ملاحظه می‌شود که تمام نمونه‌های برداشت شده از لحاظ سختی در محدوده خیلی سخت قرار می‌گیرند.

جدول ۴-۷- نوع آب بر حسب درجه سختی آب (Todd and Mays 2005)

نوع آب	سختی (میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم)
نرم	۰ - ۷۵
نیمه‌سخت	۷۵ - ۱۵۰
سخت	۱۵۰ - ۳۰۰
خیلی سخت	> ۳۰۰

۴-۵- محاسبه نسبت جذب سدیم

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

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad \text{معادله (۹-۴)}$$

در این رابطه SAR بیانگر نسبت جذب سدیم می‌باشد و غلظت تمامی کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر بیان می‌شود (Todd and Mays 2005). بر اساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های برداشت شده، ملاحظه می‌شود که بیشترین مقدار SAR مربوط به چاه شماره ۴ و کمترین مقدار آن مربوط به چاه شماره ۱ می‌باشد.

۴-۶- محاسبه کل مواد جامد محلول

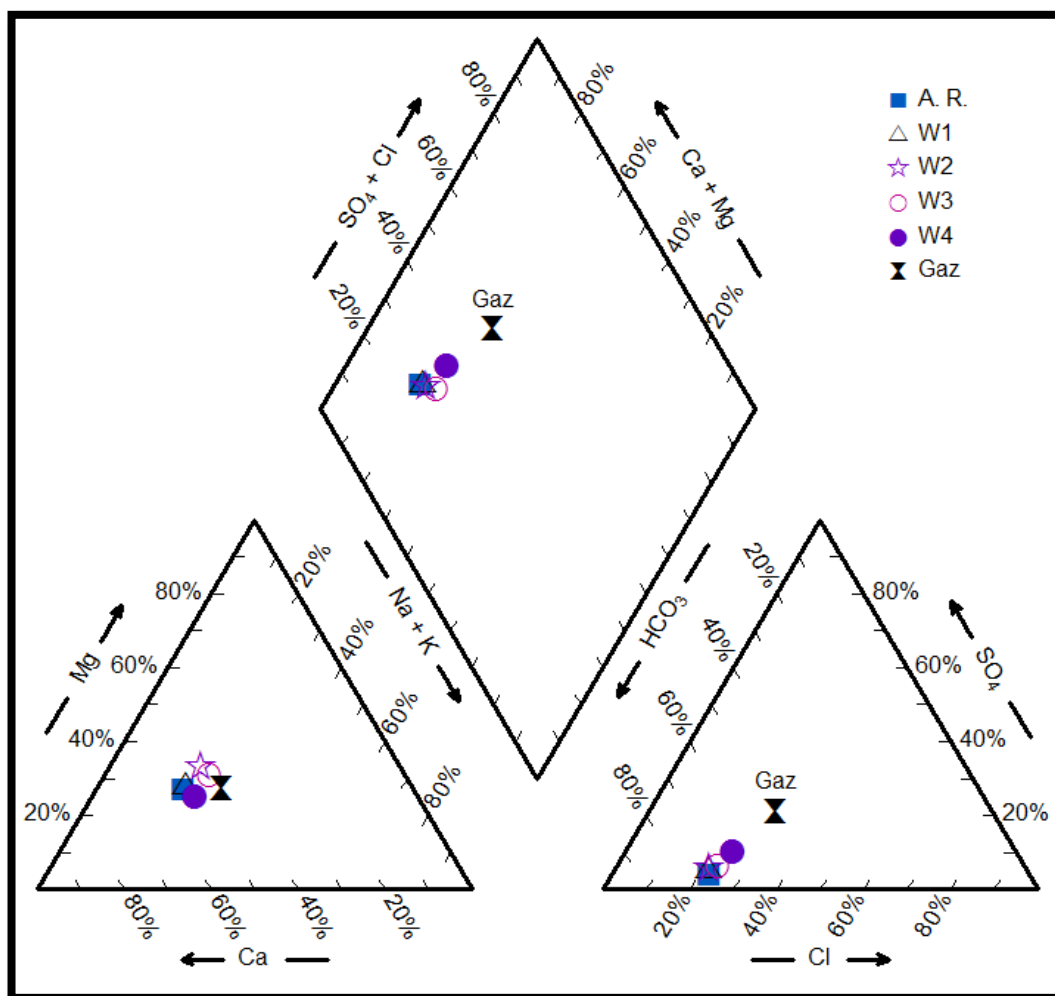
کل مواد جامد محلول در آب (Total Dissolved Solids)، شامل مجموع مواد جامدی است که در آب محلول است ولی شامل رسوبات معلق، کلوئیدها و گازهای محلول نمی‌شود (Todd and Mays 2005). جدول (۴-۸) تقسیم‌بندی آب‌های زیرزمینی نسبت به میزان کل مواد جامد محلول را نشان می‌دهد (Hem 1973). براین اساس، نمونه‌های برداشت شده در محدوده آب شیرین قرار می‌گیرند.

جدول ۴-۸- طبقه بندی آب‌های زیرزمینی بر حسب مقدار کل مواد جامد محلول (Hem 1973)

نوع آب	T.D.S (ppm)
آب شیرین	T.D.S <1000 ppm
آب با شوری متوسط	3000 < T.D.S <10000 ppm
آب خیلی شور	10000 < T.D.S <35000 ppm
آب نمکی	T.D.S >35000 ppm

۷-۴-۴- نمودار پایپر

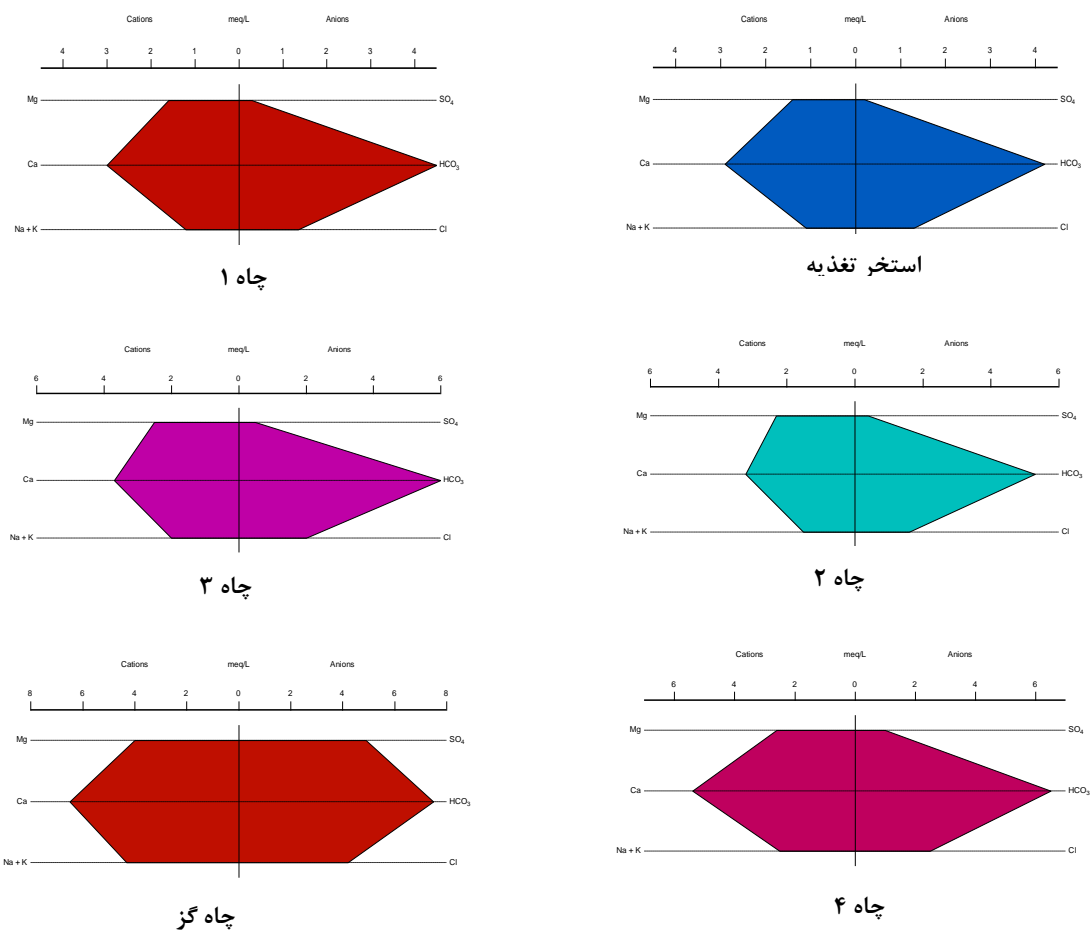
نمودارهای پایپر عمدتاً برای تعیین نوع آب، رخساره‌های هیدروشیمیایی و مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی در آبخوان‌ها تهیه می‌گردند. شکل (۴-۲۱) موقعیت تمامی نمونه‌ها را در نمودار پایپر نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که برای تمام نمونه‌ها مقدار عناصر قلیایی خاکی نسبت به قلیایی بیشتر می‌باشد. همچنین اسیدهای ضعیف بر اسیدهای قوی غلبه دارند. علاوه بر این، ملاحظه می‌شود که جایگاه نمونه‌های آب مربوط به استخر تغذیه مصنوعی و چاه‌های ۱ و ۲ به گوشه چپ لوزی (که بیانگر کیفیت خیلی خوب است) نزدیک‌تر می‌باشند.



شکل ۴-۲۱- نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه

۴-۴-۸- تعیین تیپ آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

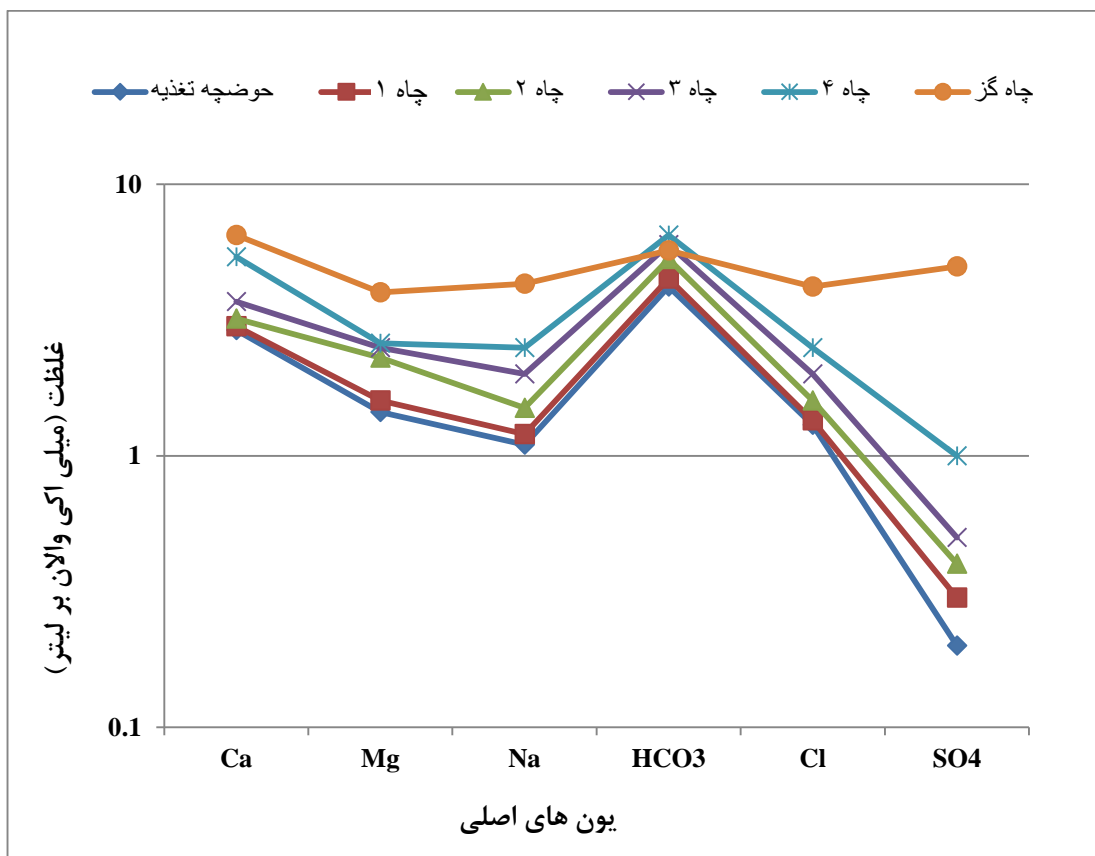
برای تعیین تیپ آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از نمودار استیف استفاده شده است. نمودار استیف یکی از مناسب‌ترین روش‌ها جهت مقایسه ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی با منشأهای متفاوت و تعیین تیپ آب می‌باشد. نمودار استیف مربوط به نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه در شکل (۴-۲۲) مشاهده می‌شود. که همه نمونه‌ها تیپ بی‌کربناته - کلسیک دارند. این تیپ آب با توجه به جنس ذرات دشت که اغلب کربناته هستند توجیه‌پذیر می‌باشد. در هر حال، الگو چاه گز با بقیه نمونه‌ها تا اندازه‌ای متفاوت می‌باشد که دلیل آن تفاوت در رسوبات تشکیل‌دهنده آبخوان در محدوده این چاه با سایر چاه‌ها و همچنین تغذیه کمتر آبخوان در محدوده این چاه می‌باشد.



شکل ۴-۲۲- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه

۹-۴-۴- بررسی روند تغییرات مقادیر یون‌های اصلی

به منظور بررسی روند مقادیر یون‌های اصلی آب از نمودار شولر (Scholler) استفاده می‌شود. نمودار شولر یک نمودار نیمه‌لگاریتمی است که محور افقی آن مقادیر یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد. با توجه به این که محور عمودی نیمه‌لگاریتمی است، اگر خطی که غلظت دو یون را به هم متصل می‌کند برای دو نمونه موازی باشد، نشان‌دهنده آن است که نسبت این دو یون در هر نمونه مساوی است (Todd and Mays 2005). بر اساس نمودار نیمه‌لگاریتمی شکل (۴-۲۳) مشاهده می‌شود که روند منحنی غلظت یون‌ها برای تمامی نمونه‌ها به استثناء چاه گز تقریباً یکسان است که بیانگر آن است که منشأ تمامی نمونه‌ها یکسان می‌باشد.



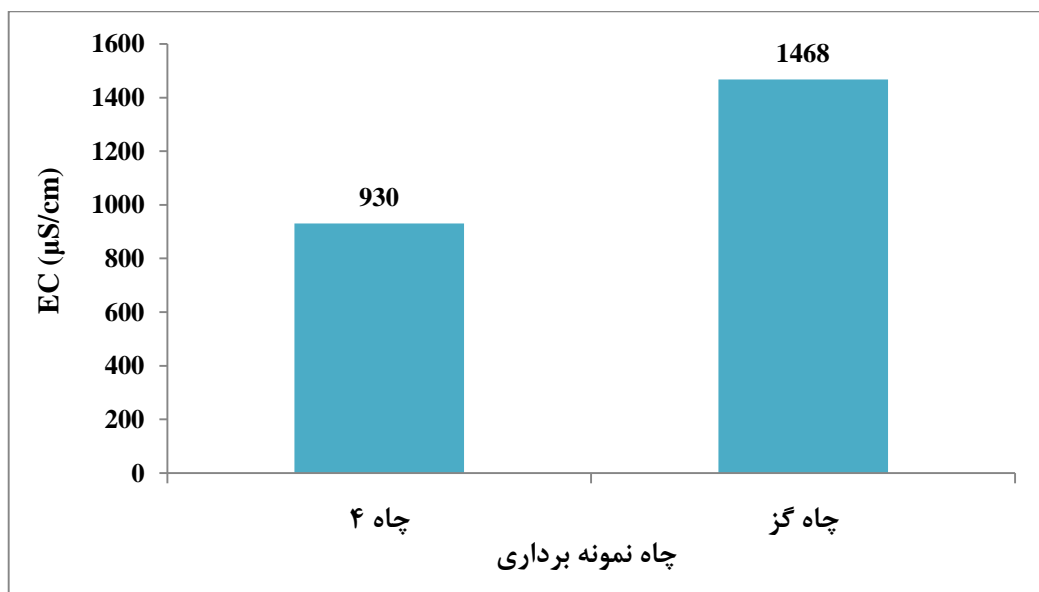
شکل ۴-۲۳- نمودار شولر نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه

۴-۱۰- مقایسه محدوده اجرای طرح تغذیه مصنوعی با نواحی مجاور

تنها چاه دارای داده‌های کیفی مناسب در نزدیکی محدوده اجرای طرح تغذیه مصنوعی، چاه گز می‌باشد. که موقعیت آن در شکل (۴-۱۸) نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود پایین‌ترین چاه موجود در منطقه اجرای طرح (چاه ۴) در راستای چاه گز قرار گرفته است. به منظور ارزیابی تأثیر اثرات تغذیه مصنوعی و هم‌چنین تغذیه طبیعی بر کیفیت آب زیرزمینی نتایج کیفی این دو چاه مقایسه شده است.

الف- مقایسه هدایت الکتریکی چاه ۴ و چاه گز

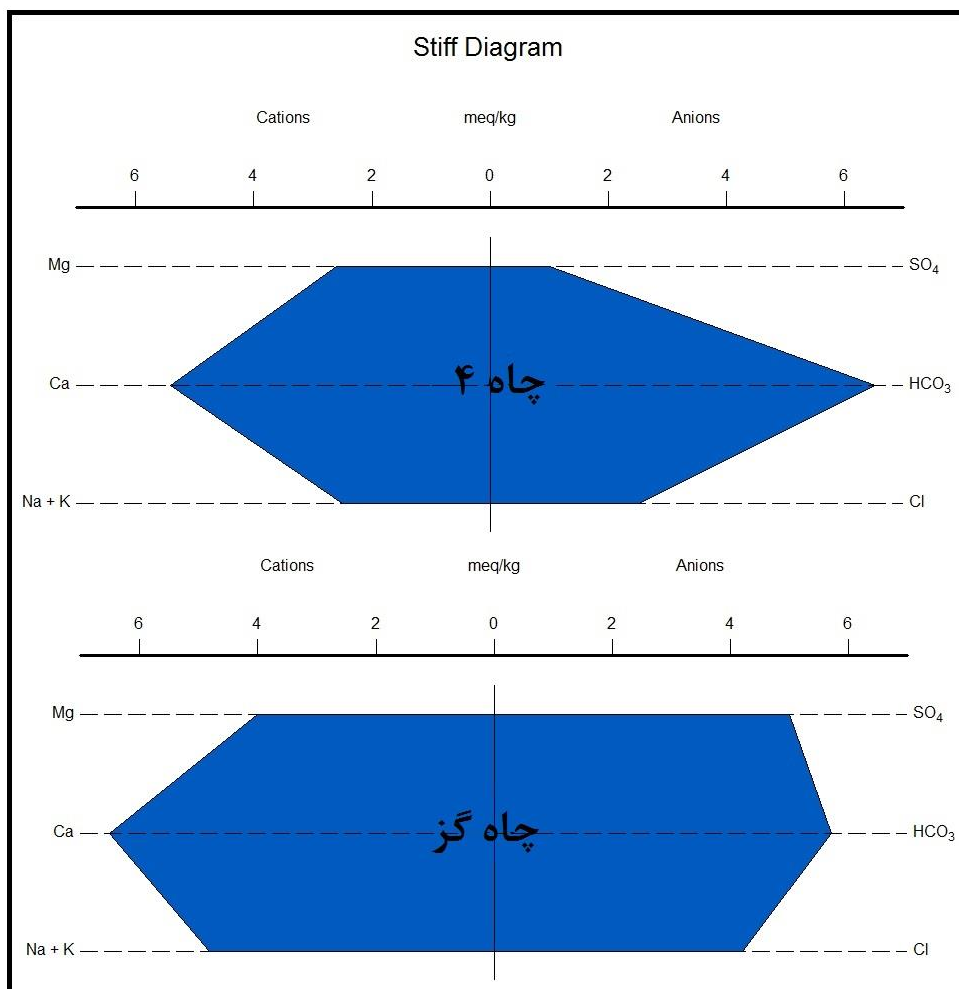
همان‌گونه که در شکل (۴-۲۴) مشاهده می‌شود هدایت الکتریکی در چاه گز بیشتر از چاه هم‌راستای آن یعنی چاه ۴ (واقع در زیر طرح تغذیه مصنوعی)، می‌باشد. که این امر نشان‌دهنده تأثیر مثبت طرح تغذیه مصنوعی بر کیفیت آب زیرزمینی پایین دست می‌باشد.



شکل ۴-۲۴- مقایسه هدایت الکتریکی چاه ۴ و چاه گز

ب- مقایسه نمودار استیف چاه ۴ و چاه گز

شکل (۴-۲۵) نمودار استیف را برای چاه شماره ۴ و چاه گز نشان می‌دهد. بر اساس شکل (۴-۲۵) ملاحظه می‌شود که سطح نمودار استیف مربوط به نمونه آب چاه ۴ در مقابل با نمونه آب چاه گز کمتر است که بیانگر املاح محلول کمتر در نمونه آب چاه ۴ می‌باشد. همچنین ملاحظه می‌شود که غلظت آنیون‌های سولفات و کلر و همچنین کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در نمونه آب چاه ۴ در مقابله با نمونه آب چاه گز به طور قابل توجهی کمتر می‌باشد.



شکل ۴-۲۵- نمودار استیف چاه ۴ و چاه گز

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این فصل ابتدا مختصری درباره نتایج حاصل از ارزیابی تأثیر طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده بر سفره آب زیرزمینی در جنوب بندرگز ارائه می‌شود. سپس پیشنهادهایی برای بهبود کارایی طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده و همچنین ارزیابی‌های دقیق‌تر کمیت و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه ذکر خواهد شد.

۵-۱- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نتایجی که در این تحقیق حاصل شده است شامل برآورد میانگین بارندگی سالانه در حوضه آبخیز رودخانه جفاکنده، برآورد حجم رواناب سالانه در حوضه آبخیز رودخانه جفاکنده، ارزیابی تأثیر تغذیه مصنوعی بر کمیت آب زیرزمینی منطقه و در نهایت ارزیابی تأثیر تغذیه مصنوعی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه می‌باشد.

الف- برآورد حجم رواناب سالانه در حوضه آبخیز رودخانه جفاکنده

متوسط بارندگی حوضه آبخیز رودخانه جفاکنده بر اساس متوسط ارتفاع حوضه از طریق اطلاعات ارتفاع - بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی مجاور حوضه مورد نظر حدود ۶۵۰ میلی‌متر برآورد گردیده شد. با توجه به این که حجم سیلاب بر اساس اطلاعات مربوط به دبی رودخانه جفاکنده برای یک دوره هفت ساله (۱۳۹۲ تا ۱۳۸۶) برابر با ۲/۶ میلیون متر مکعب است، ضریب رواناب حوضه حدود ۱۴/۶ درصد

برآورد شده است. در نهایت با برآورد مقدار بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوضه آبرگیر رودخانه جفاکنده و اعمال ضریب رواناب فوق‌الذکر و مساحت حوضه مورد نظر، حجم سیلاب برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است (جدول ۵-۱).

جدول ۵-۱- حجم سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه مورد مطالعه

ردیف	دوره بازگشت (سال)	ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)	حجم سیلاب (میلیون متر مکعب)
۱	۲	۶۳۲/۰	۲/۶
۲	۵	۷۳۶/۹	۳/۰
۳	۱۰	۷۹۱/۹	۳/۲
۴	۲۰	۸۳۷/۲	۳/۴
۵	۵۰	۸۸۷/۹	۳/۶
۶	۱۰۰	۹۲۲/۲	۳/۸

ب- ارزیابی تأثیر کمی تغذیه مصنوعی جفاکنده بر آبخوان منطقه

بر اساس آمارهای موجود متوسط حجم سالانه رواناب‌های ورودی به شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده حدود دو میلیون متر مکعب می‌باشد. با توجه به نفوذپذیری بالای محل احداث شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده (که بر روی آبرفت‌های درشت رودخانه‌ای انجام شده است) و هم‌چنین با توجه به تبخیر اندک منطقه (به خاطر رطوبت نسبی بالای منطقه)، بخش اعظم آب‌های ورودی به این شبکه با نفوذ عمقی خود به آب‌های زیرزمینی منطقه ملحق می‌شوند.

با توجه به نقشه هم‌پتانسیل ملاحظه می‌شود که در محل پایین دست حوضچه‌های تغذیه خطوط هم-پتانسیل یک تحدب به سمت ترازهای پایین‌تر ایجاد شده است. این تحدب به سمت ترازهای پایین‌تر موجب شکل‌گیری جهت جریان آب زیرزمینی به سمت طرفین شده است. بنابراین، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده تأثیر محسوسی بر روی سطح آب زیرزمینی در پایین دست گذاشته است.

ج- ارزیابی تأثیر کیفی تغذیه مصنوعی جفاکنده بر آبخوان منطقه

آب‌های ورودی به شبکه تغذیه مصنوعی جفاکنده از کیفیت بسیار مطلوبی برخوردار هستند. به این ترتیب که هدایت الکتریکی آن‌ها در سال ۱۳۹۳ - ۱۳۹۲ به طور متوسط حدود ۳۳۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده است. بنابراین، تغذیه آبخوان با چنین آبی باعث بهبود وضعیت کیفی آب زیرزمینی در منطقه خواهد شد. اندازه‌گیری‌های انجام شده بیانگر این است که مقدار هدایت الکتریکی در چاه‌های پایین‌دست طرح تغذیه مصنوعی در مقایسه با چاه‌های مجاور آن‌ها تا اندازه‌ای کاهش یافته است.

همان‌طور در فصل قبل ذکر شد، کمترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به چاه شماره ۱ با ۳۹۶ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد که درست در پایین‌دست طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده واقع شده است. هم‌چنین با مقایسه هدایت الکتریکی چاه گز (تنها چاه دارای داده‌های کیفی مناسب در نزدیکی محدوده اجرای طرح تغذیه مصنوعی) و چاه شماره ۴ (پایین‌ترین چاه موجود در منطقه اجرای طرح و در راستای چاه گز)، تأثیر مثبت طرح تغذیه مصنوعی بر کیفیت آب زیرزمینی پایین‌دست تا اندازه‌ای مشخص می‌شود. به این ترتیب که هدایت الکتریکی چاه شماره ۴ حدود ۸۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر و هدایت الکتریکی چاه گز، که در راستای این چاه ولی، بیرون از محدوده تأثیر طرح تغذیه مصنوعی قرار گرفته است، حدود ۱۴۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد.

لازم به ذکر است که چاه شماره ۴ در محدوده رسوبات رودخانه‌ای واقع شده است و یکی دیگر از دلایل پایین بودن هدایت الکتریکی در این چاه به دانه‌درشت بودن رسوبات رودخانه‌ای و هم‌چنین تغذیه طبیعی بالاتر آن‌ها مربوط می‌شود.

۵-۲- پیشنهادها

به منظور کارایی بهتر طرح تغذیه مصنوعی جفاکنده و هم‌چنین برای بررسی دقیق‌تر اثرات آن بر آبخوان منطقه موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- ۱- حفر حداقل ۳ پیزومتر با عمق حدود ۳۰ متر در منطقه پایین طرح تغذیه مصنوعی
- ۲- عدم تخلیه استخر تغذیه‌ای (این عمل برای سهولت ماهیگیری انجام می‌شود)
- ۳- اندازه‌گیری کیفی آب رودخانه در زمان‌های مختلف (به ویژه در مواقع سیلابی)
- ۴- تهیه هیدروگراف سیل برای سیلاب‌های مختلف

منابع مورد استفاده

- ابراهیمی ش. (۱۳۸۵). "تعیین مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی" پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری.
- اسلامیان س. س.، قاسمی‌زاده ر. و ترکش اصفهانی ص. (۱۳۸۸). "اعمال مدیریت پایدار با تغذیه مصنوعی پساب‌های تصفیه شده در آبخوان‌های شور"، سومین همایش ملی آب و فاضلاب (با رویکرد الگوی مصرف)، تهران.
- آقارزی ح. (۱۳۸۴). "احیاء قنوات خشکیده دشت‌ها با استفاده از چاه‌های تغذیه مطالعه موردی دشت حوضه آبخیز قره‌کهریز شهرستان اراک"، کنفرانس بین‌المللی قنات، کرمان.
- آقناباتی ع. (۱۳۸۳). "زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- بصیری ع.، محمدی‌گلرنگ ب.، فلاحتی ح. و روحانی ح. (۱۳۸۴). "تأثیر عملیات آبخیزداری و تغذیه مصنوعی بر احیاء قنوات مطالعه موردی: منطقه دشت کاشمر- استان خراسان"، کنفرانس بین‌المللی قنات.
- بیات‌موحد ف. و شامی ح. (۱۳۸۳). "احیاء قنات‌ها تحت تأثیر عملیات آبخوانداری و پخش سیلاب در زنجان"، همایش ملی قنات.

- بهشتی‌راد م. (۱۳۸۹). "بررسی تغییرات حاصلخیزی خاک در اثر تغذیه مصنوعی"، دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب، کرمان.
- ثابت‌آزاد م. (۱۳۷۲). "بررسی اثرات تغذیه مصنوعی بر سفره آب زیرزمینی دشت قزوین"، آب و توسعه، جلد ۳، شماره ۲، ص ۸۹-۹۶.
- جورابلو م. و فولادی‌پناه م. (۱۳۹۰). "بررسی تاثیر تغذیه مصنوعی در افزایش میزان آب سفره های آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت گرمسار"، اولین همایش منطقه ای توسعه منابع آب.
- حاجی هاشمی جزی م.، نحوی‌نیا م.، زهتابیان غ. و زورمند س. (۱۳۸۸). "تأثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی شرق دشت بیرجند"، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- حسن‌اقلی ع. و لیاقت ع. (۱۳۸۷). "تأثیر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان بر انتقال آلاینده های معدنی و بیولوژیک به آبخوان کم عمق"، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۱، ص ۱۴۳-۱۵۱.
- خواجه‌ای ا. و خانی ج. (۱۳۸۳). "بررسی کمی و کیفی اثرات پخش سیلاب در آبخوان علی‌نظر، پلدشت"، اولین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.

- رسایی ر. و ابرقویی ح. (۱۳۸۹). "بررسی تأثیر بندهای تغذیه مصنوعی بر سطح آب پیژومترهای دشت مروست - یزد"، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران.
- رستمی ص.، نخعی م. و خدایی ک. (۱۳۸۹). "بررسی تأثیر تغذیه مصنوعی بر پتانسیل آب‌های زیرزمینی دشت قروه - کردستان"، نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران.
- رهنما ف. و خلجی م. (۱۳۸۲). "تأثیر طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی باغ سرخ شهرضا بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی"، سومین همایش آبخوان‌داری، ارومیه.
- زارع م.، زینالی‌خصانلوپی ع. و رئیسی ع. (۱۳۷۸). "ارزیابی اثر کمی طرح تغذیه مصنوعی دشت امامزاده جعفر گچساران"، سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شیراز.
- سوگند حسن‌آبادی ل.، براتی ش. و کایدخورده ع. (۱۳۸۵). "معرفی پروژه تغذیه مصنوعی دشت قلعه‌تل و بررسی تأثیر آن بر تقویت آبخوان دشت مذکور"، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود، دانشگاه شهرکرد.
- شایان‌نژاد م. و عابدی م. (۱۳۸۵). "نقش تغذیه مصنوعی در بهره‌برداری بهینه از منابع آب"، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود، دانشگاه شهرکرد.
- شمسایی ا. (۱۳۸۱). "هیدرولیک جریان آب در محیط متخلخل"، جلد دوم، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه امیر کبیر.

- صافی ا. و موسوی م. (۱۳۸۸). "راهکارهای مقابله با عوارض سوء مدیریت آب‌های زیرزمینی در ایران"، چهارمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر، کرمان.
- صافی ا.، موسوی م.، حسینلر خ. و ابراهیمی م. (۱۳۸۹). "مطالعه تأثیرات تغذیه مصنوعی بر کیفیت آب زیرزمینی (مطالعه موردی ابخوان ساحلی شندآباد)"، اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه مهندسی آب.
- ضیاء ح. و اصغری مقدم ا. (۱۳۸۳). "ارزیابی کمی و کیفی طرح تغذیه مصنوعی شوراب بیرجند"، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- طایی سمیرمی م.، فاتحی مرچ ا. و میرنیا س خ. (۱۳۸۹). "شبیه‌سازی سطح ایستابی ابخوان دشت گربایگان فسا با استفاده از مدل ریاضی"، ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
- طغرلی ن.، بنی‌اسدی م.، مهدی‌پور ا. و علیزاده م. (۱۳۸۴). "بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی حاصل از پخش سیلاب آب باریک بم"، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک.
- عباسی د. و دریکوند ا. (۱۳۹۰). "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح کانال تغذیه مصنوعی دشت تاکستان"، پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران.

- علیزاده ا. (۱۳۸۹). "اصول هیدرولوژی کاربردی"، جلد اول، چاپ سی و یکم، انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد.
- غفوری م.، شرقی ه. و کاظمی غ. (۱۳۹۰). "بررسی اثرات سیلاب‌های طبیعی و مصنوعی رهاسازی از سد امیرکبیر بر تغذیه آبخوان دشت شهریار"، پانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم، تهران.
- فتاحی م.، جاویدکیا ح.، فردونی ر. و مرادی م. (۱۳۸۶). "بررسی تأثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت جعفرآباد قم"، چهارمین همایش علوم و مهندسی آبخیزداری، کرج.
- قوردویی میلان م. و کرمی غ. (۱۳۹۲). "ارزیابی اثرات کمی طرح تغذیه مصنوعی خوی"، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه فردوسی، مشهد.
- قهاری غ. و پاک‌پرور م. (۱۳۸۶). "بررسی تأثیر استحصال و پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت جعفرآباد گربایگان"، فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۱۴، شماره ۳.
- کتیبه ه. و حافظی س. (۱۳۸۳). "بکارگیری مدل MODFLOW و مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و ارزیابی عملکرد طرح تغذیه مصنوعی دشت آب‌باریک بم، مجله آب و فاضلاب، جلد ۵۰، شماره ۱، ص ۴۵-۵۸.
- گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بهشهر، سازمان زمین‌شناسی ایران.

- گودرزی ا. و اسلامیان س س. (۱۳۸۴). "بررسی تأثیرات کمی و کیفی طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی باغ سرخ شهرضا بر آب قنات منطقه"، کنفرانس بین‌المللی قنات، کرمان.
- لاله‌زاری ر.، طباطبایی س ح.، خیاط‌خلقی م.، یارعلی ن. و صبا ع. (۱۳۹۳). "بررسی سناریوهای تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده بر کمیت و کیفیت آبخوان شهرکرد" مجله محیط‌شناسی، دوره ۴۰، شماره ۱، ص ۲۳۶-۲۲۱.
- مروتی م.، منوری م. و حسنی ا م. (۱۳۸۸). "امکان‌سنجی استفاده از پساب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان در دشت یزد اردکان"، انسان و محیط‌زیست، شماره دهم، ص ۶۵-۵۵.
- محمدی گلرنگ ب.، دادرسی سبزواری.، بصیری ع.، فلاحتی ح. و روحانی ح. (۱۳۸۴). "تأثیر طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی در احیاء قنات مطالعه موردی: مناطق سبزواری و کاشمر"، کنفرانس بین‌المللی قنات، کرمان.
- معظمی م.، ارشم ع. و اصغری پور ن. (۱۳۸۹). "بررسی اثرات تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب بر تغییرات سطح آب زیرزمینی"، ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آب‌خیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- مقدس ح. (۱۳۸۶). "بررسی اثر تغذیه مصنوعی بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت سبزواری"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

- مقدس ح.، کرمی غ.، فیله کش ا. و شعاعی ض. (۱۳۸۶). " بررسی اثر پخش سیلاب بر کمیت آب زیر زمینی منطقه غرب سبزوار"، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- ملکوتیان م. و کرمی ا. (۱۳۸۳). " بررسی روند تغییرات کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بم و بروات طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۶"، مجله پزشکی دانشگاه هرمزگان، گروه بهداشت محیط.
- منافی س. و یاری جو ا. (۱۳۹۲). " بررسی اثرات زیست‌محیطی اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی"، همایش ملی پژوهش‌های محیط‌زیست ایران، دانشکده شهید مفتح، همدان.
- مهدوی م. (۱۳۷۱). " هیدرولوژی کاربردی"، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۹۸.
- مهدی‌پور آ.، بنی‌اسدی م. و قائم‌مقامیان ش. (۱۳۸۴). " بررسی تأثیر بندهای خاکی در افزایش آبدهی قنات‌ها"، کنفرانس بین‌المللی قنات، دانشگاه شهید باهنر، کرمان.
- نحوی‌نیا م ج.، کریمی ب.، کاردان مقدم ح.، شهیدی ع. و خسروی م. (۱۳۸۷). " ارزیابی فنی و زیست‌محیطی اثرات پخش سیلاب منطقه سیوجان بیرجند"، اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل.
- یاری ر. و حسن‌نژاد م. م. (۱۳۸۷). " تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی با استفاده از پساب تصفیه شده"، اولین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب – چالش‌ها و راهکارها، مشهد.

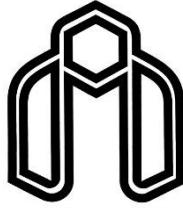
- Bouri S. and Dhia H. B. (2010). A thirty-year artificial recharge experiment in a coastal aquifer in an arid zone: the Teboulba aquifer system (Tunisian Sahel). *Comptes Rendus Geoscience*, 342(1), 60-74.
- Bouwer H. (2002). Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. *Hydrogeology Journal*, 10(1), 121-142.
- Davis S.N. and Dewiest R.J.M. (1966). "Hydrogeology" John Wiley, New York, 463 PP.
- Ghazavi R., Vali A. B. and Eslamian S. (2012). Impact of flood spreading on groundwater level variation and groundwater quality in an arid environment. *Water resources management*, 26(6), 1651-1663.
- Hem J. D. (1985). *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water* (Vol. 2254). Department of the Interior, US Geological Survey.
- Karlsen R. H., Smits F. J. C., Stuyfzand P., Olsthoorn T. N. and Breukelen B. M. (2012). "A post audit and inverse modeling in reactive transport: 50 years of artificial recharge in the Amsterdam Water Supply Dunes", *Journal of Hydrology*, 454-455, PP 7-25.
- Shamma M. I. (2008). The effectiveness of artificial recharge in combating seawater intrusion in Salalah coastal aquifer, Oman. *Environmental geology*, 55(1), 191-204.
- Shanghai D. and Danmei X. (2012). "Groundwater Quality Variation Affected by Artificial Recharge in Hutuo River Bed", *Proceia Environmental Science*, PP 556-561

- Stiefel J. M., Melesse A. M., Mclain M. E., Price R. M., Anderson E. P. and Chauhan N. K. (2009). Effects of rainwater-harvesting-induced artificial recharge on the groundwater of wells in Rajasthan, India. *Hydrogeology Journal*, 17(8), 2061-2073.
- Todd D.K. and Mays L.W. (2005). Groundwater Hydrology, John Wiley and sons, New York.

Abstract

In the northern regions of the Iran due to high rainfall and steep slopes in the north Alborz, there are a large number of young and steep rivers which transmit the runoff caused by rainfalls to the northern plains. In such areas, in order to avoid wasting the runoff, which has high quality, numerous artificial recharge networks have been built. One of these artificial recharge networks is that one which is built on the Jafa-Kandeh river in the south of Bandar Gaz in Golestan province. Jafa-Kandeh artificial recharge network started operations in 1381 and has been operational in 1383. This projet includes a pool for collecting sediments and a artificial pond with a usable area of 5.9 hectares hence, the capacity of 500 thousand cubic meters and 550 meters wall is constructed. Using the value of precipitation in different return periods, the volume of flood is calculated for different return periods. Such that, the flood volume varies from 2.6 to 3.8 million cubic meters for 2 and 100 years return periods, respectively. According to the isopotential map, it can be argued that the Jafa-Kandeh artificial recharge of groundwater in downstream shows significant effect on groundwater level. Such that the lines of isopotential deflect towards lower potential linas. The quality of entering water into artificial recharge network of Jafa-Kandeh is very good. The average electrical conductivity of the incoming water to artificial recharge network about 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The obtained results of this study indicate that the groundwater quality in the area downstream of the project is better than that in the adjacent areas. In this way, the electrical conductivity and ion concentration in the downstream location of the project is significantly lower compared to neighboring regions.

Keyword: artificial recharge, Jafa-Kandeh, groundwater, return period.



دانشگاه صنعتی شاهرود

Faculty of Earth Sciences

Hydrogeology and Environmental Geology Group

M. Sc. Thesis

**Evaluation of the effect of Jafakandeh artificial recharge schem
on aquifer in South of Bandar_e Gaz.**

Marziyeh Parvar

Supervisor:

Dr. Gholam Hossein Karami

Feb 2016