

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی

بررسی ارتباط هیدرولیکی آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب

نگارنده:

سجاد مرادی نظر پور

استاد راهنما

دکتر هادی جعفری

شهریور ۱۴۰۰

شماره: ۷۳۲۶
تاریخ: ۷/۲۶
ویرایش:

باسمه تعالی

فرمهای ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد
مربوط به ورودی‌های ۹۴ به بعد



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خاتم / آقای سجاد مرادی نظری پور با شماره دانشجویی ۹۷۱۵۰۹۴ رشته زمین‌شناسی گرایش آبشناسی تحت عنوان "بررسی ارتباط هیدرولیکی رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند" که در تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۲۳ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار شد به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰ ☐ (ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸-۱۹/۹۹ ☒ ج) درجه خوب: نمره ۱۶-۱۷/۹۹ ☐ (د) درجه متوسط: نمره ۱۴-۱۵/۹۹ ☐ ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐ نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☒			
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر مادی جعفری	دانشیار	
۲- استاد راهنمای دوم	-	-	-
۳- استاد مشاور	-	-	-
۴- استاد داور اول	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۵- استاد داور دوم	دکتر رحیم باقری	دانشیار	
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر گیتی فرقانی تهرانی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:
تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:




به کولی سیاه دیده‌ات مسیرم باد
بکوشم و در بادیه لانه ای باشم
نمی شود به تمنای تماشای رخ شاه
به پشت پرده کمین، گمانه ای باشم

تقدیم به

یکتا پادشاه عاشقی

والسلام علیک
الشهید

سپاس و ستایش بر خدای جل و جلاله، که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید. سپاس بیکران پروردگار یکتا را که هستیمان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. خدای را شاکرم از اینکه به من توان داد تا بتوانم گامی کوچک در مسیر تحصیل علم بردارم. سپاس او را که قدرت و عظمتش در ذره ذره عالم نهفته است. او که طبیعت را در گرو شناخت خود برای ما خلق کرد و گفت بنگرید در زمین و در آن تعقل کنید، با یاری خدای مهربان و کمک اساتید و دوستان و حمایت خانوادهام توانستم پایان نامه خود را به سرانجام برسانم. در ابتدا از استاد محترم و دلسوزم، دکتر هادی جعفری سپاسگزارم. از پدر و مادر مهربان که هرچه دارم از آنهاست. تشکر و قدردانی می نمایم از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و از صبرشان ایستادگی را آموختم. آنها همواره در طول تحصیل، متحمل زحماتم بوده و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودشان همیشه مایه دلگرمی من می باشد و رسیدن به تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست. از اساتید محترم دانشکده علوم زمین که هرچه از زمین آموخته ام حاصل زحمات دلسوزانه آنهاست، از همسر عزیز و مهربانم که با دلسوزی و فداکاری مرا در کلیه مراحل تحصیل کارشناسی ارشد و این پایان نامه همراهی کرده است تشکر ویژه می نمایم. در پایان از جنابان مهندس صفری، مهندس یعقوبی (شرکت آب منطقه ای همدان) و علی اکبر شهسوار (جهاد دانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی) که در تمامی مراحل جمع آوری پایان نامه ام کمک نموده اند قدردانی می نمایم

به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق خداوند نکوشم.

تعهد نامه

اینجانب سجاد مرادی نظر پور دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی گرایش آبشناسی از دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان بررسی ارتباط هیدرولیکی آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب تحت راهنمایی جناب آقای دکتر هادی جعفری متعهد می‌شوم:

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

تاریخ

امضاء دانشجو

مالکیت و نتایج حق نشر

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

چکیده

بررسی ارتباط هیدرولیکی رودخانه‌ها و آبخوان‌ها یکی از موضوعات پیچیده منابع آب بوده که همواره مورد توجه کارشناسان قرار داشته است. رودخانه گاماسیاب با طول تقریباً ۷۰ کیلومتر از جنوب‌شرقی شهرستان نهاوند در استان همدان از چشمه کارستی گاماسیاب شروع و از شمال‌غربی این شهرستان خارج و وارد استان کرمانشاه می‌شود. رودخانه گاماسیاب رودخانه دائمی در استان همدان است. از این رو با توجه به اهمیت محیطی زیستی و مدیریت منابع آب، ارتباط این منبع آبی با آبخوان نهاوند در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی، رودخانه به ۶ قسمت تقسیم شد و سپس اقدام به اندازه‌گیری دبی رودخانه در ایستگاه‌های هیدرومتری شد. در طی دو فصل‌تر (تیر) و فصل خشک (مهر) اقدام به برداشت نمونه از رودخانه و چاه‌های اطراف شد. این نمونه‌ها به آزمایشگاه آب و محیط زیست دانشگاه صنعتی شاهرود و شرکت مصباح انرژی ارسال و غلظت یون‌های اصلی و ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن و هیدروژن اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری هیدرومتری ارتباط هیدرولیکی در تمام طول رودخانه‌ی گاماسیاب با آبخوان نهاوند و زهکشی آبخوان در بیشتر طول رودخانه را نشان می‌دهد. از طرف دیگر با استفاده از داده‌های سری زمانی سطح ایستابی و دبی رودخانه به بررسی ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند اقدام شد. نتایج بررسی داده‌های ارتباط سری زمانی نشان‌دهنده وجود ارتباط هیدرولیکی مابین رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند می‌باشد. در بررسی هیدروشیمی با استفاده از نمودارهای دو متغیره، دیاگرام پایپر و نتایج همبستگی یون‌های اصلی تیپ غالب هیدروشیمی آبخوان نهاوند کربنات-کلسیک و عامل موثر بر آبخوان نهاوند انحلال سنگ‌های کربناته تعیین شد. در بررسی‌های ایزوتوپی، بخش D رودخانه گاماسیاب به آبخوان نهاوند آب می‌دهد و از نوع دهنده می‌باشد. در صورتی که در بیشتر طول مسیر رودخانه آبخوان را زهکشی و از نوع گیرنده می‌باشد. نتایج پس از آنالیز و تحلیل داده‌ها حاکی از آن است که رودخانه نهاوند در بیشتر مسیر خود به عنوان رودخانه گیرنده عمل نموده و در بخش کوچکی از مسیر دهنده است.

کلید واژه: هیدرومتری، ایزوتوپ‌های پایدار، گاماسیاب، نهاوند، همدان

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق	۲
۳-۱ منطقه مورد مطالعه	۳
۴-۱ مطالعات زمینشناسی	۴
۱-۴-۱ چینششناسی سازندها در محدوده مطالعاتی نهاوند	۵
۵-۱ آب و هوای منطقه مورد مطالعه	۹
۶-۱ هیدروژئولوژی آبخوان نهاوند	۱۰
۱-۶-۱ بیلان آبهای زیرزمینی	۱۴
۲-۶-۱ نوسانات سطح آب زیرزمینی	۱۴
۷-۱ ژئومورفولوژی محدوده مورد مطالعه	۱۵
فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته	۱۷
۱-۲ مقدمه	۱۸
۲-۲ فرایند تبادل آب زیرزمینی و آب سطحی	۱۹
۱-۲-۲ فرایند تبادل در رودخانهها و آبهای زیرزمینی	۱۹
۲-۲-۲ فرایند تبادل در دریاچهها و آبهای زیرزمینی	۱۹
۳-۲-۲ فرایند تبادل در تالابها و آبهای زیرزمینی	۱۹
۳-۲ ویژگی و تبادلات محیطهای آبی سطحی و زیرزمینی	۲۰
۴-۲ روشهای بررسی تبادلات آبی رودخانه و آبخوان	۲۱
۱-۴-۲ اندازهگیری دبی رودخانه (هیدرومتری رودخانه)	۲۱
۲-۴-۲ روش مدلسازی در تعیین ارتباط	۲۲
۳-۴-۲ بررسی ارتباط با استفاده از روش ردیابی	۲۳
۴-۴-۲ بررسی ارتباط با استفاده از مادون قرمز (حرارتی)	۲۳
۵-۴-۲ بررسی ارتباط با استفاده از شاخصهای زیستی	۲۴
۶-۴-۲ بررسی خطوط هم پتانسیل و جهت جریان	۲۴
۷-۴-۲ بررسی ارتباط با استفاده از روش الکترومغناطیس	۲۵
۸-۴-۲ بررسی ارتباط با استفاده از روش ژئوفیزیک	۲۵
۵-۲ مروری بر مطالعات گذشته	۲۶
فصل سوم: مواد و روشها	۲۹
۱-۳ مقدمه	۳۰
۱-۱-۳ مطالعات کتابخانهای	۳۰
۲-۱-۳ مطالعات میدانی	۳۰
۱-۲-۱-۳ آزمایشات میدانی	۳۲
۲-۲-۱-۳ نمونه برداری از چاهها	۳۳

۳-۱-۳ مطالعات آزمایشگاهی	۳۵
۳-۱-۳-۱ آنالیز یونها و پارامترهای اصلی در آزمایشگاه	۳۵
۳-۱-۳-۲ نتایج آنالیز نمونهها	۳۶
۳-۱-۴ تحلیل دادهها	۳۶
۳-۱-۴-۱ محاسبه دبی رودخانه	۳۶
۳-۱-۴-۲ مطالعه هیدروشیمی جهت بررسی ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند	۳۷
۳-۱-۴-۳ بررسی سری زمانیدادهای هیدروشیمی	۳۷
۳-۱-۴-۴ تحلیل دادههای ایزوتوپی	۳۷
۳-۱-۴-۵ بررسی سطح ایستابی و سطح آب رودخانه	۳۸
فصل چهارم: بررسی ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند	۴۳
۴-۱ مقدمه	۴۴
۴-۲ بررسی نقشه هم پتانسیل آبخوان نهاوند	۴۴
۴-۲-۱ بررسی سطح آب در رودخانه و سطح آب زیرزمینی در مقاطع عرضی	۴۶
۴-۳ بررسیهای هیدرومتری	۴۹
۴-۳-۱ اندازهگیری و محاسبه دبی رودخانه گاماسیاب در ایستگاههای هیدرومتری	۵۱
۴-۳-۲ بررسی ارتباط رودخانه و آبخوان براساس نتایج حاصل از اندازهگیریهای هیدرومتری	۵۲
۴-۴ بررسی سری زمانی نوسانات سطح آب	۵۳
۴-۵ بررسی ارتباط آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب براساس خصوصیات کیفی	۵۸
۴-۵-۱ مطالعات سریهای زمانی هیدروشیمی	۵۸
۴-۵-۲ تغییرات مکانی هیدروشیمی	۶۳
۴-۶ بررسی ایزوتوپی	۶۸
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها	۷۵
۵-۱ مقدمه	۷۶
۵-۲ نتایج	۷۶
۵-۳ پیشنهادها	۷۸
پیوستها	۷۹
منابع	۸۳

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه (دشت نهاوند) ۴
- شکل ۲-۱ نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (دشت نهاوند) (بر گرفته از گزارش توس آب) ۸
- شکل ۳-۱ منحنی امپروترمیک دشت نهاوند طی یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۶) ۹
- شکل ۴-۱ نقشه همپتانسیل و جهت جریان در آبخوان نهاوند (شهریور ۹۷) ۱۲
- شکل ۵-۱ موقعیت آبخوان نهاوند، چاههای بهره‌برداری و پیزومترها ۱۳
- شکل ۶-۱ هیدروگراف معرف آبریززمینی آبخوان نهاوند در سالهای آبی ۱۳۷۵-۱۳۹۹ ۱۴
- شکل ۷-۱ ژئومورفولوژی دشت و آبخوان نهاوند در تصویر Google Earth ۱۵
- شکل ۱-۲ چرخه هیدرولوژیکی ۱۸
- شکل ۲-۲ انواع ارتباط رودخانه با آبخوان ۲۰
- شکل ۳-۲ شیوه اندازگیری تبادل آبی به روش هیدرومتری ۲۲
- شکل ۴-۲ رودخانه گیرنده (A) و رودخانه دهنده (B) ۲۵
- شکل ۱-۳ موقعیت ایستگاههای هیدرومتری انتخابی رودخانه گاماسیاب ۳۱
- شکل ۲-۳ دستگاه مولینه جهت اندازه گیری سرعت جریان رودخانه ۳۲
- شکل ۳-۳ نحوه محاسبه اندازه گیری دبی رودخانه به روش سرعت-سطح مقطع ۳۳
- شکل ۳-۴ محلهای نمونه برداری از آبخوان نهاوند در فصل خشک و تر و ایستگاه های هیدرومتری منتخب بر روی رودخانه گاماسیاب ۳۴
- شکل ۵-۳ دستگاه اندازه گیری PH (راست) و گرماتوگرافی یونی (چپ) ۳۵
- شکل ۱-۴ خطوط همپتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان نهاوند (شهریور ۹۷) ۴۵
- شکل ۲-۴ موقعیت مقاطع عرضی در هر بخش از رودخانه گاماسیاب ۴۷
- شکل ۳-۴ پروفایل عرضی رودخانه گاماسیاب و ترسیم سطح ایستابی آبخوان نهاوند در مجاورت آن ۴۸
- شکل ۴-۳ (ادامه) پروفایل عرضی رودخانه گاماسیاب و ترسیم سطح ایستابی آبخوان نهاوند در مجاورت آن ۴۹
- شکل ۴-۴ موقعیت ایستگاههای هیدرومتری انتخابی رودخانه گاماسیاب ۵۰
- شکل ۵-۴ نمونه نتایج گرافیکی محاسبات دبی و سرعت رودخانه با استفاده از کد متلب ۵۱
- شکل ۶-۴ موقعیت پیزومترها جهت بررسی نوسانات زمانی سطح ایستابی در مجاورت رودخانه گاماسیاب ۵۴
- شکل ۷-۴ بررسی نوسانات دبی رودخانه گاماسیاب و نوسانات سطح آبریززمینی در پیزومترهای مجاور رودخانه ۵۵
- شکل ۷-۴ (ادامه) بررسی نوسانات دبی رودخانه گاماسیاب و نوسانات سطح آبریززمینی در پیزومترهای مجاور رودخانه ۵۶
- شکل ۷-۴ (ادامه) بررسی نوسانات دبی رودخانه گاماسیاب و نوسانات سطح آبریززمینی در پیزومترهای مجاور رودخانه ۵۷
- شکل ۸-۴ موقعیت چاههای انتخابی در آبخوان نهاوند جهت بررسی ارتباط کیفی آبخوان و رودخانه ۶۰
- شکل ۹-۴ تغییرات زمانی غلظت یون کلر در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب ۶۱
- شکل ۹-۴ (ادامه) تغییرات زمانی غلظت یون کلر در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب ۶۲
- شکل ۱۰-۴ نمودار استیف فصل خشک (۱) و نمودار استیف فصل تر (۲) در آبخوان نهاوند و نمودار استیف فصل خشک (۳) و فصل تر (۵) در رودخانه گاماسیاب ۶۴
- شکل ۱۱-۴ ترسیم نمونههای آب زیرزمینی آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب در دیاگرام پایپر فصل تر (۱) و فصل خشک (۲) ۶۵

- شکل ۴-۱۲ تعیین فرایند شیمیایی غالب در آبخوان نهاوند..... ۶۶
- شکل ۴-۱۳ نمودارهای دو متغیره نسبت‌های یونی در فصول تر و خشک (آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب)..... ۶۷
- شکل ۴-۱۴ موقعیت نقاط نمونه برداری ایزوتوپی در آبخوان نهاوند ۷۱
- شکل ۴-۱۵ رابطه بین اکسیژن و دوتریوم در نمونه‌های آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب..... ۷۲
- شکل ۴-۱۶ رابطه بین ایزتوپ اکسیژن و غلظت یون کلر در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب ۷۳

فهرست جداول

جدول ۱-۱	آمار بارندگی و درجه حرارت، دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۶) در ایستگاه وراینه	۱۰
جدول ۱-۳	نتایج آنالیز نمونه ها در تیر ماه ۱۳۹۹ (فصل تر)	۳۹
جدول ۱-۳	(ادامه) نتایج آنالیز نمونه ها در تیر ماه ۱۳۹۹ (فصل تر)	۴۰
جدول ۲-۳	نتایج آنالیز نمونه ها در مهر ماه ۱۳۹۹ (فصل خشک)	۴۱
جدول ۳-۳	نتایج اندازه گیری شده ایزوتوپ های پایدار اکسیژن و هیدروژن	۴۲
جدول ۱-۴	وضعیت ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند بر اساس بررسی نقشه هم پتانسیل	۴۶
جدول ۲-۴	بررسی ارتباط رودخانه و آبخوان بر اساس نتایج حاصل از بررسی ارتفاع سطح ایستابی در آبخوان نهاوند و سطح آب در رودخانه گاماسیاب	۴۹
جدول ۳-۴	نتایج حاصل از بررسیهای هیدرومتری رودخانه گاماسیاب	۵۲
جدول ۴-۴	نتایج بررسی نوسانات سطح آب پیزومترها در آبخوان نهاوند و دبی رودخانه گاماسیاب	۵۷
جدول ۵-۴	نتایج بررسی نوسانات غلظت یون کلر در چاه های انتخابی در آبخوان نهاوند جهت بررسی بررسی ارتباط کیفی آبخوان و رودخانه	۶۳
جدول ۶-۴	همبستگی یونهای اصلی در فصل تر (تیر ۹۷)	۶۸
جدول ۷-۴	همبستگی یونهای اصلی در فصل خشک (مهر ۹۷)	۶۸
جدول ۸-۴	خلاصه آماری نتایج آنالیز ایزوتوپی نمونه ها در فصل تر (تیر ۹۷)	۷۴
جدول ۹-۴	نتایج بررسی ایزوتوپ اکسیژن و دوتریوم در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب	۷۴
جدول ۱-۵	نتایج بررسیهای ایزوتوپی، هیدرومتری، نقشه همپتانسیل	۷۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

منابع آب یکی از منابع استراتژیک جهت توسعه شهرنشینی، کشاورزی و صنعت است. از این رو کمیت و کیفیت این منابع همواره مورد بررسی و بحث بوده است. در مطالعات اولیه این منابع را به دو منبع مجزا (آب‌های زیرزمینی و سطحی) تقسیم‌بندی نموده‌اند (Winter, 1998). مطالعه این دو منبع می‌تواند کمک بسیاری در درک و فهم خواص و ارتباط آن‌ها فراهم آورد. در صورت وجود ارتباط هیدرولیکی این دو منبع تغییر در شرایط فیزیکی و شیمی هر کدام از این منابع، مستقیماً دیگر منبع آبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. برای مثال استفاده نامناسب از آب‌های سطحی و یا آلودگی باعث تاثیر نامناسب بر آب‌های زیرزمینی می‌شود، آلوده کردن رودخانه‌ها بوسیله تخلیه فاضلاب روستایی و شهری یکی از این موارد تاثیر گذار، می‌باشد. همچنین پمپاژ و استفاده از آب‌های سطحی و زیرزمینی به طور موثر باعث تغییر مسیر جریان در هر دو منبع می‌شود (Devin and Burbey, 2011). با آگاهی و از نتایج هیدرولیکی منابع آب سطحی و زیرزمینی در نهایت می‌توان تصمیم مدیریتی مناسب با شرایط موجود اتخاذ نمود.

۲-۱ بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

فهم و درک صحیح از ارتباط منابع آبی سطحی و زیرزمینی به منظور بهره‌وری و جلوگیری از آلودگی این منابع، الزامی می‌باشد. آب‌های زیرزمینی و سطحی جدا از هم نیستند و از منظرهای مختلف همچون فیزیک، شیمی و آب و هوایی باهم در ارتباط و تبادل می‌باشند (Sophocleous, 2002). با توجه به اهمیت موضوع مورد بحث، مراکز مختلفی در سراسر دنیا در حال تحقیق در این مورد می‌باشد.

در کل رودخانه‌ها از نظر ارتباط هیدرولیکی با آبخوان به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند. در توضیح این دو دسته می‌توان به مسیر جریان آب بین این دو منبع آبی اشاره نمود، به شکلی که اگر مسیر

جریان و اختلاف پتانسیل از رودخانه به آبخوان باشد آن رودخانه دهنده (losing) و برعکس رودخانه گیرنده (Gaining) می باشد (جاوید، ۱۳۸۵).

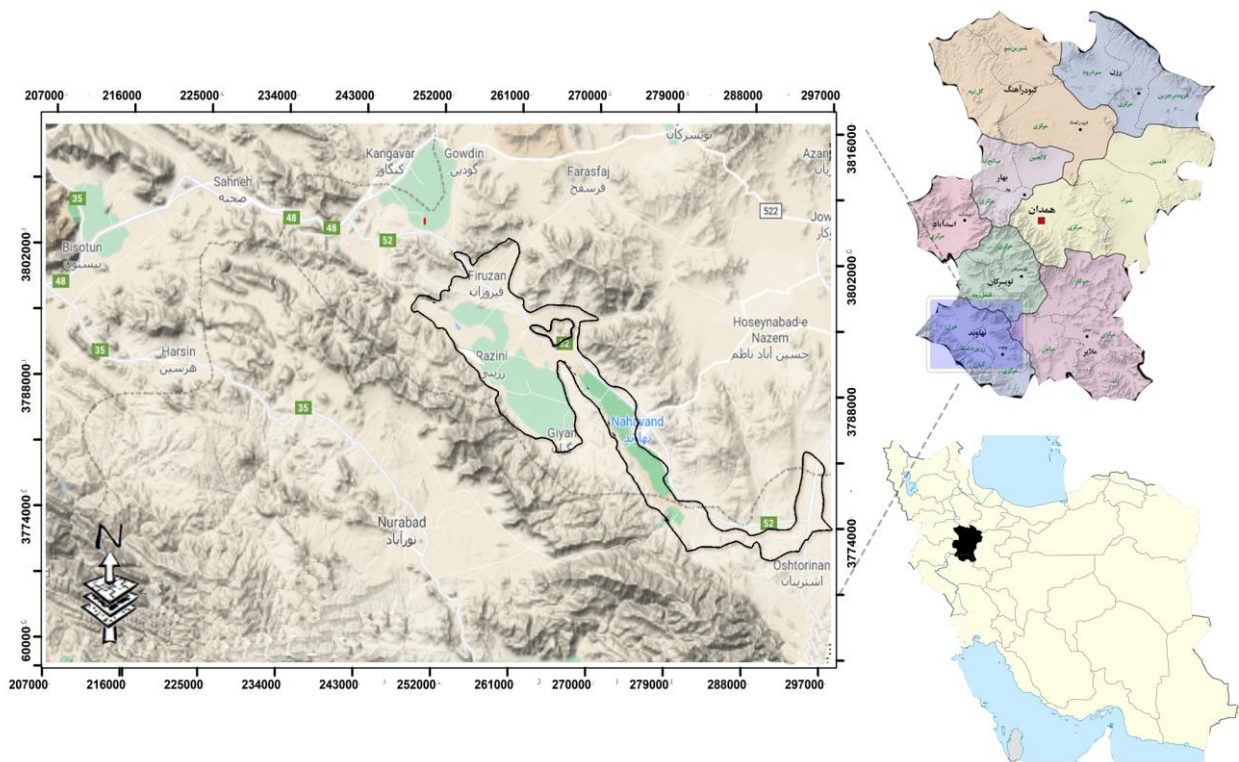
رودخانه گاماسیاب رودخانه دائمی است که در دشت نهاوند جریان دارد. این رودخانه به علت اینکه منبع آبی مورد استفاده کشاورزان بوده و همچنین تخلیه پساب شهری و روستایی به آن صورت می گیرد، به عنوان منبع مهم تاثیرگذار بر آبخوان نهاوند مطرح بوده است. ارتباط بین رودخانه و آبخوان دارای پیچیدگی‌هایی می باشد که شناخت آن در درک و مدیریت منابع آبی می تواند کمک کند. باتوجه به توضیحات ذکر شده و اهمیت بررسی ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند برای مسائل مدیریتی منابع آب و محیط زیستی، در این پژوهش سعی شده است با استفاده از روش های شیمیایی، هیدرومتری و ایزوتوپی به بررسی ارتباط هیدرولیکی آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب پرداخته شود.

۱-۳ منطقه مورد مطالعه

دشت نهاوند به وسعت ۶۸۹/۸ کیلومتر مربع و آبخوان نهاوند به وسعت ۵۱۲/۶ کیلومتر مربع در غرب کشور و در جنوب غربی استان همدان قرار گرفته است. شهر نهاوند در فاصله ۱۵۰ کیلومتری از مرکز استان و بزرگترین مرکز جمعیتی در این دشت می باشد. حوضه آبریز دشت نهاوند از سمت شمال به خطالراس ارتفاعات چال قیله، آردوشان، شادمانه، کمرزرد، گودین و به مرز محدوده مطالعاتی ممنوعه ملایر و تویسرکان، از سمت شرق به کوه فاطمه کش واقع در شرق روستای واشان و شرق سه راهی بروجرد و به مرز محدوده مطالعاتی سیلاخور علیا، از سمت جنوب به خطالراس ارتفاعات کوه های گرین و چهارشاخ (از سلسله ارتفاعات زاگرس) و از سمت غرب به کوه های برآفتاب و ارج و کوه لره و به مرز محدوده مطالعاتی کنگاور محدود می گردد.

دشت نهاوند یکی از دشت های مهم استان همدان با توجه به ضخامت قابل توجه آبخوان، شرایط مناسبی را به لحاظ هیدروژئولوژیکی ایجاد کرده است. مهمترین فعالیت در محدوده این دشت، کشاورزی می باشد.

شیب عمومی دشت نهاوند از جنوب شرق به طرف شمال غرب بوده و مرتفع ترین نقطه آن با ارتفاع بیش از ۳۴۰۰ متر و پست ترین نقطه ارتفاعی کمتر از ۱۴۰۰ متر دارد (قدیمی و همکاران، ۱۳۸۰). آبخوان دشت نهاوند در گستره وسیعی از دشت قرار گرفته است. رودخانه گاماسیاب از جنوب شرقی به سمت شمال غربی این آبخوان را در برگرفته و از دشت نهاوند به سمت کرمانشاه خارج می شود (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه (دشت نهاوند)

۴-۱ مطالعات زمین شناسی

محدوده مطالعاتی در منطقه زمین شناسی رورانه زاگرس قرار گرفته است. این منطقه بسیار گسل خورده بوده و به صورت نوار باریکی به موازات زاگرس مرتفع و در شمال شرق آن است. ارتفاعات منطقه از سنگ های رسوبی از جنس آهک با رژیم کارستیک و کنگلومرا می باشند. سنگ های دگرگونی منطقه آهک های کم متبلور و از شیل های کم متامورف تشکیل شده است. توده های آذرین دیوریتی گرانودیوریتی و آندزیتی نسبت به سنگ های دیگر وسعت کمتری را شامل می شوند.

به طور کلی سازندهای شمال شرق نهاوند مربوط به قبل از ژوراسیک از طبقات آهکی و شیلی دگرگون شده می باشند و سازندهای جنوب غرب نهاوند بیشتر عمدتاً آهکی بوده و در مواردی لایه مارنی نیز وجود دارد.

۱-۴-۱ چینه شناسی سازندها در محدوده مطالعاتی نهاوند

مهمترین واحدهای چینه شناسی محدوده آبخوان نهاوند که به لحاظ هیدروژئولوژیکی اهمیت دارند، به شرح ذیل می باشد.

الف- پالئوزوئیک

آهک های نازک لایه همراه با ماسه سنگ (C^{Pl}) و آهک دولومیتی (P^{ld}) و مرمر نازک لایه تا توده ای (P^{TR}) مربوط به دوران پالئوزوئیک بوده که در جنوب نهاوند، در شرق روستای گوشه سعد وقاص دیده می شوند. این سازندها دارای نفوذپذیری کمی می باشند.

ب- مزوزوئیک

متاولکانیک ها و مرمر نازک (TR^{Jvm}) بخش وسیعی از ارتفاعات شمالی و جنوبی را در بر می گیرند و شامل توف های همراه با لایه های نازک مرمر افق هایی از اسلیت سیاه رنگ می باشد که کمپلکس نهاوند نامیده می شوند. اسلیت و سنگ های متاولکانیک (J^{sv}) بخش وسیعی از شرق و غرب محدوده را در بر می گیرند و با اجزایی از متابازیک، آهک ها با تبلور مجدد می باشند. سن واحد برابر با تشکیلات شمشک در البر مرکزی در نظر گرفته می شود.

آهک با تبلور مجدد و سنگ های آتشفشانی (K_l^{vl}) که در ارتفاعات شرقی نهاوند قرار گرفته از جنس سنگ های آهکی با تبلور مجدد با رنگ قرمز مشخص می شوند.

آهک و آهک های مارنی (K_l^{lm}) ارتفاعات جنوبی از لایه های آهکی با میان لایه مارنی به رنگ خاکستری تشکیل شده است که نسبتاً مقاوم بوده و درز و شکاف محدودی دارد. این واحد با نفوذپذیری کمی که دارد تاثیر ناچیزی بر آب زیرزمینی دارد.

ج- سنوزوئیک

ماسه سنگ، شیل و سیلت سنگ (O^m)، در کوه‌های گرین توالی از ماسه‌سنگ، شیل، سیلت‌سنگ و آهک‌های نازک و لایه خاکستری رنگ وجود دارد و همچنین توالی از آهک‌های نابرجا، که شامل فسیل‌های لیپدوساکلینا، پئروپلیدیس، روتالیا، تکستولاریا می‌باشد.

پادگانه‌های آبرفتی (Q^f)، واحدی آبرفتی در پای ارتفاعات که از رسوبات جوان حاصل از تخریب ارتفاعات بوجود آمده‌اند. این پادگلنه‌ها در مناطق تغذیه آبخوان دلنه درشت بوده و دارای نفوذپذیری بالایی می‌باشند.

آبرفت‌های قدیمی و پادگانه‌های بلند کوهپای‌های (Q^1)، در دامنه ارتفاعات به‌صورت پراکنده در مجاورت آبخوان قرار گرفته‌اند. دانه‌بندی این واحد زمین‌شناسی طیف گسترده‌ای از اندازه‌ها را شامل می‌شود. این واحد دارای نفوذپذیری بالای بوده که می‌تواند یکی از مناطق تغذیه آبخوان به‌علت ارتفاع بالاتر را فراهم آورد.

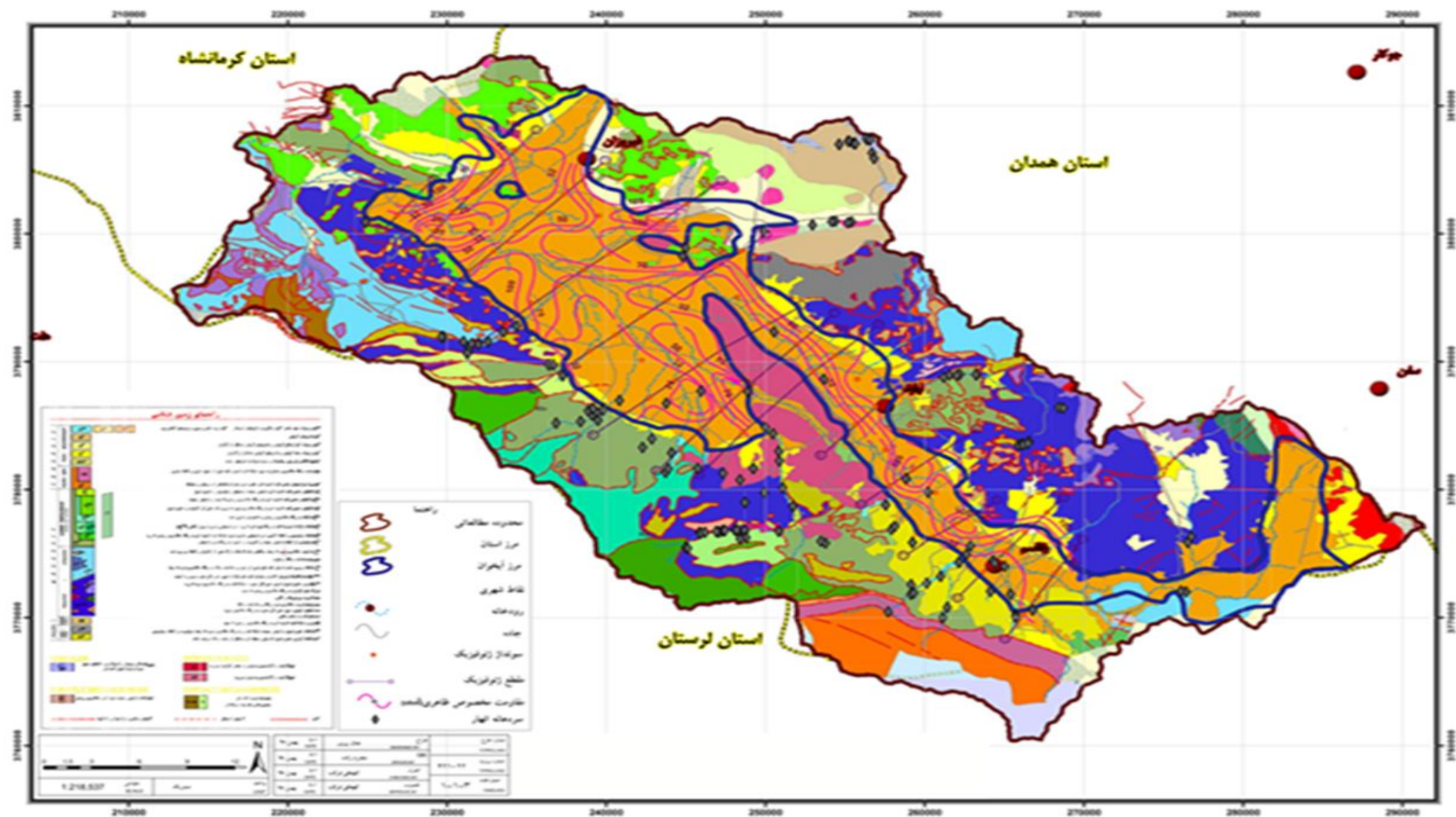
پادگانه آبرفتی جدید و جوان دشت (Q^2)، این واحد زمین‌شناسی در ارتفاع کمتری ایجاد شده که از گراول‌های دانه ریز و ماسه‌سنگ، شن و رس به‌نسبت‌های متفاوت در پهنه آبخوان می‌باشند. سطح واحد توسط کشاورزان مورد استفاده قرار گرفته است و به‌علت نفوذپذیری مناسب، محل تغذیه آب را فراهم آورده است.

پهنه‌های رسوبی آبخوان (Q^c)، بخش زیادی از وسعت آبخوان را به خود اختصاص داده‌است که از جنس سیلت، رس، ماسه و شن گراول تشکیل شده‌است. همچنین می‌توان به فعالیت‌های کشاورزی در این بخش اشاره نمود.

بطور کلی می‌توان گفت که سازندهای شمال‌شرق نهند بیشتر مربوط به قبل از ژوراسیک می‌باشند. **گنگلو مرا (Q^{PLc})**، ارتفاعات بلند حاشیه جنوبی رودخانه گاماسیاب در جنوب شهر نهند از واحدهای آبرفتی با تراکم بالا از جنس کنگلومرا با درون لایه‌هایی از رس و مارنی تشکیل شده است. سنگ‌هایی

با دگرگونی مجاورتی ($S.S^{ch} h$) که شامل شیست‌های لکه دار و هورنفلس می‌شود و سازند سنگ‌های افیولیتی (K^{oph}) که به صورت کمربند نازکی در ارتفاعات کوه گرین رخنمون دارد. سنگ‌هایی دگرگونی درجه پایین (K^1) که در ارتفاعات غربی منطقه مطالعاتی برونزد دارند و شامل سنگ‌های با تبلور مجدد را ایجاد نموده‌اند و سنگ‌های نفوذی (g^r, g^d) شامل گرانیت و گرانودیوریت و مونزودیوریت هستند که در انتهای قسمت شرقی منطقه مطالعاتی را ویژه می‌شوند.

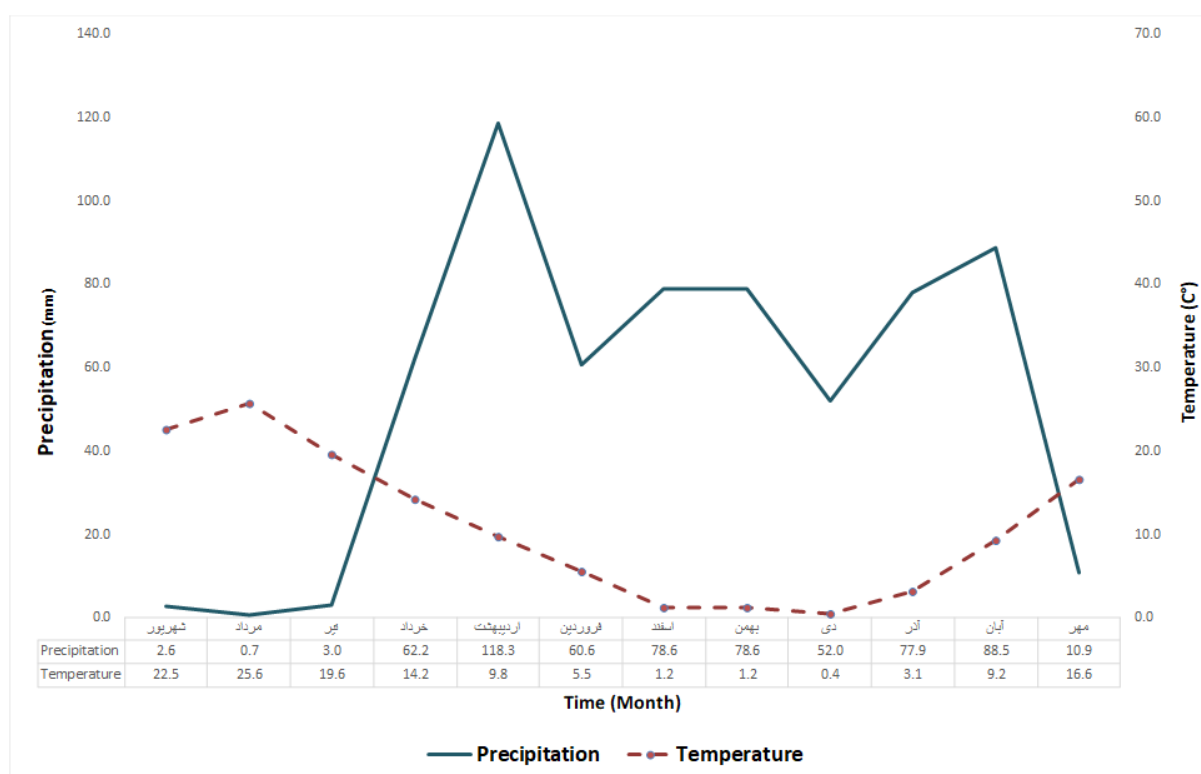
واحدهای بستر رودخانه (Q^{al})، در محلهایی از بستر فعال رودخانه گاماسیاب در اثر کاهش قدرت حمل رسوب، مخلوطی از مواد با جور شدگی ضعیف بر جا می‌ماند که به نام رسوبات بستر رودخانه نامگذاری می‌شوند این بخش بر ارتباط رودخانه و آبخوان تاثیر گذار می‌باشد. (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲ نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (دشت نهاوند) (بر گرفته از گزارش توس آب)

۵-۱ آب و هوای منطقه مورد مطالعه

به جهت بررسی وضعیت آب و هوایی منطقه و برآورد میزان بارندگی ماهیانه و دمای ماهیانه از داده‌های ایستگاه باران‌سنجی و رایانه استفاده شد (جدول ۱-۱). داده‌های هواشناسی مربوط به دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۶) دشت نهاوند می‌باشد. بیشترین مقدار بارندگی در سال مربوط به ماه‌های اردیبهشت تا آبان است. همچنین کمترین دما مربوط به این بازه زمانی است. حداکثر مقدار بارش در فروردین با مقدار ۲۷۴ میلی‌متر و حداکثر مقدار دما با ۲۷/۸ سانتی‌گراد مربوط به مرداد می‌باشد. با توجه به نمودار آمبروترمیک (شکل ۱-۳) ماه‌های مرداد، شهریور، مرداد، تیر و خرداد به‌عنوان دوره خشک و ماه‌های مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت به عنوان دوره هستند.



شکل ۱-۳ منحنی امبروترمیک دشت نهاوند طی یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۶)

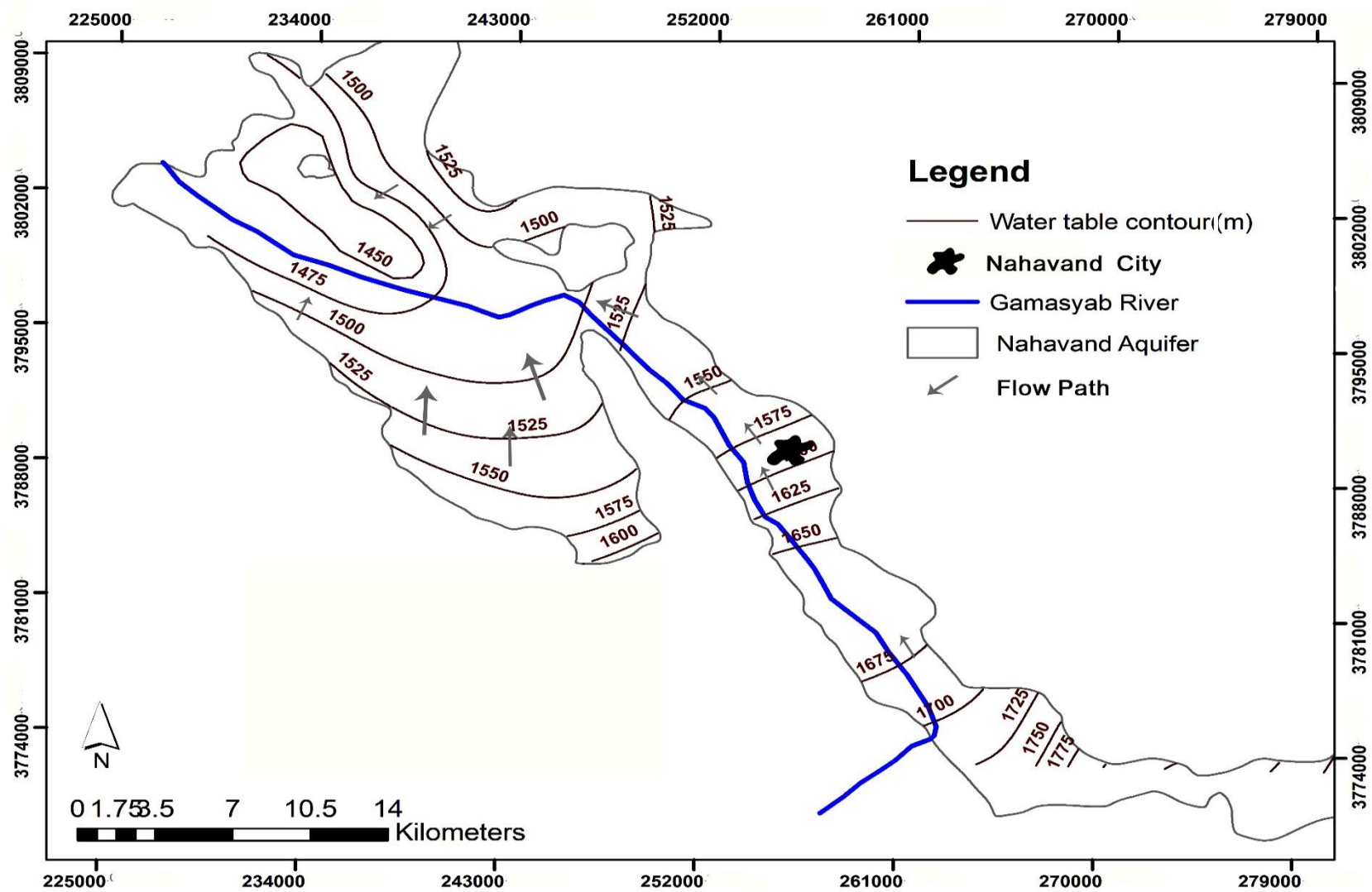
جدول ۱-۱ آمار بارندگی و درجه حرارت، دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۶-۱۳۹۶) در ایستگاه وراينه

زمان	بارندگی (میلی متر)			دما (درجه سانتی گراد)		
	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین
مهر	77.5	1	10.9	18.8	13.6	16.5
آبان	220	0.5	88.5	13.1	5	9.2
آذر	166.5	0.5	77.9	5.1	0.3	3.1
دی	136	0.5	52	4.9	-6.4	0.4
بهمن	127	0.5	78.6	5.3	-2.8	1.2
اسفند	108	0.5	60.6	8.7	1.9	5.5
فروردین	274	0.5	118.3	12.2	6.9	9.7
اردیبهشت	137.5	0.5	62.2	16.8	11.6	14.2
خرداد	14.5	0.5	3	22.3	16.1	19.6
تیر	2	1	0.4	27.8	21.9	25.0
مرداد	5.5	2	0.6	27.8	22.3	25.6
شهریور	19.5	0.5	2.5	24.5	19.5	22.5
میانگین	555.5			12.7		

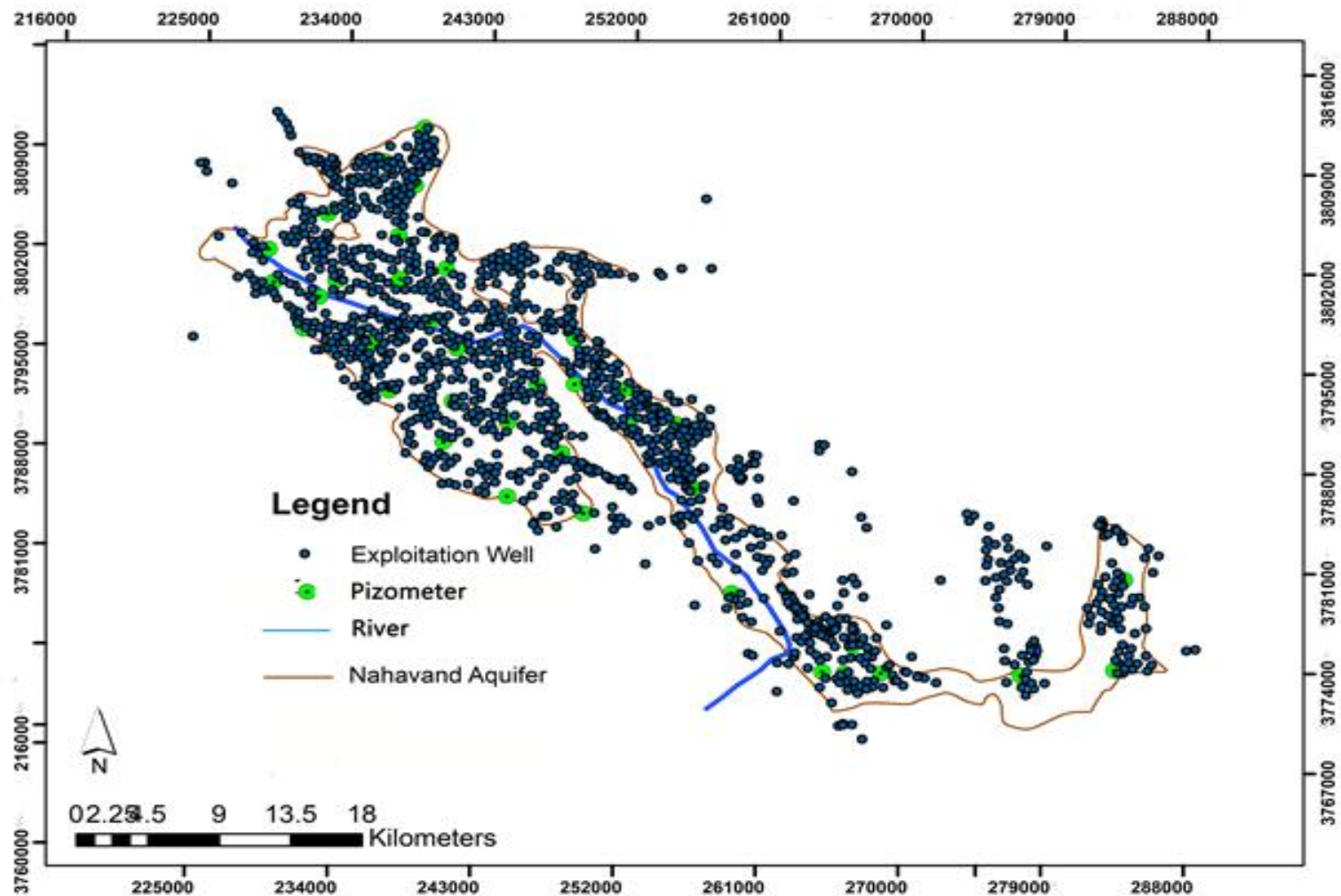
۱-۶ هیدروژئولوژی آبخوان نهاوند

آبخوان نهاوند آبخوانی از نوع آزاد می باشد که مهمترین ورودی های آن نفوذ آب بارندگی، آب برگشتی کشاورزی، جریان های زیرزمینی، پساب شهری و روستایی است. همچنین در مسیر رودخانه گاماسیاب تغذیه آب توسط رودخانه و بلعکس زهکشی آب به داخل رودخانه وجود دارد. ۱۲۷۰ حلقه چاه کشاورزی، ۳۳۴ دهنه چشمه، ۱۳۴ رشته قنات به منظور تامین آب در بخش مصارف کشاورزی، دامداری، شرب، صنعت در حال برداشت آب از آبخوان نهاوند می باشند. همچنین ۴۰ حلقه چاه مشاهده ای در آبخوان نهاوند جهت پایش سطح ایستابی حفاری شده است (شکل ۱-۵). جهت عمومی جریان در آبخوان نهاوند از جنوب غربی به سمت شمال شرقی می باشد (شکل ۱-۴). بررسی های ژئوفیزیک در محدوده مورد مطالعه در آذر ماه سال ۱۳۵۳ توسط مهندسان مشاور آبکاو به کارفرمایی اداره کل آب های وزارت نیرو، تحت عنوان "بررسی های ژئوالکتریک نواحی ملایر، توپسرکان و نهاوند"

با روش چهارقطبی اشلومبرژه، انجام شده است. هدف از انجام این بررسی‌ها، تعیین ضخامت آبرفت، عمق و جنس سنگ کف، تعیین حدود سنگ کف و لایه‌های آبرفتی، ارزیابی نواحی مختلف آبخوان از نظر آبدهی و تعیین مرز آب شور و شیرین می‌باشد. طی این مطالعات تعداد ۶۶ سونداژ بر روی ۱۳ مقطع با راستای عمومی شمال شرق - جنوب غرب و طول فرستنده ۱۴۰ متر، به انجام رسیده است. با توجه به قدیمی بودن زمان انجام مطالعات ژئوفیزیک، در حال حاضر فقط نقشه‌های مقدار توزیع مقاومت مخصوص ظاهری و ضخامت آبرفت در دسترس می‌باشد. در توضیح تغییرات مقدار ضخامت و مقاومت در دشت می‌توان گفت بر اساس تفاوت در دانه‌بندی رسوبات و میزان املاح موجود در آن‌ها، این تغییرات ناشی می‌شوند. به‌طوری‌که رسوبات دانه ریزتر دارای مقاومت کمتری نسبت به رسوبات دانه درشت تر می‌باشند. بررسی لاگ حفاری چاه‌های دشت نهاوند نشان می‌دهد (شرکت توس آب) در نواحی از آبخوان که دارای ترکیب لیتولوژیکی کنگلومرا، تخته سنگ و قلوه‌سنگ می‌باشد، مقدار مقاومت مخصوص آبرفت تا ۱۰۰ اهم متر مربع افزایش می‌یابد و در مناطقی که سیلت و رس به همراه ماسه و گراول وجود دارد، مقدار مقاومت مخصوص کاهش می‌یابد. حداقل مقدار مقاومت مخصوص در یک ناحیه در شمال غرب آبخوان در شمال روستای گیوکی و حداکثر آن در نواحی حاشیه آبخوان مشاهده می‌شود. بر اساس نقشه ضخامت نهشته‌های آبرفتی، حداقل و حداکثر ضخامت آبرفت دشت نهاوند به ترتیب ۲۵ و ۳۰۰ متر است. ضخامت آبخوان از حاشیه دشت به تدریج به داخل دشت افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود می‌رسد. بر اساس لاگ‌های زمین شناسی موجود و نتایج ژئوفیزیک، جنس سنگ کف دشت نهاوند، در جنوب شرق شهر نهاوند از متاولکانیک، مرمر نازک لایه و اسلیت و در شرق و شمال شرق از آهک، مارن و شیست می‌باشد. آهک‌های دولومیتی و مرمرهای نازک لایه با نفوذپذیری کم تا متوسط نقش کمی در تغذیه آبخوان دارند و تاثیر منفی بر کیفیت آبخوان ندارند. همچنین دیگر لایه‌های موجود در محدوده مطالعاتی نهاوند که شامل اسلیت، سنگ‌های متاولکانیک و ماسه‌سنگ، تاثیر کمی بر کیفیت آبخوان نهاوند دارند



شکل ۱-۴ نقشه هم‌پتانسیل و جهت جریان در آبخوان نهاوند (شهریور ۹۷)



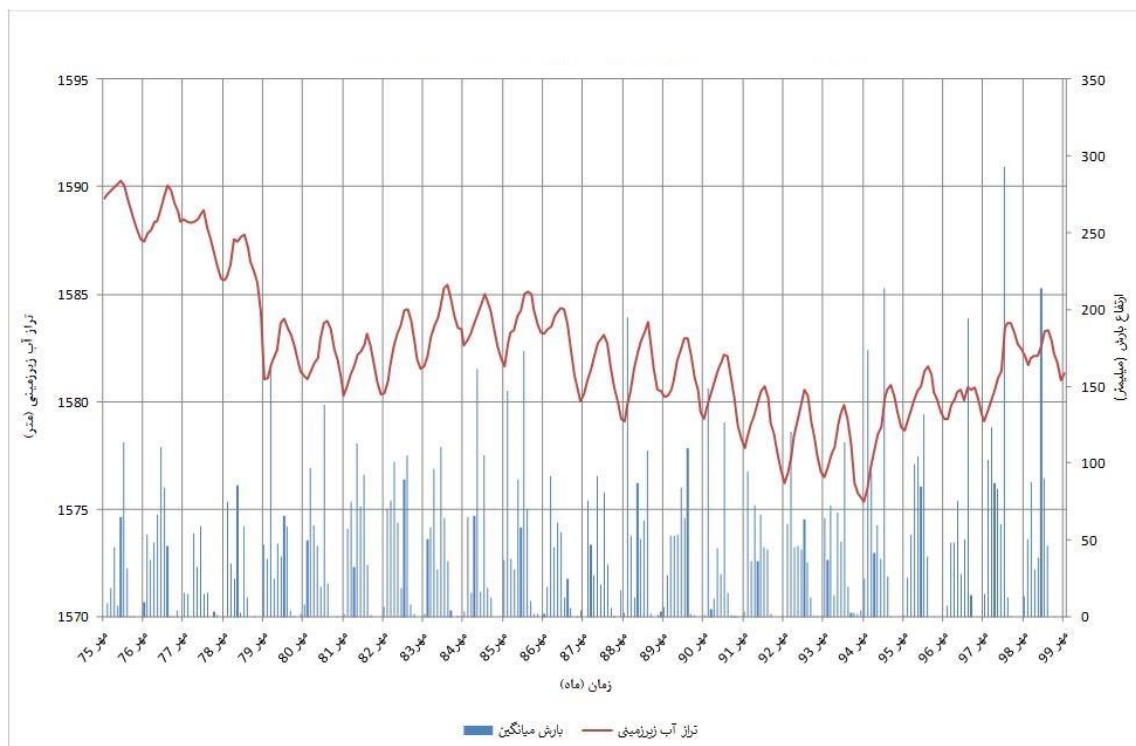
شکل ۵-۱ موقعیت آبخوان نهاوند، چاه‌های بهره‌برداری و پیزومترها

۱-۶-۱ بیلان آب‌های زیرزمینی

بیلان آب‌زیرزمینی، تغییرات حجم ذخیره آبخوان در نتیجه مقدار آب ورودی و خروجی به آبخوان در یک بازه زمانی خاص می‌باشد. آب ورودی شامل بارش، جریان‌های آب زیرزمینی، تغذیه ناشی از رولناب‌ها و آب‌برگشتی و ... و آب‌های خروجی شامل تبخیر و تعرق، برداشت توسط چاه‌های بهره‌برداری، چشمه‌ها و قنات‌ها و ... می‌باشد. اندازه‌گیری بیلان آب‌های زیرزمینی دشت نهاوند که توسط شرکت توس آب انجام شده است، نشان‌دهنده کاهش سالیانه $۱۸/۸$ میلیون متر مکعب در سال حجم ذخیره آن می‌باشد.

۱-۶-۲ نوسانات سطح آب زیرزمینی

در راستایی بررسی نوسانات سطح آب در آبخوان نهاوند، با استفاده از داده‌های (۱۳۷۵-۱۳۹۹) سطح آب پیزومترهای موجود در آبخوان نهاوند، اقدام به ترسیم هیدروگراف معرف آبخوان نهاوند شد. این هیدروگراف در شکل ۱-۵ ارائه شده است. هیدروگراف دارای روند نزولی بوده و مقدار افت سطح آب در آبخوان نهاوند برابر با $۰/۵$ متر در سال می‌باشد.



شکل ۱-۶ هیدروگراف معرف آب‌زیرزمینی آبخوان نهاوند در سال‌های آبی ۱۳۷۵-۱۳۹۹

۷-۱ ژئومورفولوژی محدوده مورد مطالعه

منطقه نهاوند شامل دو بخش ارتفاعات و دشت می‌باشد، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع با ۳۴۰۰ در کوه‌های غربی (گرین) و کمترین ارتفاع با ۱۴۰۷ در خروجی دشت وجود دارد. از مهمترین رودخانه‌ها در این منطقه می‌توان به رودخانه گاماسیاب اشاره کرد که از چشمه گاماسیاب شروع شده و با وارد شدن آب چشمه‌ها و پیوستن رودخانه‌های ملایر و توپسرکان به سمت شمال غرب و استان کرمانشاه از دشت نهاوند خارج می‌شود (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱ ژئومورفولوژی دشت و آبخوان نهاوند در تصویر Google Earth

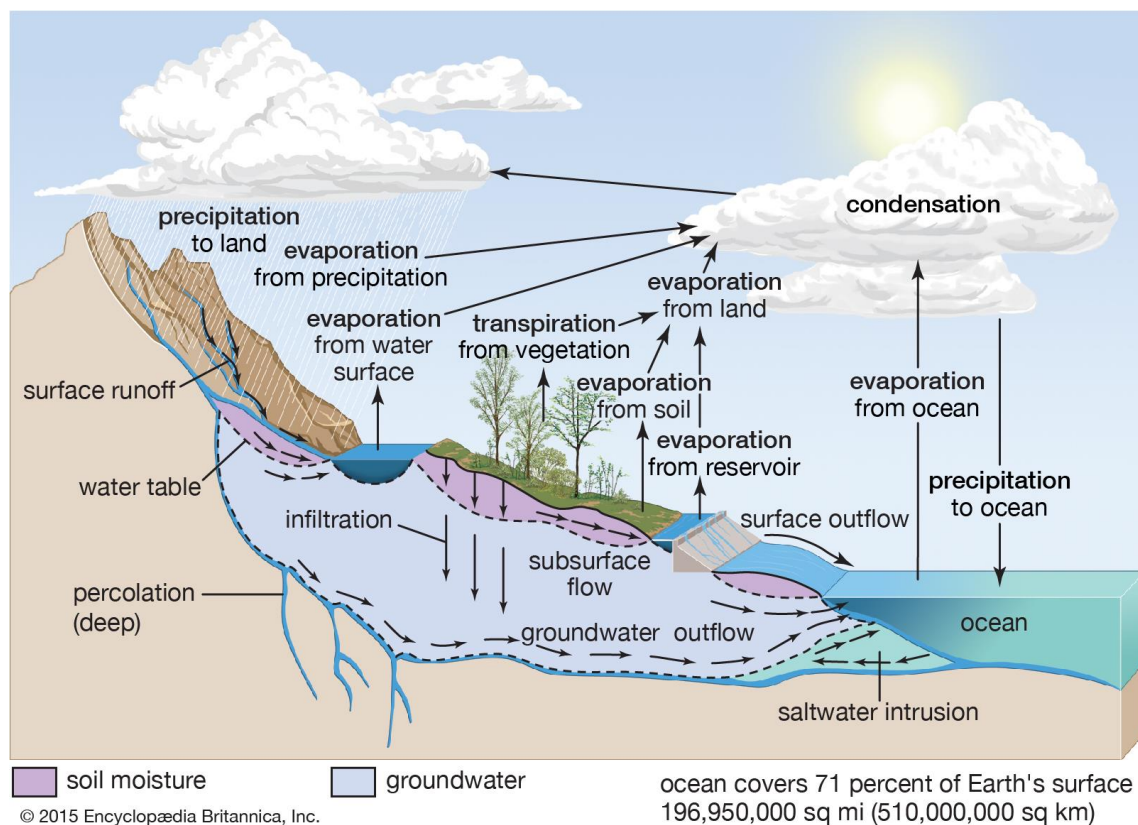
فصل دوم

مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱ مقدمه

با افزایش اراده جهت مدیریت منابع آبی و مسائل زیست محیطی، اهمیت بررسی منابع سطحی و زیرزمینی افزایش یافته است. بررسی تبادل و ارتباط منابع آب سطحی و زیرزمینی به عنوان یک فرایند پیچیده و با در نظر گرفتن منابع سطحی به عنوان منبع آلودگی بالقوه، یک الزام در مباحث مدیریتی و مطالعاتی ایجاد می نماید.

چرخه هیدرولوژیکی و یا چرخه آب در طبیعت به حرکت مداوم در بالای سطح زمین و زیر زمین اشاره دارد (شکل ۱-۲). چرخه آب همواره به صورت یک دیاگرام ساده نمایش داده می شود، به طوری که آب به صورت مایع و جامد (یخ) در روی زمین و به صورت بخار در اتمسفر موجود می باشد. به طور کلی درک فرایندهای این چرخه (برای مثال تبادل آب های سطحی و زیرزمینی) برای فهم فرایندهای هیدروژئولوژیکی و مدیریت منابع آب می تواند موثر باشد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲ چرخه هیدرولوژیکی

۲-۲ فرایند تبادل آب زیرزمینی و آب سطحی

تبادل آب در چرخه هیدرولوژیکی می‌تواند در شکل‌های متفاوتی مانند ارتباط رودخانه‌ها، تالاب‌ها، دریاچه‌ها با آبخوان مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۲-۱ فرایند تبادل در رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی

رودخانه‌ها در اشکال مختلف ژئومورفولوژی با آب‌های زیرزمینی در ارتباط هستند. این نوع ارتباط در سه شکل می‌باشد. نوع اول رودخانه از بستر خود از آبخوان مجاور آب دریافت می‌کند و در نوع دیگری به آبخوان آب می‌دهد. نوع سوم ترکیبی از دو شکل ارتباط قبلی می‌باشد، به نحوی که هم می‌تواند از آبخوان آب دریافت کند و یا به آن آب بدهد.

۲-۲-۲ فرایند تبادل در دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی

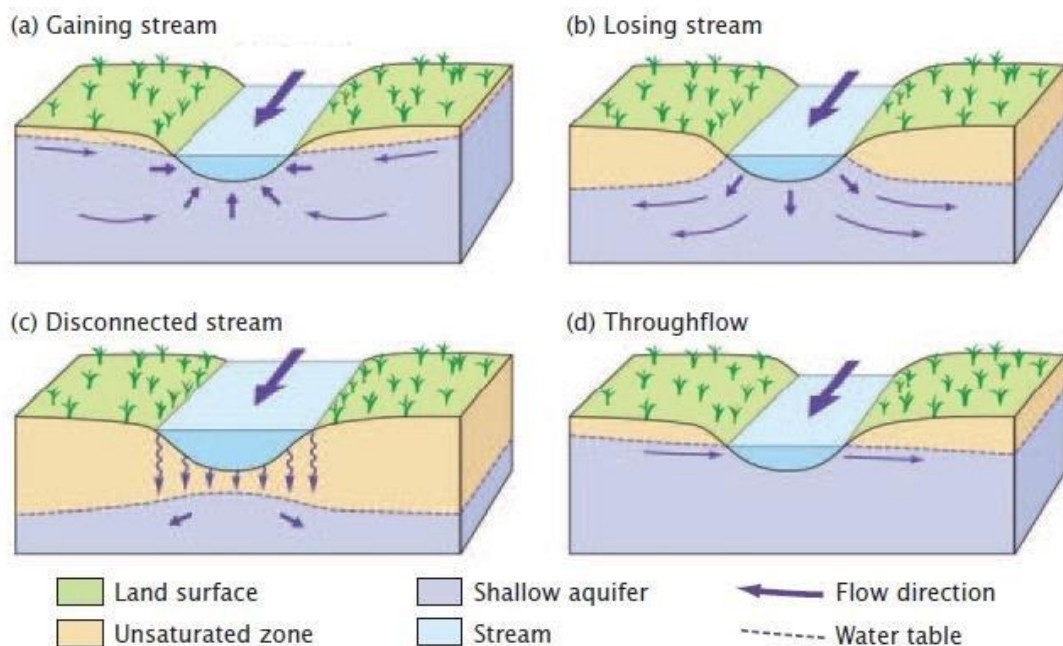
دریاچه‌ها در فرایند ارتباط با آب‌های زیرزمینی همانند رودخانه‌ها عمل می‌کنند، به نحوی که می‌توانند به آبخوان مجاور خود آب بدهند و یا از آن آب بگیرند و یا ترکیبی از هر دو ارتباط را داشته باشند. با وجود شباهت‌های موجود با نوع ارتباط رودخانه‌ها با آب‌های زیرزمینی، ارتباط دریاچه‌ها دارای تفاوت‌هایی است. برای مثال تغییرات سطح دریاچه همانند رودخانه در فرایند ارتباط به سرعت تغییر نمی‌کند. مقدار تبخیر و تعرق و سیستم‌های پیچیده جریان آب زیرزمینی از مواردی است که نوع ارتباط دریاچه‌ها را از نوع ارتباط رودخانه‌ها متفاوت می‌کند (شهسواری و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۲-۳ فرایند تبادل در تالاب‌ها و آب‌های زیرزمینی

تالاب‌ها، پدیده‌های زمین‌شناسی هستند که در مناطقی که آب زیرزمینی به سطح زمین تخلیه می‌شود به وجود می‌آیند. همانند رودخانه‌ها می‌توانند به آبخوان آب بدهند و یا در رابطه پیچیده گیرنده و یا دهنده آب در ارتباط با آبخوان باشند.

۳-۲ ویژگی و تبادلات محیط‌های آبی سطحی و زیرزمینی

با توجه به ارتباط منابع آبی سطحی و زیرزمینی همواره این دو منبع از هم تاثیر پذیرفته، به‌طوری‌که آمیختگی آبی همواره برای این ارتباط متصور می‌باشد. با در نظر گرفتن این تعریف هرگونه ایجاد تغییر بر یکی از این منابع از سوی انسان و یا فرایندهای طبیعی، منابع دیگر را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. با توجه به مطالعات قبلی و اصول تئوری منابع آبی دارای اشکال پیچیده از ارتباط هستند. به‌طور کلی رودخانه‌ها به دو دسته کلی رودخانه‌های گیرنده (آبخوان دهنده) و رودخانه‌های دهنده (آبخوان گیرنده) تقسیم‌بندی می‌شوند. لیکن با توجه به پیچیدگی ویژگی‌های زمین شناسی و هیدرولیکی در طول مسیر یک رودخانه ممکن است همزمان هم دهنده و هم گیرنده باشد (Winter et al. 1998). فرایندهای دیگر مانند افزایش ناگهانی تراز رودخانه که باعث خروج آب به خارج از کنال رودخانه می‌شود (اصطلاحاً ذخیره ساحلی نامیده می‌شود) و یا برگشت مجدد آب، می‌تواند نوع رابطه را تحت تاثیر قرار دهد (شکل ۲-۲).



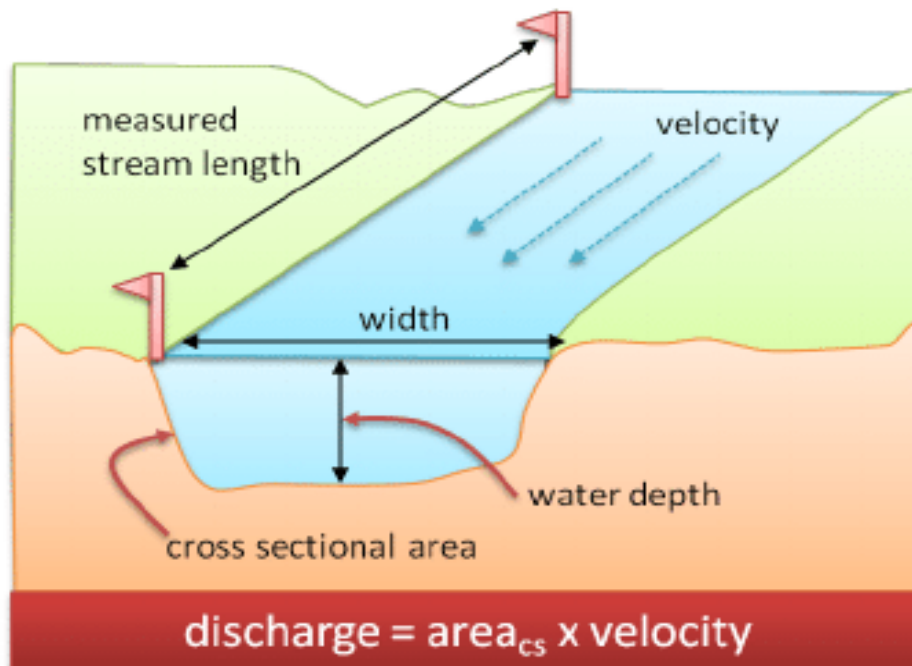
شکل ۲-۲ انواع ارتباط رودخانه با آبخوان

۴-۲ روش‌های بررسی تبادلات آبی رودخانه و آبخوان

گوناگونی شرایط و مناطق باعث شده است که روش‌های مختلفی در جهت بررسی تبادلات آبی، مابین آب‌های سطحی و زیرزمینی توسعه یابد. با توجه به هدف و شرایط منطقه مورد مطالعه ممکن است تنها روش‌های محدودی کاربرد داشته باشند. محققان برای بررسی تبادلات آبی با توجه به هدف از انجام پژوهش که می‌تواند بررسی بیلان شیمیایی، جمع آوری داده برای ساخت مدل آب زیرزمینی، بررسی هاله‌های آلودگی یا ایجاد فهم بیشتر از رابطه دو منبع آبی (سطحی و زیرزمینی) باشد، اقدام به بررسی تبادلات آبی بین آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌نمایند. به‌طور کلی نحوه اندازه‌گیری و جمع آوری داده‌ها رابطه مستقیم و وابسته به نوع هدفی که از پیش تعیین شده، دارد.

۴-۲-۱ اندازه‌گیری دبی رودخانه (هیدرومتری رودخانه)

یکی از روش‌های اندازه‌گیری تبادل میان آب سطحی (رودخانه) و زیرزمینی اندازه‌گیری دبی رودخانه می‌باشد، به‌طوری‌که با اندازه‌گیری دبی در مقاطع مختلف در یک رودخانه می‌توان مقدار تبادل را بررسی کرد. اگر دبی رودخانه در ایستگاه پایین‌دست کمتر از ایستگاه اندازه‌گیری بالادست باشد، آب موجود در رودخانه ممکن است به آبخوان نفوذ کرده باشد و یا بالعکس اگر مقدار آب در ایستگاه پایین‌دست افزایش داشته باشد، این مقدار مازاد احتمالاً از آبخوان به رودخانه وارد شده‌است. باید توجه داشت که در این روش باید تمامی ورودی و خروجی‌ها به رودخانه در رابطه بیلان رودخانه کاملاً لحاظ‌شده باشد. برای اندازه‌گیری دبی در مقطع رودخانه از دستگاه مولینه یا جریان سنج (به اندازه‌گیری سرعت رودخانه می‌پردازد) استفاده می‌شود (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳ شیوه اندازه‌گیری تبادل آبی به روش هیدرومتری

۲-۴-۲ روش مدل‌سازی در تعیین ارتباط

با استفاده از مدل‌سازی می‌توان به پاسخ‌های زیادی در رابطه با ارتباط بین آب‌های سطحی و زیرزمینی دست یافت. مدل‌ها با استفاده از اطلاعات هیدروژئولوژیکی منطقه ساخته می‌شوند که می‌توانند در بازسازی رخدادها کمک شایانی نمایند. برای مثال افزایش دبی چاه‌ها یا افزایش تعداد آن‌ها چه اثری بر سیستم تبادل دارد، اجرای شبکه آبیاری و زهکشی چه اثری می‌تواند بر جریان پایه رودخانه داشته باشد، انتقال آب از یک حوضه به حوضه دیگر چه اثراتی خواهد داشت.

به‌طور کلی مدل‌های هیدروژئولوژیکی در فرایند بررسی تبادل به دو دسته تلفیقی کامل و مناطق به هم پیوسته تقسیم می‌شوند (Vanderkwaak, 1999) در روش اول معادلات حاکم بر آب‌های سطحی و زیرزمینی با هم اجرا می‌شوند و در روش دوم این معادلات به‌صورت جداگانه اجرا شده و حل می‌شوند. در کل مدل‌سازی توسط نرم افزارهای MODFOLW, GSFLOW, IGSM انجام می‌شود. اینکه کدام مدل کاربرد بهتری دارد را می‌توان با توجه به پیچیدگی هیدروژئولوژیکی منطقه و نظرات کارشناسی، شناسایی نمود.

۲-۴-۳ بررسی ارتباط با استفاده از روش ردیابی

ردیاب‌ها به انواع مختلف که شامل ردیاب‌های محیطی که در خود آبخوان و رودخانه قرار دارند و یا ردیاب‌های که به محیط اضافه می‌شوند، همانند ردیاب‌های رنگی تقسیم‌بندی می‌شوند. با استفاده از مواد رنگی و سایر ردیاب‌های موجود می‌توان اطلاعات کیفی و کمی در رابطه با آب‌های زیرزمینی بدست آورد. با استفاده از ردیاب‌ها می‌توان اطلاعاتی در مورد جهت جریان و ویژگی‌های هیدرولیکی بین دو نقطه تزریق ردیاب و تخلیه دریافت کرد. همچنین می‌توان از ردیاب‌های محلول در آب برای مطالعه ارتباط بین رودخانه و آبخوان استفاده کرد. (Kalbus et al. 2006). معمولاً برای مطالعه این نوع ارتباط تزریق ردیاب جهت ترسیم منحنی غلظت ردیاب، که منجر به اندازه‌گیری زون ذخیره و نرخ تبادل بین دو منبع می‌شود، تزریق ردیاب صورت می‌پذیرد (Runkel. 1998).

ایزوتوپ‌های هیدروژن، اکسیژن، کربن، نیتروژن و گوگرد از اصلی‌ترین ایزوتوپ‌های چرخه هیدرولوژی به‌عنوان ردیاب مورد استفاده قرار می‌گیرند. ایزوتوپ‌های اکسیژن و هیدروژن اغلب به‌عنوان ردیاب ایده‌آل مورد استفاده کارشناسان قرار می‌گیرند. تغییرات فصلی مقدار ایزوتوپ‌ها در نزولات جوی و آب‌های سطحی نسبت به آب زیرزمینی بیشتر است. این تفاوت در غلظت ایزوتوپ در منابع آبی به ردیابی منشاء تغذیه و تعیین سهم آب‌های زیرزمینی در منابع سطحی کمک می‌نماید.

۲-۴-۴ بررسی ارتباط با استفاده از مادون قرمز (حرارتی)

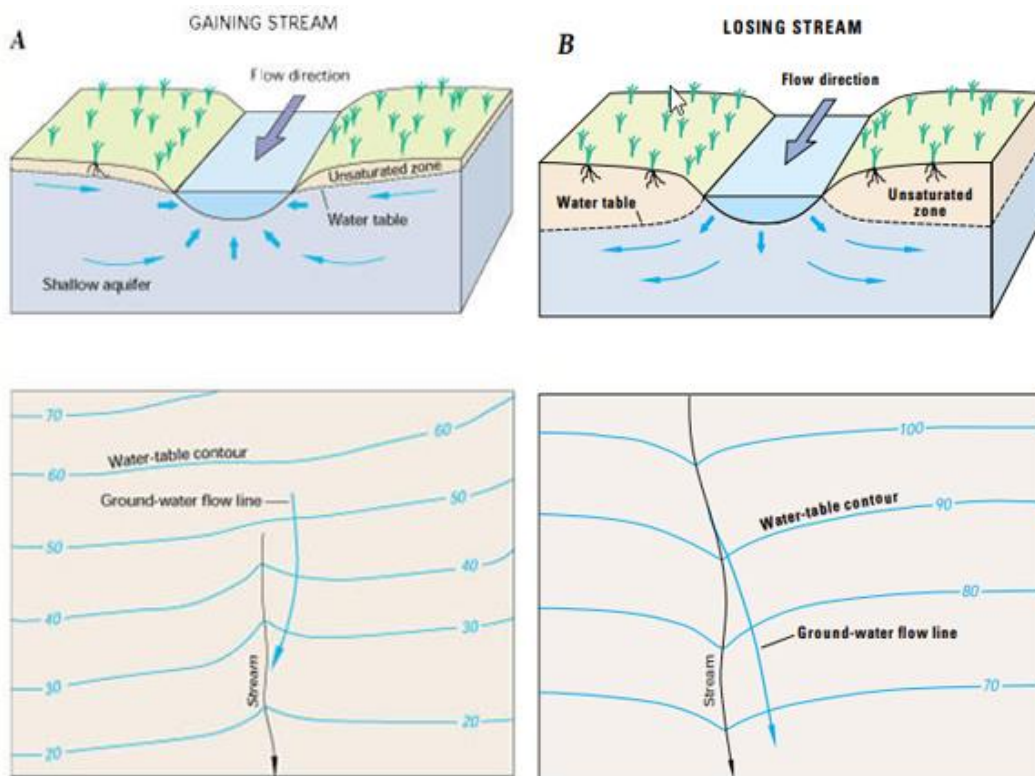
اختلاف بین دمای آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی می‌تواند به بررسی ارتباط بین این دو منبع و کمی ساختن نرخ جریان کمک کند (Kalbus et al. 2006). با استناد به اینکه دمای آب زیرزمینی در طول سال ثابت ولی دمای آب رودخانه بر اساس تغییرات روزانه و فصلی تغییر می‌کند، می‌توان ارتباط بین این دو منبع را مشخص کرد. در صورتی که رودخانه گیرنده باشد، دمای رسوبات کف رودخانه در طول زمان تغییر نمی‌کند، ولی در صورتی که رودخانه دهنده باشد، دمای رسوبات با تغییر دمای آب رودخانه تغییر می‌کند (Winter, 1998). این اندازه‌گیری‌ها اجازه می‌دهد که رژیم جریان به نحوی مشخص شود.

۲-۴-۵ بررسی ارتباط با استفاده از شاخص‌های زیستی

ترکیبات شیمیایی متفاوتی که در موقعیت‌های مختلف آب‌های زیرزمینی و سطحی وجود دارد، باعث تغییرات در تراکم و نوع موجودات زنده می‌شود، به نحوی که با استفاده از بررسی این جانوران موجود می‌توان به وضعیت کیفی و کمی آب‌های سطحی و زیرزمینی پی‌برد (Shahsavary et. al. 2016). پاسخ زیستی به شرایط ایجاد شده در جریان در برخورد با آب و رسوب می‌تواند نشانگر جهت و مقدار جریان باشد. توزیع انواع گونه‌های گیاهی و جانوری به عنوان یک عاملی برای بررسی بر هم‌کنش آب سطحی-زیرزمینی می‌توان استفاده نمود (Danielopol et. al. 1997).

۲-۴-۶ بررسی خطوط هم پتانسیل و جهت جریان

یکی دیگر از روش‌هایی که به وسیله آن می‌توان ارتباط بین رودخانه و آبخوان را مورد بررسی قرارداد، تحلیل و بررسی خطوط هم پتانسیل در اطراف رودخانه است. اگر تراز آب در اطراف رودخانه بالاتر از آب زیرزمینی در کف رودخانه باشد آن رودخانه گیرنده است (شکل ۲-۴). در صورتی که جهت جریان از مجاور رودخانه به سمت آبخوان باشد و همچنین تراز آب زیرزمینی در اطراف رودخانه پایین‌تر از آب زیرزمینی کف رودخانه باشد، جهت جریان از رودخانه به طرف بیرون از رودخانه است، به این معنی که رودخانه دهنده است (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴ رودخانه گیرنده (A) و رودخانه دهنده (B)

۲-۴-۷ بررسی ارتباط با استفاده از روش الکترومغناطیس

در این روش با استفاده از میدان مغناطیسی ثانویه ناشی از جریان‌های الکتریکی القا شده اقدام به نقشه برداری زمینی برای ترسیم نقشه هدایت خاک در اعماق مختلف می‌شود. از این روش برای ترسیم نقشه نشت از کانال آبیاری و یا برای شناسایی نفوذ آب شور کم عمق در رسوبات ساحلی استفاده می‌شود.

۲-۴-۸ بررسی ارتباط با استفاده از روش ژئوفیزیک

استفاده از ژئوفیزیک امکان سریعی برای بدست آوردن اطلاعات هیدروژئولوژیکی آبخوان است. این اطلاعات می‌تواند در بررسی رابطه آب های سطحی و زیرزمینی موثر باشند. با وجود ویژگی‌های مثبت، این روش با مشکلاتی و محدودیت‌هایی روبرو است که می‌تواند روند کار را مختل نماید. از جمله این محدودیت‌ها، می‌توان به ابزار گران قیمت، نیازمندی نگهداری و واسنجی و کالیبراسیون و همچنین لزوم تایید اطلاعات داده‌های برداشت شده با مجموعه داده‌های دیگر مانند لاگ چاه‌ها و آنالیز شیمیایی اشاره کرد. همچنین موانع محیطی یکی دیگر از مشکلات در برداشت داده می‌باشد. در کل

این روش با وجود کارآمدی دارای محدودیت‌هایی است که تاثرگذار بر کل فرایند مطالعه در منطقه می‌شود.

۲-۵ مروری بر مطالعات گذشته

در مطالعه‌ای که توسط الیک (Elik. 2002) انجام شده است، او سعی داشت با ادغام پارامترهای آلودگی (یون‌های اصلی) اقدام به بررسی ارتباط آب‌های سطحی (رودخانه دلیس) و آب‌های زیرزمینی نماید. او این گونه نتیجه‌گیری نمود که در نزدیکی رودخانه به علت کم بودن مدت اقامت آب و پایین بودن غلظت یون‌ها نسبت به دیگر بخش‌های آبخوان، مابین رودخانه و آبخوان ارتباط وجود دارد. فاریابی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی رودخانه دز و آبخوان بخش شمالی دزفول با استفاده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اقدام به بررسی ارتباط بین این دو منبع آبی نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که بین رودخانه و آبخوان ارتباط هیدرولیکی برقرار بوده به‌طوری که رودخانه از نوع روخانه‌های دهنده می‌باشد و آبخوان را تغذیه می‌نماید.

هون و شولتیس (Hoehn and Scholtis. 2010) انجام پذیرفت، توانستند با استفاده از پارامترهای شیمیایی ارتباط بین رودخانه تور و آبخوان در سوئیس را بررسی نمایند که در نهایت با استفاده از نتایج بدست آمده، دلیل آلودگی چاه‌های اطراف رودخانه را ارتباط آبخوان و رودخانه ارزیابی کرده‌ند.

بیه لر (Biehlr. 2020) اقدام به مطالعه اتصال هیدروشمیمی و ایزوتوپی مابین رودخانه و آب‌های زیرزمینی دشت سیلابی با استفاده از رادون ۲۲۲ و ایزوتوپ‌های پایدار موجود در آب نمود، او نتیجه گرفت که تخلیه رودخانه عامل موثر بر هیدروشمیمی آب‌های زیرزمینی کم عمق در اطراف رودخانه است.

آنلند و همکاران (Unland et. al. 2013) با استفاده از رادون ۲۲۲ و کلرید و مطالعات هیدرومتری رودخانه اقدام به بررسی ارتباط بین رودخانه تمبو و آبخوان نمود و نتیجه گرفت که رودخانه تمبو به عنوان یک رودخانه گیرنده عمل می‌کند.

استلاتو و همکاران (Stellato *et al.* 2008) با استفاده از داده‌های هیدروشیمی و ایزوتوپی و همچنین اندازه‌گیری دما به بررسی تبادلات آبی مابین آبخوان و رودخانه در ایتالیا اقدام نموده‌اند.

انگل هارت و همکاران (Engelhardt *et al.* 2011) با اندازه‌گیری پارامترهای هیدوشیمی و ایزوتوپی بهترین ردیاب برای بررسی رابطه رودخانه راین در آلمان یون‌های کلرید و ایزوتوب پایدار معرفی گردید.

توسط آنابیس (Anabis *et al.* 2009) از داده‌های حرارت برای کمی سازی رابطه بین رودخانه و آبخوان استفاده شد به‌طوری که آن‌ها با استفاده از یک مدل تحلیلی ساده به بررسی این رابطه پرداختند و در نهایت نتیجه گرفته‌اند که یک مدل تحلیلی به‌خوبی می‌تواند رابطه بین رودخانه و آبخوان را شرح دهد.

منیکو و همکاران (Mencio *et al.* 2014) با استفاده از مقایسه روش داری و موازنه جرمی به آنالیز تاثیر رودخانه – آبخوان پرداختند. و نتایج نشان داد روش تحلیل عاملی به صورت رضایت بخشی فرایند هیدروشیمی در سطح رودخانه و آبخوان را توصیف می‌کند.

در بررسی دیگر توسط زینگ (Zhang *et al.* 2018) در خصوص ارتباط دریاچه و آب‌های سطحی در شمال چین مشخص گردید در صورتی که سطح آب زیرزمینی کاهش یابد آب‌های سطحی به منبع مستقیم تغذیه آب زیرزمینی تبدیل می‌شود.

در مطالعه دیگری که توسط وانگ و همکاران (wong *et al.* 2008) مشخص گردید او نتیجه گرفت که ساخت سد در کوهستان و بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی منجر به کاهش آب رودخانه و افت سطح ایستابی می‌شود.

در مطالعه دیگری توسط وو و همکاران (wu *et al.* 2004) با استفاده از بیلان جرمی رادون ۲۲۲ به بررسی ارتباط رودخانه و آبخوان اقدام شد و نتیجه گرفتند استفاده از رادون ۲۲۲ به‌عنوان یک ردیاب طبیعی مناسب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱ مقدمه

این تحقیق طی چهار مرحله زیر جهت بررسی ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند انجام شده است:

الف) مطالعات کتابخانه‌ای

ب) مطالعات میدانی (بازدیدها صحرایی و آزمایشات در محل)

ج) مطالعات آزمایشگاهی

د) تحلیل و آنالیز داده‌ها

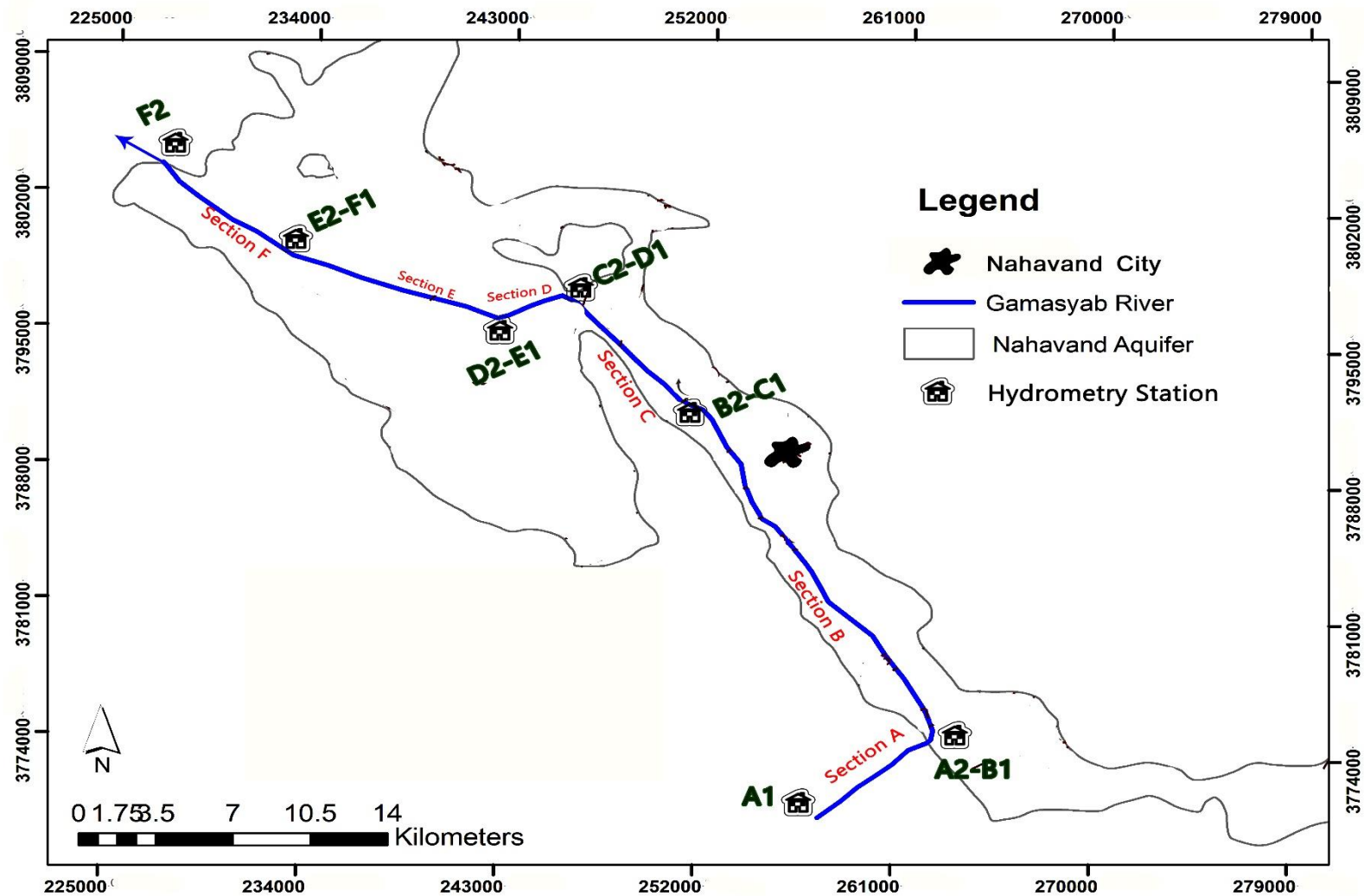
در ادامه این مراحل با جزئیات بیشتری ارائه می‌گردد.

۳-۱-۱ مطالعات کتابخانه‌ای

در این مرحله از پژوهش با استفاده از مطالعات گذشته در مورد موضوع پژوهش و همچنین براساس گزارش‌های انجام شده، نقشه‌های زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی و ماهواره‌ای و تمامی منابع مرتبط جهت شناخت منطقه و توسعه مدل مفهومی هیدروژئولوژی برای برنامه‌ریزی نمونه‌برداری‌ها (شامل تعیین محل‌هایی برای نمونه برداری از چاه‌ها و همچنین تعیین مناطق مناسب برای هیدرومتری بر روی رودخانه) استفاده شد. پس از مطالعات اولیه، رودخانه گاماسیاب به شش بخش تقسیم شده و هفت ایستگاه هیدرومتری برای اندازه‌گیری دبی رودخانه و نمونه بردای انتخاب گردید.

۳-۱-۲ مطالعات میدانی

در این مرحله از پژوهش اقدام به بازدید از منطقه و برداشت نمونه در زمان‌های مختلف شد. در گام نخست به منظور بررسی مسیرهای دسترسی به رودخانه و مناطق برداشت نمونه‌ها، منطقه مورد بازدید قرار گرفت. سپس با توجه به الزامات تحقیق که می‌بایست نمونه برداری و اندازه‌گیری‌ها در دو مرحله انجام گیرد، فرایند نمونه برداری در دو فصل تر (تیرماه ۱۳۹۹) و فصل خشک (مهر ماه ۱۳۹۹) انجام و اندازه‌گیری دبی رودخانه صورت پذیرفت (شکل ۳-۱).



شکل ۱-۳ موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری انتخابی رودخانه گاماسیاب

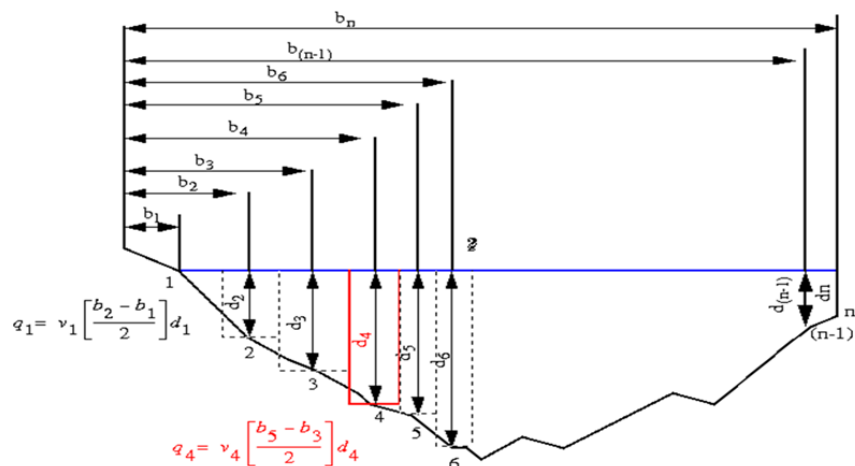
۳-۱-۲-۱ آزمایشات میدانی

آزمایشات صحرایی در این تحقیق شامل هیدرومتری رودخانه به منظور بررسی دبی رودخانه در بخش‌های تعیین شده می‌باشد. از دستگاه مولینه که در شکل ۳-۲ آورده شده برای اندازه‌گیری سرعت جریان رودخانه استفاده شد. در شکل ۳-۳ روش برداشت سرعت از مقطع عرضی رودخانه به صورت شماتیک و نحوه محاسبه دبی در مقطع عرضی رودخانه ارائه شده است در این روش مقطع عرضی رودخانه به مقاطع کوچکتر تبدیل و سپس سرعت برای هر مقطع محاسبه و در نهایت سرعت و دبی میانگین برای کل مقطع محاسبه می‌شود.



شکل ۳-۲ دستگاه مولینه جهت اندازه‌گیری سرعت جریان رودخانه

Sketch of midsection method for computing discharge



Explanation

1,2,3n --Observation verticals

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ --Distance from initial point to observation vertical

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ --Depth of water at observation vertical

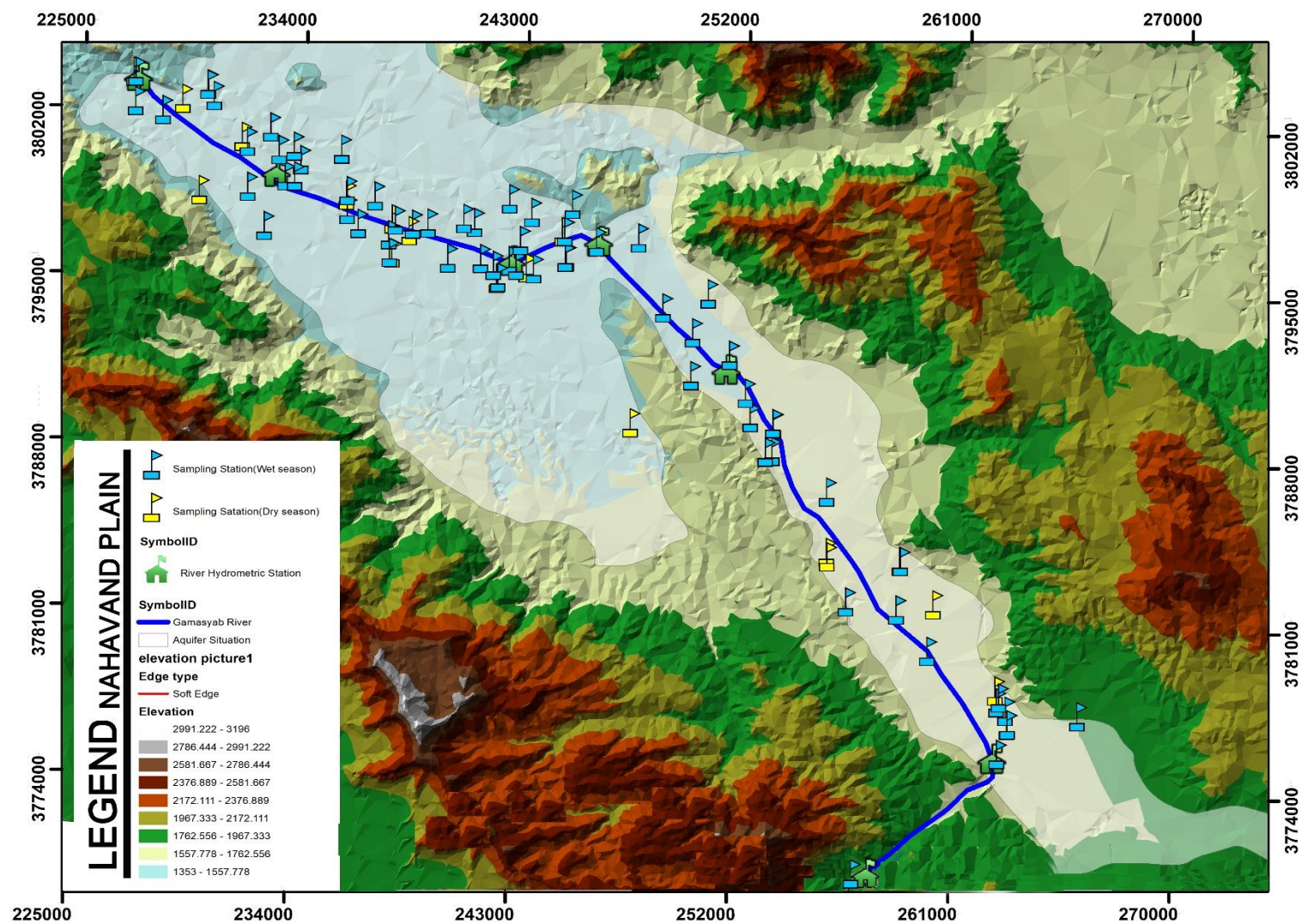
Dashed lines --Boundaries of subsections

شکل ۳-۳ نحوه محاسبه اندازه گیری دبی رودخانه به روش سرعت-سطح مقطع

۳-۲-۱-۲ نمونه برداری از چاه‌ها

در این تحقیق با توجه به هدف پژوهش اقدام به نمونه‌برداری از منابع آبی (رودخانه، چاه، چشمه) در دشت نهاوند شد. نمونه برداری‌ها در زمان و مکان‌های مختلف انجام گردید. جهت برداشت نمونه از ظروف یک لیتری با تشریفات نمونه برداری (پس از ۲۰ دقیقه روشن بودن چاه و استفاده از لیوان در محل برای سنجش هدایت الکتریکی (EC) و (pH) استفاده شد. دوره‌های نمونه‌برداری به شرح زیر می‌باشد. الف) فصل تر (تیر ماه ۱۳۹۹): در این مرحله از ۷۰ حلقه چاه کشاورزی و شرب در آبخوان نهاوند نمونه‌برداری شد. همزمان با نمونه برداری در تیر ماه ۱۳۹۹ اندازه‌گیری دبی ایستگاه‌های انتخاب شده روی رودخانه گاماسیاب (۷ ایستگاه انتخابی) جهت بررسی ارتباط آبی رودخانه و آبخوان انجام شد. ج) فصل خشک (مهر ماه ۱۳۹۹) در این مرحله نمونه‌برداری از ۳۰ حلقه چاه‌های شرب و کشاورزی جهت آنالیز یون‌های اصلی در دشت نهاوند انجام شد لازم به ذکر است در هر دو مرحله

نمونه برداری اندازه‌گیری پارمترهایی EC و pH در محل انجام گردید (شکل ۳-۴)



شکل ۳-۴ محل های نمونه برداری از آبخوان نهاوند در فصل خشک و تر و ایستگاه های هیدرومتری منتخب بر روی

۳-۱-۳ مطالعات آزمایشگاهی

۳-۱-۳-۱ آنالیز یون‌ها و پارامترهای اصلی در آزمایشگاه

پس از نمونه برداری و اندازه گیری دما، هدایت الکتریکی، pH و سختی کل، در محل با استفاده از دستگاه YK-22CTA (شکل ۳-۵)، نمونه‌ها به آزمایشگاه تحقیقاتی آب دانشگاه صنعتی شاهرود جهت آنالیز شیمیایی ارسال گردید. با استفاده از روش تیتراسیون و دستگاه گراماتوگرافی یونی (IC) (شکل ۳-۵) اقدام به اندازه گیری یون‌های اصلی (کلسیم، منیزیم، نیتрат، سولفات، سدیم، بیکربنات و کلر) شد.



شکل ۳-۵ دستگاه اندازه گیری PH (راست) و گروماتوگرافی یونی (چپ)

۳-۱-۲ نتایج آنالیز نمونه‌ها

نتایج آنالیز نمونه‌ها و برداشت های هیدرو متری در جداول (۳-۱) تا (۴-۱) ارائه شده است.

۳-۱-۴ تحلیل داده‌ها

۳-۱-۴-۱ محاسبه دبی رودخانه

برای محاسبه مقدار و نوع تبادل آبی در رودخانه پس از تقسیم رودخانه به ۶ بخش و اندازه‌گیری دبی رودخانه، داده‌های برداشت شده در هر ایستگاه با استفاده از کد متلب که به این منظور تهیه شد مورد تحلیل قرار گرفت. سپس نتایج هر دو ایستگاه جهت محاسبه بیلان و تعیین نوع تبادل طبق رابطه زیر مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است مقدار آب ورودی (نهرها، آب‌های برگشتی کشاورزی، پساب شهری) و خروجی (برداشت جهت کشاورزی و صنعت) بین دو ایستگاه نیز اندازه‌گیری و در محاسبات لحاظ شده است.

بیلان هیدرومتری در هر بخش رودخانه (نوع تبادل) = دبی ایستگاه اول - دبی ایستگاه دوم + ورودی شاخه‌های فرعی - برداشت شاخه‌های

فرعی

- معرفی کد متلب جهت محاسبه دبی مقطع عرضی رودخانه

با استفاده از این کد امکان برداشت سرعت به تعداد بی‌نهایت در عمق و در عرض رودخانه فراهم می‌باشد. همچنین تعداد برداشت در عرض مقطع می‌تواند بی‌شمار باشد. لازم به ذکر است در هر ستون از آب می‌بایست عمق و سرعت (یک برداشت، میانگین سرعت و یا تعداد بی‌شمار سرعت) در فواصل مختلف از ساحل اندازه‌گیری شود (شکل ۳-۶). کد متلب با استفاده از معادله درون‌یابی spline اقدام به درون‌یابی مابین سرعت‌های برداشت شده، فاصله و عمق می‌نماید و سپس بعد از محاسبه دبی هر مقطع با استفاده از معادله ۱ تمامی دبی‌ها جمع و دبی کل را محاسبه می‌نماید. لازم به ذکر است هر چه تعداد مقاطع بیشتر باشد، شیب ناهمواری‌ها در هر کف مقطع به صفر نزدیک می‌شود که به دقت در مساحت بدست آمده کمک می‌نماید.

معادله ۱ :

$$Q = \sum_{i=1}^n V_i * A_i$$

در این معادله V , A به ترتیب سرعت و مساحت هر مقطع و Q دبی کل می باشد

۳-۴-۱-۲ مطالعه هیدروشیمی جهت بررسی ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند

در مطالعه هیدروشیمی آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب و بررسی ارتباط بین این دو منبع آبی از نمودارهای پایپر، استیف و نمودارهای دو متغیره استفاده شد. با استفاده از این نمودارها تیپ غالب آب در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب تعیین و با استفاده از این نتایج فرضیه ارتباط منابع آب سطحی و زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۴-۱-۳ بررسی سری زمانی داده های هیدروشیمی

با استفاده از داده های اندازه گیری شده توسط شرکت آب منطقه ای همدان که در چاه های انتخابی کیفی صورت پذیرفته است، اقدام به بررسی تغییرات زمانی داده ها در مجاور رودخانه شد. در صورتی که تغییرات در داده های هیدروشیمی در چاه ها و رودخانه دارای رفتار مشابه باشند، ارتباط بین این دو منبع آبی قابل بررسی می باشد.

۳-۴-۱-۴ تحلیل داده های ایزوتوپی

با توجه به تفاوت در مقدار غلظت ایزوتوپ های هیدروژن و اکسیژن در نزولات جوی، رودخانه ها و آبخوان ارتباط منابع آبی قابل بررسی می باشد (Clark, 1987). با استفاده از نمودار دو متغیره ایزوتوب اکسیژن و هیدروژن و با استفاده از خط جوی جهانی و ترسیم غلظت ایزوتوپ هیدروژن و اکسیژن نمونه ها، می توان تاثیر تبخیر و یا اختلاف دو منبع آب سطحی و زیرزمینی را بررسی کرد. همچنین در نمودار دو متغیره ایزوتوپ اکسیژن در مقابل غلظت کلر و ترسیم نمونه های بارش، آب زیرزمینی و

رودخانه می‌توان تاثیرپذیری هر منبع آب سطحی و زیرزمینی را بر آب‌های زیرزمینی مجاور رودخانه بررسی و نوع ارتباط رودخانه و آبخوان را مشخص نمود (Zhu et. al. 2019).

۳-۱-۴-۵ بررسی سطح ایستابی و سطح آب رودخانه

بررسی سطح آب در آبخوان در مجاور رودخانه، به دو صورت بررسی تغییرات سطح ایستابی در طی چند سال و بررسی تغییرات در اطراف رودخانه با استفاده از داده‌های برداشت شده در شهریور ۱۳۹۸ انجام شد.

الف- بررسی سری زمانی تغییرات سطح آب در مجاور رودخانه گاماسیاب

با توجه به اندازه‌گیری سطح ایستابی در پیژومترهای آبخوان نهاوند، تغییرات سطح ایستابی و سطح آب رودخانه گاماسیاب مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. بدیهی است اگر هر دو روند تغییرات سطح ایستابی و رودخانه با هم مشابه باشند، ارتباط احتمالی بین این آبخوان و رودخانه برقرار است.

ب- بررسی سطح آب در مجاور رودخانه

جهت بررسی جهت و نوع تبادل می‌توان با استفاده از ارتفاع سطح ایستابی در اطراف رودخانه به بررسی نوع ارتباط رودخانه و آبخوان پرداخت. اگر ارتفاع سطح ایستابی از سطح آب در رودخانه بالاتر باشد، جهت حرکت آب احتمالاً از آبخوان به رودخانه است و در صورتی که ارتفاع سطح آب رودخانه از سطح ایستابی در مجاور رودخانه بالاتر باشد جهت حرکت احتمالی حرکت آب از رودخانه به طرف آبخوان بوده و رودخانه دهنده می‌باشد.

جدول ۱-۳ نتایج آنالیز نمونه‌ها در تیر ماه ۱۳۹۹ (فصل تر)

(epm)							T	pH	Ec	شماره
NO ₃	Mg	Ca	Na	HCO ₃	Cl	SO ₄	°C		μS/cm	نمونه
-	3.1	2.3	1.4	5.5	1.3	0.6	24.5	7.2	662	SP1
-	2.3	3	1.3	4.9	1	0.9	22.1	7.5	580	SP2
-	2.3	3.1	1.4	4.6	1	1.1	27	7.5	546	SP3
-	0.7	6.2	0.9	6.3	1.3	0.5	31	7	680	SP4
-	1.8	5.4	1.7	5.9	2.4	1.5	25	7.4	970	SP5
-	1.7	4.2	1.1	6	1	0.4	24	7.3	590	SP6
-	2.4	4.1	1.2	5.5	1.6	1.2	24	7.3	587	SP7
-	1.8	4.2	1.0	5.8	1.2	0.5	21	7.1	600	SP8
-	2.9	3.4	1.5	5.3	1.2	1.4	21	7.2	645	SP9
-	1.7	2.3	0.9	2.7	1.8	0.4	22.4	7.7	385	S3-1
-	1.5	1.9	0.9	3	0.9	0.5	23	7.8	338	S3-2
-	2.2	2	1.0	2.9	1.3	0.5	22.1	7.5	404	S3-3
-	3.1	4.3	1.5	7	1.5	1.3	22	7.3	831	S3-4
-	1.1	6.3	1.4	6.7	2	1.0	26	7	840	S3-5
-	2	4.5	1.2	5.6	2	0.6	22	7.1	637	S3-6
-	2.2	4.7	1.3	6.4	1.5	0.7	21.5	7.2	757	S3-7
-	3	2	1.4	5	1.1	0.9	23	7.5	714	S3-8
-	3.3	2.8	1.2	5.8	1.3	0.7	25	7	745	S3-9
-	2.4	4.4	1.4	6.5	1.5	1.1	18	7.3	811	S3-10
-	1.9	4	2	4.5	2	2	23	7.4	942	S3-11
-	3.6	3.4	1.4	6.2	1.8	0.7	18	7.3	703	S3-12
-	3.6	6.6	1.6	7.4	1.8	2.6	19	7.2	1044	S4-1
-	2.7	3.6	1.5	5.9	1.4	1.2	20	7.6	691	S4-2
-	1.1	7.4	1.7	6.9	1.8	2.6	26.6	7.2	1173	S4-3
-	4.2	3.2	1.3	5.5	1.8	0.8	-	-	656	S4-4
-	4.3	3.1	1.3	5.9	1.5	1.8	23.6	7.3	743	S4-5
-	1.9	4.8	1.5	5.5	1.6	2	22.3	7.4	754	S4-6
-	2.8	4.3	1.4	6.2	1.7	0.8	21	7.3	746	S4-7
-	2.2	4.8	1.6	6.4	1.9	1.1	27	7.4	795	S4-8
-	2.5	3.2	1.7	5.6	1.7	0.7	21	7.4	685	S4-9
-	2.8	4	1.9	6.2	1.8	1.6	21.2	7.2	858	S4-10
-	2.9	3	1.5	5.3	1.6	1.2	20	7.6	658	S4-11
-	2.9	3.8	1.8	6.4	1.8	1.2	21.7	7.4	821	S4-12
-	1.8	3.5	1.3	4.8	1	0.9	-	7.5	578	S5-1
-	3.3	3.3	1.7	6	1.4	1.2	19.4	7.5	733	S5-2
-	2.7	3.3	1.2	4.8	1.2	0.7	19	7.4	596	S5-3
-	2.9	3.2	1.4	5.7	1.4	1.1	20	7.2	727	S5-4
-	2.1	4.5	1	6.2	1	1.1	19	7.2	630	S5-5
-	1.6	4.5	1	5.6	1	0.9	20	7.4	596	S5-6
-	2.9	5.2	1.1	7	1	1.4	21	7.3	732	S5-7
-	1.8	4.4	1.1	5.5	1.3	0.7	23	7.4	608	S5-8
-	2.9	3.6	1.3	5.9	2	0.7	20	7.4	660	S5-9
-	2.7	3.6	1.3	5.6	1.7	1	19.8	7.7	807	S5-10
-	3.2	2.9	1	5.6	1.3	0.9	18.5	7.5	625	S5-11
-	2.1	4.4	0.9	5.7	0.9	0.8	17	7.4	614	S5-12

جدول ۳-۱ (ادامه) نتایج آنالیز نمونه‌ها در تیر ماه ۱۳۹۹ (فصل تر)

(epm)							T	pH	Ec	شماره نمونه
NO ₃	Mg	Ca	Na	HCO ₃	Cl	SO ₄	°C		μS/cm	
-	2.5	3.8	1.4	6.1	1.4	0.8	21	7.5	655	S6-1
-	2.2	4	1.2	5.4	1.3	1.1	21	7.4	632	S6-2
-	2.8	3.4	1.4	5.5	1.5	0.7	21	7.7	609	S6-3
-	2.3	3.6	1.2	5.8	1.3	0.7	18	7.5	606	S6-4
-	2.6	3.7	1.2	5.2	1	0.8	21	7.4	610	S6-5
-	1.6	3.8	0.9	5.2	0.9	0.6	21	7.3	565	S6-6
-	2.6	2.4	1.2	4.3	1.1	0.3	20	7.6	418	S6-7
-	2.7	2.5	1.5	5.1	1.5	0.7	21	7.9	560	S6-8
-	2.8	3.5	1.1	5.6	1	0.4	-	7.8	567	S6-9
-	1.7	4.1	1	5.4	0.6	0.6	-	7.3	580	S6-10
-	3.2	3	1.3	5.6	1.3	1.4	21.5	7.3	607	S6-11
-	2.5	3.5	1.5	5.7	1.6	1	19.5	7.3	654	S6-12
-	0.5	2.3	0.7	3	0.7	0.2	-	-	286	s1-2
-	1.1	2.3	0.7	2.8	0.8	0.1	-	-	250	s1
-	1.2	3.3	1	4.6	0.9	0.4	-	-	430	s1-1
-	2	3.3	1.8	4.7	1.7	1.5	-	-	740	s4-s12
-	1.7	4.6	1.3	4.4	1.7	0.8	-	-	709	R4
-	2.2	2.9	1.1	4.2	1.9	0.7	-	-	510	R5
-	3.4	3.6	1.4	6.2	1.9	0.8	-	-	700	R3
-	1.9	4.3	1	5.5	1.9	0.5	-	-	537	Sp2-3
-	3.1	2.3	1.4	5.5	1.3	0.64	-	-	662	s1-1
-	2.3	3	1.3	4.9	1	0.95	-	-	580	s4-s12
-	2.3	3.1	1.4	4.6	1	1.18	-	-	546	R4
-	0.7	6.2	0.9	6.3	1.3	0.5	-	-	680	R5
-	1.8	5.4	1.7	5.9	2.4	1.56	-	-	970	R3

جدول ۲-۳ نتایج آنالیز نمونه‌ها در مهر ماه ۱۳۹۹ (فصل خشک)

(epm)							T	pH	Ec	شماره نمونه
NO ₃	Mg	Ca	Na	HCO ₃	Cl	SO ₄	°C		μS/cm	
9.3	3.3	3.7	1.7	7	1.6	1.2	-	7.4	837	ds13
36	1.7	3.6	1.2	5	1.1	0.9	-	7.7	635	ds25
10.3	2.9	3.6	1.4	6.4	1.5	0.7	-	7.4	764	ds14
6.6	2.2	3.7	1.4	5.2	1.3	0.9	-	7.5	648	ds19
16.7	2.3	4.2	1.4	4.9	2.3	0.8	-	7.2	785	ds9
30	2.3	3.3	1.5	5.6	1.3	1	-	7.5	668	ds23
14	1.9	5.5	1.5	5.8	1.5	0.9	-	7.2	810	ds15
1.3	1.2	5	1.3	5	1.8	1.5	-	6.5	928	ds24
15.7	3	4.2	1.4	5.9	1.2	1.1	-	7.7	745	ds7
10	1	5	1.3	5.5	1.3	1.1	-	7.4	726	ds8
19.2	1.9	3.7	1.2	5.5	1.1	0.9	-	7.4	638	ds18
10.13	2.2	5.6	1.4	5.5	1.5	2.1	-	7.2	965	ds16
12.56	2	4.2	1.1	5.7	1.6	0.7	-	7.3	655	ds20
10.5	2	4.5	1.3	6.3	1.3	0.9	-	7.2	787	ds21
32	2.7	4.6	1.4	6.9	1.6	1.1	-	7.3	775	ds12
58	1.6	4.4	1.2	4.7	1.2	1.2	-	7.2	710	ds4
242	2	4.2	1	5.8	1	0.6	-	7.4	655	ds5
15	2.2	3.4	1.1	4.8	1.9	0.7	-	7.3	624	ds26
13.2	2	4.9	1.4	6.1	1.3	1.9	-	7.3	879	ds17
69	1.9	4.8	1.3	5.5	1.8	1.5	-	7.6	799	ds22
12.3	1.9	5	1.4	7	1.6	1.3	-	7.2	814	ds6
35.2	2.6	3	0.8	4.6	0.9	1.1	-	7.4	637	ds1
31.6	2.4	4.7	2	5.7	2	2.1	-	7.3	1020	ds11
13	1.9	3.9	1.1	3.5	2	1.2	-	7.5	686	ds2
8.4	1.6	4.3	1	6	1	0.5	-	7.4	690	ds3
16	2.3	4.9	1.3	6.6	1.5	0.7	-	7.2	800	ds10
52.5	2.4	4.4	1.3	6.1	1.4	0.9	-	7.1	790	d100
16.3	2.2	3.4	1.2	5.3	1.2	0.9	-	7.4	665	R1

جدول ۳-۳ نتایج اندازه گیری شده ایزوتوپ های پایدار اکسیژن و هیدروژن

شماره نمونه	منبع	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$	$\delta^2\text{H}(\text{‰})$
S5-4	Aquifer	-6.21	-34.07
S6-5	Aquifer	-6.34	-34.41
S3-2	Aquifer	-7.45	-44.9
S4-10	Aquifer	-6.17	-38.56
S3-4	Aquifer	-5.96	-35.95
S3-5	Aquifer	-6.7	-39.16
S6-2	Aquifer	-6.36	-36.36
S5-11	Aquifer	-5.79	-34.34
S6-3	Aquifer	-6.04	-35.73
S4-8	Aquifer	-5.81	-35.3
S6-9	Aquifer	-5.6	-36.11
S3-9	Aquifer	-5.98	-35.01
R4	River	-6.19	-34.7
R5	River	-5.06	-32.14
S4-4	River	-6.31	-35.28

فصل چهارم

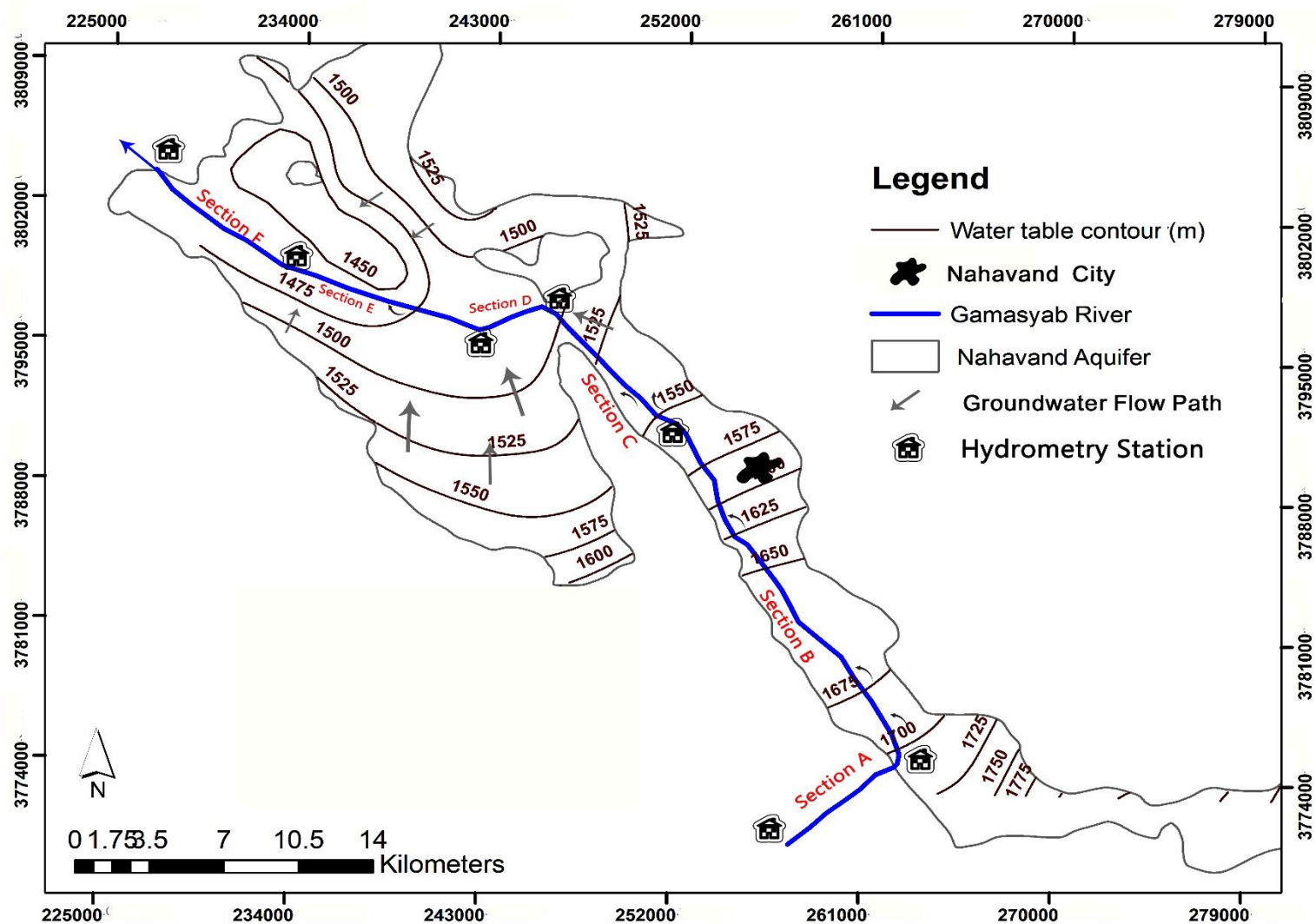
بررسی ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاد

۴-۱ مقدمه

در این تحقیق رابطه بین رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند به وسیله روش های کمی و کیفی بررسی شده است. روش های کمی شامل بررسی نقشه هم پتانسیل، بررسی ارتباط هیدرولیکی رودخانه و آبخوان بر اساس تراز سطح آب زیرزمینی و رودخانه در مقاطع عرضی و روش کیفی شامل مطالعات هیدروشیمی و ایزوتوپی می باشد. نتایج حاصل از روش های مذکور در این فصل بررسی خواهند شد.

۴-۲ بررسی نقشه هم پتانسیل آبخوان نهاوند

یکی از روش هایی که برای تعیین رابطه آبخوان و رودخانه استفاده شده است، بررسی نقشه هم پتانسیل می باشد. زمانی که خطوط هم پتانسیل به طرف رودخانه انحنا داشته باشند، احتمالاً رودخانه گیرنده و اگر خطوط هم پتانسیل به طرف بیرون انحنا داشته باشند، رودخانه دهنده است. لازم به ذکر است این روش در فصل های دوم توضیح داده شده است. با توجه به داده های سطح آب زیرزمینی آبخوان نهاوند در شهریور ۹۷ اقدام به ترسیم نقشه هم پتانسیل و تعیین جهت جریان گردید (شکل ۴-۱). نقشه هم پتانسیل نشان می دهد که بالاترین تراز سطح ایستابی ۱۱۷۵ متر در جنوب شرق آبخوان بوده و با تغییر تراز از جنوب شرق به سمت شمال غرب به پایین ترین مقدار خود (۱۴۵۰ متر) می رسد. بر اساس نتایج جهت عمومی جریان آب زیرزمینی از جنوب شرق به سمت شمال غرب می باشد، که از توپوگرافی منطقه تبعیت می کند. در محدوده دشت خزل آبخوان نهاوند (شکل ۴-۱ بخش های D, E, F) به علت برداشت و بهره برداری آب توسط چاه های کشاورزی جهت جریان به سمت داخل دشت تغییر یافته و منحنی های بسته خطوط هم پتانسیل ایجاد شده است. پس از بررسی های انجام شده نوع ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند بر اساس جهت جریان آب زیرزمینی در بخش های مختلف مجاور رودخانه در جدول ۴-۱ آورده شده است. تمامی بخش ها به جز بخش E که جهت جریان در آن نامعلوم می باشد، حاکی از گیرنده بودن رودخانه گاماسیاب در اغلب بخش ها می باشد.



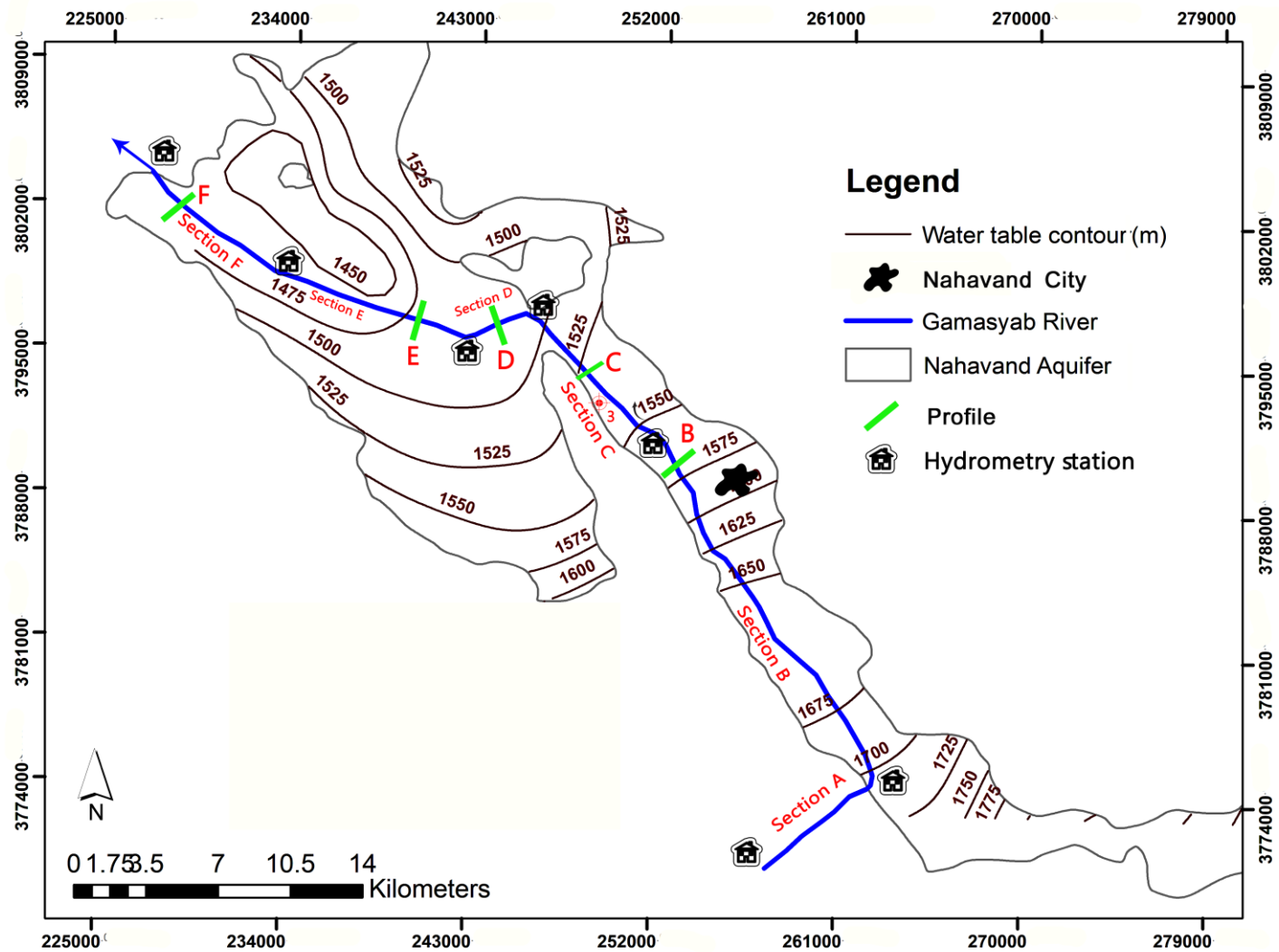
شکل ۴-۱ خطوط هم‌پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان نهاوند (شهریور ۹۷)

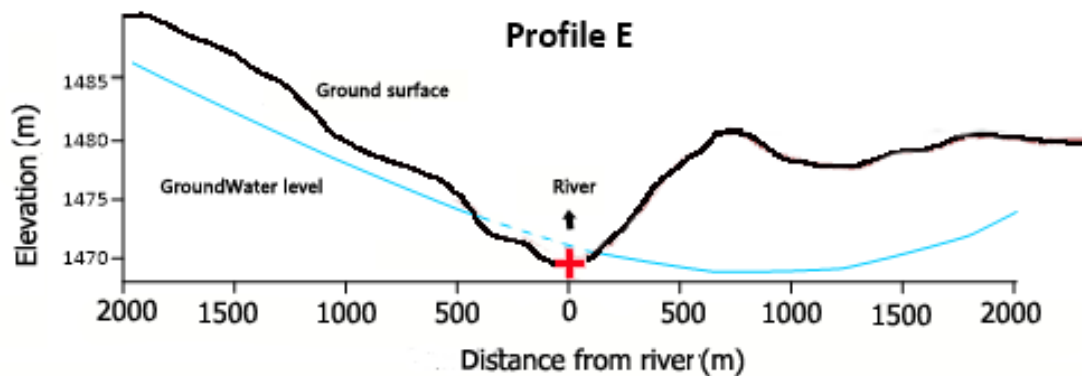
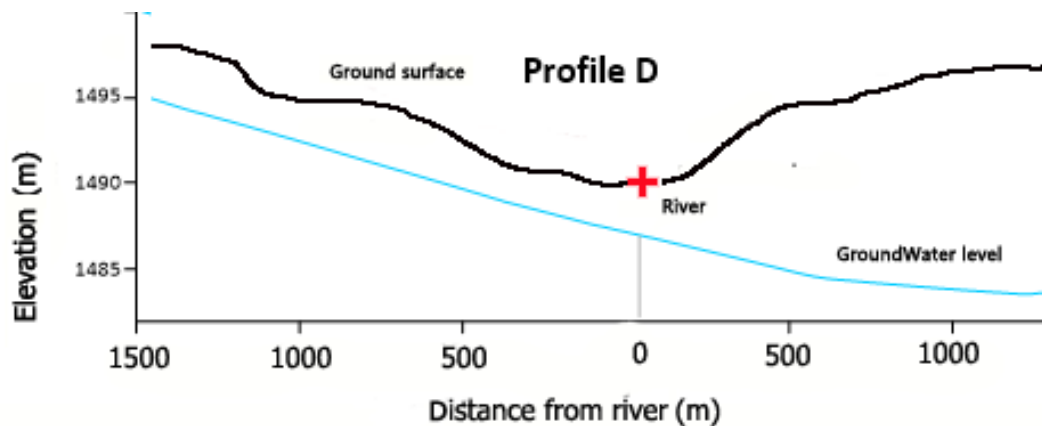
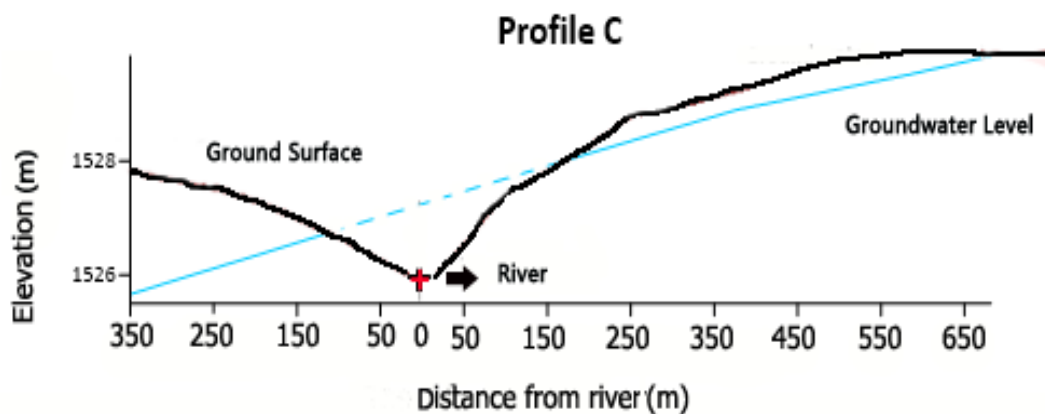
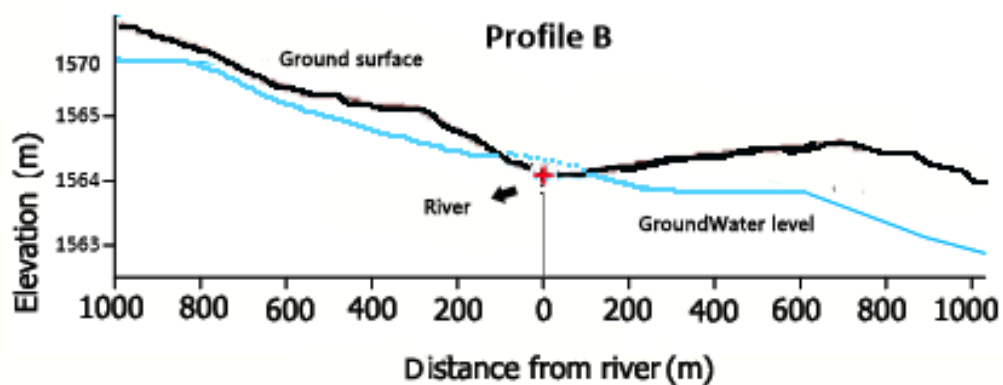
جدول ۴-۱- وضعیت ارتباط رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند بر اساس بررسی نقشه هم پتانسیل

بخش	نوع ارتباط (رودخانه)	توضیحات
A	گیرنده	با توجه به موقعیت رودخانه در دره و شیب توپوگرافی به سمت رودخانه
B	گیرنده	با توجه به جهت جریان در بیشتر مسیر رودخانه که به سمت رودخانه می باشد
C	دهنده-گیرنده	در یک طرف جهت جریان به سمت رودخانه و در طرف دیگر جهت جریان به سمت آبخوان می باشد
D	گیرنده	با توجه به جهت جریان در بیشتر مسیر رودخانه که به سمت رودخانه می باشد
E	نامشخص	جهت جریان آب زیرزمینی به موازات رودخانه می باشد
F	گیرنده	با توجه به جهت جریان در بیشتر مسیر رودخانه که به سمت رودخانه می باشد

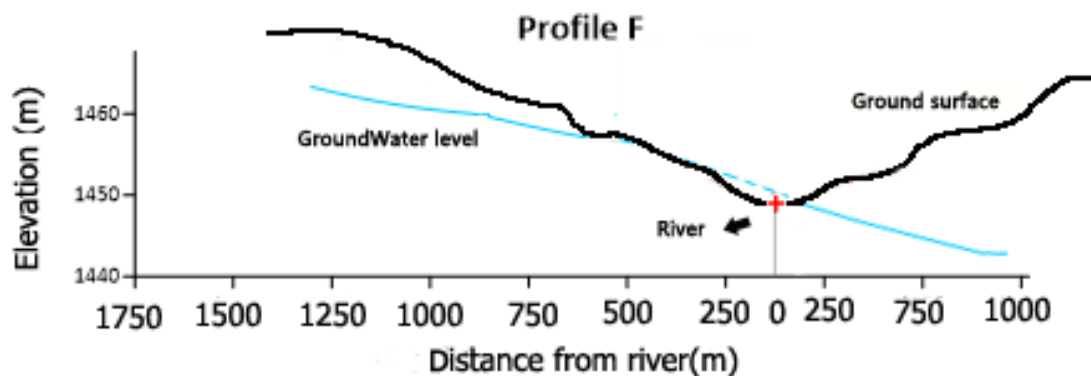
۴-۲-۱ بررسی سطح آب در رودخانه و سطح آب زیرزمینی در مقاطع عرضی

در ادامه بررسی سطح ایستابی آبخوان نهاوند و به منظور بررسی ارتباط هیدرولیکی آبخوان و رودخانه گاماسیاب اقدام به رسم پروفیل عرضی سطح ایستابی در هر بخش (شکل ۴-۲) و مقایسه ارتفاع سطح آب در رودخانه گاماسیاب و سطح ایستابی آبخوان نهاوند گردید. نتایج بررسی ها در شکل ۴-۳ به صورت نمودار ارتفاع سطح آب در برابر فاصله از رودخانه آورده شده است. به طور کلی در صورتی که تراز سطح ایستابی یا بار هیدرولیکی آبخوان در مجاور رودخانه بالاتر از ارتفاع سطح آب رودخانه (Stage) باشد، جهت جریان آب زیرزمینی از آبخوان به سمت رودخانه بوده و رودخانه گیرنده می باشد (Todd and Mays. 2005). بالعکس، اگر ارتفاع سطح آب رودخانه از سطح ایستابی آبخوان بالاتر باشد، جهت جریان از رودخانه به سمت آبخوان بوده و این رودخانه یک رودخانه گیرنده می باشد. با توضیحی که ارائه شد در همه بخش ها به جز بخش D سطح آب زیرزمینی در آبخوان نهاوند همواره از ارتفاع سطح آب در رودخانه گاماسیاب بالاتر است به عبارت دیگر بیانگر جریان از آبخوان به سمت رودخانه می باشد و رودخانه از نوع گیرنده بوده و آب را از آبخوان نهاوند زهکشی می نماید. در بخش D سطح آب در رودخانه گاماسیاب بالاتر از سطح ایستابی در آبخوان نهاوند می باشد که بر این اساس، جهت جریان آب از رودخانه به سمت آبخوان می باشد که نشان می دهد رودخانه در این قسمت دهنده است (جدول ۴-۲).





شکل ۳-۴ پروفایل عرضی رودخانه گاماسیاب و ترسیم سطح ایستابی آبخوان نهاوند در مجاورت آن



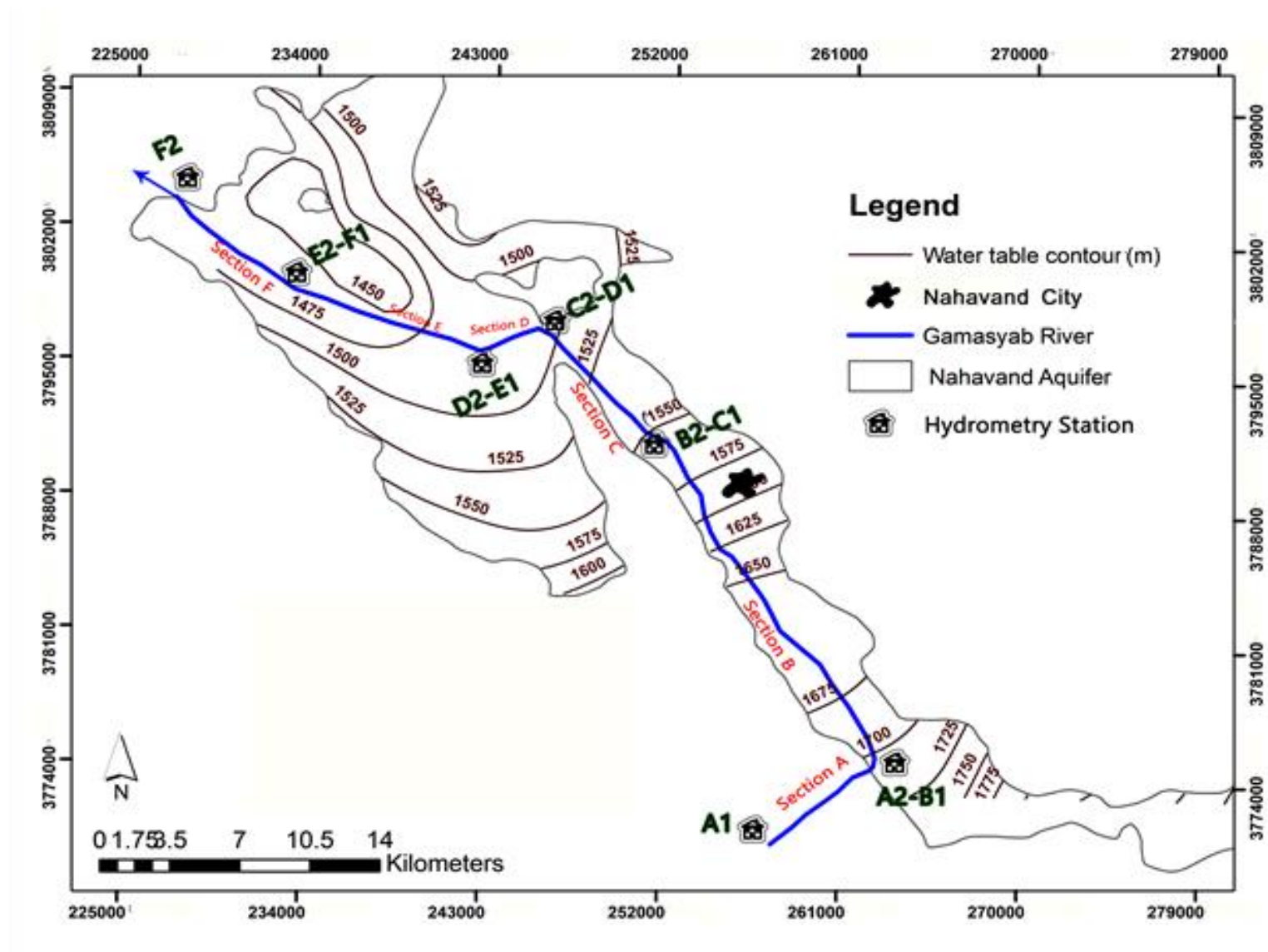
شکل ۴-۳ (ادامه) پروفایل عرضی رودخانه گاماسیاب و ترسیم سطح ایستابی آبخوان نهاوند در مجاورت

جدول ۴-۲ بررسی ارتباط رودخانه و آبخوان بر اساس نتایج حاصل از بررسی ارتفاع سطح ایستابی در آبخوان نهاوند و سطح آب در رودخانه گاماسیاب

بخش	نوع ارتباط (رودخانه)	توضیحات
A	گیرنده	بالا بودن سطح ایستابی نسبت به سطح آب در رودخانه
B	گیرنده	بالا بودن سطح ایستابی نسبت به سطح آب در رودخانه
C	گیرنده	بالا بودن سطح ایستابی نسبت به سطح آب در رودخانه
D	دهنده	بالا بودن سطح آب رودخانه نسبت به سطح ایستابی
E	گیرنده	بالا بودن سطح ایستابی نسبت به سطح آب در رودخانه
F	گیرنده	بالا بودن سطح ایستابی نسبت به سطح آب در رودخانه

۴-۳ بررسی‌های هیدرومتری

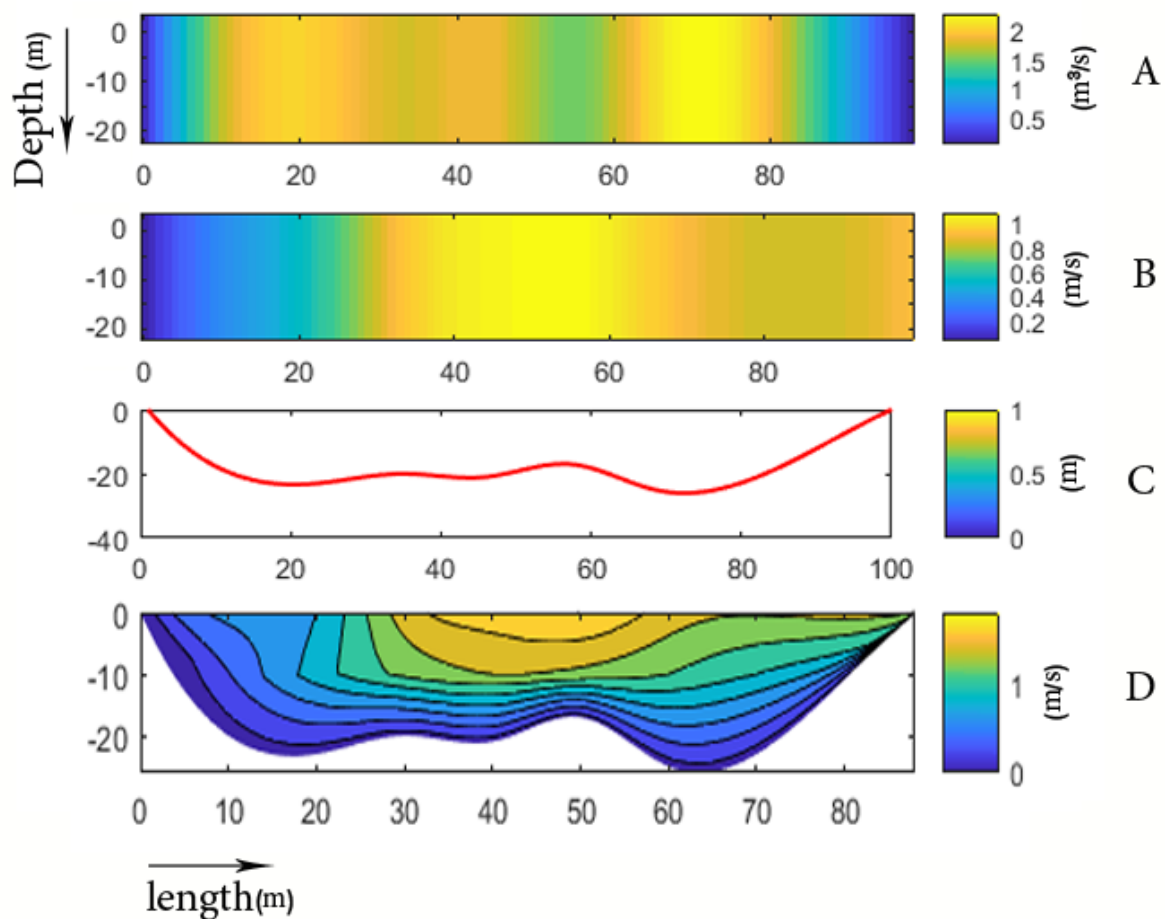
یکی از روش‌های بررسی ارتباط رودخانه و آبخوان اندازه‌گیری دبی رودخانه در ایستگاه‌های هیدرومتری است. در صورتی که دبی رودخانه در بالادست بیشتر از دبی رودخانه در پایین‌دست باشد، نشان دهنده جهت احتمالی جریان از رودخانه به آبخوان بوده و اگر دبی پایین‌دست رودخانه از بالادست رودخانه بیشتر باشد، گویای جهت احتمالی جریان از آبخوان به رودخانه می‌باشد. البته باید توجه داشت در این بررسی تمامی ورودی‌ها و خروجی‌ها (آب برگشتی کشاورزی، فاضلاب روستایی، آب برداشت‌شده جهت کشاورزی و...) در هر مقطع بیلان مشخص شده باشد. همان‌طور که قبلاً بیان شد در منطقه مورد مطالعه رودخانه گاماسیاب به طول تقریباً ۷۰ کیلومتر به شش بخش تقسیم شد و هفت ایستگاه هیدرومتری جهت اندازه‌گیری دبی انتخاب گردید (شکل ۴-۴). لازم به ذکر است موقعیت این ایستگاه‌ها براساس نقشه هم‌پتانسیل و جهت جریان در مجاورت رودخانه گاماسیاب و همچنین سازه‌های انسانی جهت اندازه‌گیری دقیق‌تر دبی رودخانه انتخاب شده‌اند. پس از تعیین ایستگاه‌های در تیرماه ۱۳۹۷ اقدام به اندازه‌گیری دبی رودخانه شد.



شکل ۴-۴ موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری انتخابی رودخانه گاماسیاب

۳-۱ اندازه‌گیری و محاسبه دبی رودخانه گاماسیاب در ایستگاه‌های هیدرومتری

برای اندازه‌گیری دبی رودخانه با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج (مولینه) اقدام به اندازه‌گیری سرعت آب در مقطع عرضی در هر ایستگاه هیدرومتری گردید و همزمان با اندازه‌گیری سرعت در هر نقطه، عمق اندازه‌گیری سرعت و فاصله از ساحل رودخانه ثبت گردید. در نهایت داده‌های ثبت شده در هر مقطع عرضی در کد متلب نوشته شده (پیوست) برای محاسبه اندازه‌گیری دقیق دبی رودخانه و بررسی پراکندگی سرعت و دبی (که یکی از خروجی‌های این کد می‌باشد) استفاده گردید. نمونه محاسبات و نتایج این کد در شکل ۴-۵ ارائه شده است. در این شکل A میانگین دبی آب در ستون‌های مختلف مقطع، B میانگین سرعت، C عمق رودخانه و D نشان دهنده خطوط هم سرعت در مقطع رودخانه در محل ایستگاه‌های هیدرومتری انتخابی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵ نمونه نتایج گرافیکی محاسبات دبی و سرعت رودخانه با استفاده از کد متلب

۲-۳-۴ بررسی ارتباط رودخانه و آبخوان براساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های هیدرومتری

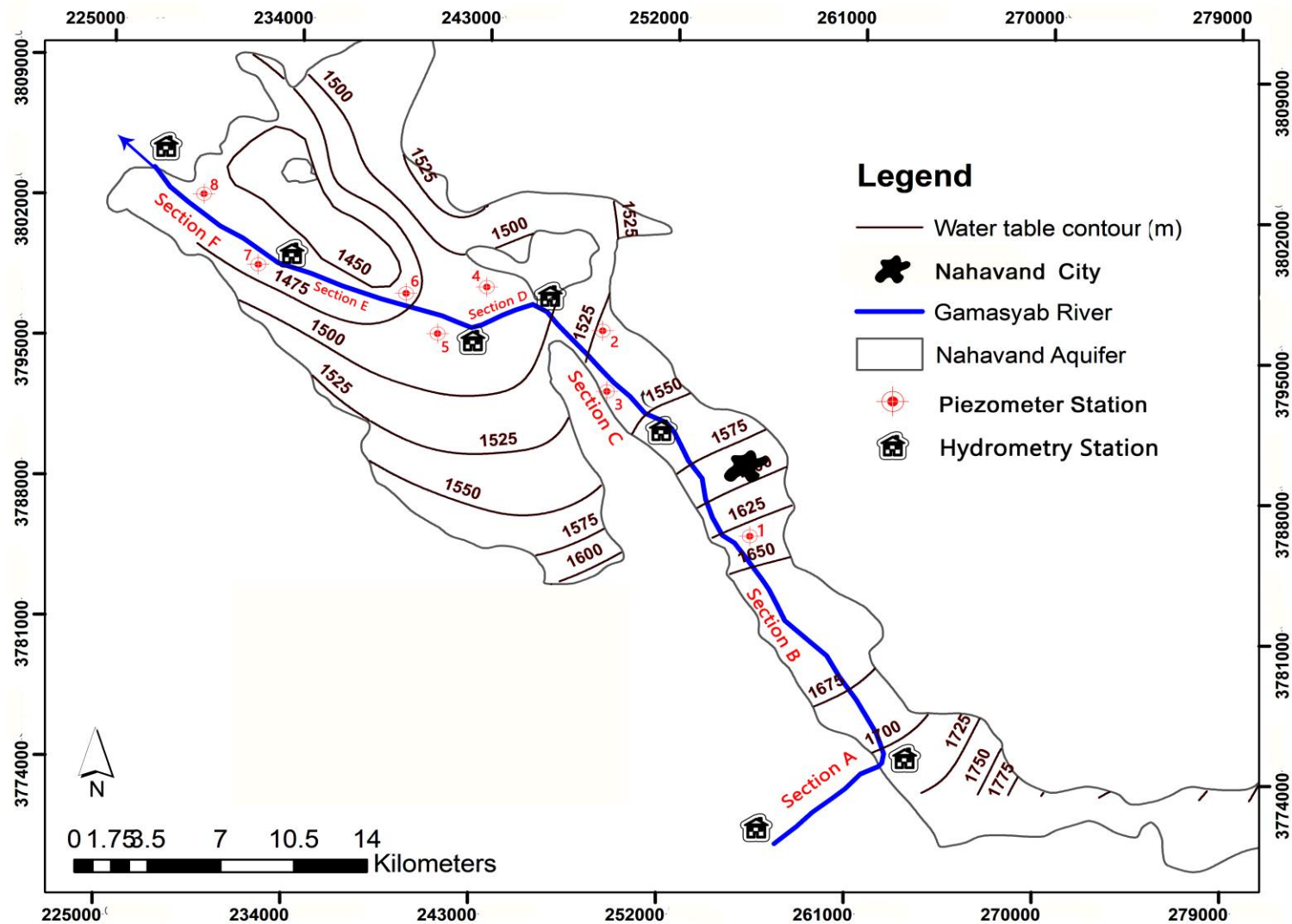
پس از اندازه‌گیری دبی رودخانه و تمامی خروجی‌ها و ورودی‌ها مربوط به شاخه‌های فرعی جهت محاسبه بیلان هر مقطع، نتایج در جدول ۳-۴ برای هر بخش ارائه شده است. در این جدول دبی بالادست مقطع و ورودی از طریق شاخه‌های فرعی جمع‌شده و از دبی پایین‌دست و خروجی توسط شاخه‌های فرعی کسر شده است. به عبارت دیگر بیلان منفی نشان‌دهنده نفوذ احتمالی آب از رودخانه به آبخوان و بنابراین وضعیت دهنده رودخانه و بیلان مثبت بیانگر ورود آب از رودخانه به آبخوان و گیرنده بودن احتمالی آن می‌باشد. براساس این نتایج بیلان در بخش‌های دهنده منفی و در بخش‌های گیرنده مثبت بوده که به ترتیب معرف دهنده و گیرنده بودن رودخانه در این بخش‌ها می‌باشد.

جدول ۳-۴ نتایج حاصل از بررسی‌های هیدرومتری رودخانه گاماسیاب

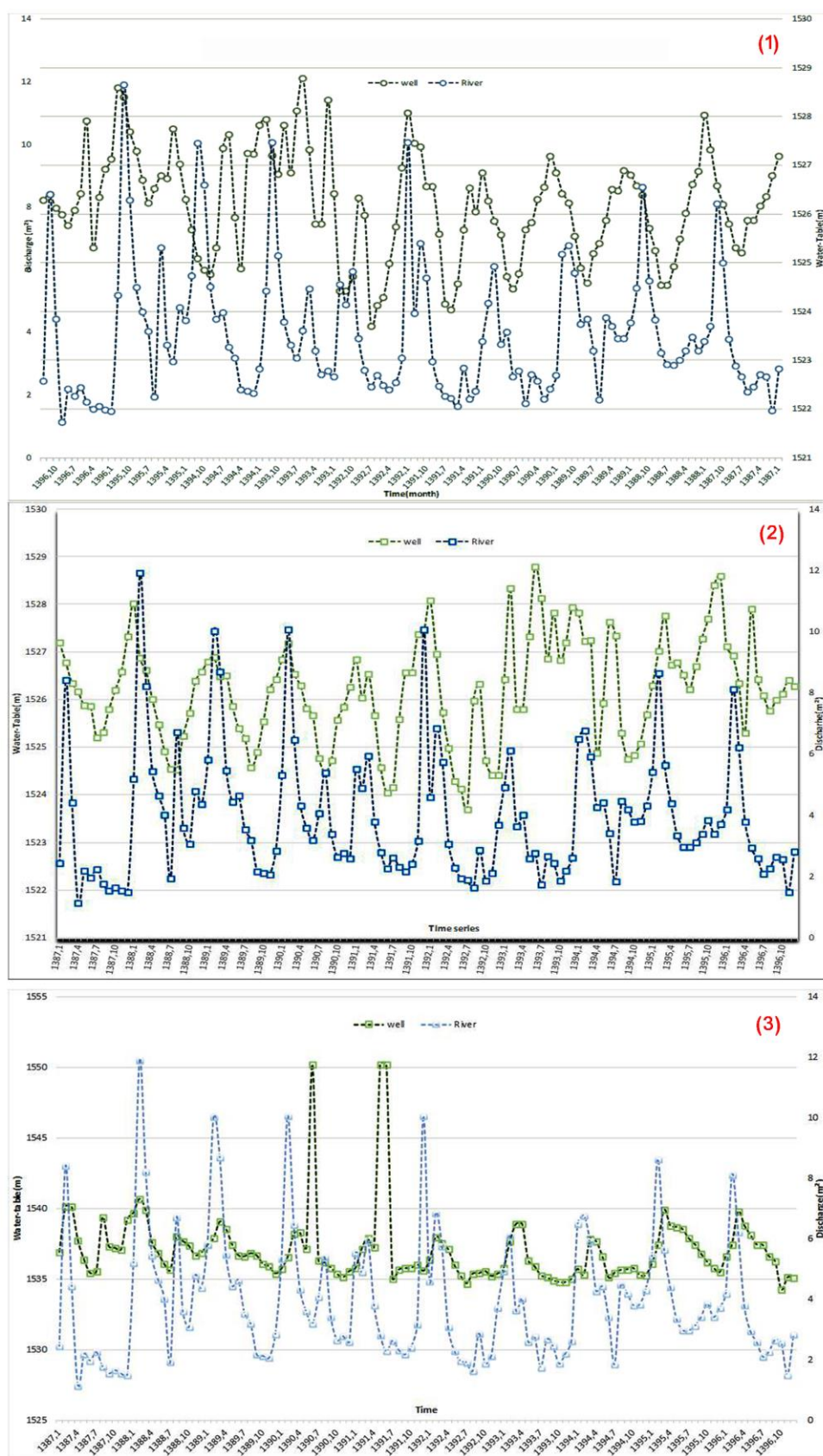
بخش	ایستگاه هیدرومتری	در ایستگاه هیدرومتری دبی (m^3/s)	تفاضل خروجی‌ها و ورودی‌ها (شاخه‌های فرعی) دبی (m^3/s)	نتیجه بیلان مقطع دبی (m^3/s)	نوع ارتباط (رودخانه)
A	A1	5.56	مجموع ورودی‌ها 0.04	1.02	گیرنده
	A2-B1	0.35	مجموع خروجی‌ها 6.28		
B	A2-B1	0.35	مجموع ورودی‌ها 0.66	2.81	گیرنده
	B2-C1	0.65	مجموع خروجی‌ها 3.1		
C	B2-C1	0.65	مجموع ورودی‌ها 0.06	0.06	گیرنده
	C2-D1	0.45	مجموع خروجی‌ها 0.33		
D	C2-D1	0.45	مجموع ورودی‌ها 0.02	-0.04	دهنده
	C2-E1	0.43	مجموع خروجی‌ها 0		
E	C2-E1	0.43	مجموع ورودی‌ها 0.03	-0.31	دهنده
	E1-F1	0.10	مجموع خروجی‌ها 0.008		
F	E1-F1	0.10	مجموع ورودی‌ها 0	0.07	گیرنده
	F2	0.15	مجموع خروجی‌ها 0.01		

۴-۴ بررسی سری زمانی نوسانات سطح آب

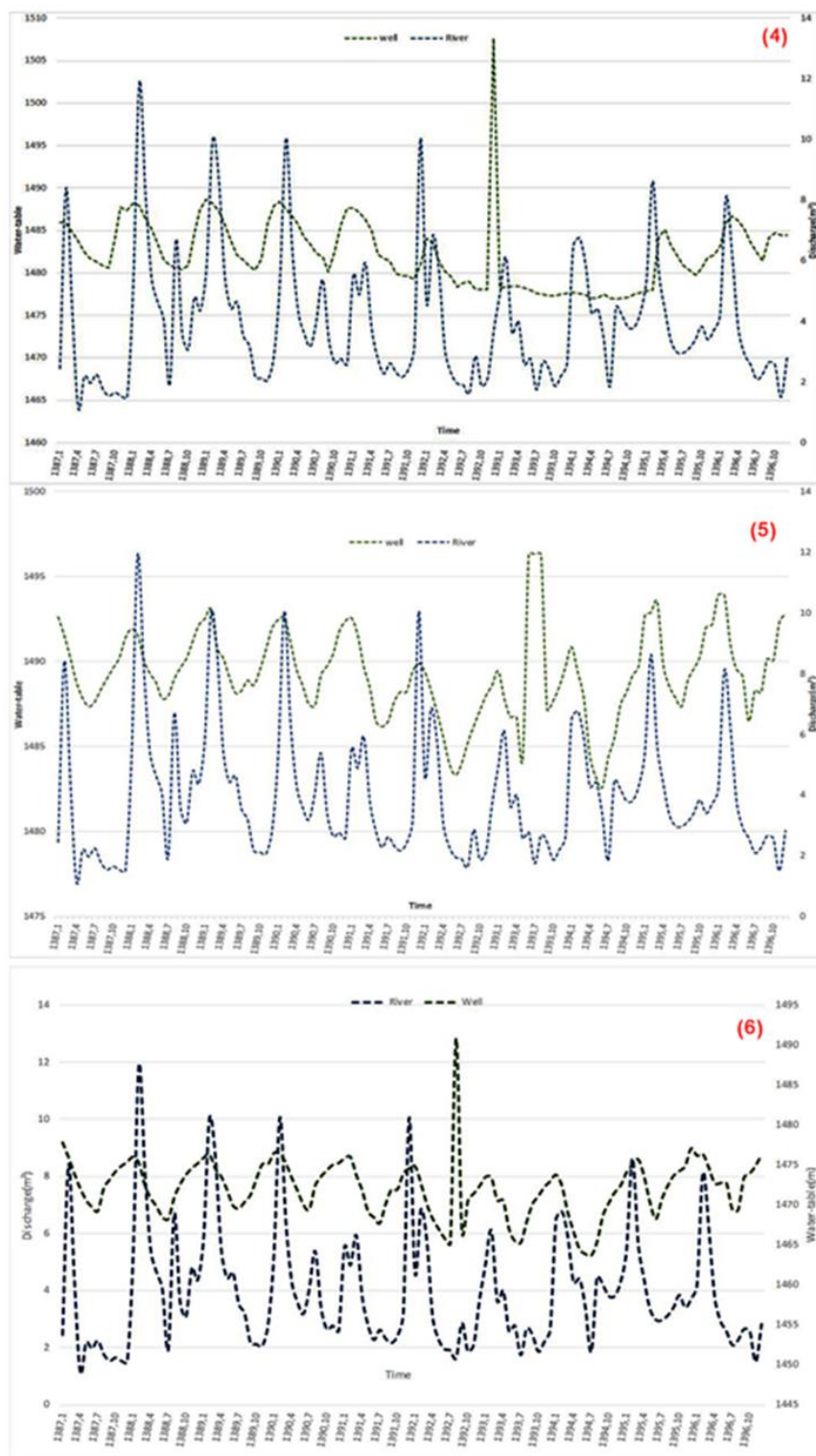
بررسی نوسانات سطح آب در رودخانه و چاه‌های مشاهده‌ای اطراف رودخانه یکی از روش‌های تعیین ارتباط هیدرولیکی آبخوان با رودخانه می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام‌شده در صورتی که رودخانه و آبخوان در ارتباط با هم باشند، تغییرات سطح آب‌زیرزمینی در پیزومترهای مجاور رودخانه و سطح آب در رودخانه در بازه زمانی مورد بررسی با هم تغییر نموده و به تغییرات بارندگی واکنش می‌دهند (فاریابی و همکاران، ۲۰۱۶). برای مثال با افزایش بارندگی مقدار سطح آب در رودخانه بالا می‌یابد. این بالاآمدگی سبب افزایش تراز سطح ایستابی در مجاورت رودخانه می‌گردد. به عبارت دیگر تغییرات سطح ایستابی در بازه زمانی با تغییرات سطح آب در رودخانه رفتار مشابهی را نشان می‌دهد. در این مطالعه با استفاده از نزدیکترین پیزومترها به رودخانه که موقعیت آن‌ها در شکل ۴-۶ نشان داده شده است، اقدام به بررسی این تغییرات در قالب بررسی نوسانات سطح آب در پیزومترها و تغییرات دبی رودخانه شد. تغییرات زمانی سطح آب در پیزومترها و دبی رودخانه گاماسیاب در شکل ۴-۷ ارائه شده است. نوسانات دبی رودخانه و سطح آب زیرزمینی در همه پیزومترها رفتار تقریباً یکسانی را نشان می‌دهند. در تمامی پیزومترها تغییرات تراز آب‌زیرزمینی با کاهش دبی رودخانه گاماسیاب در تمامی پیزومترها کاهش و با افزایش دبی رودخانه سطح آب در پیزومترها افزایش یافته است. از نتایج فوق اینگونه بر می‌آید که رودخانه گاماسیاب تقریباً در تمامی طول خود در ارتباط با آبخوان نهالوند می‌باشد (جدول ۴-۴). لازم به ذکر است در این بررسی فقط داده‌های نوسانات سطح آب در پیزومترهای مجاور رودخانه تحلیل شده است. که در نهایت این بررسی، ارتباط هیدرولیکی بین رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهالوند در طول رودخانه و در اغلب بخش‌های آن را به اثبات می‌رساند.



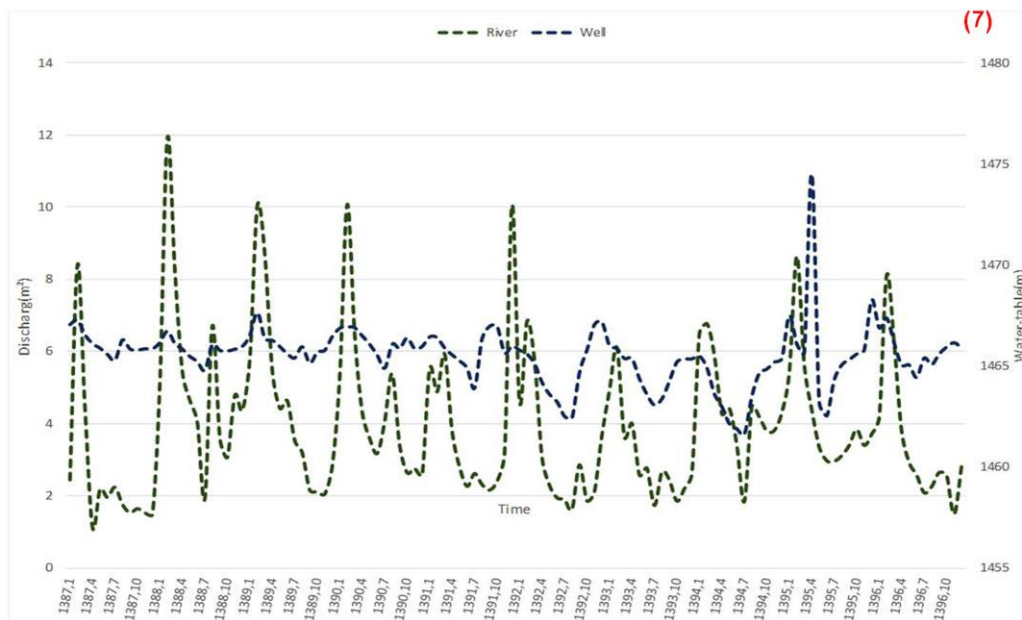
شکل ۴-۶ موقعیت پیزومترها جهت بررسی نوسانات زمانی سطح ایستابی در مجاورت رودخانه گاماسیاب



شکل ۴-۷ بررسی نوسانات دبی رودخانه گاماسیاب و نوسانات سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای مجاور رودخانه



شکل ۴-۷ (ادامه) بررسی نوسانات دبی رودخانه گاماسیاب و نوسانات سطح آب زیرزمینی در
پیزومترهای مجاور رودخانه



شکل

رودخانه

جدول ۴-۴ نتایج بررسی نوسانات سطح آب پیزومترها در آبخوان نهاوند و دبی رودخانه گاماسیاب

بخش	پیزومتر	ارتباط (رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند)	توضیحات
A	–	نامشخص	عدم وجود پیزومتر
B	۱	وجود ارتباط	رفتار مشابه در روند تغییرات دبی رودخانه گاماسیاب و سطح آب زیرزمینی در پیزومتر
C	۲ و ۳	وجود ارتباط	رفتار مشابه در روند تغییرات دبی رودخانه گاماسیاب و سطح آب زیرزمینی در پیزومتر
D	۴	وجود ارتباط	رفتار مشابه در روند تغییرات دبی رودخانه گاماسیاب و سطح آب زیرزمینی در پیزومتر
E	۵ و ۶	وجود ارتباط	رفتار مشابه در روند تغییرات دبی رودخانه گاماسیاب و سطح آب زیرزمینی در پیزومتر
F	۷	وجود ارتباط	رفتار مشابه در روند تغییرات دبی رودخانه گاماسیاب و سطح آب زیرزمینی در پیزومتر

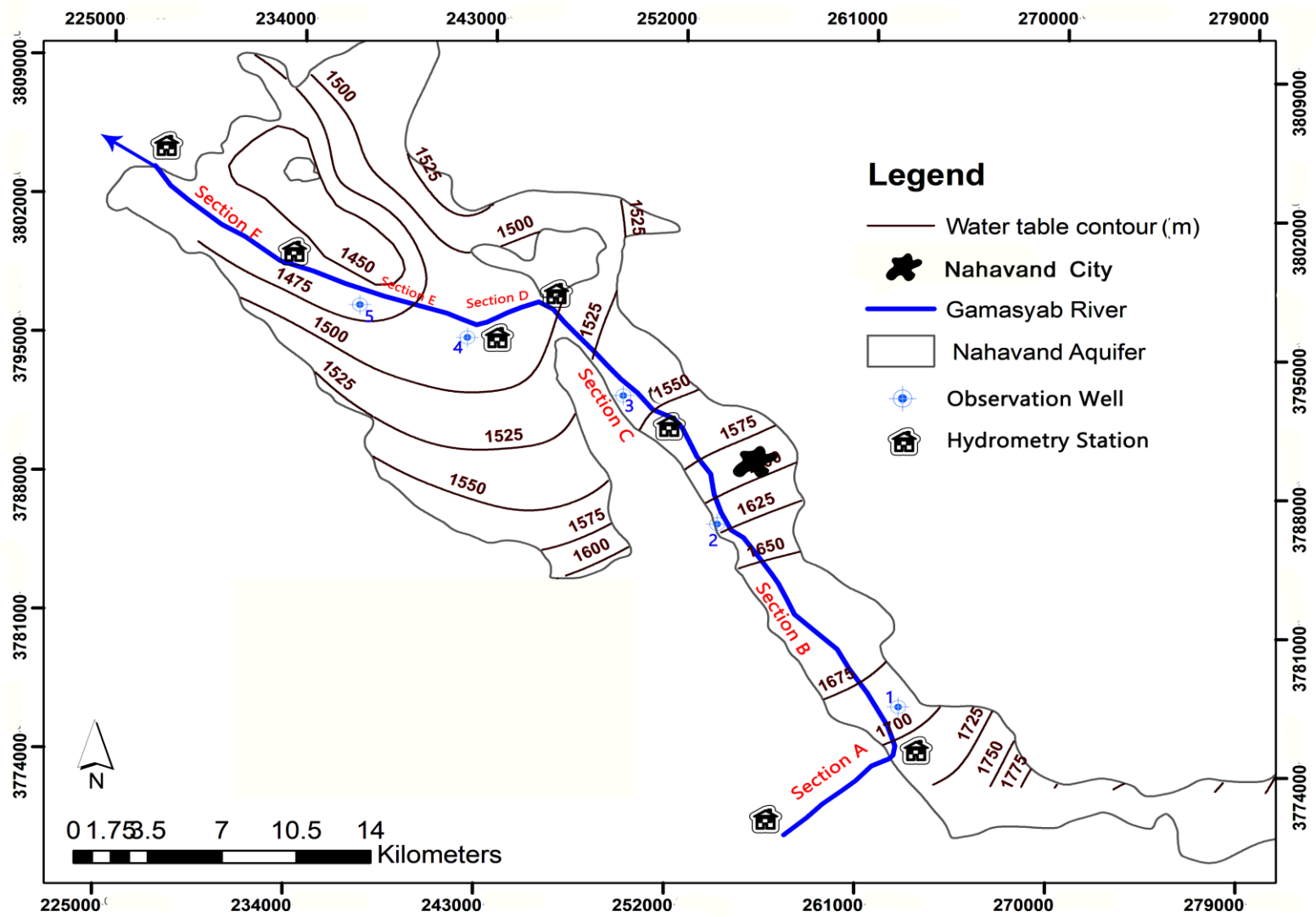
۴-۵ بررسی ارتباط آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب براساس خصوصیات کیفی

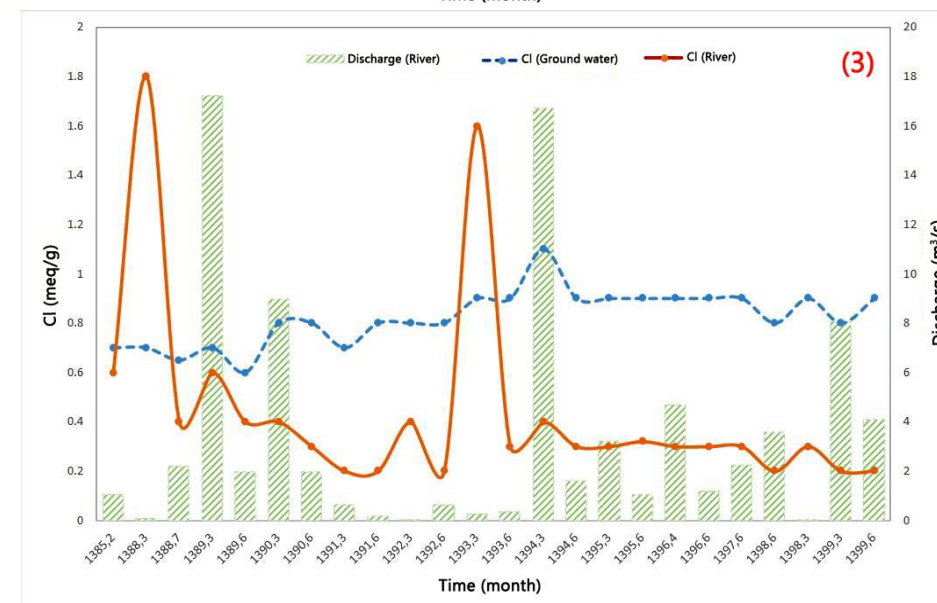
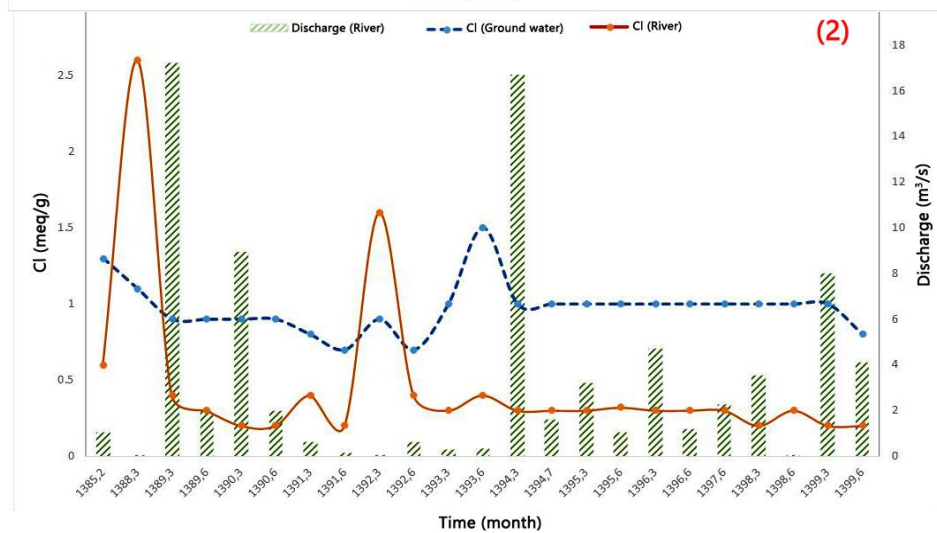
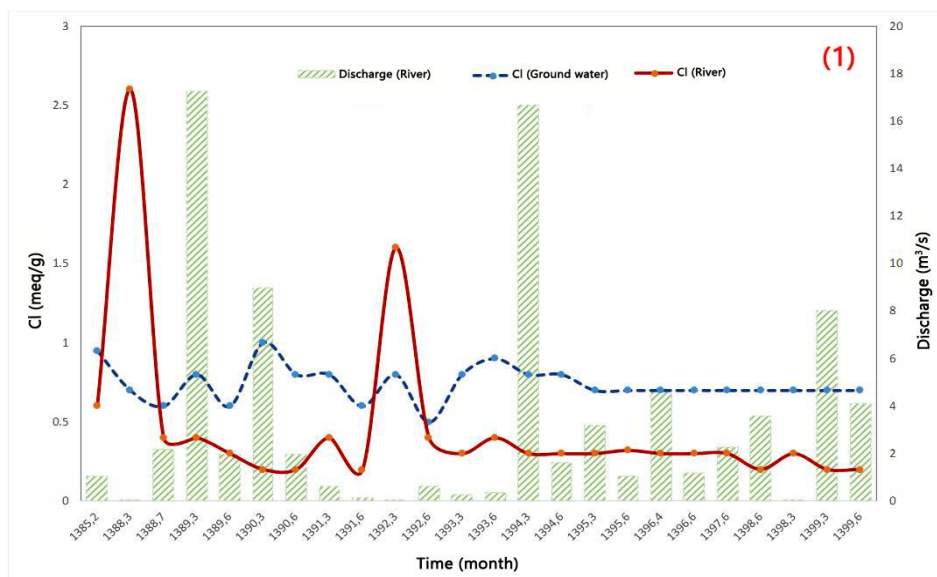
با استفاده از خصوصیات کیفی رودخانه و آبخوان می‌توان رابطه این دو منبع آبی را بررسی کرد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در هر دو منبع در صورت تبادلات آبی بین آن‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرند. جهت این بررسی‌ها می‌توان از پارمترهای هدایت الکتریکی، یون‌های اصلی، دما، ایزوتوپ‌ها پایدار و ناپایدار (دوتریوم، تریتیوم، اکسیژن ۱۸) و رادون ۲۲۲ استفاده نمود. در این پژوهش با استفاده از داده‌های هیدروشیمی و ایزوتوپی چاه‌های کشاورزی و انتخابی در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب در اقدام به بررسی ارتباط هیدرولیکی این منابع آبی شد.

۴-۵-۱ مطالعات سری‌های زمانی هیدروشیمی

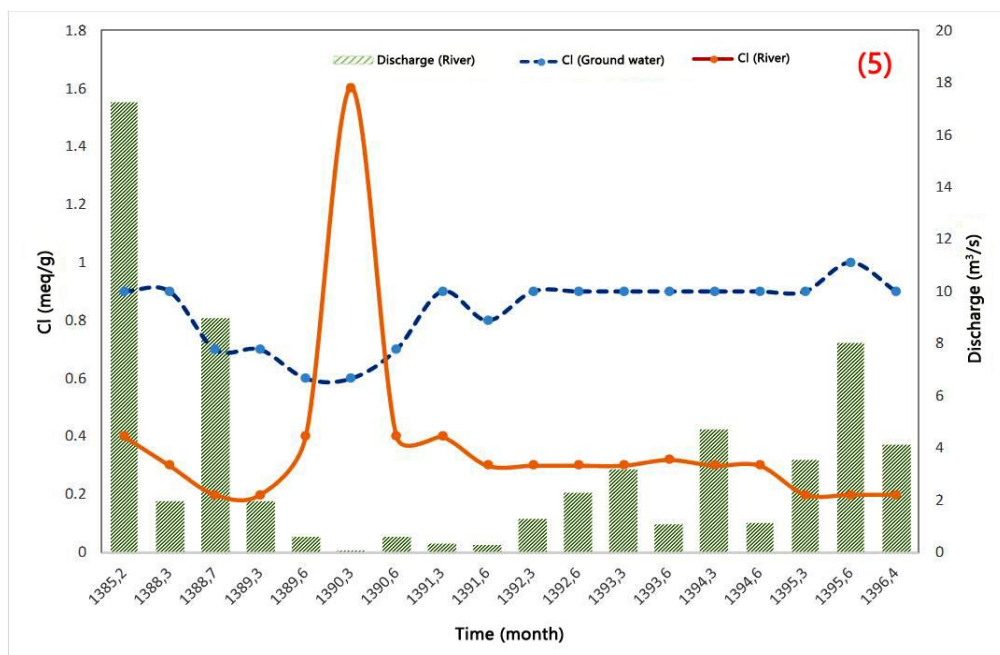
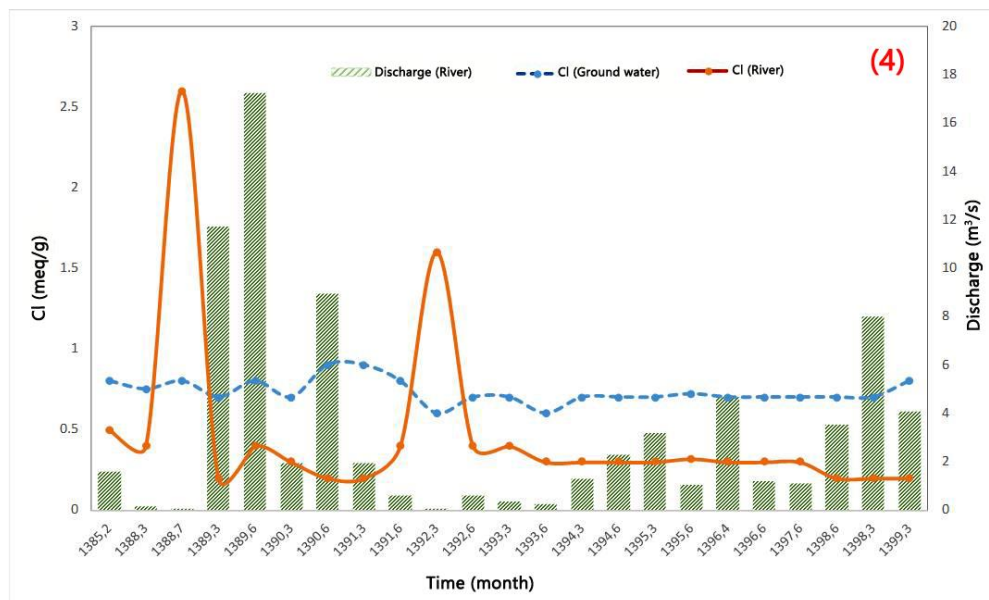
در اولین گام، داده‌های شیمیایی چاه‌های انتخابی کیفی سازمان آب منطقه‌ای همدان در آبخوان نهاوند که به‌صورت ماهیانه جهت آنالیز شیمیایی از آن‌ها نمونه‌برداری شده است، استفاده گردید. تعداد این چاه‌ها که از بین چاه‌های کشاورزی انتخاب شده‌اند ۲۰ حلقه بوده که داده‌های شیمیایی آن‌ها معرف هیدروشیمی آبخوان نهاوند می‌باشد. همچنین از رودخانه گاماسیاب نیز توسط این سازمان نمونه برداری شده است. با استفاده از داده‌های هیدروشیمی ۵ حلقه چاه (شکل ۴-۸) که در نزدیک‌ترین موقعیت به رودخانه گاماسیاب واقع شده‌اند اقدام به بررسی همزمان روند تغییرات هیدروشیمی این چاه‌ها با رودخانه گاماسیاب شد. مطابق بررسی‌های انجام شده یون کلر به‌دلیل وجود داده‌های کامل آن یون و واکنش‌ناپذیری آن با محیط زمینه‌ای، به‌عنوان یون شاخص (معرف) جهت بررسی انتخاب شد (Domenico and Franklin, 1998). با توجه به نتایج غلظت یون کلر در آب‌های زیرزمینی بالاتر از رودخانه می‌باشد که این موضوع نشان‌دهنده مدت زمان اقامت بیشتر آب در آبخوان می‌باشد به‌طوری‌که زمان کافی برای افزایش غلظت یون‌ها در آب فراهم شده است. بر خلاف آبخوان، در رودخانه به‌علت سرعت بالای آب فرصت کافی برای افزایش غلظت یون‌ها فراهم نبوده است. (Hounslow, 1995). با توجه به توضیح در صورتی‌که رودخانه دهنده باشد روند تغییرات شیمی آبخوان و رودخانه به هم نزدیک شده و احتمالاً منطبق بر هم می‌باشند. در صورتی که رودخانه گیرنده

باشد مقدار غلظت یون کلر در رودخانه و آبخوان دارای تفاوت زیاد خواهد بود (فاریابی و همکاران، ۱۳۹۵). روند تغییرات یون کلر در چاه‌های انتخابی آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب که در شکل ۴-۹ ارائه شده است، دارای رفتار مشابه‌ای می‌باشد. لازم به ذکر است در صورتی که تغییرات در نمودار غلظت هر دو منبع یک رفتار را دارا باشند، نشان‌دهنده ارتباط بین رودخانه و آب‌های زیرزمینی مجاور رودخانه می‌باشد. از نمودارهای ۱ تا ۵ در شکل ۴-۹ اینگونه استنباط می‌شود که الف) غلظت یون کلر در ماه‌های کم باران که نتیجه آن کاهش دبی رودخانه گاماسیاب است، افزایش می‌یابد. کاهش سرعت و کاهش دبی رودخانه، به افزایش واکنش آب با رسوبات بستر رودخانه کمک می‌کند ب) در نمودار ۱ تا ۴ روند مشابهی در غلظت یون کلر در رودخانه گاماسیاب و چاه‌های انتخابی در آبخوان نهاوند که در نزدیکی رودخانه گاماسیاب واقع شده‌اند، دیده می‌شود در نتیجه رودخانه گاماسیاب در مجاور چاه‌های انتخابی در ارتباط با آبخوان نهاوند می‌باشد. ج) در نمودار ۵ عدم وجود شباهت در روند غلظت یون کلر در چاه انتخابی و غلظت یون کلر در رودخانه گاماسیاب مشاهده می‌شود، که این موضوع نشان دهنده عدم ارتباط احتمالی بین این دو منبع آبی در این بخش می‌باشد. خلاصه نتایج حاصل از بررسی‌های کیفی رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند در جدول ۴-۵ ارائه شده است.





شکل ۴-۹ تغییرات زمانی غلظت یون کلر در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب



شکل ۴-۹ (ادامه) تغییرات زمانی غلظت یون کلر در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب

جدول ۴-۵ نتایج بررسی نوسانات غلظت یون کلر در چاه‌های انتخابی در آبخوان نهاوند جهت

بررسی بررسی ارتباط کیفی آبخوان و رودخانه

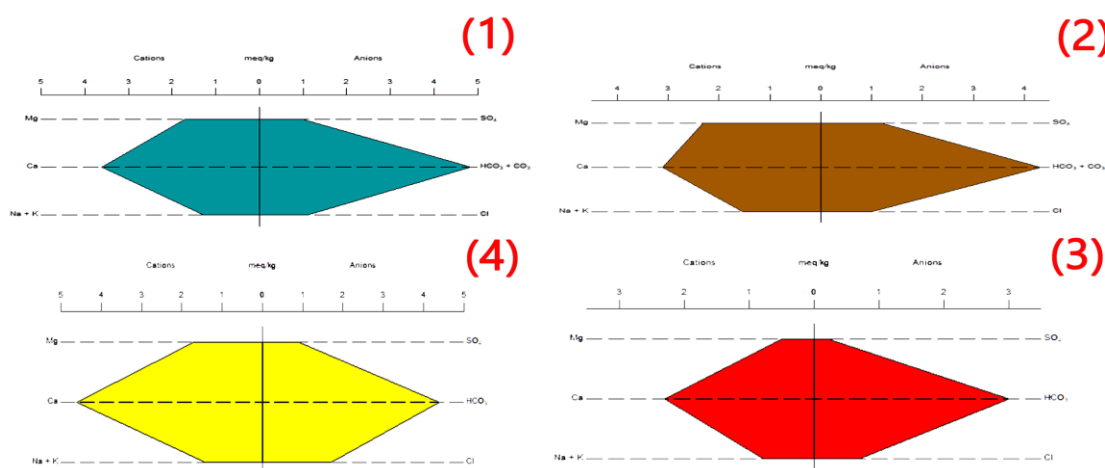
بخش	چاه انتخابی	ارتباط (رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند)	توضیحات
A	-	نامشخص	عدم وجود چاه انتخابی
B	۱ و ۲	وجود ارتباط	رفتار مشابه در روند تغییرات غلظت یون کلر در رودخانه گاماسیاب و چاه انتخابی
C	۳	وجود ارتباط	رفتار مشابه در روند تغییرات غلظت یون کلر در رودخانه گاماسیاب و چاه انتخابی
D	۴	وجود ارتباط	رفتار مشابه در روند تغییرات غلظت یون کلر در رودخانه گاماسیاب و چاه انتخابی
E	۵	عدم وجود ارتباط	عدم رفتار مشابه در روند تغییرات غلظت یون کلر در رودخانه گاماسیاب و چاه انتخابی
F	-	نامشخص	عدم وجود چاه انتخابی

۴-۵-۲ تغییرات مکانی هیدروشیمی

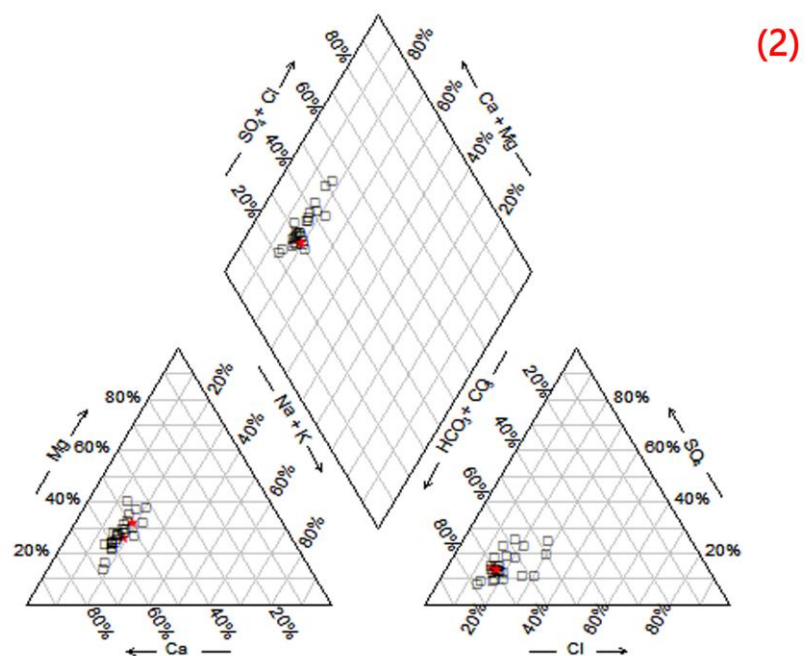
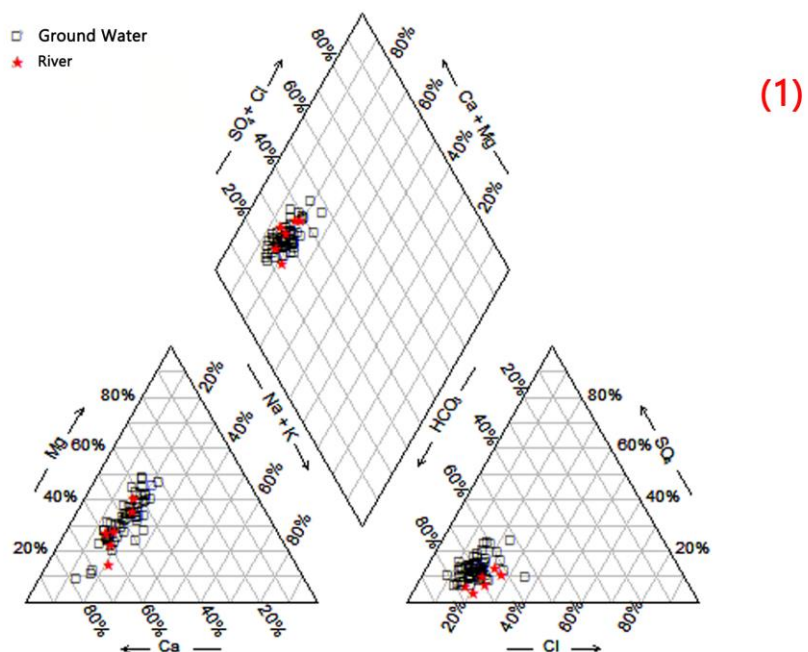
با استفاده از نتایج آنالیز ۷۰ نمونه برداشت شده در فصل تر (تیر) و ۲۹ نمونه برداشت شده در فصل خشک (مهر) که نتایج آنالیز آنها در فصل سوم ارائه شده است (جداول ۳-۱ و ۳-۲) اقدام به بررسی ارتباط بین رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند شد. بر اساس نمودار استیف و پایپر تیپ غالب شیمی در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب در هر دو فصل بی‌کربناته-کلسیک می‌باشد (شکل ۴-۱۰). لازم به توضیح است که تمامی نمونه‌ها در نمودار استیف در هر فصل دارای الگو مشابه هستند. با توجه به ساختار زمین شناسی منطقه علت آن مربوط به اثرگذاری سازندهای کربناته می‌باشد. نتایج دیاگرام پایپر (شکل ۴-۱۱) حاکی از قرار گرفتن همه نمونه‌های آب‌یرزمینی و رودخانه در کنار هم و در یک موقعیت از دیاگرام بوده که نشان‌دهنده اختلاط آبی رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند است، همه نمونه‌ها در بخشی از دیاگرام پایپر قرار گرفته که مربوط به آب‌های با سختی کربناته بالاتر از ۵۰ درصد و دارای سختی موقت می‌باشند (Hounslow, 1995). در بررسی دیگر با استفاده از نمودارهای دو متغیره، به بررسی منشاء آبی و همچنین روند تغییرات هیدروشیمی اقدام شد. در ابتدا با استفاده از نمودارهای Mg/Na در برابر Ca/Na جهت بررسی فرایند غالب شیمیایی حاکم بر آبخوان نهاوند، (Wagh et. al, 2019) به فرایند غلب هوازگی سنگ‌های کربناته در آبخوان نهاوند پی‌برده شد (شکل ۴-۱۲).

همچنین در نمودارهای دو متغیره یون‌های اصلی در برابر TDS، رابطه یون کلسیم با مقدار $R^2=0.58$ و همچنین با مقدار همبستگی مشابه با یون‌های سولفات و سدیم، نشان‌دهنده انحلال سنگ‌های آهکی و به مراتب کمتر سنگ‌های تبخیری در آبخوان نهاوند است (شکل ۴-۱۳). نتایج همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS (جداول ۴-۶، ۴-۷) تاییدکننده موارد فوق می‌باشد. با توجه به نتایج در صورتی که در نمودارهای دو متغیره، نمونه‌ها دارای روند مشابهی باشند، نشان‌دهنده ارتباط و آمیختگی آبی منابع سطحی و آب‌زیرزمینی می‌باشد (فارابی و همکاران، ۲۰۱۶). در نمودارهای دو متغیره (شکل ۴-۱۳) نمونه‌های آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب در دو فصل تر و خشک دارای روند مشابه بوده که می‌توان نتیجه گرفت این ارتباط بین رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند برقرار می‌باشد.

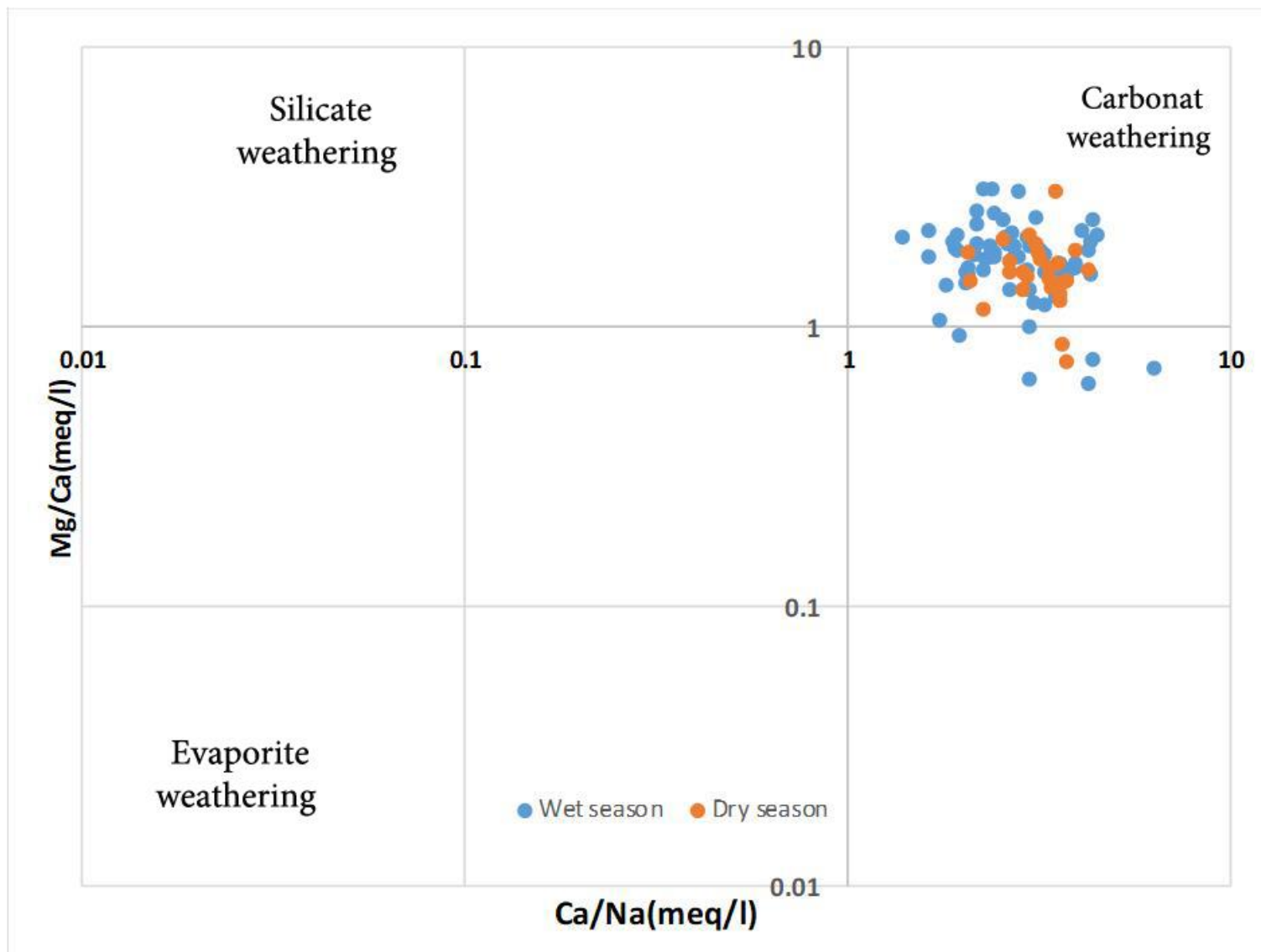
در مجموع با استفاده از نتایج نمودارهای دو متغیره و همبستگی بین مولفه‌هایی اصلی، عامل اصلی کنترل‌کننده شیمی آب در آبخوان نهاوند انحلال سنگ‌های کربناته و به صورتی کمتر سنگ‌های تبخیری می‌باشد. همچنین نتایج حاکی از ارتباط هیدرولیکی آبخوان نهاوند با رودخانه گاماسیاب در هر دو فصل تر و خشک می‌باشد.



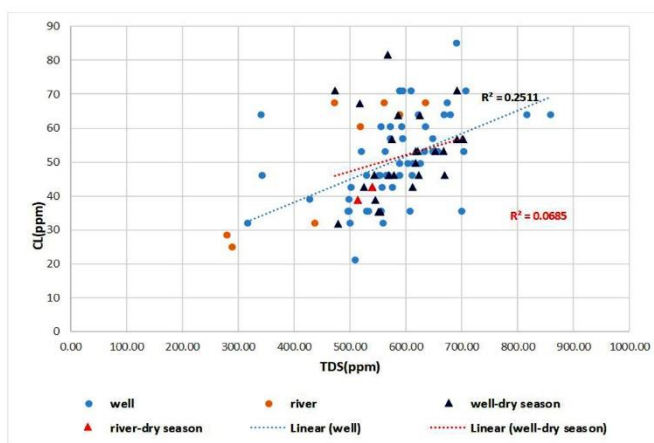
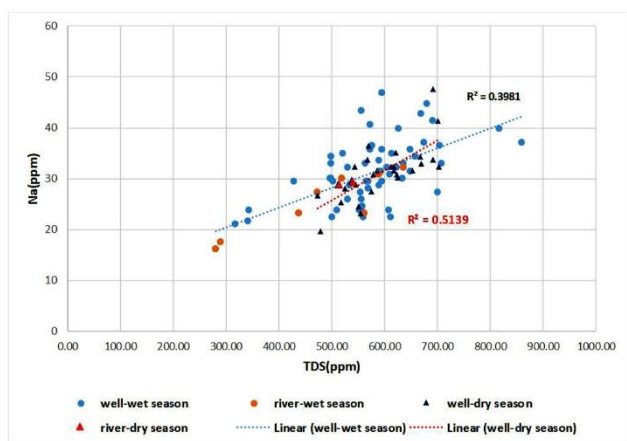
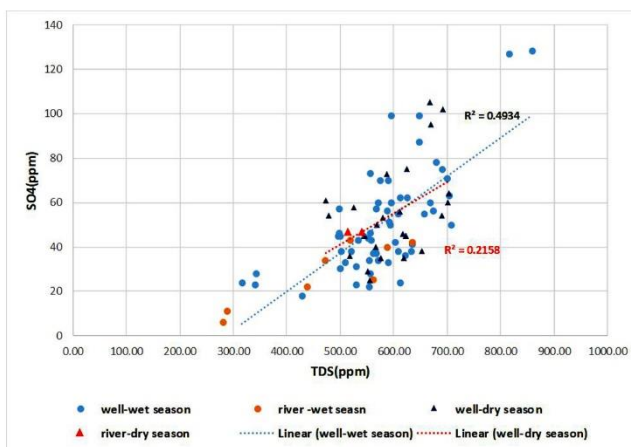
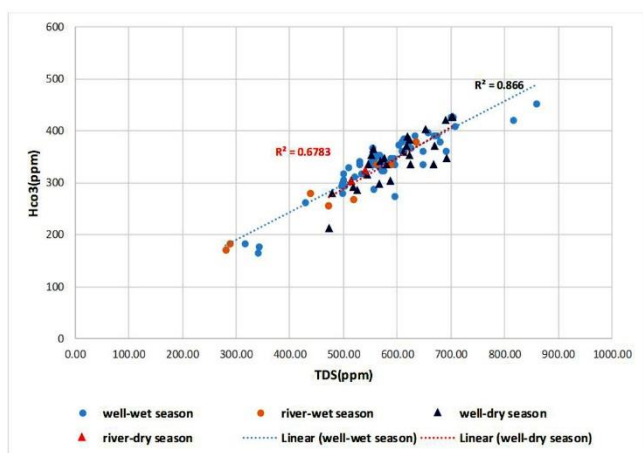
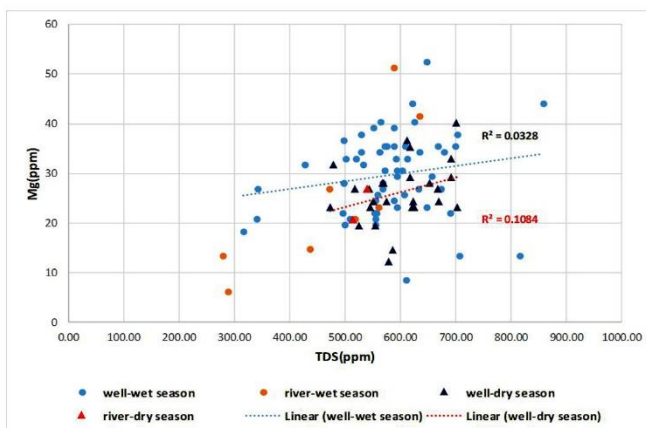
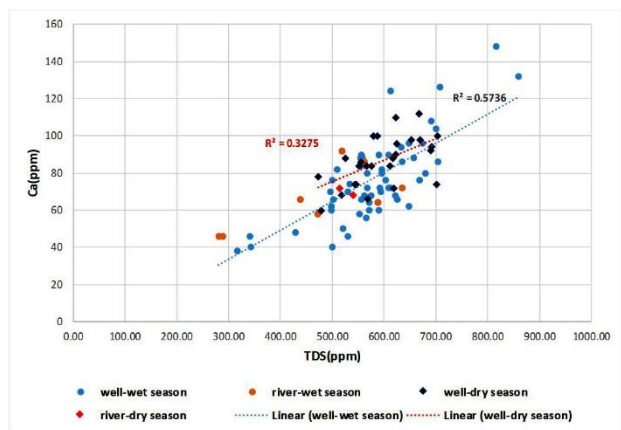
شکل ۴-۱۰ نمودار استیف فصل خشک (۱) و نمودار استیف فصل تر (۲) در آبخوان نهاوند و نمودار استیف فصل خشک (۳) و فصل تر (۴) در رودخانه گاماسیاب



(۱) و فصل خشک (۲)



شکل ۴-۱۲ تعیین فرایند شیمیایی غالب در آبخوان نهاوند



شکل ۴-۱۳ نمودارهای دو متغیره نسبت‌های یونی در فصول تر و خشک (آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب)

جدول ۴-۶ همبستگی یون‌های اصلی در فصل تر (تیر ۹۷)

	HCO ₃	SO ₄	CL	K	Na	Ca	Mg	TDS
HCO ₃	1							
SO ₄	.485	1						
CL	.324	.398	1					
K	.261	.209	.338	1				
Na	.439	.689	.609	.185	1			
Ca	.689	.518	.334	.365	.226	1		
Mg	.371	.270	.238	.046	.388	-.253	1	
TDS	.931	.731	.536	.342	.631	.757	.366	1

جدول ۴-۷ همبستگی یون‌های اصلی در فصل خشک (مهر ۹۷)

	SO ₄	Cl	Na	k	ca	Mg	TDS	HCO ₃
SO ₄	1							
Cl	.279	1						
Na	.524	.446	1					
K	-.127	-.266	.032	1				
ca	.465	.249	.324	-.044	1			
Mg	-.011	.079	.333	-.060	-.370	1		
TDS	.465	.262	.717	-.074	.607	.329	1	
HCO ₃	-.036	-.132	.409	.016	.308	.379	.824	1

۴-۶ بررسی ایزوتوپی

ایزوتوپ‌های پایدار ^2H و ^{18}O ردیاب‌های ایده‌آل طبیعی هستند که برای مطالعه چرخه هیدرولوژی بسیار کاربردی می‌باشند (Dajun et. al, 2011). با استفاده از اصل ردیابی ایزوتوپ‌های پایدار می‌توان به رابطه آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف پی‌برد و همچنین نرخ تبادل آب‌های سطحی و آب‌زیرزمینی را مشخص کرد (Song et. al, 2007). از سوی دیگر از نمودار دومتغیره ایزوتوپ اکسیژن و یون Cl به عنوان یون پایستار، در ردیابی و تخمین تغذیه آبخوان استفاده می‌شود (Liu and Yamanaka, 2012). در این تحقیق ۱۵ نمونه آب در فصل تر (تیرماه ۹۷) برداشت و مقدار

^{18}O و ^2H آن‌ها اندازه‌گیری شده است. موقعیت محل نمونه‌برداری در شکل ۴-۱۴ و ادامه خلاصه آماری مقدار ^{18}O و ^2H در رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند در جدول ۴-۸ ارائه شده است. همان‌گونه که از انحراف معیار داده‌ها برمی‌آید داده‌ها در رودخانه و آبخوان دارای پراکندگی کمی هستند که این انحراف کم نشان از ارتباط ایزوتوپی و شیمیایی نمونه‌ها می‌باشد مقدار ^{18}O و ^2H برای آبخوان و رودخانه حاکی از غنی‌تر بودن آبخوان از ایزوتوپ‌های پایدار نسبت به رودخانه می‌باشد. رابطه بین $\delta^{18}\text{O}$ و $\delta^2\text{H}$ در همه نمونه‌ها در شکل ۴-۱۵ نشان داده شده است. همه نمونه‌ها زیر خط جوی محلی قرار دارند که نشان‌دهنده تاثیر تبخیر و تعرق بر آن‌ها می‌باشد (Zhu et al., 2019) همچنین همه نمونه‌ها در کنار هم قرار می‌گیرند که اشاره به وجود ارتباط مابین رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند دارد.

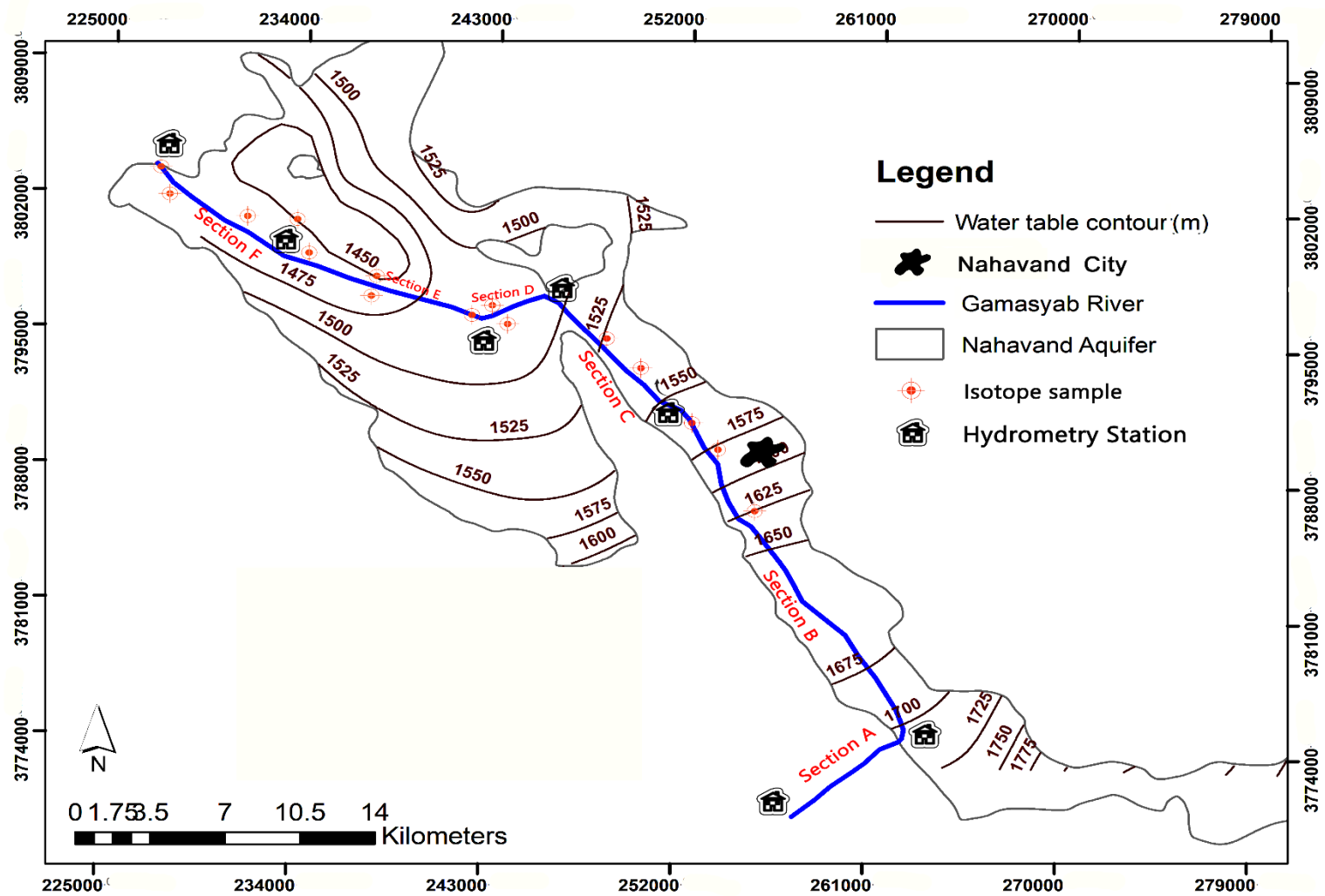
نمونه‌های با مقدار غلظت کمتر ایزوتوپ اکسیژن و دوتریوم در بخش ابتدای آبخوان (بخش B) قرار داشته و به سمت بخش‌های پایین‌دست و در مسیر رودخانه (C, D, E, F) غلظت ایزوتوپ اکسیژن و دوتریم افزایش یافته یا به عبارت دیگر غنی‌تر شده‌اند. این افزایش غلظت و یا غنی‌تر شدن ایزوتوپ‌های اکسیژن و دوتریوم بیشتر ناشی از فرایند تبخیر بوده است. این فرایند ممکن است در مسیر جریان و با تکامل آن رخ دهد.

در نمودار ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در مقابل غلظت یون کلر (شکل ۴-۱۶) سه نقطه به عنوان میانگین غلظت یون کلر و ایزوتوپ اکسیژن رودخانه، آبخوان و بارش مشخص شد. در ادامه نمونه‌ها در فضایی که به وسیله سه مقدار میانگین احاطه شده‌اند و تشکیل یک الگوی خطی را می‌دهند، قرار گرفته‌اند. بیشتر نمونه‌ها در میان این سه نقطه قرار می‌گیرند. که نشان‌دهنده‌ای ارتباط ما بین چرخه گردش آب در منطقه (بارش، آب سطحی، آب زیرزمینی) می‌باشد. از این الگو نتایج زیر بدست می‌آید.

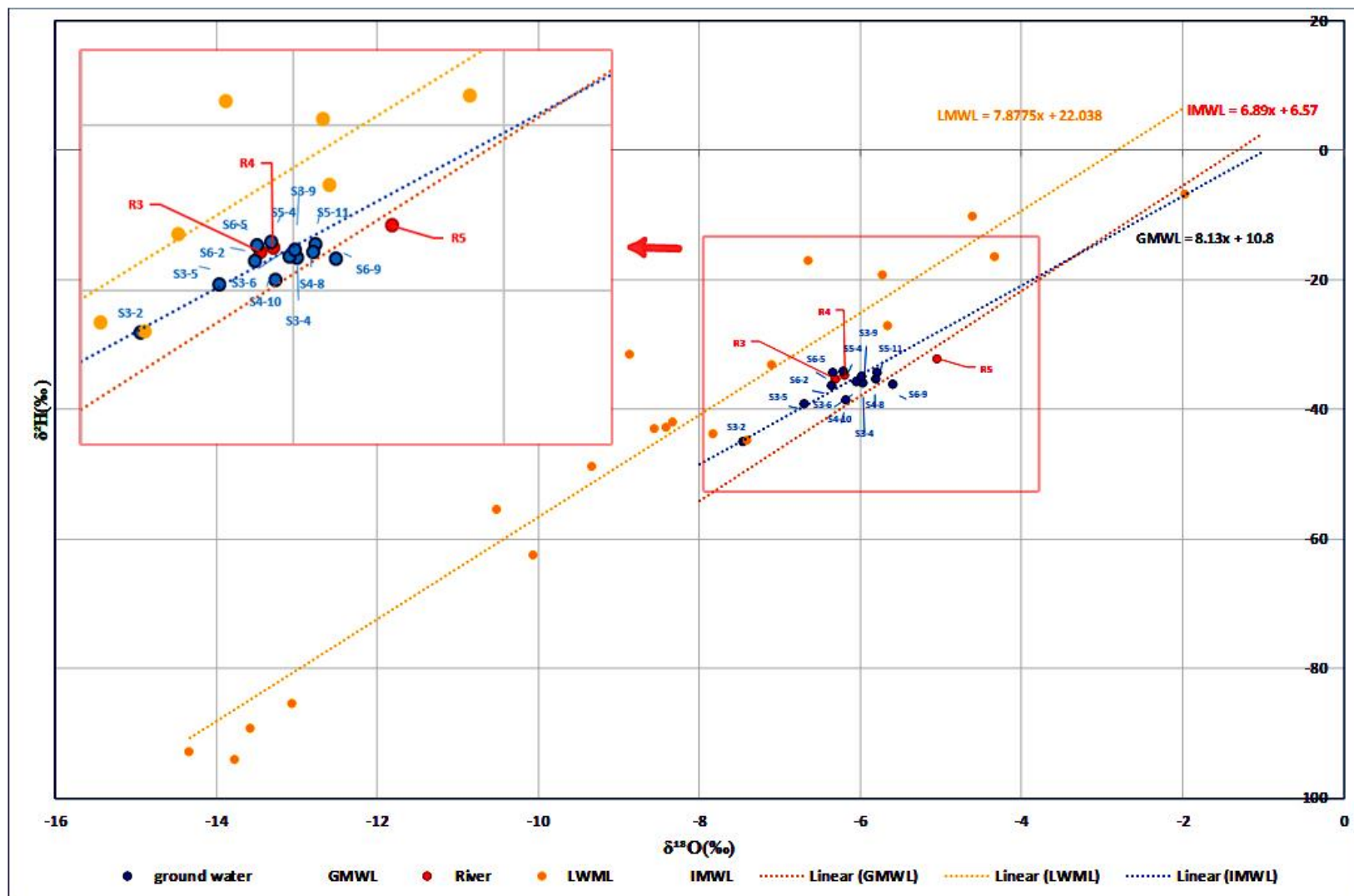
الف) با توجه به قرارگیری تعدادی از نمونه‌ها مابین مقدار میانگین رودخانه و بارش (s3-2, s6-5, s5-) بارش B, C, E, F در بخش‌های قرار گرفته‌اند. s5-4, s6-9, s5-1, s3-9, s6-2, 9) و موقعیت این نمونه که در بخش‌های قرار گرفته‌اند.

نشان‌دهنده عدم تاثیرپذیری این بخش‌های آبخوان از رودخانه و عدم تغذیه آبخوان به وسیله رودخانه است.

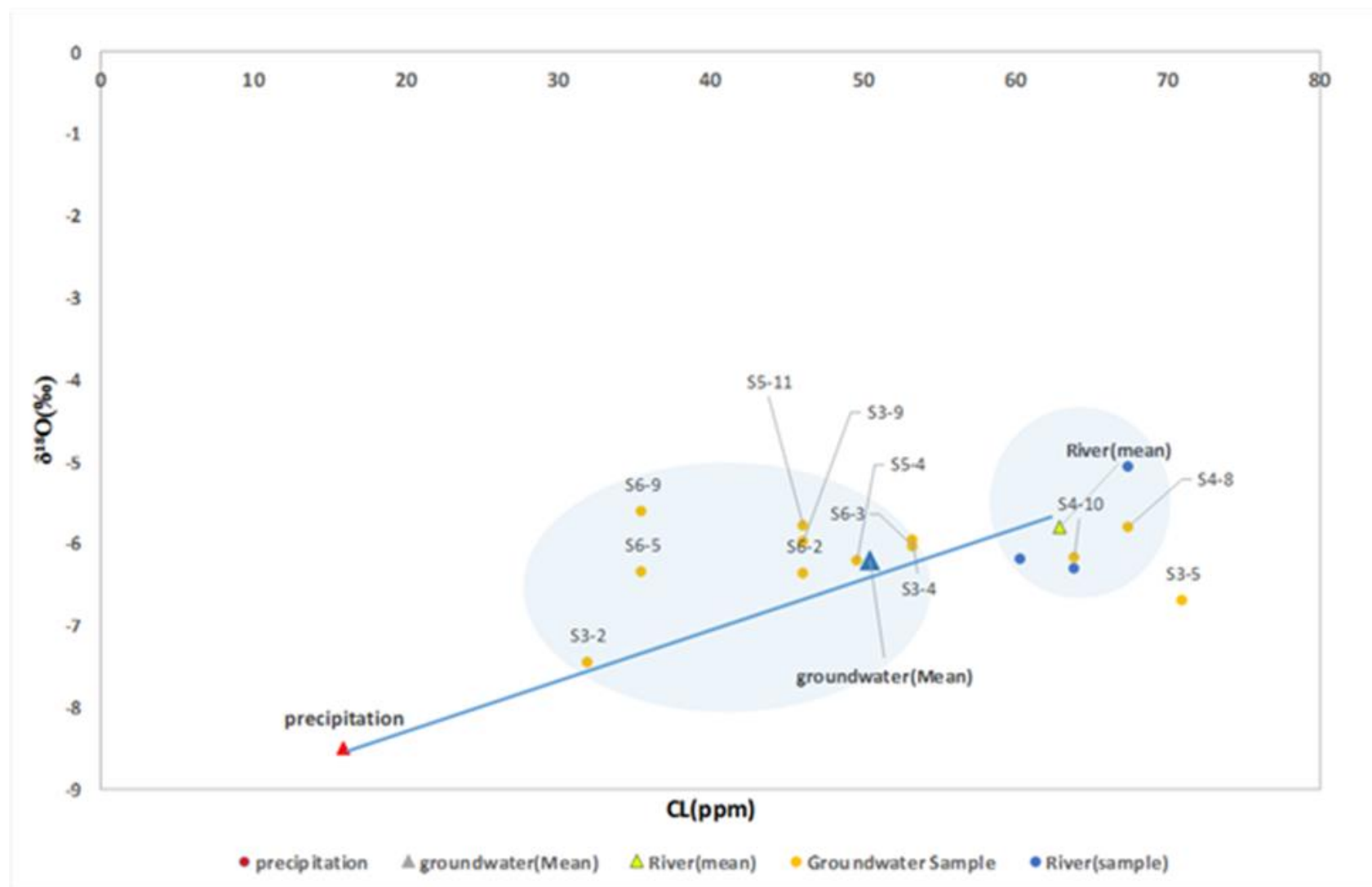
ب) با توجه به موقعیت برخی نمونه‌ها بین رودخانه و آبخوان (s3-4, s6-3)، که دارای فاصله قابل توجه از نقطه معرف مقدار میانگین غلظت یون کلر و ایزوتوپ اکسیژن آبخوان هستند و نزدیکی به مقدار میانگین رودخانه، نشان‌دهنده تاثیر رودخانه بر این بخش از آبخوان می‌باشد. از طرفی نمونه s3-5 با وجود قرار داشتن در بخش C دارای غلظت کلر بالایی می‌باشند، به‌طوری‌که از الگوی خطی رودخانه-آبخوان-بارش خارج می‌شوند که دلیل این افزایش، احتمالاً استفاده از کودهای شیمیایی و افت‌کش‌ها در بخش کشاورزی است (Zhu et al, 2019). دو نمونه‌هایی s3-4, s6-3 در بخش D آبخوان نه‌آوند قرار می‌گیرند که با توجه به موقعیت آن‌ها، نشان‌دهنده تغذیه آبخوان نه‌آوند به وسیله رودخانه گاماسیاب در این بخش آبخوان است که باعث شباهت و همگرایی در غلظت یون کلر و ایزوتوپ اکسیژن در این بخش آبخوان شده است (شکل ۴-۱۶). در جدول ۴-۹ خلاصه از رابطه آبخوان نه‌آوند و رودخانه گاماسیاب به روش بررسی ایزوتوپی آورده شده‌است.



شکل ۴-۱۴ موقعیت نقاط نمونه برداری ایزوتوپی در آبخوان نهاوند



شکل ۴-۱۵ رابطه بین اکسیژن و دوتریوم در نمونه‌های آبخوان نهند و رودخانه گاماسیاب



شکل ۴-۱۶ رابطه بین ایزتوپ اکسیژن و غلظت یون کلر در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب

جدول ۴-۸ خلاصه آماری نتایج آنالیز ایزوتوپی نمونه‌ها در فصل تر (تیر ۹۷)

type	¹⁸ O				² H			
	Min	Max	Mean	CV	Min	Max	Mean	CV
Ground water	-7.45	-5.60	-6.2008	0.49272	-44.90	-34.07	-36.6583	3.03381
Surface water	-6.31	-5.06	-5.8533	0.68966	-35.28	-32.14	-34.0400	1.67081

جدول ۴-۹ نتایج بررسی ایزوتوپ اکسیژن و دوتریوم در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب

بخش	نمونه	ارتباط (رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند)	توضیحات
A	—	نامشخص	عدم وجود نمونه
B	S3-2, s3-4	گیرنده	با توجه به موقعیت نمونه در نمودار ۴-۱۵
C	S3-9, s3-5	گیرنده	//
D	S4-10, s4-8	دهنده	//
E	S5-11, s5-4	گیرنده	//
F	S6-9, s6-5, s6,3	گیرنده	//

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱ مقدمه

در این فصل نتایج فصول قبلی این پژوهش، به منظور بررسی وجود و عدم وجود ارتباط هیدرولیکی در آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب با استفاده از پارمترهای فیزیکی و شیمیایی آورده شده است.

۵-۲ نتایج

۱. از بررسی نقشه هم‌پتانسیل و جهت جریان و ترسیم مقطع عرضی رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند مشخص گردید، رودخانه گاماسیاب با آبخوان نهاوند دارای ارتباط می باشند. به طوری که تراز سطح ایستابی در مجاور رودخانه گاماسیاب بالاتر از سطح آب در رودخانه می باشد. نشان دهنده این ارتباط که عمدتاً از نوع زهکشی آب توسط رودخانه گاماسیاب و از نوع گیرنده بودن است.

۲. نتایج حاصل از اندازه گیری هیدرومتری بر روی رودخانه گاماسیاب، که ۶ بخش تقسیم بندی شده تشکیل شده است. این بررسی با اندازه گیری تمامی ورودی ها و خروجی ها و محاسبه بیلان بر روی هر بخش صورت پذیرفت. نتایج نشان دهنده گیرنده بودن رودخانه گاماسیاب در بخش های A, B, C, F و دهنده بودن رودخانه در بخش های D, E می باشد.

۳. روند تغییرات سطح ایستابی و غلظت یون کلر در پیزومترها و چاه های انتخابی کیفی مجاور رودخانه گاماسیاب و دبی رودخانه و غلظت یون کلر در رودخانه که توسط شرکت آب منطقه ای همدان جمع آوری شده است، حاکی از آن است که تغییرات در مقدار تراز سطح ایستابی و دبی رودخانه و همچنین این تغییرات روند برای غلظت یون کلر در رودخانه و چاه های انتخابی کیفی در مجاور رودخانه گاماسیاب اغلب دارای مشابهت های یکسانی می باشند که موید وجود ارتباط در رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند می باشد.

۴. سازندهای غالب آهکی که در منطقه موجود هستند کاملاً خصوصیات کیفی آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب را تحت تاثیر قرار داده اند. نتایج کیفی آبخوان نهاوند و رودخانه حاکی از آن است،

تیپ غالب هیدروشیمی کربناته-کلسیت و عامل غالب تاثیر گذار بر آبخوان و رودخانه گاماسیاب هوازدگی سنگ‌های کربناته در هر دو فصل تر و خشک می‌باشد.

۵. در بررسی‌های ایزوتوپی ۱۵ نمونه از آبخوان نهاوند و رودخانه گاماسیاب که در نمودار دومتغیره اکسیژن و دوتریوم ترسیم شده است. حاکی از نتایج زیر می‌باشند.

الف) قرارگیری نمونه‌ها در یک محدوده و غالباً نزدیک به یکدیگر و همچنین وجود انحراف معیار کم در داده‌ها نشان دهنده وجود ارتباط کیفی در نتیجه ارتباط بین رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند می‌باشد

ب) همچنین وجود همه نمونه‌ها در زیر خط جوی محلی غنی شدن غلظت ایزوتوپ اکسیژن و هیدروژن که نتیجه تاثیر تبخیر و تعرق بر روی آبخوان نهاوند است را تایید می‌نماید.

ج) نتایج نمودار غلظت یون کلر و ایزوتوپ اکسیژن، موید وجود ارتباط در رودخانه گاماسیاب و آبخوان نهاوند می‌باشد از تجمع نمونه‌ها در اطراف نمونه میانگین آبخوان می‌توان نتیجه گرفت که در بخش‌های B, C, E, F رودخانه گاماسیاب گیرنده و تحت تاثیر آبخوان نهاوند می‌باشند و تجمع نمونه‌هایی بخش D در اطراف نقطه میانگین رودخانه گاماسیاب در نمودار غلظت کلر و ایزوتوپ اکسیژن حاکی از دهنده بودن این بخش از رودخانه می‌باشد.

نتایج کلی در جدول ۵-۱ ارائه شده است.

جدول ۵-۱ نتایج بررسی های ایزوتوپی، هیدرومتری، نقشه همپتانسیل

بخش	نتایج بررسی سطح آب در رودخانه و سطح آب زیرزمینی در مقاطع عرضی	نتایج بررسی نقشه هم پتانسیل آبخوان نھاوند	نتایج بررسی هیدرومتری	نتایج بررسی ایزوتوپی
A	گیرنده	گیرنده	گیرنده	نامشخص
B	گیرنده	گیرنده	گیرنده	گیرنده
C	گیرنده	دهنده-گیرنده	گیرنده	گیرنده
D	دهنده	گیرنده	دهنده	دهنده
E	گیرنده	نامشخص	دهنده	گیرنده
F	گیرنده	گیرنده	گیرنده	گیرنده

۵-۳ پیشنهادها

- حفر تعداد بیشتری از پیزومترها در مجاورت رودخانه گاماسیاب جهت پایش سطح ایستابی
- انتخاب چاه های انتخابی بیشتر در مجاورت رودخانه گاماسیاب جهت پایش تغییرات یون های اصلی
- احداث ایستگاه های هیدرومتری بیشتر بر روی رودخانه گاماسیاب جهت اندازه گیری دبی رودخانه
- در تقسیم بندی رودخانه به بخش های بیشتر و افزایش تعداد نقاط نمونه برداری ، می تولند نتایج دقیق تری در بررسی ارتباط رودخانه و آبخوان ارائه نمایند.

پیوست‌ها

کد متلب محاسبه دبی مقطع رودخانه

```
clc;
clear;
close all;
global r
global se
global ix
global iv
global iix
global speed
global area
global iv1
global iv2

x = [0,10,20,30,40,50,60,70,88];
d = [0,-20,-23,-20,-21,-17,-25,-23,0];
d1= [0,-10,-10,-10,-10,-10,-10,-10,0];
d2= [0,0,0,0,0,0,0,0,0];
v = [0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1];
v1 = [0,0.39,0.9,1.25,1.4,1.35,1.2,1,1.2];
v2 = [0,0.65,0.8,1.5,1.7,1.8,1.52,1.42,1.45];
g = numel(ix);

ix = linspace(min(x),max(x),100);
iv = interp1(x,v,ix,'spline');
iv1 = interp1(x,v1,ix,'spline');
iv2 = interp1(x,v2,ix,'spline');
id = interp1(x,d,ix,'spline');
id1 = interp1(x,d1,ix,'spline');
id2 = interp1(x,d2,ix,'spline');

for e1 = 1: g
    fv(1,:)= iv;
    fv(2,:)= iv1;
    fv(3,:)= iv2;
end
for e2 = 1 :g
    fd(1,:)= id;
    fd(2,:)= id1;
    fd(3,:)= id2;
end
for e3= 1:g
    id(1,:)= ix;
    id(2,:)= ix;
    id(3,:)= ix;
end
iix=interp1(x,d,ix,'spline');
```

```

ff = numel(v);
ave= sectionofriver4;

% for rf = 1:100
%   xfd = fd(:,rf);
%   xfv= fv(:,rf);
%   xid=id (:,rf);
%   ivv(:,rf) = interp1(xfd,xfv,xid,'spline');
% end

for i = 1:99
    i = i+1
    iix(i)=abs(iix(i))
end
area = sectionofrivr1(r);
speed = sectionofriver2(se);

dis1=0;
for b = 1:99

    dis (b) = speed(b)*area(b);
    dis1= dis1+dis(b);
end

ss= (iix)';
figure;
subplot(4,1,1);
imagesc(iix,ix,dis);
colorbar;
subplot(4,1,2);
imagesc(iix,ix,ave);
colorbar;
subplot(4,1,3);
plot(iix,'r','linewidth',1.5);
colorbar;
subplot(4,1,4);
contourf(id,fd,fv);

colorbar;

```


منابع

فاریابی، م؛ چیت سازان، منوچهر (۲۰۱۶): + بررسی برهمکنش رودخانه و آبخوان با استفاده از پارامترهای فیزیکوشیمیایی، مطالعه موردی: بخش شمالی محدوده دزفول- اندیمشک. فصلنامه زمین شناسی محیط زیست ۱۰ (34), pp. 101–115.

شهسواری ع، امین نجیبی س، خدائی ک، هاتفی ر، ۱۳۹۵، روش های اندازه گیری تبادل آب سطحی و زیرزمینی، جهاد دانشگاهی، جلد ۱، تهران

نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین شناسی دشت نهاوند، مطالعات آب منطقهای استان همدان و سازمان زمین شناسی کشور.

Shahsavary, A.A.; Najibi, M.A.; Khodaei, K.; Hatefi, R (2016): Measurement methods of groundwater-surface water interaction.

Danielopol, D. L.; Rouch, R.; Pospisil, P.; Torreiter, P.; Möszlacher, F. (1997): Ecotonal animal assemblages; their interest for groundwater studies. In Janine Gibert, Jacques Mathieu, F. G. A. Fournier (Eds.): Groundwater. Biological and hydrological interactions and management options / edited by Janine Gibert, Jacques Mathieu, and Fred Fournier. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press (International hydrology series), pp. 11–20.

Domenico, P.A. and Franklin, S.W. (1998): Physical and chemical hydrogeology: Wiley. Available online at <https://sci-hub.do/https://sci-hub.do/http://hawaiiidoh.com/references/domenico%201990.pdf>.

E. Kalbus, F. Reinstorf, and M. Schirmer (2006): Measuring methods for groundwater–surface water interactions: a review. Available online at <https://sci-hub.do/https://sci-hub.do/https://hess.copernicus.org/articles/10/873/2006/>.

Galloway, Devin L., and Thomas J. Burbey. (2011): Regional land subsidence accompanying groundwater extraction. Available online at <https://sci-hub.do/https://sci-hub.do/https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10040-011-0775-5.pdf>.

Hounslow, A.W (1995): Water quality data: analysis and interpretation: CRC press. Available online at <https://sci-hub.do/https://sci-hub.do/https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780203734117/water-quality-data-arthur-hounslow>.

Liu, Yaping; Yamanaka, Tsutomu (2012): Tracing groundwater recharge sources in a mountain–plain transitional area using stable isotopes and hydrochemistry. In Journal of Hydrology 464-465, pp. 116–126. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.06.053.

Qin, Dajun, et al (2011): Assessing impact of irrigation water on groundwater recharge and quality in arid environment using CFCs, tritium and stable isotopes, in the Zhangye Basin ... 405.1-2: Journal of Hydrology. Available online at <https://sci-hub.do/https://sci-hub.do/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411003416>.

Runkel, Robert L. (1998): One-dimensional Transport with Inflow and Storage (OTIS). A Solute Transport Model for Streams and Rivers: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.

Song, X., et al (2007): The study on the relationship between surface water and groundwater in the Huaisha river catchment based on environmental isotopes.

Todd, David Keith; Mays, Larry W. (2005): Groundwater hydrology. 3rd ed. / David Keith Todd, Larry W. Mays. New York, Great Britain: Wiley.

Wagh, Vasant Madhav; Mukate, Shrikant Vitthal; Panaskar, Dipak Baburao; Muley, Aniket Avinash; Sahu, Uday Laxmikant (2019): Study of groundwater hydrochemistry and drinking suitability through Water Quality Index (WQI) modelling in Kadava river basin, India. In SN Appl. Sci. 1 (10). DOI: 10.1007/s42452-019-1268-8.

Winter, Thomas C. (1998): Ground water and surface water. A single resource. Denver Colo.: U.S. Geological Survey (U.S. Geological Survey circular, 1139).

Zhu, Meijia; Wang, Shiqin; Kong, Xiaole; Zheng, Wenbo; Feng, Wenzhao; Zhang, Xianfu et al. (2019): Interaction of Surface Water and Groundwater Influenced by Groundwater Over-Extraction, Waste Water Discharge and Water Transfer in Xiong'an New Area, China. In Water 11 (3), p. 539. DOI: 10.3390/w11030539.

Anibas, C., Buis, K., Verhoeven, R., Meire, P. and Batelaan, O., 2011. A simple thermal mapping method for seasonal spatial patterns of groundwater–surface water interaction. Journal of hydrology, 397(1-2), pp.93-104.

Mencio, A., Galán, M., Boix, D. and Mas-Pla, J., 2014. Analysis of stream–aquifer relationships: A comparison between mass balance and Darcy's law approaches. Journal of Hydrology, 517, pp.157-172.

Zhang, Y., Wang, G., Wang, S., Yuan, R., Tang, C. and Song, X., 2018. Hydrochemical characteristics and geochemistry evolution of groundwater in the plain area of the Lake Baiyangdian watershed, North China Plain. *Journal of Groundwater Science and Engineering*, 6(3), pp.220-233.

Wang, S.; Shao, J.; Song, X.; Zhang, Y.; Huo, Z.; Zhou, X. Application of MODFLOW and geographic information system to groundwater flow simulation in North China Plain, China. *Environ. Geol.* 2008, 55, 1449–1462.

Wu, Y., Wen, X., Zheng, Y., (2004), "Analysis of the exchange of groundwater and river water by using Radon 222 in the middle Heihe basin of northwestern China", *Environmental Geology* 45, pp647-653.

Nozarpour, L., Chitsazan, M., Nadri, A. and Farhadimanesh, M., 2015. Evaluation of the Lour-Andimeshk Aquifer and the Dez-River Interaction: Using Modflow. *Advanced Applied Geology*, 5(3), pp.23-36.

Vanderk waak, J.E, 1999. Numerical simulation of flow and chemical transport in integrated surface-subsurface hydrologic systems. PhD dissertation, university of waterloo, Ontario, Canada.

Hoehn, E. and Scholtis, A., 2010. Exchange between a river and groundwater, assessed with hydrochemical data. *Hydrology & Earth System Sciences Discussions*, 7(6).

Biehler, A., Chaillou, G., Buffin-Bélanger, T. and Baudron, P., 2020. Hydrological connectivity in the aquifer–river continuum: Impact of river stages on the geochemistry of groundwater floodplains. *Journal of Hydrology*, 590, p.125379.

Unland, N.P., Cartwright, I., Andersen, M.S., Rau, G.C., Reed, J., Gilfedder, B.S., Atkinson, A.P. and Hofmann, H., 2013. Investigating the spatio-temporal variability in groundwater and surface water interactions: a multi-technique approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(9), pp.3437-3453.

Clark, I., Fritz, P. (1987), “Environmental isotopes in Hydrogeology”.

Abstract

Investigation of interaction between aquifers and rivers is one of the most important issues that has been considered by the hydrogeology experts. The Gamasyab River in Hamadan province with the length of about 70 kilometers originates from the Gamasyab spring at the northeast of Nahavand plain and flows toward the northwest where it enters to the Kermanshah province. Gamasyab is a perennial river. Due to the environmental importance and management of water resources, the interaction between the river and aquifer has been studied in this research.

Based on the field studies the Gamasyab river path was divided into six parts and flow rates (discharge) were measured in hydrometry stations. In addition, water samples from river and groundwater aquifer were collected during the wet (July) and dry (October) seasons. Water samples were analyzed for the major ions and stable isotopes of deuterium and oxygen-18 in water and environment lab of the Shahrood University of technology and Iranina Mesbah Energy Company, respectively. The hydrometry measurements revealed the hydraulic connections between the surface and groundwaters as the river is mostly draining the aquifer. Water table elevation and river discharge time series were also analyzed to investigate the river-aquifer interactions and the results confirmed the hydraulic connections. Based on the hydrochemical studies using composite plots, Pieper diagram and correlation coefficients between major ions, the major water-type of the aquifer was determined as Ca-HCO₃ which proves the major effect of surrounding carbonate rocks dissolution on the aquifer chemistry. The isotopic studies showed that except part D with the losing character, the river is mostly gaining along its path on Nahavand plain. Based on the results of different methods applied in the current research, the Gamasyab River was determined as a gaining river in most parts.

Keywords: Hydrometry, Stable isotopes, Gamasyab, Nahavand, Hamadan



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

M.Sc. Thesis in Environmental Geology

Investigating the hydraulic connection of the Nahavand aquifer and Gamasiab River

By:

Sajjad Moradi Nazar Poor

Supervisor

Dr. Hadi Jafari

September 2021