

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی

بررسی افت سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار و ارائه راهکارهای بهبود آن

نگارنده: فاطمه محمدی

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

مهر ۱۳۹۹

تقدیم به او که آموخت مرا تا بیاموزم

استاد گرامی جناب آقای دکتر کرمی

تقدیم به آنان که وجودم جز هدیه وجودشان نیست

پدر و مادر عزیزم

سپاسگزاری

سپاس آفریدگار جان و خرد را که در راه علم و دانش تا به امروز همراه اولم بود و دستم را گرفت تا در این راه با موفقیت گام بردارم ، چرا که اگر او نمی خواست، نمی شد.

از استاد راهنمای محترم و دلسوز، آقای دکتر غلامحسین کرمی، نهایت تشکر و قدردانی را دارم، ایشان که با توجه و صبر بسیار ، راهنما و مشوق اینجانب، در تکمیل این پایان نامه بودند.

از زحمات تمامی اساتید دلسوز و محترم گروه زمینشناسی دانشکده علوم زمین به ویژه جناب آقایان دکتر جعفری و دکتر باقری که در طول مدت انجام این پایان نامه از راهنمایی ها و همکاری های بی دریغشان بهره برده ام و خانم ها فارسی و سعیدی که با صبر و حوصله بسیار اینجانب را در انجام این پایان نامه راهنمایی کردند نهایت تشکر و قدردانی را دارم .

از خواهر و برادرهای عزیز و مهربانم که در تمامی طول تحصیلاتم همواره پشتیبان و همراه من بودند نهایت تشکر را دارم.

از تمامی دوستان گرامی به ویژه خانم ها و آقایان علی علیجانی، اعظم عابدی، سیده سعیده ابوالفضلی ، علی عباسپور و همه دوستانی که در تمامی مراحل انجام این پایان نامه و نیز در طی مدت تحصیلاتم، نهایت کمک و همیاری را در حق اینجانب نمودند، کمال تشکر را دارم.

در پایان ، از خداوند منان آرزوی توفیق روز افزون، برای ایشان و سلامتی را مسئلت می نمایم.

فاطمه محمدی

تعهد نامه

اینجانب فاطمه محمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آب‌شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه بررسی افت سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار و ارائه راهکارهای بهبود آن تحت راهنمایی دکتر غلامحسین کرمی متعهد می‌شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

دشت شهریار که یکی از دشت‌های مهم کشور می‌باشد به دلیل بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آب زیرزمینی دچار افت شدید شده است. با توجه به بررسی داده‌های سطح آب اندازه‌گیری شده در ۴۱ پیزومتر موجود در دشت طی دوره آماری (۱۳۶۳-۱۳۹۳)، مشاهده شد که میزان افت در همه‌ی قسمت‌های دشت یکسان نیست. بیشترین میزان افت در قسمت‌های شمال دشت (شهرستان شهریار، اندیشه و شهرقدس) رخ داده است که علت آن عمدتاً بهره‌برداری بیش از حد از آبخوان می‌باشد. به تدریج به سمت جنوب دشت از میزان افت کاسته شده و در قسمت‌های جنوبی (شهرستان رباط‌کریم و گلستان) افت سطح آب زیرزمینی به حداقل رسیده است و در نقاطی نیز بالآمدگی سطح آب مشاهده شده است. با توجه به مقدار افت محاسبه شده در هریک از پیزومترها طی دوره ۳۰ ساله، دشت شهریار به سه زون شمالی (افت زیاد)، مرکزی (افت متوسط) و جنوبی (افت کم) تقسیم بندی گردید. پیزومترهای زون شمالی دارای بیشترین افت در منطقه می‌باشند که علت این افت بهره‌برداری بی‌رویه، فعالیت‌های کشاورزی و نیز انتقال آب به شهر جدید اندیشه می‌باشد. میزان افت در پیزومترهای زون مرکزی به نسبت زون شمالی کاهش یافته که علت افت در این زون وجود فعالیت‌های کشاورزی و برداشت بیش از حد از آبخوان است. در پیزومترهای زون جنوبی بالآمدگی سطح آب مشاهده شده که علت آن افزایش توسعه شهری، افزایش تغذیه، کاهش شدید فعالیت‌های کشاورزی و در نتیجه کاهش برداشت می‌باشد. همچنین مطالعات انجام شده در تغییرات کاربری اراضی این دشت و بررسی آن با میزان افت در سه زون شمالی، مرکزی و جنوبی نشان داد که رابطه‌ی قابل توضیحی میان روند تغییرات سطح آب زیرزمینی و چگونگی تغییرات پوشش گیاهی اراضی در دشت وجود دارد. با توجه به اینکه رابطه قطعی میان تغییرات مناطق شهری و افت سطح آب زیرزمینی وجود ندارد لذا علت اصلی افت سطح آب، افزایش پوشش گیاهی می‌باشد. شناسایی نقاط مناسب دشت جهت تغذیه مصنوعی، استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای انجام تغذیه مصنوعی در دشت و مصارف گوناگون دیگر، مدیریت صحیح و همه جانبه در بهره‌برداری و مصرف منابع آبی و نیز کاهش پمپاژ از آبخوان خصوصاً در بخش‌های شمالی دشت به منظور جلوگیری از افت بیشتر، از راهکارهای ارائه شده می‌باشد.

کلمات کلیدی: دشت شهریار، افت سطح آب زیرزمینی، تغذیه مصنوعی

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه	۱
۱-۱- بیان مسأله و هدف از انجام تحقیق	۲
۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه	۳
۳-۱- آب و هوای منطقه	۵
۴-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه	۹
۱-۴-۱- چینّه شناسی	۱۲
۱-۴-۱-۱- ائوسن (سازند کرج)	۱۲
۱-۴-۱-۲- ائوسن میانی	۱۳
۱-۴-۱-۳- نئوژن	۱۳
۱-۴-۱-۴- کواترنری	۱۴
۲-۴-۱- زمین شناسی ساختاری منطقه	۱۷
۵-۱- هیدرولوژی دشت شهریار	۱۸
۱-۵-۱- رودخانه کن	۱۸
۲-۵-۱- رودخانه کرج	۱۹
۳-۵-۱- رودخانه فصلی شادچای	۱۹
۴-۵-۱- رودخانه چیتگر	۲۰
۶-۱- هیدروژئولوژی دشت شهریار	۲۱
فصل دوم مروری بر مطالعات پیشین در ارتباط با افت سطح آب زیرزمینی	۲۳
۱-۲- عوامل تأثیرگذار بر نوسانات سطح آب زیرزمینی	۲۴
۲-۲- برداشت بیرویه از آب‌های زیرزمینی	۲۵
۳-۲- اثر تغییرات اقلیمی بر کمیت منابع آب زیرزمینی	۲۹
۴-۲- نقش توسعه شهری بر نوسانات سطح آب زیرزمینی	۳۲
۵-۲- نقش فاضلاب‌های شهری و صنعتی و پساب‌ها	۳۴
۶-۲- روش‌های رایج جبران افت سطح آب زیرزمینی	۳۶
فصل سوم روش انجام کار	۴۱
۱-۳- جمع آوری آمار و اطلاعات سطح آب زیرزمینی دشت شهریار	۴۳
۲-۳- تکمیل و تصحیح آمار و اطلاعات مربوط به پیزومترهای موجود در منطقه	۴۳
۳-۳- ترسیم نقشه‌ی زمین شناسی پایه منطقه	۴۴
۴-۳- ترسیم نقشه‌ها و نمودارهای کمی آبخوان	۴۴

۴۴	۳-۵- ترسیم هیدروگراف‌های معرف برای نقاط مختلف دشت
۴۵	۳-۶- پهنه بندی دشت به لحاظ افت
۴۵	۳-۷- بررسی تغییرات زمانی نرخ افت در دشت و عوامل مؤثر بر آن
۴۵	۳-۸- بررسی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای
۴۷	فصل چهارم بررسی افت سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار
۴۸	۴-۱- تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت شهریار
۴۹	۴-۲- ارزیابی وضعیت افت در دشت
۵۴	۴-۳- تکمیل و تصحیح آمار سطح آب زیرزمینی
۵۵	۴-۴- بررسی افت سطح آب زیرزمینی در هریک از پیزومترها
۵۶	۴-۴-۱- بررسی افت در بازه‌های زمانی مختلف
۵۷	۴-۴-۱-۱- پیزومترهای زون شمالی
۵۸	۴-۴-۱-۲- پیزومترهای زون مرکزی
۵۹	۴-۴-۱-۳- پیزومترهای زون جنوبی
۶۰	۴-۴-۲- نقشه هم پتانسیل دشت در ابتدا و انتهای دوره‌ی مورد مطالعه
۶۳	۴-۴-۳- تهیه نقشه هم افت دشت شهریار
۶۴	۴-۴-۴- هیدروگراف طولانی مدت برای دشت شهریار
۶۶	۴-۴-۱- هیدروگراف زون شمالی
۶۷	۴-۴-۲- هیدروگراف زون مرکزی
۶۸	۴-۴-۳- هیدروگراف زون جنوبی
۶۸	۴-۴-۵- پهنه‌بندی افت در دشت شهریار
۷۰	۴-۵- تصویر ماهواره‌ای و نقشه پوشش اراضی
۷۵	۴-۶- بررسی راهکارهای عملی برای بهبود وضعیت آبخوان
۷۶	۴-۶-۱- استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده
۸۱	۴-۶-۲- محل انتخابی تغذیه مصنوعی
۸۱	۴-۶-۲-۱- ارائه راهکار برای مناطق با افت زیاد
۸۱	۴-۶-۲-۱-۱- رودخانه کن و شن‌چاله‌های منطقه
۸۴	۴-۶-۲-۱-۲- منطقه‌ی سعیدآباد
۸۶	۴-۶-۲-۱-۳- منطقه‌ی هفت جوی کرج
۸۷	۴-۶-۲-۲- ارائه راهکار برای مناطق با افت کم
۸۷	۴-۷- مدیریت مصرف و ذخیره آب
۹۱	فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادها

۹۲	 نتیجه گیری	۵-۱
۹۲	 جمع بندی وضعیت افت دشت شهریار	۵-۱-۱
۹۳	 نتایج حاصل از بررسی تغییرات کاربری اراضی	۵-۱-۲
۹۳	 پیشنهادات	۵-۲
۹۵	 مراجع	

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۴
- شکل ۱-۲- نمودار امپروترمیک ایستگاه سعیدآباد ۷
- شکل ۱-۳- نمودار امپروترمیک ایستگاه پرندک ۷
- شکل ۱-۴- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۱
- شکل ۱-۵- نقشه گسل‌های دشت شهریار ۱۷
- شکل ۱-۶- موقعیت رودخانه‌های منطقه ۲۰
- شکل ۱-۴- موقعیت پیزومترهای دشت شهریار ۴۹
- شکل ۴-۲- هیدروگراف پیزومترهای هفت‌جوی، اصیل‌آباد و تقی‌آباد ۵۶
- شکل ۴-۳- نمودار مقادیر افت ۳۰ ساله‌ی دشت در زون‌ها ۵۷
- شکل ۴-۴- مقادیر افت پیزومترهای زون شمالی در سه دهه ۵۸
- شکل ۴-۵- مقادیر افت پیزومترهای زون مرکزی در سه دهه ۵۹
- شکل ۴-۶- مقادیر افت پیزومترهای زون جنوبی در سه دهه ۶۰
- شکل ۴-۷- نقشه‌ی هم‌پتانسیل دشت در سال اول دوره آماری (۶۳) ۶۱
- شکل ۴-۸- نقشه‌ی هم‌پتانسیل دشت در سال آخر دوره آماری (۹۳) ۶۲
- شکل ۴-۹- نقشه هم‌افت دشت شهریار طی دوره ۳۰ ساله ۶۴
- شکل ۴-۱۰- هیدروگراف معرف دشت شهریار طی دوره آماری ۳۰ ساله ۶۵
- شکل ۴-۱۱- هیدروگراف معرف زون شمالی دشت طی دوره ۳۰ ساله ۶۶
- شکل ۴-۱۲- هیدروگراف معرف زون مرکزی دشت طی دوره ۳۰ ساله ۶۷
- شکل ۴-۱۳- هیدروگراف معرف زون جنوبی دشت طی دوره ۳۰ ساله ۶۸
- شکل ۴-۱۴- پهنه‌بندی دشت شهریار ۶۹
- شکل ۴-۱۵- نقشه پوشش گیاهی دشت شهریار در سال ۱۳۶۳ ۷۱
- شکل ۴-۱۶- نقشه پوشش گیاهی دشت شهریار در سال ۱۳۷۳ ۷۱
- شکل ۴-۱۷- نقشه پوشش گیاهی دشت شهریار در سال ۱۳۸۳ ۷۲
- شکل ۴-۱۸- نقشه پوشش گیاهی دشت شهریار در سال ۱۳۹۳ ۷۲
- شکل ۴-۱۹- نقشه مناطق شهری دشت شهریار در سال ۱۳۶۳ ۷۳
- شکل ۴-۲۰- نقشه مناطق شهری دشت شهریار در سال ۱۳۷۳ ۷۴
- شکل ۴-۲۱- نقشه مناطق شهری دشت شهریار در سال ۱۳۸۳ ۷۴
- شکل ۴-۲۲- نقشه مناطق شهری دشت شهریار در سال ۱۳۹۳ ۷۵
- شکل ۴-۲۳- شن‌چاله‌های اطراف رودخانه کن ۸۳

- شکل ۴-۲۴- نمودارافت در منطقه سعیدآباد ۸۵
- شکل ۴-۲۵- شن چاله‌های اطراف بزرگراه آزادگان..... ۸۵
- شکل ۴-۲۶- نمودار افت در منطقه‌ی هفت‌جوی ۸۶

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- میانگین دما و بارندگی منطقه‌ی مورد مطالعه ۶
- جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن ۹
- جدول ۱-۴- ارتفاع سطح ایستابی (متر) در ۴۰ پیزومتر موجود در دشت ۵۰
- جدول ۲-۴- مقدار افت تراز آب زیرزمینی (متر) در پیزومترهای موجود در دشت ۵۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱- بیان مسأله و هدف از انجام تحقیق

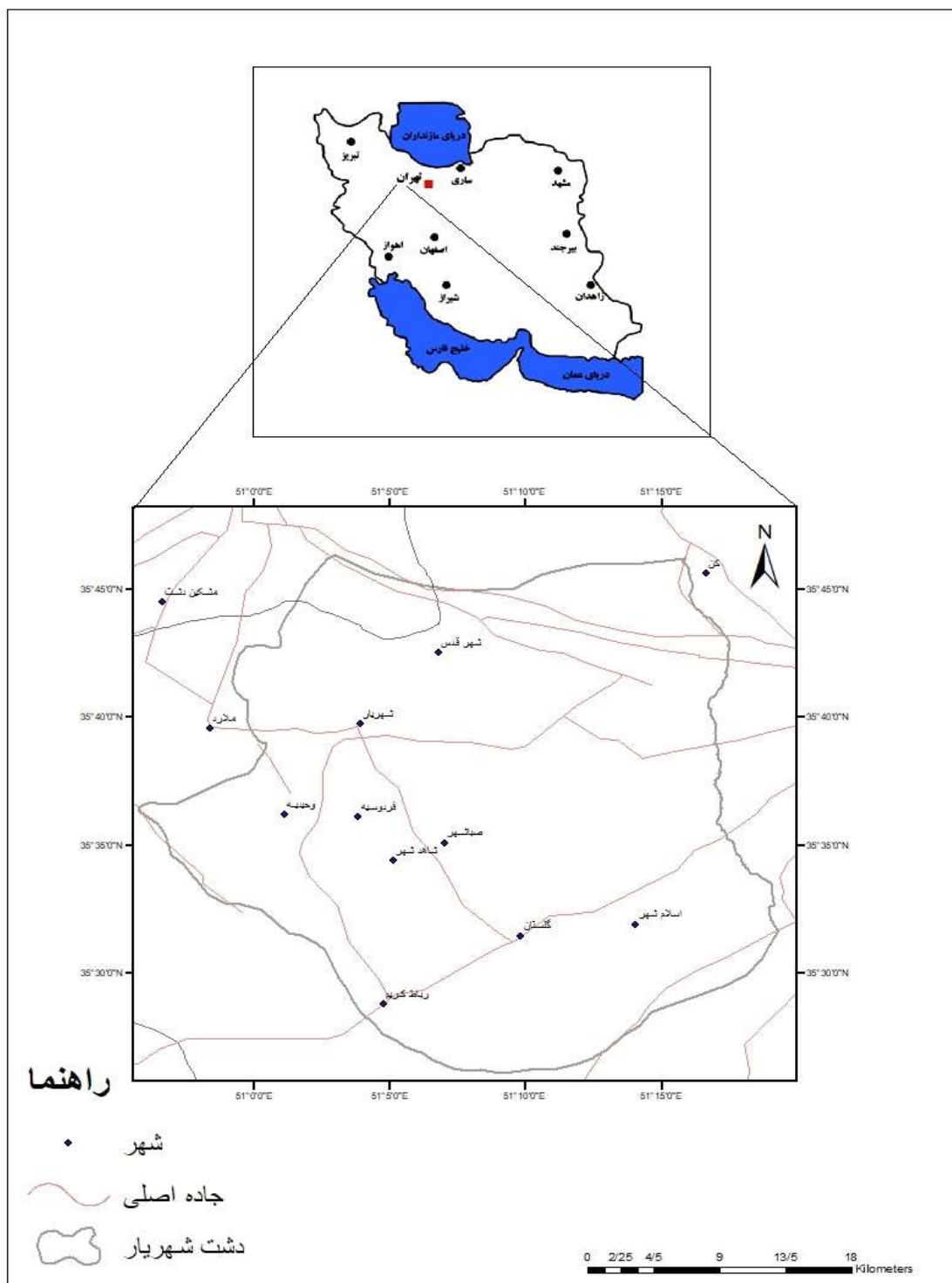
رشد و توسعه روزافزون جمعیت و فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و نیاز شرب دشت‌های تهران، شهریار، ورامین و کرج با توجه به افزایش جمعیت و محدود بودن منابع آب و همچنین بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی باعث افت سطح آب زیرزمینی و کاهش حجم مخزن آبخوان‌ها شده است. بنابراین کمبود منابع آب زیرزمینی یکی از بحران‌های زیست محیطی حال حاضر کشور می‌باشد (مسلمی ۱۳۸۶). ایران از جمله کشورهایی است که به دلیل کمبود آب سطحی، بیشترین آب مصرفی در کشاورزی را از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌کند. منابع آب تجدیدپذیر در کشور ایران به ۱۳۰ میلیارد متر مکعب می‌رسد. مطالعات و بررسی‌ها نشان داده از کل منابع تجدیدپذیر کشور حدود ۸۹٫۵ میلیارد متر مکعب برای مصارف در قسمت‌های کشاورزی، صنعت، معدن و خانگی برداشت می‌شده است که از این مقدار نیز حدود ۸۳ میلیارد متر مکعب به بخش کشاورزی، ۵٫۵ میلیارد مترمکعب به مصارف خانگی و مابقی به مصارف دیگر اختصاص داشته است (احسانی و خالدی ۱۳۸۱). افت سطح آب زیرزمینی در کشوری با آب و هوای خشک و نیمه خشک مانند ایران سبب مشکلات فراوان از جمله کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی، بروز پدیده فرونشست، خشکسالی و وارد شدن خسارت‌هایی به زمین‌های کشاورزی و ساختمان‌های مسکونی، جاده‌ها و آثار باستانی و شوری آب می‌شود (میراثی و همکاران ۱۳۹۱). برداشت سالیانه ۸۵۰ میلیون مترمکعب در سال از آبخوان‌های تهران- شهریار نشان دهنده نقش آبخوان‌های منطقه در تأمین نیازهای متعدد منطقه است. مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت شهریار نشان دهنده مقادیر افت زیاد در سال در مناطق بحرانی است که موجب کاهش حجم ذخیره و اختلال در بهره‌برداری از چاه‌ها و فرونشست در منطقه شده است. هدف از انجام این تحقیق بررسی افت سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار و ارائه راهکارهایی به منظور بهبود شرایط می‌باشد. پهنه‌ی آبرفتی دشت شهریار که شامل مناطق مسکونی، بخش‌های کشاورزی و صنعتی می‌باشد به لحاظ تأمین آب از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی باعث بیلان منفی و کاهش ذخیره این آبخوان شده است. خطری که این دشت را تهدید می‌کند فرونشست و

مسدود شدن آبخوان است. فرونشست زمین معمولاً بلافاصله بعد از خارج شدن سیال اتفاق نمی‌افتد بلکه در زمانی طولانی‌تر بعد از برداشت رخ می‌دهد (Scott 1979). مهم‌ترین علت فرونشست منطقه‌ای در حوضه‌های رسوبی مناطق خشک و نیمه خشک، تراکم سفره‌های آب زیرزمینی در اثر پمپاژ بیش از حد می‌باشد (Pacheco et al. 2006). این شرایط در مناطقی که پمپاژ بی‌رویه از سفره‌های آبدار ماسه‌ای متخلخل که به صورت بین لایه‌ای با لایه‌های آبدار رسی نفوذ ناپذیر قرار دارد بسیار حاد بوده و موجب فرونشست گسترده می‌شود (Liu et al. 2006). برداشت بی‌رویه از آبخوان باعث افزایش فشار بین ذره‌ای شده و این امر موجب نشست زمین می‌شود. یکی دیگر از عواقب برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی شوری آب است که به عنوان رایج‌ترین نوع آلودگی آب در نظر گرفته شده است. افزایش شوری آب باعث بی‌کیفیت شدن آب و غیرقابل استفاده شدن آن و نهایتاً از بین رفتن منابع آب زیرزمینی می‌شود.

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه بخش بزرگی از دشت تهران-کرج به نام دشت شهریار می‌باشد. این دشت با فاصله ۳۳ کیلومتری از مرکز تهران در غرب آن و ارتفاع ۱۱۶۰ متری از سطح آب‌های آزاد قرار گرفته است. آبخوان دشت شهریار مابین رودخانه‌های کن و کرج واقع شده است که بین مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه ۱۶ دقیقه و ۳۵ درجه ۵۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه ۵۰ دقیقه و ۵۱ درجه ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. دشت شهریار با وسعتی معادل ۸۹۰ کیلومتر مربع در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات البرز واقع شده است. مهم‌ترین شهرهای این دشت شامل اسلامشهر، قدس، رباط کریم و شهریار می‌باشد.

شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۱-۳- آب و هوای منطقه

یکی از مهم‌ترین عوامل در ساختار کروی زمین اقلیم است که بدون شک کلیه‌ی مظاهر حیات در سطح گسترده‌ای تحت تأثیر شرایط اقلیمی می‌باشد. اقلیم در هر منطقه شامل مؤلفه‌هایی مانند درجه حرارت، بارندگی، فشار و باد می‌باشد. این مؤلفه‌ها در اثر عواملی چون عرض جغرافیایی، دوری یا نزدیکی از دریا، ارتفاع از سطح آب‌های آزاد، توپوگرافی و توده هوا قرار گرفته و نهایتاً اقلیم یا آب و هوای محلی را به وجود می‌آورد. از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی می‌توان درجه حرارت هوا و بارندگی را نام برد (حشمتی ۱۳۹۶). متوسط بارندگی سالانه در خشکی‌های کروی زمین حدود ۸۶۰ میلیمتر تخمین زده شده است. اگر این رقم را با بارندگی سالانه در ایران که حدود ۲۵۰ میلیمتر می‌باشد را مقایسه کنیم، خواهیم دید که بارندگی در ایران کمتر از یک سوم کل بارندگی در خشکی‌های کره زمین می‌باشد (علیزاده ۱۳۸۷).

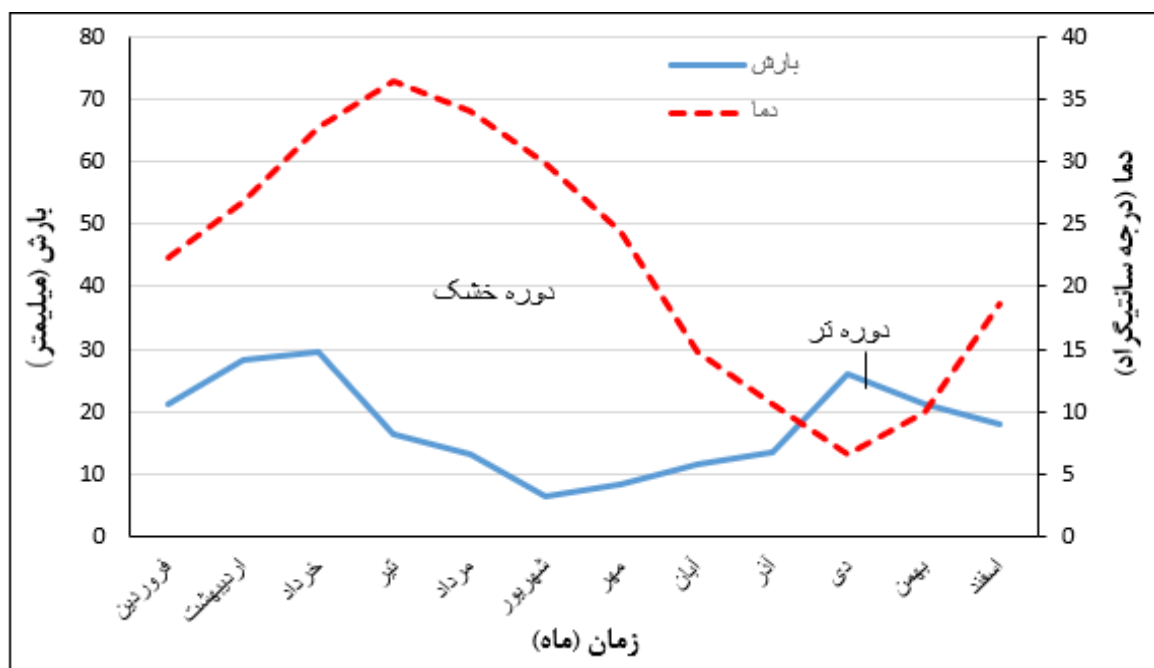
دشت شهریار در قسمت جنوبی دامنه‌های البرز قرار گرفته که در واقع ارتفاعات البرز ما بین دشت شهریار و دریای مازندران می‌باشد که به همین دلیل تأثیرات دریای مازندران بر منطقه چندان زیاد نخواهد بود. به لحاظ فصلی آب و هوای منطقه در زمستان از سیستم پرفشار شمالی (سیبری) تأثیر می‌پذیرد که باعث شده آب و هوای این فصل در مناطق مرکزی و جنوبی معتدل و در نواحی شمالی سرد باشد. همچنین در فصل گرما آب و هوا به دلیل اثر سیستم کم فشار حرارتی کویر مرکزی، گرم و خشک می‌باشد. به منظور بررسی اقلیم منطقه مورد مطالعه از آمار هواشناسی مربوط به یک دوره ۳۰ ساله (۹۳-۶۳) که شامل دما و بارندگی می‌باشد، استفاده شده است. جدول (۱-۱) میانگین بارندگی و درجه حرارت منطقه‌ی مورد مطالعه در طی دوره‌ی ۳۰ ساله (۶۳-۹۳) را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱- میانگین دما و بارندگی منطقه‌ی مورد مطالعه

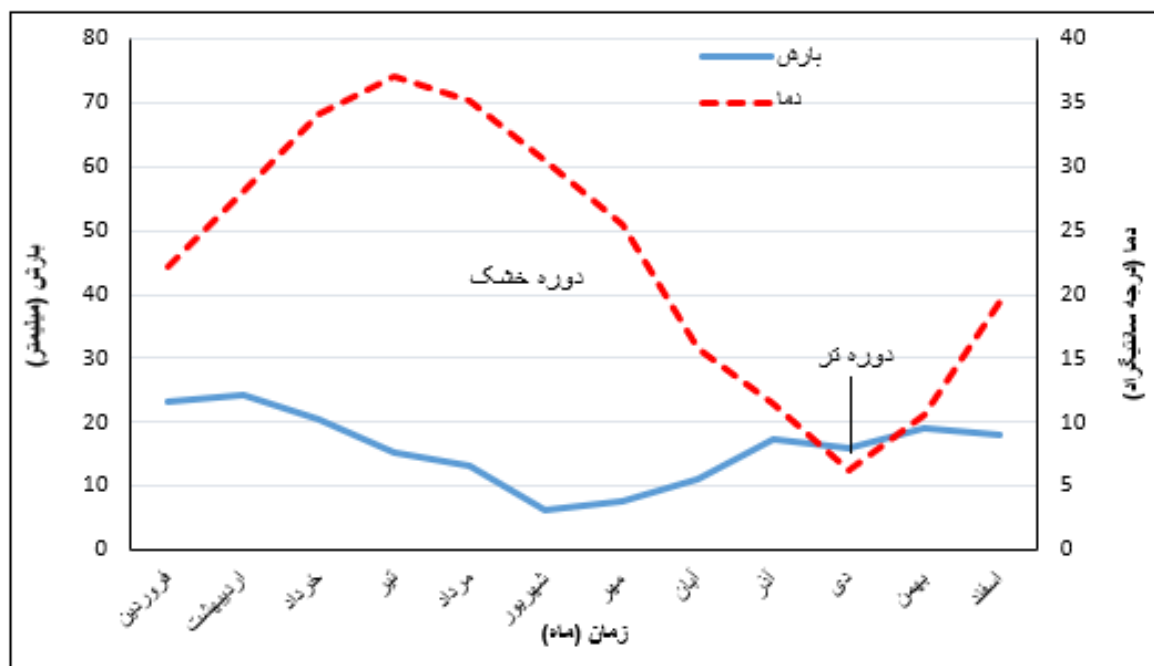
ایستگاه سعید آباد		ایستگاه پرندک		نام ایستگاه
دما	بارندگی	دما	بارندگی	زمان (ماه)
(درجه سانتیگراد)	(میلیمتر)	(درجه سانتیگراد)	(میلیمتر)	
۲۲,۳	۲۱,۲	۲۲,۱	۲۳,۱	فرورین
۲۶,۹	۲۸,۳	۲۸,۱	۲۴,۳	اردیبهشت
۳۲,۷	۲۹,۶	۳۴,۲	۲۰,۶	خرداد
۳۶,۴	۱۶,۲	۳۷,۱	۱۵,۴	تیر
۳۴	۱۳,۱	۳۵,۱	۱۳,۳	مرداد
۲۹,۸	۶,۴	۳۰,۵	۶,۴	شهریور
۲۴,۴	۸,۲	۲۵,۴	۷,۶	مهر
۱۴,۸	۱۱,۶	۱۵,۷	۱۱,۱	آبان
۱۰,۶	۱۳,۳	۱۱,۴	۱۷,۵	آذر
۶,۶	۲۶,۱	۶,۲	۱۶,۱	دی
۹,۹	۲۱,۱	۱۰,۶	۱۹,۱	بهمن
۱۸,۷	۱۸,۱	۱۹,۴	۱۷,۹	اسفند
۲۲,۲۵	۲۱۳,۲	۲۲,۹۸	۱۹۲,۴	میانگین سالانه

با توجه به آمار ارائه شده بیشترین میزان بارندگی در ایستگاه سعیدآباد در خرداد ماه به میزان ۲۹,۶ میلیمتر و بیشینه‌ی دما در تیر ماه به میزان ۳۶,۴ درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین این مقادیر در ایستگاه پرندک در ماه‌های خرداد و تیر به ترتیب ۲۰,۶ میلیمتر و ۳۷,۱ درجه‌ی سانتیگراد می‌باشد.

شکل (۱-۲) و (۱-۳) نمودار امپروترمیک منطقه‌ی مورد مطالعه در ایستگاه سعیدآباد و پرندک را نشان می‌دهد. در نمودار ایستگاه سعیدآباد از اوایل آذر ماه تا اواسط بهمن ماه دوره تر و مابقی سال فصل خشک می‌باشد.



شکل ۱-۲- نمودار امپروترمیک ایستگاه سعیدآباد



شکل ۱-۳- نمودار امپروترمیک ایستگاه پرندک

با توجه به نمودار، در قسمت‌هایی که میانگین بارندگی بیشتر از میانگین دما باشد فصل تر و قسمت‌هایی که میانگین دما بیشتر از میانگین بارندگی بوده فصل خشک اتفاق افتاده است. همچنین نقطه تلاقی میانگین بارندگی و میانگین دما جداکننده‌ی فصل خشک و فصل تر از یکدیگر می‌باشد. در نمودار ایستگاه پرندک، فصل تر تقریباً از اواسط آذر تا اوایل بهمن ماه بوده و مابقی سال فصل خشک می‌باشد. با توجه به آمار ماکزیمم میزان بارش در این ایستگاه در خرداد ماه و ماکزیمم دما در تیر ماه می‌باشد. همچنین مینیمم میزان بارش و دما به ترتیب در شهریور و دی می‌باشد.

به منظور تعیین نوع آب و هوای منطقه از روشی به نام دمارتن (De Martonne) استفاده می‌شود. در این روش با در نظر گرفتن مقدار میانگین سالیانه بارش و درجه حرارت، ضریبی به نام ضریب خشکی ارائه شده است که از طریق معادله زیر بدست می‌آید:

$$I = \frac{P}{(T + 10)}$$

P میانگین بارندگی سالیانه بر حسب میلیمتر

T میانگین درجه حرارت سالیانه و

I شاخص خشکی دمارتن نامیده می‌شود که مقدار آن نوع اقلیم منطقه را مشخص می‌کند.

متوسط بارندگی ۳۰ ساله منطقه مورد مطالعه ۱۹۲٫۴ و متوسط درجه حرارت در ایستگاه تبخیرسنجی ۲۲٫۹۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. با توجه به مقادیر برآورد شده متوسط بارندگی و متوسط درجه حرارت سالیانه، مقدار این ضریب در محدوده مطالعاتی برابر با ۵٫۸۳ بوده و بر اساس این طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه در اقلیم خشک قرار می‌گیرد.

جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتن

نوع اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچک تر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ - ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ - ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ - ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ - ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگ تر از ۳۵

۴-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد نظر در دامنه‌های جنوبی کوه‌های البرز قرار گرفته و شمالی‌ترین فرونشست ایران مرکزی محسوب می‌شود. به لحاظ زمین‌شناسی این منطقه جزء واحد ساختاری البرز مرکزی و دقیقاً منطبق بر مناطق مخروط افکنه‌ای و آبرفتی قرار گرفته است. بخش مرکزی دشت عمدتاً هموار و بدون هیچگونه شیبی می‌باشد. مناطق دشتی یکی از مهم‌ترین واحدها به شمار می‌روند. زیرا این واحد منبع اصلی آب‌های زیرزمینی و مکان تشکیل و تغییر و تحول مهمترین منابع طبیعی و خاک کشاورزی و نیز سکونتگاه اکثر مردم می‌باشد. در نتیجه نقش مهمی در زندگی اقتصادی و اجتماعی مردم ایفا می‌کند. دشت شهریار از نظر دارا بودن بخش‌های هموار و صاف و بخش وسیع آبرفتی محل کشاورزی بوده است. آبرفت‌های کواترنری در ایران معمولاً به شکل مخروط افکنه هستند. مخروط افکنه‌ها اشکال مثلی شکلی هستند که عمدتاً در دهانه ورود رودخانه به مناطق هموار دشت‌ها تشکیل می‌شوند و متعلق به دوران چهارم می‌باشند (صدوق و همکاران ۱۳۹۶).

نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه در شکل (۴-۱) ارائه گردیده است.

حوضه‌ی آبگیر دشت شهریار همانطور که گفته شد در زون البرز مرکزی قرار دارد که از بالا به پایین به چهار قسمت تقسیم می‌شود:

البرز مرتفع متشکل از سنگ‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ترشیاری که به واسطه فازهای مختلف کوهزایی، چین‌خوردگی‌های شدیدی در آن‌ها شکل گرفته و روی هم رانده شده‌اند.

چین‌های حاشیه‌ای: به طور عمده از سنگ‌های آتشفشانی آذر آواری سازند کرج، متعلق به ائوسن تشکیل شده است.

بخش کوهپایه و دشت که اغلب از آبرفت تشکیل شده است. کوهپایه‌ها به طور نسبی از نهشته‌های قدیمی (پلیوسن) با نفوذپذیری متوسط تشکیل شده‌اند و به طرف جنوب نهشته‌های جدید (کواترنر) با نفوذپذیری بالا قرار دارند.

بخش آنتی البرز که شامل تپه ماهور و کوه‌های کم ارتفاع می‌باشد. به دلیل پیچیدگی مرز جنوبی البرز با ایران مرکزی این قسمت در بخش جداگانه‌ای قرارداد شده است. این بخش علاوه بر چین خوردگی دوران سنوزویک، دو فاز چین خوردگی دیگر در کرتاسه مشهود است که در البرز دیده نشده اما در ایران مرکزی قابل شناسایی است.

۱-۴-۱- چینه شناسی

عناصر تشکیل دهنده‌ی این آبخوان را عناصر تخریبی شامل قلوه سنگ، شن و ماسه، سیلت و رس به نسبت‌های متفاوت تشکیل می‌دهند که قطر ذرات از نواحی شمالی به سمت قسمت‌های خروجی دشت کاهش می‌یابد (آقاکرمی ۱۳۹۲). حداکثر ضخامت آبرفت در نواحی رودخانه‌های شادچای و کرج که حاصل سیلاب‌های این دو رودخانه می‌باشد به بیش از ۲۵۰ متر می‌رسد. با توجه شرایط رسوب‌گذاری، در قسمت‌هایی از آبرفت لنزهای رسی گسترش یافته‌اند. این لنزهای عدسی شکل کوچک در سطح دشت از عمق ۳۰-۲۰ متری و ۶۵-۵۵ متری در آبرفت، آبخوان‌های معلق را به وجود آورده‌اند. این آبخوان‌های معلق در برخی قسمت‌ها با آبخوان اصلی ارتباط هیدرولیکی دارند (شرکت آب منطقه‌ای ۱۳۹۲).

۱-۴-۱-۱- ائوسن (سازند کرج)

نهشته‌های توفی ضخیم و گسترده (سری سبز) سازند کرج از طریق یک فعالیت شدید خروجی بعد از لازمید که در ائوسن میانی به اوج خود رسید، به وجود آمده است. در شمال منطقه مورد مطالعه این سازند با ضخامت زیاد (۲۰۰۰-۱۲۰۰ متر) و گسترش زیاد در شمال تهران و کرج هسته ناودیس‌های ارتفاع یافته را ساخته است. اگرچه در جزئیات رخساره‌های متعدد و پیچیده را نشان می‌دهد اما در مقیاس ناحیه‌ای یکنواخت‌تر بوده و به طور کلی از پایین به بالا به چهار واحد اصلی قابل تقسیم می‌باشد:

نهشته‌های عضو شیل تحتانی سازند کرج

توف‌ها و دیگر وابستگان عضو توف میانی سازند کرج

نهشته‌های پلیتی خیلی نرم هم ارز سازند آسارا

سنگ‌های آتشفشانی و سایر وابستگان هم ارز عضو توف بالایی سازند کرج.

۱-۴-۱-۲- ائوسن میانی

واحد E_r^t

این واحد در اطراف حصارمهرتر (جنوب غربی منطقه)، شمال بی‌بی شهربانو و حوالی قلعه حسن خان همراه با توف‌های ریولیتی و ایگنمبریت برونزد دارد. سنگ‌ها بیشتر از نوع تراکیت - تراکی آندزیت می‌باشد و درشت بلور پلاژیوکلاز در آن‌ها به چشم می‌خورد. درشت بلورها از نوع پلاژیوکلاز و پیروکسن و آمفیبول با کناره‌های سوخته بوده و متن سنگ شامل شیشه و میکروولیت می‌باشد. سنگ‌های آتشفشانی این واحد در عمق کم، محیط نمناک و اکسیدکننده و قاره‌ای، تشکیل یافته و رنگ آن‌ها خاکستری متمایل به بنفش و قرمز است.

۱-۴-۱-۳- نئوژن

واحد PL-Q

سازند هزار دره با آبرفت‌های بخش A از تقسیمات ریبن (Rieben, 1955, 1966) معادل است. این واحد در قسمت‌های شمالی تهران، شمال محدود البرز مرکزی برونزد دارد و شامل کنگلومرای همگن دارای قلوه سنگ، شن و ریگ است که فضای بین این دانه‌ها را ماسه و سیلت پرکرده است و تشکیل کنگلومرای را داده که میزان چسبندگی آن به طور نسبی خوب و درصد تخلخل آن بسیار کم است.

ضخامت زیاد (1200m) سازند همگن، لایه بندی منظم که به طور محلی دارای لایه‌ها و عدسی‌هایی از رس و ماسه است، سیمان خوب و سخت شده، اندازه متوسط قلوه‌ها (10-25 cm)، درجه هوازدگی پیشرفته قلوه‌ها، رنگ خاکستری روشن، شیب زیاد لایه‌ها و چین‌خوردگی آن‌ها، قلوه‌ها نیمه گرد شده، ۲۵٪ آن‌ها متشکل از سازند کرج و ۱۵٪ از بقیه سنگ‌ها (این نشان دهنده آن است که در زمان رسوب‌گذاری واحد یاد شده، کوه‌های البرز در حال بالا آمدن و فرسایش بوده است) از ویژگی‌های سازند هزار دره می‌باشد. این سازند حاصل رودخانه‌های سیلابی بزرگی است که از سمت شمال شرقی دشت تهران و از میان کوه‌های البرز به سمت جنوب

و جنوب شرقی تهران همزمان با بالا آمدن کوه البرز جریان داشته اند. به دلیل اینکه رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک در این سازند دیده نمی شود، به احتمال زیاد رسوبگذاری این سازند با حرکات تکتونیکی و تغییرات آب و هوایی همراه بوده است. سن این سازن با توجه به فسیل هایی که در آن یافت شده پلیوسن بالایی می باشد. این سازند در بخش زیرین دارای تخلخل بسیار کم و مقاومت مکانیکی بسیار زیاد می باشد. به تدریج به سمت قسمت های بالایی سازند تخلخل بیشتر و مقاومت مکانیکی کاهش میابد. قلوه های موجود در بخش بالای هزاردره در سیمانی از سیلت و ماسه سست قرار گرفته اند. نیروهای زمین ساختی که در راستای شمالی-جنوبی و شمال شرقی-جنوب غربی به این رسوبات وارد شده اند باعث چین خوردگی و گسلش آن ها گردیده است و پس از فرسایش رسوبات شمال تهران (واحد Bn رین) با دگرشیبی آن را پوشانده است.

۱-۴-۱-۴- کوآترنری

رسوبات آبرفتی اولین بار توسط Rieben 1955 بررسی شده است. این نهشته های آبرفتی که از کوهپایه های البرز شروع شده حاصل فعالیت رودخانه ها و سیلاب های فصلی جریان یافته از البرز می باشد. به طور کلی این نهشته ها به پنج بخش تقسیم شده اند که از قدیم به جدید عبارتند از :

سازند آبرفتی هزاردره (سری A)

سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران (Bn)

سیلت های رسی کهریزک (Bs)

سازند آبرفتی تهران (C)

آبرفت های عهد حاضر (D)

سازند A (سری زیرین) که حدود ۱۲۰۰ متر ضخامت داشته و دارای تعدادی سفره های زیرزمینی می باشند. این سری به سازند هزار دره معروف اند. آبرفت های این سری از سنگریزه های یکنواخت همراه با لایه های رسی تشکیل یافته و رنگ متمایل به زرد دارند. این تشکیلات در قسمت های شمالی دشت به صورت آبرفت های دانه

درشت متراکم می‌باشد و تدریجاً به سمت جنوب رس آن افزایش یافته و ریزدانه‌تر می‌شود. سازند هزار دره با دگرشیبی توسط سازند آبرفتی ناهمگن (Bn) شمال تهران پوشیده شده است. فرسایش تکتونیکی و فرسایش شدید سازند هزاردره مصالح تخریبی زیادی به وجودآورده است و باعث رسوبگذاری سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران بادگرشیبی برروی آن شده است. به دلیل کم شیب بودن لایه های این سازند جنبش‌های تکتونیکی ضعیفی آن را تحت تأثیر قرار داده است. سیلت‌های رسی کهریزک (Bs) که به اعتقاد ریین در پرتگاه گسلی کهریزک و گسل‌های جنوب و شمال ری برونزد دارد، بخش ریزدانه معادل آبرفت‌های (Bn) تقسیم بندی او به شمار می‌آیند.

آبرفت C معمولاً نماینده تشکیلات بسیار جوان می‌باشد. آبرفت‌های این سری از شن، ماسه و قلوه سنگ تشکیل شده است. به طور تدریجی از شمال به سمت جنوب ضخامت طبقات رس بیشتر شده و آبرفت دانه ریز-تر می‌شود. سه قسمت قابل تشخیص می‌باشد؛ بخش بالایی متشکل از رس و خاک قرمز رنگ که قسمت بالایی دشت‌ها و پادگانه‌ها است. بخش میانی متشکل از قلوه سنگ‌های گرد می‌باشد. بخش زیرین شامل قلوه، شن، ریگ و مقداری رس در بین آن‌ها و ضخامت آن حدود ۲۰۰ متر است. این سه بخش در همه جا دیده نمی‌شود.

آبرفت‌های تهران معمولاً حاصل رسوب‌گذاری مجدد سازند کهریزک تشکیل شده‌اند و توسط آبرفت‌های عهد حاضر که شامل آبرفت‌های جوان هستند، پوشانیده می‌شوند.

سری D (آبرفت‌های رودخانه‌ای) رسوبات فعلی بستر رودخانه‌ای می‌باشند که از قلوه سنگ و شن و ماسه تشکیل شده و ضخامت زیادی ندارند.

آبرفت‌های C و D بخش‌های جوان این تقسیم‌بندی هستند و شامل نهشته‌های سطحی پادگانه‌های آبرفتی جوان و بستر رودخانه‌ها را شامل می‌شوند.

به طور کلی رسوبات آبرفتی دشت تهران-شهریار و شهریار-کرج همگن بوده و به دلیل داشتن سیمان سست میان قلوه‌ها نفوذپذیر بوده و از لحاظ مقاومت مکانیکی دارای مقاومت نسبی بالایی می‌باشد. به همین دلیل

رسوبات آبرفتی این مناطق بهترین انبار آب را تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین مخروط افکنه‌های اصلی این سازند مخروط افکنه‌ی کن می‌باشد که در شمال غرب تهران قرار دارد. این مخروط افکنه یکی از منابع مهم آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود و قسمت مهمی از آب زیرزمینی تهران در این مخروط افکنه تجمع می‌یابد. گسترش آن ۱۲۰ کیلومتر مربع و حداکثر ضخامت رسوبات آن ۳۰۰ متر می‌باشد. براساس روش کربن ۱۴ سن لایه‌های زیرین آبرفت تهران را حدود ۵۰۰۰۰ سال و سن قسمت‌های پایانی آن را حدود ۷۰۰۰ سال تعیین شده است.

واحد Q_1^t

کلیه نهشته‌هایی که به صورت دگرشیب روی قله سنگ‌های سازند A قرار گرفته‌اند توسط ریبین سازند B نامیده شد. ریبین برش نمونه‌ی این سازند را در شمال کهریزک انتخاب کرد و به همین دلیل به آن سازند کهریزک گفته می‌شود. از آنجایی که ویژگی‌های این سازند در برش نمونه با مشخصات آن در سایر قسمت‌ها به خصوص قسمت‌های شمالی دشت تهران تفاوت دارد، لذا بربریان و همکاران (۱۳۶۴) این سازند را در شمال تهران با نام سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران (Bn) و در جنوب تهران با نام سیلت‌های رسی کهریزک (Bs) مورد اشاره قرار می‌دهند. امکان تعیین سن دقیق این سازند از طریق شواهد فسیلی و باستان‌شناسی میسر نشده است.

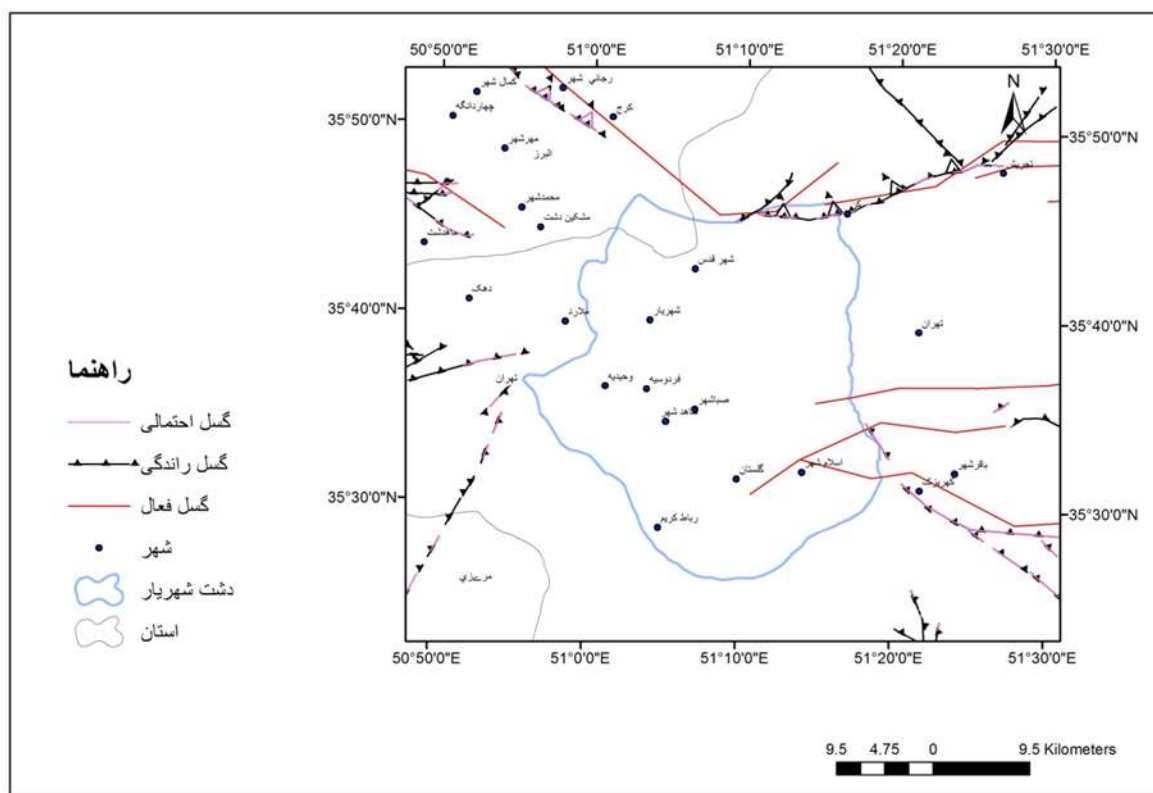
واحد Q_2^t (سازند آبرفتی تهران)

سازندهای آبرفتی تهران یا آبرفت‌های (Rieben;1955,1966) شامل آبرفت‌های جوان مخروط افکنه‌ای است که از جنوب دامنه‌ی البرز تا جنوب منطقه ادامه دارد و بخش عمده‌ی دشت را پوشانیده است. این آبرفت‌ها در نتیجه‌ی فرسایش و رسوب مجدد سازندهای کهریزک و هزاردره به وجود آمده‌اند. سنگ کف در این قسمت‌ها، توف‌های سازند کرج می‌باشد. ساند آبرفتی تهران از نهشته‌های سیلابی و رودخانه‌ای با ضخامت حدود ۶۰ متر تشکیل شده است. رسوبات این قسمت همگن و متشکل از قله سنگ، شن و ریگ در خمیره‌ای ماسه سیلت

می‌باشد. این سازند دچار کوهزایی نشده و دارای نهشته‌های سخت نشده و افقی و همچنین لایه‌هایی از کنگلومرای قرمز رنگ و لایه‌های هوازده و لاتریتی می‌باشد.

۱-۴-۲- زمین شناسی ساختاری منطقه

تپه‌های کم ارتفاعی در حاشیه دشت وجود دارد اما به طور کلی ساختمان دشت شهریار به صورت آبرفت می‌باشد. گسل‌ها و فعالیت‌های تکتونیکی تأثیر زیادی بر حجم و ضخامت رسوبات آبرفتی دارد. باتوجه به آبرفتی بودن منطقه گسل‌های چندانی وجود ندارد اما در حاشیه‌ی دشت گسل‌های متعددی وجود دارد که در شکل زیر به تصویر درآمده است.



شکل ۱-۵- نقشه گسل های دشت شهریار

۱-۵- هیدرولوژی دشت شهریار

رودخانه‌ها مهم‌ترین واحدهای ژئومورفولوژیکی هستند که مخروط افکنه‌های آن‌ها بخش اعظم دشت را تشکیل می‌دهد. به طور کلی رودخانه‌هایی که به دشت وارد می‌شوند شامل رودخانه‌های کن، کرج، چیتگر و رودخانه فصلی شادچای می‌باشد. نقشه رودخانه‌های منطقه در شکل ۱-۶- به تصویر درآمده است.

۱-۵-۱- رودخانه کن

رودخانه کن با حوضه آبرگیری حدود ۲۰۶ کیلومتر مربع از رودخانه‌های دائمی منطقه به شمار می‌رود. رودخانه کن در ۵ کیلومتری شمال غربی تهران و حاشیه شرقی منطقه مورد مطالعه قرار دارد. طول آبراهه اصلی این رودخانه ۳۱ کیلومتر اندازه گیری شده است. حوضه آبرگیر کن از شرق به حوضه فرحزاد و از جنوب غرب به حوضه آبرگیر چیتگر محدود می‌شود. همچنین مرز مشترک با حوضه آبریز کرج ۳۱,۳ و مرز مشترک با حوضه آبرگیر چیتگر ۱۷ کیلومتر می‌باشد. مقدار رسوبات موجود در رودخانه بسیار زیاد و معادل ۱۰ گرم در هر لیتر محاسبه شده است (صفرخانی ۱۳۹۳). این رودخانه از مهم‌ترین رودخانه‌های منطقه می‌باشد و در تغذیه سفره آب‌باززمینی غرب و جنوب غرب تهران نقش اساسی دارد. رودخانه کن از ارتفاعات سولقان سرچشمه می‌گیرد و از دهکده کن عبور نموده و در اراضی یافت آباد گسترده می‌شود. میانگین آبدهی سالانه رودخانه کن در ایستگاه سولقان برابر با حدود ۷۲ میلیون مترمکعب است. این رودخانه پس از عبور از روستای غار و دره دوتویه به رودخانه جاجرود پیوسته و در جنوب پشاپویه به رودخانه کرج می‌پیوندد. به لحاظ نفوذ از بستر رودخانه کن به داخل آبخوان، اندازه‌گیری‌ها و محاسبات نشان داد که تقریباً تمامی دبی پایه رودخانه به داخل نفوذ می‌کند. مقدار نفوذ از طریق این رودخانه معادل ۳۳,۴۸ میلیون مترمکعب می‌باشد (صفاری و جعفری ۱۳۹۴).

۱-۵-۲- رودخانه کرج

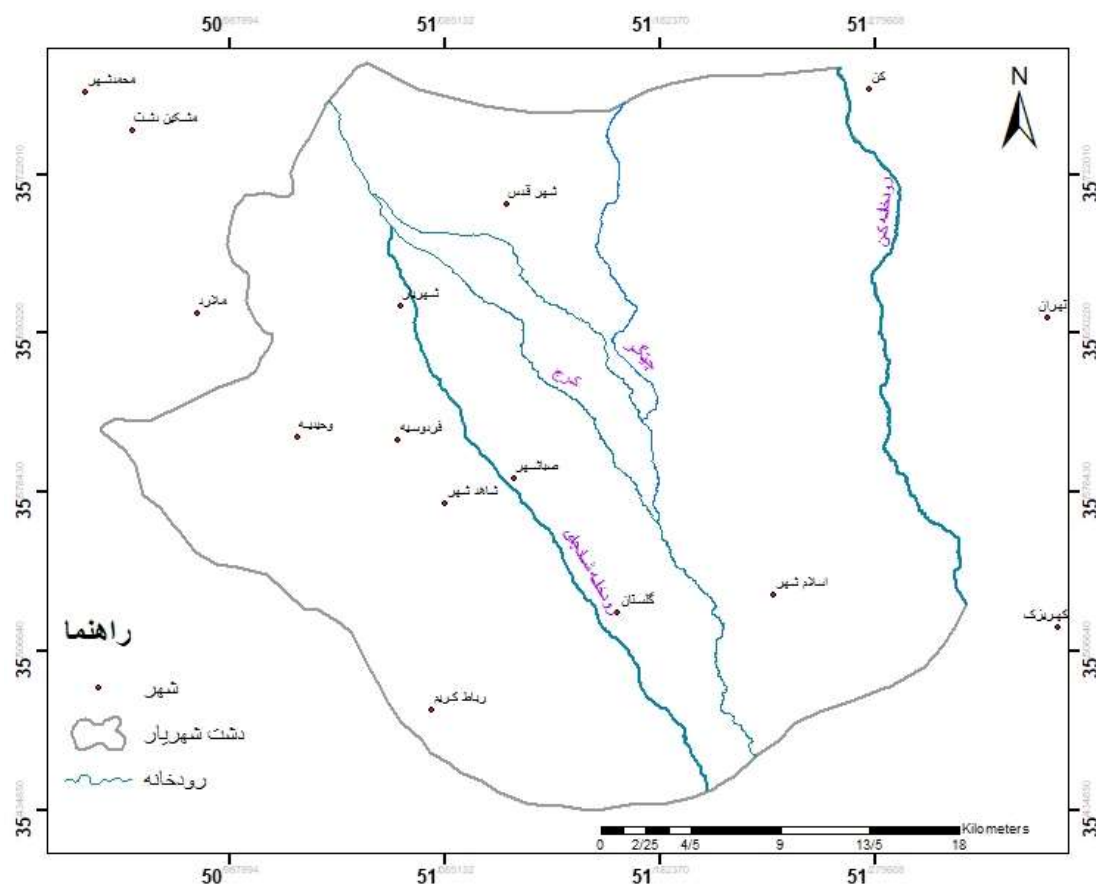
رودخانه کرج یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های این منطقه می‌باشد که در ۴۰ کیلومتری غرب تهران با جهت جنوب شرقی قرار گرفته است. حوضه آبرگیر رودخانه کرج از شمال به حوضه آبرگیر رودخانه چالوس، هراز و طالقان رود محدود می‌شود. رودخانه کرج از شاخه‌های ولایت رود (گاجره)، وارنگ رود، سیرا، شهرستانک، مورد، ارنکه، آزادبره کندوان، کیل، آسارا، سپهسالار و نشترود تشکیل شده که همگی از ارتفاعات البرز سرچشمه می‌گیرند. مساحت حوضه آبرگیر کرج ۲۸۰۰ کیلومتر مربع، درازای آبراهه اصلی ۲۴۵ کیلومتر و میانگین آبدهی سالانه حدود ۳۹۷ میلیون مترمکعب می‌باشد. از دهه ۴۰ که سد امیرکبیر برروی این رودخانه ساخته شد، بخش عمده آب مورد نیاز برای شرب اهالی تهران اختصاص یافت و به طور نسبی دشت‌های جنوب کرج، جنوب غرب تهران و شهریار به جز در زمان‌های سیلابی از آب این رودخانه محروم شدند (حشمتی ۱۳۹۶).

۱-۵-۳- رودخانه فصلی شادچای

رودخانه شادچای در شمال شرقی شهرستان رباط کریم قرار گرفته و امتداد آن از جانب شمال غرب به جنوب شرق با عبور از جنوب شهرستان شهریار وارد شهرستان رباط کریم شده و در غرب منطقه سلطان‌آباد وارد حوضه شهرستان ری می‌شود. این رودخانه که یکی از زیر شاخه‌های رودخانه کرج می‌باشد و مدت بسیار زیادی است که مردم شهریار از این رودخانه برای مصارف کشاورزی استفاده می‌کنند. بعد از احداث سد بر رودخانه کرج، این رودخانه در اغلب فصول سال فاقد آب می‌باشد. در بعضی مواقع جریان بالادست رودخانه در نزدیکی روستای وهن آباد دیده می‌شود. از آنجایی که ایستگاه هیدرولوژی در این منطقه وجود ندارد، عددی از مقدار آن در دست نیست اما باتوجه به داغ آب موجود در بستر رودخانه و گزارش اهالی متوسط جریان سالانه آن کمتر از ۰,۰۳ در سال می‌باشد.

۱-۵-۴- رودخانه چیتگر

رودخانه چیتگر از ارتفاعات شمال وردآورد سرچشمه گرفته و به دشت شهریار وارد می‌شود. مساحت حوضه‌ی آبریز این رودخانه ۶۹ کیلومترمربع و طول آن در دشت شهریار حدود ۲۵ کیلومتر است. این رودخانه دارای جریان دائمی می‌باشد. مقدار جریان سالانه‌ی این رودخانه در حدود ۲۰ میلیون متر مکعب است که در بستر و مخروط افکنه مسیر خود نفوذ نموده و سفره آب زیرزمینی منطقه را تغذیه می‌کند. شکل زیر رودخانه‌های موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶- موقعیت رودخانه‌های منطقه

۱-۶- هیدروژئولوژی دشت شهریار

دشت شهریار و دشت‌های حاشیه تهران پیش از احداث سد کرج دارای حجم ذخیره قابل توجهی بوده است به طوری که چشمه‌ها و قنوات پر آب در این دشت‌ها جریان داشته است. اما بعد از احداث سد و انتقال آب‌ها به تهران، حقابه کشاورزان و سیلاب‌های ورودی به دشت کاهش یافته و به دنبال آن آبخوان این دشت‌ها، منبع مهم تأمین نیاز آبی منطقه شده است. برداشت سالانه ۸۵۰ میلیون مترمکعب در سال از آبخوان‌های تهران-شهریار گویای اهمیت این آبخوان در تأمین نیازهای آبی منطقه است. فعالیت کشاورزی در این دشت از سال‌های گذشته رونق بسیاری داشته است. براساس مطالعه تاریخچه منابع آب دشت شهریار قبل از سال ۱۳۴۲ نه تنها چاه‌ها و چشمه‌های فراوانی در دشت وجود داشت بلکه پس از حفر چند متر آب مشاهده می‌شده است. تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در این سال ۶۴۰ حلقه و مقدار بهره‌برداری از آن‌ها به ۲۴۴ میلیون مترمکعب رسیده است. تعداد این چاه‌ها در سال ۱۳۵۹ به ۲۵۰۰ حلقه چاه و میزان بهره‌برداری ۷۶۰ میلیون مترمکعب رسیده است. طبق آخرین آمار به دست آمده مجموع چاه‌های عمیق، نیمه عمیق و دستی در دشت حدود ۲۶۰۷۶ حلقه می‌باشد. آمار فوق نشان دهنده این امر است که خطر، اراضی روستاهای منطقه را تهدید می‌کند و روز به روز برداشت از آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد. علی‌رغم اینکه وضعیت منطقه به لحاظ منابع آبی بحرانی می‌باشد و عملاً هیچگونه مجوزی برای مصارف مختلف به جز شرب و آشامیدنی، صادر نمی‌شود و نیز بسیاری از چاه‌های کشاورزی خشک شده‌اند اما همچنان افت سطح آب زیرزمینی ادامه دارد. از سال ۱۳۳۵ از آب رودخانه کرج در حجم ناچیز به تهران انتقال داده شده است. طی سال‌های ابتدایی، مقدار آبی که انتقال داده شده از ۵۰ میلیون مترمکعب در دهه ۳۰ به ۱۵۰۰ میلیون متر مکعب در دهه ۴۰ و به ۲۵۰-۲۰۰ میلیون مترمکعب در دهه ۵۰ و بعد از آن بین حدود ۳۵۰-۲۵۰ میلیون مترمکعب بر اساس میزان نیاز آب در تهران متغیر بوده است.

فصل دوم

مروری بر مطالعات پیشین در ارتباط
با افت سطح آب زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی یکی از منابع مهم طبیعی در دنیا می‌باشد که نقش مهمی در تامین نیازهای آبی دارد. بعد از یخچال‌ها، آب‌های زیرزمینی از بزرگترین منابع آب شیرین محسوب می‌شوند. این آب‌ها تنها ۶ درصد از آب‌های موجود در کره زمین را تشکیل می‌دهند که این میزان ۹۸ درصد از آب شیرین مورد نیاز بشر را تامین می‌کند. رشد سریع جمعیت و توسعه کشاورزی در سالهای اخیر و پاسخگو نبودن منابع آب سطحی به نیازها منجر به افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آب زیرزمینی شده است. تهی شدن سفره آب-های زیرزمینی و پیامدهای آن امروزه به یک مشکل اساسی در سراسر جهان از جمله آمریکا، ایتالیا، ژاپن، انگلستان، چین، تایوان، تایلند و مکزیک تبدیل شده است (Kaiser and Skiller 2003).

به طور کلی اکثریت مردم با فرآیند بحران آبی آشنا می‌باشند اما اغلب از عواقب ناشی از آن مانند فرونشست زمین، فروچاله، کاهش منابع آب‌های زیرزمینی و ... اطلاعات کافی ندارند. سالیانه میلیاردها متر مکعب از منابع آب‌های زیرزمینی به منظور مصارف کشاورزی، شهری و صنعتی برداشت می‌شود. این مقدار برداشت از منابع که در بسیاری از دشت‌های کشور صورت می‌گیرد وضعیت نگران کننده و جبران ناپذیری را در پی دارد. این مساله برای کشور ایران نیز که اقلیم خشک و نیمه خشک دارد از دیرباز وجود داشته است. باتوجه به افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش تقاضا برای آب مورد نیاز و نیز محدود بودن منابع آبی، چگونگی توسعه و مدیریت صحیح منابع آبی اهمیت بسیاری دارد. به طور کلی از نظر کمی مجموع بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و آب سطحی کشور به بیش از ۹۲ میلیارد مترمکعب می‌رسد. حدود ۹۴ درصد از این مقدار، یعنی ۸۵ میلیارد مترمکعب به مصارف کشاورزی و نزدیک به ۷ میلیارد مترمکعب به مصارف شرب و صنعت اختصاص می‌یابد. در حال حاضر بیش از ۹۶ درصد از شهرهای کشور تحت پوشش آب شرب سالم می‌باشد.

۲-۱- عوامل تأثیرگذار بر نوسانات سطح آب زیرزمینی

عوامل مؤثر بر تغییرات سطح آب زیرزمینی شامل عوامل طبیعی و غیر طبیعی می‌باشند. عوامل غیرطبیعی یا انسانی که شامل حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، حفر قنات‌ها، زهکش و ... می‌باشند، نسبت به عوامل طبیعی

تأثیرات بیشتری بر نوسانات سطح آب زیرزمینی دارند. در صورت مدیریت صحیح و اصولی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، روش‌های به کار برده شده توسط انسان می‌تواند باعث ایجاد تعادل و تناسب میان عرضه و تقاضا شود در غیر این صورت باعث پایین آمدن سطح آب زیرزمینی و حتی خشک شدن آن می‌شود (محمدی بصیر و رادمنش ۱۳۹۶). کاهش سطح آب زیرزمینی تأثیر بسزایی بر چاه‌های آب دارد. با افزایش عمق آب، باید آب را از مسافت بیشتری برداشت کرد که این امر باعث افزایش هزینه و کاهش آبدهی می‌شود (Galloway 1999).

عوامل موثر در تغییرات سطح آب زیرزمینی شامل تغذیه مصنوعی، پمپاژ یا بهره‌برداری بی‌رویه، توسعه شهری، تغییرات اقلیمی و تغذیه از طریق بارندگی و نفوذ آب‌های سطحی می‌باشد (Devlin & sophocleus 2005) که در ادامه به مهم‌ترین این عوامل اشاره خواهیم کرد.

۲-۲- برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی

زمانی که مقدار میانگین سالانه برداشت از آبخوان، بیشتر یا نزدیک به میزان تغذیه به آبخوان باشد برداشت بی‌رویه اتفاق افتاده است (Custodio 2002). برداشت بیش از اندازه از منابع آب زیرزمینی به دلیل افزایش روزافزون جمعیت و نیاز بیشتر مردم و نیز کمبود آب‌های سطحی همچنان رو به افزایش می‌باشد.

تحقیق لشگری پور و همکاران (۱۳۸۴) در محدوده‌ی روستای حسن خوردو در شمال غربی دشت مشهد افت بیش از ۳۰ متر در طی ۲۴ سال آماربرداری را نشان می‌دهد که نهایتاً موجب نشست زمین در این محدوده گردیده است. آن‌ها علت این نشست و ترک‌خوردگی را بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آب زیرزمینی دانسته‌اند.

عباس نژاد و شاهی دشت (۱۳۹۲) تحقیقی با عنوان بررسی آسیب پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی منطقه انجام دادند که نتایج آن نشان می‌دهد که هیدروگراف ۱۱ ساله در این منطقه همواره سیر نزولی داشته و سطح آب زیرزمینی طی سال‌های آبی ۸۰-۸۱ تا ۸۵-۸۶ به میزان ۴,۸۱ متر افت داشته است. همچنین میانگین عمق برخورد به سطح آب از ۲۴,۷ متر به ۲۹,۵ متر رسیده است. از علل

اصلی برداشت بی رویه از آب‌های زیرزمینی و افت سطح ایستابی، افزایش روزافزون سطح زیرکشت پسته در این منطقه می‌باشد.

نتایج تحقیق حاجی کریمی و همکاران (۱۳۸۸) که در دشت مهران به منظور بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شده، نشان می‌دهد که میزان افت تراز آب زیرزمینی طی دوره ۱۳ ساله (۷۴-۷۵ تا ۸۶-۸۷) ۸,۵ متر یا به عبارت دیگر ۰,۶۵ متر در سال بوده است. اکبری و همکاران (۱۳۸۸) به منظور بررسی افت سطح آب زیرزمینی در دشت مشهد، آمار ۷۰ چاه مشاهده‌ای طی ۲ دوره ۱۰ ساله (۶۶-۷۶ و ۷۷-۸۷) مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داده که سطح آب در طی ۲۰ سال به میزان ۱۲,۱ متر یعنی به طور متوسط سالیانه ۶۰ سانتی متر افت داشته است. آن‌ها علت را بهره‌برداری بیش از حد، ازدیاد جمعیت، خشکسالی و افزایش کشاورزی می‌دانند. میرمحمد صادقی و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیق خود به منظور افت شدید سطح آب زیرزمینی و اندرکنش رودخانه-آبخوان نجف آباد با بررسی هیدروگراف واحد دشت ذکر کردند که به طور کلی سطح آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۱ سالیانه مقدار ۱,۵ متر افت را تجربه کرده است. ایشان همچنین علت این افت را بهره‌برداری بیش از ظرفیت مخزن دانسته اند و شواهدی چون روند افزایشی حفر چاه‌های بهره برداری آب‌های زیرزمینی، همبستگی افت سطح آب زیرزمینی و روند کاهش آبدهی رودخانه و آب توزیعی شبکه این موضوع را تأیید می‌کنند.

زمانی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی خود با عنوان عوامل مؤثر بر افت سطح آب زیرزمینی دشت مهران استان ایلام به این نتیجه دست یافتند که برداشت در این دشت عمدتاً از چاه‌های بهره‌برداری به منظور کشاورزی انجام می‌شود. مقدار بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۸ افزایش پیدا کرده است به طوری- که حجم برداشت از ۱۵,۷۵ به ۳۶,۳۷ میلیون متر مکعب رسیده است. ایشان همچنین ذکر کردند که برداشت بی رویه نسبت به خشکسالی تأثیر بیشتری بر منابع داشته و این میزان افت به دلیل برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی بوده است.

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در منطقه‌ای از جنوب کویت نیز باعث افت کمی و کیفی سفره آب زیرزمینی در این منطقه شده است. سطح آب در این سفره به میزان ۲۰ متر افت داشته است که در صورت ادامه این روند، کیفیت آب چاه‌های این منطقه به شدت کاهش خواهد یافت (AL- Senafi and Abraham, 2004).

طبق تحقیق نادریان‌فر و همکاران (۱۳۹۰) به منظور بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف، خشکسالی تنها عامل بحران نبوده بلکه برداشت بی‌رویه نیز از عوامل تأثیرگذار بر این شرایط بوده است. همچنین ایشان ذکر کردند که برداشت‌های بی‌رویه باعث تشدید افت سطح آب زیرزمینی شده است به طوری که در سال ۸۳ علیرغم افزایش بارندگی و ترسالی به وجودآمده سطح آب زیرزمینی همچنان افت کرده است و این نمایانگر برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. پژوهش نوروبی و همکاران (۱۳۹۰) در دشت درمیان- اسدآباد میزان افت سطح آب زیرزمینی را برای یک دوره تقریباً ۱۰ ساله (۸۰-۹۰) میزان ۳,۸ متر نشان می‌دهد. آنها بهره‌برداری بیش از اندازه به منظور کشاورزی را علت افت سطح آب زیرزمینی می‌دانند.

شاه محمدپور عسکری (۱۳۹۴) در تحقیق خود که به منظور بررسی فرونشست زمین تحت تأثیر افت سطح آب زیرزمینی در دشت سیرجان همانند بسیاری دیگر از تحقیقات انجام شده به این نتیجه دست یافت که مهم‌ترین عامل فرونشست زمین در دشت سیرجان بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. همچنین میزان افت سطح آب زیرزمینی در این دشت بسیار محسوس است به طوریکه سالانه به طور متوسط ۸۰ سانتی‌متر افت دارد. البته مقدار افت در دوره ۱۵ ساله در برخی مناطق به علت تراکم چاه‌های بهره‌برداری به بیش از ۳۰ متر نیز می‌رسد.

نتایج تحقیق خدایی و همکاران (۱۳۹۰) برای یک دوره ۱۲ ساله در دشت کبودرآهنگ نشان می‌دهد که افت سطح آب زیرزمینی در این دوره حدود ۱۵ متر بوده یا به عبارتی ۱,۲۵ متر در سال افت اتفاق افتاده است. همچنین بیان کردند که به دلیل افزایش حفر چاه‌های بهره‌برداری و فعالیت چاه‌های کشاورزی حتی با نزول

بارندگی هم افت ادامه خواهد داشت. آنها بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و کاهش بارندگی را از دلایل افت سطح آب دانستند. آذره و همکاران (۱۳۹۲) به منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی در دشت گرمسار در طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۰ از روش کریجینگ استفاده نمودند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در این دشت در طول دوره آماری افتی برابر با ۱۳ متر اتفاق افتاده است. همچنین ایشان بیان کردند که سهم عمده کاهش ذخایر آبی و بیابان‌زایی در منطقه مربوط به عوامل انسانی می‌باشد که اضافه برداشت و افت سطح آب زیرزمینی، که روند رو به رشد تعداد چاه‌های بهره‌برداری و به دنبال آن افزایش برداشت و تخلیه از سفره آب زیرزمینی موجب افت مستمر سطح آب در این منطقه شده است.

رحمانیان (۱۳۶۵) در بررسی فرونشست زمین در دشت کرمان، ضمن تهیه نقشه تغییر تراز آب زیرزمینی و انطباق آن با مناطق فرونشست یافته، عامل اصلی فرونشست را تخلیه آب زیرزمینی معرفی نمودند.

بر اساس تحقیقات میراثی و همکاران (۱۳۹۱) تراز آب در سال ۸۴-۱۳۸۳ در دشت مرودشت استان فارس محدوده روستای شول حدود ۱۶۰۷,۷۳ متر بوده است که بر اثر خشکسالی و کاهش سطح آب زیرزمینی در سال ۹۰-۱۳۸۹ تراز آب به حدود ۱۵۸۶,۳۰ متر کاهش یافته است. آنها مهمترین عامل فرونشست در این دشت و آسیب به ساختمان‌های روستایی را افت سطح آب زیرزمینی در اثر برداشت بی‌رویه دانستند.

بررسی‌های جاودانیان و دارانی (۱۳۹۵) نیز نشان می‌دهد بهره‌برداری‌های صنعتی، کشاورزی و شرب موجب افت سطح آب زیرزمینی و بیلان منفی سفره‌های آب زیرزمینی در منطقه دامنه، شهر اصفهان شده است به طوری که بیلان عمومی دشت در محدوده‌ی مورد مطالعه حاکی از کاهش حجم آبخوان به میزان ۱۶,۹ میلیون مترمکعب است.

Rodriguez (2012) به منظور بررسی مشکلات ناشی از بهره‌برداری بیش از حد از آبخوان Murcia در جنوب شرق اسپانیا که در یک منطقه نیمه خشک قرار دارد، نشان داد سطح ایستابی دارای افت شدیدی برابر با ۵ متر در سال می‌باشد. او همچنین فرونشست یا کلیس زمین، کاهش ذخیره آبخوان، خشک شدن چشمه‌ها و تغییر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی از اثرات منفی برداشت بی‌رویه معرفی کرده است.

(Jeanne et al,2018) در بررسی خود به منظور نقش فعالیت‌های کشاورزی بر فرونشست زمین در منطقه‌ی San Joaquin در کالیفرنیا به این نتیجه دست یافتند که میزان فرونشست زمین به دلیل فعالیت‌های کشاورزی و تراکم چاه‌های بهره‌برداری می‌شود. مقدار بزرگی از فرونشست زمین به دلیل برداشت از آب‌های زیرزمینی می‌باشد و مقدار برداشت نیز به عواملی چون (۱) تراکم و تعداد چاه‌های بهره‌برداری (۲) نیازهای آبی بنا بر فعالیت‌های کشاورزی و قیمت آن (۳) آب‌های سطحی مطابق با آب و هوا (۴) دسترسی به آب‌های زیرزمینی بستگی دارد.

(Ebrahimi et al,2016) طی تحقیق خود با عنوان بررسی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی و پیشروی آب شور در دشت دامغان بیان کردن که سطح آب زیرزمینی در این دشت طی سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۱۰ به میزان ۷,۴ متر افت پیدا کرده است. میانگین سالیانه‌ی افت سطح آب و کاهش حجم آب در کل دشت به ترتیب ۰,۵۳ متر و ۳۰,۹۲ میلیون متر مکعب محاسبه شده است. علت این افت نیز افزایش حفاری چاه‌های بهره‌برداری در سال‌های اخیر تلقی شده است.

۲-۳- اثر تغییرات اقلیمی بر کمیت منابع آب زیرزمینی

با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی می‌تواند آب‌های سطحی و کیفیت آن را تحت تأثیر قرار دهد، اما مهم‌ترین نگرانی مدیران کاهش بالقوه و کمیت منابع آب زیرزمینی می‌باشد چراکه آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب انسان و آبیاری تولیدات کشاورزی در سراسر جهان می‌باشد. از آنجایی که سفره آب‌های زیرزمینی از طریق بارندگی و آب‌های سطحی تغذیه می‌شوند لذا اثر اقلیم بر بارش و آب‌های سطحی نهایتاً بر سیستم آب‌های زیرزمینی تأثیر خواهد گذاشت. مقدار بارندگی و نوسانات آن تأثیر بسیاری بر کمیت آب‌های زیرزمینی دارد. میزان نفوذ آب به زمین، عمق سطح ایستابی، رطوبت اولیه خاک یا ضریب اشباع خاک، هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی منطقه غیراشباع از عوامل مؤثر بر میزان تغذیه واقعی آبخوان می‌باشند. آب رودها از منابع مهم تغذیه زیرزمینی هستند که با کاهش حجم آب و بارندگی یا خشک شدن بر اثر خشکسالی، این منبع

تغذیه آب‌های زیرزمینی نیز کاهش می‌یابد یا به کلی قطع می‌شود که اثر نامطلوبی بر سفره‌های آب زیرزمینی تحت تأثیر خود می‌گذارد. به منظور بررسی میزان تأثیر بارندگی بر آب‌های زیرزمینی مطالعات بسیاری انجام گرفته و شاخص‌های فراوانی ارائه گردیده است. تغذیه واقعی که به درون آبخوان وارد می‌شود به عواملی چون : (۱) میزان و نرخ بارندگی (۲) رطوبت اولیه خاک (ضریب اشباع خاک) (۳) عمق سطح ایستابی (۴) هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی منطقه غیر اشباع و گرادیان هیدرولیکی آبخوان که نرخ حرکت آب‌های تغذیه شده از محل تغیه را تعیین می‌کند و (۵) وجود یا عدم وجود سازه‌های زیرزمینی بستگی دارد (Dellar1998).

صلاحی و همکاران (۱۳۹۶) تحقیقی با عنوان پایش و تحلیل تطبیقی نقش خشکسالی هواشناسی بر تغییرات سطح ایستابی چاه‌های پیژومتری دشت مرنده انجام دادند. بررسی داده‌های ماهانه سطح آب دشت مرنده در دوره‌ی آماری (۱۳۸۰-۱۳۹۰) نشان داد که تراز آب زیرزمینی در این دشت با افت حدود ۲ متر روند نزولی را طی کرده است. همچنین با بررسی نقشه‌های سالانه شاخص‌های بارش استاندارد و سطح آب استاندارد، چنین استنباط شد که نوسانات سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در این دشت با تغییرات خشکسالی و ترسالی در منطقه همخوانی داشته است. بنابراین آن‌ها افت سطح ایستابی در دشت مرنده را تا حدود زیادی تحت تأثیر خشکسالی هوا می‌دانند. کلانتری و ارشد (۱۳۹۱) با بررسی اثر خشکسالی بر کیفیت و کمیت آب زیرزمینی دشت چاهگاه با استفاده از GIS دریافتند که در طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۰ سطح آب زیرزمینی روند نزولی داشته است که ناشی از کاهش بارندگی می‌باشد. همچنین با توجه به تأثیرات طولانی مدت پدیده ی خشکسالی، علیرغم افزایش بارش از سال ۸۸ به بعد سطح ایستابی روند نزولی خود را حفظ کرده است.

جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) طی تحقیقی که با عنوان بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اسلام آباد و بهینه سازی تخصیص سطح اراضی آن انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که افت سطح آب زیرزمینی شدت یافته و در سال آبی ۹۲-۹۳ به میزان ۶,۶۱ متر رسیده است. همچنین بیان کردند که با افزایش متغیرهای دمایی در منطقه تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان افزایش پیدا خواهد کرد. پراکنش زمانی بارندگی با وجود افزایش آن به گونه‌ای است که روند افزایشی برداشت از آب زیرزمینی ادامه خواهد داشت.

رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۵) جهت بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییرات زمانی تغذیه آب زیرزمینی حوضه آبریز تسوج با استفاده از خروجی مدل Hadcm3 و با استفاده از داده‌های کوچک‌مقیاس شده A1, A2 و A1B و با بکارگیری مدل هیدرولوژیکی Help3 مقادیر تغذیه برای دوره زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۳۰ شبیه سازی گردید. نتایج بررسی نشان داد که کاهش بارش و افزایش دما در سناریو A2 نسبت به دو سناریو دیگر بیشتر اتفاق افتاده است و پایین‌ترین درصد تغذیه آب زیرزمینی نیز مربوط به همین سناریو می‌باشد.

جهانشاهی و همکاران (۱۳۹۵) طی بررسی خود با عنوان ارزیابی اثر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی دشت شهر بابک کرمان با استفاده از شاخص SPI به این نتیجه رسیدند که به علت معنی‌دار بودن همبستگی میان شاخص SPI و عمق آب زیرزمینی، روند نزولی سطح آب زیرزمینی در این منطقه به طور مستقیم از شاخص خشکسالی تأثیر گرفته است. به طوری که طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۱ سطح آب زیرزمینی به میزان ۴,۴ متر افت داشته است.

نوحه‌گر و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیق خود با عنوان ارزیابی خشکسالی و تأثیر آن بر منابع آب سطحی و زیرزمینی در حوزه آبخیز رودخانه میناب، با استفاده از رابطه‌ی همبستگی دو متغیره ضریب تأثیر برداشت و خشکسالی بر تغییرات سطح آب زیرزمینی دریافتند که افت سطح آب زیرزمینی در همه‌ی دشت‌های منطقه متأثر از خشکسالی با ضریب تأثیر بالا می‌باشد به جز یک دشت (مسافرآباد) که به دلیل قرار گرفتن چاه‌های آن در سفره‌ی دوم و عمده‌ی تغذیه آن از طریق سازندهای سخت ارتفاعات تأثیرپذیری کمتری از بارندگی دشت دارد.

کوهستانی و همکاران (۱۳۸۸) طی تحقیق خود به منظور بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر روی سطح آب زیرزمینی در منطقه‌ی نرماب گلستان با شبیه سازی آبخوان با استفاده از مدل Visual Modflow تغییرات سطح آب با استفاده از آمار سطح ایستابی در ۱۵ چاه پیژومتری موجود در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. ایشان بیان کردند که نوسانات سطح آب زیرزمینی متأثر از تغییرات اقلیمی به خصوص تغییرات بارندگی می‌باشد.

بیات ورکشی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی خود جهت ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر منابع آب زیرزمینی آبخوان کمیجان استان مرکزی از طریق بررسی شاخص‌های خشکسالی بارش استاندارد شده (SPI) و درصد نرمال (PNI) و دهک‌ها (DI) بر شاخص آب زیرزمینی (GRI) دریافتند که وقوع هر سه شاخص خشکسالی هواشناسی با تأخیر ۹ ماهه بیشترین تأثیر را بر شاخص آب زیرزمینی منطقه دارد. همچنین مقایسه ی میانگین عمق آب زیرزمینی در سال‌های خشک و تر نیز نشان داد که وقوع خشکسالی منجر به افت ارتفاع آب زیرزمینی به میزان ۱,۱۷ متر شده است.

زینالی و همکاران (۱۳۹۳) طی تحقیقات خود به منظور بررسی تأثیر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از شاخص SPI و SWI در ۶ بازه زمانی در دشت مرنده به این نتیجه دست یافتند که روند تغییرات سطح ایستابی با تغییرات خشکسالی همخوانی دارد در نتیجه می‌توان گفت که افت سطح ایستابی در دشت مرنده عمدتاً تحت تأثیر خشکسالی می‌باشد.

۲-۴- نقش توسعه شهری بر نوسانات سطح آب زیرزمینی

توسعه شهری می‌تواند روی آب‌های زیرزمینی یک منطقه تأثیر بسزایی داشته باشد. با افزایش شهرسازی، کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. رشد جمعیت، افزایش ساختمان‌سازی در منطقه شهری، افزایش نیاز به منابع آب و همچنین افزایش برداشت آب‌های زیرزمینی از نتایج توسعه شهری می‌باشد (Khazaei et al. 2004). به طور کلی توسعه شهری دارای چهار بازتاب در چرخه‌ی هیدرولوژیکی می‌باشد که شامل: سیل، کمبود آب، تغییر در رژیم رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی و آلودگی آب می‌باشد (Wakode et al. 2014). جعفری قریه علی (۱۳۸۶) طی بررسی خود با عنوان تأثیر توسعه‌ی شهری بر آب زیرزمینی دشت مشهد به این نتیجه رسیدند که با افزایش مصرف آب، با توجه به حضور زیاد زائران باعث بالا آمدن سطح آب در زیر شهر و نیز آلودگی آب‌ها شده است.

(Tam & nga 2018) در بررسی خود تحت عنوان بررسی اثرات شهرسازی بر منابع آب زیرزمینی در شهر هانوی ویتنام به این نتیجه رسیدند که افزایش مناطق غیرقابل نفوذ ناشی از شهرسازی فقط باعث کاهش جزئی منابع آب زیرزمینی می‌شود. (Wakode et al. 2014) در تحقیق خود با عنوان بررسی اثر توسعه شهری بر تغذیه آب‌های زیرزمینی در شهر حیدرآباد هند به این نتیجه رسیدند که مؤلفه‌های تغذیه شهری آب‌های زیرزمینی ۱۰ برابر بیشتر از تغذیه طبیعی مناطق هستند. در این منطقه تغذیه‌ی شبکه‌ی شهری حدود ۵۶۵ میلیمتر در سال و تغذیه طبیعی ۵۳ میلیمتر در سال محاسبه شده است. (Minnig et al. 2017) در تحقیق خود به منظور بررسی اثر توسعه‌ی شهرسازی بر نرخ تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی در منطقه‌ی دوبندورف سوییس به نتایج مهمی دست یافتند. آن‌ها نشان دادند رابطه‌ی مستقیمی بین نرخ تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی و وسعت مناطق شهری وجود دارد. همچنین با بررسی و محاسبات بیلان آب در منطقه به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری زمین‌ها و مناطق طبیعی به مناطق غیرقابل نفوذ منجر به افزایش نرخ تغذیه آب‌های زیرزمینی ناشی از کاهش تبخیر و تعرق می‌شود. (John & Sharp 2010) با بررسی خود به منظور اثر توسعه‌ی شهری بر تغذیه و سیستم‌های آب‌های زیرزمینی بیان کردند که به طور کلی تغذیه آب‌های زیرزمینی در مناطق شهری افزایش می‌یابد. از دلایل این پدیده می‌توان به: (۱) نشت از سیستم‌های پخش، خطوط جداکننده، تشکیل تالاب (دریاچه) و زهکش (۲) افزایش آبیاری از طریق چمنزارها، باغچه‌ها و پارک‌ها (۳) تغذیه مصنوعی (۴) کاهش تبخیر و تعرق (۵) نفوذ، اشاره کرد. (kalhor & emamnejad 2019) در تحقیق خود رابطه بین سطح آب‌های زیرزمینی و توسعه‌ی مناطق شهری با استفاده از اطلاعات سنجش از دور در منطقه‌ی آتلانتا که تغییرات پوشش سطح زمین در چند دهه گذشته را تجربه کرده است، مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که رابطه‌ی مستقیم بین میزان توسعه شهری و سطح آب زیرزمینی در این منطقه وجود ندارد اما با این حال می‌توان این رابطه را برای سایر پوشش‌ها همچون درختان و پوشش گیاهی انجام داد. آن‌ها همچنین ذکر کردند که دستیابی به استفاده پایدار از منابع آب در مناطق شهری نیاز به برنامه‌های پیشرفته‌ی مدیریت منابع آب مانند تصفیه فاضلاب، کاهش تبخیر و تعرق، آبیاری مصنوعی مدیریت شده و نظارت بر چاه‌های آب زیرزمینی دارد.

۲-۵- نقش فاضلاب‌های شهری و صنعتی و پساب‌ها

فاضلاب‌ها مخلوطی از آب‌های دورریختنی حاصل از فعالیت‌های زیستی انسان می‌باشد که اغلب توسط شبکه‌های فاضلاب جمع‌آوری می‌گردد. فاضلاب در واقع ترکیبی از مایع یا فضولاتی است که توسط آب از مناطق مختلف اداری، مسکونی و یا صنعتی حمل می‌شود و بر حسب مورد با آب‌های سطحی، زیرزمینی و یا سیلاب مخلوط می‌شود. فاضلاب‌ها بر حسب منبع به چند دسته مختلف تقسیم می‌شوند. در فاضلاب‌ها همواره مقداری مواد محلول و معلق آلی یا معدنی وجود دارد که ۹۹,۹ درصد آن از آب و ۰,۱ درصد باقیمانده را مواد دیگر تشکیل می‌دهد (شوشتری و همکاران ۱۳۹۴).

یکی از منابع آب قابل تخصیص به دشت‌ها در سال‌های آتی، بهره‌گیری از خروجی تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد. فاضلاب‌ها قبل از اینکه مورد استفاده قرار بگیرند به دلایل مختلفی از جمله تأمین بهداشت عمومی، حفظ منابع آب سطحی و زیرزمینی از آلودگی و نیز حفظ محیط زیست باید تصفیه شوند. از فاضلاب تصفیه شده در موارد مختلفی استفاده میشود. مصارف شهری مانند آبیاری پارک‌ها، شست و شوی حیاط مدارس، اتفاء حریق و ... ، مصارف تفریحی یا محیط زیست مانند پرکردن آب حوضچه‌ها و دریاچه‌ها، آبیاری زمین‌ها و مصارف صنعتی مانند خنک کردن دستگاه‌ها و مصارف کشاورزی و تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی همگی از موارد استفاده‌ی فاضلاب تصفیه شده می‌باشند. به طور کلی فاضلاب تصفیه شده یکی از منابع غیر متعارف تأمین آب مورد نیاز حتی در زمان‌های خشکسالی محسوب میشود. لذا ضروری است که سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی جهت تصفیه و بازیافت فاضلاب مورد توجه سازمان‌ها و نهادهای متولی کشاورزی و تأمین آب قرار بگیرد. استفاده دوباره از پساب در بعضی از کشورهای اروپایی و مدیترانه به عنوان یکی از راه‌های مؤثر در مدیریت بلندمدت منابع آب تبدیل شده است (MWWRWG, 2007). در کشور ما استفاده ی مجدد از پساب مبحثی جدید محسوب می‌شود. برای سال‌های طولانی فاضلاب شهرهای بزرگ بدون تصفیه در پایاب آن‌ها در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. باتوجه به وضعیت منابع آب کشور، استفاده مجدد پساب به عنوان راه‌کاری مناسب به منظور تأمین

نیازهای رو به رشد آب و کاهش تلفات می‌تواند تلقی شود. جهت بررسی نقش فاضلاب‌ها در کمیت منابع آب‌های زیرزمینی پژوهش‌هایی صورت گرفته که در ادامه به آن اشاره خواهیم کرد.

هونگ یونگ و عباسپور در سال ۲۰۰۷ با بکارگیری مدل برنامه ریزی شده خطی پتانسیل استفاده مجدد را در پکن تجزیه و تحلیل نموده و مصارف سودمند استفاده مجدد را کشاورزی و مصارف تفریحی معرفی نمودند. نتایج مطالعه موردی پکن عوامل موثر و کلیدی پتانسیل استفاده مجدد را ارزیابی نموده و پایه‌های اساسی این ارزیابی را در سایر شهرهای چین نیز فراهم نمود.

لاله‌زاری و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود به منظور بررسی سناریوهای تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده بر کمیت و کیفیت آبخوان شهرکرد، ۱۰ سناریو در نظر گرفتند و در نهایت بیان کردند که تزریق آب برگشتی از تصفیه خانه به مناطق مختلف اغلب باعث تأثیر مثبت در سطح ایستابی و تأثیر آن تا ۶ کیلومتر در سطح ایستابی خواهد بود. همچنین غلظت نترات حدود ۱۵ میلی گرم در لیتر افزایش یافته است که می‌توان آلودگی را حداکثر تا شعاع ۱ کیلومتر کنترل کرد.

مروتی و همکاران (۱۳۸۸) به منظور امکان سنجی استفاده از پساب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان در دشت یزد اردکان تحقیقی انجام دادند. به دلیل ادامه داشتن روند افت سطح آب زیرزمینی و رخداد فرونشست در برخی مناطق تصمیم گرفته شد استفاده از هر نوع منبع آب به ویژه پساب‌های تصفیه شده جهت ترمیم و جبران افت آب زیرزمینی در این دشت امکان سنجی شود و در نهایت به این نتیجه دست یافتند که استفاده مجدد از پساب‌ها و تغذیه مصنوعی از روش چاه‌های تزریق منطقه‌ای غیر اشباع به دلیل فرآیند تصفیه‌ی طبیعی توسط خاک، ضمن اینکه از تخلیه پساب و ایجاد آلودگی احتمالی در محیط زیست جلوگیری می‌کند، بلکه سبب ایجاد ظرفیت‌های جدید منابع آبی می‌شود.

افشار و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی خود تحت عنوان مدیریت استفاده از پساب صنعتی خروجی تصفیه‌خانه پتروشیمی فجر در آبیاری فضای سبز منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی به این نتیجه دست یافتند که استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری فضای سبز منطقه مزایای بسیاری از جمله صرفه جویی در مصرف منابع آب

شیرین، جلوگیری از به هدر رفتن ۱۲۷۱۴۷۴ متر مکعب در سال آب قابل استفاده و ایجاد فضای سبز ۲۰۰ هکتاری و نیز بالا رفتن روحیه پرسنل شاغل به دلیل ایجاد فضای سبز در منطقه شده است.

۲-۶- روش‌های رایج جبران افت سطح آب زیرزمینی

مدیریت منابع آب به عنوان اصلی‌ترین راهکار ممکن به منظور رفع مشکلات ناشی از کمیت و کیفیت آب مطرح است. طبیعت پیچیده مسائل آب نیازمند روش‌های جدیدی است که دیدگاه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را در در یک قالب به هم پیوسته گردآوری نماید. این همان مفهوم مدیریت یکپارچه منابع آب است که باید اصلی‌ترین روش برای دستیابی به منابع پایدار آب در سطح ملی و بین المللی باشد (لاکس و همکاران ۲۰۰۵). اولین اقدامی که انسان در مواجهه با مشکل کم آبی انجام می‌دهد برداشت بیشتر از منابع آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در صورتی که این عمل ادامه یابد و از توان آبخوان‌ها فراتر رود خسارات جبران ناپذیری را در پی خواهد داشت. هم اکنون شرایط در بسیاری از آبخوان‌های کشور به گونه ای است که باید تدابیر مؤثر و اساسی تری به منظور جلوگیری از این خسارات به عمل آورد. همچنین شناسایی علل اصلی افت سطح آب زیرزمینی لازمی انتخاب راهکارهای مناسب به منظور جلوگیری از وقوع خسارات می‌باشد. به طور کلی تنها راه جلوگیری از افت سطح آب‌های زیرزمینی جلوگیری از برداشت های بی‌رویه می‌باشد. در سال‌های اخیر نیاز شدید مردم به آب‌های زیرزمینی باعث به کارگیری راهکارهای جدید جهت مدیریت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است. این روش‌ها شامل تغییر الگوهای پمپاژ، محدود کردن پمپاژ، تغذیه مصنوعی و استفاده از پساب تصفیه شده می‌باشند. بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب و کمبود بارندگی بازتاب‌های منفی از جمله افت مداوم سطح آب‌های زیرزمینی، فرونشست زمین و افزایش هزینه پمپاژ را به دنبال دارد. به همین جهت یک برنامه‌ریزی مدیریتی صحیح و بهینه‌سازی برداشت از منابع آب زیرزمینی باید به عنوان یک اصل مهم در نظر گرفته شود. بیشترین توسعه منابع آب‌های زیرزمینی به منظور بهره‌برداری سودمند از منابع مستلزم یک برنامه‌ریزی در همه‌ی بخش‌های حوضه‌ی آب‌های زیرزمینی می‌باشد (Todd & Mays).

در تحقیق مؤذن‌زاده و علیزاده (۱۳۹۴) به منظور تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی دشت فریمان- تربت جام، تأثیر رویکردهای مدیریتی در سطح مزرعه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر آن است که هرکدام از این راهکارهای مدیریتی شامل افزایش راندمان آبیاری و اصلاح الگوی کشت به تنهایی روند افت را متوقف ساخته است و هرکدام به ترتیب ۲۰۰ و ۸۸ میلیون متر مکعب به کسری مخزن کمک خواهند کرد. اما با این وجود کسری مخزن به میزان ۲۱۵ میلیون مترمکعب همچنان وجود خواهد داشت. این در حالی است که اگر این دو راهکار به صورت همزمان اجرا شود، کسری مخزن در پایان دوره به طور کامل برطرف و همچنین میزان ۴۵ میلیون متر مکعب آب ذخیره خواهد شد.

مقامی مقیم و تقی پور (۱۳۹۷) با بررسی نمودار تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت صفی آباد اسفراین به نتایجی دست یافتند. ایشان بیان کردند سطح آب زیرزمینی در این منطقه طی یک دوره ۲۷ ساله (۱۳۶۸-۱۳۹۵) به میزان ۹,۶ متر دچار افت شده است. همچنین آن‌ها مهم‌ترین علت کاهش سطح آب در این منطقه را برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی دانستند. شهرسازی، تبدیل روستا به شهر و خشکسالی نیز از عوامل تأثیرگذار در افت سطح آب زیرزمینی این منطقه می‌باشد. از راهکارهای ارائه شده در این تحقیق که باعث تعادل بخشی به منابع آب زیرزمینی در منطقه شده می‌توان به بکارگیری روش‌های جدید آبیاری، تغییر الگوی کشت و استفاده از کنتورهای هوشمند اشاره کرد.

اسلامیان و همکاران (۱۳۸۶) به واسطه کمبود ریزش‌های جوی و مواجه شدن با کمبود آب دشت بوئین خصوصاً در بخش کشاورزی، تحقیق خود با عنوان بررسی دوره‌های ترسالی و خشکسالی و اثرات آن بر تغییرات منابع آب حوضه آبریز دشت بوئین را انجام دادند. همچنین باتوجه به لزوم تلاش جهت بهینه‌سازی و مصرف مطلوب منابع راهکارهایی پیشنهاد کردند که شامل: ۱) مدیریت کاربری اراضی از جمله انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب و رعایت اصول صحیح کشاورزی ۲) عملیات سازه ای آبخیزداری مانند بانکت‌بندی، تراس‌بندی و سایر روش‌های ذخیره‌ی نزولات جوی ۳) احداث بندهای اصلاحی و حفاظتی که باعث افزایش نفوذ و کاهش جریان‌های سطحی و در نهایت باعث کاهش دبی اوج و حجم سیلاب دارند ۴) استفاده از روش‌ها و ابزار جدید

مانند سنجش از دور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت شناسایی خطواره‌ها در هدایت آب‌های سطحی به منطقه، می‌باشد.

جنت رستمی و همکاران (۱۳۹۰) طی تحقیق خود به منظور مدیریت بهره‌برداری از سفره آب زیرزمینی دشت شهرکرد به منظور مدیریت بهینه آبخوان از مدل GWM استفاده کردند. در این روش ابتدا با استفاده از مدل شبیه‌سازی MODFLOW رفتار سیستم سفره آب زیرزمینی تعیین گردید و با حفظ میزان آبدهی چاه‌های شرب و صنعت، مدیریت در بهره‌برداری از چاه‌های کشاورزی صورت گرفت. نتایج نشان داد که این مدل بهینه سازی توانسته است با متوسط سالیانه ۹۲,۳۹ درصد برداشت نسبت به شرایط فعلی، میزان افت سطح آب زیرزمینی را تا ۱۰ درصد کاهش دهد.

حجی پور و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقات خود تحت عنوان مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی و تأثیر آن بر منابع آب در دشت بجنورد با استفاده از مدل‌های MODFLOW & WEAP به نتایجی دست یافتند. آن‌ها سه سناریو شامل ۱- ثابت نگه داشتن سطح زیر کشت در مقابل افزایش صنایع ۲- افزایش راندمان آبیاری در کشاورزی و ۳- تلفیق این دو راهکار، در نظر گرفته و بیان کردند که تلفیق یک یا چند راهبرد مدیریتی به منظور مدیریت منابع آب راندمان بالاتری نسبت به هریک از راهبردها بصورت منفرد دارد و می‌تواند برداشت آب از منابع مختلف را کاهش دهد. ایشان همچنین به کارگیری سناریوهای مختلفی از جمله: تغییر الگوی کشت در بخش کشاورزی و مدیریت تقاضا در بخش شرب و صنایع که موجب کاهش برداشت از منابع می‌شود را پیشنهاد کردند.

علیزاده و همکاران (۱۳۹۳) طی بررسی خود با عنوان ارزیابی سناریوهای توسعه‌ی سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم به نتایجی دست یافتند. آن‌ها اظهار داشتند توسعه‌ی نامتوازن و بدون برنامه‌ریزی سیستم‌های آبیاری تحت فشار نه تنها باعث صرفه جویی در مصرف آب نمی‌شود بلکه باعث تخریب آبخوان‌های آب‌های زیرزمینی کشور خواهد شد. نهایتاً به این نتیجه دست یافتند که

ارائه تسهیلات توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی فقط در شرایط کاهش مصرف آب و حفظ سطح کشت می‌تواند به پایداری کشاورزی کمک کند.

مسلمی و درویشی (۱۳۹۶) در بررسی‌های خود به منظور راهکارهای کاهش افت سطح آب زیرزمینی در دشت لاور هرمزگان بیان کردند که بیشترین برداشت از منابع آب زیرزمینی صرف بخش کشاورزی می‌شود. راهکارهای ارائه شده توسط ایشان به شرح زیر می‌باشد: (۱) بهبود روش‌های آبیاری و حفاظت آب در کشاورزی (۲) بیان مشکلات و افزایش سطح دانش بهره‌برداران (۳) عدم صدور مجوزهای جدید حفاری (۴) تغییر الگوی کشت (۵) کنترل دقیق در برداشت توسط نصب کنتورهای حجمی (۶) تعیین قیمت مناسب به عنوان آب‌بها.

رشید ترابی و بی‌نا (۱۳۹۳) در تحقیق خود که به منظور بررسی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر کاهش سطح آب زیرزمینی و ارائه راهکارهای آن انجام شد، عوامل اثرگذار را شناسایی و اولویت‌بندی کردند. بنا به اظهارات ایشان هفت مورد به ترتیب اهمیت شامل موارد زیر می‌باشد: (۱) حجم بالای بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی حتی در فصول سرد (۲) حفر چاه‌های غیر مجاز و بالا بودن ساعات کارکرد چاه‌ها و نیز استفاده زیاد از موتورها و پمپاژ (۳) افزایش جمعیت و اضافه برداشت به منظور تأمین آب شرب و همچنین الگوی اشتباه مصرف آب توسط مردم (۴) تغییر اقلیم ناشی از آلودگی هوا و کاهش نزولات جوی حتی در فصل سرد (۵) برداشت آب شرب شهری توسط شهرداری به منظور آبیاری فضاهای سبز (۶) اقلیم خشک و نیمه خشک و به دنبال آن کاهش شدید بارندگی (۷) برداشت از آب‌های زیرزمینی به منظور مصارف صنعتی. به طور کلی به منظور صرفه جویی در مصرف آب راهکارهایی ارائه کردند که شامل اصلاح الگوی کشت و حذف کشت‌های با نیاز آبی بالا، نظارت بر پروانه‌های بهره‌برداری چاه‌ها و ساعات کارکرد مجاز چاه‌های بهره‌برداری، فرهنگ سازی برای مردم در جهت استفاده صحیح از منابع آب، بالا بردن کیفیت سوخت و نیز ارائه تمهیداتی به خودروهای فرسوده به منظور جلوگیری از آلودگی هوا و استفاده از پساب تصفیه شده کارخانه‌ها به منظور آبیاری فضاهای سبز و

حسینی و پودینه (۱۳۹۴) در بررسی خود با عنوان مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و کاهش پیامدهای زیست محیطی در بخش جلگه رخ تربت حیدریه عنوان کردند که عدم مدیریت بهینه و بهره‌برداری اصولی در این منطقه سبب هدر رفت آب‌های زیرزمینی میشود. آن‌ها اذعان داشتند که با صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی حداقل ۵ درصد می‌تواند عمده‌ای از مشکلات حل شود. همچنین پرکردن چاه‌های غیرمجاز و عدم صدور مجوز برای حفر چاه جدید، استفاده از شبکه آبیاری نوین، فرهنگ‌سازی مصرف آب برای مردم، توجه به برنامه‌های اجرایی مدیریت خشکسالی، توجه به عرضه و تقاضا در چرخه آب منطقه، راهکارهایی بود که توسط ایشان ارائه گردید.

در تحقیق رهنما و میراثی (۲۰۱۴) با عنوان مدیریت بحران افت سطح آب‌های زیرزمینی و مخاطره فرونشست سطح زمین در دشت‌های ایران مشخص شده که اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی باعث ایجاد بیلان منفی و کاهش کیفیت آب در بسیاری از دشت‌ها شده است. ایشان همچنین راهکارهایی برای مواجهه با این پدیده مخرب و جلوگیری از اثرات سوء ارائه کردند: ۱) کاهش بهره‌برداری به خصوص در مناطق با افت زیاد ۲) عدم کشت محصولات غیر راهبردی در بخش کشاورزی ۳) نصب کنتورهای هوشمند در چاه‌ها به منظور کنترل برداشت ۴) اجرای طرح پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها ۵) مدیریت صحیح مصرف آب در بخش کشاورزی، شرب و صنعت.

فصل سوم

روش انجام کار

در این فصل به بیان روش و مراحل انجام کار پرداخته می شود. اصل اساسی در این بخش رعایت نظم و دقت در انتخاب روش و ابزار مناسب به منظور انجام یک تحقیق در کوتاه ترین زمان و کمترین آسیب ها می باشد.

فعالیت های صورت گرفته در بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی به شرح زیر می باشد:

- جمع آوری آمار و اطلاعات هیدرولوژی، هواشناسی، زمین شناسی و اطلاعات مربوط به سطح آب های زیرزمینی در پیزومترها

- تکمیل و تصحیح آمار و اطلاعات مربوط به پیزومترهای موجود در منطقه

- ترسیم نقشه ی زمین شناسی

- ترسیم نقشه ها و نمودارهای کمی آبخوان

- ترسیم هیدروگراف های معرف برای نقاط مختلف دشت

- پهنه بندی دشت به لحاظ افت

- بررسی تغییرات زمانی نرخ افت در دشت و عوامل مؤثر بر آن

- بررسی تغییرات پوشش اراضی دشت با استفاده از نرم افزار ENVI5.3 و نرم افزار ArcGIS10.6

۳-۱- جمع آوری آمار و اطلاعات سطح آب زیرزمینی دشت شهریار

جهت ارزیابی نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی دشت شهریار، به آمار و اطلاعات سطح آب زیرزمینی در پی‌زومترهای موجود در دشت طی دوره‌ی ۳۰ ساله (۱۳۶۳-۱۳۹۳) نیاز بود. این آمار از شرکت آب منطقه‌ای استان تهران و اداره امور منابع آب شهرستان شهریار تهیه گردید. همچنین جهت بررسی و تکمیل و تصحیح و انجام محاسبات بعدی این اطلاعات وارد نرم افزار اکسل و سپس مختصات و اطلاعات این چاه‌ها در محیط GIS وارد گردید. با توجه به تأثیر پارامترهای اقلیمی مانند بارندگی و درجه حرارت بر سفره آب‌های زیرزمینی، استفاده از این پارامترها در بررسی افت سطح آب منطقه امری ضروریست. لذا در این تحقیق به منظور تعیین اقلیم و آب و هوای منطقه از آمار هواشناسی دو ایستگاه موجود به نام‌های پرندک و سعید آباد، که شامل متوسط درجه حرارت و بارندگی سالیانه می‌باشد استفاده گردید. این آمار نیز از شرکت آب منطقه‌ای استان تهران تهیه گردید.

۳-۲- تکمیل و تصحیح آمار و اطلاعات مربوط به پی‌زومترهای موجود در منطقه

به دلیل طولانی بودن دوره‌ی مطالعه برخی از پی‌زومترها در برخی از ماه‌ها به صورت متوالی فاقد اطلاعات بوده است. با توجه به اینکه نبود یک یا چند داده تأثیر بسیاری بر میانگین داده‌ها خواهد گذاشت و نتیجه کار با خطای زیادی همراه بود لذا تصمیم گرفته شد به جای نادیده گرفتن، مقادیر مربوط به آن‌ها با توجه به روند تغییرات سطح آب تصحیح و تکمیل گردد. سپس جهت دقت بیشتر و شناسایی خطای احتمالی هیدروگراف همه‌ی پی‌زومترها ترسیم گردید. در برخی پی‌زومترها روند سطح آب به طور ناگهانی تغییر می‌کرد که علت آن تغییر در ارتفاع سطح آب از سطح زمین بود. با همسان کردن این ارتفاع داده‌ها یکنواخت شدند.

۳-۳- ترسیم نقشه‌ی زمین شناسی پایه منطقه

جهت ترسیم نقشه‌ی زمین شناسی منطقه از نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ استان تهران استفاده گردید. همچنین به منظور دقت بیشتر در پردازش داده‌ها نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه با نرم افزار Google Earth تطابق داده شد. سرانجام در محیط ArcGIS 10.6 لایه‌های زمین‌شناسی مختلف آن رقومی شد و سپس نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه گردید.

۳-۴- ترسیم نقشه‌ها و نمودارهای کمی آبخوان

به منظور نمایش دقیق سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه و نیز تعیین جهت اصلی حرکت آب‌های زیرزمینی، نقشه‌ی هم پتانسیل و هم افت سطح آب زیرزمینی دشت ترسیم گردید. جهت مقایسه‌ی تغییرات کمی سطح آب در منطقه‌ی مورد مطالعه، نقشه‌ی هم پتانسیل برای سال اول دوره‌ی آماری (۶۳) ترسیم و با نقشه‌ی هم پتانسیل ترسیم شده برای سال آخر آن (۹۳) مقایسه گردید. برای این کار نیاز به اطلاعات تراز آب زیرزمینی بود که این اطلاعات از اختلاف عمق سطح آب در هر پیزومتر و ارتفاع نقاط نشانه‌ی آن ها در نرم افزار اکسل محاسبه گردید.

۳-۵- ترسیم هیدروگراف‌های معرف برای نقاط مختلف دشت

جهت بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی در قسمت‌های مختلف دشت، هیدروگراف معرف ترسیم گردید. به منظور ترسیم هیدروگراف معرف برای بررسی تغییرات سالیانه‌ی سطح آب طی دوره‌ی ۳۰ ساله، از میانگین وزنی سطح آب زیرزمینی در پیزومترها، در اسفندماه هر سال استفاده گردید. به دلیل وسیع بودن منطقه و دقیق‌تر بودن هیدروگراف، منطقه مورد نظر به سه بخش (زون شمالی، زون مرکزی و زون جنوبی) تقسیم بندی گردید. در نهایت با اطلاعات به دست آمده هیدروگراف معرف برای قسمت های مختلف دشت ترسیم شد.

همچنین به منظور بررسی رابطه‌ی نوسانات سطح آب زیرزمینی با بارندگی سالیانه منطقه، آمار بارندگی تهیه شده نیز بر روی هیدروگراف‌ها نمایش داده شد.

۳-۶- پهنه بندی دشت به لحاظ افت

با توجه به شرایط هیدروژئولوژیکی آبخوان که در بخش‌های مختلف یکسان نیست، سطح آب زیرزمینی نیز به مقدار متفاوتی افت می‌کند و در نتیجه افت در بخش‌های مختلف متفاوت است. جهت بررسی افت سطح آب زیرزمینی، اختلاف تراز برای هر پیزومتر طی سال‌های ۶۳-۹۳ محاسبه گردید و سپس بر اساس نتایج حاصل شده، در سه گروه قسمت شمالی (افت زیاد)، مرکزی (افت متوسط) و جنوبی (افت کم) تقسیم بندی و هر گروه با رنگی مشخص در منطقه پلات گردید و پس از آن نمودار برای هر بخش ترسیم شد.

۳-۷- بررسی تغییرات زمانی نرخ افت در دشت و عوامل مؤثر بر آن

جهت بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت شهریار طی دوره‌ی ۳۰ ساله (۶۳-۹۳)، از آمار و اطلاعات سطح آب زیرزمینی مربوط به ۴۱ پیزومتر موجود در دشت که دارای بهترین پراکندگی بودند، استفاده گردید. همچنین جهت سهولت و تسریع در بررسی و دقت بیشتر در مطالعه، دوره‌ی آماری به سه دوره‌ی ۱۰ ساله ۶۳-۷۳، ۷۳-۸۳ و ۸۳-۹۳ تقسیم بندی و میزان افت در هر دهه بررسی گردید. پس از آن با استفاده از عکس‌های هوایی تهیه شده از منطقه مورد نظر به کمک نرم افزار گوگل ارث، عوامل مؤثر بر تغییرات سطح آب زیرزمینی در منطقه شناسایی و بررسی گردید.

۳-۸- بررسی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

به منظور بررسی پوشش گیاهی و مناطق شهری در دشت شهریار و ارتباط آن با سطح آب زیرزمینی از تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید. این تصاویر از ماهواره لندست در سال‌های ۶۳، ۷۳، ۸۳ و ۹۳ گرفته شد. پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم افزار ENVI 5.3 انجام گردید. تعداد پیکسل‌های انتخاب شده به عنوان

نمونه‌های تعلیمی در هریک از سال‌های مورد بررسی برحسب وسعت کاربری‌ها انتخاب شدند و سپس طبقه‌بندی تصاویر صورت گرفت. در نهایت برای محاسبه‌ی مساحت کاربری‌ها و تهیه نقشه خروجی مناسب به نرم افزار ArcGIS10.6 انتقال داده شدند.

فصل چهارم

بررسی افت سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار

مطالعه کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و بررسی چگونگی تغییرات سطح ایستابی در طی دوره‌های مختلف در مناطقی که با محدودیت منابع آبی روبه‌رو هستند امری ضروری محسوب می‌شود. دشت شهریار نیز به عنوان یکی از این مناطق در سال‌های اخیر به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی با افت سطح ایستابی مواجه شده است. در این فصل با استفاده از داده‌ها و اطلاعات بدست آمده، لایه‌ها و نقشه‌های مورد نیاز را تهیه کرده و در ادامه به بررسی تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی دشت شهریار طی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۳ جهت تعیین وضعیت کنونی آبخوان از طریق مقایسه‌ی داده‌ها و اطلاعات فعلی با داده‌های سال قبل پرداخته می‌شود.

۴-۱- تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت شهریار

از مهم‌ترین جنبه‌های مطالعه آب‌های زیرزمینی در همه‌ی دشت‌ها، بررسی کمی منابع آب زیرزمینی و چگونگی تغییرات آن در گذر زمان می‌باشد که این امکان را فراهم می‌آورد که مدیریت صحیح و همه جانبه به منظور بهره‌برداری پایدار و حفظ این منابع صورت پذیرد. این بررسی‌ها توسط نقشه‌ها و نمودارهایی که به این منظور تهیه می‌شوند مانند نقشه‌های هم‌پتانسیل، نقشه هم‌افت و نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی که شرایط آبخوان را در قالب خطوط هم‌ارزش بیان می‌کنند و همچنین هیدروگراف‌ها انجام می‌گیرد. هیدروگراف‌ها به منظور بررسی کمی آبخوان مناسب‌تر می‌باشند زیرا دوره‌ای طولانی مدت از پایش تراز آب زیرزمینی را شامل می‌شوند. همچنین در مواقعی که بارندگی روی آن ترسیم گردد، نحوه پاسخ آبخوان به بارندگی که عمده‌ترین دلیل تغییرات سطح ایستابی محسوب می‌شود را نشان می‌دهد. در دشت شهریار ۴۰ پیزومتر وجود دارد که اندازه‌گیری‌ها در این پیزومترها به صورت ماهیانه انجام شده است. شکل (۴-۱) موقعیت پیزومترهای موجود در دشت را نشان می‌دهد.

پاسخ آن‌ها به تنش‌های هیدرولوژیکی در مطالعه آب‌های زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این دشت در طول یک دوره‌ی ۳۰ ساله (۱۳۶۳-۱۳۹۳) از آمار و اطلاعات ۴۰ پیزومتر موجود در دشت که دارای پراکندگی خوبی می‌باشند، استفاده گردید. در جدول (۴-۱) مقادیر ارتفاع سطح ایستابی در هریک از پیزومترها و در جدول (۴-۲) مقادیر افت در هر یک از آن‌ها ارائه داده شده است.

جدول ۴-۱- ارتفاع سطح ایستابی (متر) در ۴۰ پیزومتر موجود در دشت

شماره پیزومتر	نام پیزومتر	سال			
		۶۳	۷۳	۸۳	۹۳
۱	احمدآباد مستوفی	۱۰۷۳,۵۹	۱۰۷۰,۲۲	۱۰۶۱,۷۲	۱۰۶۴,۶۴
۲	احمدآباد جانسپار	۱۰۵۴,۵۷	۱۰۵۶,۱۲	۱۰۷۴,۸۳	۱۰۸۵,۷۷
۳	اسکمان	۱۰۵۹,۹۱	۱۰۵۸,۹۶	۱۰۵۵,۰۵	۱۰۵۴,۱۲
۴	بهمن آباد	۱۰۶۰,۵۲	۱۰۵۸,۳۵	۱۰۴۹,۵۸	۱۰۷۲,۳۸
۵	پارس فیلم	۱۱۵۲,۳۷	۱۱۵۰,۷۷	۱۱۵۱,۷۴	۱۱۵۱,۵۹
۶	پرنان	۱۱۰۴,۲۵	۱۰۸۵,۱۴	۱۰۷۶,۱۲	۱۰۵۶,۸۰
۷	ترپاق تپه	۱۰۷۴,۲۹	۱۰۶۰,۰۵	۱۰۵۵,۶۴	۱۰۴۴,۰۹
۸	چیتگر	۱۱۲۵,۷۵	۱۱۱۶,۸۶	۱۱۱۳,۵۹	۱۰۹۷,۲۹
۹	چیچکلو	۱۰۴۲,۳۱	۱۰۳۹,۵۷	۱۰۴۰,۹۲	۱۰۴۶,۰۰
۱۰	حصارزیرک	۱۱۱۶,۵۳	۱۱۱۴,۳۴	۱۱۱۴,۳۸	۱۱۱۲,۲۳
۱۱	حکیم آباد	۹۳۵,۵۴	۹۳۷,۶۱	۹۳۰,۶۹	۹۱۸,۵۵
۱۲	ده عباس	۱۰۵۳,۶۰	۱۰۵۱,۰۲	۱۰۴۷,۱۱	۱۰۴۱,۸۲
۱۳	دینارآباد	۱۰۷۹,۴۶	۱۰۷۸,۰۱	۱۰۷۷,۰۸	۱۰۷۵,۵۷
۱۴	دهشاد	۱۰۵۳,۰۷	۱۰۶۱,۰۰	۱۰۳۱,۱۴	۱۰۳۳,۰۰
۱۵	رضی آباد	۱۱۰۵,۹۴	۱۰۶۹,۶۹	۱۰۶۰,۰۹	۱۰۴۳,۰۴
۱۶	سعیدآباد	۱۰۶۸,۰۰	۱۱۲۶,۴۲	۱۰۶۲,۹۳	۱۰۷۸,۹۲
۱۷	شفیع آباد	۱۱۰۹,۵۳	۱۱۱۰,۱۵	۱۱۰۹,۶۹	۱۱۰۶,۴۶
۱۸	شمس آباد	۱۰۷۹,۱۴	۱۰۷۶,۸۴	۱۰۶۴,۶۳	۱۰۶۵,۲۸
۱۹	شهرک اندیشه	۱۰۹۴,۵۳	۱۰۷۵,۳۴	۱۰۱۱,۳۷	۱۰۰۹,۹۹
۲۰	علی آباد مختارخانی	۱۰۷۲,۸۸	۱۰۶۹,۷۱	۱۰۶۸,۴۵	۱۰۷۱,۳۵

شماره پیزومتر	نام پیزومتر	سال			
		۹۳	۸۳	۷۳	۶۳
۲۱	فرمان آباد	۱۰۳۲,۶۲	۱۰۵۸,۰۶	۱۰۶۸,۰۱	۱۰۸۰,۰۳
۲۲	کردزار	۱۰۳۵,۹۶	۱۰۷۳,۹۸	۱۰۷۶,۳۱	۱۰۸۸,۹۴
۲۳	کیکاور	۱۰۴۹,۸۷	۱۰۴۰,۶۶	۱۰۳۸,۶۳	۱۰۳۷,۰۶
۲۴	گلدسته	۱۰۵۷,۵۶	۱۰۵۰,۹۸	۱۰۵۴,۹۲	۱۰۵۹,۹۹
۲۵	مهرجین	۱۱۱۷,۶۳	۱۱۱۸,۹۲	۱۱۱۹,۶۵	۱۱۲۲,۳۶
۲۶	موسی آباد	۱۰۴۰,۴۸	۱۰۴۰,۶۵	۱۰۶۰,۱۹	۱۰۵۹,۱۶
۲۷	نصیرآباد	۱۰۷۴,۴۷	۱۰۷۲,۵۴	۱۰۷۴,۵۸	۱۰۷۷,۲۲
۲۸	نظام آباد	۱۰۱۵,۲۶	۱۰۱۷,۰۷	۱۰۱۴,۰۲	۱۰۱۳,۲۲
۲۹	هفت جوی	۱۰۷۷,۲۴	۱۰۸۶,۵۳	۱۱۳۷,۰۳	۱۱۶۸,۴۶
۳۰	نفت پارس	۱۱۶۷,۹۸	۱۱۶۷,۷۲	۱۱۶۸,۶۳	۱۱۶۸,۲۰
۳۱	ویره	۱۰۶۰,۲۲	۱۰۶۰,۴۳	۱۰۵۸,۰۱	۱۰۵۹,۶۲
۳۲	اصیل آباد جوقین	۱۰۶۹,۵۰	۱۰۶۸,۹۱	۱۰۷۰,۰۵	۱۰۶۹,۵۹
۳۳	یوسف آباد	۱۰۳۷,۰۴	۱۰۳۶,۰۳	۱۰۳۶,۰۰	۱۰۳۶,۰۲
۳۴	تقی آباد	۹۸۲,۵۳	۹۷۹,۴۰	۹۶۸,۷۷	۹۶۸,۲۴
۳۵	آدران	۱۰۱۳,۵۵	۱۰۱۷,۰۸	۱۰۲۳,۸۵	۱۰۲۴,۲۶
۳۶	فرودگاه امام	۹۰۰,۹۲	۹۱۳,۳۴	۹۲۲,۲۳	۹۲۰,۰۸
۳۷	سلطان آباد	۱۰۲۴,۲۷	۱۰۲۳,۹۷	۱۰۲۴,۰۲	۱۰۲۳,۹۷
۳۸	وهن آباد	۹۲۸,۳۹	۹۳۳,۳۴	۹۳۴,۹۷	۹۳۴,۵۲
۳۹	ریه	۱۰۰۸,۱۰	۱۰۱۲,۰۶	۱۰۱۳,۳۶	۱۰۱۳,۰۱
۴۰	علی آباد طپانچه	۹۹۲,۴۴	۹۹۵,۵۰	۹۹۸,۰۰	۹۹۷,۶۸
	میانگین	۱۰۴۷,۸۷	۱۰۵۰,۵۹	۱۰۵۸,۱۸	۱۰۶۰,۹۳

جدول ۴-۲- مقدار افت تراز آب زیرزمینی (متر) در پیزومترهای موجود در دشت

شماره پیزومتر	نام پیزومتر	سال		
		۷۳-۶۳	۸۳-۷۳	۹۳-۸۳
۱	احمدآباد مستوفی	-۳,۳۷	-۸,۵	۲,۹۲
۲	احمدآباد جانسپار	۱,۵۵	۱۸,۷۱	۱۰,۹۴
۳	اسکمان	-۰,۹۵	-۳,۹۱	-۰,۹۳
۴	بهمن آباد	-۲,۱۷	-۸,۷۷	۲۲,۸
۵	پارس فیلم	-۱,۶	۰,۹۷	-۰,۱۵
۶	پرنان	-۱۹,۱۱	-۹,۰۲	-۱۹,۳۲
۷	ترپاق تپه	۱۴,۲۴	-۴,۴۱	-۱۱,۵۵
۸	چیتگر	-۸,۸۹	-۳,۲۷	-۱۶,۳
۹	چیچکلو	-۲,۷۴	۱,۳۵	۵,۰۸
۱۰	حصارزیرک	-۲,۱۹	۰,۰۴	-۲,۱۵
۱۱	حکیم آباد	۲,۰۷	-۶,۹۲	-۱۲,۱۴
۱۲	ده عباس	۲,۵۸	-۳,۹۱	-۵,۲۹
۱۳	دینارآباد	-۱,۴۵	-۰,۹۳	-۱,۵۱
۱۴	دهشاد	۷,۹۳	-۲۹,۸۶	-۱,۸۶
۱۵	رضی آباد	-۳۶,۲۵	-۹,۶	-۱۷,۰۵
۱۶	سعیدآباد	۵۸,۴۲	-۶۳,۴۹	۱۵,۹۹
۱۷	شفیع آباد	۰,۶۲	-۰,۴۶	-۳,۲۳
۱۸	شمس آباد	-۲,۳	-۱۲,۲۱	۰,۶۵
۱۹	شهرک اندیشه	-۱۹,۱۹	-۶۳,۹۷	-۱,۳۸
۲۰	علی آباد مختارخانی	-۳,۱۷	-۱,۲۶	۲,۹

شماره پیزومتر	نام پیزومتر	سال		
		۷۳-۶۳	۸۳-۷۳	۹۳-۸۳
۲۱	فرمان آباد	-۱۲,۰۲	-۹,۹۵	-۲۵,۴۴
۲۲	کردزار	-۱۲,۶۳	-۲,۳۳	-۳۸,۰۲
۲۳	کیکاور	۱,۵۷	۲,۰۳	۹,۲۱
۲۴	گلدسته	-۵,۰۷	-۳,۹۴	۶,۵۸
۲۵	مهرجین	-۲,۷۱	-۰,۷۳	-۱,۲۹
۲۶	موسی آباد	۱,۰۳	-۱۹,۵۴	-۰,۱۷
۲۷	نصیر آباد	-۲,۶۴	-۲,۰۴	۱,۹۳
۲۸	نظام آباد	۰,۸	۳,۰۵	-۱,۸۱
۲۹	هفت جوی	-۳۱,۴۳	-۵۰,۵	-۹,۲۹
۳۰	نفت پارس	۰,۴۳	-۰,۹۱	۰,۲۶
۳۱	ویره	-۱,۶۱	۲,۴۲	-۰,۲۱
۳۲	اصیل آباد جوقین	۰,۴۶	-۱,۱۴	۰,۵۹
۳۳	یوسف آباد	-۰,۰۲	۰,۰۳	۱,۰۱
۳۴	تقی آباد	۰,۵۳	۱۰,۶۳	۳,۱۳
۳۵	آدران	-۰,۴۱	-۶,۷۷	-۳,۵۳
۳۶	فرودگاه امام	۲,۱۵	-۸,۸۹	-۱۲,۴۲
۳۷	سلطان آباد	۰,۰۵	-۰,۰۵	۰,۳
۳۸	وهن آباد	۰,۴۵	-۱,۶۳	-۴,۹۵
۳۹	ریه	۰,۳۵	-۱,۳۰	-۳,۹۶
۴۰	علی آباد طپانچه	۰,۳۲	-۲,۵	-۳,۰۶
	میانگین	-۱,۹	-۷,۵۸	-۲,۸۱

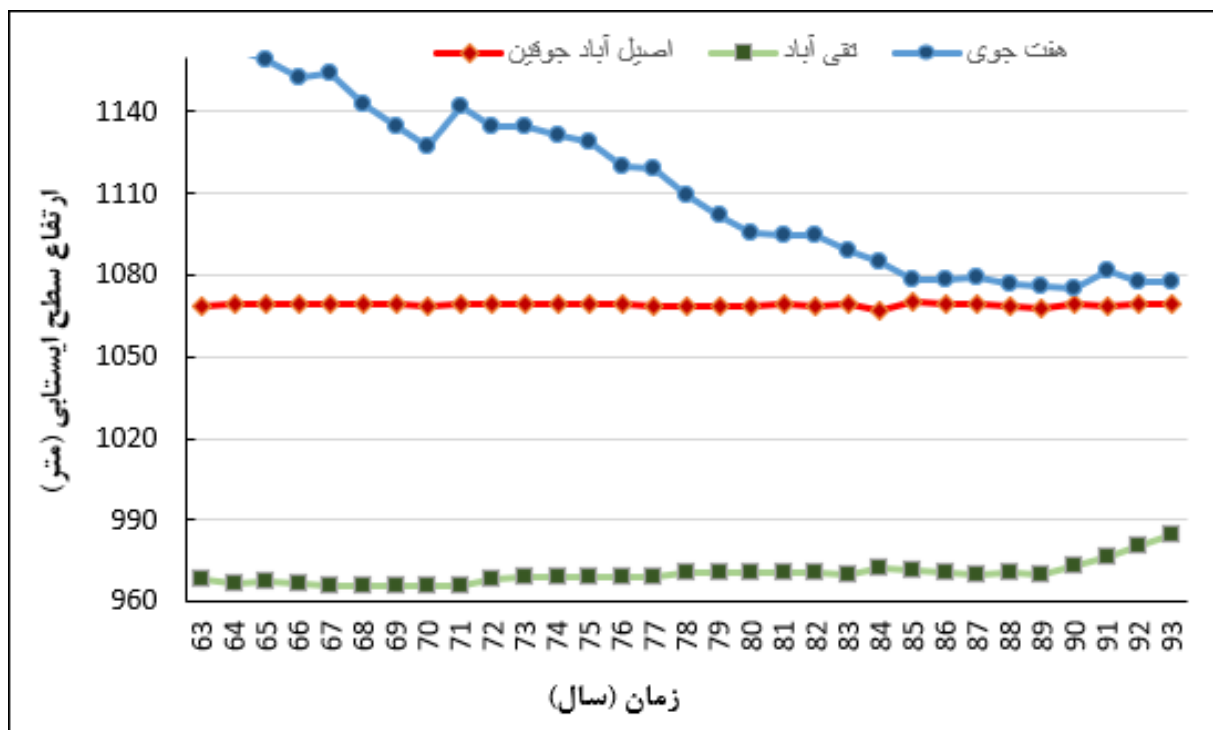
۴-۳- تکمیل و تصحیح آمار سطح آب زیرزمینی

با توجه به طولانی بودن دوره‌ی آماری برخی از پیزومترهای موجود در دشت در تعدادی از ماه‌ها فاقد آمار سطح آب زیرزمینی بودند. به دلیل اینکه نبود تعدادی از داده‌ها می‌توانست تأثیر بسزایی در میانگین حسابی داده‌ها داشته باشد و نتیجه را به خطای بسیاری همراه کند، لذا تصمیم گرفته شد به جای در نظر نگرفتن این مقادیر، عدد مربوطه با توجه به روند تغییرات سطح آب در پیزومتر پیش بینی گردد. در قسمت‌هایی که پیزومتر یک تا سه ماه فاقد داده بود از طریق ترسیم هیدروگراف و با توجه به روند تغییرات عمق آب در پیزومتر عدد مربوطه تخمین زده شد. در مواردی نیز که پیزومتر بیشتر از سه ماه فاقد داده بود از روش برقراری رابطه همبستگی با پیزومترهایی که رفتار مشابه داشتند، آمار مربوطه بازسازی گردید. در نهایت جهت بررسی دقت و شناسایی خطاهای احتمالی هیدروگراف برای تمامی پیزومترها ترسیم گردید. به منظور مقایسه‌ی سریع و تفسیر آسان روند تغییرات سطح ایستابی آبخوان دشت شهریار، دوره‌ی مورد مطالعه به سه دوره‌ی ۱۰ ساله (۶۳-۷۳، ۷۳-۸۳ و ۸۳-۹۳) تقسیم گردیده است. میزان افت سطح آب زیرزمینی در هریک از پیزومترها برای هر سه دوره ۶۳ تا ۷۳ (دوره‌ی اول آماری)، ۷۳ تا ۸۳ (دوره‌ی دوم آماری) و ۸۳ تا ۹۳ (دوره‌ی آخر آماری) و همچنین سال‌های ۶۳ تا ۹۳ (کل دوره‌ی آماری) با تفاضل مقادیر سطح آب آن‌ها در این سال‌ها محاسبه گردید. سرانجام به منظور بررسی روند نوسانات سطح آب زیرزمینی در کل دشت، پس از تیسن بندی کل منطقه مورد مطالعه، میانگین وزنی تراز آب زیرزمینی دشت با استفاده از داده‌های مربوط به ۴۰ پیزومتر موجود در محدوده مورد مطالعه برای سال‌های ۶۳، ۷۳، ۸۳ و ۹۳ محاسبه گردید و میزان افت تراز آب زیرزمینی برای دوره‌های ذکر شده تعیین گردیده است. نتایج این محاسبات در جدول (۴-۱) و (۴-۲) ارائه گردیده است. طبق جدول (۴-۱) سطح ایستابی طی این دوره ۳۰ ساله به میزان ۱۳,۰۶ متر افت داشته است. به گونه‌ای که تراز آب زیرزمینی از مقدار ۱۰۶۰,۹۳ در سال ۱۳۶۳ به میزان ۱۰۴۷,۸۷ در پایان سال ۱۳۹۳ رسیده است. به عبارت دیگر متوسط افت سالانه سطح ایستابی دشت طی این دوره به میزان ۳۲,۶ سانتی متر بوده است. میزان افت سطح آب زیرزمینی

در دهه اول آماری (۱۳۶۳ - ۱۳۷۳) برابر با ۱,۹ متر و در ده ساله‌ی دوم (۱۳۷۳ - ۱۳۸۳) برابر با ۷,۵۸ متر و در دهه سوم (۱۳۸۳ - ۱۳۹۳) برابر با ۲,۸۱ متر بوده است. این امر نشان می‌دهد که روند کاهش سطح آب زیرزمینی در دهه دوم بیشتر از دهه اول و سوم بوده است که علت آن می‌تواند ناشی از افزایش برداشت از آبخوان و یا کاهش بارندگی طی این دوره باشد.

۴-۴- بررسی افت سطح آب زیرزمینی در هریک از پیزومترها

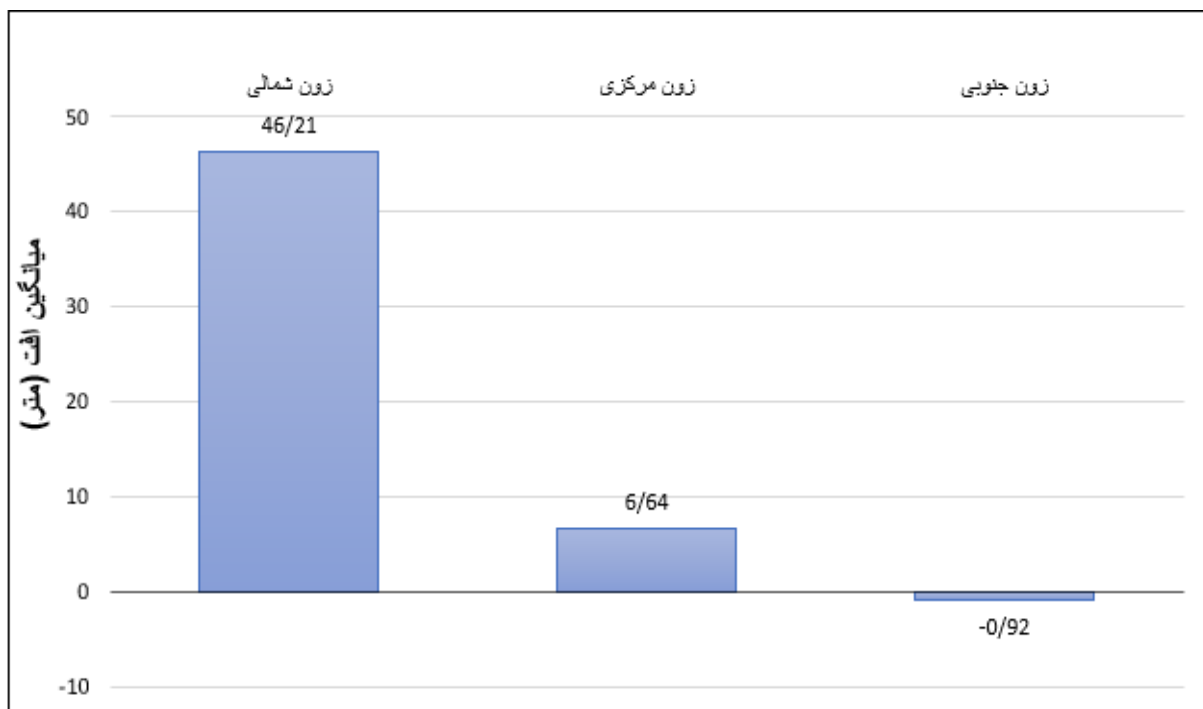
بر اساس میزان افت سطح ایستابی در طی سال‌های ۶۳-۹۳ در هریک از پیزومترهای واقع در دشت شهریار مشاهده می‌شود که میزان افت در پیزومترها از ۹۱,۲۲ تا ۰,۴ متر متغیر است. تعدادی از پیزومترها که دارای بیشترین افت یعنی ۶۰ تا ۹۰ متر می‌باشند و در قسمت غربی دشت قرار دارند. مهم‌ترین عامل افت سطح ایستابی در این منطقه برداشت بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی می‌باشد. حداقل میزان افت در قسمت حاشیه جنوب غربی دشت شهریار می‌باشد که یکی از دلایل آن نبود زمین‌های کشاورزی و مناطق شهری و در نتیجه عدم برداشت حجم بالا از آب زیرزمینی در این منطقه است. از شمال دشت به سمت مرکز پیزومترها دارای افت کمتر و در برخی مناطق پیزومترها بالآمدگی آب را نشان می‌دهند. شکل (۴-۲) هیدروگراف پیزومترهای هفت‌جوی و اصیل آباد جوقین و تقی آباد را که هریک نماینده زون‌های شمالی، مرکزی و جنوبی می‌باشند، نمایش داده شده است. این سه پیزومتر دارای بالاترین میزان افت مربوط به هفت‌جوی (۹۱,۲۲)، کمترین افت مربوط به اصیل آباد جوقین (۰,۴) و پیزومتر تقی آباد که نماینده زون جنوبی است بالآمدگی آب می‌باشد.



شکل ۴-۲- هیدروگراف پیزومترهای هفت جوی، اصلیل آباد و تقی آباد

۴-۴-۱- بررسی افت در بازه‌های زمانی مختلف

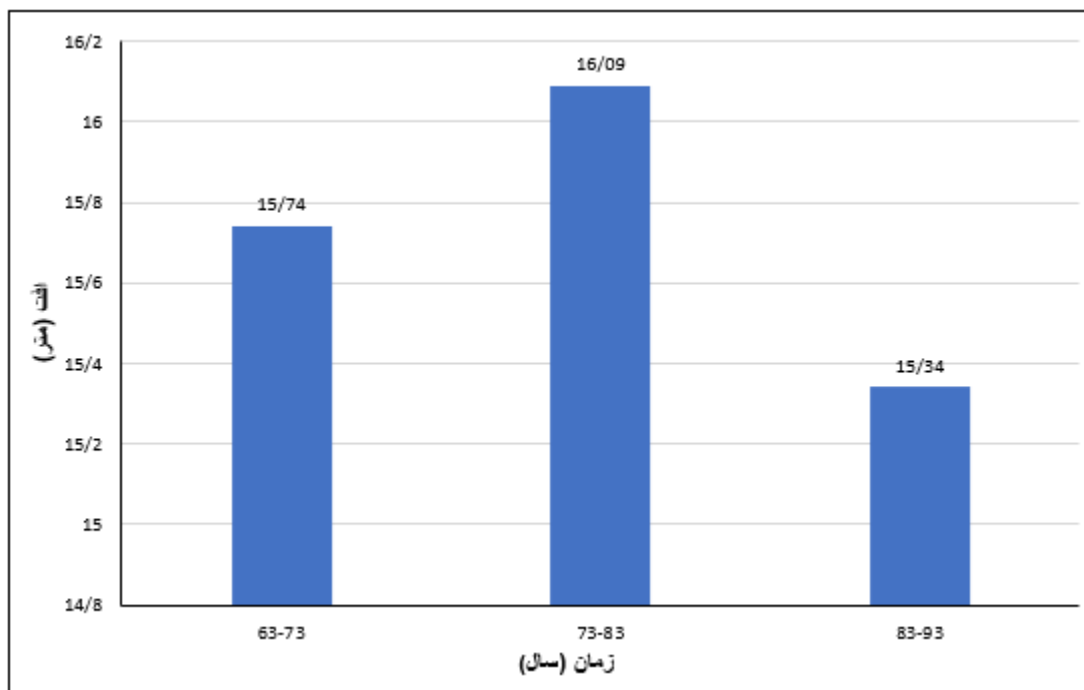
با توجه به اینکه هریک از پیزومترها دارای افت متفاوتی می‌باشند منطقه ی مورد مطالعه به سه زون شمالی، مرکزی و جنوبی به افت زیاد، متوسط و کم تقسیم‌بندی شد. سپس نمودار مربوط به هر زون ترسیم گردید. همچنین نمودار مربوط به هر سه زون در سه دهه ی مختلف ترسیم گردید. در شکل (۴-۳) میزان افت ۳۰ ساله‌ی دشت شهریار در زون‌های مختلف منطقه مقایسه شده است. همانطور که در نمودار پیداست، بیشترین میزان افت در قسمت شمالی دشت رخ داده است. این افت به دلیل برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی به منظور مصارف شهری و صنعتی و نیز انتقال آب به مناطق دیگر برای مصرف شرب و همچنین افزایش زمین‌های کشاورزی می‌باشد. بخش مرکزی به دلیل کاهش مناطق شهری و کاهش قابل توجه زمین‌های کشاورزی دارای افتی کمتر می‌باشد. بخش جنوبی دشت به دلیل وجود مناطق شهری و افزایش فاضلاب‌ها و نیز کاهش سطح زیر کشت زمین‌های کشاورزی به میزان کمی بالآآمدگی سطح آب‌های زیرزمینی قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۴-۳- نمودار مقادیر افت ۳۰ ساله‌ی دشت در زون‌ها

۴-۴-۱-۱- پی‌زومترهای زون شمالی

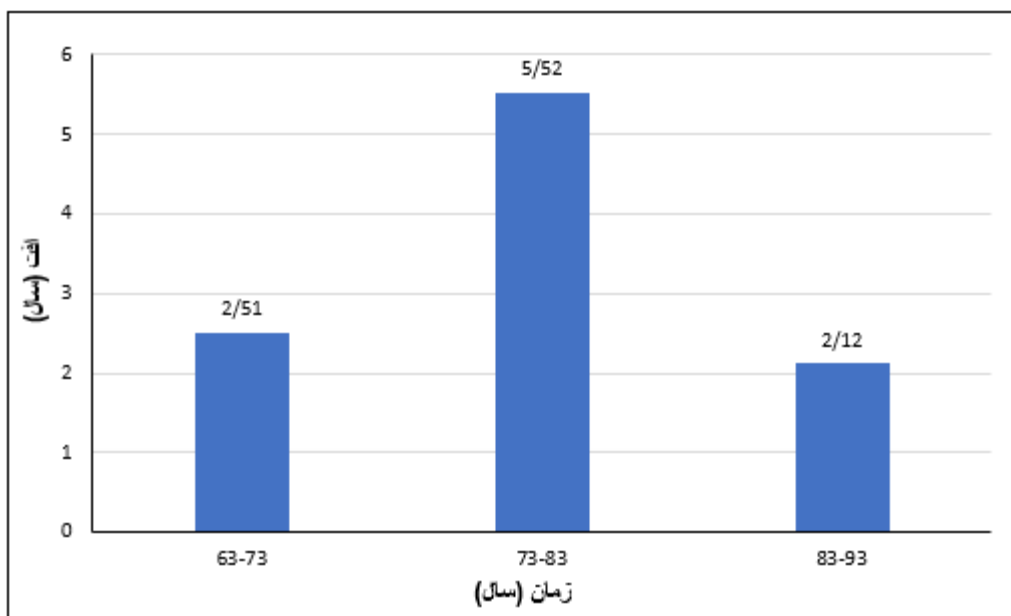
پی‌زومترهای موجود در این زون میزان افت زیادی دارند. با میانگین گیری از سطح آب زیرزمینی در پی‌زومترها نتایجی به دست آمد که در شکل (۴-۴) قابل مشاهده می‌باشد. در دهه اول یعنی سال ۱۳۶۳-۱۳۷۳ سطح آب زیرزمینی دارای افت زیادی برابر با ۱۵,۷۴ متر می‌باشد. میانگین افت در دهه دوم برابر با ۱۶,۰۹ متر می‌باشد که این افت زیاد در اثر فعالیت‌های کشاورزی و برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی به منظور انتقال آن برای شهر جدید اندیشه می‌باشد. میانگین افت در دهه سوم برابر با ۱۵,۳۴ متر است که کمتر از دهه اول می‌باشد. این امر حاکی از آن است که به دلیل افت زیاد در دهه‌ی اول و خصوصاً دهه دوم، محدودیت‌هایی به منظور کاهش برداشت از آبخوان اعمال شده و ساخت و سازهای شهر جدید اندیشه و نیز فعالیت‌های کشاورزی در این مناطق کاهش یافته است.



شکل ۴-۴- مقادیر افت پیزومترهای زون شمالی در سه دهه

۴-۴-۱-۲- پیزومترهای زون مرکزی

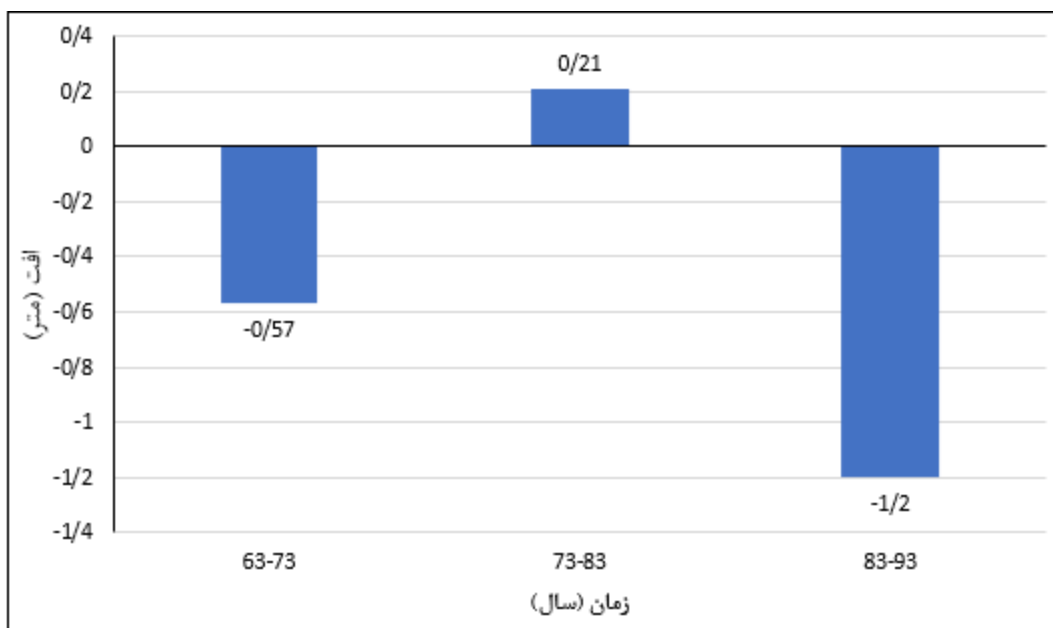
این پیزومترها دارای افت متوسط می‌باشند. میانگین افت به دست آمده پیزومترها در دهه‌ی اول (۱۳۶۳-۱۳۷۳) برابر با ۲,۵۱ متر می‌باشد. در دهه دوم میزان افت میانگین به ۵ متر رسیده و سپس در دهه سوم به ۲,۱۲ متر می‌رسد. کاهش سطح آب زیرزمینی در بخش مرکزی به دلیل وجود فعالیت‌های کشاورزی و برداشت بیش از حد می‌باشد.



شکل ۴-۵- مقادیر افت پیزومترهای زون مرکزی در سه دهه

۴-۱-۳- پیزومترهای زون جنوبی

میزان میانگین افت در این بخش ناچیز می‌باشد. در ده ساله اول پیزومترها دارای افت نبوده و به میزان ۰,۵۷ متر بالآمدگی سطح آب داشته‌اند. در دهه دوم میانگین افت پیزومترها برابر با ۰,۲۱ متر بوده است همچنین در ده ساله سوم سطح آب به میزان ۱,۲۰ متر بالآمده است. بالآمدگی سطح آب زیرزمینی در این بخش به دلیل توسعه شهری و کاهش کشاورزی می‌باشد.

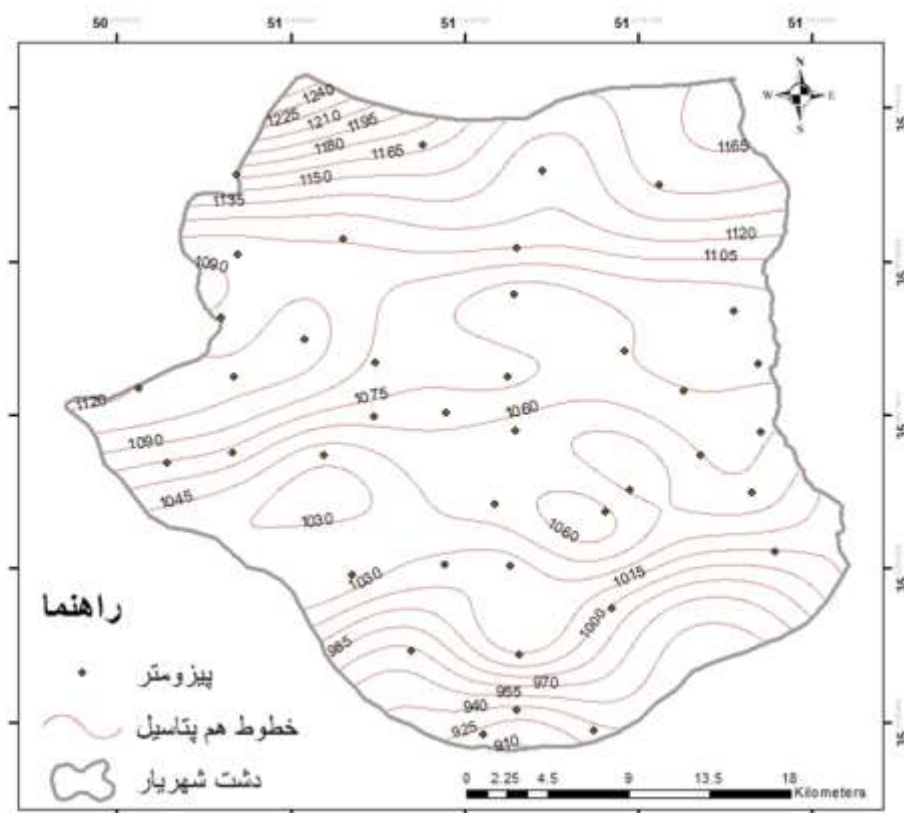


شکل ۴-۶- مقادیر افت پیزومترهای زون جنوبی در سه دهه

۴-۴-۲- نقشه هم پتانسیل دشت در ابتدای و انتهای دوره‌ی مورد مطالعه

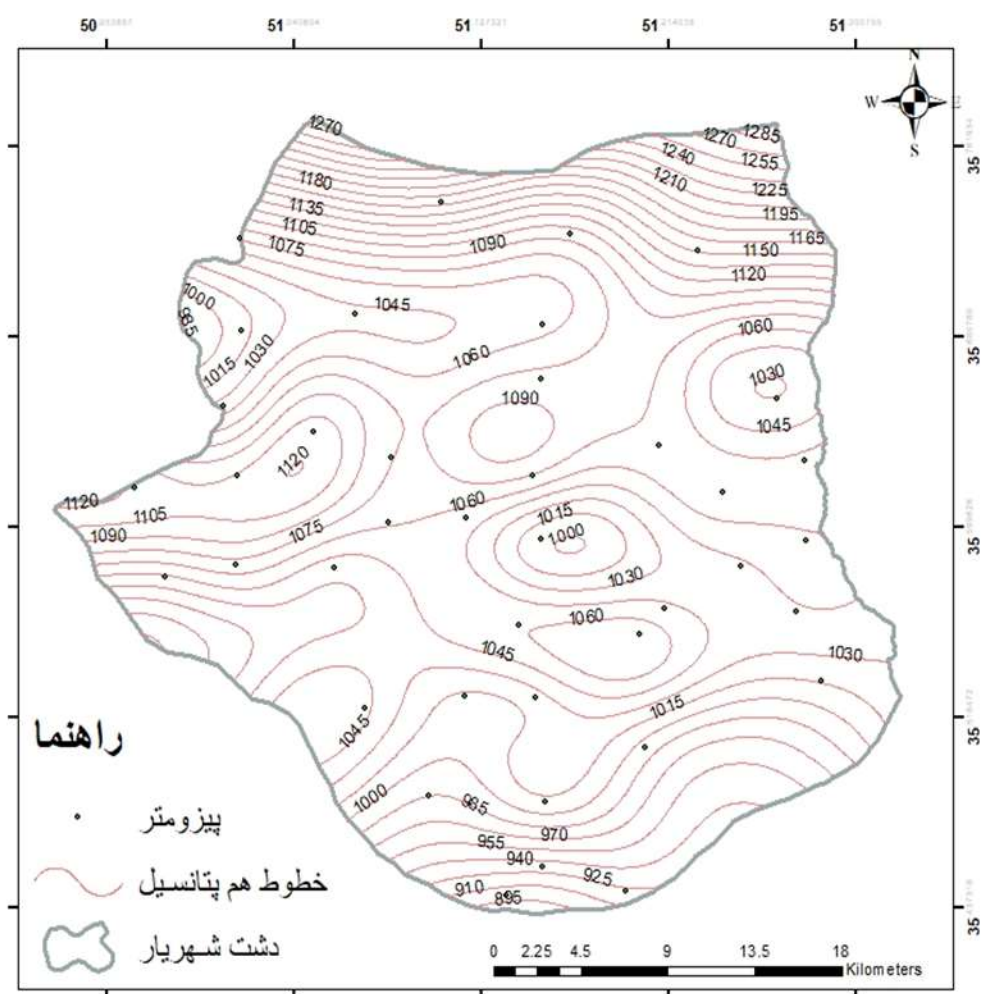
مدیریت صحیح جهت بهره برداری پایدار و حفظ منابع آب‌های زیرزمینی جز با ارزیابی کمی منابع آب زیرزمینی و تغییرات آن طی گذر زمان در تمامی دشت‌ها میسر نمی‌شود. ارزیابی نوسانات سطح آب زیرزمینی به وسیله‌ی نقشه‌ها و نمودارهایی که به این منظور ترسیم می‌شوند، انجام می‌گیرد که از آن جمله می‌توان به نقشه‌های هم پتانسیل و هم افت سطح آب زیرزمینی که شرایط آبخوان را در قالب خطوط هم ارزش بیان می‌کنند و هیدروگراف‌ها اشاره کرد. نقشه‌های هم پتانسیل که شرایط بار هیدرولیکی آبخوان را به شکل خطوط هم پتانسیل نمایش می‌دهد، یکی از این نقشه‌هاست. این نقشه‌ها از نظر بررسی تغییرات کمی سطح آب زیرزمینی از اهمیت بالایی برخوردارند. تعیین جهت عمومی جریان آب‌های زیرزمینی، شیب هیدرولیکی، وضعیت تبادل آب‌های زیرزمینی با منابع سطحی و یا سازندهای زمین‌شناسی و تعیین مناطق تخلیه و تغذیه آب‌های زیرزمینی از اهداف ترسیم نقشه‌های هم پتانسیل سطح ایستابی می‌باشند. طبیعتاً قسمت‌هایی که این خطوط به هم نزدیک شوند دارای شیب هیدرولیکی زیاد و قسمت‌هایی که خطوط دور شوند شیب هیدرولیکی کم می‌باشد. در

آب‌های زیرزمینی نیز این اصل صدق می‌کند. نقشه هم پتانسیل برای سال اول (۱۳۶۳) و سال آخر (۱۳۹۳) دوره‌ی مورد مطالعه جهت سهولت و تسریع در بررسی، ترسیم و با یکدیگر مقایسه گردید. شکل‌های (۴-۸) و (۴-۹) به ترتیب نقشه هم پتانسیل سال ۶۳ و ۹۳ را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل پیداست نواحی شمالی و شمال غرب دشت شهریار، بالاترین تراز آب زیرزمینی را داراست. لذا رودخانه‌ی کرج نقش مهمی را در تغذیه آبخوان ایفا می‌کند. جهت حرکت آب‌های زیرزمینی از شمال غرب به سمت جنوب و جنوب شرقی دشت می‌باشد. بخش‌های شمالی با شیب بالا محل تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌باشد و قسمت‌های جنوبی به دلیل کاهش شیب زمین منطقه‌ی تخلیه‌ی آب زیرزمینی می‌باشد. با توجه به شکل نیز سطح تراز آب زیرزمینی به سمت بخش‌های جنوبی دشت کاهش یافته است.



شکل ۴-۷- نقشه‌ی هم پتانسیل دشت در سال اول دوره آماری (۶۳)

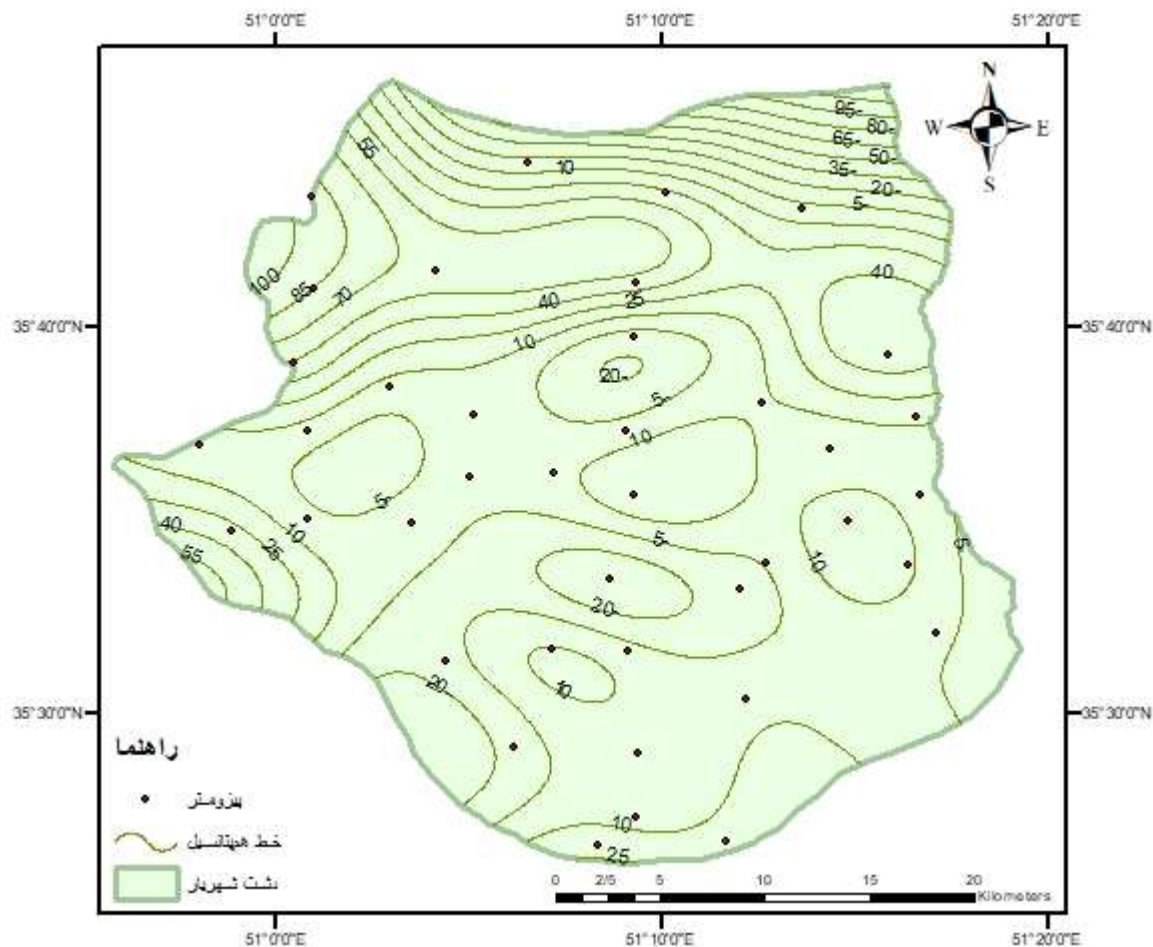
با توجه به نقشه‌ی هم پتانسیل سال ۱۳۹۳ مشاهده می‌شود که منحنی‌های تراز در این سال دچار تغییراتی شده است. در قسمت‌هایی از دشت فرورفتگی و افت شدید و در قسمت‌هایی بالاآمدگی سطح آب دیده می‌شود. در اکثر نقاط پیزومترهایی که وجود دارد افت سطح ایستابی مشاهده می‌شود. افت سطح ایستابی در این پیزومترها به علت برداشت زیاد از چاه‌ها و بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی در برخی مناطق به دلیل افزایش و توسعه شهرنشینی می‌باشد.



شکل ۴-۸- نقشه‌ی هم پتانسیل دشت در سال آخر دوره آماری (۹۳)

۴-۳-تهیه نقشه هم افت دشت شهریار

به منظور بررسی تغییرات افت سطح ایستابی در یک دوره ۳۰ ساله نقشه‌ی هم افت دشت شهریار مورد مطالعه قرار گرفت. این نقشه ها همانند نقشه‌های هم پتانسیل جهت بررسی تغییرات سطح ایستابی در یک دوره‌ی خاص تهیه می‌شوند که به این منظور از داده‌های اسفند ماه سال ۶۳ و ۹۳ در هر پیزومتر استفاده گردید. با توجه به نقشه‌ی هم افت در شکل (۴-۱۰)، مقادیر مختلف افت در قسمت‌های مختلف دشت مشاهده می‌شود. بیشترین میزان افت در قسمت شمالی دشت با خط هم افت ۸۵ و ۱۰۰ مشاهده می‌شود. به سمت بخش‌های مرکزی که پیش می‌رویم میزان افت کاهش یافته است و در برخی از مناطق جنوبی افت بسیار کاهش می‌یابد و حتی مثبت می‌شود. افت زیاد در بخش‌های شمالی دشت می‌تواند به دلیل برداشت زیاد از آب‌های زیرزمینی در این منطقه باشد. در این نواحی آب‌های زیرزمینی از کیفیت بالایی برخوردار می‌باشند در نتیجه برداشت برای مصارف شرب و انتقال به شهرهای اطراف باعث افت سطح آب در منطقه شده است. در قسمت‌های مرکزی دشت به دلیل کم شدن فعالیت‌های کشاورزی روند کاهش سطح آب شیب کمتری دارد. در قسمت‌های جنوبی نیز به دلیل توسعه‌ی مناطق شهری و نیز کاهش زمین‌های کشاورزی در برخی نقاط افت کاهش یافته و حتی بالاآمدگی نیز وجود دارد.

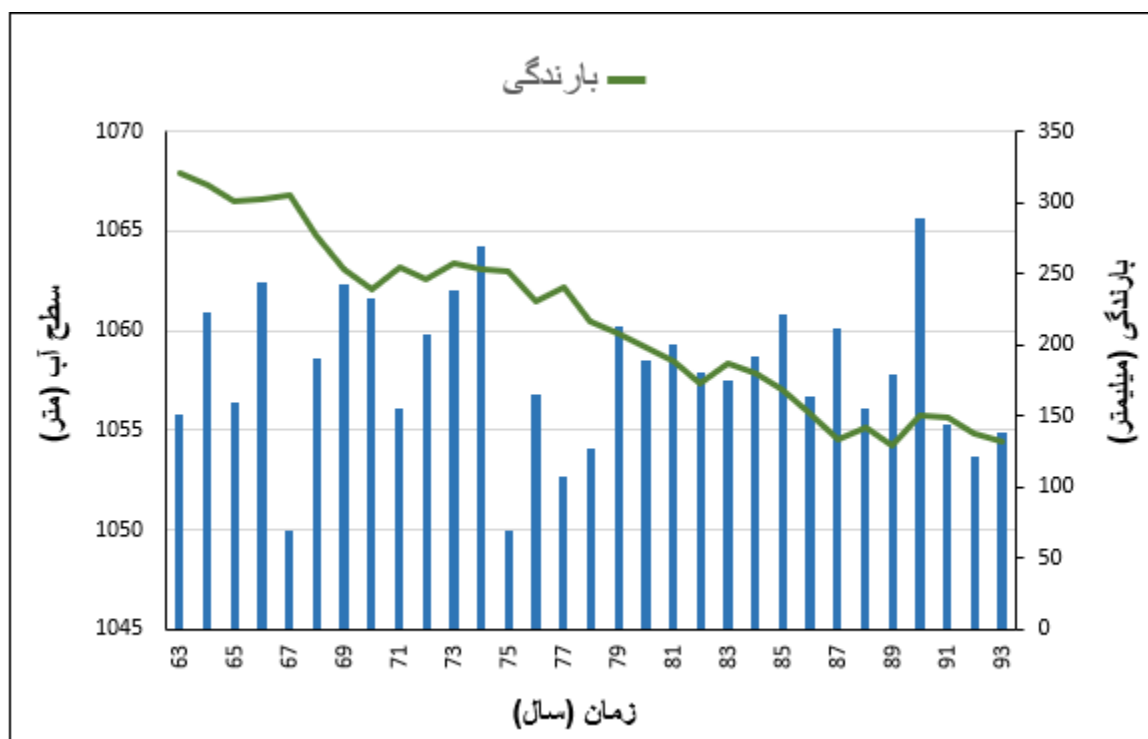


شکل ۴-۹- نقشه هم اف دشت شهریار طی دوره ۳۰ ساله

۴-۴-۴- هیدروگراف طولانی مدت برای دشت شهریار

با توجه به اینکه تغییرات سطح آب زیرزمینی در مناطق مختلف یکسان نیست در نتیجه شکل هیدروگراف‌ها با یکدیگر متفاوت است. هیدروگراف واحد هیدروگرافی است که به کمک کلیه هیدروگراف‌های پیزومترهای منطقه ترسیم می‌گردد. هیدروگراف هر منطقه مناسب‌ترین ابزار برای بررسی تغییرات کمی آب‌های زیرزمینی آن منطقه است زیرا می‌تواند اطلاعات دوره‌ای طولانی مدت را از تغییرات سطح آب در اختیار ما قرار دهد. بارندگی یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌باشد. در صورتیکه بارندگی نیز روی هیدروگراف ترسیم شود می‌تواند چگونگی ارتباط نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی و میزان بارندگی را نمایش دهد. جهت

ترسیم هیدروگراف واحد دشت شهریار طی دوره آماری ۳۰ ساله، میانگین وزنی سطح آب زیرزمینی در هر پیزومتر با استفاده از نرم افزار ArcGIS10.6 محاسبه گردید و در نهایت با اطلاعات حاصل هیدروگراف ترسیم گردید. با توجه به هیدروگراف معرف دشت، از ابتدای دوره تا سال ۷۰ سطح آب روند نزولی دارد. پس از آن روند کاهشی با شیب کمتر تا سال حدود ۸۷ ادامه می‌یابد به طوریکه از ارتفاع حدود ۱۰۶۲٫۶۱ به ارتفاع حدود ۱۰۵۴٫۵۸ می‌رسد و سپس تا سال ۹۳ روند تعادلی را طی می‌کند. در قسمت‌هایی مشاهده می‌شود که ارتفاع سطح ایستابی علیرغم اینکه میزان بارندگی افزایش یافته، روند نزولی خود را حفظ کرده است که نشان‌دهنده‌ی عدم ارتباط بارندگی و تغییرات سطح ایستابی در این مقطع می‌باشد. این امر به دلایل مختلفی از جمله افزایش زمین‌های کشاورزی، برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و کاهش تغذیه به آبخوان می‌باشد. به طور کلی سطح آب زیرزمینی دشت شهریار در سال ۶۳ از ارتفاع ۱۰۶۷٫۹۵ متر به ارتفاع ۱۰۵۴٫۳۹ متر در سال ۹۳ رسیده است که معادل ۱۳٫۵۶ متر افت در طی دوره ۳۰ ساله و ۰٫۴۵ متر به طور سالانه کاهش یافته است.

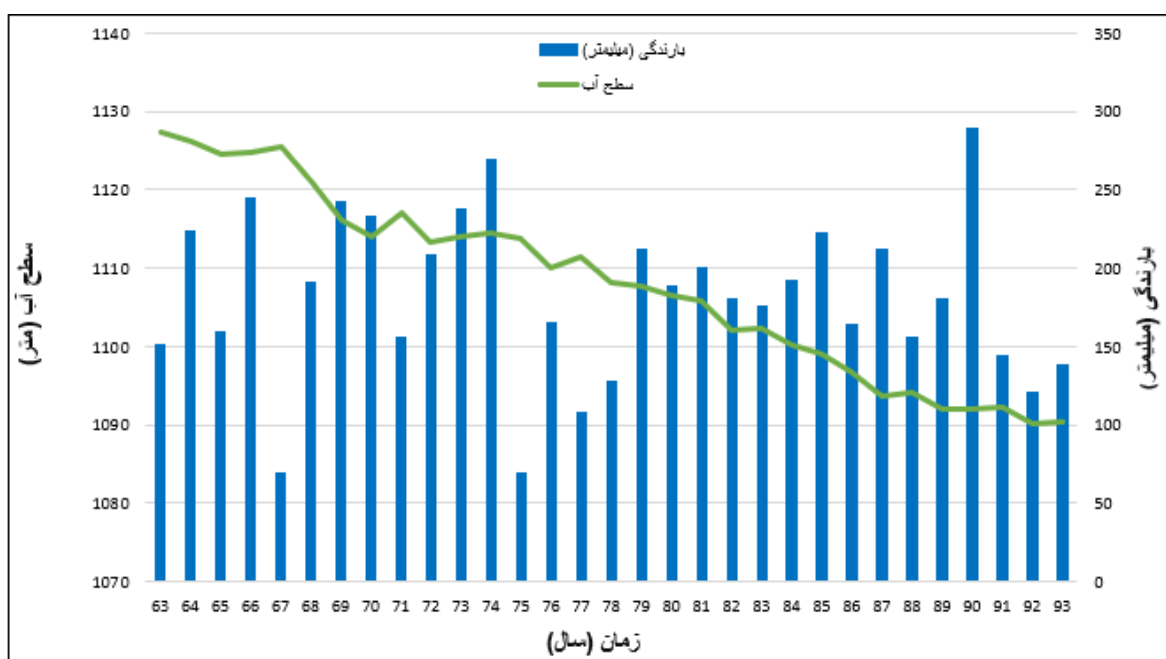


شکل ۴-۱۰- هیدروگراف معرف دشت شهریار طی دوره آماری ۳۰ ساله

باتوجه به وسعت زیاد دشت شهریار، به منظور بررسی دقیق تر این ارتباط هیدروگراف معرف برای بخش‌های مختلف دشت (زون شمالی، زون مرکزی و زون جنوبی) به صورت مجزا ترسیم گردید.

۴-۴-۱- هیدروگراف زون شمالی

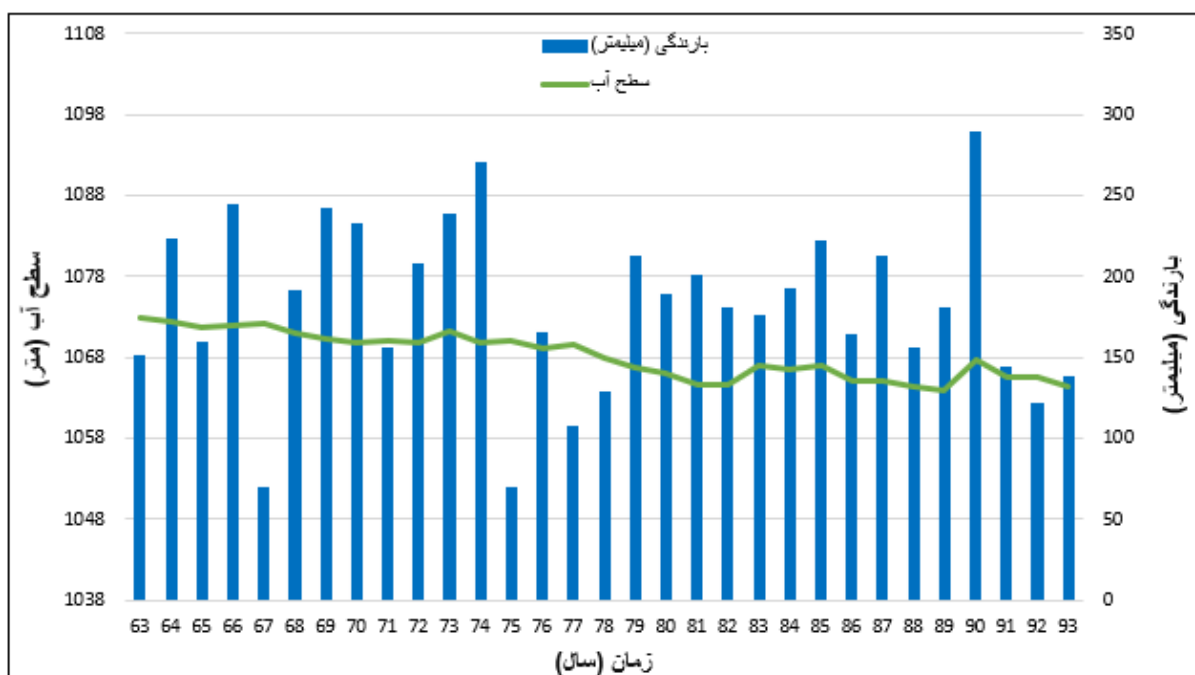
در بخش شمالی دشت (شکل ۴-۱۲) که دارای افت زیادی می‌باشد تغییرات اثربخش بارندگی قابل مشاهده است. در این بخش سطح آب در طی دوره‌ی ۳۰ ساله روندی نزولی داشته است و با چند نوسان از تراز حدوداً ۱۱۳۸ متر به تراز ۱۰۹۰ در اسفند ماه سال ۱۳۹۳ رسیده است. این مقدار افت به دلایل مختلفی از جمله بهره‌برداری بیش از حد، ازدیاد شهرهای اطراف، کشاورزی و در نتیجه برداشت بیشتر از آب زیرزمینی این منطقه می‌باشد.



شکل ۴-۱۱- هیدروگراف معرف زون شمالی دشت طی دوره ۳۰ ساله

۴-۴-۲- هیدروگراف زون مرکزی

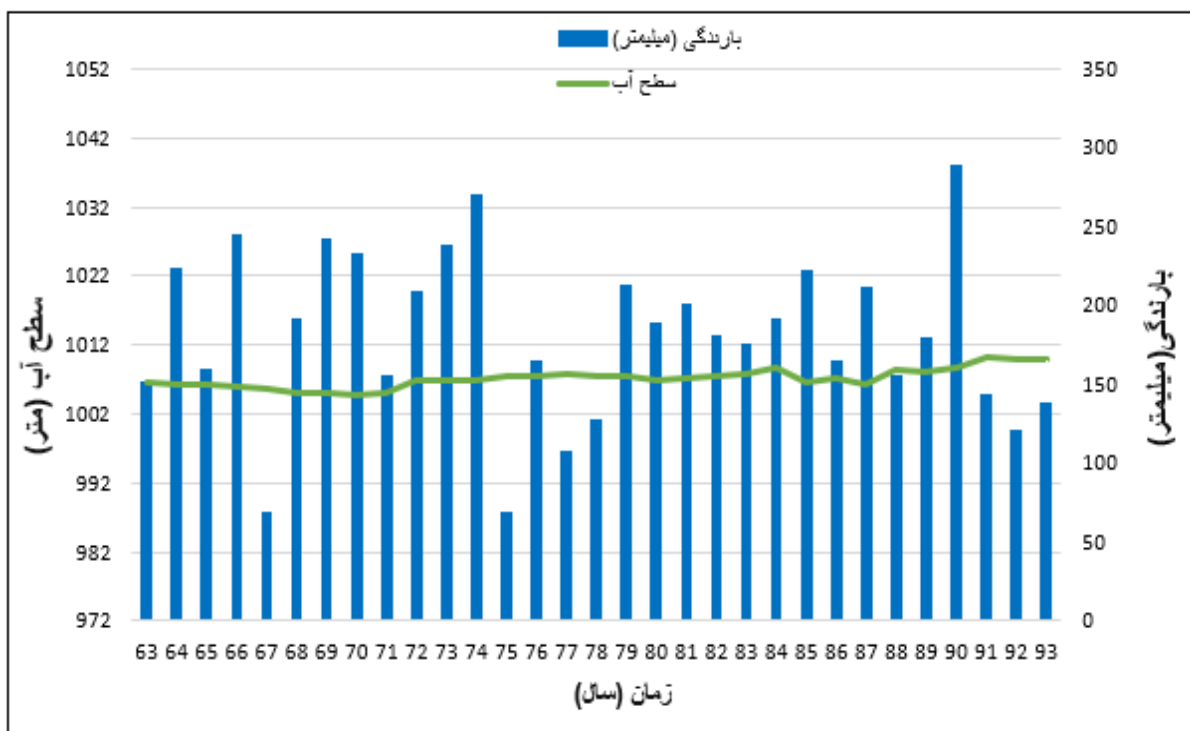
شکل (۴-۱۳) هیدروگراف معرف بخش مرکزی دشت می‌باشد. الگوی تغییرات سطح آب در این بخش همانند بخش شمالی دشت روندی نزولی داشته است با این تفاوت که میزان افت در این بخش کمتر از افت در بخش شمال است. سطح آب در این بخش از حدود ۱۰۷۳ متر در اسفند سال ۶۳ به میزان ۱۰۶۴ متر در سال ۱۳۹۳ رسیده است.



شکل ۴-۱۲- هیدروگراف معرف زون مرکزی دشت طی دوره ۳۰ ساله

۴-۴-۳- هیدروگراف زون جنوبی

هیدروگراف بخش جنوبی نیز در تصویر زیر قابل مشاهده می‌باشد. سطح آب در برخی قسمت‌ها دارای افت کمی بوده است. به طور کلی سطح آب دارای بالآمدگی می‌باشد به طوری که از تراز حدود ۱۰۰۶ در سال ۶۳ به تراز ۱۰۱۰ متر در سال ۹۳ رسیده است.



شکل ۴-۱۳- هیدروگراف معرف زون جنوبی دشت طی دوره ۳۰ ساله

۴-۴-۵- پهنه‌بندی افت در دشت شهریار

باتوجه به شرایط و وضعیت هیدروژئولوژیکی دشت، میزان افت در قسمت‌های مختلف متفاوت است در نتیجه سطح آب زیرزمینی نیز در نقاط مختلف تفاوت دارد. ازاین رو، به منظور ارزیابی میزان افت سطح آب زیرزمینی و نیز ارزیابی علل این نوسانات، اختلاف تراز آب هر پیزومتر در ابتدا و انتهای دوره (۱۳۶۳ و ۱۳۹۳) محاسبه گردید. براساس نتایج به دست آمده دشت شهریار به سه زون (زون با افت زیاد، زون با افت متوسط و زون با

افت کم) تقسیم بندی گردید. شکل (۴-۷) زون بندی دشت شهریار بر اساس افت سطح آب در سال های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ را نشان میدهد. باتوجه به شکل، بیشترین میزان افت در قسمت شمالی دشت مشاهده می شود. این افت زیاد به دلیل تمرکز زمین های کشاورزی و چاه های بهره برداری در این ناحیه می باشد. به تدریج که به قسمت های مرکزی می رویم، از میزان زمین های کشاورزی کاسته می شود. در این نواحی میزان افت کمتر می شود. در قسمت های جنوبی با افزایش مناطق شهری در سال ۹۳ نسبت به سال ۶۳، و ورود فاضلاب ها به آبخوان دشت، سطح آب زیرزمینی بالا آمدگی داشته است.

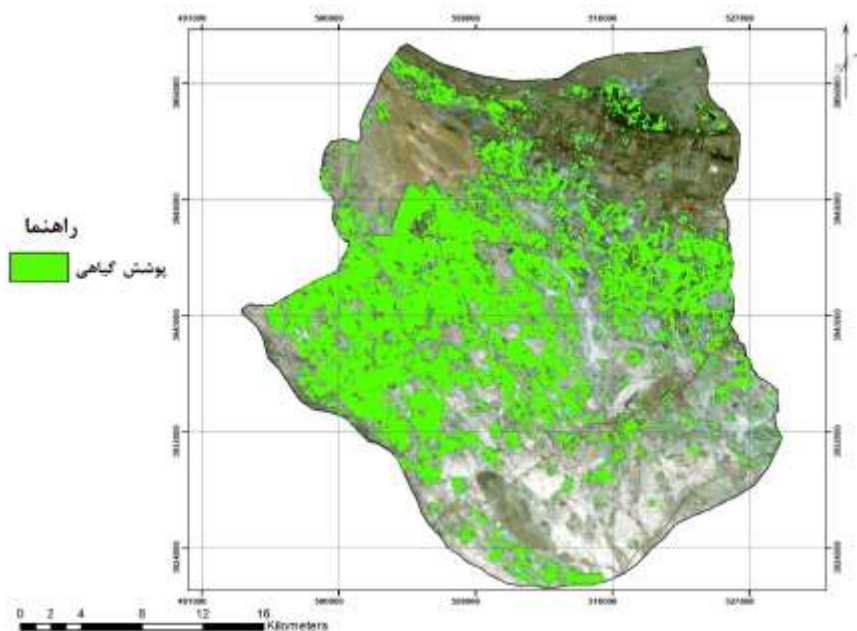
شکل ۴-۱۴- پهنه‌بندی دشت شهریار

۴-۵- تصویر ماهواره‌ای و نقشه پوشش اراضی

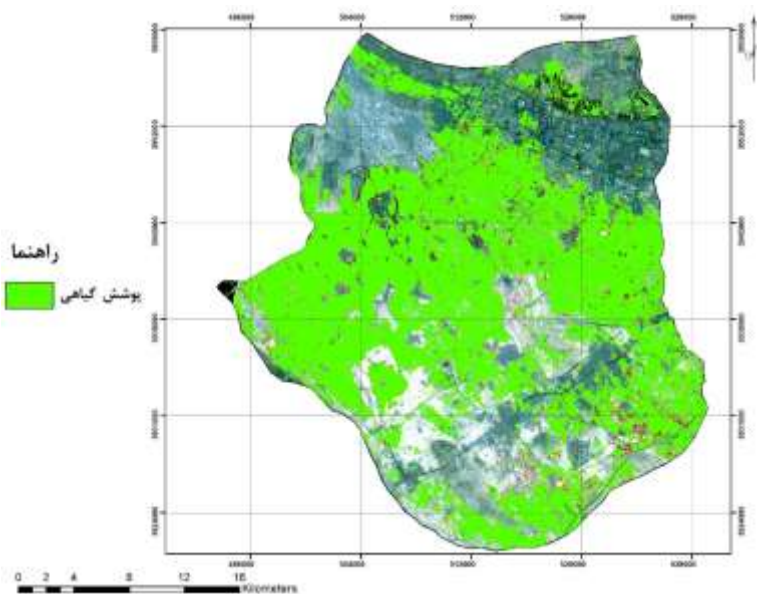
تهیه نقشه پوشش اراضی در مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست، تهیه برنامه استفاده از سرزمین و تعیین توان و استعداد اراضی ضروری است و به عنوان یکی از منابع اصلی در تدوین برنامه‌های توسعه به حساب می‌آیند (Shetaii et al, 2008). با توجه به اینکه شهرنشینی و توسعه شهری به عنوان یکی از مهم‌ترین تغییرات انسانی در محیط زیست در نظر گرفته شده است، درک دقیق از تغییرات پوشش اراضی ناشی از شهرنشینی و گیاهان و نیز تاثیر پیامدهای آن بر پارامترهای آب و هواشناسی ضروری است. یکی از مهم‌ترین روش‌ها به منظور بررسی تغییرات کاربری‌ها، استفاده از داده‌های حاصل از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل به روز بودن، امکان مقایسه آن با داده‌های گذشته و سهولت دسترسی آن از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (فرج‌زاده و رستم‌زاده ۱۳۸۳). روش‌های مختلفی برای جمع‌آوری داده‌های کاربری اراضی وجود دارد اما استفاده از تکنیک سنجش از دور تا حد زیادی گردآوری اطلاعات را تسهیل می‌نماید. به منظور بررسی رابطه‌ی سطح آب زیرزمینی و کاربری زمین‌ها در منطقه مورد نظر از تعدادی تصاویر ماهواره‌ای در طی سال‌های دوره‌ی آماری (۱۳۶۳-۱۳۹۳) استفاده گردید. تصاویر سال ۶۳ از ماهواره لندست ۵-۱، تصاویر سال ۷۳ از لندست ۵، تصاویر سال ۸۳ از سنجنده استر و تصاویر ۹۳ از لندست ۸ گرفته شده است. این تصاویر ابتدا جهت پردازش و تحلیل به محیط نرم‌افزار ENVI5.3 انتقال داده شد و سپس برای تعیین مساحت و خروجی مناسب از نرم‌افزار ArcGIS10.6 استفاده گردید. در شکل (۴-۱۵) و (۴-۱۶) تغییرات پوشش گیاهی سطح زمین و مناطق شهری در طی سالهای ۶۳-۹۳ به طور واضح قابل مشاهده می‌باشد.

باتوجه به نتایج تغییرات کاربری اراضی در طی این دوره ۳۰ ساله مشاهده می‌شود که میزان اراضی کشاورزی افزایش یافته است که خود یکی از دلایل افت سطح آب در این منطقه می‌باشد. مساحت پوشش گیاهی سال‌های ۶۳-۷۳-۸۳-۹۳ به ترتیب ۲۹۲۲۵-۴۸۹۵۲-۴۵۱۲۰-۳۱۵۳۴ هکتار محاسبه شده است. بررسی نقشه

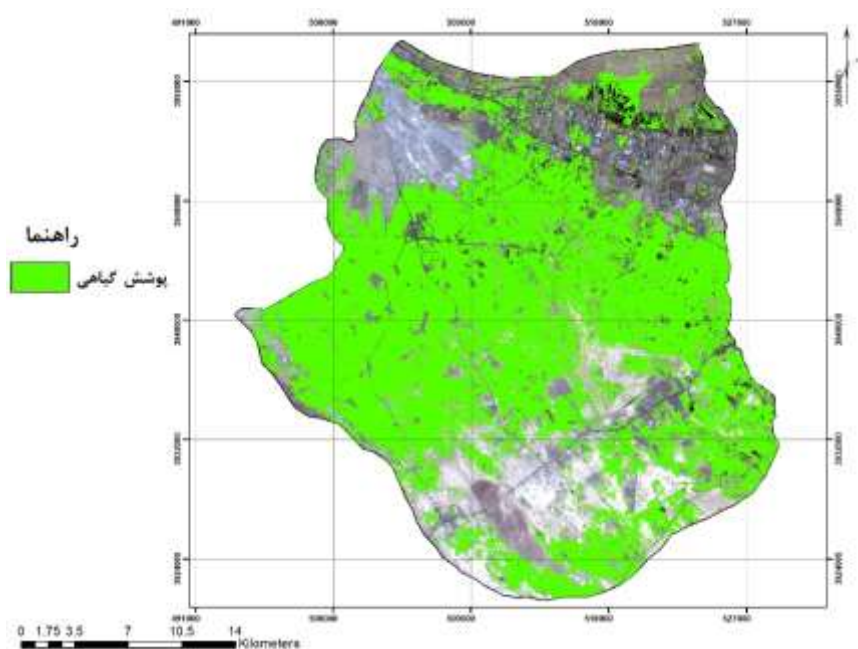
افت منطقه نشان داد بیشترین افت سطح آب در نواحی شمال و غرب دشت می باشد که علت آن پمپاژ بیش از حد چاه ها و وجود اراضی کشاورزی است.



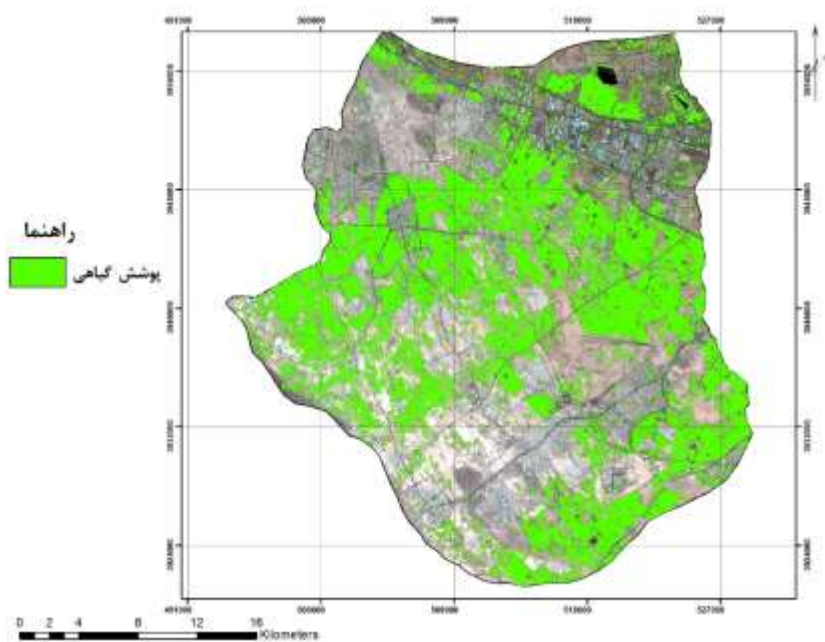
شکل ۴-۱۵- نقشه پوشش گیاهی دشت شهریار در سال ۱۳۶۳



شکل ۴-۱۶- نقشه پوشش گیاهی دشت شهریار در سال ۱۳۷۳

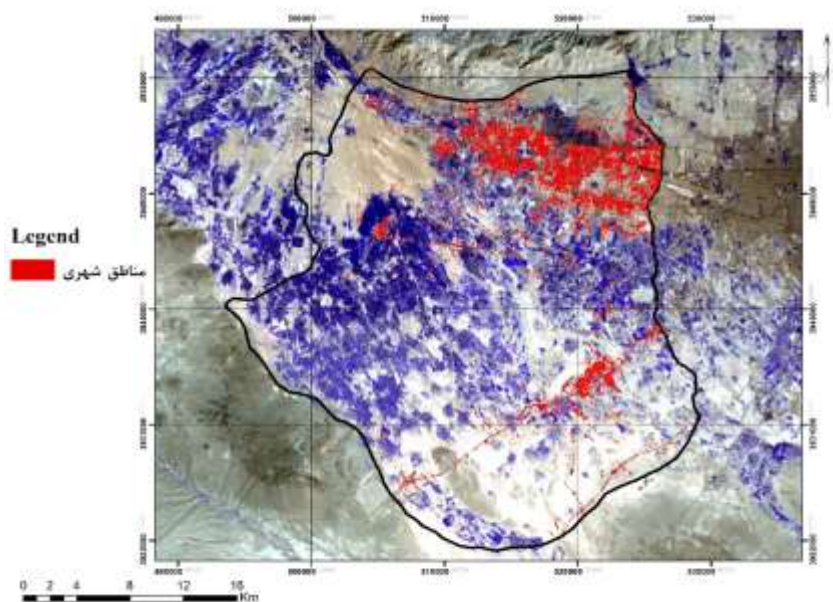


شکل ۴-۱۷- نقشه پوشش گیاهی دشت شهریار در سال ۱۳۸۳

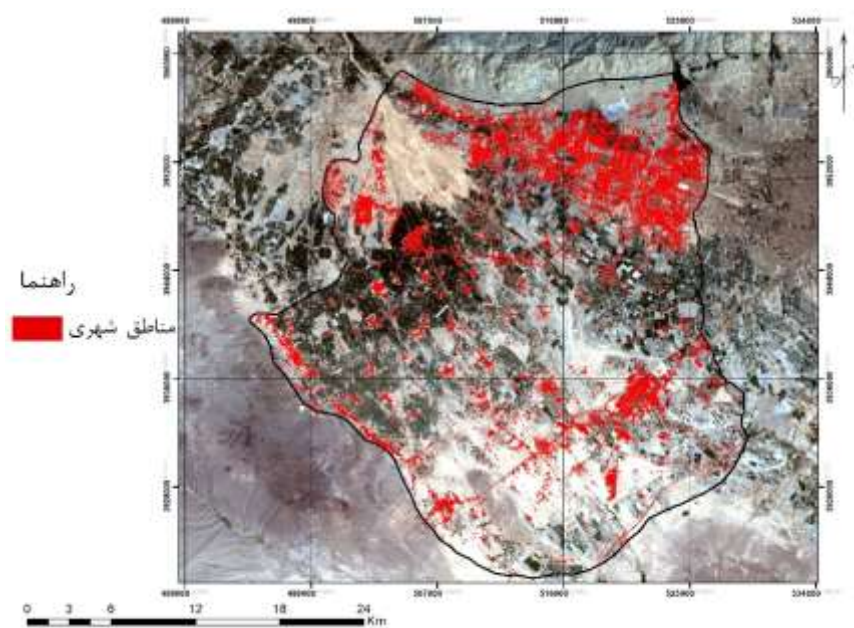


شکل ۴-۱۸- نقشه پوشش گیاهی دشت شهریار در سال ۱۳۹۳

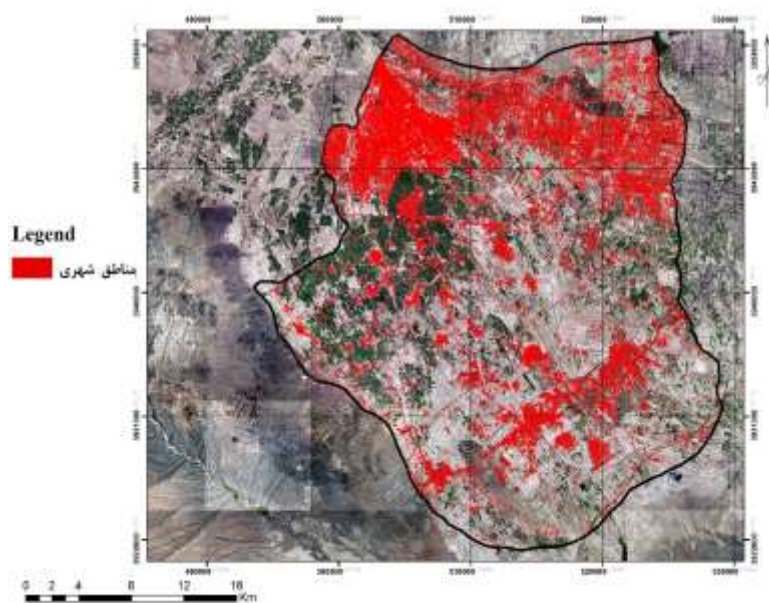
با توجه به نتایج به دست آمده وسعت پوشش مناطق شهری در هر سال رو به افزایش است به طوریکه در سال ۶۳ از ۶۴ کیلومتر مربع به ۱۳۲ کیلومترمربع در سال ۷۳ رسیده است. این مقدار در سال‌های ۸۳ و ۹۳ به ترتیب به مساحت ۲۱۹ کیلومترمربع و ۴۴۵ کیلومترمربع رسیده است. در بررسی نمودار افت و تغییرات پوشش اراضی به مناطق شهری مشاهده می‌شود که در طی دوره آماری سطح آب به میزان ۱۳,۵۶ متر افت داشته است و بیشترین میزان افت مربوط به دهه میانی می‌باشد که در این دهه افزایش مناطق شهری چشمگیر نبوده است لذا علت این افت، کاربری شهری نمی‌تواند باشد.



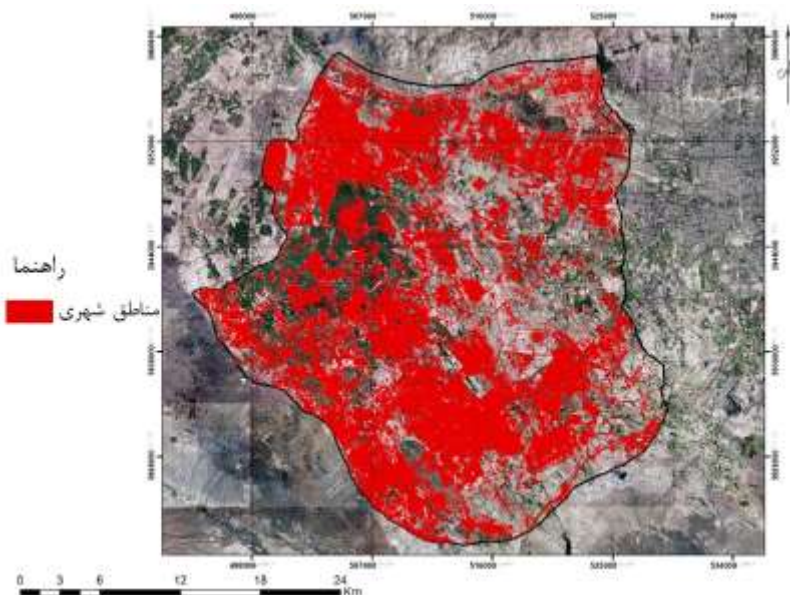
شکل ۴-۱۹- نقشه مناطق شهری دشت شهریار در سال ۱۳۶۳



شکل ۴-۲۰- نقشه مناطق شهری دشت شهريار در سال ۱۳۷۳



شکل ۴-۲۱- نقشه مناطق شهری دشت شهريار در سال ۱۳۸۳



شکل ۴-۲۲- نقشه مناطق شهری دشت شهریار در سال ۱۳۹۳

۴-۶- بررسی راهکارهای عملی برای بهبود وضعیت آبخوان

موضوع آب و مدیریت منابع آب یکی از موضوعات اصلی و مهم در همایش‌های ملی و جهانی مطرح است. جبران افت آب، سالیان بسیار زیاد به طول می‌انجامد و همچنین روش‌های جبران افت نیازمند صرف وقت و هزینه بسیاری می‌باشد لذا به منظور جلوگیری از افت کمی و یا کیفی منابع آب، حفاظت و مدیریت صحیح از منابع آبی باید به عنوان یک اصل مهم در برنامه‌ریزی کشور قرار گیرد. به منظور حفظ و کاهش فشار بر منابع آب‌های زیرزمینی، ارائه کردن راه حل‌های مناسب و نوین یکی از اهداف بزرگ دولت‌ها می‌باشد تا با به کار گیری آن‌ها اهداف توسعه‌ی پایدار، حل مشکلات کم آبی و حفظ میراث آیندگان از منابع آبی تحقق یابد. مطالعات و تحقیقات نشان می‌دهد که هم اکنون از کل منابع آب تجدیدشونده کشور حدود ۸۸,۵ میلیارد متر مکعب برای مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت و معدن و شرب برداشت می‌شود. از این میزان حدود ۸۲,۵ میلیارد مترمکعب (۹۳,۵ درصد) در بخش کشاورزی، ۴,۵ میلیارد مترمکعب (۵درصد) در بخش شرب و بهداشت و

مابقی آن که حدود ۵،۱ میلیارد متر مکعب در بخش صنعت و معدن و نیازهای دیگر مصرف می‌گردد. یکی از راه حل‌های ارائه شده استفاده از پساب تصفیه شده تصفیه خانه‌های فاضلاب‌های صنعتی و خانگی می‌باشد. مطالعات بسیاری در خصوص استفاده از پساب تصفیه خانه‌ها در داخل و خارج از کشور انجام گرفته که سودمندی این عمل را اثبات نموده است. با توجه به حجم پساب تولید شده در تصفیه خانه‌ها می‌توان گفت که با رعایت کردن شرایط تصفیه مناسب و در نظر گرفتن استانداردهای موجود در زمینه ی استفاده از پساب تصفیه شده در بخش صنعت و کشاورزی کمک شایانی به تجدید منابع آبی و کاهش فشار بر آنها خواهد شد. در استفاده از پساب‌ها باید توجه داشت که پساب تصفیه شده به عنوان یک منبع آب مهم باید به صورت سودمندانه مصرف گردد و به منظور جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی، این پساب‌ها نباید وارد رودخانه‌ها و دریاچه‌ها شوند.

۴-۶-۱- استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده

به طور کلی در محدوده دشت شهریار از شمال به سمت خروجی دشت املاح آب زیرزمینی به تدریج افزایش می‌یابد و در منتهی الیه خروجی دشت به حداکثر خود می‌رسد که این امر عمدتاً تحت تأثیر افزایش ترکیبات رسی آبخوان و نفوذ فاضلاب‌های شهری ایجاد شده است. مهم‌ترین برنامه قابل اجرا و تأثیرگذار برای این مناطق، جمع‌آوری فاضلاب‌های شهری و تصفیه آن‌ها می‌باشد تا در راستای این امر از نفوذ و جاری شدن آن‌ها به سمت مناطق جنوبی دشت جلوگیری گردد. همچنین استفاده از پساب تصفیه خانه‌ها در کشاورزی این مناطق به جای استفاده از آب‌های آلوده پیشنهاد می‌گردد. هم اکنون تصفیه خانه‌های متعددی مانند شهریار، شهرقدس، صباشهر، شاهین شهر، اسلامشهر، ملارد، شهرک اندیشه، نسیم شهر، رباط کریم و ... با حجم تصفیه سالانه از ۵۰ میلیون مترمکعب تا کمتر از یک میلیون مترمکعب در منطقه در دست اجرا می‌باشد. همچنین وجود تصفیه خانه‌های شهر تهران و کرج نیز به عنوان یک منبع مناسب می‌تواند جهت علاج بخشی دشت شهریار مورد مطالعه قرار گیرد. ذکر این نکته ضروری است که آب حاصل از تصفیه خانه‌های موجود در محدوده به هیچ

عنوان منبع آب جدید در منطقه لحاظ نمی‌شود، زیرا که این آب در وضعیت کنونی نیز به علت وجود چاه‌های جذبی در منطقه عامل تغذیه آبخوان شهریار می‌باشد. لذا مهم ترین منبع آبی که می‌تواند موجب تعادل آبخوان گردد، بهره گیری از منابع آب حاصل از تصفیه خانه‌های جنوب غربی تهران خواهد بود. تصفیه خانه جنوب غربی تهران با جمعیت تحت پوشش ۳,۳ میلیون نفر و حجم آب سالانه قابل تصفیه ۲۴۱ میلیون مترمکعب و تصفیه خانه شمال غرب تهران با جمعیت تحت پوشش ۴۷۰ هزار نفر و حجم آب قابل تصفیه ۳۴ میلیون مترمکعب در سال، مهم‌ترین منابع آب قابل تخصیص به نیازهای دشت شهریار می‌باشد. تصفیه خانه جنوب غرب تهران در صورت اجرا و بهره‌برداری فاضلاب به صورت متمرکز (تصفیه خانه‌های سه گانه فاضلاب تهران) بخش شمال تا جنوب غرب تهران را دریافت و تصفیه می‌نماید. پساب خروجی از این تصفیه خانه حدود ۳۱۱ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد که در صورت حفظ موقعیت مکانی فعلی، تنها می‌تواند به تغذیه سفره آب زیرزمینی ناحیه جنوب غرب تهران کمک می‌نماید. در این شرایط ناپایداری آبخوان دشت‌های شهریار و کرج همچنان باقی مانده و در طول زمان تشدید شده و هیچ چشم‌اندازی به منظور جبران این بیلان منفی توسط منبع آب دیگری دیده نمی‌شود. از این رو آخرین امکان برای حل این معضل، بهره‌گیری از پساب تصفیه‌خانه جنوب غربی می‌باشد. بدین منظور به نظر می‌رسد دو گزینه برای استفاده از پساب تصفیه‌خانه جنوب غرب برای جبران کمبود آب در دشت‌های کرج و شهریار وجود دارد: امکان تقسیم تصفیه‌خانه جنوب غرب به سه تصفیه‌خانه که هر یک به ترتیب جمع کننده فاضلاب شمال غرب، مرکزی و جنوب غرب تهران باشند را طراحی و از پساب خروجی آن‌ها برای تغذیه سفره آب زیرزمینی به ترتیب در مسیر رودخانه کرج، مسیر قدیمی رودخانه چیتگر و در محدوده بالادست منطقه بحرانی آبخوان جنوب غرب تهران بهره‌گیری نمود. دومین گزینه حفظ موقعیت فعلی تصفیه‌خانه جنوب غربی و پمپاژ پساب تصفیه شده توسط خط لوله به دو منطقه از پیش تعیین شده در بستر رودخانه چیتگر به منظور تغذیه دشت شهریار و بستر رودخانه کرج می‌باشد. لازم به ذکر است که با وجود پیش‌بینی حصول کیفیت قابل تخلیه به منابع آب سطحی و زیرزمینی در طرح اجرای تصفیه خانه‌ها، به دلایلی همچون عملیات بهره‌برداری نامناسب در پاره ای از واحدهای تصفیه خانه، عدم دقت در کنترل کیفیت آب‌های خروجی

و... امکان دارد در شرایط مطلوب کار نکند و لازم است در برنامه‌های بهره‌برداری از آن‌ها دقت کافی و لازم لحاظ گردد. همچنین اگر کیفیت آب‌های خروجی تصفیه‌خانه‌ها در حد پیش‌بینی شده باشد، به دلیل اینکه بهره‌برداری از این آب‌ها مراحل اولیه خود را طی می‌کند و هنوز تمام عوامل تأثیرگذار آن بر محیط زیست شناسایی نگردیده، باید نکات ایمنی در بهره‌برداری از آن مورد توجه قرار گیرد. لذا خروجی تصفیه‌خانه‌ها را نمی‌توان به منظور همه مصارف و در هر موقعیت جغرافیایی به کار برد و از طرف دیگر بهره‌گیری از این آب‌ها در دشت شهریار بستگی به موقعیت تصفیه‌خانه و روش‌های انتقال آب به این دشت دارد. در طرح پیشنهادی تقسیم تصفیه‌خانه جنوب غرب تهران به سه تصفیه‌خانه، تصفیه‌خانه مرکزی غرب به منظور جمع‌آوری فاضلاب محدوده‌های مرکزی غرب تهران، مناسبترین تصفیه‌خانه می‌باشد. حجم فاضلاب این منطقه حدود ۹۰ میلیون مترمکعب در سال است. محل تغذیه در مسیر قدیمی رودخانه چیتگر در جنوب غرب تقاطع جاده قدیم کرج و شهریار پیشنهاد می‌شود. با توجه به بازدید محلی منطقه در محل‌هایی به دلیل برداشت شن و ماسه توسط یک کارگاه بزرگ استخراج شن و ماسه، گودال‌های وسیع و عمیقی در محل مشاهده شد که مناطق مناسبی به منظور تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی می‌باشد. منطقه تغذیه شونده آبخوان دشت شهریار که در پایاب منطقه تغذیه قرار دارد در معرض افت دائم سطح آب و دارای بیلان منفی متوسط سالانه ۱۸ میلیون مترمکعب در سال است.

به طور کلی می‌توان از آب تصفیه شده پساب‌ها در منطقه به دو شکل زیر بهره‌برداری نمود:

الف) آبیاری زمین‌های کشاورزی

در منطقه ای که آبخوان به دلیل برداشت زیاد دچار افت شده بهترین روش بهره‌برداری از منابع آب جدید را می‌توان تخصیص این آب‌ها برای آبیاری زمین‌هایی دانست که با پمپاژ آب از آبخوان آبیاری می‌شوند. بدین ترتیب میزان برداشت آب از آبخوان کاهش می‌یابد که کمک بزرگی در متعادل نمودن وضعیت هیدرولیکی آن می‌نماید. پساب‌های شهری حاوی بقایای مواد آلی، املاح و مواد شیمیایی مختلف می‌باشد. این حجم از آب

برگشتی را می‌توان در آبیاری درختان جنگلی و آبیاری برخی از محصولات که به صورت غیرخام مصرف می‌شوند، به شرط اطمینان از عدم آلودگی میکروبی و باکتریایی، به کار برد. در منطقه شهریار به دلیل اینکه عمق پمپاژ از آبخوان زیاد و آبدهی چاه‌ها کاهش یافته است، زارعین تمایل بیشتری به بهره‌گیری از آب سطحی دارند. ایجاد سیستم توزیع آب سطحی در دشت شهریار به دلیل کاربری زمین‌های منطقه مشکل و پرهزینه می‌باشد. اما اگر جریان آبی در منطقه وجود داشته باشد زارعین با نصب موتورپمپ بر روی مسیر انتقال آب به روش‌های ساده از آن برداشت می‌کنند. این حالت در حال حاضر در مورد کانال انتقال آب جنوب شهر تهران به منطقه‌ی رباط‌کریم در بخش جنوبی دشت شهریار انجام می‌شود. بنابراین اگر این آب‌ها در بستر شادچای یا مسیل‌های کنار آن رها شود زارعین مسیر از آن برداشت خواهند کرد. البته برپایه‌ی استانداردهای موجود باید این آب‌ها را برای آبیاری پاره‌ای از کشت‌ها به کار برد. با توجه به اینکه بیشتر زمین‌های دشت شهریار به صورت باغ می‌باشد شاید بتوان بخشی از آب‌های تصفیه‌خانه را برای آبیاری در این زمین‌ها بهره‌برداری نمود.

ب) تغذیه مصنوعی آبخوان

بخشی از آب‌هایی که نمی‌توان به طور مستقیم برای آبیاری به کار برد و یا آب‌های غیردوره نیاز کشاورزی باید برای تغذیه آبخوان مورد بهره‌برداری قرار گیرد. تغذیه مصنوعی می‌تواند بخشی از آب خارج شده از زیرزمین را جایگزین نماید. تغذیه مصنوعی یکی از روش‌های تقویت سفره آب‌های زیرزمینی است که به صورت‌های مختلفی مانند پخش سیلاب، حوضچه‌های تغذیه، چاه‌های تغذیه، چاله و گودال‌های تغذیه، تغذیه واداری، سدهای زیرزمینی و ... انجام می‌گیرد (Asano 1985). الگویی که برای تغذیه مصنوعی این آب‌ها به کار می‌رود روش‌های مختلف سطحی است که آب از سطح زمین نفوذ کرده و با گذر از لایه‌های خاک به آبخوان برسد. لایه‌های خاک در این حالت کار صافی برای جلوگیری از نفوذ آلودگی‌ها به آبخوان را انجام خواهد داد. بنابراین به هیچ وجه نباید این آب‌ها را به کمک چاه‌های تزریق وارد آبخوان نمود و روش تغذیه این نوع آب‌ها باید سطحی باشد و فاضلاب در سطح زمین باقی بماند و از ورود آن به بخش اشباع آبخوان جلوگیری شود. محل

تغذیه‌ی این آب‌ها افزون بر ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان، باید از دیدگاه بافت خاک نیز در شرایط مناسبی قرار داشته باشد. در بهره‌گیری از سیلاب‌ها هر قدر مقدار نفوذپذیری خاک سطحی زیاد باشد هزینه تغذیه کاهش می‌یابد. در بهره‌گیری از پساب‌ها بهتر است زمین‌های منطقه خیلی دانه درشت نبوده و به صورت مخلوطی از دانه‌های با اندازه گوناگون باشد تا مواد احتمالی موجود در این آب‌ها را بگیرد. زمانی که شرایط خاک و سفره‌های آب زیرزمینی برای تغذیه مصنوعی مناسب باشد، با وارد کردن فاضلابی که تا حدی تصفیه شده است و با نفوذ و عبور آن در داخل ناحیه اشباع تا رسیدن به آبخوان، فرآیند تصفیه کامل‌تر می‌شود و ذرات معلق، مواد تجزیه پذیر بیولوژیکی، باکتری‌ها، ویروس‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها به نحو موثری جدا می‌شوند. همچنین کاهش قابل ملاحظه‌ای در غلظت کلر، فلزات سنگین، ازت و فسفر اتفاق می‌افتد. پس از ورود فاضلاب به داخل آبخوان و در مسیر آب، تصفیه بیشتری در بخش ترسیب و جذب سطحی مواد آلی انجام می‌شود. خاک‌های دانه درشت مانند بخش شمالی بادزن آبرفتی کرج چندان به تصفیه آب کمک نمی‌کند. البته ضخامت بخش غیراشباع خاک در بخش شمالی دشت زیاد است که کمک بزرگی در تصفیه آب می‌نماید. همچنین این آب‌ها باید در محل‌هایی وارد آبخوان شود که در فواصل نزدیک در پایین دست این مکان‌ها برداشت زیاد برای مصارف شرب صورت نگیرد. همانگونه که بخش شمالی دشت شهریار دچار افت سطح آب زیرزمینی می‌باشد و باتوجه به مسیر جریان آب زیرزمینی بهتر است تغذیه در بخش‌های شمالی آن صورت گیرد. اگر تغذیه مصنوعی در بخش‌های جنوبی دشت صورت گیرد نه تنها تأثیر زیادی بر جبران افت در منطقه شهریار نداشته، بلکه سطح آب زیرزمینی مناطق جنوبی را نیز بالا خواهد آورد و احتمال زهدار شدن زمین‌ها وجود دارد. بنابراین مناسب‌ترین محل برای تغذیه مصنوعی این آب‌ها را می‌توان بخش‌های خاوری بادزن آبرفتی رودخانه کرج دانست که از مکان‌های تمرکز برداشت برای آب شرب دورتر است گو اینکه آب‌های نفوذی به سمت بخش میانی مخروط افت که در منطقه شهریار قرار دارد جریان می‌یابد ولی مسیر جریان افقی آن‌ها در آبخوان تا منطقه افت کم و بیش زیاد و آبرفت‌های آن از اجزای با اندازه‌های مختلف تشکیل شده است.

۴-۶-۲ محل انتخابی تغذیه مصنوعی

تغذیه مصنوعی به روش سطحی نیاز به زمین کافی دارد که هزینه تأمین زمین لازم در این منطقه زیاد می‌باشد. از آنجایی که آب خروجی از تصفیه خانه دارای بارمعلق نیست و نیاز به رسوبزدایی نخواهد داشت، می‌توان آن‌ها را به صورت مستقیم وارد سیستم‌های نفوذی نمود. با توجه به مواردی که اشاره شد کوشش‌های فراوانی به منظور گزینش زمین مناسب برای تغذیه آب تصفیه خانه‌های تهران انجام شد. بررسی‌ها نشان داد که تعدادی شن‌چال در جنوب شهر قدس در دوراهی کاروانسرا سنگی وجود دارد که تعدادی از آن‌ها متروکه اند و می‌توان از شن‌چال‌های متروکه این منطقه نیز برای تغذیه مصنوعی آب تصفیه خانه‌ها استفاده نمود. همچنین تعدادی شن‌چال در منطقه جنوب اتوبان آزادگان وجود دارد که منطقه مناسبی از نظر پارامترهایی که در مورد آن‌ها اشاره شد، برای تغذیه مصنوعی به شمار می‌آید.

۴-۶-۲-۱-۱ ارائه راهکار برای مناطق با افت زیاد

مناسب‌ترین و مطلوب‌ترین سیاست‌ها بر مبنای ماهیت اقلیم و ماهیت بحران آب می‌باشند. یکی از راهکارهای ارائه شده به منظور تعادل بخشی آبخوان، اجرای طرح تغذیه مصنوعی می‌باشد که از اهمیت بالایی برخوردار است. مناطق مورد نظر که برای این طرح مناسب هستند شامل موارد زیر است:

۴-۶-۲-۱-۱-۱ رودخانه کن و شن‌چاله‌های منطقه

تغذیه در این منطقه مناسب ضروری دیده شده است که به روش‌های زیر می‌تواند انجام گیرد:

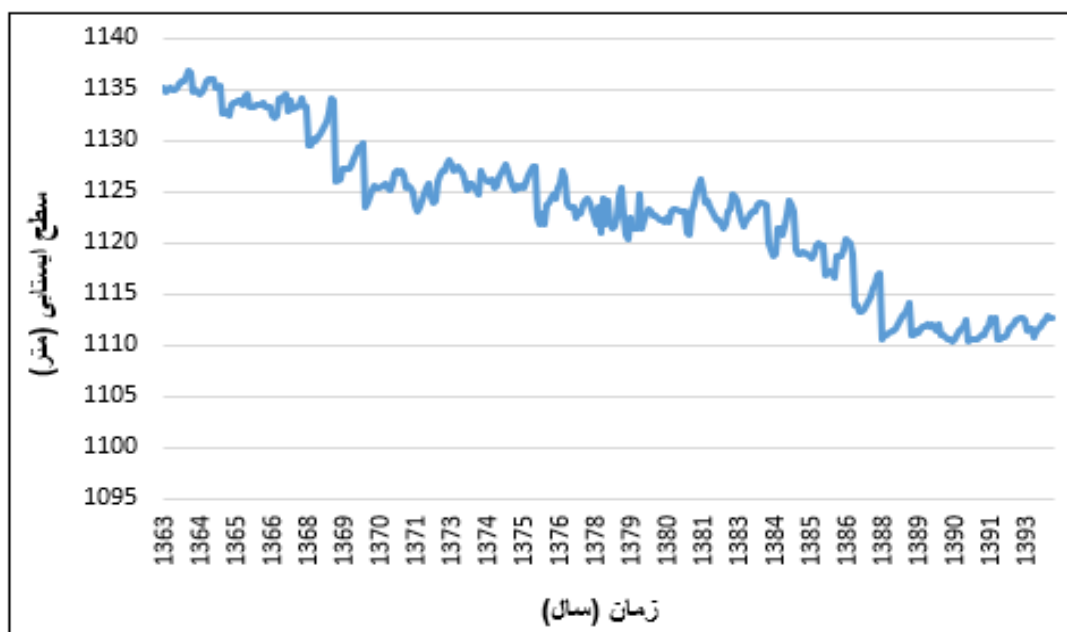
- افزایش حجم تغذیه کن با استفاده از بندهای تأخیری لاستیکی: میزان حجم آب قابل تغذیه از طریق بستر رودخانه کن در حدود ۴۰ میلیون مترمکعب برآورده شده است که در صورت ایجاد بندهای تأخیری لاستیکی می‌تواند تا حدود ۶۰ میلیون مترمکعب افزایش یابد.

- تزریق درچاه‌های احدثی در اطراف رودخانه: باتوجه به آنکه نفوذ از دیواره در مقایسه با نفوذ عمودی به مراتب بیشتر است (۲ تا ۱۰ برابر) لذا تزریق به صورت جانبی و مؤثرتر انجام می‌شود.
- انتقال پساب با کیفیت: انتقال پساب با کیفیت مناسب از تصفیه‌خانه مناسب به رودخانه کن در فصول کم آب رودخانه می‌تواند باعث افزایش تغذیه آبخوان شود. شایان ذکر است کیفیت آب چاه‌های شرب همجوار باید در اولویت باشد.
- تخریب پوشش بتنی بستر رودخانه کن: لازم است پوشش‌های بتنی بستر رودخانه کن تخریب شود. برای افزایش میزان تغذیه به صورت جانبی، می‌توان از تخریب دیواره‌های بستر رودخانه بهره جست. در تصاویر زیر شن‌چاله‌های موجود در اطراف رودخانه کن نشان داده شده است:



شکل ۴-۲۳- شن چاله‌های اطراف رودخانه کن

این بخش از زون شمالی دشت شهریار یکی از مناطقی است که افت زیادی داشته است. شن‌چاله‌های محدوده‌ی آزادگان باتوجه به منطقه‌ی قرارگیری که در آبرفت‌های درشت دانه است به عنوان محل‌های مناسب برای تغذیه به شمار می‌رود. تغذیه مصنوعی در این شن‌چاله‌ها تا حد زیادی می‌تواند این افت را جبران کند. با توجه به اینکه در نواحی شن‌چاله‌های بزرگراه تعدادی از چاه‌های آب شرب تهران وجود دارد و نیز به دلیل درشت دانه بودن رسوبات، اجرای تغذیه مصنوعی با پساب می‌تواند باعث آلودگی آب‌ها شود. به منظور جلوگیری از ورود آلودگی فاضلاب‌های شهری و پساب کارخانه‌جات به رودخانه کن، بهتر است از آب این رودخانه برای انجام تغذیه مصنوعی شن‌چاله‌های اطراف بزرگراه استفاده شود. لیکن تغذیه شن‌چاله‌ها مشکل جدی انتقال سیلاب به ارتفاع ۱۰۰ متر پایین‌تر و همچنین مالکیت خصوصی شن‌چاله‌ها را دارد که تغذیه در آبرفت‌های این منطقه را از اولویت خارج می‌کند. البته در صورت رفع مشکل مالکیت، سیستم انتقال آن قابل طراحی است. رسوبات این ناحیه درشت و اندازه آن‌ها کم و بیش برابر شن‌چاله‌های شمال بادن آبرفتی رودخانه کرج می‌باشد. مقدار نفوذپذیری این خاک‌ها در دراز مدت حدود ۱/۵ متر در شبانه روز می‌باشد و در صورت تملک اراضی در حدود ۸ هکتار می‌توان شرایط لازم جهت تغذیه جریان سالانه ۷۰ میلیون مترمکعب (معادل ۲/۳ مترمکعب بر ثانیه) را فراهم آورد. با توجه به جهت حرکت آب‌های زیرزمینی، تغذیه مصنوعی در این منطقه تأثیری در آبخوان دشت تهران نخواهد داشت و بیشترین تأثیر آن در نواحی جنوبی این شن‌چال‌ها خواهد بود. شکل (۴-۱۸) نمودار افت سطح آب زیرزمینی در منطقه سعیدآباد را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود سطح ایستابی طی دوره ۳۰ ساله از میزان ۱۱۳۵ متر در سال ۶۳ به میزان ۱۱۱۳ در سال ۹۳ رسیده است. شکل (۴-۱۹) نیز مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی در منطقه سعیدآباد را نشان می‌دهد.



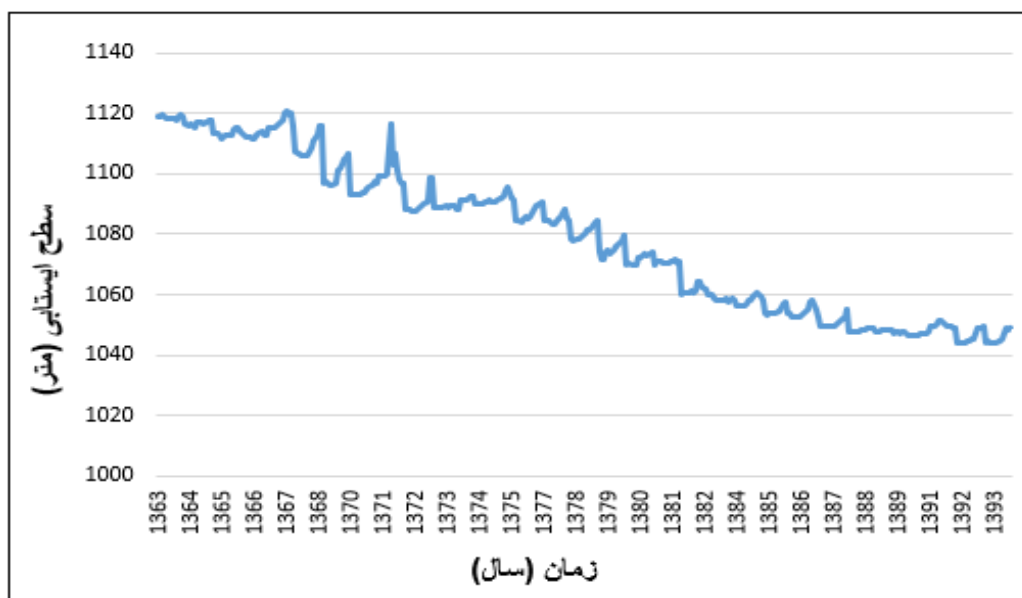
شکل ۴-۲۴- نمودار افت در منطقه سعیدآباد



شکل ۴-۲۵- شن چاله‌های اطراف بزرگراه آزادگان

۴-۶-۲-۱-۳- منطقه ی هفت جوی کرج

با توجه به افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه‌ی اطراف شهر قدس و محدوده شهریار و نیاز مبرم این بخش از آبخوان به تغذیه مصنوعی و همچنین مصرف عمده‌ی آب زیرزمینی این منطقه برای اهداف کشاورزی و خاک دانه درشت آن، یکی از بهترین مناطق برای تغذیه آبخوان به روش چاه‌های دستی از محل حوضچه‌های ذخیره با پساب‌های تصفیه شده، همین شن‌چاله‌ها می‌باشند. با توجه به الگوی جریان آب‌های زیرزمینی و نیز بالا دست بودن این مناطق در دشت، تغذیه آبخوان در این نواحی تأثیر مثبتی در تعادل بخشی آبخوان خواهد داشت. شکل (۴-۲۰) نمودار افت سطح آب زیرزمینی در منطقه هفت جوی دشت شهریار را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار سطح ایستابی در سال ۶۳ از میزان ۱۱۲۰ متر به میزان ۱۰۵۰ متر در سال ۹۳ رسیده است.



شکل ۴-۲۶- نمودار افت در منطقه‌ی هفت جوی

۴-۶-۲-۲- ارائه راهکار برای مناطق با افت کم

با توجه به اهمیت این آبخوان از نظر تأمین منابع آب شرب راهکارهایی به منظور جلوگیری از افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی در این منطقه اندیشیده شده که شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- تغییر الگوی کشت در فعالیت‌های کشاورزی و جایگزین کردن روش های آبیاری جدید مانند آبیاری قطره‌ای، بارانی و یا آبیاری تحت فشار تأثیر بسزایی در تعادلبخشی آبخوان دارد. اجرای سیستم های آبیاری تحت فشار در باغات و مزارع بایستی همراه با آموزش و نظارت کافی صورت گیرد. اما چنانچه در این مناطق افزایش سطح زیر کشت رخ بدهد، تأثیر این روش زایل خواهد شد.

۲ - تصفیه کردن آب‌های پساب فاضلاب‌های شهری و استفاده از آن در بخش کشاورزی

۳ - کاهش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی یا عدم پمپاژ به خصوص در قسمت هایی که بیشترین افت را دارا هستند.

۴- قرار دادن کنتورهای حجمی بر روی چاه‌های بهره‌برداری به منظور تحویل حجم آب مجاز به کشاورزان

۵ - حفظ بستر و حریم رودخانه‌ها به منظور تغذیه از بستر رودخانه‌ها

۴-۷- مدیریت مصرف و ذخیره آب

مدیریت منابع آب قطعاً نیاز به دانش علوم و فنون فیزیکی مربوطه دارد و موضوعات متعدد اجتماعی و سیاسی مهمی پیش روی برنامه ریزان و مدیران منابع آب وجود دارد (loucks et al.2005). آب‌های ذخیره شده در سه قلمرو خانگی، کشاورزی و صنعت و خدمات مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا آب‌ها باید مورد بررسی علمی واقع شوند و بر مبنای کیفیت املاح آن‌ها در موارد مختلف استفاده شوند. مدیریت این منبع ارزشمند با توجه به قابلیت دسترسی و قابلیت استفاده از نظر کمی و کیفی تعیین می‌شود. به دلیل عدم تعادل بین تقاضا و در دسترس بودن، رویکردهای مدیریتی با معضلات اخلاقی مختلفی رو به رو هستند (Menon 2007). با توجه به اینکه بیشترین میزان مصرف آب در بخش کشاورزی می‌باشد لذا توجه به دو نکته لازم و ضروری است؛ نخست

اینکه مقادیر مصرف آب باتوجه به نوع محصول کاملاً متفاوت است. در برخی از مناطق کشور ظرفیت بالایی جهت کشت انواع محصولات مختلف وجود دارد به طوریکه برخی از محصولات به آب فراوان و برخی دیگر به آب کمتری احتیاج دارند. اقداماتی مانند کشت درختان و گیاهانی با نیاز آبی کم و محصول بالارزش راهکار مناسبی جهت جلوگیری از بحران آب می‌باشد. در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند وزارت نیرو و کشاورزی می‌توانند با همکاری یکدیگر پیشنهادهای در ارتباط با محصولات با نیاز آبی کمتر داشته باشند. یکی دیگر از دلایل اصلی هدررفت آب استفاده از روش‌های سنتی در کشاورزی می‌باشد. تحقیقات بسیاری در ایران انجام شده است که نشان می‌دهد در اغلب مناطقی که با بحران آب مواجه هستند هنوز آبیاری با روش‌های سنتی انجام می‌گیرد. که استفاده از شیوه‌های مدرن مانند آبیاری قطره‌ای و آبیاری تحت فشار تا حد زیادی می‌تواند باعث کاهش هدررفت آب شود. به منظور عینیت بخشیدن به این اهداف لازم است دولت به اجبار و الزام متوسل شود. به نظر می‌رسد وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو مهم‌ترین و تأثیرگذارترین نقش را در مدیریت منابع آب کشور دارند. لذا انتظار می‌رود این دو وزارتخانه نسبت به مدیریت بهینه منابع آب در کشور توجه کافی داشته باشند. بی شک در چنین بستری باید کشت محصولات با نیاز آبی بالا و استفاده از سیستم آبیاری سنتی ممنوع اعلام شود و برای متخلفان نیز مجازاتی مانند لغو پروانه آب در نظر گرفته شود. بی تردید اگر چنین قوانینی وضع و به خوبی به اجرا گذاشته شود، اقدام بسیار مؤثر جهت جلوگیری از بحران آب خواهد بود. همچنین حرکت به سمت یکپارچه سازی اراضی و جلوگیری از خرد شدن آن و حمایت‌های مالی و کمک‌های یارانه ای به منظور توسعه فعالیت‌های کشاورزی دارای الگوی کشت بهینه ملی- منطقه‌ای به طور جدی باید در دستور کار وزارت کشاورزی قرار گیرد. از مهم‌ترین موضوعات در حیطه مدیریت ذخیره آب، شناسایی آب‌هایی که بدون استفاده مانده اند و بهره‌برداری از آنهاست. همچنین در برخی موارد آبدهی رودخانه‌ها به صورت فصلی و زودگذر است که با کمک گرفتن از فناوری‌های جدید میتوان مقدار زیادی از این آب‌ها را مهار و از آنها استفاده بهینه کرد. در بسیاری از موارد فاضلاب کارخانه‌ها میتواند باعث آلودگی آب‌ها شود به همین جهت انجام اقدامات لازم به منظور جلوگیری از آلودگی آب‌ها نیز امری ضروریست. بنابراین لازم است قوانینی وضع شود که

در آن ممنوعیت آلوده کردن آب‌ها اعلام گردد و مجازاتی نیز برای افراد خاطی در نظر گرفته شود. استفاده از فناوری‌های مناسب به منظور ذخیره آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی یکی از مهم‌ترین رویکردها در مدیریت منابع آب محسوب می‌شود. تکنولوژی‌های مربوط به جمع آوری آب باران که می‌تواند از طریق دو روش پشت بام منازل و ایجاد سدها صورت گیرد یکی از این فناوری‌هاست. در سیستم جمع آوری آب باران از طریق پشت بام منازل و یا مکان‌های دیگر، از ناودان‌ها و لوله‌های عمودی استفاده شده است. آب باران از طریق این لوله‌ها که انتهای آن به مخزن آب متصل است حرکت کرده و به مخزن ذخیره آب می‌رسد. این لوله‌ها می‌تواند از جنس چوب محلی، ورقه‌های آهنی و یا پی وی سی ساخته شود. همچنین به منظور جلوگیری از ورود حشرات، شن و ماسه، فضولات پرندگان و یا برگ درختان می‌توان از فیلترهایی در ورودی لوله‌ها استفاده شود. ایجاد سدها و آبگیرها نیز به منظور جمع آوری آب باران در مناطقی که دارای بارندگی هستند روش بسیار مناسبی است. در این روش آب باران در مخزن ایجاد شده توسط سد ذخیره می‌شود و یا می‌تواند از طریق مجرا و یا کانال‌هایی به مخزن دیگر انتقال یابد. الگوهای بارش و تبخیر، نمایش ضرایب رواناب حوضه جمع آوری، زمین‌شناسی و جغرافیای حوضه آبریز و مکان سازه از پارامترهای مهم طراحی سد می‌باشد. تغییر نظام بهره‌برداری مستلزم مشارکت و همکاری کشاورزان در برنامه‌ریزی و اجرا می‌باشد و تنها با به کارگیری اهرم‌های اداری و قانونی میسر نیست. با توجه به تغییرات و چالش‌های آتی، بدون مشارکت و همکاری مردم از مرحله سیاست‌گذاری تا مرحله اجرا مقدور نخواهد بود. بنابراین در گام اول همه نهادهای مربوطه، سازوکارها و زیرساخت‌های مورد نیاز به منظور مدیریت و نگهداری منابع آب را در مناطق کشاورزی و روستایی را فراهم آورد و پس از آن با استفاده از سازوکارهای ترویجی مشارکت مردم و کشاورزان را در انجام ذخیره و نگهداری آب‌هایی مانند آب باران و آب‌های سطحی و یا آب‌های زیرزمینی جلب نماید. اینگونه اقدامات مشارکتی و پایدار می‌تواند نقش بسیار مهمی در مدیریت پایدار منابع آبی کشور در مناطق خشک و مناطقی که با بحران آبی رو به روست داشته باشد.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادها

در این فصل به صورت مختصر به بیان نتایج حاصل از بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت شهریار طی سال های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ می‌پردازد. همچنین راهکارهای عملی مناسب به منظور جبران افت سطح آب و بهبود شرایط آبخوان نیز ارائه می‌گردد.

۵-۱- نتیجه گیری

۵-۱-۱- جمع بندی وضعیت افت دشت شهریار

به لحاظ افت دشت شهریار را می‌توان به سه زون شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم نمود. سطح آب زیرزمینی در زون شمالی و دهه اول به میزان ۱۵,۷۴ متر، در دهه دوم ۱۶,۰۹ متر و در دهه سوم به میزان ۱۵,۳۴ متر افت داشته است. مقدار افت در زون مرکزی در دهه اول، دهه دوم و دهه سوم به ترتیب ۲,۵۱، ۵,۵۲ و ۲,۱۲ متر می‌باشد. همچنین در زون جنوبی نیز در دهه اول به میزان ۰,۵۲- متر بالآمدگی، دهه دوم ۰,۲۱ متر افت و دهه سوم نیز ۱,۲۰- متر بالآمدگی سطح آب محاسبه شد. بیشترین میزان افت سطح آب در قسمت‌های شمالی دشت به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، انتقال آب به شهرهای اطراف و کاهش بارندگی می‌باشد. با توجه به هیدروگراف واحد دشت سطح ایستابی در دشت شهریار طی دوره ۳۰ ساله، از ۱۰۶۷,۹۵ متر در سال ۶۳ به ۱۰۵۴,۳۹ در سال ۹۳ رسیده است. به طوری که در طول دوره مورد مطالعه، سطح آب زیرزمینی به میزان ۱۳,۵۶ متر افت داشته است. به عبارت دیگر میانگین افت سطح آب زیرزمینی حدود ۰,۴۵ متر در سال بوده است. همچنین دشت شهریار دارای بیلان منفی متوسط سالانه ۱۸ میلیون مترمکعب در سال است. بیشترین میزان افت در قسمت‌های غربی و شمال غربی دشت مشاهده شد که اغلب به دلیل برداشت‌های بی‌رویه و افزایش کشاورزی بوده است. کمترین میزان افت نیز مربوط به قسمت‌های جنوبی می‌باشد. همچنین نتایج بررسی رابطه بارندگی و روند نوسانات سطح ایستابی نشان داد که تا حدودی میزان بارندگی بر نوسانات سطح ایستابی تأثیر داشته و رابطه قابل توجهی میان آن‌ها وجود دارد. در بررسی‌های مربوط به نقشه هم پتانسیل سال‌های ۶۳ و ۹۳ دیده شد که بالاترین سطح تراز مربوط به نواحی شمالی و شمال غربی و نیز جهت

کلی حرکت آب های زیرزمینی از شمال و شمال غرب به سمت جنوب می باشد. همچنین عدم تقارن خطوط هم پتانسیل در نقشه مربوط به سال ۹۳ به دلیل برداشت های نقطه ای و تغییر کاربری زمین ها به مناطق شهری می باشد.

۵-۱-۲- نتایج حاصل از بررسی تغییرات کاربری اراضی

با توجه به مقادیر افت در سه دهه ۶۳-۷۳ ، ۷۳-۸۳ و ۸۳-۹۳ و چگونگی تغییرات کاربری شهری و پوشش گیاهی دشت شهریار نتایجی به دست آمد که نشان داد میان روند نزولی سطح آب زیرزمینی در این دشت و افزایش پوشش گیاهی رابطه ای قایل توضیحی وجود دارد و می توان تغییر کاربری به کشاورزی را یکی از دلایل عمده افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه دانست. همچنین این بررسی ها برای کاربری شهری نیز انجام شد که نتایج نشان داد تغییر عملکرد کاربری اراضی ناشی از شهرنشینی، یعنی افزایش سطح شهرنشینی و کاهش اراضی کشاورزی فقط باعث کاهش جزئی تغذیه آب زیرزمینی می شود و رابطه ی قطعی میان افزایش کاربری شهری و افت سطح آب زیرزمینی منطقه وجود ندارد.

۵-۲- پیشنهادات

با توجه به وضعیت افت سطح آب های زیرزمینی در دشت شهریار و تأثیر آن بر جنبه های مختلف اقتصادی و اجتماعی منطقه، پیشنهادهای زیر جهت بهبود شرایط آبخوان ارائه می شود:

- مطابق با بررسی های انجام شده بخش های شمالی منطقه مورد مطالعه از وضعیت خوبی برخوردار نیستند به طوری که بیشترین مقدار افت سطح آب های زیرزمینی منطقه به دلیل افزایش کشاورزی و افزایش مناطق شهری در این مناطق رخ داده است. بنابراین، پیشنهاد می شود به منظور جلوگیری از بروز پدیده های خطرناکی از جمله فرونشست زمین، میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در این زون به طور قابل توجهی کاهش داده شود.

- پیشنهاد می‌شود جهت جلوگیری از افت بیشتر سطح آب زیرزمینی در قسمت مرکزی دشت، مدیریت مصرف آب در بخش‌های کشاورزی بیشتر شود.

- پیشنهاد می‌شود در جهت جلوگیری از افت بیشتر آبخوان، به ویژه در مناطق شمالی و مرکزی دشت، تغذیه مصنوعی آبخوان با استفاده از جریان رودخانه‌های فصلی و فاضلاب‌های تصفیه شده انجام شود.

مراجع

- آذره ع. رفیعی ساردوئی ا. نظری سامانی ع. ا. مسعودی ر. خسروی ح، (۱۳۹۳) "بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی در دشت گرمسار" مدیریت بیابان ۳. ۱۱-۲۰.
- آقاکرمی م، (۱۳۹۲) "بهره‌برداری تلفیقی با مد نظر قرار دادن اثرات اجرای طرح جمع‌آوری فاضلاب (مطالعه موردی دشت تهران، کرج و شهریار)". دانشگاه شهیدبهشتی، پردیس فنی مهندسی (شهید عباسپور) - پژوهشکده مهندسی آب.
- ارشد پ. کلانتری ن، (۱۳۹۱) "اثر خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت چاهگاه با استفاده از GIS" همایش ملی بهره‌برداری بهینه از منابع آب.
- افشار م. رادپور س. میرشکاک ع. دوکوهکی ح. ر، (۱۳۸۷) "مدیریت استفاده از پساب صنعتی خروجی تصفیه خانه پتروشیمی فجر در آبیاری فضای سبز منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی" اولین کنفرانس پتروشیمی ایران.
- اکبری م. ر. جرگه م. مدنی سادات ح، (۱۳۸۸) "بررسی افت سطح آب های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد)". پژوهش های حفاظت آب و خاک ۴. ۶۳.
- احسانی م. خالدی ه، (۱۳۸۱) "شناخت و ارتقای بهره وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور" یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- اسلامیان س. س. نصری م. رحیمی ن، (۱۳۸۶) "بررسی دوره‌های ترسالی و خشکسالی و اثرات آن بر تغییرات منابع آب حوضه آبخیز دشت بوئین". نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۰ شماره پیاپی (۳۳)، شماره ۱، ص ۷۵-۹۰.
- اصفهانی ب، (۱۳۹۰) "روش های مدیریت یکپارچه منابع آب: شهر تهران". پایان‌نامه کارشناسی ارشد وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - دانشکده عمران.
- بیات ورکشی م. فرهانی م. قبایی سوق م، (۱۳۹۷) "اثر خشکسالی هواشناسی بر منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان کمیجان استان مرکزی)". تحقیقات منابع آب ایران ۱۱۴-۱۲۴.

جاودانیان ح. احمدی دارانی م، (۱۳۹۵) "برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و نشست منطقه‌ای (مطالعه موردی شهر دامنه، اصفهان)". نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب سال اول، شماره ۱.

جعفری قریه ع، (۱۳۸۶) "تأثیر شهرسازی بر روی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی شهر مشهد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۱۸ ص.

جلیلی خ. مرادی ح. ر. بزرگ حداد ا، (۱۳۹۵) "بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اسلام آباد و بهینه سازی تخصیص سطح اراضی آن". مهندسی اکوسیستم بیابان. ۱۱۷-۱۳۱. جنت رستمی س. خلقی م.

محمدی ک. مالمیر م، (۱۳۹۰) "مدیریت بهره برداری از سفره آب زیرزمینی دشت شهرکرد". ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.

جهانشاهی ا. مقدم نیا ع. ر. نهتانی م، (۱۳۹۵) "ارزیابی اثر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص SPI (مطالعه موردی: دشت شهربابک، استان کرمان)" مهندسی اکوسیستم بیابان. ۸۵-۹۸.

حجی پور م. ذاکری نیا م. نقی ضیائی ع. حسام م، (۱۳۹۴) "مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی و تاثیر آن بر منابع آب دشت بجنورد به کمک اتصال مدل های WEAP و MODFLOW. پژوهش های حفاظت آب و خاک ۴. ۸۵-۱۰۱.

حسینی ر. پودینه م. ر، (۱۳۹۴) "مدیریت بهره برداری آب های زیرزمینی و کاهش پیامدهای زیست محیطی (مطالعه موردی: بخش جلکه رخ تربت حیدریه)". دومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار.

خدایی ب. نخعی م. مهدلو ترکمانی س، (۱۳۹۰) "بررسی سطح افت آب زیرزمینی در آبخوان دشت کبودآهنگ در محیط GIS". مجموعه مقالات سی‌امین گردهمایی علوم زمین.

رشیدترابی ف. بی‌نا ک، (۱۳۹۳) "بررسی و اولویت بندی عوامل کاهش سطح آب زیرزمینی و ارایه راهکار: مطالعه موردی دشت مشهد". همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار با محوریت استفاده از روشهای نوین در مهندسی عمران.

رهنما ح. میراثی س، (۱۳۹۲) "مدیریت بحران افت سطح آب‌های زیرزمینی و مخاطره فرونشست سطح زمین در دشت‌های ایران". پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران های طبیعی.

زمانی ط. کریمی ح. توکلی م. علیمزادی ص، (۱۳۹۶) "بررسی عوامل موثر بر افت آب زیرزمینی دشت مهران، استان ایلام". هیدروژئولوژی . ۱۷-۲۸.

زینالی ب. فریدپور م. اصغری سراسکانرود ص، (۱۳۹۵) "بررسی تأثیر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت مرنده)" پژوهش نامه مدیریت حوزه آبخیز، سال هفتم، شماره ۱۴.

شاه محمدپور عسکری س، (۱۳۹۴) "بررسی فرونشست زمین تحت تأثیر افت سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت سیرجان)"، دانشگاه شهید چمران اهواز .

نادری ر، (۱۳۹۲) "بررسی اثرات خشکسالی اقلیمی بر سطح آب زیرزمینی با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی در قلمروی زمان و فرکانس" پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده علوم پایه.

شوشتری ر. فتح آبادی ب. هراتی غ. ح، (۱۳۹۴) "بررسی قابلیت استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری جهت آبیاری فضای سبز(مطالعه موردی تصفیه خانه فاضلاب شهری نیشابور)" همایش ملی آب، پساب و پسماند.

صدوق س.ح. حسین زاده م. م. رضایی خ. چزغه س، (۱۳۹۶) "بررسی الگوی تجمع رسوبات کواترنر مسیر رودخانه‌های دیرین کرج و شور در دشت تهران و کرج با استفاده از مطالعات ژئوالکتریک" کواترنری ایران . ۱-۱۴.

صفاری ا. جعفری ف، (۱۳۹۴) "سنجش مقدار و پهنه‌بندی خطر فرونشست زمین با استفاده از روش تداخل‌سنجی‌رادیاری (مطالعه موردی: دشت کرج- شهریار)" فصلنامه علمی پژوهشی و بین‌المللی اجمن جغرافیای ایران، سال ۱۴، شماره ۴۸

صفرخانی ب، (۱۳۹۳)، "برآورد حداکثر بارش محتمل حوضه آبریز رودخانه کن به روش آماری و سینوپتیکی". دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی - دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا

صلاحی ب. رضایی بنفشه درق م. واعظی ع. فریدپور م، (۱۳۹۶) "پایش و تحلیل تطبیقی نقش خشکسالیهای هواشناسی بر تغییرات سطح ایستابی چاه‌های پی‌زومتری دشت مرنده" تحلیل فضایی مخاطرات محیطی . ۶۱-۷۸.

عباس نژاد ا. شاهی دشت ع.ر، (۱۳۹۲) "بررسی آسیب‌پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی منطقه". جغرافیا و آمایش شهری - منطقه ای ۷. ۸۵-۹۶.

علیزاده ا، (۱۳۸۷) "اصول هیدرولوژی کاربردی". دانشگاه امام رضا (ع)

علیزاده ح.ع. لیاقت ع. سهرابی ت، (۱۳۹۳) "ارزیابی سناریوهای توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم "حفاظت منابع آب و خاک ۴. ۱.

فرج زاده اصل م. رستم زاده ه، (۱۳۸۳) "ارزیابی اثرات سدهای بزرگ در تغییر کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: سد ستارخان اهر)". نشریه تهران.

کریمی ح. نادری ف.ا. علیمردی ص. لطفی زاده ح.ر، (۱۳۸۸) "بررسی سطح افت آب زیرزمینی در آبخوان دشت مهران در محیط "GIS. دومین کنفرانس سراسری آب.

کوهستانی ن. مفتاح هلقی م. دهقانی ا.ا. یخکشی م.ا. جهانی ن، (۱۳۸۸) "تاثیر تغییرات اقلیمی بر روی سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: منطقه نرماب استان گلستان)". همایش ملی مدیریت بحران آب.

لاله زاری ر. طباطبائی س.ح. خلقی م. یارعلی ن.ا. صبا ع.ا، (۱۳۹۳) "بررسی سناریوهای تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده بر کمیت و کیفیت آبخوان شهرکرد" محیط شناسی ۶۹. ۲۲۱-۲۳۶.

مروتی م. منوری م. حسنی ا.ح، (۱۳۸۸) "امکان سنجی استفاده از پساب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان در دشت یزد اردکان" انسان و محیط زیست ۱۰. ۵۵.

محمدی بصیر م.ح. رادمنش ف، (۱۳۹۶) "عوامل موثر بر نوسانات سطح آبهای زیرزمینی". سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه (تقاضا محوری آب).

مختاری د. نیکجو م.ر. حشمتی ا، (۱۳۹۶)، "تعیین ضخامت نهشته‌های آبرفتی دشت شهریار برای مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از (GIS)". دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی

مسلمی ح. درویشی ر، (۱۳۹۶) "راهکارهای کاهش افت سطح آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت لاور - استان هرمزگان" مدیریت اراضی ۱۲۵-۱۳۵

مقامی مقیم غ. تقی پور ع.ا، (۱۳۹۸) "بررسی عوامل موثر در تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی آباد شهرستان اسفراین". مهندسی اکوسیستم بیابان ۲۷-۴۲.

مؤذن زاده ر. علیزاده ا، (۱۳۹۴) "تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی دشت فریمان- تربت جام با رویکرد مدیریتی در سطح منطقه". نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۳ جلد ۹، ص ۴۰۸-۴۱۸.

میراثی س. رهنما ح. الیاسی م، (۱۳۹۱) "بحران افت سطح آب زیرزمینی و وقوع پدیده فرونشست در دشت مرودشت فارس". اولین همایش بین المللی بحران های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن.

میرمحمدصادقی م. ابراهیمی ب. پسندی م، (۱۳۹۷) "افت شدید سطح آب زیرزمینی و اندرکنش رودخانه-آبخوان (مطالعه موردی: آبخوان نجف آباد در حوضه زاینده رود)". علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۰۷-۱۲۵.

نادریانفر، محمد؛ حسین، انصاری؛ ضیائی، علی نقی؛ داوری، کامران؛ (۱۳۹۰)، بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف. مهندسی آبیاری و آب ایران ۳. ۲۲-۳۷.

نوحه گر ا. قشقایی زاده ت. حیدرزاده م. ایدون م. ر. پناهی م، (۱۳۹۵) "ارزیابی خشکسالی و تاثیر آن بر منابع آب سطحی و زیرزمینی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز رودخانه میناب)". پژوهش های دانش زمین. ۲۸-۴۳.

نوروزی غ. احمدی دستگرد ع. رهنما راد ج. درمیانی ع، (۱۳۹۰) "افت سطح آب زیرزمینی و بررسی نشست زمین در دشت درمیان". سی امین گردهمایی علوم زمین

Asano T. (1985) "Artificial Recharge of Groundwater" California States, Water Resources, pp 69-96.

Custodio E. (2002) "Aquifer overexploitation: what does it mean" Hydrogeology Journal, Vol. 254-277

Dellar J. (1998) "The handbook of groundwater engineering". West Lafayette, Indiana: CRC Press LLC

Devlin J. F. and Sophocleous M. (2005) "The persistence of the water budget myth and its relationship to sustainability". Hydrogeology Journal, 13(4), pp. 549-554

Ebrahimi M. Kazemi H. R Ehtashemi M. and Rockaway T. D. (2016) "Assessment of groundwater quantity and quality and saltwater intrusion in the Damghan basin, Iran" Chemie der Erde-Geochemistry (2016) .

Galloway D.L. Jones D.R. and Ingebritsen S.E., (1999) "Land subsidence in the United States" U.S., Geological Survey Circular 1182, p 177.

Jeanne p. Farr T.G. Rutqvist J. and Vasco D. (2018) "Role of Agricultural activity on land subsidence in the san Joaquin Valley, California" Journal of Hydrology.

John M. and Sharp Jr. (2010) "The impact of urbanization on groundwater system and recharge"

Department of Geological sciences, The university of Texas.

Kaiser R. and Skiller F., (2003) "Options for managing the hidden threat of aquifer depletion in Texas" Texas tech. Law review 32, pp 250- 304.

Kalhor K. and Emamnejad N. (2019) "Sustainable development in cities: Studying the relationship between groundwater level and urbanization using remote sensing data" Groundwater for Sustainable Development

Khazaei E. Mackay R. Warner J.W. (2004) "The Effects of Urbanization on Groundwater Quantity and Quality in the Zahedan Aquifer, southeast Iran" Water International, 29:2, 178-188

Liu C.W. Lin W.S. and Cheng L.H., (2006) "Estimation of land subsidence caused by loss of smectiteinterlayer water in shallow aquifer systems" Hydrogeology Journal., Vol 14, pp 508-525

Loucks D. P. Van B. E. Stedinger J. R. Dijkman J. and M. Villars M. T. (2005) "Water resources system planning and management: An introduction to methods, Models and Applications"

Mediterranean Waste Water Reuse Working Group (MWWRWG). (2007) "Mediterranean wastewater reuse report"

Menon S. (2007) "Ground Water Management: Need for Sustainable Approach"

Minnig M. Moeck Ch. Randy D. and Schirmer M. (2017) "Impact of urbanization on groundwater recharge rates in Dübendorf, Switzerland" Journal of Hydrology

Pacheco J. Arzate J. Rojas E. Arroyo M. Yutsis V. and Ochoa G., (2006) "Delimitation of ground failure zones due to land subsidence usind gravity data and finite element modeling in the Queretaro valley" Mexico. Engineering Geology 84, pp 143-160.

Rieben H. (1955) "The geology of the Tehran plain" Amer, Jour., Sci., p 956-935

Rodriguez-Estrella T. (2012) “The problems of overexploitation of aquifers in semi-arid areas: the

Murcia Region and the Segura Basin (south-east Spain) case” Hydrology and Earth System Sciences Discussions, Volume 9, pp 5729–5756.

Scott R.F., (1979) “Subsidence-revaluation and prediction of subsidence” (eds.) Saxema, S.K., Proc. Conf. ASCE, Gainsville, pp 1-25.

Shetaii Sh. Abdi O. (2008) “Mapping of land use in mountainous regions of Zagrose using ETM+ data, Journal of Agricultural Sciences and natural Resources, 57, 129-138, Agricultural Sciences and Natural Resources university of Gorgan.

Tam V T. and Nga T. T. V. (2018) “Assessment of urbanization impact on groundwater resources in Hanoi, Vietnam” Journal of Environmental Management 227 (2018) 107–116

Todd D K. and Mays L W. (2005), “Groundwater Hydrology”,

Wakode H. B., Baier K., Jha, R. and Azzam. R. (2018) “Impact of urbanization on groundwater recharge and urban water balance for the city of Hyderabad, India” J. International Soil and Water Conservation Research 6 (2018) 51–62

Yang H. Abbaspor K. (2007) “Analysis of wastewater reuses potential in Beiging. Desalination.”212:238-250

Abstract

Shahriar plain, which is one of the most important plains in the country, has suffered a severe decline due to overuse of groundwater resources. According to the analysis of water level data measured in 41 piezometers in the plain during the reference period (1363-1393), it was observed that the rate of decline is not the same in all parts of the plain. The highest rate of decline has occurred in the northern parts of the plain (Shahriar, Andisheh and Shahr-e-Quds) due to over-exploitation of the aquifer. Gradually, to the south of the plain, the rate of decline has decreased and in the southern parts (Robat Karim and Golestan counties) the decline in groundwater level has been minimized and in some places water level rise has been observed. According to the amount of the groundwater draft calculated in each of the piezometers during a period of 30 years, Shahriar plain was divided into three zones: north (high decline), central (medium decline) and south (low decline). North zone piezometers have the highest decline in the region due to the over-exploitation, agricultural activities and water transfer to the new city of Andisheh. The rate of water level decline in the piezometers of the central zone has decreased compared to the northern zone, which is due to the existence of agricultural activities and over-harvesting of the aquifer. In the piezometers of the southern zone, water level rise has been observed due to the increase in urban development, increase in groundwater recharge, severe decrease in agricultural activities and consequently decrease in groundwater exploitation. Also, studies on land use changes in this plain and its study with the rate of decline in the three zones of North, Central and South showed that there is a considerable relationship between changes in groundwater levels and how changes in land vegetation in the plain. Given that there is no clear relationship between changes in urban areas and declining groundwater levels, the main cause of declining water levels is increased vegetation. Identifying suitable points of the plain for artificial recharge, using treated wastewater for artificial recharge in the plain and various other uses, proper and comprehensive management in the operation and consumption of water resources and reducing pumping from the aquifer, especially in the northern parts of the plain to prevent further decline is one of the solutions offered.

Keywords: Shahriar plain, groundwater level decline, artificial recharge



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

Hydrogeology and Environmental Geology Group

M. Sc. Thesis

**Investigating the declining in groundwater level in Shahriar plain
and providing solutions to improve it**

Fatemeh Mohammadi

Supervisor:

Dr. Gholam Hossein Karami

October 2020