تحصیلات تکمیلی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی گرایش هیدروژئولوژی

عنوان:

بهینه‌سازی بهره‌برداری از آبخوان با استفاده از مدل ریاضی؛ مطالعه موردی: دشت الشتر

استاد راهنما:

دکتر ناصر اسدی

تحقیق و نگارش:

مراد کاکی

(این پایان‌نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره‌مند شده است)

شهریور ۱۳۹۱

باسمه تعالی

این پایان‌نامه با عنوان بهینه‌سازی بهره‌برداری از آبخوان با استفاده از مدل ریاضی؛ مطالعه موردی: دشت الشتر قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد زمین‌شناسی توسط دانشجو مراد کاکی با راهنمایی استاد پایان نامه دکتر ناصر اسدی تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می‌باشد.

مراد کاکی

این پایان‌نامه ۶ واحد درسی شناخته می‌شود و در تاریخ ۱۳۹۱/۰۶/۲۹ توسط هیئت داوران بررسی و درجه ... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما:	دکتر ناصر اسدی		
داور ۱:	دکتر مهدی اژدری مقدم		
داور ۲:	دکتر حمیدرضا سلوکی		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر محمدرضا بخشی‌محبی		

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مراد کاکی تعهد می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: مراد کاکی

امضاء

تقدیم

با عشق

به پدرم

آموزگارم در استقامت و پایداری

به مادرم

گرمابخش همیشگی زندگانیم

و به خواهران و برادرانم

که وجودم لبریز از عشق و محبتشان است.

سپاسگزاری

با سپاس و ستایش بی‌پایان به درگاه ایزد منان، و به شکرانه الطاف بی کرانه حضرت دوست، که نعمت سلامتی و پیمودن راه علم و دانش را به من عطا فرمود؛ بر خود لازم می‌دانم در نهایت خلوص و فروتنی از استاد فرهیخته‌ام جناب آقای دکتر اسدی که پیمودن این راه را، با وسعت نظر و رهنمودهای مفید، ممکن ساختند؛ قدردانی نمایم. بی‌شک تمامی زحمات بی دریغشان را برای همیشه به خاطر خواهم سپرد.

از مادرم که دنیای من است و از پدرم که پناهم هست، از برادران و خواهران عزیزم که چراغ راه، مشوق و پشتیبانم هستند؛ صمیمانه تشکر و قدردانی می کنم.

از اساتید گرامی و ارجمندم، آقایان دکتر اژدری مقدم و دکتر سلوکی به پاس مطالعه، اصلاح، و داوری پایان نامه اینجانب، نهایت تشکر را دارم.

از آقای مهندس ابراهیمی مسئول محترم شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان که با وجود مشغله کاری زیاد، صمیمانه با اینجانب همکاری نمودند؛ کمال تشکر را دارم.

از هم کلاسی‌های عزیزم، آقایان فتحی، ریکی، نارویی و بخشی پور که همواره در طول تحصیل یار و همراهم بودند؛ تشکر و قدر دانی می‌نمایم.

همچنین از دوستانی که یادشان هرگز از من جدا نخواهد شد، دوستانی که صمیمانه مرا در راه هر چه بهتر نگاشته شدن این پایان نامه یاری رساندند، آقایان رومیانی، صادقی، کوشکی، جمور، بازوند، رضایی، اسدی، اندام، جمالی، ناصری، و از خانم ها همطا، سلیمی، جوادی، مدنی و ذهابی کمال سپاس و قدردانی را دارم و از درگاه خداوند منّان برایشان آرزوی توفیق روزافزون و سلامتی همیشگی دارم.

مراد کاکی

شهریور ۹۱

چکیده:

محدوده‌ی مورد مطالعه آبخوان الشتر به وسعت ۱۱۰ کیلومتر مربع در دشت الشتر واقع در شمال غربی شهرستان خرم‌آباد و با فاصله‌ی حدود ۵۲ کیلومتر از آن قرار دارد. سطح آب در این آبخوان، طی سال‌های اخیر در اثر خشکسالی و برداشت‌های بیش از حد، دچار افت گردیده است. در این تحقیق به منظور شناخت شرایط آینده آبخوان و بهینه‌سازی استحصال آب زیرزمینی، اقدام به ساخت مدل شبیه‌ساز به کمک کد رایانه‌ای MODFLOW و رابط کاربری GMS گردید. پس از ساخت مدل ریاضی آبخوان، برای واسنجی آن در حالت پایدار، از داده‌های سطح آب مشاهداتی آبان ماه ۸۶، و برای واسنجی دوره‌ی ناپایدار از داده‌های یک دوره‌ی زمانی یک ساله (آذر ۱۳۸۶ تا آبان ۱۳۸۷) استفاده گردید. سپس، صحت مدل ساخته شده با استفاده از داده‌های سطح آب دوره آماری آذر ۱۳۸۷ تا آبان ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته و صحت آن تأیید گردید. از مدل حاصله جهت پیش‌بینی وضعیت آینده سطح آب زیرزمینی برای ۵ سال آتی (شروع آذر ۱۳۹۰ تا پایان آبان ۱۳۹۵) استفاده گردید. نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد که با استمرار شرایط فعلی بهره‌برداری، به طور متوسط حدود ۶۵ سانتی‌متر در سال افت سطح آب در آبخوان الشتر وجود خواهد داشت؛ و در پایان دوره‌ی پیش‌بینی میزان افت به حدود ۳/۵ متر خواهد رسید.

به منظور جبران افت ایجاد شده، با اعمال کاهش بر میزان برداشت از چاه‌های کنونی (به میزان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد) و تأمین کسری نیاز آبی حاصله از طریق برداشت بهینه از تعدادی چاه جایگزین در خارج از محدوده‌ی پر افت، دو راهبرد مدیریتی (هیدرولیکی و اقتصادی) طراحی گردید. محاسبه و مقایسه این طرح‌ها با استفاده از کد GWM و تلفیق نتایج آن با نرم‌افزار GMS انجام گردید. نتایج حاصله، نشانگر کاهش قابل ملاحظه‌ی افت سطح آب زیرزمینی در شرایط بیشینه کردن میزان جبران کسر آب مورد نیاز و کمینه نمودن هزینه‌های اقتصادی است. همچنین مقایسه دو راهبرد مدیریتی نشان می‌دهد که راهبرد هیدرولیکی از نظر کارامدی در تأمین آب جایگزین، به میزان ۱۲/۵ درصد نسبت به راهبرد اقتصادی برتری داشته؛ در حالی که از نظر تقلیل هزینه‌های اجرایی، راهبرد اقتصادی به میزان ۱۱ درصد از راهبرد هیدرولیکی کاراتر می‌باشد.

کلمات کلیدی:

آب زیرزمینی، بهینه‌سازی، دشت الشتر، صحت‌سنجی، مدل ریاضی، مدیریت آبخوان، واسنجی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: معرفی تحقیق ۱

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- بیان موضوع و ضرورت تحقیق ۴
۱-۳- سابقه و ضرورت انجام تحقیق ۸
۱-۴- اهداف تحقیق ۱۳
۱-۵- فرضیه‌های تحقیق ۱۴
۱-۶- ساختار پایان‌نامه ۱۴

فصل دوم: مبانی تحقیق ۱۶

۲-۱- مقدمه ۱۷
۲-۲- سامانه‌ی آب زیرزمینی و مدیریت آبخوان ۱۷
۲-۳- مدل‌های آب زیرزمینی ۱۹

۲-۳-۱- تعریف مدل ۱۹
۲-۳-۲- انواع مدل‌های آب زیرزمینی ۲۰
۲-۳-۳- پروتکل مدل (مراحل ساخت مدل) ۳۱
۲-۳-۴- مشکلات کاربرد مدل در ایران ۶۶

۲-۴- معرفی کد MODFLOW ۶۷

۲-۴-۱- مجموعه‌های کد MODFLOW ۶۸

۲-۵- معرفی نرم‌افزار GMS ۷۲

۲-۵-۱- قطعه‌ی شبکه‌ی مثلثی نامنظم (TIN: Triangulated Irregular Network) ۷۳
۲-۵-۲- قطعه‌ی گمانه (Borehole Module) ۷۴
۲-۵-۳- قطعه‌ی سه بعدی (Solid Module) ۷۴
۲-۵-۴- قطعه‌ی شبکه‌ی دو بعدی (2D Grid Module) ۷۴
۲-۵-۵- قطعه‌ی شبکه سه بعدی (3D Grid Module) ۷۴
۲-۵-۶- قطعه تور دو بعدی (2D Mesh Module) ۷۵
۲-۵-۷- قطعه تور سه بعدی (3D Mesh) ۷۵
۲-۵-۸- مدول نقشه (Map Module) ۷۵
۲-۵-۹- مدول GIS ۷۶

۲-۶- معرفی نرم‌افزار GWM ۷۶
۲-۷-GIS و کاربرد آن در مدل‌سازی ۷۶
۲-۸-RS (Remote Sensing) و کاربرد آن در مدل‌سازی ۷۸

فصل سوم: معرفی منطقه مورد مطالعه ۷۹

۳-۱- مقدمه ۸۰

عنوان **صفحه**

۳-۲- موقعیت جغرافیایی ۸۰
۳-۳- هوا و اقلیم ۸۰
۳-۳-۱- بارندگی ۸۱
۳-۳-۲- درجه‌ی حرارت ۸۱
۳-۳-۳- تبخیر ۸۱
۳-۳-۴- اقلیم ۸۲
۳-۴- هیدرولوژی ۸۲
۳-۵- فیزیوگرافی حوزه ۸۳
۳-۶- زمین‌شناسی ۸۳
۳-۶-۱- کلیات زمین‌شناسی منطقه ۸۳
۳-۷- تکتونیک ۸۴
۳-۸- چینه‌شناسی و ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی ۸۵
۳-۸-۱- مجموعه‌ی رادیولاریتی ژوراسیک ۸۶
۳-۸-۲- آهک‌های سفید رنگ مزوزوئیک (دوران دوم) ۸۶
۳-۸-۳- آهک‌های آلیتی مزوزوئیک ۸۶
۳-۸-۴- سازندهای آهکی ژوراسیک – کرتاسه‌ی تحتانی متعلق به زون زاگرس ۸۷
۳-۸-۵- سازند آهکی - مارنی ائوسن ۸۷
۳-۸-۶- سازند کشکان ۸۷
۳-۸-۷- مارن، ماسه‌سنگ و آهک میوسن ۸۸
۳-۸-۸- کنگلومرای بختیاری (پلیوسن) ۸۸
۳-۸-۹- کنگلومرا با عناصری از برون‌زدهای همان محل ۸۸
۳-۸-۱۰- آبرفت‌های قدیمی و پادگانه‌های بلند ۸۸
۳-۸-۱۱- آبرفت‌های جوان دشت ۸۹
۳-۹- هیدروژئولوژی ۸۹
۳-۹-۱- منابع آبی ۹۰
فصل چهارم: روش تحقیق و یافته‌ها ۹۲
۴-۱- مقدمه ۹۳
۴-۲- مطالعات کتابخانه‌ای ۹۳
۴-۲-۱- عکس‌ها، نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای ۹۳
۴-۲-۲- آمار و اطلاعات هواشناسی ۱۰۰
۴-۲-۳- اطلاعات هیدرولوژی ۱۰۰
۴-۲-۴- اطلاعات هیدروژئولوژی ۱۰۱
۴-۲-۵- داده‌های ژئوفیزیکی ۱۰۵

عنوان **صفحه**

۴-۳- مطالعات و فعالیت‌های میدانی ۱۰۷
۴-۴- تهیه مدل مفهومی ۱۰۷
۴-۴-۱- سامانه آب زیرزمینی و ویژگی‌های آن ۱۰۷
۴-۵- تهیه مدل ریاضی ۱۱۸
۴-۶- انتخاب کد رایانه‌ای ۱۱۸
۴-۷- طراحی مدل عددی در نرم‌افزار GMS ۱۱۸
۴-۷-۱- انتخاب دوره‌های تنش و گام‌های زمانی ۱۱۸
۴-۷-۲- شبکه‌بندی محدوده‌ی مدل‌سازی ۱۱۹
۴-۷-۳- تعریف لایه‌های اطلاعاتی مدل بر اساس مدل مفهومی ۱۱۹
۴-۷-۴- انتخاب روش حل مدل ریاضی ۱۳۶
۴-۷-۵- اجرای آزمایشی مدل ۱۳۶
۴-۸- واسنجی (Calibration) ۱۳۷
۴-۸-۱- تعیین معیار واسنجی (Calibration Value) ۱۳۷
۴-۸-۲- تعیین میزان واسنجی (Interval) ۱۳۸
۴-۹- تحلیل حساسیت ۱۵۳
۴-۱۰- صحت‌سنجی ۱۵۶
۴-۱۱- پیش‌بینی ۱۶۳
۴-۱۱-۱- تعیین دوره‌ی پیش‌بینی و معرفی آن به مدل ۱۶۳
۴-۱۱-۲- پارامترهای دوره‌ی پیش‌بینی ۱۶۴
۴-۱۱-۳- اجرای مدل پیش‌بینی ۱۶۶
۴-۱۲- مدیریت آبخوان ۱۶۸
۴-۱۲-۱- اهداف مدیریتی آبخوان ۱۶۹
۴-۱۲-۲- راهکارهای مدیریتی ۱۷۰
۴-۱۲-۳- تبیین مدل مفهومی مدیریت آبخوان ۱۷۰
۴-۱۲-۴- بیان ریاضی مسئله با اعمال قیود هیدرولیکی ۱۷۱
۴-۱۲-۵- بیان ریاضی مسئله با اعمال همزمان قیود هیدرولیکی و اقتصادی ۱۷۲
۴-۱۲-۶- انتخاب کد رایانه‌ای و حل مسائل مدیریتی ۱۷۴
۴-۱۲-۷- اجرای مدل در نرم‌افزار GWM ۱۸۰

فصل پنجم: بررسی و تحلیل یافته‌ها ۱۸۹

عنوان **صفحه**

۵-۱- مقدمه ۱۹۰
۵-۲- تحلیل مؤلفه‌های مدل‌سازی ۱۹۰
۵-۲-۱- بررسی مدل مفهومی آبخوان ۱۹۱
۵-۳- تحلیل فرایند واسنجی ۱۹۷
۵-۳-۱- تحلیل فرایند واسنجی در حالت پایدار ۱۹۸
۵-۳-۲- تحلیل فرایند واسنجی در حالت ناپایدار ۲۰۲
۵-۴- بررسی نتایج تحلیل حساسیت ۲۰۹
۵-۵- تحلیل صحت‌سنجی مدل ۲۱۳
۵-۶- تحلیل فرایند پیش‌بینی ۲۱۴
۵-۷- تحلیل مدل مدیریتی آبخوان ۲۱۵
۵-۷-۱- راهکارهای مدیریتی و کارآمدی هیدرولیکی آنها ۲۱۶
۵-۷-۲- راهکارهای مدیریتی و کارایی اقتصادی آنها ۲۱۷
۵-۷-۳- صحت مدل مدیریتی ۲۱۹
فصل ششم: نتایج و پیشنهادات ۲۲۱
۶-۱- مقدمه ۲۲۲
۶-۲- نتایج اصلی ۲۲۲
۶-۳- نتایج فرعی ۲۲۳
۶-۳-۱- نتایج مرتبط با مدل مفهومی ۲۲۳
۶-۳-۲- نتایج مرتبط با مدل شبیه‌ساز ۲۲۳
۶-۳-۳- نتایج مربوط به مدل مدیریتی ۲۲۵
۶-۴- پیشنهادات ۲۲۵
مراجع ۲۲۷
پیوست‌ها ۲۳۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱. بیلان آب‌های زیرزمینی دشت الشتر در سال آبی ۸۱-۸۲ (میلیون متر مکعب) ۷
جدول ۲-۱. مراحل تهیه و تبدیل مدل مفهومی به آرایه‌های مدل ۳۶
جدول ۲-۲. انواع مرزها و خصوصیات مربوط به آن‌ها ۴۰
جدول ۲-۳. معادلات حاکم بر جریان در شرایط مختلف در دو بعد ۴۴
جدول ۲-۴. تعدادی از مدل‌های ارائه شده در زمینه آب زیرزمینی ۵۱
جدول ۳-۱. مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیولوژیکی حوزه‌ی الشتر ۸۵
جدول ۴-۱. مشخصات آمار هواشناسی مورد استفاده در تهیه مدل مفهومی منطقه مطالعاتی الشتر ۱۰۰
جدول ۴-۲. مشخصات آمار هیدرولوژی مورد استفاده در تهیه مدل مفهومی منطقه مطالعاتی الشتر ۱۰۰
جدول ۴-۳. منابع آبی منطقه مطالعاتی الشتر ۱۰۲
جدول ۴-۴. اطلاعات مربوط به چاه‌های اکتشافی و آزمون‌های پمپاژ ۱۰۴
جدول ۴-۵. درصد میزان آب برگشتی به آبخوان از طرق مختلف ۱۲۲
جدول ۴-۶. نمونه‌ای از تعیین نیاز خالص آبیاری بر اساس نوع محصول در نرم‌افزار NETWAT ۱۲۴
جدول ۴-۷. سطح زیر کشت محصولات آبی دشت الشتر و نیاز آبی مربوط به هر یک از آن‌ها ۱۲۵
جدول ۴-۸. کل نیاز آبی محصولات کشاورزی دشت الشتر در ماه‌های مختلف سال ۱۲۶
جدول ۴-۹. میزان مصرف شرب شهرستان الشتر ۱۲۷
جدول ۴-۱۰. تبخیر از سطح آزاد آب در محدوده‌ی مطالعاتی الشتر ۱۳۲
جدول ۴-۱۱. مقادیر هدایت هیدرولیکی برای مواد مختلف ۱۳۴
جدول ۴-۱۲. مقادیر هدایت هیدرولیکی برای برخی از سنگ‌ها و رسوبات ۱۳۵
جدول ۴-۱۳. مقایسه نتایج واسنجی به روش محاسبات آماری ۱۴۰
جدول ۴-۱۴. مقدار آنالیز باقی مانده‌ها در پیزومترهای موجود در منطقه مطالعاتی پس از واسنجی ۱۴۲
جدول ۴-۱۵. مقادیر استاندارد آبدهی ویژه برای مواد مختلف ۱۴۶
جدول ۴-۱۶. مقایسه نتایج واسنجی شرایط ناپایدار با روش محاسبات آماری ۱۴۷
جدول ۴-۱۷. نتایج حاصل از حساسیت‌سنجی هدایت هیدرولیکی در حالت پایدار ۱۵۴
جدول ۴-۱۸. نتایج حاصل از حساسیت‌سنجی پارامترهای مختلف در حالت ناپایدار ۱۵۵
جدول ۴-۱۹. مقایسه مدل واسنجی و صحت‌سنجی به روش محاسبات آماری با استفاده از مقادیر RMS . ۱۵۷
جدول ۴-۲۰. نرخ میانگین بارش و تبخیر محاسبه شده برای هر ماه طی دوره پیش‌بینی ۱۶۶
جدول ۴-۲۱. پارامترهای مؤثر در هزینه بهره‌برداری و میزان هزینه هر یک از آن‌ها ۱۷۳
جدول ۴-۲۲. هزینه‌ی پارامترهای مربوط به احداث چاه ۱۷۴
جدول ۴-۲۳. محدوده مطلوب حجم کل آب برداشتی از چاه‌های کاندید ۱۷۸
جدول ۴-۲۴. موقعیت چاه‌های موجود در منطقه افت و چاه‌های جایگزین آنها ۱۸۰

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۲۵. نتایج اجرای مدل مدیریتی در نرم‌افزار GWM برای راهبرد مدیریت هیدرولیکی ۱۸۲
جدول ۴-۲۶. نتایج اجرای مدل مدیریتی در نرم‌افزار GWM برای راهبرد مدیریت اقتصادی ۱۸۳
جدول ۵-۱. مقایسه هدایت هیدرولیکی محاسبه شده با مشاهدات صحرایی ۲۰۱
جدول ۵-۲. مقادیر آنالیز باقی مانده‌ها پس از تغییر هدایت هیدرولیکی واسنجی شده ۲۰۲
جدول ۵-۳. مقایسه مقادیر بهینه شده ضریب ذخیره با مشاهدات صحرایی ۲۰۳
جدول ۵-۴. مقایسه ضریب ذخیره با میزان نوسان در دوره‌ی واسنجی..... ۲۰۴
جدول ۵-۵. تغییرات اِعمال شده بر نواحی مختلف آبخوان در اثنای واسنجی ۲۰۷
جدول ۵-۶. میزان تأثیر تغییر پارامترهای مختلف بر نتایج مدل در حالت پایدار و ناپایدار بر اساس RMS ۲۱۲
جدول ۵-۷. مقایسه حجم آب جایگزین در هر یک از راهبردهای مدیریتی..... ۲۱۷
جدول ۵-۸. تعداد چاه‌های کاندید استفاده شده در هر راهکار..... ۲۱۸
جدول ۵-۹. مجموع کل هزینه‌ها (بهره‌برداری و احداث) در راهبردهای هیدرولیکی و اقتصادی..... ۲۱۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱. نحوه‌ی توزیع آب در زمین ۲

شکل ۱-۲. موقعیت و نقشه‌ی زمین‌شناسی محدوده‌ی دشت الشتر ۵

شکل ۱-۳. تغییرات سطح آب زیرزمینی و بارندگی دشت الشتر ۶

شکل ۲-۱. روابط بین مدل ریاضی، مدل جبری گسسته، جواب تحلیلی، جواب تقریبی و مشاهدات صحرایی ۲۲

شکل ۲-۲. شبکه اجزای محدود با اجزای مثلثی، B ضخامت آبخوان ۲۶

شکل ۲-۳. شماره‌گذاری گره‌ها در روش تفاضل‌های محدود ۲۸

شکل ۲-۴. الف) شبکه تفاضل محدود با گره‌های واقع در مرکز بلوک‌ها. ب) شبکه تفاضل محدود با گره‌های واقع در نقاط تقاطع خطوط شبکه ۳۰

شکل ۲-۵. تعمیم توسعه مدل‌های تفاضل محدود و عناصر محدود ۳۱

شکل ۲-۶. مراحل مدل‌سازی ۳۳

شکل ۲-۷. حجم کنترل دیفرانسیلی مکعبی ۴۲

شکل ۲-۸. کالیبراسیون به روش مقایسه‌ی نموداری مقادیر محاسباتی و مشاهداتی بار هیدرولیکی ۵۷

شکل ۲-۹. بخش‌های مختلف نرم‌افزار GMS ۷۳

شکل ۲-۱۰. تعدادی از مدول‌های نرم‌افزار GMS ۷۵

شکل ۳-۱. پراکنش منابع آبی دشت الشتر ۹۱

شکل ۴-۱. تصویر ماهواره‌ای محدوده مطالعاتی و موقعیت آن در ایندکس تصاویر ماهواره‌ای لندست ۹۴

شکل ۴-۲. توپوگرافی محدوده مطالعاتی الشتر ۹۵

شکل ۴-۳. نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی همدان ۹۶

شکل ۴-۴. نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی خرم‌آباد ۹۷

شکل ۴-۵. نقشه زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی ۹۸

شکل ۴-۶. نقشه زمین‌شناسی رقومی شده نهایی محدوده مطالعاتی الشتر ۹۹

شکل ۴-۷. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری در محدوده مطالعاتی ۱۰۱

شکل ۴-۸. نمونه‌ای از یک لاگ حفاری در محدوده مطالعاتی ۱۰۳

شکل ۴-۹. موقعیت چاه‌های اکتشافی در منطقه مطالعاتی الشتر ۱۰۴
شکل ۴-۱۰. نقشه هم‌ضخامت آبرفت بر اساس مطالعات ژئوفیزیکی ۱۰۶
شکل ۴-۱۱. نقشه هم‌ضخامت آبرفت تلفیق شده با نقشه زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی.....۱۰۶
شکل ۴-۱۲. نقشه‌ی هم‌عمق سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت الشتر ۱۰۸
شکل ۴-۱۳. نقشه‌ی تیسن آبخوان الشتر برای پیزومترهای موجود در منطقه مدل‌سازی ۱۰۹
شکل ۴-۱۴. هیدروگراف واحد آبخوان دشت الشتر و تغییرات سطح آب زیرزمینی و بارش ۱۱۱
شکل ۴-۱۵. هیدروگراف سطح آب زیرزمینی مربوط به پیزومتر چناره ۱۱۱
شکل ۴-۱۶. نقشه تراز سطح آب زیرزمینی در آبان ماه ۱۳۸۶ ..... ۱۱۲
شکل ۴-۱۷. توپوگرافی سطحی آبخوان الشتر..... ۱۱۵
شکل ۴-۱۸. محدوده‌ی مدل‌سازی شده در دشت الشتر و مرزهای آن ۱۱۷
شکل ۴-۱۹. ساخت مدل مفهومی در نرم‌افزار GMS (اولین مرحله‌ی ساخت مدل)..... ۱۲۰
شکل ۴-۲۰. نمایی از محیط نرم‌افزار NETWAT ۱۲۳
شکل ۴-۲۱. طرح شماتیک تبادل جریان بین رودخانه و آبخوان..... ۱۲۹
شکل ۴-۲۲. لایه‌های رودخانه، پیزومتر و چاه در نرم‌افزار GMS..... ۱۳۰
شکل ۴-۲۳. مرزهای ورودی و خروجی آب زیرزمینی آبخوان الشتر..... ۱۳۳
شکل ۴-۲۴. زون‌بندی هدایت هیدرولیکی (m/day) و مقادیر اولیه‌ی پیشنهادی ۱۳۵
شکل ۴-۲۵. بررسی عملکرد مدل اولیه در نرم‌افزار GMS، توسط ابزار MODEL CHECKER ۱۳۶
شکل ۴-۲۶. اولین اجرای مدل برای شرایط پایدار ۱۳۷
شکل ۴-۲۷. محدوده‌ی خطای قابل قبول در هدف واسنجی ۱۳۸
شکل ۴-۲۸. مقایسه‌ی نموداری مقادیر محاسباتی و مشاهداتی در پایان مرحله واسنجی شرایط پایدار ۱۴۱
شکل ۴-۲۹. قرارگیری مقادیر باقیمانده‌ها در محدوده‌ی قابل قبول خطا ۱۴۳
شکل ۴-۳۰. پیزومترهای موجود در منطقه مدل‌سازی پس از پایان مرحله واسنجی حالت پایدار..... ۱۴۳
شکل ۴-۳۱. مقادیر واسنجی شده و بهینه‌ی هدایت هیدرولیکی طی حالت پایدار ۱۴۴
شکل ۴-۳۲. اولین اجرای مدل برای شرایط ناپایدار و مقدار تجمعی خطا برای دوازده دوره ۱۴۶
شکل ۴-۳۳. مقایسه‌ی هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی در طول دوره ناپایدار طی مرحله واسنجی ۱۴۸

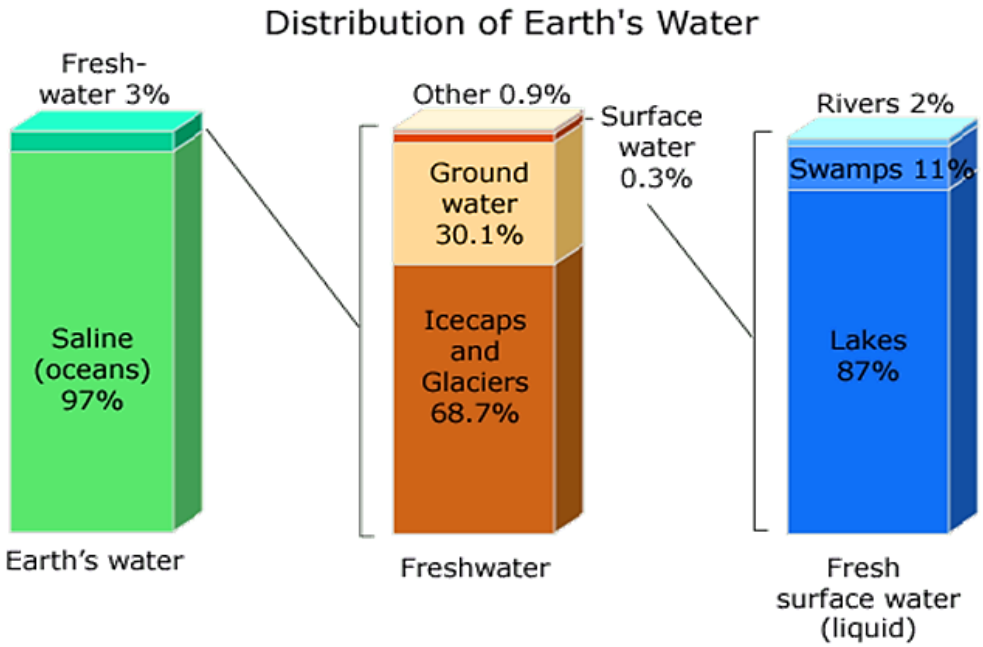
شکل ۴-۳۴. هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسباتی طی فرایند واسنجی دوره ناپایدار، الف- پیزومتر کبودیان، ب- پیزومتر زیرگر، ج- پیزومتر موسی‌آباد ۱۴۹
شکل ۴-۳۵. هیدروگراف تعدادی از پیزومترهای محدوده‌ی مطالعاتی پس از رفع خطا، الف) عادل‌آباد ب) اصلانشاه ج) علم‌آباد ۱۵۱
شکل ۴-۳۶. مقدار بهینه شده آبدهی ویژه پس از مرحله واسنجی..... ۱۵۳
شکل ۴-۳۷. حساسیت‌سنجی هدایت هیدرولیکی در حالت پایدار با استفاده از میزان خطای RMS..... ۱۵۵
شکل ۴-۳۸. نتایج تحلیل حساسیت در شرایط ناپایدار ۱۵۶
شکل ۴-۳۹. هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسباتی پیزومترها طی فرایند صحت‌سنجی، الف) بتکی، ب) چناره، ج) تیمورسوری‌علیا، د) اصلانشاه. ۱۵۸
شکل ۴-۴۰. نتایج آخرین دوره صحت‌سنجی به صورت خطوط هم‌پتانسیل سطح آب.....۱۶۳
شکل ۴-۴۱. تعریف دوره‌ی پیش‌بینی برای مدل در نرم‌افزار GMS.....۱۶۴
شکل ۴-۴۲. نتایج مدل پیش‌بینی آبخوان الشتر، الف) اولین دوره، ب) آخرین دوره. ۱۶۷
شکل ۴-۴۳. خطوط هم‌افت و مناطق دچار افت طی دوره پیش‌بینی ۱۶۸
شکل ۴-۴۴. موقعیت چاه‌های کاندید و نقاط پایش بار هیدرولیکی..... ۱۷۹
شکل ۴-۴۵. نتایج اجرای مدل شبیه‌ساز پس از معرفی نتایج مدل مدیریت هیدرولیکی به نرم‌افزار GMS. ۱۸۴
شکل ۴-۴۶. نتایج اجرای مدل شبیه‌ساز پس از معرفی نتایج مدل مدیریت اقتصادی به نرم‌افزار GMS.....۱۸۶
شکل ۵-۱. منطقه‌بندی هدایت هیدرولیکی با استفاده از موقعیت و لاگ چاه‌های اکتشافی و پیزومتری ۱۹۹
شکل ۵-۲. ارتباط خطی بین میزان نوسان و ضریب ذخیره بهینه شده ۲۰۶
شکل ۵-۳. رگرسیون خطی حجم آب جایگزین در دو راهبرد مدیریتی ۲۲۰

فصل اول

معرفی تحقیق

۱-۱- مقدمه

بی‌شک یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر وجود و شکل‌گیری مجموعه‌ی عناصر انسان، زندگی، تمدن و پیشرفت، همانا عاملی به نام آب است. آب این ارزشمندترین موهبت طبیعی که آبادانی، رشد و شکوفایی تمدن‌ها بدون هیچ تردیدی در گام اول مدیون آن است؛ عامل اصلی زندگی و شادابی می‌باشد. به طور کلی ۹۷/۲ درصد از کل آب‌های کره‌ی زمین، در اقیانوس‌ها و دریاهاست. از ۲/۸ درصد باقی‌مانده، ۲/۱۴ درصد سهم کلاهک‌های قطبی و یخچال‌ها می‌باشد [۱]؛ که عملاً غیر قابل استفاده بوده و فعلاً از دسترس بشر خارج است. اما در این بین، آب‌های زیرزمینی، سهم قابل توجهی از میزان آب شیرین در دسترس بشر را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که بسیاری از افراد به اشتباه گمان دارند که «آب‌های سطحی منبع بزرگ‌تری از آب شیرین موجود در زمین را در اختیار دارد». به طور تقریبی سهم آب‌های زیرزمینی از کل آب‌های جهان، ۰/۶۱ درصد می‌باشد که معادل رقمی در حدود ۹۸/۸ درصد آب شیرین قابل استفاده‌ی موجود در خشکی‌هاست. شکل ۱-۱، نحوه‌ی توزیع آب را در زمین نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱. نحوه‌ی توزیع آب در زمین [۲]

با توجه به چگونگی نحوه‌ی توزیع آب در جهان، مشخص می‌شود که منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین بخش از آب‌های شیرین قابل استفاده و در دسترس بشر را تشکیل می‌دهند [۱]. آمارها نشان می‌دهد که حدود $\frac{۲}{۳}$ از جمعیت دنیا از نظر آب شرب متکی به همین آب‌های زیرزمینی می‌باشند [۳].

کشور ما از نظر عرض جغرافیایی در کمربندی از کره‌ی زمین واقع شده است که اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان در آن قرار دارند [۴]. به طوری که اگر میانگین بارندگی سالانه در سطح خشکی‌های کره‌ی زمین (۸۶۰ میلی‌متر) را با متوسط بارندگی سالانه در ایران (۲۵۰ میلی‌متر)، مقایسه کنیم، در می‌یابیم که بارندگی در ایران حتی کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیاست [۵]. کمبود بارش در بسیاری از مناطق کشور ما به علت شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک آن، باعث محدودیت و نبود آب‌های مناسب سطحی شده است. از طرفی رشد جمعیت، بالاتر رفتن سطح کیفی زندگی و فرهنگ، توزیع نامتعادل زمانی و مکانی آب‌های سطحی و پتانسیل بالای آلودگی این آب‌ها، باعث روی آوردن بسیاری از مردم و سازمان‌ها به استفاده‌ی بیشتر از آب‌های زیرزمینی شده است؛ این در حالی است که مقدار آب در کره‌ی زمین ثابت است. بیلان آبی کشور نشان می‌دهد که میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی بیشتر از میزان تغذیه‌ی آن‌ها بوده و باعث افت سطح آب در آن‌ها شده است [۴]. این امر از یک سو حساسیت بیشتر آب‌های زیرزمینی را نسبت به استفاده‌های بی‌رویه روشن می‌سازد و از سوی دیگر برنامه‌ریزی‌های دقیق‌تری را بر اساس اصول هیدروژئولوژیکی برای آب‌های زیرزمینی مطالبه می‌کند.

مسئله‌ی مهمی که در بحث مدیریت منابع مطرح است، توسعه‌ی پایدار این منابع می‌باشد. توسعه‌ی پایدار نگرشی جدید و قابل توجه در بخش مدیریت آب و دیگر منابع طبیعی است که اخیراً مطرح شده است. توسعه‌ی پایدار در واقع به معنای «توسعه‌ی منابع به منظور رفع نیازهای فعلی، با حفظ امکان تأمین نیازهای نسل‌های بعدی جوامع» می‌باشد. بنابراین شناخت، مدیریت و نحوه‌ی استفاده از آب‌های زیرزمینی دارای اهمیت زیادی است.

از جمله راهکارهای مدیریتی مبارزه با مشکل کم آبی، استفاده‌ی بهینه از منابع و افزایش بهره‌وری است. در بحث مدیریت منابع آب زیرزمینی که منجر به اتخاذ و اجرای تصمیمات مدیریتی در زمینه‌های کیفی و کمی بر روی آبخوان می‌شود، ابزاری مورد نیاز است تا اطلاعات کاملی را در مورد عکس‌العمل‌های سامانه‌ی آب زیرزمینی نسبت به اجرای تصمیمات مدیریتی در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار دهد. یکی از مناسب‌ترین این ابزارها استفاده از مدل ریاضی آبخوان می‌باشد. مدل در واقع واکنش‌های طبیعی یک سامانه‌ی

آب زیرزمینی را تحت شرایط مختلف، شبیه‌سازی می‌کند. بهره‌برداری معقول و منطقی از سیستم‌های آب زیرزمینی، نیاز به یک پایگاه اطلاعاتی جامع و دقیق و تهیه‌ی مدل جریان آب زیرزمینی دارد تا بتوان به توزیع بار هیدرولیکی و شناخت الگوی جریان در آبخوان پی برده و کارایی طرح‌های مدیریتی را مورد بررسی قرار داد. تهیه‌ی مدل ریاضی آبخوان با استفاده از نرم‌افزارهای مدیریتی آب‌های زیرزمینی، اطلاعاتی را در اختیار ما قرار می‌دهد که منجر به فراهم آوردن ابزاری در راستای دستیابی به روش‌های مناسب بهینه‌سازی بهره‌برداری از آبخوان خواهد شد.

۱-۲- بیان موضوع و ضرورت تحقیق

دشت الشتر، در شمال غربی شهرستان خرم‌آباد و با فاصله‌ی حدود ۵۲ کیلومتر از آن قرار دارد. وسعت محدوده‌ی مطالعاتی، ۱۱۰ کیلومتر مربع می‌باشد [۶]. شکل ۱-۲، این محدوده‌ی مطالعاتی را نشان می‌دهد.

متوسط بارندگی سالانه‌ی این محدوده در دوره شاخص ۱۳۴۵ - ۱۳۸۰، ۵۵۴ میلی‌متر بوده است [۷]. با وجود اینکه میزان متوسط بارندگی در دشت الشتر نزدیک به دو برابر متوسط بارش در ایران (حدود ۲۵۰ میلی‌متر) می‌باشد و دشت مذکور، دشت پرآبی محسوب می‌شود؛ اما به مانند بسیاری از دیگر نقاط ایران، این دشت نیز از کاهش بارش‌های جوی در سال‌های اخیر بی‌نصیب نمانده است. همان‌گونه که آمار نشان می‌دهد، متوسط بارش محدوده‌ی مطالعاتی الشتر از سال ۱۳۸۰– ۱۳۸۷، حدود ۴۷۱ میلی‌متر می‌باشد؛ که نسبت به میانگین بارندگی دوره‌ی ۳۵ ساله، حدود ۱۵ درصد کاهش را نشان می‌دهد.

وقوع کاهش در بارندگی بالطبع می‌تواند به عنوان یکی از عوامل افت در سطح آب زیرزمینی طی سال‌های اخیر در نظر گرفته شود (شکل ۱-۳). با کمی تأمل بر روی مؤلفه‌های بیلان دشت که در آمده است؛ مشخص می‌شود که میزان تخلیه‌ی کلی آبخوان بیش از میزان تغذیه بوده و بیلان این دشت منفی می‌باشد [۸]. با این وجود، به نظر می‌رسد مهم‌ترین عامل ایجاد کننده‌ی بیلان منفی آب‌های زیرزمینی در دشت مذکور، مسئله‌ی حفر و بهره‌برداری از چاه‌های منطقه باشد؛ به طوری که در جدول ۱-۱ نیز مشاهده می‌شود، میزان تخلیه‌ی منابع آب زیرزمینی بیشترین حجم خروجی آب از آبخوان را به خود اختصاص داده است.