

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

از آب هر چیزی را زنده کردیم

سوره انبیاء، آیه ۳۰

۱۰۲۴۹۱



دانشگاه پشاور
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی

عنوان:

بررسی اثرات احداث سد گلوگاه بر روی آبخوان
دشت شور و مدیریت آبخوان بوسیله مدل
ریاضی آبهای زیرزمینی

استاد راهنما:

دکتر مهدی اژدری مقدم

استاد مشاور:

مهندس محمدرضا زارع

۱۳۸۷ / ۱۱ / ۱۸

تحقیق و نگارش:

اسحاق بندانی

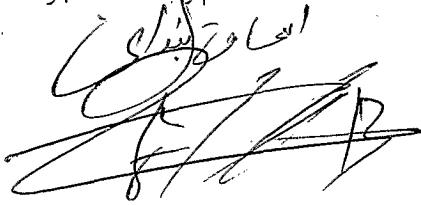
دی ۱۳۸۶

۱۰۳۴۹۱

بسمه تعالی

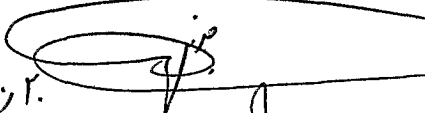




این پایان نامه با عنوان بررسی اثرات احداث سد گلوگاه بر روی آبخوان دشت شور و مدیریت آبخوان بوسیله مدل ریاضی آبهای زیرزمینی قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی توسط دانشجو اسحاق بندانی تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر مهدی اژدری مقدم تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

نام و امضاء دانشجو



این پایان نامه ۸ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۱۳۸۶/۱۰/۲۰ توسط هیئت داوران بررسی و درجه به آن تعلق گرفت.

۱۳۸۷ / ۱۱ / ۱۸

تاریخ	امضاء	نام و نام خانوادگی	
۱۳۸۶/۱۰/۲۰		دکتر مهدی اژدری مقدم	استاد راهنما:
۱۳۸۶/۱۰/۲۰		مهندس محمدرضا زارع باغبری	استاد مشاور:
۱۳۸۶/۱۰/۲۰		دکتر علی احمدی	داور ۱:
۱۳۸۶/۱۰/۲۰		دکتر غلامحسین اکبری	داور ۲:
۱۳۸۶/۱۰/۲۰		مهندس محمد مهران	نماینده تحصیلات تکمیلی:



دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب اسحاق بندانی تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه 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 پایان نامه 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 می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: اسحاق بندانی

امضاء

تقدیم به پدر و مادرم که طلایه دار عشق و صبوری اند

همسرم که آئین مهرورزیدن را به قلمم آموخت

و کلیه جویندگان علم که در این راه طی طریق می نمایند.

سپاسگزاری

و آنگاه که مشیت الهی بانگ رحیل انسان را از خلد برین سرداد خداوند از بیکران هستی‌اش تنها زمین را شایسته و سزاوار سکنی‌گزیدن دانست و چه زیباست تلاش و تکاپوی آدمی در شناخت این بستر زیبائی‌ها و چه اندک است دانسته‌ها در این راه.

و حال من نیز که با استعانت از خالق زمین توفیق یافتم گامی هر چند کوتاه در مسیر بی‌پایان علم به پیش نهم بر خود واجب می‌دانم از سروران و عزیزانی را که در این راه یاریم نموده‌اند، مراتب قدردانی و سپاس خود را تقدیم نمایم:

از استاد راهنمایم جناب آقای دکتر مهدی اژدری مقدم که حمایت و راهنمودهای بی‌دریغش همواره چراغ روشنی‌بخش راه تاریکیم بود. از مشاور محترم جناب آقای مهندس محمدرضا زارع که صبورانه در کنارم قرار گرفت و از کمک و یاریشان، دریغ نوزید.

از سروران و اساتید گرام، جناب آقای دکتر علی احمدی و جناب آقای دکتر غلامحسین اکبری که بر من منت نهاده و نتیجه بیش از یک سال ممارست و تلاش مرا به قضاوت بنشینند.

از جناب آقای مهندس محمد مهران، مدیر محترم گروه زمین شناسی، به خاطر همکاری فراوان ایشان در طی این دوره، و جناب آقای دکتر محمدنبی گرگیج، کمال تشکر را دارم.

از برادرانم، حمید، فریدون، مصطفی، و پسرعمویم محسن، که در دوران تحصیل مرا یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین بر خود واجب می‌دانم از کلیه دوستان و همراهان، از جمله آقای مرتضی سالاری، مهدی سالاری، امین سرگزی، داود دهقانی، سرکارخانم زال‌آقائی، سرکار خانم هاشم‌آبادی، آقای محسن بمانی، جلال جمعه‌نیا، محمدرضا فخر، ابراهیم اسماعیل‌زاده، ابوالفضل کهکی، جابر شوقی، سرکار خانم بصیرانی و سرکار خانم یعقوبی که صادقانه همدوش و همراهم بودند، صمیمانه سپاسگزاری نمایم، تا آنچه که به عنوان پایان‌نامه پیش روی شماست به ثمر بنشیند.

چکیده

دشت شورو در فاصله تقریبی ۹۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان زاهدان واقع می‌باشد که در سال‌های اخیر به علت برداشت بیش از حد چاه‌های بهره‌برداری ضمن نا مطلوب شدن کیفیت، سطح آبخوان نیز بطور مداوم کاهش یافته است. بمنظور جبران افت سطح آب سفره، احداث سد گلوگاه در حد فاصل دشت کورین و شورو جهت تغذیه مصنوعی آبخوان پیشنهاد گردیده است. آب جمع شده حاصل از سیلاب در پشت سد و تغذیه آن در مکان و زمان مناسب می‌تواند نقش مهمی در تغذیه و بهبود وضعیت کیفی و کمی آبخوان داشته باشد. از اینرو ارزیابی هیدروژئولوژیکی و مدیریت آبخوان و بررسی اثرات تغذیه مصنوعی ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق ابتدا با نتایج حاصل از آزمون پمپاژ، لاگ زمین شناسی چاه‌های مشاهده‌ای و اکتشافی، مقاطع زمین شناسی، هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای، سونداژهای ژئوالکتریک و بازدیدهای صحرایی، ارزیابی هیدروژئولوژیکی در دشت انجام گرفت. سپس با ترسیم شبکه تیسین بر اساس ۱۰ حلقه چاه مشاهده‌ای، هیدروگراف واحد دشت شورو، نوسانات کم آب در بهمن ۱۳۸۱ و آماربرداری از منابع آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۷۳، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۲، شرایط پایدار حاکم بر آبخوان مشخص گردید. با در نظر گرفتن مدل تفهیمی آبخوان و تهیه کلیه فایل‌های ورودی، کالیبراسیون مدل عددی *Visual MODFLOW, 4.2, Premium*، برای شرایط پایدار به منظور بهینه نمودن مقادیر پارامتر K انجام گردید.

در ادامه کالیبراسیون مدل برای شرایط ناپایدار، ابتدا مقادیر پارامتر SY بهینه و در پرپودهای بعدی، جریان ورودی از مرزها با اعمال چاههای تغذیه‌ای مجازی کالبره گردید. در نتیجه کالیبراسیون مدل برای شرایط ناپایدار به مدت یکسال (اسفند ۱۳۸۱ تا اسفند ۱۳۸۲) انجام شد. در ادامه آنالیز حساسیت انجام و صحت سنجی مدل نیز برای یک سال (اسفند ۱۳۸۲ لغایت اسفند ۱۳۸۳) انجام پذیرفت. نتایج حاصله بیانگر توانایی مدل برای انجام امور مدیریتی است. در ابتدا وضعیت سفره در حالت عادی، به مدت ۲ سال (مهر ۱۳۸۶ تا مهر ۱۳۸۸) پیش‌بینی گردید و هیدروگراف پیش‌بینی دشت ترسیم گردید که سیر نزولی آن نشان می‌دهد در ۲ سال آینده، سفره همچنان با افت سطح آب (-0.759 m) مواجه خواهد بود. سپس برای اعمال تغذیه مصنوعی، به بررسی مکان مناسب و شرایط زمانی، پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که تغذیه مصنوعی باید در ۲ حوضچه‌ی شرقی و جنوبی انجام شود تا اثرات مخرب نزدیک شدن بیش از حد سطح آب را در دشت کاهش دهد و باعث آلودگی و تبخیر آب‌های زیرزمینی نشود. در ادامه، به منظور استفاده بهینه از آب موجود در پشت

سد و کاهش تبخیر آب، پیشنهاد گردید که تغذیه به سفره در طول ۷ ماه (بهمن تا شهریور) صورت گیرد، به نحوی که از ۱۸ میلیون متر مکعب آب موجود برای تغذیه، ۶ میلیون متر مکعب در حوضچه شرقی و ۱۲ میلیون متر مکعب در حوضچه جنوبی، تزریق گردد. و نهایتاً نتایج نشان می دهد، تزریق این مقدار آب، در مکان و زمان مناسب می تواند علاوه بر افزایش تعداد و دبی چاههای بهره برداری، روند نزولی وافت سطح آب آبخوان را به روند افزایشی و بهبود وضعیت کمی و کیفی آبخوان تبدیل کند به نحوی که پس از ۲ سال، سطح آب سفره به طور متوسط، (۱/۶۱) متر بالاتر می آید.

کلمات کلیدی: آبخوان، مدل مفهومی، شبیه سازی، MODFLOW، کالیبراسیون، آنالیز حساسیت، صحت سنجی، پیش بینی، تغذیه مصنوعی، آلودگی، تبخیر.

فهرست مطالب

صفحه		عنوان
۱	..... کلیات	فصل اول:
۲	..... مقدمه	۱-۱-
۳	..... ضرورت طرح مسئله و اهمیت آن	۲-۱-
۴	..... اهداف مطالعه	۳-۱-
۵	..... هدف از تهیه مدل آبخوان دشت شورو	۱-۳-۱-
۶	..... روش تحقیق	۴-۱-
۶	..... بررسی تئوری مسئله	۱-۴-۱-
۶	..... انتخاب محل مناسب	۲-۴-۱-
۷	..... تشکیل مدل تفهیمی با اطلاعات موجود	۳-۴-۱-
۷	..... طراحی مراحل مدل سازی و مدیریت	۴-۴-۱-
۹	..... تئوری و مروری بر تحقیقات گذشته	فصل دوم:
۱۰	..... مقدمه	۱-۲-
۱۰	..... مروری بر تاریخچه مدل های عددی و معرفی چند کد کامپیوتری	۲-۲-
۱۷	..... تعریف مدل	۳-۲-
۱۷	..... انواع مدل های آب زیرزمینی و کاربرد آنها	۴-۲-
۱۸	..... مدل های تجربی	۱-۴-۲-
۱۸	..... مدل های احتمالاتی	۲-۴-۲-
۱۸	..... مدل های علت و معلولی (معین)	۳-۴-۲-
۱۹	..... مدل های تحلیلی	۱-۳-۴-۲-
۱۹	..... مدل های عددی	۲-۳-۴-۲-
۲۱	..... طراحی مدل	۵-۲-
۲۲	..... توسعه مفاهیم مدل	۱-۵-۲-
۲۲	..... انتخاب کد رایانه ای	۲-۵-۲-
۲۳	..... وضعیت هندسی مدل	۳-۵-۲-
۲۴	..... مرزها	۱-۳-۵-۲-
۲۵	..... شبکه	۲-۳-۵-۲-
۲۹	..... جهت یابی شبکه	۳-۳-۵-۲-
۲۹	..... نوع لایه	۴-۳-۵-۲-
۳۲	..... آرایه مرزی	۴-۵-۲-
۳۲	..... نوع سلول	۱-۴-۵-۲-
۳۴	..... پارامترهای مدل	۵-۵-۲-

۳۴	..... زمان	-۱-۵-۵-۲
۳۴	..... بخش فوقانی و تحتانی لایه	-۲-۵-۵-۲
۳۶	..... هدایت هیدرولیکی افقی و قابلیت انتقال	-۳-۵-۵-۲
۳۷	..... هدایت هیدرولیکی و ضریب نشت عمودی	-۴-۵-۵-۲
۳۸	..... واژه‌های ذخیره	-۵-۵-۵-۲
۳۹	..... شرایط مرزی	-۶-۵-۲
۴۰	..... مرز با بار هیدرولیکی مشخص	-۱-۶-۵-۲
۴۰	..... مرز با شدت جریان وابسته به بار هیدرولیکی	-۲-۶-۵-۲
۴۱	..... بسته رودخانه	-۱-۲-۶-۵-۲
۴۲	..... بسته زهکشی	-۲-۲-۶-۵-۲
۴۲	..... بسته مرز با بار هیدرولیکی عمومی	-۳-۶-۵-۲
۴۳	..... مرز، با شدت جریان معلوم	-۴-۶-۵-۲
۴۴	..... بسته تغذیه	-۱-۴-۶-۵-۲
۴۴	..... بسته تبخیر و تعرق	-۲-۴-۶-۵-۲
۴۵	..... بسته چاه	-۳-۴-۶-۵-۲
۴۶	..... بسته نهر	-۴-۴-۶-۵-۲
۴۶	..... مرزهای فاقد جریان	-۴-۶-۵-۲
۴۶	..... شرایط اولیه	-۷-۵-۲
۴۷	..... اجرای مدل	-۸-۵-۲
۴۷	..... واسنجی و تحلیل حساسیت	-۹-۵-۲
۴۹	..... واسنجی دستی (سعی و خطا)	-۱-۹-۵-۲
۵۰	..... واسنجی خودکار	-۲-۹-۵-۲
۵۰	..... صحت سنجی	-۱۰-۵-۲
۵۱	..... پیش بینی	-۱۱-۵-۲
۵۲	..... ارائه نتایج	-۱۲-۵-۲
۵۲	..... بکارگیری نادرست از مدل	-۶-۲
۵۲	..... تفهیم و درک نادرست از مسئله مربوط	-۱-۶-۲
۵۳	..... انتخاب یک کد نامناسب جهت حل مسئله	-۲-۶-۲
۵۳	..... کاربرد نادرست مدل	-۳-۶-۲
۵۳	..... تفسیر اشتباه نتایج مدل	-۴-۶-۲
۵۳	..... انتخاب مدل عددی	-۷-۲
۵۷	..... توضیحات عمومی منطقه	فصل سوم:
۵۸	..... موقعیت جغرافیائی	-۱-۳
۶۰	..... تعیین اقلیم منطقه	-۲-۳
۶۴	..... هیدرولوژی	-۳-۳

۶۴	شبکه هیدروگرافی	۱-۳-۳
۶۴	آبدهی	۲-۳-۳
۶۵	هیدرومتری و شرایط اندازه‌گیری دبی	۱-۲-۳-۳
۶۵	محاسبه آبدهی رودخانه کورین با برآورد ضریب جریان سطحی	۳-۳-۳
۶۶	ردیابی دوره های مرطوب و خشک متوالی	۴-۳-۳
۶۸	زمین‌شناسی	۴-۳
۶۸	زمین‌شناسی ناحیه‌ای	۱-۴-۳
۷۰	تکتونیک صفحه‌ای و ویژگی‌های ریخت زمین‌ساختی منطقه	۲-۴-۳
۷۰	زمین‌شناسی ساختمانی و زمین ساخت	۳-۴-۳
۷۲	زمین‌شناسی منطقه شورو	۴-۴-۳
۷۲	واحد افیولیتی و ملائزافیولیتی	۱-۴-۴-۳
۷۲	واحدهای رسوبی کرتاسه بالایی (Kf)	۲-۴-۴-۳
۷۳	واحدهای رسوبی ائوسن	۳-۴-۴-۳
۷۳	واحدهای رسوبی پلیوسن کوتاه‌تر	۴-۴-۴-۳
۷۵	رسوبات کوتاه‌تری	۵-۴-۴-۳
۷۵	سنگ‌های آذرین	۶-۴-۴-۳
۷۵	مورفولوژی منطقه شورو	۵-۳
۷۷	مطالعات هیدروژئولوژی	۶-۳
۷۷	ساختمان و جنس آبخوان	۱-۶-۳
۷۹	ضخامت آبخوان	۲-۶-۳
۷۹	نوع آبخوان	۳-۶-۳
۸۰	بررسی‌های اکتشافی	۴-۶-۳
۸۰	مطالعات ژئوالکتریک	۱-۴-۶-۳
۸۱	حفاری‌های منطقه شورو	۲-۴-۶-۳
۸۱	توپوگرافی سطح آبخوان	۵-۶-۳
۸۲	منحنی‌های سنگ بستر	۶-۶-۳
۸۲	منابع آبی	۷-۶-۳
۸۲	منابع آب سطحی	۱-۷-۶-۳
۸۴	منابع آب زیرزمینی	۲-۷-۶-۳
۸۵	تحلیل نوسانات چاه‌های مشاهده‌ای و ارزیابی جهت جریان	۸-۶-۳
۸۸	هیدروگراف واحد دشت شورو	۹-۶-۳
۹۰	منحنی‌های آب زیرزمینی	۱۰-۶-۳
۹۰	منحنی‌های هم‌تراز آب زیرزمینی	۱-۱۰-۶-۳
۹۲	منحنی‌های هم‌عمق آب زیرزمینی	۲-۱۰-۶-۳

۹۲	ضرائب هیدرو دینامیک	۱۱-۶-۳
۹۳	منطقه بندی آبخوان شورو از لحاظ هدایت هیدرولیکی	۱-۱۱-۶-۳
۹۳	منطقه بندی آبخوان شورو از نظر آبدهی ویژه یا SY	۲-۱۱-۶-۳
۹۵	هیدرو شیمی	۷-۳
۹۷	مشخصات کلی سد گلوگاه	۸-۳
۹۹	فصل چهارم: مراحل شبیه سازی جریان در آبخوان دشت شورو	
۱۰۰	هدف	۱-۴
۱۰۰	مدل مفهومی	۲-۴
۱۰۵	آماده سازی مدل منطقه مورد مطالعه	۳-۴
۱۰۵	طراحی شبکه مدل	۱-۳-۴
۱۰۶	شرایط مرزی	۲-۳-۴
۱۱۰	چاه های بهره برداری	۳-۳-۴
۱۱۰	ریزش های جوی	۴-۳-۴
۱۱۰	تبخیر	۵-۳-۴
۱۱۱	رودخانه	۶-۳-۴
۱۱۱	چاه های مشاهده ای	۷-۳-۴
۱۱۱	هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه	۸-۳-۴
۱۱۲	کالیبراسیون و شرایط اولیه	۴-۴
۱۱۳	کالیبراسیون مدل در شرایط پایدار	۱-۴-۴
۱۱۶	کالیبراسیون مدل در شرایط ناپایدار	۲-۴-۴
۱۲۸	تحلیل حساسیت	۵-۴
۱۳۲	صحت سنجی	۶-۴
۱۳۷	محدودیت های مدل	۷-۴
۱۳۸	فصل پنجم: استفاده های مدیریتی از مدل	
۱۳۹	مقدمه	۱-۵
۱۴۰	استفاده های مدیریتی از مدل	۲-۵
۱۴۱	مدیریت آب های زیرزمینی با استفاده از مدل های شبیه سازی - بهینه سازی	۱-۲-۵
۱۴۲	مدیریت هیدرولیکی	۱-۱-۲-۵
۱۴۲	مدیریت سیاست گذاری و برنامه ریزی بهره برداری	۲-۱-۲-۵
۱۴۳	اجرای مدل در حالت معمولی و بدون تغذیه مصنوعی	۲-۲-۵
۱۴۶	اجرای مدل و پیش بینی با اعمال تغذیه مصنوعی	۳-۵
۱۴۷	تغذیه به آبخوان با در نظر گرفتن یک حوضچه بدون افزایش دبی و تعداد چاه های پمپاژ	۱-۳-۵

۱۴۸	تغذیه به آبخوان با در نظر گرفتن یک حوضچه با افزایش دبی و تعداد چاه‌های پمپاژ	۲-۳-۵
۱۵۰	تغذیه به آبخوان با در نظر گرفتن دو حوضچه بدون افزایش دبی و تعداد چاه‌های پمپاژ	۳-۳-۵
۱۵۱	تغذیه به آبخوان با در نظر گرفتن دو حوضچه با افزایش دبی و تعداد چاه‌های پمپاژ	۴-۳-۵
۱۵۲	تغذیه به آبخوان با رهاسازی آب در رودخانه بدون افزایش دبی و تعداد چاه‌های پمپاژ	۵-۳-۵
۱۵۳	تغذیه به آبخوان با رهاسازی آب در رودخانه شورو با افزایش دبی و تعداد چاه‌های پمپاژ	۶-۳-۵
۱۵۴	تعیین زمان مناسب برای تغذیه مصنوعی	۷-۳-۵
۱۵۷	نتیجه‌گیری و پیشنهاد	فصل ششم:
۱۵۸	مروری بر کارهای انجام شده	۱-۶
۱۵۸	نتیجه‌گیری	۱-۶
۱۶۲	پیشنهادات	۲-۶
۱۶۳	مراجع	
۱۶۷	ضمائم	
۱۶۸	ضمیمه (الف) - عمق آب و عمق سنگ بستر، استخراج از گزارش ژئواکتریک دشت شورو	
۱۶۹	ضمیمه (ب) - عمق و تراز سنگ بستر، استخراج از گزارش ژئواکتریک دشت شورو	
۱۷۳	ضمیمه (ج) - عمق و تراز سطح ایستابی، استخراج از گزارش ژئوالکتریک دشت شورو	
۱۷۵	ضمیمه (د) - منحنی‌های هم EC، هم SAR، هم TDS و هم CL (۱۳۷۹)	
۱۷۹	ضمیمه (ر) - طبقه بندی کیفیت آب چاهها بر اساس دیاگرام ویلکوکس	

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان جدول
۵۶	جدول ۱-۲. بسته‌های نرم‌افزاری موجود در نسخه Visual MODFLOW Premium 4.2
۶۱	جدول ۱-۳. آمار ۳۷ ساله بارندگی و دمای ایستگاه سینوپتیک زاهدان
۶۷	جدول ۲-۳. مقادیر سالانه بارش متوسط، آبدهی، ارتفاع رواناب و ضریب جریان سطحی رودخانه کورین .. در محل بند انحرافی
۸۴	جدول ۳-۳. مقدار تخلیه آب زیرزمینی موجود در حوزه آبریز شورو بر حسب (mcm) در سنوات آماری ...
۸۴	جدول ۴-۳. تعداد منابع آب زیر زمینی حوزه آبریز شورو در سنوات آماری
۸۹	جدول ۵-۳. محاسبات هیدروگراف واحد
۸۹	جدول ۵-۳. مقدار افت سالیانه و افت مجموع در دوره آماری
۹۴	جدول ۶-۳. مقادیر محاسبه شده هدایت هیدرولیکی با استفاده از آنالیز دانه‌بندی سفره (m/s)
۹۴	جدول ۷-۳. دامنه مقادیر آبدهی ویژه (morrisse & johnson, 1967)
۹۶	جدول ۸-۳. میانگین پارامترهای شیمیایی طی سال‌های مختلف
۹۷	جدول ۹-۳. درصد نمونه‌هایی که در دیاگرام ویلکوکس در یک کلاس قرار می‌گیرند
۱۰۱	جدول ۱-۴. عوارض مدل تفهیمی

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان شکل
۲۶	شکل ۱-۲. جداسازی یک سیستم آبخوان فرضی (مکدونالد و هارباگ، ۱۹۸۸).....
۲۸	شکل ۲-۲. شبکه غیر یکنواخت تفاضل محدود طراحی شده روی آبخوان آبرفتی
۲۹	شکل ۳-۲. قانون اندازه‌ی سلولهای مجاور هم
۳۱	شکل ۴-۲. جهت‌یابی شبکه
۳۳	شکل ۵-۲. مشخص کردن مرز نفوذناپذیر با سلول‌های غیرفعال
۳۳	شکل ۶-۲. مشخص کردن مرز رودخانه سطحی با سلول‌های دری بار هیدرولیکی ثابت
۳۵	شکل ۷-۲. مدل‌سازی لایه‌های با ضخامت متغیر
۳۷	شکل ۸-۲. بیضی هدایت هیدرولیکی برای تعیین محور ثانویه ناهمسانی هدایت هیدرولیک
۳۹	شکل ۹-۲. نمودار محاسبه ضریب نشت عمودی
۴۵	شکل ۱۰-۲. تعیین میزان تزریق (تغذیه) برای چاهی که مرز با جریان معلوم را شبیه‌سازی می‌کند
۵۹	شکل ۱-۳. محدوده حوضه آبریز شورو و ارتباط آن با حوضه‌های اطراف
۶۲	شکل ۲-۳. نمودار هیستوگرام بارندگی در ایستگاه زاهدان
۶۲	شکل ۳-۳. نمودار متوسط متحرک ۵ساله و متوسط حسابی دوره ۷ ساله برای ایستگاه سینوپتیک زاهدان
۶۳	شکل ۴-۳. اقلیم نمای دوما رتن
۶۴	شکل ۵-۳. اقلیم نمای آمبرژه
۶۸	شکل ۶-۳. نمودار تغییرات دبی متوسط سالانه رودخانه کورین و منحنی میانگین متحرک پنج ساله
۷۱	شکل ۷-۳. مدل تکتونیک صفحه‌ای ایران زمین و پیرامون (بربریان، ۱۹۸۱)
۷۴	شکل ۸-۳. نقشه زمین شناسی دشت شورو
۷۷	شکل ۹-۳. نقشه چاه‌های پیزمتر
۷۸	شکل ۱۰-۳. نمونه‌هایی از لوگ‌های اکتشافی چاه‌های مشاهده‌ای دشت شورو
۷۹	شکل ۱۱-۳. منحنی‌های هم ضخامت لایه آبدار دشت شورو
۸۰	شکل ۱۲-۳. نقشه هم مقاومت ویژه الکتریکی لایه آبدار دشت شورو (طهماسی ۱۳۸۱)
۸۳	شکل ۱۳-۳. نقشه توپوگرافی دشت شورو
۸۳	شکل ۱۴-۳. منحنی‌های هم عمق سنگ کف
۸۳	شکل ۱۵-۳. نقشه هم‌تراز سنگ کف
۸۵	شکل ۱۶-۳. نمودار تعداد منابع آبی حوضه آبریز شورو در سنوات آماری
۸۵	شکل ۱۷-۳. نمودار میزان تخلیه آب زیرزمینی شورو بر حسب (mcm) در سنوات آماری
۸۷	شکل ۱۸-۳. نمودار نوسانات سح آب چاه‌های پیزومتری دشت شورو
۸۷	شکل ۱۹-۳. موقعیت چاه‌های بهرداری دشت شورو
۸۹	شکل ۲۰-۳. هیدروگراف واحد آبخوان دشت شورو (۱۳۷۹-۱۳۸۵)
۹۰	شکل ۲۱-۳. مقایسه هیدروگراف واحد و باران
۹۱	شکل ۲۲-۳. منحنی‌های هم تراز آب زیرزمینی دشت شورو (استخراج از گزارش ژئوالکتریک)

- شکل ۳-۲۳. منحنی‌های هم عمق آب زیرزمینی دشت شورو (استخراج از گزارش ژئوالکتریک) ۹۲
- شکل ۴-۱. مدل تفهیمی آبخوان (ترسیم گرافیکی) ۱۰۳
- شکل ۴-۲. نمایش طرح سه بعدی از توپوگرافی، سنگ کف، چاه‌های مشاهده‌ای و چاه‌های پیزومتر ۱۰۴
- شکل ۴-۳. مقطع عمودی در راستای $y = ۳۲۲۳۲۲۹$ ۱۰۴
- شکل ۴-۴. مقطع عرضی در راستای $x = ۲۳۶۷۹۷$ ۱۰۴
- شکل ۴-۵. نقشه خطوط هم پتانسیل بهمن ۱۳۸۱ در دشت شورو ۱۰۸
- شکل ۴-۶. شرایط مرزی (constant head) در حالت پایدار ۱۰۹
- شکل ۴-۷. شرایط مرزی (wells) در حالت ناپایدار ۱۰۹
- شکل ۴-۸. نمودار پراکندگی سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در یکی از اولین اجراهای مدل در شرایط پایدار ۱۱۴
- شکل ۴-۹. نمودار پراکندگی بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در آخرین اجرای مدل در شرایط پایدار ۱۱۴
- شکل ۴-۱۰. نقشه هدایت هیدرولیکی در شرایط پایدار (m/day) ۱۱۵
- شکل ۴-۱۱. منحنی‌های هم تراز بدست آمده برای شرایط پایدار در بهمن ۱۳۸۱ ۱۱۵
- شکل ۴-۱۲. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۱ در شرایط ناپایدار ۱۱۸
- شکل ۴-۱۳. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۲ در شرایط ناپایدار ۱۱۹
- شکل ۴-۱۴. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۳ در شرایط ناپایدار ۱۱۹
- شکل ۴-۱۵. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۴ در شرایط ناپایدار ۱۲۰
- شکل ۴-۱۶. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۵ در شرایط ناپایدار ۱۲۰
- شکل ۴-۱۷. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۶ در شرایط ناپایدار ۱۲۱
- شکل ۴-۱۸. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۷ در شرایط ناپایدار ۱۲۱
- شکل ۴-۱۹. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۸ در شرایط ناپایدار ۱۲۲
- شکل ۴-۲۰. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۹ در شرایط ناپایدار ۱۲۲
- شکل ۴-۲۱. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۱۰ در شرایط ناپایدار ۱۲۳
- شکل ۴-۲۲. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۱۱ در شرایط ناپایدار ۱۲۳
- شکل ۴-۲۳. نمودار مقایسه سطح آب محاسباتی و مشاهده‌ای در استرس پی‌یود ۱۲ در شرایط ناپایدار ۱۲۴
- شکل ۴-۲۴. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر e_{xx} طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۴
- شکل ۴-۲۵. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر p_1 طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۵
- شکل ۴-۲۶. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر p_2 طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۵
- شکل ۴-۲۷. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر p_{20} طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۵
- شکل ۴-۲۸. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر $p_{(ob)}$ طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۶
- شکل ۴-۲۹. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر p_{21} طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۶
- شکل ۴-۳۰. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر p_{24} طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۶
- شکل ۴-۳۱. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر p_{25} طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۷
- شکل ۴-۳۲. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیزومتر p_{26} طی دوره کالیبراسیون ناپایدار ۱۲۷

- شکل ۴-۳۳. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۶p(ob) طی دوره کالیبراسیون ناپایدار. ۱۲۷
- شکل ۴-۳۴. آبدهی ویژه بهینه شده در حالت ناپایدار ۱۲۸
- شکل ۴-۳۵. آنالیز حساست در حالت ماندگار ۱۲۹
- شکل ۴-۳۶. آنالیز حساست در حالت غیر ماندگار ۱۳۱
- شکل ۴-۳۷. میانگین مقایسه‌ی سطح آب مشاهده‌ای و محاسباتی در دوره‌ی صحت سنجی ۱۳۳
- شکل ۴-۳۷. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۶x طی دوره صحت سنجی ۱۳۳
- شکل ۴-۳۸. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۱p طی دوره صحت سنجی ۱۳۴
- شکل ۴-۳۹. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۲p طی دوره صحت سنجی ۱۳۴
- شکل ۴-۴۰. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۲۰p طی دوره صحت سنجی ۱۳۴
- شکل ۴-۴۱. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۵p(ob) طی دوره صحت سنجی ۱۳۵
- شکل ۴-۴۲. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۱۲p طی دوره صحت سنجی ۱۳۵
- شکل ۴-۴۳. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۲۴p طی دوره صحت سنجی ۱۳۵
- شکل ۴-۴۴. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۲۵p طی دوره صحت سنجی ۱۳۶
- شکل ۴-۴۵. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۲۶p طی دوره صحت سنجی ۱۳۶
- شکل ۴-۴۶. مقایسه بار آبی محاسباتی و مشاهده‌ای در پیژومتر ۶p(ob) طی دوره صحت سنجی ۱۳۶
- شکل ۵-۱. هیدروگراف پیش‌بینی‌شده دشت به همراه هیدروگراف مشاهده‌ای ۱۴۳
- شکل ۵-۲. نمودار تغییرات سطح آب در کل استراتژیهای انجام شده ۱۴۷
- شکل ۵-۳. منحنی‌های هم افت سطح آب در ۲ سال آینده بدون تغذیه مصنوعی ۱۴۸
- شکل ۵-۴. منحنی‌های هم عمق سطح آب در ۲ سال آینده بدون تغذیه مصنوعی ۱۴۸
- شکل ۵-۵. موقعیت سد و حوضچه‌های تغذیه مصنوعی ۱۵۱
- شکل ۵-۶. منحنی‌های هم عمق آب با اعمال تغذیه در یک حوضچه بدون افزایش دبی و تعداد چاه‌های بهره‌برداری، به همراه سلولهای خشک ۱۵۲
- شکل ۵-۷. منحنی‌های هم عمق آب با اعمال تغذیه در یک حوضچه با افزایش دبی و تعداد چاه‌های بهره‌برداری، به همراه سلولهای خشک ۱۵۳
- شکل ۵-۸. منحنی‌های هم عمق آب با اعمال تغذیه در دو حوضچه بدون افزایش دبی و تعداد چاه‌های بهره‌برداری، به همراه سلولهای خشک ۱۵۴
- شکل ۵-۹. منحنی‌های هم عمق آب با اعمال تغذیه در دو حوضچه با افزایش دبی و تعداد چاه‌های بهره‌برداری، به همراه سلولهای خشک ۱۵۵
- شکل ۵-۱۰. منحنی‌های هم عمق آب با رهاسازی آب در رودخانه شورو بدون افزایش دبی و تعداد چاه‌های بهره‌برداری، به همراه سلولهای خشک ۱۵۶
- شکل ۵-۱۱. منحنی‌های هم عمق آب با رهاسازی آب در رودخانه شورو با افزایش دبی و تعداد چاه‌های بهره‌برداری، به همراه سلولهای خشک ۱۵۷
- شکل ۵-۱۲. منحنی‌های هم عمق سطح آب در آخر شهریور، ۱۳۸۸ با اعمال تغذیه مصنوعی در دو حوضچه در حالی که مدت زمان تغذیه کاهش یافته است ۱۵۹

فهرست علائم

نشانه	علامت
سیستم مختصات جغرافیائی	UTM (m)
مقدار هدایت هیدرولیکی در امتداد محور X	K_{xx} (m/d)
مقدار هدایت هیدرولیکی در امتداد محور Y	K_{yy} (m/d)
مقدار هدایت هیدرولیکی در امتداد محور Z	K_{zz} (m/d)
بار هیدرولیکی پتانسیومتری	h (m)
زاویه بین محور هدایت هیدرولیکی در جهت X و محور برآیند	θ (grd)
ضخامت لایه	b (m)
ضریب ذخیره	S (بدون بعد)
بار هیدرولیکی را در ابتدای دوره‌ی تنش	h_s (m)
بار هیدرولیکی در آخرین گام در دوره‌ی تنش	h_e (m)
جریان بین روخانه و آبخوان	QRIV (m^3/d)
بار هیدرولیکی رودخانه	HRIV (m)
رسانایی هیدرولیکی اتصال رودخانه با آبخوان	CRIV (m^2/d)
ارتفاع کف آبراهه رودخانه	RBOT (m)
میزان جریان ورودی به زهکش	QD (m^3/d)
ارتفاع زهکش در سلول زهکش	d (m)
رسانایی هیدرولیکی زهکش	CD (m^2/d)
جریان وابسته به بار هیدرولیکی	Qb (m^3/d)
رسانایی مرز با بار هیدرولیکی عمومی	C_b (m^2/d)
ضریب خشکی	IA (بدون بعد)
ارتفاع بارش متوسط سالانه	P (mm)
درجه حرارت متوسط سالانه	t ($^{\circ}C$)
متوسط حداکثرهای دما در گرم‌ترین ماه سال دوره	M (k)
متوسط حداقل‌های دما در سردترین ماه سال	m (k)
متوسط دمای حداقل در سردترین سال به درجه سانتیگراد	m ($^{\circ}C$)
ضریب اقلیمی آمبرژه	Q (بدون بعد)
ضریب تراوایی	K (m/s)
قطر ۱۰ درصد از دانه‌های تشکیل دهنده سفره آب	d_1 (mm)
آبدهی ویژه	SY (%)
جذر میانگین مربعات خطا	RMS (%)
مقدار اندازه‌گیری شده یا مشاهده شده	y_m (m)
مقدار محاسبه شده یا شبیه سازی شده	y_s (m)

فصل اول

کلیات

با افزایش جمعیت دنیا و ارتقاء سطح فرهنگ و بهداشت روز به روز بر مصرف آب در شاخه‌های صنعت کشاورزی و شرب افزوده شده، در حالیکه مقدار آب در کره زمین ثابت است. در نتیجه، نیاز وابستگی انسان به آب بیشتر می‌شود. در بین منابع آب، آب‌های زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند زیرا بعد از اقیانوس‌ها و یخ‌های قطبی، بزرگترین منابع آبی قابل استفاده کره زمین می‌باشند.

مزایا و محاسن آب‌های زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی باعث شده که اکثر کشورهای جهان، تلاش بیشتری در تامین آب آشامیدنی و مصرفی خود از آب زیرزمینی داشته باشند. اما مصرف زیاد آب زیرزمینی باعث شده است که در بسیاری از نقاط جهان، از جمله کشور ما، سطح آب زیرزمینی به شدت تنزل یابد و بسیاری از قنات‌ها و دیگر منابع آبی خشک شوند [۴۳].

بدلیل اینکه کشور ما جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا می‌باشد، قسمت اعظم آب آشامیدنی و کشاورزی مورد نیاز خود را از اعماق زمین استحصال می‌کند. برداشت مداوم موجب گردیده که سطح آب‌های زیرزمینی به شدت افت کرده و به موازات خشکسالی‌های پی در پی، بحران شدیدتری در اقتصاد کشاورزی و صنعتی به لحاظ کمبود آب بوجود آید. علاوه بر این بحران کاهش آب زیرزمینی در اثر برداشت بی رویه و عدم جایگزینی و تغذیه و همچنین آلودگی آب‌ها از سوی دیگر، بخش اعظم کشورهای عرضهای میانه از جمله ایران را دچار بحران کم آبی نموده است که آینده‌ای نه چندان روشن را در برابر ما ترسیم می‌نماید که در محدوده‌ی مورد مطالعه، آب‌های زیرزمینی به عنوان تنها منبع تامین آب برای مصارف شرب و کشاورزی می‌باشند.

عوامل هیدروکلیماتولوژی حاکم بر کشور ایران (ارتفاع متوسط بارندگی ایران در حدود ۲۸۰ میلیمتر و میانگین بارندگی سالانه سطح کره زمین بالغ بر ۸۶۰ میلیمتر می‌باشد) سبب شده است که این منطقه جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان به حساب آید [۴۳].

توجه به چگونگی توزیع زمانی و مکانی بارش و نیز رواناب در سطح کشور، فقدان رطوبت کافی و جریان‌های سطحی دائمی در اکثر نواحی، موجب گردیده که آبخوان‌ها، عمده‌ترین منابع تامین نیازهای آبی کشور به جز نوار شمالی (البرز) و مناطق زاگرس را تشکیل دهند. بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در ایران مرکزی از گذشته دور توسط قنات و در دهه‌های اخیر (به خصوص از سال ۱۳۴۰ به بعد) به وسیله چاه صورت