

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش آب

عنوان

مدلسازی آب زیرزمینی به منظور بررسی اثربخشی آبخوان بر جریانات سطحی با اعمال سیاست‌های  
مختلف بهره‌برداری به کمک فناوری سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: دشت میاندوآب)

نگارش

حامد حمزه خانی

استاد راهنما

دکتر مسعود تجریشی

شهریور ۱۳۹۴

**به نام خدا**  
**دانشگاه صنعتی شریف**  
**دانشکده عمران**

پایان نامه با عنوان: مدلسازی آب زیرزمینی به منظور بررسی اثربخشی آبخوان بر جریانات سطحی با اعمال سیاست‌های مختلف بهره‌برداری به کمک فناوری سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: دشت میاندوآب) نگارش برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در تاریخ دفاع و مورد تایید ممتحنین ذیل قرار گرفته است:

امضاء: استاد راهنما: دکتر مسعود تجریشی

امضاء: استاد ممتحن داخلی: دکتر احمد ابریشمچی

امضاء: استاد ممتحن مدعو: دکتر محمد نخعی

تقدیم بہ

پدرو مادر عزیزو کو کرا تقدیرم

بہ پاس زحمات و محبت های بی حساب شان

## تشکر و قدردانی

ضمن شکر و سپاس به درگاه خداوند متعال، لازم می دانم از زحمات بی دریغ استاد ارجمند جناب آقای دکتر مسعود تجریشی که زحمت راهنمایی این پایان نامه را تقبل نمودند و دانشجوی دکتری ایشان، جناب آقای مهندس آقایی که در تمام مراحل تهیه این پایان نامه بنده را همراهی نمودند تشکر و قدردانی به عمل آورم.

همچنین از کمک های تمامی اعضاء مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف که نقش مهمی در تولید داده های مورد استفاده در این تحقیق ایفا نمودند، صمیمانه سپاسگذاری می نمایم.

## چکیده

منابع آب زیر زمینی همواره یکی از منابع اصلی تامین کننده آب شیرین در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران بوده اند. حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکی از مناطقی می باشد که در آن بخش قابل توجهی از نیاز آبی با اتکا به منابع آب زیرزمینی تامین می شود و طی دو دهه اخیر به دلیل عدم مدیریت صحیح منابع آب، با مشکلات بسیاری از جمله کاهش سطح آب دریاچه به علت کاهش آب ورودی از طریق رودخانه ها روبرو شده است. سیستم آب سطحی و زیرزمینی در این حوضه آبریز به صورت مستقل از هم عمل نمی کنند و دارای اثرات متقابل بر یکدیگر می باشند. از این رو هرگونه بهبود در نحوه بهره برداری از آبخوان های این حوضه می تواند به روند تامین نیاز آبی دریاچه کمک نماید.

مدیریت صحیح منابع آب در دشت میاندوآب که یکی از اصلی ترین زیر حوضه های، حوضه دریاچه ارومیه بشمار می رود و به تنهایی در حدود ۵۰ درصد از تمامی آب های سطحی وارد شده به دریاچه ارومیه را از خود عبور می دهد، می تواند نقش مهمی را در بهبود وضعیت دریاچه ایفا نماید. در حدود ۳۰ درصد از آب مصرفی در بخش کشاورزی دشت میاندوآب از آبخوان این دشت استحصال گردیده و مابقی از طریق شبکه آبیاری زرينه رود تامین می شود. برنامه ریزی صحیح مدیریت منابع آب در این منطقه نیازمند شناخت مناسب از روابط میان اجزاء چرخه آب بوده و بررسی جزئی تاثیر هر یک از این اجزاء بر روی یکدیگر ضروری هست. لذا هدف از انجام این مطالعه ارزیابی تاثیر مدیریت مناسب منابع آب زیر زمینی در دشت میاندوآب بر بهبود وضعیت آب سطحی این دشت، با لحاظ کردن نیاز های بخش کشاورزی در نظر گرفته شده است.

جریان آب در زیر زمین تحت تاثیر فرایندهای بهم پیوسته و عوامل مختلف هیدرولوژیکی بوده که تغذیه آب زیرزمینی از مهمترین آن ها می باشد. روش مورد استفاده در این مطالعه مدل سازی آب زیر زمینی با استفاده از داده های سنجش از دور می باشد. از آنجایی که میزان تغذیه آب زیرزمینی در مناطق تحت کشاورزی شدید مانند دشت میاندوآب، بسیار متأثر از میزان آب استفاده شده در بخش کشاورزی می باشد، برای تخمین میزان تغذیه آب زیر زمینی از تبخیر و تعرق واقعی محاسبه شده از الگوریتم سبال که نمایانگر آب مصرف شده در بخش کشاورزی هست استفاده گردیده است.

نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از آن است که استفاده از داده های تولید شده با استفاده از تکنیک های سنجش از دوری کمک مناسبی در بحث مدل سازی آب زیرزمینی بشمار می رود و می تواند باعث بهبود در دقت نتایج مدل سازی شود. همچنین این نتایج نشان داد که با توجه به بالا بودن سطح آب زیر زمینی نرخ تبخیر صورت گرفته از آبخوان بسیار زیاد می باشد و با اجرای چندین سناریو مختلف مشخص گردید که با کاهش میزان آب مصرف شده در بخش کشاورزی و یا احداث شبکه زهکشی می توان این نرخ بالای تبخیر از آبخوان را تعدیل کرد.

کلمات کلیدی: مدل سازی مادفلو، سبال، دشت میاندوآب، تغذیه، سنجش از دور

## فهرست مطالب

به نام خدا

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده عمران

تشکر و قدردانی

چکیده

أ فهرست مطالب

د فهرست جدول ها

ذ فهرست شکل ها

۱ فصل ۱ معرفی پژوهش

۱-۱-۱-۱ مقدمه .....

۲-۱-۲-۱ ضرورت انجام تحقیق .....

۳-۱-۳-۱ اهداف تحقیق و سولات .....

۴-۱-۴-۱ مراحل انجام تحقیق .....

۵-۱-۵-۱ دامنه و فرضیات تحقیق .....

۶-۱-۶-۱ نرم افزارهای اصلی مورد استفاده .....

۷-۱-۷-۱ مروری بر مطالب فصل ها .....

۸ فصل ۲ مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۸-۱-۲-۱-۲ مقدمه .....

۸-۲-۲-۲ تاریخچه مطالعات قبلی در مناطق مختلف دنیا .....

۱۴	۳-۲- تاریخچه مطالعات قبلی در دشت میاندوآب .....
۱۵	۴-۲- مفاهیم پایه در آب های زیر زمینی .....
۱۵	۲-۴-۱- آب زیر زمینی .....
۱۵	۲-۴-۲- آبخوان .....
۱۷	۲-۴-۳- آبدهی ویژه .....
۱۸	۲-۴-۴- ذخیره مخصوص .....
۱۸	۲-۴-۵- ضریب ذخیره .....
۱۹	۲-۴-۶- ضریب هدایت هیدرولیکی .....
۱۹	۲-۵- معادله جریان در محیط های متخلخل .....
۲۲	۲-۶- مفاهیم و روابط الگوریتم <b>SEBAL</b> .....
۲۲	۲-۶-۱- شار تشعشع خالص در سطح زمین ( $R_n$ ) .....
۲۳	۲-۶-۲- شار گرمایی زمین ( $G$ ) .....
۲۴	۲-۶-۳- شار حرارتی محسوس ( $H$ ) .....
۲۶	۲-۶-۴- تبخیر و تعرق لحظهای ( $ET_{inst}$ ) .....
۲۷	۲-۶-۵- تبخیر و تعرق روزانه ( $ET_{24}$ ): .....
۲۷	۲-۷- سنجنده های مورد استفاده .....
۲۷	۲-۷-۱- سنجنده مودیس .....
۲۸	۲-۷-۲- سنجنده و ماهواره <b>TRMM</b> .....
۳۰	فصل ۳ معرفی منطقه مطالعاتی
۳۰	۳-۱- مقدمه .....



- ۳-۲- موقعیت جغرافیایی دشت میاندوآب..... ۳۱
- ۳-۳- زمین شناسی و ساختمان دشت..... ۳۲
- ۳-۴- هیدروژئولوژی..... ۳۵
- ۳-۴-۱- قابلیت انتقال :..... ۳۵
- ۳-۴-۲- ضریب ذخیره..... ۳۷
- ۳-۴-۳- جهت جریان و گرادیان هیدرولیکی..... ۳۷
- ۳-۴-۴- تغییرات سطح آب زیر زمینی..... ۳۹
- ۳-۴-۵- شبکه چاه های پیزومتری..... ۴۰
- ۳-۵- وضعیت منابع آبهای سطحی..... ۴۱
- ۳-۵-۱- زرينه رود..... ۴۳
- ۳-۵-۲- سیمینه رود..... ۴۴
- ۳-۵-۳- لیلان چای..... ۴۵
- ۳-۵-۴- شبکه آبیاری و زهکشی زرينه رود..... ۴۵
- ۳-۶- هواشناسی منطقه..... ۴۶
- ۳-۶-۱- بارش باران و برف..... ۴۶
- ۳-۶-۲- دمای هوا..... ۴۷
- ۳-۶-۳- تبخیر..... ۴۸
- ۳-۶-۴- رطوبت نسبی..... ۴۹
- ۳-۶-۵- ساعات آفتابی..... ۵۰
- ۳-۶-۶- سرعت باد..... ۵۰

۵۱	۷-۳- وضعیت بهره برداری از آبخوان
۵۱	۳-۷-۱- چاه های بهره برداری
۵۲	۳-۷-۲- وضعیت کشاورزی
۵۴	<b>فصل ۴ معرفی مدل آب زیر زمینی مادفلو</b>
۵۴	۴-۱- مقدمه
۵۴	۴-۲- مدلسازی آب زیرزمینی
۵۵	۴-۳- معادله جریان آب زیرزمینی
۵۷	۴-۴- انتخاب مدل
۵۹	۴-۵- مدل مادفلو
۵۹	۴-۶- داده های مورد نیاز در مدل مادفلو
۶۰	۴-۶-۱- حل عددی معادله ریاضی
۶۰	۴-۶-۲- نحوه تجزیه مکانی و زمانی مدل
۶۱	۴-۶-۳- معادلات تفاضل محدود
۶۶	۴-۶-۴- نحوه ی حل معادله عددی توسط مادفلو
۶۷	۴-۶-۵- ساختار مادفلو
۶۹	۴-۷-۱- بسته های شبیه سازی در مدل مادفلو
۷۰	۴-۷-۱- بسته شبیه ساز جریان داخلی
۷۱	۴-۷-۲- بسته شبیه ساز تغذیه
۷۱	۴-۷-۳- بسته ی شبیه ساز جریان رودخانه
۷۳	۴-۷-۴- بسته شبیه ساز چاه

- ۷۳..... ۴-۷-۵- بسته شبیه ساز تبخیر و تعرق
- ۷۴..... ۴-۸- بسته حل معادله
- ۷۵..... ۴-۸-۱- بسته اطلاعات پایه
- ۷۵..... ۴-۹- رابط گرافیکی مدل مادفلو
- ۷۷..... ۴-۱۰- فلوجارت مدل سازی

## فصل ۵ نتایج مدل سازی

- ۷۸..... ۵-۱- مقدمه
- ۷۹..... ۵-۲- بیان آب دشت
- ۷۹..... ۵-۲-۱- ورودی و خروجی مدل
- ۸۰..... ۵-۲-۲- چاه ها
- ۸۰..... ۵-۲-۳- رود خانه ها
- ۸۲..... ۵-۲-۴- نفوذ آب بارندگی
- ۸۳..... ۵-۲-۵- نفوذ آب کشاورزی
- ۹۰..... ۵-۲-۶- رها سازی آب در شبکه آبیاری زرینه رود
- ۹۰..... ۵-۳- مدلسازی
- ۹۰..... ۵-۳-۱- هندسه ی مدل
- ۹۱..... ۵-۳-۲- تغییرات مکانی خصوصیات مدل
- ۹۱..... ۵-۳-۳- شبکه بندی
- ۹۲..... ۵-۳-۴- شرایط مرزی
- ۹۴..... ۵-۳-۵- تقسیم بندی زمانی مدل

۹۴	۴-۵- تراز اولیه آب زیر زمینی.....
۹۵	۵-۵- چاه های مشاهده ای.....
۹۷	۶-۵- اجرای مدل.....
۹۸	۷-۵- واسنجی مدل.....
۹۸	۱-۷-۵- واسنجی ضریب هدایت هیدرولیکی.....
۹۹	۲-۷-۵- واسنجی ضریب ذخیره لایه آبدار.....
۱۰۰	۳-۷-۵- واسنجی ضریب نفوذ.....
۱۰۰	۴-۷-۵- واسنجی ضریب هدایت کف رودخانه ها.....
۱۰۱	۸-۵- نتایج مدل سازی.....
۱۱۱	۹-۵- بیان آب دشت.....
۱۱۱	۱۰-۵- تحلیل نتایج مدل.....
۱۱۳	۱۱-۵- تفسیر نتایج مدل سازی.....
۱۱۷	۱۲-۵- خطای مدل.....
۱۲۴	۱۳-۵- صحت سنجی.....
۱۳۳	۱۴-۵- تحلیل حساسیت.....
۱۳۵	<b>فصل ۶ نتیجه گیری و پیشنهادات</b>
۱۳۵	۱-۶- مقدمه.....
۱۳۵	۲-۶- سناریو مرجع.....
۱۳۷	۳-۶- سناریو شماره ۱.....
۱۴۰	۴-۶- سناریو شماره ۲.....

۱۴۳..... ۵-۶- نتیجه گیری

۱۴۴..... ۶-۶- پیشنهادات

۱۴۷۲

مراجع

## فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ آبدهی مخصوص در برخی از مواد رسوبی (برحسب درصد) [۹]	۱۷
جدول ۲-۲ آبدهی ویژه و ضریب هدایت هیدرولیکی خاک ها (برحسب متر در روز) [۹]	۱۹
جدول ۳-۱ توزیع سطح زیر کشت محصولات زراعی، میزان تولید و آب مصرفی آن ها [۱۷]	۵۲
جدول ۴-۱ پارامتر های مورد استفاده در مدلسازی آب زیرزمینی با استفاده از مدل مادفلو	۶۰
جدول ۴-۲ لیست بسته های مورد استفاده در شبیه سازی جریان در مادفلو	۷۰
جدول ۵-۱ ترم های اصلی بیلان آب زیر زمینی دشت میاندو آب	۷۹
جدول ۵-۲ محدوده ی در نظر گرفته شده برای تعیین ضریب هدایت کف رودخانه ها (برحسب متر در روز)	۸۱
جدول ۵-۳ محصولات سنجنده مودیس مورد استفاده در تولید نقشه های تبخیر و تعرق واقعی	۸۴
جدول ۵-۴ میزان نسبت نفوذ عمقی نسبت به آب مصرف شده در بخش کشاورزی [۴۵]	۸۹
جدول ۵-۵ رها سازی آب در شبکه زرينه رود برحسب مليون متر مکعب بر ماه (آمار شرکت مدیریت منابع آب ایران)	۹۰
جدول ۵-۶ مشخصات چاه های مشاهده ای دشت میاندوآب	۹۶
جدول ۵-۷ نتایج واسنجی ضریب هدایت کف رودخانه (برحسب متر بر روز)	۱۰۱
جدول ۵-۸ بیلان آب زیرزمینی آبخوان دشت میاندوآب (برحسب میلیون متر مکعب در سال)	۱۱۱
جدول ۵-۹ خطای مقادیر محاسبه شده به عنوان تراز آب در محل پیزوتر ها	۱۲۰
جدول ۵-۱۰ انحراف از معیار مقادیر محاسبه شده به عنوان تراز آب در محل پیزوتر ها	۱۳۱

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ لایه آبخوان آزاد.....	۱۶
شکل ۲-۲ لایه آبدار تحت فشار.....	۱۷
شکل ۳-۲ حجم کنترل در نظر گرفته شده برای نوشتن معادله بقای جرم در آبخوان آزاد.....	۲۰
شکل ۴-۲ شکل شماتیک بیلان انرژی در سطح زمین.....	۲۲
شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی دشت میاندوآب.....	۳۱
شکل ۲-۳ تصویر ماهواره ای (landsat) از موقعیت دشت نسبت به دریاچه ارومیه (۲۰۱۳/۱۰/۴).....	۳۱
شکل ۳-۳ نقشه تغییرات ارتفاعی دشت میاندوآب (بر اساس نقش تراز ارتفاعی SRTM).....	۳۲
شکل ۴-۳ نقشه سه بعدی ضخامت آبخوان دشت میاندوآب.....	۳۳
شکل ۵-۳ نقشه ارتفاع سنگ کف آبخوان میاندوآب (درون یابی به روش Natural Neighbor).....	۳۴
شکل ۶-۳ نقشه زمین شناسی محدوده اطراف دشت میاندوآب (اخذ شده از ستاد احیای دریاچه ارومیه)	
[۱].....	۳۵
شکل ۷-۳ نقشه قابلیت انتقال [۱].....	۳۶
شکل ۸-۳ تغییرات ضریب ذخیره در سطح دشت براساس نتایج آزمایشات پمپاژ (درون یابی به روش	
Kriging).....	۳۷
شکل ۹-۳ نقشه بارآبی و گرادیان هیدرولیکی در منطقه (تولید شده با استفاده از درون یابی هد پیزومتری	
به روش Radial Basis).....	۳۹
شکل ۱۰-۳ هیدروگراف واحد دراز مدت تصحیح شده دشت میاندوآب (گزارش آب منطقه ای استان	
آذربایجان غربی).....	۴۰
شکل ۱۱-۳ شبکه چاه های پیزومتری به همراه مقدار مجاز نوسان در نظر گرفته شده برای هر چاه در	
مدل.....	۴۱
شکل ۱۲-۳ موقعیت ایستگاه های هیدرومتری بر روی نقشه.....	۴۲
شکل ۱۳-۳ موقعیت سد و بندهای انحرافی احداث شده بر روی رودخانه های اصلی و فرعی منطقه.....	۴۳
شکل ۱۴-۳ نمودار میانگین دبی رودخانه زربینه رود در ایستگاه ساری قمیش.....	۴۴
شکل ۱۵-۳ نمودار میانگین دبی رودخانه سیمینه رود در ایستگاه میاندوآب.....	۴۵
شکل ۱۶-۳ قطعات اصلی شبکه آبیاری و زهکشی زربینه رود [۳].....	۴۶

- شکل ۳-۱۷ نمودار نمودار توزیع میزان بارش سالانه..... ۴۷
- شکل ۳-۱۸ نمودار تغییرات میزان بارش سالانه در ایستگاه نظام آباد..... ۴۷
- شکل ۳-۱۹ نمودار تغییرات دما در دشت میاندوآب از سال ۱۳۵۲..... ۴۸
- شکل ۳-۲۰ نمودار تغییرات دما در سال آبی ۸۸-۸۹ در دشت میاندوآب..... ۴۸
- شکل ۳-۲۱ نمودار تغییرات میانگین تبخیر در ماه های مختلف سال آبی ۸۸-۸۹..... ۴۹
- شکل ۳-۲۲ نمودار تغییرات میانگین تبخیر در دشت میاندوآب از سال آبی ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۱..... ۴۹
- شکل ۳-۲۳ نمودار تغییرات میانگین رطوبت نسبی هوا..... ۵۰
- شکل ۳-۲۴ نمودار میانگین ۲۵ ساله مجموع تعداد ساعات آفتابی ماهانه در دشت میاندوآب..... ۵۰
- شکل ۳-۲۵ نمودار میانگین سرعت باد ماهانه..... ۵۱
- شکل ۴-۱ جدول مقایسه خصوصیات مدل های عددی رایج در شبیه سازی آب زیر زمینی [۲۴]..... ۵۸
- شکل ۴-۲ تجزیه مکانی یک سیستم آب زیر زمینی برای حل به روش تفاضل محدود..... ۶۱
- شکل ۴-۳ جریان یک بعدی مابین دو سلول مجاور..... ۶۲
- شکل ۴-۴ نمای سه بعدی از سلول های در نظر گرفته شده برای توسعه معادله پایستگی جرم در یک سلول..... ۶۳
- شکل ۴-۵ نمودار شماتیک تغییرات هد برحسب زمان در سلول (i,j,k)..... ۶۵
- شکل ۴-۶ نحوه ی محاسبه ی توزیع هد به روش تکرار در مدل مادفلو..... ۶۷
- شکل ۴-۷ فلوچارت نرم افزار مادفلو در بخش شبیه سازی فرایند جریان آب زیر زمینی..... ۶۹
- شکل ۴-۸ تفاوت بین نمونه واقعی از ارتباط بین رودخانه و آبخوان با نمونه شبیه سازی شده در مادفلو..... ۷۲
- شکل ۴-۹ پارامتر های مورد استفاده در محاسبه هدایت پذیری کف رودخانه..... ۷۲
- شکل ۴-۱۰ پروفیل مورد استفاده در مادفلو برای تخمین میزان تبخیر و تعرق..... ۷۴
- شکل ۴-۱۱ محیط کاربری نرم افزار GMS7.1..... ۷۶
- شکل ۴-۱۲ فلوچارت مدل ساز آب زیر زمینی با استفاده از مدل مادفلو..... ۷۷
- شکل ۵-۱ مقطع عرضی سیل حداکثر رودخانه سیمینه رود در ایستگاه داشبند..... ۸۱
- شکل ۵-۲ مقطع عرضی سیل حداکثر رودخانه زرینه رود در ایستگاه نظام آباد..... ۸۱
- شکل ۵-۳ محصول 3B43 نسخه هفت ماهواره TRMM (میزان بارش ماهانه)..... ۸۳
- شکل ۵-۴ تبخیر و تعرق واقعی، فروردین ۱۳۸۹ (میلی متر در ماه)..... ۸۵
- شکل ۵-۵ تبخیر و تعرق واقعی، اردیبهشت ۱۳۸۹ (میلی متر در ماه)..... ۸۵
- شکل ۵-۶ تبخیر و تعرق واقعی، خرداد ۱۳۸۹ (میلی متر در ماه)..... ۸۶



- شکل ۷-۵ تبخیر و تعرق واقعی، تیر ۱۳۸۹ (میلی متر در ماه) ..... ۸۶
- شکل ۸-۵ تبخیر و تعرق واقعی، مرداد ۱۳۸۹ (میلی متر در ماه) ..... ۸۶
- شکل ۹-۵ تبخیر و تعرق واقعی، شهریور ۱۳۸۹ (میلی متر در ماه) ..... ۸۶
- شکل ۱۰-۵ تبخیر و تعرق واقعی، مهر ۱۳۸۹ (میلی متر در ماه) ..... ۸۶
- شکل ۱۱-۵ تبخیر و تعرق واقعی، فروردین ۱۳۹۰ (میلی متر در ماه) ..... ۸۶
- شکل ۱۲-۵ تبخیر و تعرق واقعی، اردیبهشت ۱۳۹۰ (میلی متر در ماه) ..... ۸۷
- شکل ۱۳-۵ تبخیر و تعرق واقعی، خرداد ۱۳۹۰ (میلی متر در ماه) ..... ۸۷
- شکل ۱۴-۵ تبخیر و تعرق واقعی، تیر ۱۳۹۰ (میلی متر در ماه) ..... ۸۷
- شکل ۱۵-۵ تبخیر و تعرق واقعی، مرداد ۱۳۹۰ (میلی متر در ماه) ..... ۸۷
- شکل ۱۶-۵ تبخیر و تعرق واقعی، شهریور ۱۳۹۰ (میلی متر در ماه) ..... ۸۷
- شکل ۱۷-۵ تبخیر و تعرق واقعی، مهر ۱۳۹۰ (میلی متر در ماه) ..... ۸۷
- شکل ۱۸-۵ تصویر رنگی از منطقه میاندوآب ..... ۸۸
- شکل ۱۹-۵ نمودار تغییرات میزان تبخیر و تعرق واقعی در طول سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ..... ۸۹
- شکل ۲۰-۵ شبکه بندی مدل آب زیر زمینی دشت میاندوآب ..... ۹۲
- شکل ۲۱-۵ مرز های تعیین شده برای مدل با استفاده از هد پیزومتری ..... ۹۳
- شکل ۲۲-۵ تراز اولیه آب برای شروع مدل سازی ..... ۹۵
- شکل ۲۳-۵ پروفیل تغییرات تراز آب در محدوده مدل ..... ۹۵
- شکل ۲۴-۵ محل پیزومتر ها بر روی نقشه منطقه مطالعاتی ..... ۹۶
- شکل ۲۵-۵ نقشه تغییرات ضریب هدایت هیدرولیکی در سطح دشت پس از واسنجی به روش پایلوت پوینت ..... ۹۹
- شکل ۲۶-۵ نمودار تغییرات ضریب ذخیره نسبت به ضریب هدایت هیدرولیکی (نتایج آزمایشات شرکت مهندسین مشاور مهتاب قدس) ..... ۱۰۰
- شکل ۲۷-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای چپقلو - جاده قدیم ..... ۱۰۱
- شکل ۲۸-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای امام زاده تاج الدین ..... ۱۰۱
- شکل ۲۹-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای غرب مجیدآباد ..... ۱۰۲
- شکل ۳۰-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای غرب آغداش ..... ۱۰۲
- شکل ۳۱-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای قوریجان ..... ۱۰۲
- شکل ۳۲-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای شرانلو ..... ۱۰۲
- شکل ۳۳-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای مسجد آغداش ..... ۱۰۲

- شکل ۳۴-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای قیچان ..... ۱۰۲
- شکل ۳۵-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای خزینه جدید ..... ۱۰۳
- شکل ۳۶-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای تازه قلعه ..... ۱۰۳
- شکل ۳۷-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای فسندوزشیلات ..... ۱۰۳
- شکل ۳۸-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای ابراهیم حصار ..... ۱۰۳
- شکل ۳۹-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای آغداش به قره قوزلو ..... ۱۰۳
- شکل ۴۰-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای ورودی فسندوز ..... ۱۰۳
- شکل ۴۱-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای شعبانلو ..... ۱۰۴
- شکل ۴۲-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای قلعه پایین ..... ۱۰۴
- شکل ۴۳-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای ابتدای کمربندی ملکان ..... ۱۰۴
- شکل ۴۴-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای جعفرآباد قره قوزلو - پل چرچر ..... ۱۰۴
- شکل ۴۵-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای بکتاش ..... ۱۰۴
- شکل ۴۶-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای قره پاپاق ..... ۱۰۴
- شکل ۴۷-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای اراضی حسین آباد ..... ۱۰۵
- شکل ۴۸-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای جعفرآباد- چیلک ..... ۱۰۵
- شکل ۴۹-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای تپه رش ..... ۱۰۵
- شکل ۵۰-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای حیران ..... ۱۰۵
- شکل ۵۱-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای اسلام تپه ..... ۱۰۵
- شکل ۵۲-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای نظام آباد ..... ۱۰۵
- شکل ۵۳-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای جعفرآباد حسن آباد ..... ۱۰۶
- شکل ۵۴-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای للکو ..... ۱۰۶
- شکل ۵۵-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای کوسالار ..... ۱۰۶
- شکل ۵۶-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای چوغانلو ..... ۱۰۶
- شکل ۵۷-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای کورآباد ..... ۱۰۶
- شکل ۵۸-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای قل حسن ..... ۱۰۶
- شکل ۵۹-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای شماره ۳۵ ..... ۱۰۷
- شکل ۶۰-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای ملاشهاب الدین ..... ۱۰۷
- شکل ۶۱-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای ایستگاه کشاورزی میاندوآب ..... ۱۰۷
- شکل ۶۲-۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای قجلو ..... ۱۰۷

- شکل ۵-۶۳ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای قزقلعه ..... ۱۰۷
- شکل ۵-۶۴ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای جاده چیلک ..... ۱۰۷
- شکل ۵-۶۵ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای گزلان ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۶۶ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای سیستک (گرده لوله) ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۶۷ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای تازه کند ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۶۸ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای عسگرآباد ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۶۹ مقایسه نتایج مدل در چاه مشاهده ای ملاکندی قدیم ..... ۱۰۸
- شکل ۵-۷۰ تراز آب محاسبه شده در فروردین ماه (بر حسب متر) ..... ۱۰۹
- شکل ۵-۷۱ تراز آب محاسبه شده در خرداد ماه (بر حسب متر) ..... ۱۰۹
- شکل ۵-۷۲ تراز آب محاسبه شده در خرداد ماه (بر حسب متر) ..... ۱۰۹
- شکل ۵-۷۳ تراز آب محاسبه شده در خرداد ماه (بر حسب متر) ..... ۱۰۹
- شکل ۵-۷۴ تراز آب محاسبه شده در مرداد ماه (بر حسب متر) ..... ۱۰۹
- شکل ۵-۷۵ تراز آب محاسبه شده در مرداد ماه (بر حسب متر) ..... ۱۰۹
- شکل ۵-۷۶ تراز آب محاسبه شده در مرداد ماه (بر حسب متر) ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۷۷ تراز آب محاسبه شده در مرداد ماه (بر حسب متر) ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۷۸ تراز آب محاسبه شده در مرداد ماه (بر حسب متر) ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۷۹ تراز آب محاسبه شده در مهر ماه (بر حسب متر) ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۸۰ تراز آب محاسبه شده در آذر ماه (بر حسب متر) ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۸۱ تراز آب محاسبه شده در آذر ماه (بر حسب متر) ..... ۱۱۰
- شکل ۵-۸۲ جهت جریان هیدرولیک در دشت (شکل بالا مربوط به مرداد ماه و شکل پایین مربوط به دی ماه می باشند) ..... ۱۱۴
- شکل ۵-۸۳ میزان تغذیه و زهکشی رودخانه های عبوری از دشت (بر حسب متر مکعب در روز) ..... ۱۱۵
- شکل ۵-۸۴ توزیع چاه های بهره برداری در دشت میانداآب ..... ۱۱۶
- شکل ۵-۸۵ نقشه توزیع تبخیر صورت گرفته از آبخوان در سطح دشت (بر حسب میلی متر در روز) ..... ۱۱۷
- شکل ۵-۸۶ نقشه هم هدایت الکتریکی دشت میانداآب (بر حسب میکروموس) ..... ۱۱۷
- شکل ۵-۸۷ نمودار مجموع خطای اندازه گیری شده در پیزومتر های در گام های زمانی مدل سازی ..... ۱۱۸
- شکل ۵-۸۸ نماد پیزومتر ها در نمودار های معرف میزان خطای اندازه گیری شده ..... ۱۲۰
- شکل ۵-۸۹ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در فروردین ماه (بر حسب متر) ..... ۱۲۱

- شکل ۹۰-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در اردیبهشت ماه (برحسب متر) ۱۲۱ .....
- شکل ۹۱-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در خرداد ماه (برحسب متر). ۱۲۱
- شکل ۹۲-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در تیر ماه (برحسب متر)..... ۱۲۱
- شکل ۹۳-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در مرداد ماه (برحسب متر).. ۱۲۲
- شکل ۹۴-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در شهریور ماه (برحسب متر) ۱۲۲ .....
- شکل ۹۵-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در مهر ماه (برحسب متر)..... ۱۲۲
- شکل ۹۶-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در آبان ماه (برحسب متر).... ۱۲۲
- شکل ۹۷-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در آذر ماه (برحسب متر)..... ۱۲۳
- شکل ۹۸-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در دی ماه (برحسب متر)..... ۱۲۳
- شکل ۹۹-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در بهمن ماه (برحسب متر).. ۱۲۳
- شکل ۱۰۰-۵ تفاوت مقدار محاسبه شده و مشاهده شده برای پیزومتر ها در اسفند ماه (برحسب متر) ۱۲۳
- شکل ۱۰۱-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای چققلو - جاده قدیم..... ۱۲۴
- شکل ۱۰۲-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای امام زاده تاج الدین..... ۱۲۴
- شکل ۱۰۳-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای غرب مجیدآباد..... ۱۲۴
- شکل ۱۰۴-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای غرب آغداش..... ۱۲۴
- شکل ۱۰۵-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای قوریجان..... ۱۲۵
- شکل ۱۰۶-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای شرانلو..... ۱۲۵
- شکل ۱۰۷-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای مسجد آغداش..... ۱۲۵
- شکل ۱۰۸-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای قیچان..... ۱۲۵
- شکل ۱۰۹-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای خزینه جدید..... ۱۲۵
- شکل ۱۱۰-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای تازه قلعه..... ۱۲۵
- شکل ۱۱۱-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای فسندوزشیلالات..... ۱۲۶
- شکل ۱۱۲-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای ابراهیم حصار..... ۱۲۶
- شکل ۱۱۳-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای آغداش به قره قوزلو..... ۱۲۶
- شکل ۱۱۴-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای ورودی فسندوز..... ۱۲۶
- شکل ۱۱۵-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای شعبانلو..... ۱۲۶
- شکل ۱۱۶-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای قلعه پایین..... ۱۲۶

- شکل ۱۱۷-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای ابتدای کمربندی ملکان ..... ۱۲۷
- شکل ۱۱۸-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای قره قوزلو - پل چرچر ..... ۱۲۷
- شکل ۱۱۹-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای ابکتاش ..... ۱۲۷
- شکل ۱۲۰-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای قره پایاق ..... ۱۲۷
- شکل ۱۲۱-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای اراضی حسین آباد ..... ۱۲۷
- شکل ۱۲۲-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای جعفرآباد- چیلک ..... ۱۲۷
- شکل ۱۲۳-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای تپه رش ..... ۱۲۸
- شکل ۱۲۴-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای حیران ..... ۱۲۸
- شکل ۱۲۵-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای اسلام تپه ..... ۱۲۸
- شکل ۱۲۶-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای نظام آباد ..... ۱۲۸
- شکل ۱۲۷-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای جعفرآباد حسن آباد ..... ۱۲۸
- شکل ۱۲۸-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای للکو ..... ۱۲۸
- شکل ۱۲۹-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای کوسالار ..... ۱۲۹
- شکل ۱۳۰-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای چوغانلو ..... ۱۲۹
- شکل ۱۳۱-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای کورآباد ..... ۱۲۹
- شکل ۱۳۲-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای قل حسن ..... ۱۲۹
- شکل ۱۳۳-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای شماره ۳۵ ..... ۱۲۹
- شکل ۱۳۴-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای ملاشهاب الدین ..... ۱۲۹
- شکل ۱۳۵-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای ایستگاه کشاورزی میاندوآب ..... ۱۳۰
- شکل ۱۳۶-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای قجلو ..... ۱۳۰
- شکل ۱۳۷-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای قرقلعه ..... ۱۳۰
- شکل ۱۳۸-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای جاده چیلک ..... ۱۳۰
- شکل ۱۳۹-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای گرلان ..... ۱۳۰
- شکل ۱۴۰-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای سیستک (گرده لوله) ..... ۱۳۰
- شکل ۱۴۱-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای تازه کند ..... ۱۳۱
- شکل ۱۴۲-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای عسگرآباد ..... ۱۳۱
- شکل ۱۴۳-۵ مقایسه نتایج صحت سنجی در چاه مشاهده ای ملاکندی قدیم ..... ۱۳۱
- شکل ۱۴۴-۵ نمودار میزان تغییر در تابع هدف (مجموع مربعات خطا ها) به ازای تغییر در پارامتر مربوطه ..... ۱۳۴

- شکل ۱-۶ نمودار تغییرات تراز سطح آب در یک چهارم ابتدایی دشت (سناریو مرجع) ..... ۱۳۶
- شکل ۲-۶ نمودار تغییرات تراز سطح آب در یک چهارم دوم دشت (سناریو مرجع) ..... ۱۳۶
- شکل ۳-۶ نمودار تغییرات تراز سطح آب در یک چهارم سوم دشت (سناریو مرجع) ..... ۱۳۷
- شکل ۴-۶ نمودار تغییرات تراز سطح آب در یک چهارم انتهایی دشت (سناریو مرجع) ..... ۱۳۷
- شکل ۵-۶ نمودار تغییرات تراز سطح آب در یک چهارم ابتدایی دشت (سناریو مرجع) ..... ۱۳۸
- شکل ۶-۶ نمودار تغییرات تراز سطح آب در یک چهارم دوم دشت (سناریو مرجع) ..... ۱۳۸
- شکل ۷-۶ نمودار تغییرات تراز سطح آب در یک چهارم سوم دشت (سناریو مرجع) ..... ۱۳۹
- شکل ۸-۶ نمودار تغییرات تراز سطح آب در یک چهارم انتهایی دشت (سناریو مرجع) ..... ۱۳۹
- شکل ۹-۶ اختلاف تراز محاسبه شده بین فروردین ماه سال اجرای مدل (۱۳۸۹) و فرودین ماه سال اتمام سناریو (۱۴۰۰) ..... ۱۴۰
- شکل ۱۰-۶ محل نواحی با شدت تبخیر بالا از آبخوان ..... ۱۴۱
- شکل ۱۱-۶ نمودار تغییرات ارتفاع تبخیر صورت گرفته از آبخوان در ناحیه ۱ ..... ۱۴۱
- شکل ۱۲-۶ نمودار تغییرات ارتفاع تبخیر صورت گرفته از آبخوان در ناحیه ۲ ..... ۱۴۲
- شکل ۱۳-۶ نمودار تغییرات ارتفاع تبخیر صورت گرفته از آبخوان در ناحیه ۳ ..... ۱۴۲
- شکل ۱۴-۶ نمودار تغییرات ارتفاع تبخیر صورت گرفته از آبخوان در ناحیه ۴ ..... ۱۴۲

## فصل ۱ معرفی پژوهش

### ۱-۱- مقدمه

امروزه یکی از نگرانی‌های اصلی جوامع بشری محدودیت منابع طبیعی موجود در زمین و عدم تطابق آن با نیازهای بشر می‌باشد. این مسئله باعث گردیده است که تعداد زیادی از دانشمندان تلاش خود را معطوف به ارائه راهکارهای مناسب جهت استفاده‌ی صحیح و بهینه از این منابع نمایند. در این میان محدودیت منابع آب شیرین در دسترس و تقاضای بالا برای مصرف آن به یکی از چالش‌های اصلی کارگزاران این حوزه تبدیل گردیده است. برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تأمین آب شیرین موردنیاز بشر بوده است که در کشور ما نیز از قدمت بالایی برخوردار می‌باشد. این منبع ارزشمند طبیعی که در حدود ۷۰ درصد از کل منابع آب شیرین در دسترس جهان را تشکیل داده است، یک مزیت نسبی برای مناطق در بر دارنده‌ی آن به حساب می‌آید، که در صورت عدم اهتمام کافی در حفظ و بهره برداری از آن منجر به بروز مشکلات فراوانی در روند توسعه‌ی این مناطق خواهد شد.

در مناطق خشک و نیمه خشک که غالب دشت‌های کشور ما را نیز شامل می‌شود، به دلیل کمبود منابع آب سطحی و سهولت برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی، وابستگی مردم در تأمین آب مورد نیازشان به منابع آب زیرزمینی بیشتر از سایر نقاط دنیا می‌باشد. همچنین در بخشی از این مناطق که از شرایط مناسبی برای پرورش محصولات باغی و زراعی برخوردار هستند درآمد حاصل از کشاورزی نقش بسزایی را در امرار معاش مردم دارد، لذا آب شیرین به دلیل مصرف بالایش در تولید محصولات کشاورزی و در عین محدودیت منابع در دسترس آن، به عنوان مبنای توسعه قرار می‌گیرد و پیشرفت در عرصه‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی معطوف به برنامه‌ریزی دقیق و دور بینانه در این بخش می‌گردد. از طرف دیگر در صورت فقدان برنامه‌ی صحیح مدیریتی، روند توسعه در این مناطق با برداشت‌های بی‌رویه از منابع آبی به ویژه از منابع آب زیرزمینی همراه می‌گردد. افت تراز آب ناشی از برداشت‌های بی‌رویه علاوه بر اثرات مخرب بر ساختمان آبخوان باعث کاهش

میزان تخلیه‌ی آب از سفره‌های آب زیر زمینی به مجاری آب سطحی می‌شود و به دلیل به مخاطره انداختن نیازهای اکولوژیکی منابع طبیعی در تضاد با الگوی توسعه پایدار در این مناطق قرار می‌گیرد.

محدودیت منابع آب و استفاده نامطلوب و غیر اقتصادی از آن، عامل اصلی محدود کننده توسعه کشاورزی و افزایش تولیدات غذایی در کشور می باشد. این مسئله لزوم اتخاذ تصمیمات مناسب در راستای هدایت مصرف آب به صورت بهینه را نشان می دهد. تجربیات به دست آمده از مدیریت مصرف آب در نقاط مختلف دنیا نشان داده است که در اغلب مواردی که بدون ارزیابی شرایط موجود اقدام به برنامه ریزی جهت توسعه و یا بهبود استفاده از منابع گردیده است، به علت عدم درک صحیح از وضعیت موجود برنامه های در نظر گرفته شده نتوانسته اند در مرحله ی اجرا از نتایج مطلوبی برخوردار باشند. لذا ارزیابی مستمر کارایی مصرف آب در سطوح مختلف حوضه ، شبکه های آبیاری و مزرعه به منظور تعیین وضعیت موجود، شناخت نقاط ضعف و قوت و یافتن راهکار های کاربردی جهت بهبود شرایط موجود ضروری می باشد. [۱۰]

مدل هیدرولوژیکی آبخوان می‌تواند تغییرات وضعیت آبخوان را در اثر تنش‌های مختلف آبی که بر روی آن اعمال می‌شود نشان دهد، یا به عبارت دیگر ابزاری است که عکس‌های آبخوان را در مقابل تغذیه و برداشت پیش بینی می‌نماید. به همین جهت می‌توان با مدلسازی آب زیر زمینی ضمن شناخت وضعیت موجود آبخوان ، رفتار آبخوان را در سناریو های مختلف بهره برداری از آن پیش بینی نمود. با توجه به اینکه ایجاد تغییر در محیط طبیعی می‌تواند منجر به بروز آثار غیر قابل بازگشت شود و یا جبران آن با صرف هزینه‌های بسیار زیادی همراه باشد و در صورت اجرایی شدن یک تصمیم اشتباه تبعات ناگواری را شاهد خواهیم بود، لذا قبل از اجرای برنامه‌های مدیریتی پیش‌بینی آثار آن بر روی آبخوان از اهمیت بالایی برخوردار است، به همین دلیل از مدل آب زیرزمینی به‌عنوان ابزای مناسب جهت بهره برداری بهینه از آبخوان ، نظارت و اعمال مدیریت مناسب بر منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنیم.

مدلسازی آب زیر زمینی با استفاده از مدل های عددی شناخت کافی از وضعیت آبخوان و ارتباط آن با سایر منابع آبی را در اختیار ما قرار داده و بررسی تاثیر عوامل مختلف روی تغییرات منابع آب زیرزمینی را تسهیل می نماید. برآورد میزان تغذیه آبخوان که عمدتاً از دو منبع آب مصرفی در بخش کشاورزی و نزولات جوی نشأت می گیرد، همواره یکی از اصلی ترین چالش های در بحث مدلسازی منابع آب زیر زمینی می باشد که می توان با استفاده از تکنیک های سنجش از دور تاحد مناسبی علی الخصوص در آبخوان های آبرفتی مرتفع گردد. استفاده از مدل آب زیرزمینی و بهبود کارایی آن با استفاده از تکنیک های سنجش از دور، موجب می‌گردد تا شناخت مناسبی از منابع آب زیر زمینی جهت بهره برداری مناسب از آن ها حاصل گردد.

#### ۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

کشور ایران در یک منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است. متوسط بارندگی بلند مدت کشور حدود ۲۵۰ میلی متر در سال است که تقریباً معادل یک سوم متوسط بارندگی جهان است می باشد و در عین حال میزان



تبخیر در آن در حدود سه برابر متوسط دنیا برآورد شده است. از کل منابع آبی که هر سال در کشور استحصال می شود، حدود ۹۴ درصد آن در بخش کشاورزی، ۵ درصد در بخش شرب و بهداشت و ۱ درصد در بخش صنعت مصرف می گردد. به عقیده بیشتر صاحب نظران مدیریت منابع آب در کشور هایی که با بحران آبی مواجه شده اند در صورتی می تواند موفقیت آمیز باشد که محور اصلی آن بهبود بهره وری آب در بخش کشاورزی که عنوان عمده ترین مصرف کننده ی آب شناخته می شود باشد [۴].

حوضه آبریز دریاچه ارومیه اگرچه از لحاظ ریزش های جوی و رواناب تولید شده از جایگاه مناسبی نسبت به سایر نقاط کشور برخوردار می باشد، ولی نظر به اینکه میزان آب تولید شده تکافوی اراضی مستعد و قابل کشت را نمی دهد و توزیع بارندگی از نظر زمانی متناسب با نیاز های کشاورزان نمی باشد، برای تأمین کمبود آب آبیاری و رفع سایر نیازهای آبی، حفر چاه و بهره برداری از آبخوان های آبرفتی به تدریج رواج یافته است. با رشد رو به تزاید جمعیت و در پی آن افزایش سطح زیر کشت در دهه های اخیر و با توجه به عدم کفایت آب های سطحی تنظیم شده در پاسخ دهی به نیاز های آبی، بهره برداری از منابع آب زیرزمینی از رشد چشمگیری برخوردار شده و باعث ایجاد افت سطح آب در تعداد قابل توجهی از آبخوان های آبرفتی حوضه آبریز دریاچه ارومیه و یا کاهش میزان تغذیه جریانات سطحی از این آبخوان ها شده است [۱].

دشت میان دو آب به عنوان یکی از اصلی ترین زیر حوضه های واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، بخش قابل توجهی از تولیدات محصولات کشاورزی این حوضه را به خود اختصاص داده است. این دشت به تنهایی در حدود نیمی از جریانات سطحی ورودی به دریاچه ارومیه را از خود عبور می دهد و همچنین در حدود ۲۰ درصد از کل برداشت های آب زیرزمینی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در این منطقه صورت می پذیرد. تراکنش بالای آبی دشت میان دو آب سبب شده است تا این دشت نقش مهمی را در حل معضل کم آبی به وجود آمده برای دریاچه ی ارومیه ایفا نماید [۶].

برنامه ریزی جهت مدیریت منابع آب نیاز به شناخت درست از وضعیت هر یک از منابع آبی موجود و نحوه ی ارتباط این منابع با یکدیگر دارد. لذا به منظور شناخت دقیق تر از منابع آبی منطقه و با هدف کمی کردن تأثیرات توسعه کاربری زمین، نحوه ی بهره برداری از سیستم آبیاری، نوع کشت و غیره بر آب زیرزمینی و نحوه ی اثرگذاری آن بر جریانات سطحی عبوری از دشت، مدل عددی آب زیرزمینی که از انطباق بالایی با سامانه هیدروژئولوژی آبخوان برخوردار است بکار گرفته شده و با استفاده از آن میزان تغییر در تراز آبخوان در مواجهه با تنش های مختلف هیدرولوژیکی پیش بینی شده است. همچنین میزان تغییر در تغذیه رودخانه های اصلی عبوری از دشت که متأثر از تغییرات سطح آب در آبخوان می باشد محاسبه شده است. یکی دیگر از مواردی که در کاهش هدرافت آب از در دشت نقش مهمی را ایفا می کند بحث کنترل تبخیر صورت گرفته از آبخوان به خصوص در دشت هایی مانند دشت میان دو آب که سطح آب در آنها بسیار نزدیک به سطح زمین قرار گرفته، می باشد که به این مسئله نیز به طور خاص در این تحقیق مورد توجه واقع شده است. نتایج

حاصل از این بررسی می‌تواند در تصمیم‌سازی‌های آتی در جهت مدیریت بهینه منابع آبی حوضه آبریز مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به اینکه صحت نتایج مدل‌سازی منوط به استفاده از داده‌های معتبر و به میزان مناسب می‌باشد و جمع‌آوری برخی از داده‌های موردنیاز مانند آب مصرفی در بخش کشاورزی هزینه بر بوده و دارای دقت کافی نمی‌باشد، از تصاویر ماهواره‌ای که دارای مزایای زیادی نسبت به اندازه‌گیری‌های میدانی برخوردار هستند جهت رفع این مشکل و بالا بردن دقت مدل استفاده شده و با تلفیق مدل آب زیرزمینی و تکنیک‌های سنجش از دور، نتایجی که از دقت مناسبی جهت اتخاذ تصمیمات مدیریتی در بخش مدیریت منابع آب در منطقه می‌باشد استخراج شده است.

مدل‌سازی آب زیر زمینی با استفاده از کد مادفلو<sup>۱</sup> تطابق بالایی با سامانه هیدرولوژیکی آبخوان دارد، می‌تواند شناخت کافی از وضعیت آبخوان و ارتباط آن با سایر منابع آبی را در اختیار ما قرار داده و بررسی تاثیر عوامل مختلف روی تغییرات منابع آب زیرزمینی را تسهیل نماید. آب مصرفی در بخش کشاورزی که اصلی‌ترین مصرف‌کننده منابع آب در منطقه می‌باشد، می‌تواند با به کار بردن الگوریتم SEBAL<sup>۲</sup> که یک مدل ترمودینامیکی جهت تخمین میزان تبخیر و تعرق واقعی<sup>۳</sup> می‌باشد، (و داده‌های ورودی آن با استفاده از تصاویر سنجش از دوری تامین می‌گردد) محاسبه گردد. میزان بارش نیز به همین ترتیب می‌تواند با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دوری تخمین زده شود و در فرایند مدل‌سازی آب زیر زمینی به منظور محاسبه میزان تغذیه<sup>۴</sup>ی آبخوان بکار گرفته شوند. بهره‌گیری از ابزار سنجش از دور در مدل‌سازی آب زیر زمینی علاوه بر بهبود نتایج مدل می‌تواند نقصان‌های داده‌ای مدل را جبران نماید [۴].

### ۱-۳- اهداف تحقیق و سوالات

اهداف تعیین شده جهت ارائه‌ی این پایان‌نامه عبارت‌اند از:

۱. شناخت هیدرولوژی حاکم بر سیستم آب زیرزمینی دشت میان‌دوآب و نحوه‌ی ارتباط آن با منابع آب سطحی.
  ۲. ارائه یک الگوی مدیریتی مناسب جهت برداشت از منابع آب زیرزمینی دشت میان‌دوآب مطابق با اهداف توسعه پایدار و با محوریت افزایش میزان آب ورودی به دریاچه ارومیه.
- همچنین در این پایان‌نامه به سؤالات زیر پاسخ داده شده است:

---

<sup>۱</sup> MODFLOW

<sup>۲</sup> Surface Energy Balance Algorithm for Land

<sup>۳</sup> ETa

<sup>۴</sup> Recharge

۱. تعیین سهم آب زیرزمینی در شکل‌دهی جریان رودخانه‌های اصلی عبوری از دشت و چگونگی تأثیرپذیری آن از وضعیت آبخوان.
۲. بررسی تاثیر استفاده از فناوری سنجش از دور بر بهبود عملکرد مدل آب زیرزمینی
۳. بررسی تأثیر تغییر در الگوی کشت بر تراز آب زیرزمینی.
۴. شناسایی محل‌های با شدت تبخیر بالا از آبخوان و ارائه راهکار به منظور کاهش هدر رفت آب در اثر تبخیر.

#### ۱-۴- مراحل انجام تحقیق

برای پاسخ به سوالات مطرح شده در قسمت قبل، تصمیم به مدل‌سازی آبخوان دشت میاندوآب گرفته شد. بدین منظور ابتدا با مراجعه به سازمان‌های متولی اندازه‌گیری، جمع‌آوری و صحت‌سنجی اطلاعات مربوط به منابع آب، هواشناسی و زمین‌شناسی کشور، داده‌های مربوط به میزان برداشت از آب زیرزمینی، مشخصات جریان‌ات سطحی، چاه‌های مطالعاتی، اطلاعات هواشناسی، خصوصیات و پارامترهای آبخوان و نقشه‌ی سنگ‌شناسی و خاکشناسی منطقه جمع‌آوری و دسته‌بندی شدند. با توجه به عدم برآورد دقیق و با تفکیک مکانی مناسب از آب مصرف شده در بخش کشاورزی و میزان بارندگی در منطقه، سعی گردید با استفاده از پردازش داده‌های هواشناسی و تصاویر ماهواره‌ای و محصولات سنجش از دوری که از پایگاه‌های اطلاعاتی آنالین تهیه شده بود، نقشه‌های توزیع بارش و تبخیر و تعرق واقعی تولید گردد تا بتوان با استفاده از آن‌ها نرخ بازگشت آب به سفره آب زیرزمینی را محاسبه نمود. از داده‌های زمین‌شناسی و اطلاعات منابع آب منطقه نیز برای ساخت مدل مفهومی از آب زیرزمینی که شامل ساختمان، مرزهای آبخوان، چاه‌های بهره‌برداری، رودخانه‌های عبوری از دشت، زهکش‌های اصلی و نقشه توزیع نفوذ به آبخوان می‌گردد استفاده شد. پس از ساخت مدل مفهومی که در برگیرنده تمام عوامل اصلی تاثیرگذار بر رفتار هیدرولوژیکی آبخوان می‌بود، این مدل به مدل عددی که قابل حل با استفاده از کد مادفلو<sup>۱</sup> باشد، تبدیل گردید.

با اجرای مدل عددی ساخته شده در حالت یکنواخت و استخراج نتایج آن، مدل برای واسنجی در این حالت و تعیین دقیق‌تر بخشی از پارامترها که تشخیص آن‌ها در هنگام ساخت مدل مفهومی امکان‌پذیر نبود، آماده گردید. پس از اصلاح این پارامترها در محدوده‌ی مجاز تعیین شده، مدل غیر یکنواخت با استفاده از توزیع زمانی داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده در ساخت مدل مفهومی یکنواخت تهیه و واسنجی شد. واسنجی مدل در این حالت بروی توزیع زمانی برخی از پارامترهای هیدرولوژیکی صورت پذیرفت و مدل با استفاده از داده‌های سال مجاور اعتبارسنجی گردید. با اطمینان از عملکرد مناسب مدل و

درک کامل آن از وضعیت آبخوان، با توجه به درک به وجود آمده از وضعیت آبخوان چند سناریو بهره برداری برای پاسخ به سوالات بر روی آن اعمال گردید و نتایج مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

#### ۱-۵- دامنه و فرضیات تحقیق

فرضیات در نظر گرفته شده در این تحقیق به منظور تهیه مدل آب زیرزمینی به شرح زیر می باشد:

۱. در این مطالعه بخش اصلی آبخوان به مساحت ۸۴۶ کیلومتر مربع که عمده مزارع و باغات کشاورزی بر روی آن قرار گرفته، از کل آبخوان دشت به مساحت ۱۲۵۶ کیلومتر مربع جدا گردیده و به عنوان محدوده ی بیلان و مدلسازی در نظر گرفته شده است.
۲. نقشه ضریب ذخیره آبخوان از درون یابی اطلاعات مربوط به ده نقطه آزمایش پمپاژ که با پراکنش مناسبی در گستره دشت انتخاب شده اند بدست آمده است.
۳. میزان نفوذ به آبخوان در ماه های گرم سال ناشی از دو عامل آبیاری مزارع کشاورزی و نزولات جوی در نظر گرفته شده است.
۴. میزان نفوذ به آب زیر زمینی در ماه های سرد سال که آبیاری صورت نمی پذیرد، تنها ناشی از نزولات جوی در نظر گرفته شده است.
۵. درصد نفوذ از آب ناشی از بارندگی و کشاورزی با واسنجی مدل بدست آمده و با استانداردهای ارائه شده از سوی سازمان<sup>۱</sup> FAO مقایسه گردیده است.
۶. تبخیر و تعرق محاسبه شده توسط الگوریتم SEBAL برابر با مصرف خالص آب در بخش کشاورزی در نظر گرفته شده است (چه از طریق آبیاری و چه از طریق بارش های جوی).
۷. جانمایی و اطلاعات مربوط به مدلسازی رودخانه ها باتوجه به نقشه های آب منطقه ای و اشل رودخانه در ایستگاه های هیدرومتری صورت پذیرفته است.
۸. با توجه به بالا بودن سطح آب زیر زمینی در دشت شبکه زهکشی زرينه رود با چند زهکش اصلی و با توجه به تصاویر ماهواره ای مدلسازی شده است.
۹. از نفوذ ناشی از مصارف شرب و صنعت به دلیل ناچیز بودن مقدار آن نسبت به مصرف کشاورزی صرف نظر شده است.

#### ۱-۶- نرم افزارهای اصلی مورد استفاده

مدلسازی آب زیر زمینی در این تحقیق با استفاده از کد عددی مادفلو صورت پذیرفته است. رابط گرافیکی مورد استفاده در اجرای این کد نرم افزار 7.1 GMS می باشد که ضمن سهولت مراحل مدل سازی، قابلیت

---

<sup>۱</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations

های فراوانی در ساخت و ورود داده از پایگاه های مختلف اطلاعاتی و با فرمت های گوناگون را دارد. لایه های اطلاعات مورد استفاده در این نرم افزار با بهره گیری از مجموعه نرم افزار های Arc GIS نسخه ۱۰,۲ مرجع دهی مکانی شده اند، همچنین از این نرم افزار به منظور تولید و درونیابی لایه های اطلاعاتی مورد نیاز نیز استفاد شده است. پردازش تصاویر ماهواره ای با استفاده از نرم افزار ILWIS 3,3 انجام گردیده و تصحیح هندسی و عملیات ریجستر کردن این تصاویر در محیط نرم افزار ENVI 5.0 صورت پذیرفته است. عملیات واسنجی مدل اصلی در حالت یکنواخت و غیر یکنواخت به ترتیب با استفاده از نرم افزار های PEST و Parallel PEST که موجب کاهش زمان واسنجی گردیده، انجام شده است.

#### ۱-۷- مروری بر مطالب فصل ها

فصل دوم شامل مبانی نظری و پیشینه تحقیق می باشد که در غالب دو بخش مرور ادبیات مرتبط با موضوع مورد مطالعه در داخل و خارج از کشور، و معرفی مفاهیم علمی و پایه مورد استفاده در این تحقیق می باشد. در فصل سوم منطقه مورد مطالعه با استفاده از آمار و اطلاعات اخذ گردیده از سازمان های مرجع تولید داده از جمله شرکت مادر تخصصی منابع آب و سازمان هواشناسی، و همچنین اطلاعات مندرج در گزارشات و مقالاتی که به بررسی وضعیت منابع آب منطقه مورد مطالعه پرداخته اند به صورت مکفی معرفی گردیده است. فصل چهارم ضمن معرفی مدل های مورد استفاده در شبیه سازی جریان آب زیر زمینی به شرح کامل مدل مادفلو و بسته های شبیه سازی آن که در این مطالعه از آن ها استفاده شده است پرداخته شده. در فصل پنجم نحوه ی انجام عملیات مدلسازی در آبخوان دشت میاندوآب با استفاده از ابزار های مطرح شده شرح داده شده است. در فصل آخر نیز در کنار بررسی نتایج مدل سازی، از نتایج بدست آمده و همچنین سناریو های توسعه داده شده به منظور پاسخ گویی به سوالات تحقیق استفاده شده است، همچنین جمع بندی و پیشنهادات ارائه شده به منظور ادامه تکمیل و تدقین پژوهش در این بخش گنجانده شده است.