دانشکده مهندســی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی
مهندسی عمران- محیط زیست

تدوین مدل غیرقطعی تخصیص منابع آب زیرزمینی با کاربرد تئوری بازی‌ها

به کوشش
محمدرضا علیزاده

اساتید راهنما:
دکتر غلامرضا رخشنده‌رو
دکتر محمدرضا نیکو

شهریور ۱۳۹۳

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب محمدرضا علیزاده دانشجوی رشته مهندسی عمران گرایش محیط زیست دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز اظهار می کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده ام نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام همچنین اظهار می کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است .

نام و نام خانوادگی:محمدرضا علیزاده

تاریخ و امضا:

به نام خدا

تدوین مدل غیرقطعی تخصیص منابع آب زیرزمینی با کاربرد تئوری بازی‌ها

به کوشش

محمدرضا علیزاده

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی

لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی

مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست- محیط زیست

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر غلامرضا رخشنده رو، استاد بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست (استاد راهنما) .....

دکتر محمدرضا نیکو، استادیار بخش مهندسی راه و ساختمان و محیط زیست (استاد راهنما) .....

دکتر ناصر طالب بیدختی، استاد بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست (استاد مشاور). .....

دکتر محمدجواد عابدینی، استاد بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست (داور متخصص داخلی).....

تقدیم به

پدر

و

مادر

خردمند ، مهربان و دلسوزم

سپاسگزاری

خداوند متعال را شاکرم که بار دیگر محبت بی‌کران خود را به این بنده ارزانی نمود، تا این مرحله از زندگی را با موفقیت پشت سر بگذارم. بدین وسیله از زحمات بی‌شائبه و ارزشمند استاد راهنمای گرانقدرم، جناب آقای دکتر غلامرضا رخشنده‌رو، که صمیمانه، دلسوزانه، با راهنمایی‌های ارزنده، اینجانب را از دریای بیکران دانش خویش بهره‌مند نموده و امکان رسیدن به اهداف این تحقیق را میسر نمودند کمال تشکر و سپاس را داشته و برای ایشان توفیق روزافزون آرزومندم. پیمودن این راه ممکن نبود مگر با راهنمایی و رهنمودهای ارزشمند جناب آقای دکتر محمدرضا نیکو که فراتر از یک استاد برای پیشرفت علمی من تلاش کردند و پرانرژی و به طور مستمر، با صبر و جدیت خود موجبات پیشرفت کار را فراهم نمودند. لذا وظیفه خود می‌دانم تا به این طریق از زحمات خالصانه ایشان تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از راهنمایی‌ها و مساعدت‌های ارزنده استاد بزرگوار، جناب دکتر ناصر طالب‌بیدختی که همواره با صبر و شکیبایی خاص خویش مرا یاری‌رسان بودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

گرچه قدردانی و حتی توصیف تلاش‌ها، پیگیری‌ها، دلسوزی‌ها، دلنگرانی‌ها و حمایت‌های خالصانه و همه‌جانبه پدر، مادر، برادران و خواهر عزیزم در تمامی مقاطع تحصیلی‌ام امکان پذیر نیست، با این حال در اینجا از خانواده‌ام که در طی دوران تحصیل همواره یاری‌رسان و مشوق اصلی من بوده‌اند و در این راستا زحمات بسیار زیادی کشیده‌اند، کمال تشکر خود را ابراز می‌دارم برای ایشان بهترین آرزوها را دارم.

از کلیه سرورانی که در انجام این پایان‌نامه از مساعدت‌های آنها بهره‌مند بوده‌ام؛ بویژه دوستان ارجمندم کمال سپاسگزاری را به عمل می‌آورم.

چکیده

تدوین مدل غیرقطعی تخصیص منابع آب زیرزمینی با کاربرد تئوری بازی‌ها

به کوشش
محمدرضا علیزاده

رشد روزافزون جمعیت، افزایش تقاضا و مشکلات مربوط به کمبود منابع آب، بیش از پیش مسأله مدیریت جامع و یکپارچه منابع آب زیرزمینی را ضروری می‌سازد. یکی از موارد مهم در بحث بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی که کمتر مورد توجه قرار گرفته است، وجود تصمیم‌گیرندگان و به تبع آن مطلوبیت‌های متعدد می‌باشد که اغلب منجر به بروز اختلاف نظرها و تنش‌های قابل توجه در سطح مدیریت و تصمیم‌گیری سیستم‌های منابع آب و محیط زیست می‌شود. هدف اصلی این تحقیق رفع اختلاف بین تصمیم‌گیرندگان وتاثیر پذیرندگان این سیستم‌ها می‌باشد. پیچیده بودن فرایندهای فیزیکی حاکم، تعدد اهداف و متغیرهای تصمیم‌گیری و وجود عدم قطعیت‌های مختلف تحلیل و برنامه‌ریزی سیستم‌های منابع آب زیرزمینی و استفاده از آنها را بسیار پیچیده ساخته است. لذا برای تأمین نتایج مطلوب، استفاده از امکانات رایانه‌ای و جدیدترین نوآوری‌های موجود در زمینه تحلیل سیستم‌ها، مدل‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی ضروری می‌باشد. در این تحقیق، با استفاده از تلفیق مدل های شبیه‌ساز و بهینه‌سازی بهره‌برداری غیرقطعی از منابع آب زیرزمینی و مدل‌های رفع اختلاف، ضمن توجه به مطلوبیت‌های طرف‌های درگیر و معیارهای اجتماعی از جمله عدالت، بهترین سناریوهای برداشت تعیین شده است. برای تعیین منحنی تبادل بین اهداف متضاد، الگوریتم تکاملی چندهدفه سریع NSGA-II با فرامدل‌های شبیه‌ساز M5P و MLP که از اجرای مکرر مدل MODFLOW بدست آمده، تلفیق گردیده و از روش مونت کارلو برای تولید پایگاه داده جهت آموزش این فرامدل‌ها استفاده شده است. به دلیل ماهیت چندهدفه بودن مسأله حاضر، تئوری‌های چانه‌زنی Nash و Nash-Harsanyi و همچنین مدل‌های رفع اختلاف Social choice و چانه‌زنی بازگشتی که از مشهورترین تئوری‌های رفع اختلاف هستند برای انتخاب نقطه تعادل منحنی تبادل بین اهداف به کار رفته است. کارایی روش پیشنهادی، بر روی آبخوان دشت داریان با متدولوژی مذکور، مورد ارزیابی قرار گرفته است و نتایج نشان دهنده کارایی مناسب متدولوژی پیشنهادی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: مدیریت کمی و کیفی منابع آب، تئوری بازی‌ها و مدل‌های رفع اختلاف، عدم قطعیت، مدل بهینه‌سازی چندهدفه NSGA-II، فرامدل شبیه‌ساز M5P و شبکه عصبی MLP ، MODFLOW

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه

۱-۱ کلیات ۲

۱-۲ اهمیت موضوع تحقیقاتی ۳

۱-۳ هدف تحقیق ۵

۱-۴ ساختار پایان‌نامه ۶

فصل دوم- مرور پیشینیه مطالعات

۲-۱ مقدمه ۹

۲-۲ پیشینه مطالعات در زمینه مدل‌های نوین بهینه‌سازی و شبیه‌سازی ۱۰

۲-۳ پیشینه مطالعات در زمینه مدل‌های رفع اختلاف ۱۵

۲-۴ جمع‌بندی ۲۴

فصل سوم-ابزارکارهای مورد استفاده

۳-۱ مقدمه ۳۰

۳-۲ تدوین مدل شبیه‌سازی ۳۱

۳-۲-۱ مدل شبیه‌سازی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی ۳۱

۳-۲-۲ معادلات حاکم بر جریان آب زیرزمینی ۳۱

۳-۲-۳ حل معادلات حاکم بر جریان در آب‌های زیرزمینی ۳۳

۳-۲-۳-۱ مدل MODFLOW ۳۴

۳-۳ فرامدل‌های شبیه‌ساز ۳۶

۳-۳-۱ مدل شبکه‌های عصبی MLP ۳۶

۳-۳-۲ الگوریتم مدل درختی M5P ۳۸

۳-۴ نگرشی به مدل‌های بهینه‌سازی نوین ۴۰
۳-۴-۱ اصول الگوریتم‌های ژنتیک ۴۱
۳-۴-۲ مدل بهینه‌سازی چند هدفه NSGA-II ۴۳
۳-۴-۲-۱ روش مرتب‌سازی غیر پست سریع برای نزدیک شدن به جواب ۴۶
۳-۴-۲-۲ تخمین تراکم ۴۸
۳-۴-۲-۳ عملگر مقایسه ازدحامی ۴۹
۳-۵ تئوری بازی‌ها و مدل‌های رفع اختلاف ۵۱
۳-۵-۱ تئوری بازی‌ها ۵۱
۳-۵-۱-۱ تفاوت میان تصمیم‌گیری و بازی ۵۳
۳-۵-۲ مدل‌های رفع اختلاف ۵۴
۳-۵-۲-۱ تئوری چانه‌زنی Nash ۵۴
۳-۵-۲-۲ روش‌های انتخاب اجتماعی ۵۶
۳-۵-۲-۲-۱ انتخاب کندورسه ۵۷
۳-۵-۲-۲-۲ امتیازدهی بردا ۵۸
۳-۵-۲-۲-۳ قانون کثرت ۵۹
۳-۵-۲-۲-۴ قانون رأی‌گیری میانه ۵۹
۳-۵-۲-۳ تئوری چانه‌زنی بازگشتی ۶۰
۳-۵-۲-۳-۱ چانه‌زنی بازگشتی با هم‌آرایی ۶۱
۳-۵-۲-۳-۲ چانه‌زنی بازگشتی تأئیدی q چانه‌زن ۶۴
۳-۵-۲-۳-۳ چانه‌زنی بازگشتی با بن‌بست ۶۵
۳-۶ جمع‌بندی ۶۷

فصل چهارم- ساختار مدل‌های پیشنهادی

۴-۱ مقدمه ۶۹
۴-۲ تدوین مدل شبیه‌سازی آب زیرزمینی MODFLOW ۷۲
۴-۲-۱ پارامترهای ورودی مدل ۷۲
۴-۲-۲ ناحیه‌بندی محدوده مورد مطالعه ۷۲
۴-۲-۳ شرایط مرزی ۷۴

۴-۲-۴ هد هیدرولیکی اولیه ۷۵
۴-۲-۵ تخلیه از چاه‌های برداشت ۷۵
۴-۲-۶ سایر اطلاعات ورودی ۷۶
۴-۲-۷ واسنجی و صحت‌سنجی مدل ۷۶
۴-۳- شبیه‌سازی مونت کارلو ۷۸
۴-۴ تدوین فرامدل ۷۹
الف-۱ تکنیک n-Fold cross-validation در مدل M5P ۸۰
ب-۱ آموزش شبکه های عصبی MLP ۸۱
ب-۲ تعیین داده های مرحله آموزش و آزمون ۸۱
ب-۳ مرحله پیش پردازش ۸۱
ب-۴ انتخاب الگوریتم مناسب برای آموزش شبکه ۸۲
ب-۵ تنظیم پارامترهای شبکه ۸۲
۴-۵- تدوین مدل بهینه‌ساز ۸۳
۴-۵-۱ توابع هدف ۸۳
۴-۵-۲ تدوین مدل NSGA-II ۸۸
۴-۶ اعمال مدل رفع اختلاف پیشنهادی بین طرف‌های درگیر ۹۰
۴-۷ تحلیل مشخصات تصمیم‌گیران و ذینفعان و مطلوبیت‌های آن‌ها ۹۰
۴-۷-۱ ذی‌نفع شماره ۱: بخش کشاورزی (کشاورزان) ۹۱
۴-۷-۲ ذی‌نفع شماره ۲: شرکت آب منطقه‌ای ۹۲
۴-۷-۴ عدالت(مساوات) ۹۲

فصل پنجم- مطالعه موردی

۵-۱ مقدمه ۹۵
۵-۲ مشخصات کلی محدوده مورد مطالعه (مدل شماره ۲) ۹۵
۵-۳ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ۹۶
۵-۴ هواشناسی ۹۷
۵-۴-۱ دما ۹۸
۵-۴-۲ باران ۹۸
۵-۴-۳ تبخیر ۹۹

۵-۵ آب‌های زیرزمینی ۱۰۰
۵-۶ کیفیت آب‌های زیرزمینی ۱۰۳
۵-۷ بیلان آب در محدوده مورد مطالعه ۱۰۵
۵-۷-۱ بیلان هیدروکلیماتولوژی ۱۰۶
۵-۷-۱-۱ بارندگی ۱۰۷
۵-۷-۱-۲ تبخیر و تعرق حقیقی ۱۰۷
۵-۷-۱-۳ بارندگی مفید (رواناب و نفوذ) ۱۰۷
۵-۷-۲ بیلان آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی ۱۰۹
۵-۷-۲-۱ جریان زیرزمینی ورودی و خروجی ۱۰۹
۵-۷-۲-۲ نفوذ از بارندگی به آبخوان ۱۱۱
۵-۷-۲-۳ مصارف آب و نفوذ از آن‌ها به آبخوان ۱۱۱
۵-۷-۲-۴ تخلیه و برداشت از آبخوان آبرفتی آب زیرزمینی ۱۱۲
۵-۷-۲-۵ نوسانات سطح آب زیرزمینی ۱۱۲
۵-۷-۲-۶ تغییرات ذخیره ۱۱۲
۵-۷-۳ بیلان عمومی آب در محدوده مطالعاتی داریان ۱۱۳
۵-۷-۳-۱ عوامل ورودی ۱۱۳
۵-۷-۳-۲ عوامل خروجی ۱۱۴
۵-۷-۳-۳ تغییرات ذخیره ۱۱۵
۵-۸ برآورد حجم ذخایر آب ۱۱۵
۵-۹ جمع‌بندی ۱۱۶

فصل ششم- نتایج و بحث

۶-۱ مقدمه ۱۱۸
۶-۲ نتایج مربوط به مدل شماره (۱) ۱۱۹
۶-۲-۱ تحلیل و بررسی عملکرد مدل M5P آموزش دیده ۱۱۹
۶-۲-۲ تحلیل و بررسی عملکرد شبکه عصبی MLP آموزش دیده ۱۲۵
۶-۲-۳ عملکرد الگوریتم ژنتیک ۱۲۸
۶-۲-۴ رفع اختلاف در مدل اول ۱۲۸
۶-۳ نتایج مربوط به مدل شماره (۲) ۱۳۳

۶-۳-۱ نتایج حاصل از کالیبراسیون مدل ۱۳۳
۶-۳-۲ نتایج حاصل از صحت‌سنجی مدل ۱۳۶
۶-۳-۳ تحلیل و بررسی عملکرد مدل M5P آموزش دیده ۱۳۷
۶-۳-۴ تحلیل و بررسی عملکرد شبکه عصبی MLP در مدل شماره (۲) ۱۴۹
۶-۳-۵ رفع اختلاف در مدل دوم ۱۵۳
۶-۳-۵-۱ محاسبه مقادیر وزن معیارها به روش آنتروپی Shannon ۱۶۱
۶-۳-۵-۲ نتایج مدل چانه‌زنی Nash-Harsanyi ۱۶۳
۶-۴ خلاصه و جمع‌بندی ۱۷۰

فصل هفتم- خلاصه، جمع‌بندی و پیشنهادها

۷-۱ مقدمه ۱۷۲
۷-۲ جمع‌بندی ۱۷۴
۷-۳ پیشنهادها ۱۷۶
منابع ۱۷۷

پیوست اول- تئوری بازی‌ها

پ ۱-۱ مقدمه ۱۸۶
پ ۱-۲ نگرشی به تئوری بازی‌ها ۱۸۶
پ ۱-۳ تفاوت میان تصمیم‌گیری و بازی ۱۸۸
پ ۱-۴ طبقه‌بندی بازی‌ها ۱۸۸
پ ۱-۵ بازی‌های همکارانه مبتنی بر هسته ۱۸۹
پ ۱-۵-۱ هسته ۱۹۰
پ ۱-۵-۲ بازی نوکلئولوس ۱۹۱
پ ۱-۵-۳ روش Weak Nucleolus ۱۹۱

فهرست جداول

جدول ۳-۱ ماتریس مربوط به اولویت‌های انتخاب برای کشورهای درگیر ۵۷
جدول ۳-۲ مقایسه دو به دو بین گزینه‌های انتخاب ۵۸
جدول ۳-۳ امتیازدهی انتخاب‌ها به روش بردا ۵۸
جدول ۳-۴ تعداد طرفداران هر انتخاب در سطوح مختلف کیفیت ۶۰
جدول ۵-۱ آمار ماهانه هواشناسی محدوده مطالعاتی داریان ۱۰۰
جدول ۵-۲ درصدهای نفوذ، رواناب و تبخیر و تعرق در ارتفاعات و دشت ۱۰۶
جدول ۵-۳ بیلان هیدروکلیماتولوژی دشت و ارتفاعات محدوده مطالعاتی داریان ۱۰۶
جدول ۵-۴ مساحت رخنمون و درصد نفوذ هر سازند ۱۰۸
جدول ۵-۵ میزان تخلیه و برداشت از ارتفاعات محدوده مطالعاتی داریان ۱۰۹
جدول ۵-۶ بیلان آبخوان آبرفتی محدوده مطالعاتی داریان ۱۱۰
جدول ۵-۷ میزان مصارف آب در محدوده مطالعاتی داریان به تفکیک ارتفاعات و دشت ۱۱۱
جدول ۵-۸ آمار تخلیه و برداشت از آبخوان آبرفتی محدوده مطالعاتی داریان ۱۱۲
جدول ۵-۹ برآورد حجم ذخایر آب در آبخوان آبرفتی و سازند سخت داریان ۱۱۶
جدول ۶-۱ قوانین حاصله از مدل M5P برای تعیین افت تراز آب زیرزمینی ۱۲۰
جدول ۶-۲ شاخص‌های آماری خطا برای ارزیابی مدل M5P ۱۲۱
جدول ۶-۳ جواب‌های بهینه حاصله و تعیین دبی بهینه برداشت ۱۲۹
جدول ۶-۴ جواب‌های بهینه حاصله از مدل‌های حل اختلاف Social choice ۱۳۱
جدول ۶-۵ مقادیر حداکثر و میانگین تغییرات خطا و RMSE برای سه سال کالیبراسون ۱۳۵
جدول ۶-۶ مقادیر حداکثر و میانگین تغییرات خطا و RMSE برای صحت‌سنجی ۱۳۶
جدول ۶-۷ مقادیر هدایت هیدرولیکی برای سال‌های کالیبراسون و صحت‌سنجی ۱۳۷
جدول ۶-۸ شاخص‌های آماری خطا برای ارزیابیM5P در مدل شماره(۲) ۱۴۹
جدول ۶-۹ مقادیر استاندارد شده نقاط بهینه بدست آمده از جبه پارتو مربوط به توابع هدف ۱۵۵
جدول ۶-۱۰ مقادیر وزن‌های حاصل از روش آنتروپی شانون و درجه اهمیت نسبی معیارها ۱۶۲
جدول ۶-۱۱ جواب‌های بهینه حاصله و مختصات نقطه تعادل نش ۱۶۴

جدول ۶-۱۲ جواب‌های بهینه حاصله و مختصات نقطه تعادل نش هارسنی..... ۱۶۴
جدول ۶-۱۳ جواب‌های بهینه مدل‌های حل اختلاف Social choice و چانه‌زنی‌بازگشتی..... ۱۶۶

فهرست شکل‌ها

شکل۳-۱ نمایی از یک نورون و مقادیر ورودی و خروجی آن ۳۷
شکل ۳-۲ روند بهینه‌سازی در مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک ۴۳
شکل ۳-۳ نمای عمومی از یک مسأله بهینه سازی دو هدفه ۴۴
شکل ۳-۴ مثالی از رتبه بندی نقاط غیرپست در یک مسأله بهینه سازی دو هدفه ۴۵
شکل ۳-۵ نمایی کلی از الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه NSGA-II ۴۵
شکل ۳-۶ نمایی کلی از ساز و کار نخبه‌گرایی در الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه NSGA-II ۴۷
شکل ۳-۷ نمایی از الگوریتم مرتب‌سازی غیر پست جواب‌ها در مدل NSGA-II ۴۸
شکل ۳-۸ نحوه محاسبه فاصله ازدحامی در مدل NSGA-II ۴۹
شکل ۴-۱ فلوچارت ساختار کلی مدل ۷۱
شکل ۴-۲ شمای کلی گریدبندی مدل شماره(۱) در محیط نرمافزار PMWIN ۷۳
شکل ۴-۳ گریدبندی مدل شماره (۲) و ناحیه بندی به ۱۳ ناحیه مدیریتی ۷۴
شکل ۴-۴ شمای کلی محدوده مدل شماره (۱) همراه با خطوط کانتوری هد و ناحیه‌بندی ۷۵
شکل ۴-۵ فلوچارت تلفیق مدل شبیه‌سازMODFLOW با نرم‌افزار MATLAB ۷۹
شکل ۵-۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی داریان نسبت به دشت های مجاور ۹۷
شکل ۵-۲ نقشه جغرافیایی محدوده مطالعاتی داریان ، کد ۴۳۱۲ ..... ۹۷
شکل ۵-۳ هیدروگراف واحد محدوده مطالعاتی داریان ۱۰۲
شکل ۵-۴ کموگراف واحد محدوده مطالعاتی داریان ۱۰۵
شکل ۶-۱ تغییرات مقدار قدرمطلق خطای نسبی مدل M5P با تغییر تعداد فولد ۱۱۹
شکل ۶-۲ تغییرات مقدار شاخص قدرمطلق خطای نسبی ۱۲۲
شکل ۶-۳ مقایسه مقادیر افت تراز پیش‌بینی شده و واقعی در ناحیه ۱ ..... ۱۲۳
شکل ۶-۴ مقایسه مقادیر افت تراز پیش‌بینی شده و واقعی در ناحیه ۲ ..... ۱۲۳
شکل ۶-۵ مقایسه مقادیر افت تراز پیش‌بینی شده و واقعی در ناحیه ۳ ..... ۱۲۴
شکل ۶-۶ مقایسه مقادیر افت تراز پیش‌بینی شده و واقعی در ناحیه ۴ ..... ۱۲۴
شکل ۶-۷ هیستوگرام خطا مربوط به فرامدل MLP ۱۲۵
شکل ۶-۸ نمودار رگرسیون داده‌های آموزش، صحت‌سنجی و آزمایش ، فرامدل MLP ۱۲۶
شکل ۶-۹ نمودارخطای MSE مربوط به فرامدل MLP ۱۲۷

شکل ۶-۱۰ روند همگرایی الگوریتم ژنتیک در مدل تکهدفه شماره(۱) ۱۲۸
شکل ۶-۱۱ نمودار جبهه پارتو به دست آمده توسط مدل بهینه‌سازی چندهدفه NSGA-II ۱۳۰
شکل ۶-۱۲ نمودار مقایسه تغییرات میزان دبی در چاه‌های برداشت ۱۳۰
شکل ۶-۱۳ عمق سطح آب در پیزومترها بعد از اعمال مدل چانه‌زنی Nash ۱۳۱
شکل ۶-۱۴ عمق سطح آب در پیزومترها بعد از اعمال Borda Scoring ۱۳۲
شکل ۶-۱۵ عمق سطح آب در پیزومترها بعد از اعمال مدل MVR ۱۳۲
شکل ۶-۱۶ عمق سطح آب در پیزومترها بعد از اعمال مدل Fallback Bargaining ۱۳۲
شکل ۶-۱۷ مقادیر هد مشاهدهای و محاسباتی حاصل از واسنجی در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸ ..... ۱۳۴
شکل ۶-۱۸ مقادیر هد مشاهدهای و محاسباتی حاصل از واسنجی در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ ..... ۱۳۴
شکل ۶-۱۹ مقادیر هد مشاهدهای و محاسباتی حاصل از واسنجی در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ ..... ۱۳۵
شکل ۶-۲۰ مقادیر هد مشاهدهای و محاسباتی حاصل از صحتسنجی در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱ ..... ۱۳۶
شکل ۶-۲۱ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۱ ..... ۱۳۸
شکل ۶-۲۲ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۲ ..... ۱۳۹
شکل ۶-۲۳ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۳ ..... ۱۴۰
شکل ۶-۲۴ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۴ ..... ۱۴۱
شکل ۶-۲۵ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۵ ..... ۱۴۲
شکل ۶-۲۶ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۶ ..... ۱۴۳
شکل ۶-۲۷ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۷ ..... ۱۴۴
شکل ۶-۲۸ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۸ ..... ۱۴۵
شکل ۶-۲۹ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۹ ..... ۱۴۵
شکل ۶-۳۰ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۱۰ ..... ۱۴۶
شکل ۶-۳۱ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۱۱ ..... ۱۴۶
شکل ۶-۳۲ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۱۲ ..... ۱۴۷
شکل ۶-۳۳ ساختار درختی مربوط به نتایج حاصل از M5P در ناحیه مدیریتی شماره ۱۳ ..... ۱۴۸
شکل ۶-۳۴ هیستوگرام خطا مربوط فرامدل MLP در مدل شماره (۲) ۱۵۰
شکل ۶-۳۵ نمودارخطای MSE مربوط به فرامدلMLP در مدل شماره (۲) ۱۵۱
شکل ۶-۳۶ نمودار رگرسیون داده‌های آموزش، صحت‌سنجی و آزمایش ۱۵۲
شکل ۶-۳۷ منحنی تبادل بین سود حاصل از برداشت و افت تراز آبخوان ۱۵۳

شکل ۶-۳۸ منحنی تبادل بین سود حاصل از برداشت و ایجاد عدالت ۱۵۴
شکل ۶-۳۹ منحنی تبادل بین افت تراز آبخوان و ایجاد عدالت ۱۵۴
شکل ۶-۴۰ نمودار مقایسه تغییرات میزان دبی در زون‌های مدیریتی برداشت حاصل از نش ۱۵۸
شکل ۶-۴۱ خطوط کانتوری هد بعد از اعمال مدل چانه‌زنی Nash ۱۵۹
شکل ۶-۴۲ نمودار مقایسه تغییرات مقادیر دبی‌های بهینه و دبی اولیه ۱۶۰
شکل ۶-۴۳ نمودار مقایسه تغییرات میزان دبی در زون‌های برداشت حاصل از نش هارسنی ۱۶۳
شکل ۶-۴۴ نمودار مقایسه تغییرات مقادیر دبی‌های بهینه و دبی اولیه برداشت ۱۶۵
شکل ۶-۴۵ نمودار مقایسه تغییرات سطح تراز آب بعد از اعمال مدل‌های Social choice ۱۶۷
شکل ۶-۴۶ خطوط کانتوری هد بعد از اعمال مدل چانه‌زنی بازگشتی ۱۶۸
شکل۶-۴۷ مقادیر افزایش سطح تراز در آبخوان بعد از اعمال روشهای چانه‌زنی بازگشتی ۱۶۸
شکل ۶-۴۸ منحنی تغیرات سطح آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی داریان ۱۶۹

فصل اول

مقدمه

۱-۱ - کلیات

در طول تاریخ زندگی بشر آب همواره به عنوان مهمترین عامل توسعه مورد توجه بوده و با افزایش جمعیت و پیشرفت در کشاورزی و صنایع، اهمیت آن افزایش یافته است. انسان‌ها از ابتدا در کنار منابع آب نظیر رودخانه‌ها تجمع می‌کردند و به فعالیت می‌پرداختند. بیش از ۹۷ درصد منابع آبی کره زمین به علت شوری آن‌ها غیرقابل استفاده برای کشاورزی و شرب است (آب اقیانوس‌ها و دریاها)، حدود ۲ درصد منابع آبی نیز به صورت یخ در قطب‌ها بوده و تنها حدود یک درصد آن قابل دسترس می‌باشد.

افزایش تقاضای آب، بالارفتن سطح زندگی، گسترش آلودگی منابع آب در اثر توسعه فعالیت‌های کشاورزی، شهری و صنعتی موجب ایجاد وضع نامساعدی در بسیاری از مناطق جهان شده است. رشد و توسعه در عین حال که رفاه و بهداشت عمومی را بهبود بخشیده، تخریب محیط‌زیست را نیز در پی داشته است. یکی از مهم‌ترین ذخایر آب شیرین قابل استفاده انسان، منابع آب زیرزمینی است که دارای یک نقش اساسی و یک عامل اصلی در توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست محسوب می‌شود. این منابع بطور طبیعی از نفوذ آب حاصل از ذوب برف و بارندگی تغذیه می‌شوند و عمدتاً از طریق حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنوات، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. ایران جزء کشورهای با اقلیم خشک تا نیمه‌خشک می‌باشد و این سبب شده است تا کشور ما تاریخ دیرینه‌ای در مدیریت بهره‌برداری از منابع آبی داشته باشد. با گسترش سکونت در مناطقی که آب سطحی وجود ندارد یا کم است، استفاده از منابع آب زیرزمینی به عنوان جایگزینی مطمئن، مورد توجه قرار گرفته

است. به طوریکه در برخی مناطق به عنوان تنها منبع تأمین آب به حساب می‌آید. گسترش روز افزون استفاده از آب‌های زیرزمینی به خصوص در مناطق خشک که امکان استفاده تلفیقی از آب‌های سطحی و زیرزمینی مقدور نمی‌باشد، باعث افت شدید سطح آب زیرزمینی شده است.

امروزه برخورد سیستمی در مدیریت منابع آب به علت افزایش مؤلفه‌های این سیستم‌ها و پیچیدگی ارتباطات و اثرات متقابل آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. توزیع ناهمگون زمانی و مکانی بارندگی، رشد جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در دهه‌های اخیر محققین و سیاست‌گزاران بخش آب را بیش از پیش متوجه اهمیت بهره‌برداری و تخصیص بهینه منابع آب کرده است. علاوه بر جنبه‌های کمی و زیست‌محیطی، توجه به مطلوبیت‌ها و اولویت‌های ذینفعان و تصمیم-گیرندگان نیز از اهمیت ویژه‌ای در مدیریت منابع آب برخوردار است. ضرورت توجه ویژه به منابع آب زیرزمینی از آنجا ناشی می‌شود که رشد جمعیت فراتر از قابلیت‌های این آب قابل دسترس بوده و با توجه به اینکه این منابع حیاتی در آینده نزدیک بسیار محدود خواهند بود، لزوم تدوین سیستم‌های نوین مدیریت منابع آب از جمله برنامه‌های تخصیص، اهمیت ویژه‌ای می‌یابند. رویکرد تخصیص بهینه آب از منابع آب زیرزمینی نگرشی نسبتاً نو در مدیریت زیست‌محیطی منابع آب زیرزمینی می‌باشد که ضمن تخصیص بهینه آب بین آب‌بران و در نتیجه حداکثر نمودن سود سیستم، تخصیص از این منابع به نحوی صورت می‌گیرد که استانداردهای زیست‌محیطی نیز تأمین شود.

۱-۲ اهمیت موضوع تحقیقاتی

بهره‌برداری بهینه از منابع آب به عنوان یکی از مسائل پایه در تحلیل سیستم‌های منابع آب در چند دهه گذشته مورد توجه محققین قرار داشته است که از عمده ترین دلایل آن می توان به ارزش اقتصادی حاصل از بهره‌برداری بهینه از منابع آب، افزایش نیازهای آبی و کمبود منابع آب در دسترس اشاره کرد.

رشد روزافزون جمعیت، گسترش شهرها و افزایش تقاضا و مشکلات مربوط به کیفیت منابع