دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی علوم آب

شماره پایان نامه: ۹۲۳۰۷۰۵

پایان نامه دکتری هیدرولوژی (Ph.D)

گرایش هیدرولوژی

عنوان:

شبیه سازی- بهینه سازی چند منظوره برای مدیریت بهره برداری تلفیقی منابع آب در شرایط برهم کنش آبهای سطحی و زیرزمینی با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی: دشت دز)

اساتید راهنما:

دکتر علی محمد آخوند علی- دکتر فریدون رادمنش

استاد مشاور:

دکتر علی حقیقی

نگارنده:

آرش آذری

بهمن ماه ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست مطالب

فهرست مطالب ..... أ

فهرست جدول‌ها ..... ح

فهرست شکل‌ها ..... د

چکیده پایان‌نامه ..... ژ

فصل اول: کلیات تحقیق ۱

۱-۱- تعریف مساله و اهداف ۱

۱-۲- فرضیات (سوال های) تحقیق و نوآوری ٤

۱-۳- ساختار رساله ٦

فصل دوم: ساختار مدل های شبیه‌سازی- بهینه‌سازی ۷

۲-۱- شبیه‌سازی مدل آب سطحی ۷

۲-۱-۱- ساختار مدل WEAP ۹

۲-۲- شبیه‌سازی مدل آب زیرزمینی ۱۱

۲-۲-۱- مدل MODFLOW ۱۲

۲-۳- بهینه‌سازی ۱۵

۲-۳-۱- روش‌های بهینه‌سازی تکاملی ۱٦

فصل سوم: مروری بر منابع ۲۱

۳-۱- تحقیقات انجام شده در داخل کشور ۲۱

۳-۲- تحقیقات انجام شده در خارج از کشور ۲٤

٤-فصل چهارم: مواد و روش‌ها ٣٢

٤-١- معرفی منطقه مورد مطالعه ٣٢
٤-٢- ساخت مدل آب سطحی WEAP ٣٥
٤-٢-١- ایجاد نقشه‌های پایه مدل در محیط GIS و WEAP ٣٥
٤-٢-٢- تنظیم و معرفی داده‌ها و اطلاعات ورودی به مدل ٣٧
٤-٢-٣- پارامترهای اقلیمی ٣٨
٤-٢-٣-١- بارندگی ٣٩
٤-٢-٣-٢- دما ٤١
٤-٢-٣-٣- میانگین رطوبت نسبی ٤٢
٤-٢-٣-٤- میانگین سرعت باد ٤٣
٤-٢-٣-٥- مجموع ساعات آفتابی ٤٤
٤-٢-٤- آبدهی رودخانه‌ها ٤٥
٤-٢-٤-١- ایستگاه‌های هیدرومتری ٤٥
٤-٢-٤-٢- آبدهی سر شاخه‌ها و جریانات ورودی به دشت ٤٨
٤-٢-٥- کاربری اراضی و خاک‌های منطقه ٥١
٤-٢-٦- الگوی کشت منطقه ٥٣
٤-٢-٧- محاسبه روند هیدرولوژیکی ٥٣
٤-٢-٧-١- روش رطوبت خاک ٥٣
٤-٢-٧-٢- آبیاری بر اساس رطوبت خاک ٥٩
٤-٢-٨- محاسبه نیاز کشاورزی در هر دشت ٥٩
٤-٢-٩- خطوط انتقال آب کشاورزی ٦٠
٤-٢-١٠- محاسبه آب شرب و صنعت موردنیاز ٦٢
٤-٢-١٠-١- تعیین جمعیت در سالهای آینده ٦٣
٤-٢-١٠-٢- مصرف سرانه شرب و صنعت ٦٤
٤-٢-١١- مصارف کارخانجات و پرورش ماهی ٦٦
٤-٢-١٢- دبی انتقال آب از دز به کرخه ٦٧
٤-٢-١٣- مصارف پایین دست منطقه مطالعاتی ٦٨
٤-٢-١٤- حداقل نیاز زیست محیطی پایین دست ٦٩

٤-٢-١٥- مدل کردن سد و نیروگاه دز ٧١
٤-٢-١٥-١- رویه بهره‌برداری از مخزن ٧٤
٤-٢-١٥-٢- منحنی‌های سطح، حجم و ارتفاع مخازن ٧٥
٤-٢-١٥-٣- مقادیر دبی اشل پایاب نیروگاه دز ٧٦
٤-٢-١٥-٤- تبخیر خالص از دریاچه سد ٧٧
٤-٢-١٥-٥- میزان تولید برق موردنیاز ٧٨
٤-٢-١٦- کیفیت آب و آلودگی ٧٩
٤-٢-١٦-١- پارامترهای کیفی بحرانی ٧٩
٤-٢-١٦-٢- قیود کیفیت ٨٨
٤-٢-١٦-٣- آلاینده‌های شهری ٨٩
٤-٢-١٦-٤- آلاینده‌های صنعتی و پساب پرورش ماهی ٩٠
٤-٢-١٦-٥- پساب زهکش‌های کشاورزی ٩١
٤-٣- ساخت مدل آب زیرزمینی ٩١
٤-٣-١- انتخاب جهت و اندازه شبکه مدل ٩١
٤-٣-٢- شرایط مرزی ٩٢
٤-٣-٣- شرایط اولیه ٩٣
٤-٣-٤- تعیین سقف و کف لایه آبدار ٩٤
٤-٣-٥- برداشت آب توسط چاه‌های بهره‌برداری ٩٦
٤-٣-٦- تغذیه ٩٧
٤-٣-٧- پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان ٩٧
٤-٣-٨- واسنجی مدل ٩٨
٤-٣-٨-١- واسنجی مدل در حالت ماندگار ٩٩
٤-٣-٨-٢- واسنجی مدل در حالت غیرماندگار ١٠٠
٤-٣-٩- صحت سنجی مدل ١٠٠
٤-٣-١٠- کدنویسی بسته‌های مدل MODFLOW 2000 ..... ١٠١
٤-٣-١٠-١- بسته MFN ١٠١
٤-٣-١٠-٢- بسته Discretization ١٠١
٤-٣-١٠-٣- بسته Basic ١٠٢
٤-٣-١٠-٤- بسته جریان داخلی LPF ١٠٢

٤-٣-١٠-٥- بسته رودخانه‌ها ١٠٣
٤-٣-١٠-٦- بسته تغذیه ١٠٣
٤-٣-١٠-٧- بسته چاه‌ها ١٠٤
٤-٣-١٠-٨- بسته مرز بار عام ١٠٤
٤-٣-١٠-٩- بسته حل معادلات Preconditioned Conjugate-Gradient ١٠٥
٤-٣-١٠-١٠- بسته Output Control ١٠٥
٤-٤- اتصال مدل‌های آب سطحی و زیرزمینی ١٠٦
٤-٥- نحوه بررسی اندرکنش آب رودخانه‌ها و آبخوان دز ١٠٨
٤-٦- فرآیند بهینه‌سازی ١٠٩
٤-٦-١- ساختار مدل الگوریتم ژنتیک مبتنی بر جواب غیر پست (NSGA-II) ١١٢
٤-٦-٢- ساختار مدل بهره‌برداری تلفیقی چند هدفه پیشنهادی ١١٤

فصل پنجم: نتایج و بحث ١١٨

٥-١- نتایج حاصل از شبیه‌سازی ١١٨
٥-٢- نتایج حاصل از بهینه‌سازی ١٣١
٥-٢-١- سناریوی اول: ادامه وضع موجود و رهاسازی جریان مطابق با دستورالعمل قبل ١٣٢
٥-٢-١-١- درصد تامین نیاز هر کدام از مصارف ١٣٢
٥-٢-١-٢- اطمینان‌پذیری تامین نیاز هر کدام از مصارف ١٣٥
٥-٢-١-٣- تغییرات ذخیره منبع آب زیرزمینی ١٣٦
٥-٢-١-٤- تغییرات افت سطح آب زیرزمینی ١٣٧
٥-٢-٢- سناریوی دوم: ادامه وضع موجود همراه با رعایت جریان زیست محیطی و ١٣٩
٥-٢-٢-١- درصد تامین نیاز هر کدام از مصارف ١٣٩
٥-٢-٢-٢- اطمینان‌پذیری تامین نیاز هر کدام از مصارف ١٤١
٥-٢-٢-٣- تغییرات ذخیره منبع آب زیرزمینی ١٤٢
٥-٢-٢-٤- تغییرات افت سطح آب زیرزمینی ١٤٣
٥-٢-٣- سناریوی سوم: بهینه‌سازی ضرایب تخصیص آب ١٤٤
٥-٢-٣-١- نتایج حاصل از روش بهینه‌سازی ١٤٥
٥-٢-٣-٢- درصد تامین نیاز هر کدام از مصارف ١٥٠

۵-۲-۳-۳- اطمینان‌پذیری تامین نیاز هر کدام از مصارف ۱۵۲
۵-۲-۳-٤- تغییرات ذخیره مخزن سد دز ۱۵۳
۵-۲-۳-۵- تغییرات ذخیره منبع آب زیرزمینی ۱۵٤
۵-۲-۳-٦- تغییرات افت سطح آب زیرزمینی ۱۵۵
۵-۲-۳-۷- آلودگی و کیفیت ۱۵۷

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱٦۲

٦-۱- نتیجه‌گیری ۱٦۲
٦-۲- پیشنهادات ۱٦۲

منابع ۱٦۸

فهرست جدول‌ها

جدول ٤-١- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق ٣٨
جدول ٤-٢- میانگین بارندگی (میلیمتر) در طول دوره شبیه‌سازی در هر یک از ٣٩
جدول ٤-٣- مقادیر ماهیانه میانگین دمای ایستگاه سینوپتیک دزفول در طول دوره شبیه‌سازی ٤١
جدول ٤-٤- مقادیر ماهیانه میانگین دمای ایستگاه کلیماتولوژی شوشتر در طول دوره ٤١
جدول ٤-٥- مقادیر ماهیانه میانگین رطوبت نسبی (درصد) ایستگاه سینوپتیک دزفول در ٤٢
جدول ٤-٦- مقادیر ماهیانه میانگین رطوبت نسبی (درصد) ایستگاه کلیماتولوژی شوشتر در ٤٢
جدول ٤-٧- مقادیر ماهیانه میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه) ایستگاه سینوپتیک دزفول در ٤٣
جدول ٤-٨- مقادیر ماهیانه میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه) ایستگاه کلیماتولوژی شوشتر در ٤٣
جدول ٤-٩- مقادیر ماهیانه میانگین مجموع ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک دزفول در ٤٤
جدول ٤-١٠- مقادیر ماهیانه مجموع ساعات آفتابی ایستگاه کلیماتولوژی شوشتر در طول ٤٤
جدول ٤-١١- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری در محدوده منطقه مطالعاتی..... ٤٥
جدول ٤-١٢- سری زمانی آبدهی ماهیانه ثبت شده در ایستگاه زورآباد در طول دوره ٥٠
جدول ٤-١٣- سری زمانی آبدهی ماهیانه طبیعی در ایستگاه زورآباد پس از حذف دبی پایه..... ٥٠
جدول ٤-١٤- سری زمانی آبدهی ماهیانه شبیه‌سازی شده سر شاخه زورآباد در محل ٥٠
جدول ٤-١٥- مقدار برداشت ماهیانه توسط اراضی غربی رودخانه بالارود – متر مکعب بر ثانیه.... ٥١
جدول ٤-١٦- آبدهی طبیعی ورودی به دشت دز پس از کسر برداشت‌ها– متر مکعب بر ثانیه..... ٥١
جدول ٤-١٧- مساحت اراضی کشاورزی هر دشت (هکتار) در منطقه مطالعاتی ٥٣
جدول ٤-١٨- ضرایب و پارامترهای مدل رطوبت خاک پس از واسنجی در دشت دز غربی..... ٥٨
جدول ٤-١٩- ضرایب و پارامترهای مدل رطوبت خاک پس از واسنجی در دشت ٥٨
جدول ٤-٢٠- ضرایب و پارامترهای مدل رطوبت خاک پس از واسنجی در دشت لور..... ٥٨
جدول ٤-٢١- ضرایب و پارامترهای مدل رطوبت خاک پس از واسنجی در دشت دیمچه ٥٨
جدول ٤-٢٢- مشخصات کانال‌های اصلی انتقال آب محدوده دشت ٦٠
جدول ٤-٢٣- دبی ثبت شده کانال سبیلی در طول دوره شبیه‌سازی ٦١
جدول ٤-٢٤- دبی ثبت شده کانال غربی در طول دوره شبیه‌سازی..... ٦١
جدول ٤-٢٥- دبی ثبت شده کانال شرقی در طول دوره شبیه‌سازی..... ٦١
جدول ٤-٢٦- دبی ثبت شده کانال گتوند به دیمچه در طول دوره شبیه‌سازی..... ٦٢
جدول ٤-٢٧- مقادیر نرخ رشد در هر یک از مناطق از سال ١٣٨٥ تا سال ١٤٠٠..... ٦٤

جدول ٤-٢٨- میزان مصرف سرانه شرب و صنعت در شهرها و روستاهای منطقه مطالعاتی.....٦٥
جدول ٤-٢٩- مقادیر ماهیانه انتقال آب دز به کرخه از سال ١٣٨٨ تا پایان دوره شبیه‌سازی ٦٨
جدول ٤-٣٠- مقادیر ماهیانه نیاز مصارف پایین دست منطقه مطالعاتی- متر مکعب بر ثانیه ٦٨
جدول ٤-٣١- حداقل جریان زیست محیطی در طول سال طبق روش تنانت ٧٠
جدول ٤-٣٢- حداقل جریان زیست محیطی رودخانه دز در ماه‌های سال- متر مکعب بر ثانیه.....٧٠
جدول ٤-٣٣- مشخصات بهره‌برداری از سد دز در طول دوره شبیه‌سازی.....٧١
جدول ٤-٣٤- تراز پایاب نیروگاه (متر) در طول دوره شبیه‌سازی.....٧٧
جدول ٤-٣٥- دبی خروجی از نیروگاه (متر مکعب بر ثانیه) در طول دوره شبیه‌سازی.....٧٧
جدول ٤-٣٦- مقادیر ماهیانه تبخیر خالص از مخزن (میلیمتر) ٧٨
جدول ٤-٣٧- مقادیر انرژی موردنیاز قابل تولید توسط نیروگاه (هزار گیگاژول در ماه) در ... .٧٨
جدول ٤-٣٨- مقادیر متوسط پارامترهای کیفی و آلودگی پساب‌های شهری در محدوده ٩٠
جدول ٤-٣٩- مقادیر متوسط پارامترهای کیفی و آلودگی صنایع بزرگ و پرورش ماهی ٩٠
جدول ٤-٤٠- مقادیر متوسط پارامترهای کیفی و آلودگی زهکش‌های کشاورزی.....٩١
جدول ٥-١- مقادیر آماره آزمون‌های مختلف پس از اتصال دو مدل آب سطحی و ١٢٤
جدول ٥-٢- میانگین ماهیانه مقادیر تامین نیاز از هر کدام از منابع موجود (میلیون متر مکعب) ... ١٢٧
جدول ٥-٣- درصد برداشت از آب سطحی و زیرزمینی با توجه به نوع مصرف..... ١٢٧
جدول ٥-٤- اطمینان‌پذیری تامین نیاز مصارف منطقه مطالعاتی ١٣٥
جدول ٥-٥- میزان افت یا صعود سطح آب زیرزمینی در دشت‌های مطالعاتی- متر..... ١٣٨
جدول ٥-٦- اطمینان‌پذیری تامین نیاز مصارف منطقه مطالعاتی ١٤١
جدول ٥-٧- میزان افت یا صعود سطح آب زیرزمینی در دشت‌های مطالعاتی- متر..... ١٤٤
جدول ٥-٨- اطمینان‌پذیری تامین نیاز مصارف منطقه مطالعاتی در سناریوی بهینه ١٥٢
جدول ٥-٩- میزان افت یا صعود سطح آب زیرزمینی در دشت‌های مطالعاتی در سناریوی ١٥٧

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱- جابجایی تک نقطه‌ای ۱۹
شکل ۲-۲- جابجایی دو نقطه‌ای ۱۹
شکل ۲-۳- جابجایی یکنواخت ۲۰
شکل ٤-۱- تصویر ماهواره‌ای محدوده مطالعاتی دشت دز ۳۳
شکل ٤-۲- محدوده مطالعاتی، موقعیت دشت‌ها، رودخانه‌ها، شهرها و ایستگاه‌های هیدرومتری ... ۳٤
شکل ٤-۳- شماتیک و اجزای مدل WEAP در محدوده منطقه مطالعاتی ۳٦
شکل ٤-٤- شماتیک و اجزای مدل WEAP در پایین دست منطقه مطالعاتی ۳۷
شکل ٤-۵- گرادیان بارندگی سالیانه در منطقه مطالعاتی ٤۰
شکل ٤-٦- نقشه همباران سالیانه در منطقه مطالعاتی ٤۰
شکل ٤-۷- میانگین آبدهی ماهیانه رودخانه دز در محل ایستگاه‌های موجود بر آن ٤٦
شکل ٤-۸- میانگین آبدهی ماهیانه رودخانه بالارود در محل ایستگاه دوکوهه- متر مکعب بر..... ٤٦
شکل ٤-۹- میانگین آبدهی ماهیانه رودخانه شاوور در محل ایستگاه پل شاوور ٤۷
شکل ٤-۱۰- میانگین آبدهی ماهیانه رودخانه کهنک در محل ایستگاه زورآباد بر حسب ٤۷
شکل ٤-۱۱- محل گره پیشنهادی برای سرشاخه کهنک و نقشه همباران سالیانه حوضه زورآباد..... ٤۹
شکل ٤-۱۲- نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی ۵۲
شکل ٤-۱۳- اجزای مدل رطوبت خاک بطور شماتیک ۵۷
شکل ٤-۱٤- میانگین نیاز ماهیانه مجموعه کارخانجات هفت تپه- کاغذسازی پارس ٦٦
شکل ٤-۱۵- میانگین نیاز ماهیانه واحدهای پرورش ماهی اندیمشک ٦۷
شکل ٤-۱٦- ناحیه بندی مخزن از دیدگاه بهره‌برداری ۷۳
شکل ٤-۱۷- نمودار حجم- سطح- ارتفاع سد دز ۷٦
شکل ٤-۱۸- رابطه بین EC و TDS در ایستگاه بامدژ در طول دوره آماری ۸۰
شکل ٤-۱۹- روند تغییرات مواد جامد محلول کل در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه ۸۱
شکل ٤-۲۰- روند تغییرات سختی کل در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد تا ۸۲

شکل ٤-٢١- روند تغییرات منیزیم در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد دز تا ... .٨٣
شکل ٤-٢٢- روند تغییرات سدیم در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد دز تا ... .٨٣
شکل ٤-٢٣- روند تغییرات کلر در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد دز تا ... .٨٤
شکل ٤-٢٤- روند تغییرات سولفات در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد دز تا ٨٤
شکل ٤-٢٥- روند تغییرات سولفات در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد دز تا ٨٥
شکل ٤-٢٦- روند تغییرات BOD در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد دز تا ٨٦
شکل ٤-٢٧- روند تغییرات COD در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد دز تا ٨٦
شکل ٤-٢٨- روند تغییرات DO در ایستگاه‌های نمونه‌گیری رودخانه دز در بازه سد دز تا ٨٧
شکل ٤-٢٩- هیدروگرف واحد دشت دز از مهر ١٣٨٥ تا شهریور ١٣٩١ .....٩٤
شکل ٤-٣٠- نقشه ارتفاع سنگ کف دشت دز- متر ٩٥
شکل ٤-٣١- مدل رقومی ارتفاعی دشت دز- متر ٩٥
شکل ٤-٣٢- موقعیت چاه‌های بهره‌برداری در شبکه سلول‌های فعال مدل ٩٧
شکل ٤-٣٣- موقعیت چاه‌های مشاهده ای در کل دشت ٩٩
شکل ٤-٣٤- محدوده مدل یکپارچه آب سطحی و زیرزمینی در محدوده مطالعاتی در حالت ... ١٠٧
شکل ٤-٣٥- چرخش داده‌ها و نتایج در مدل لینک شده آب سطحی و زیرزمینی در هر ماه ١٠٨
شکل ٤-٣٦- موقعیت مقاطع رودخانه‌ای انتخابی بر روی شبکه سلولی آب زیرزمینی..... ١٠٩
شکل ٤-٣٧- فلوچارت ساده ای از مراحل انجام شبیه‌سازی و بهینه‌سازی..... ١١١
شکل ٤-٣٨- ساختار اصلی مدل بهینه‌سازی چند هدفه NSGA-II..... ١١٢
شکل ٥-١- مقادیر آماره متوسط قدرمطلق خطای تراز آب در مدل آب زیرزمینی ١١٨
شکل ٥-٢- پهنه‌بندی مقادیر هدایت هیدرولیکی واسنجی شده در محدوده مطالعاتی- متر در ... ١١٩
شکل ٥-٣- پهنه‌بندی مقادیر آبدهی ویژه واسنجی شده در محدوده مطالعاتی- درصد ١٢٠
شکل ٥-٤- واسنجی مدل آب سطحی پس از لینک با مدل آب زیرزمینی در ایستگاه زورآباد ١٢١
شکل ٥-٥- صحت سنجی مدل آب سطحی پس از لینک با مدل آب زیرزمینی در ایستگاه ١٢١
شکل ٥-٦- واسنجی مدل آب سطحی پس از لینک با مدل آب زیرزمینی در ایستگاه پل ١٢٢

شکل ۵-۷- صحت سنجی مدل آب سطحی پس از لینک با مدل آب زیرزمینی در ایستگاه پل ... ۱۲۲
شکل ۵-۸- واسنجی مدل آب سطحی پس از لینک با مدل آب زیرزمینی در ایستگاه حرمله..... ۱۲۳
شکل ۵-۹- صحت سنجی مدل آب سطحی پس از لینک با مدل آب زیرزمینی در ایستگاه ۱۲۳
شکل ۵-۱۰- افت تراز آب زیرزمینی در طول دوره شبیه‌سازی- متر ۱۲۵
شکل ۵-۱۱- تراز آب زیرزمینی در پایان دوره شبیه‌سازی در مدل لینک شده- شهریور ۹۱..... ۱۲۶
شکل ۵-۱۲- پروفیل سطح آب زیرزمینی در امتداد مقاطع رودخانه‌ای در نیمه شمالی دشت..... ۱۲۸
شکل ۵-۱۳- پروفیل سطح آب زیرزمینی در امتداد مقاطع رودخانه‌ای در نیمه جنوبی دشت..... ۱۲۹
شکل ۵-۱۴- مقادیر آماره تبادل آب بین رودخانه‌ها و آبخوان (میلیون متر مکعب) در کل ۱۳۰
شکل ۵-۱۵- مقایسه نوسانات هیدروگراف آب زیرزمینی و هیدروگراف آب توزیعی روی ۱۳۱
شکل ۵-۱۶- مقایسه نوسانات هیدروگراف آب زیرزمینی و هیدروگراف آب توزیعی روی ۱۳۱
شکل ۵-۱۷- درصد تامین نیاز مصارف داخل محدوده دشت..... ۱۳۳
شکل ۵-۱۸- حجم ذخیره روزانه مخزن سد دز در طول دوره برنامه‌ریزی ۶ ساله ۱۳۳
شکل ۵-۱۹- درصد تامین نیاز مصارف بیرون دشت و مصارف پایین دست محدوده دشت..... ۱۳۴
شکل ۵-۲۰- درصد تامین نیاز زیست محیطی پایین دست در محل بند قیر طبق روش مونتانا..... ۱۳۴
شکل ۵-۲۱- تغییرات ذخیره مخزن در طول افق ۶ ساله (۹۲-۹۱ تا ۹۷-۹۶)- میلیون متر ۱۳۷
شکل ۵-۲۲- منحنی افت (متر) در سلول (۲۷-۵۸)واقع در نیمه غربی دشت مطالعاتی ۱۳۷
شکل ۵-۲۳- منحنی افت (متر) در سلول (۶۰-۷۷) واقع در نیمه شرقی دشت مطالعاتی ۱۳۸
شکل ۵-۲۴- درصد تامین نیاز مصارف داخل محدوده دشت..... ۱۴۰
شکل ۵-۲۵- درصد تامین نیاز مصارف بیرون دشت و مصارف پایین دست محدوده دشت..... ۱۴۰
شکل ۵-۲۶- تغییرات ذخیره مخزن در طول افق ۶ ساله (۹۲-۹۱ تا ۹۷-۹۶)- میلیون متر..... ۱۴۲
شکل ۵-۲۷- منحنی افت (متر) در سلول (۲۷-۵۸)واقع در نیمه غربی دشت مطالعاتی ۱۴۳
شکل ۵-۲۸- منحنی افت (متر) در سلول (۶۰-۷۷) واقع در نیمه شرقی دشت مطالعاتی ۱۴۳
شکل ۵-۲۹- منحنی تبادل بین اهداف در تکرارهای متفاوت..... ۱۴۶
شکل ۵-۳۰- منجنی تبادل بهینه بین اهداف بهینه‌سازی (منحنی پارتو) در تکرار ۵۰۰ ..... ۱۴۷

شکل ۵-۳۱- موقعیت منجنی تبادل بهینه بین اهداف بهینه‌سازی و فضای تصمیم در تکرار ۱۴۷
شکل ۵-۳۲- درصد تخصیص از منبع آب زیرزمینی در دوحالت سناریوی رفرنس و بهینه در ... ۱۴۸
شکل ۵-۳۳- درصد تخصیص از منبع آب زیرزمینی در دوحالت سناریوی رفرنس و بهینه در ... ۱۴۹
شکل ۵-۳۴- میزان تخصیص بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی در دشت دز غربی ۱۴۹
شکل ۵-۳۵- میزان تخصیص بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی در دشت دز شرقی و ۱۵۰
شکل ۵-۳۶- درصد تامین نیاز مصارف داخل محدوده دشت در سناریوی بهینه..... ۱۵۱
شکل ۵-۳۷- درصد تامین نیاز مصارف بیرون دشت و مصارف پایین دست محدوده دشت ۱۵۱
شکل ۵-۳۸- میزان تغییرات ذخیره مخزن سد دز در سناریوی رفرنس و بهینه..... ۱۵۳
شکل ۵-۳۹- تغییرات ذخیره مخزن در طول افق ۶ ساله (۹۲-۹۱ تا ۹۷-۹۶) در سناریوی ۱۵۴
شکل ۵-۴۰- منحنی افت (متر) در سلول (۲۷-۵۸)واقع در نیمه غربی دشت مطالعاتی در ۱۵۵
شکل ۵-۴۱- منحنی افت (متر) در سلول (۶۰-۷۷) واقع در نیمه شرقی دشت مطالعاتی در ۱۵۵
شکل ۵-۴۲- تراز آب زیرزمینی در پایان دوره بهینه‌سازی در مدل لینک شده- شهریور ۹۷..... ۱۵۶
شکل ۵-۴۳- تغییرات غلظت اکسیژن خواهی بیوشیمیایی در نقاط برداشت آب در طول دوره ... ۱۵۸
شکل ۵-۴۴- تغییرات غلظت اکسیژن محلول آب در نقاط برداشت آب در طول دوره ۱۵۸
شکل ۵-۴۵- تغییرات غلظت سدیم در نقاط برداشت آب در طول دوره بهینه‌سازی ۱۵۹
شکل ۵-۴۶- تغییرات غلظت کلر در نقاط برداشت آب در طول دوره بهینه‌ساز ۱۵۹
شکل ۵-۴۷- تغییرات غلظت سولفات در نقاط برداشت آب در طول دوره بهینه‌سازی ۱۶۰
شکل ۵-۴۸- تغییرات غلظت منیزیم در نقاط برداشت آب در طول دوره بهینه‌سازی ۱۶۰
شکل ۵-۴۹- تغییرات غلظت مواد جامد محلول کل آب در نقاط برداشت آب در طول ۱۶۱

چکیده پایان نامه

نام خانوادگی: آذری **نام:** آرش

عنوان پایان‌نامه: شبیه‌سازی- بهینه‌سازی چند منظوره برای مدیریت بهره‌برداری تلفیقی منابع آب در شرایط برهم‌کنش آب‌های سطحی و زیرزمینی با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی: دشت دز)

استاد راهنما: دکترعلی‌محمدآخوندعلی، دکتر فریدون رادمنش

گرایش: هیدرولوژی **رشته:** هیدرولوژی **درجه تحصیلی:** دکتری

محل تحصیل (دانشگاه): دانشگاه شهیدچمران اهواز

تعداد صفحه: ۱۹۷ **تاریخ فارغ التحصیلی: ۹۲/۱۱/۳۰**

کلید واژه: بهره‌برداری تلفیقی، برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی، موازنه آب، WEAP، MODFLOW ، NSGA-II

بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی محققین منابع آب می‌باشد. استفاده تلفیقی در واقع، بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی به منظور افزایش میزان آب قابل دسترسی و استفاده پایدار از منابع آب موجود است. از این رو برنامه‌ریزی صحیح در این زمینه مستلزم آگاهی از نحوه برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی در منطقه و تخمین و محاسبه پارامترها و عوامل سطحی و زیرزمینی موثر بر آن می‌باشد. بنابراین از اهداف اساسی مطالعه جاری، شبیه‌سازی برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی با استفاده از ایجاد اتصال دینامیکی بین منابع آب سطحی و زیرزمینی در دشت دز (شامل دشت‌های لور، دیمچه، دز غربی، دز شرقی و سبیلی) است، به طوری که داده‌ها و نتایج بطور ماهیانه بین مدل آب سطحی WEAP و مدل آب زیرزمینی MODFLOW در گردش می‌باشد. لذا در هر گام زمانی ماهانه مقادیر برداشت، نفوذ، تراز رودخانه‌ها، رواناب و غیره از مدل WEAP وارد مدل MODFLOW شده تا مقادیر تراز آب زیرزمینی، جریان بین آبخوان‌ها و غیره محاسبه و به مدل WEAP برگردد و این روند تا پایان دوره شبیه‌سازی ادامه خواهد داشت. هدف اساسی دیگر، بهینه‌سازی میزان برداشت ماهیانه از آب‌های سطحی و زیرزمینی جهت تامین مصارف موجود در دوره برنامه‌ریزی می‌باشد. برای انجام بهینه‌سازی سیستم، از مدل چند هدفه NSGA-II استفاده شد. طوری که در آن، هدف اول حداکثر نمودن اطمینان‌پذیری تامین نیازهای طرح در مقابل هدف دوم یعنی حداقل نمودن افت تراز آب زیرزمینی در طول دوره بهره‌برداری قرار گرفت. متغیرهای تصمیم در این مدل، شامل درصد برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی بود که به

صورت فصلی تعریف شدند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد در قسمت‌های شمالی تا میانه دشت، رودخانه‌های دز و کرخه بیشتر باعث تغذیه آبخوان شده و در قسمت‌های میانه دشت به پایین (مانند سایر رودخانه‌های دشت دز) بیشتر نقش زهکش را به عهده دارند. به علت تراکم زیاد چاه‌ها و عدم بهره‌برداری از آب سطحی، بیشترین افت سطح آب مربوط به دشت لور و کمترین افت مربوط به قسمت‌های جنوبی دشت دز محاسبه شد. همچنین نتایج نشان داد بطور کلی در دشت‌های دز غربی و دز شرقی (شامل شرقی و سبیلی) که از هر دو منبع تامین آب استفاده می‌شود، در صورت اجرای سناریوی مرجع طبق الگوی فعلی و بدون انجام بهینه‌سازی، بیش از ۷۸ درصد از نیازها توسط آب سطحی و کمتر از ۲۲ درصد توسط آب زیرزمینی تامین می‌شود. پس از بهینه‌سازی درصد برداشت از آب زیرزمینی در این دشت‌ها به ترتیب حدود ۱۲ و ٦ درصد کاهش یافت. با اجرای سناریوی بهینه میزان اعتمادپذیری تامین نیاز دشت‌های دز غربی، دز شرقی، نیاز زیست محیطی و نیازهای پایین دست به ترتیب ٤، ۱۹، ٤۳ و ۵۷ درصد نسبت به سناریوی مرجع افزایش یافت. همچنین میانگین افت آب زیرزمینی در دوره ٦ ساله برنامه ریزی، در کل دشت دز و در آبخوان‌های دز غربی، دز شرقی و لور به ترتیب ۲/۱۸، ۲/٤٦، ۲/٦ و ۱ متر کاهش یافت.

۱-فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱- تعریف مساله و اهداف

قسمت عمده ای از مساحت ایران بخصوص قسمت‌های واقع در جنوب و جنوب غرب کشور در مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارد و به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، در بسیاری از نقاط ایران، خشکسالی یک تهدید حتمی و اجتناب ناپذیر به حساب می آید. پدیده خشکسالی اثرات منفی بزرگی بر منابع آب و محیط‌های وابسته به این منابع می‌گذارد که عموماً در برخی سالها خسارات جبران ناپذیری را سبب می گردد. این خسارات در مناطق خشک که از دیدگاه اقتصادی ساختار شکننده‌تری دارند، نمود بیشتری یافته و اثرات منفی ماندگاری را از جهات مختلف بر جای می‌گذارند (بابایی، ۱۳۸۹). در چهار دهه اخیر تکنیک‌های تحلیل سیستم‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب مورد توجه محققان مهندسی منابع آب قرار گرفته است. انواع مدل‌های بکار رفته در این گونه مسائل به سه دسته مدل‌های شبیه‌سازی، بهینه‌سازی و ترکیب شبیه‌سازی و بهینه‌سازی تقسیم می‌شوند. مدلهای شبیه‌سازی بر اساس " اگر آنگاه " استوار است. این به آن معنا است که تحت یک طراحی و یا سیاست بهره‌برداری، به احتمال زیاد در هر زمان و در یک یا چند مکان چه روی خواهد داد. مزیت روشهای شبیه‌سازی در توانایی آنها برای حل مدل‌هایی از تحلیل سیستم‌های منابع آب است که دارای روابط و قیدهای غیر خطی هستند. در حالی که روش‌های بهینه‌سازی به ندرت توانایی رسیدگی به آنها را دارند. بیشتر این روشها توسط لاکس و همکاران (۲۰۰۵) شرح داده شده اند. تحلیل سیستم ها جایگاه مهمی در زمینه مدیریت منابع آب دارد و شبیه‌سازی، یک ابزار ضروری تصمیم گیری در فرآیند مدیریت مخزن و آبخوان است. در هر حال نیاز به یک یا چند ابزار شبیه‌سازی که بتواند سیستم های پیچیده را بر اساس واقعیت موجود شرح داده و به کاربر اجازه شرکت در توسعه مدل را به منظور افزایش اعتماد در فرآیند مدل‌سازی بدهد، وجود دارد (مومنی و همکاران، ۱۳۸۵). استفاده ترکیبی از تکنیک های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی یک روش مفید و قدرتمند در تعیین راهبرد های مدیریتی و طراحی برای

توسعه و بهره‌برداری بهینه از سیستم های منابع آب می‌باشد. مدل‌های شبیه‌سازی در دو سیستم آب سطحی و زیرزمینی توانایی شبیه‌سازی پاسخ‌های سیستم به راهبردهای مدیریتی مشخص را دارند و مدل‌های بهینه‌سازی راهبردهای مدیریتی بهینه را در بین مجموعه‌ای از تصمیمات امکان‌پذیر تعیین می‌کنند. برای اطمینان از اینکه پاسخ‌های مدیریتی بهینه از لحاظ فیزیکی هم قابل قبول هستند، می بایست رفتار سیستم را شبیه‌سازی نمود. مدل‌های شبیه‌سازی در دو بخش آب سطحی و زیرزمینی، پاسخ‌هایی را تولید می کند که از قوانین حاکم بر فرآیندهای سیستمی این دو منبع تبعیت می کنند. همچنین می‌توان از مدل‌های شبیه‌سازی به صورت ترکیبی با مدل مدیریتی یا با استفاده از معادلات حاکم به صورت قیود اجباری استفاده کرد (گرلیک، ۱۹۸۳). دشت دز و شبکه وسیع آبیاری و زهکشی آن، یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی ایران به شمار می‌آید و سه رودخانه دز، کرخه و شاوور از منابع تامین آب این منطقه محسوب می‌گردند. وقوع خشکسالی و همچنین انحراف سرشاخه‌های رودخانه دز و کرخه باعث کاهش جریان این رودخانه‌ها و به ناچار کمبود آب موردنیاز جهت سیراب کردن اراضی وسیع این دشت شده است. همچنین مسئله رهاسازی بخش قابل توجهی از جریان رودخانه به پایین دست جهت تامین اهداف زیست محیطی، نیاز مصارف پایین دست و حفظ اکوسیستم رودخانه از دیگر محدودیت‌های برداشت آب سطحی در منطقه می‌باشد. این عوامل باعث کمبود آب سطحی موجود در دسترس کشاورزان و افزایش روز افزون برداشت از منابع آب زیرزمینی به عنوان منبع دیگر تامین آب منطقه شده است. این تغییر در الگوی برداشت، باعث افت تراز آب زیرزمینی شده که در سال‌های اخیر بدلیل عدم تغذیه کافی آبخوان از طریق نزولات جوی و یا جریان رودخانه‌ها این امر تشدید گردیده است. از این رو بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیشه روی محققین منابع آب در منطقه می‌باشد. استفاده مجزا از منابع می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی همچون کمبود آب در مواقع خشکسالی به دلیل نبود منابع آب سطحی، ناپایداری در محیط زیست و تولید محصول، افت تراز سطح ایستایی و مشکلات کیفیت و آلودگی در نقاط بحرانی رودخانه و افزایش هزینه پمپاژ در نتیجه برداشت بی رویه شود. استفاده تلفیقی در واقع، بهره‌برداری هم‌زمان از منبع آب سطحی و زیر زمینی به منظور افزایش میزان آب برداشتی و

استفاده پایدار از منابع آب موجود است. بطور کلی فرض بر این است زمانی که با برنامه‌ریزی صحیح از منابع موجود (مخزن، رودخانه، آب زیرزمینی و ...) بصورت تلفیقی استفاده می‌شود، اثرات بهتری نسبت به بهره‌برداری به صورت مجزا، حاصل می گردد. ابزار و نحوه برنامه‌ریزی جهت اثبات این فرض و همچنین ارائه راهکارهای مدیریتی در این زمینه از اهداف اساسی این تحقیق است. با توجه به برنامه‌ریزی تلفیقی، در دوره های ترسالی که در آن نزولات جوی زیاد است، از منابع سطحی برای تامین نیازهای منطقه و ایجاد تعادل در منابع موجود استفاده می‌شود و بخش مازاد آن برای تغذیه آبخوان و افزایش ذخیره منابع زیرزمینی استفاده می‌شود. لذا به منظور کاهش مشکلات اساسی مخازن سطحی بزرگ و یا آبخوان‌هایی که هر کدام جداگانه مدیریت شده و مورد استفاده قرار می گیرند، سیستم بهره‌برداری تلفیقی به عنوان رویکردی برتر در مدیریت منابع آب می تواند مورد استفاده قرار گیرد. این موضوع در منطقه مطالعاتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چرا که دشت مستعد دز جزء منابع اصلی در تولیدات کشاورزی و فرآورده های جانبی دیگر در کشور می‌باشد و هرگونه اختلال در توزیع آب، تحت تاثیر یکی از عوامل فوق الذکر، آثار جبران ناپذیری بر فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی و به تبع آن مسائل سیاسی و فرامنطقه‌ای خواهد گذاشت.

از این رو از اهداف اساسی مطالعه جاری دستیابی به راه حل‌های مناسب برای بهره‌برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه که معمولا دارای اندرکنش بر هم بوده و کمبود و نقصان در یکی باعث کمبود در دیگری می گردد، می‌باشد.

برنامه‌ریزی صحیح در این زمینه مستلزم آگاهی از نحوه برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی در منطقه و تخمین و محاسبه پارامترها و عوامل سطحی و زیرزمینی موثر بر آن می‌باشد. بنابراین از اهداف اساسی دیگر این مطالعه، بررسی اثر برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی با استفاده از شبیه‌سازی سیستمی آنها و ایجاد اتصال دینامیکی یکپارچه بین منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه توسط مدل‌های ریاضی مربوطه می‌باشد. در این مدلها بر خلاف مدل‌های پیشنهادی که تاکنون ارائه شده، تمامی اجزاء دخیل در سیستم آب سطحی و زیرزمینی در منطقه مطالعاتی شبیه‌سازی می گردد. طوری که داده‌ها و اطلاعات بین این دو سیستم در گردش بوده و این

گردش در هر یک از گام‌های زمانی اتفاق می‌افتد. این امر باعث می‌شود تا محققین منابع آب درک بهتری از موضوع داشته و با شناسایی اجزاء دخیل در برنامه‌ریزی یکپارچه منابع آب، از ذخایر منابع آب سطحی و زیرزمینی با حداکثر مطلوبیت استفاده نمایند. در این صورت اثر تغییرات تراز آب زیرزمینی بر میزان منابع آب سطحی تخصیص داده شده و یا برعکس در سال‌های خشک و تر قابل رؤیت خواهد بود. لذا مدیریت یکپارچه منابع آب در منطقه باعث ایجاد نگرشی متفاوت در خصوص اهمیت برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی شده و موجب ارائه راهکاری کاربردی جهت برنامه‌ریزی و استفاده درست از منابع آبی موجود می‌گردد. از اهداف دیگر این تحقیق بررسی سهم هریک از منابع سطحی و زیرزمینی در تامین آب منطقه و استخراج پارامترهای تاثیر گذار در این زمینه می‌باشد.

۱-۲- فرضیات (سوال‌های) تحقیق، نوآوری و اهداف

در اغلب مطالعات در زمینه بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی تنها یک هدف خاص مورد نظر بوده و مدیریت منابع آب موجود در راستای تامین این هدف صورت گرفته است و استفاده از توابع چند هدفه جهت بهینه‌سازی سیستم‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی در یک دهه اخیر بین محققان منابع آب رواج یافته است. از طرفی در تمامی تحقیقات اشاره شده، از یک مدل شبیه‌ساز استفاده شده که نتایج آن در مدل بهینه‌سازی وارد شده است و تنها یکی از سیستم‌های آب سطحی یا زیرزمینی مدل‌سازی شده و دیگری بصورت یک گره یا مخزن جداگانه بدون انجام شبیه‌سازی اجزای آن و بررسی اثر برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی، در نظر گرفته شده است.

لذا در این تحقیق اولین سوال، بررسی اثر برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی در محدوده دشت مطالعاتی، بر برنامه‌ریزی منابع آب منطقه در شرایط استفاده از یک مدل یکپارچه منابع آب می‌باشد. در این مدل بر خلاف مدل‌های پیشنهادی که تاکنون ارائه شده، تمامی اجزاء و پارامترهای دخیل در سیستم آب سطحی و زیرزمینی و ارتباط داخلی بین آنها در منطقه مطالعاتی شبیه‌سازی می‌گردد. این اجزاء بصورت پویا با هم در ارتباط بوده و اثرات تغییر و یا نقصان در

یکی از سیستم ها بلافاصله به سیستم دیگر منتقل می‌شود.

دومین سوال، بررسی امکان استفاده از یک تابع چند هدفه در قالب روش الگوریتم ژنتیک مبتنی بر جواب غیرپست، برای بهینه‌سازی سیستم بهره‌برداری تلفیقی در شرایط مدل یکپارچه منابع آب و در نهایت آزمون اثر آن بر برنامه‌ریزی منابع آب منطقه مطالعاتی است که در آن قیود مختلف از جمله حداکثر افت مجاز تراز آب زیرزمینی، حداکثر پمپاژ از چاهها، حداقل دبی زیست محیطی در پایین دست، قیود مربوط به پارامترهای کیفی مجاز آب هر یک از مصارف، اولویت‌های تخصیص، اولویت های تامین و غیره در نظر گرفته شده است. توابع هدف شامل حداکثر نمودن اطمینان‌پذیری تامین نیازها و حداقل کردن افت تراز سطح آب زیرزمینی در طول دوره بهره‌برداری می‌باشند.

سومین سوال، بررسی قابلیت یک روش نوین در حل مدل بهینه‌سازی چند هدفه حاضر، با استفاده از اعمال ضرایب مدیریتی تخصیص در دو بخش آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد. این ضرایب بصورت فصلی در دو سیستم آب سطحی و زیرزمینی تعریف می‌گردند و تجزیه و تحلیل سیستم یکپارچه منجر به استخراج مقدار بهینه این ضرایب خواهد شد.

نوآوری های این تحقیق با پاسخ به سوالات مطرح شده حاصل گشته که بصورت زیر است:

الف- پاسخ به سوال اول باعث می‌شود تا محققین منابع آب درک بهتری از موضوع داشته و با شناسایی اجزاء دخیل در برنامه‌ریزی یکپارچه منابع آب، از ذخایر منابع آب سطحی و زیرزمینی با حداکثر مطلوبیت استفاده نمایند. در این صورت اثر تغییرات تراز آب زیرزمینی بر میزان منابع آب سطحی تخصیص داده شده و یا برعکس در سال‌های خشک و تر قابل رؤیت خواهد بود و مدیریت یکپارچه منابع آب در منطقه باعث ایجاد نگرشی متفاوت در خصوص اهمیت برهم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی شده و موجب ارائه راهکاری کاربردی جهت برنامه‌ریزی و استفاده درست از منابع آبی موجود می گردد.

ب- پاسخ به سوال دوم موجب می‌شود تا علاوه بر تامین اهداف کمی سیستم مانند تامین آب مصارف گوناگون از دو منبع آب سطحی و زیرزمینی بصورت توام، اهداف مهم دیگری مانند کیفیت آب سطحی و زیرزمینی در شرایط برداشت هم‌زمان و اطمینان‌پذیری تامین هر یک از