مدیریت تحصیلات تکمیلی
دانشکده آب و خاک
گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع آب

ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیم بر سناریوهای تخصیص بهینه آب در سطح حوضه‌ی رودخانه بار شهرستان نیشابور با مدل WEAP

استاد راهنما:
دکتر جابر سلطانی

استاد مشاور:
دکتر محسن حمیدیان پور

تهیه و تنظیم:
قاسم قندهاری

اسفند۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

مدیریت تحصیلات تکمیلی
دانشکده آب و خاک
گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع آب

ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیم بر سناریوهای تخصیص بهینه آب در سطح حوضه‌ی رودخانه بار شهرستان نیشابور با مدل WEAP

استاد راهنما:
دکتر جابر سلطانی

استاد مشاور:
دکتر محسن حمیدیان پور

تهیه و تنظیم:
قاسم قندهاری

اسفند۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر بزرگوارم

که همواره راهنمائی هایشان روشنی بخش فرداها و زندگیم بوده

و

وجود نازنین شان تسلی بخش خاطرم و مرهم زخمهای زمانه است،

به برادرانم

که بهترین دوستان و حامیان زندگیم بوده اند

و یگانه خواهرم

که بودنش و مهربانی هایش باعث دل گرمی من است.

سپاسگزاری

شکر خدایی را که به جز حضور او هیچ چیز این جهان بی کرانه را جدی نگرفتم

حتی عشق را...

اکنون که به لطف و یاری خداوند توفیق یافتم، برگی دیگر از زندگی علمی ام را ورق بزنم، بر خود واجب می دانم از زحمات تمام عزیزانی که در طی این مسیر یک ساله همواره مرا مورد لطف و محبت خویش قرار دادند و راهنمایی های بی دریغشان روشنایی بخش راه من بود، قدردانی نمایم.

از استاد راهنمای بزرگوارم، جناب آقای دکتر سلطانی که راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند صمیمانه سپاسگزارم.

همچنین از زحمات و راهنمایی های بی شائبه استاد مشاورم جناب آقای دکتر حمیدیان پور که از هیچ کمکی دریغ نداشتند، نهایت سپاسگزاری را دارم.

از مدیریت و کارکنان شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی که بنده را مورد لطف و راهنمایی خود قرار دادند، سپاسگزارم.

از مدیریت مطالعات پایه منابع آب، آب منطقه ای خراسان رضوی، برادر بزرگوارم جناب آقای مهندس احمد قندهاری که مرا در طی انجام این تحقیق کمک و راهنمایی نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در انجام این تحقیق افراد بسیاری سهیم هستند، که بر خود لازم می دارم از راهنمایی های بی دریغ خانم مهندس سیده شبنم باقری، آقای مهندس یاور پور محمد، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم و از خداوند برایشان آرزوی توفیق و سربلندی دارم.

در نهایت از خانواده عزیزم که همواره در طی مسیر تحصیل پشتیبان و راهنمایم بودند، سپاسگزارم.

و لازم است از دوستان عزیزم، آقایان مهندس: محمد ثمین، مصطفی آزادی، آرش ابرازی بخشایش، محمدرضا حق جو، یوسف بدخش، حسین رحمتی، سینا فرشچین، روح الله باقری وانانی، علی جمشیدی، میلاد کیانی، مسعود بحرینی، پیثم امیری، حسن کلانتری و حمید دوستی که وجودشان در طی مسیر تحصیل سختی ها را برایم آسان می نمود، صمیمانه سپاسگزارم و از خداوند برایشان توفیق، سربلندی و موفقیت دو چندان را مسئلت دارم.

قندهاری - زمستان ۱۳۹۱

چکیده

تغییرات اقلیم به عنوان یکی از مهمترین معضلات قرن بیست‌ویکم، جامعه بشری را تحت تاثیر خود قرار داده است. پیامدهای ناشی از این پدیده اثرات مختلفی را در توسعه منابع آب و جنبه‌های مختلف زندگی بشر ایجاد می‌نماید که از مهمترین آنها می‌توان به تغییر توزیع زمانی و مکانی بارش و نوع آن، جریان‌های سطحی، تبخیر، تغذیه سفره‌های آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب و افزایش سطح آب دریاها اشاره نمود که نهایتاً بر اسکان بشر، تولیدات کشاورزی و استفاده از انرژی تاثیر می‌گذارد. لذا شناخت جامع منابع آب و بهره‌برداری بهینه از آن به عنوان یکی از موثرترین عوامل رشد و توسعه اقتصادی–اجتماعی بشمار می‌آید. حوضه‌ی رودخانه بار به دلیل وجود سد بار واقع در آن، به عنوان یک حوضه‌ی آبریز مهم در شهرستان نیشابور قلمداد می‌شود. از اینرو در این تحقیق سعی شده است اثر تغییرات اقلیم در دوره‌ی ۲۰۱۱–۲۰۴۰ میلادی با استفاده از خروجی‌های مدل گردش عمومی جو (HadCM3) تحت دو سناریوی اقلیمی A2 و B2 بر روی تخصیص منابع آب حوضه بررسی شود. نتایج مدل ریز مقیاس نمایی SDSM نشان دهنده افزایش دما و کاهش بارندگی در دوره مورد نظر نسبت به دوره‌ی پایه (۱۹۷۱–۲۰۰۰) می‌باشد. بطوریکه بطور متوسط تحت سناریوی A2 افزایش ۰,۰۸۶ درجه سلسیوس دما و کاهش ۹ درصدی بارندگی و تحت سناریوی B2 افزایش ۰,۰۹۵ درجه سلسیوس و کاهش ۷,۲۳ درصدی بارندگی در منطقه پیش بینی می‌شود. به تبع این افزایش دما و کاهش بارندگی میزان آبدهی رودخانه بار نیز کاهش یافته است. بطوریکه تحت سناریوی A2 کاهش ۲۱,۷۱ درصدی و برای سناریوی B2 کاهش ۲۲,۱۸ درصدی دبی در دوره‌ی ۲۰۱۱–۲۰۴۰ نسبت به دوره پایه (۱۹۷۱–۲۰۰۰) انتظار می‌رود. جهت بررسی اثر تغییر اقلیم روی تخصیص آب از مدل ارزیابی و برنامه‌ریزی آب (WEAP) استفاده شد. نتایج مدل WEAP برای سه سناریوی افزایش سطح کشاورزی، پیشرفت صنعتی و افزایش جمعیت نشان دهنده، افزایش نیاز آب در حوضه آبریز و افزایش نیاز تامین نشده برای کشاورزی، شرب و صنعت در منطقه است.

واژگان کلیدی: حوضه رودخانه بار، تغییر اقلیم، تخصیص منابع آب، مدل HadCM3، SDSM، WEAP

فهرست

عنوان **صفحه**

فصل اول کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- اهداف تحقیق ۷
۱-۳- سوال‌های تحقیق ۸
۱-۴- ساختار پایان نامه ۸

فصل دوم مروری بر تحقیقات انجام شده ۱۰
۲-۱- مقدمه ۱۱
۲-۲- تغییر اقلیم ۱۲
۲-۲-۱- تغییر اقلیم با چه سرعتی اتفاق می‌افتد؟ ۱۵
۲-۲-۲- گازهای گلخانه‌ای ۱۵
۲-۲-۳- اقلیم ایران ۱۸
۲-۲-۴- پدیده نوسانات جنوبی ۱۹
۲-۲-۵- مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی ۲۰
۲-۲-۶- موارد استفاده مدل‌های GCM ۲۲
۲-۲-۷- ریزمقیاس نمایی خروجی مدل‌های AOGCM ۲۴
۲-۲-۷-۱- روش‌های ریزمقیاس نمایی دینامیک ۲۵
۲-۲-۷-۲- روش‌های ریزمقیاس نمایی آماری ۲۶
۲-۳- سناریوهای اقلیمی ۲۸
۲-۴- ارزیابی اثرات اقلیمی ۳۰
۲-۵- مدیریت منابع آب ۳۱
۲-۵-۱- روش‌های مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب ۳۲
۲-۵-۱-۱- روش از بالا به پایین یا فرمان و مهار ۳۲
۲-۵-۱-۲- روش از پایین به بالا ۳۲
۲-۶- مدیریت جامع منابع آب ۳۳
۲-۶-۱- استفاده از مدل‌سازی و شبیه‌سازی در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب ۳۳
۲-۷- تغییر اقلیم و منابع آب ۳۷
۲-۷-۱- تغییرات روی کمیت، کیفیت و منابع آب در دسترس ۴۰
۲-۸- مطالعات انجام شده در مورد اثر تغییر اقلیم بر تخصیص آب در جهان و ایران ۴۳

فصل سوم مواد و روش‌ها ۴۸
۳-۱- مقدمه ۴۹
۳-۲- منطقه مورد مطالعه و مواد و روشها ۴۹
۳-۲-۱- منطقه مورد مطالعه ۴۹
۳-۲-۲- عناصر مؤثر منطقه مورد مطالعه ۵۳
۳-۲-۲-۱- دمای منطقه ۵۳
۳-۲-۲-۲- بارش منطقه ۵۴
۳-۳- مواد و روش‌ها ۵۶
۳-۳-۱- مدل‌های اقلیمی و ریز مقیاس نمایی ۵۵
۳-۳-۱-۱- متغیرهای پیش بین UKSDSM ۶۱
۳-۴- توصیف ساختار و بهره برداری از SDSM ۶۳
۳-۴-۱- کنترل کیفیت و تبدیل داده‌ها ۶۴
۳-۴-۲- غربالگیری متغیرهای ریزگردانی پیش‌بینی کننده ۶۵
۳-۴-۳- واسنجی مدل ۶۶
۳-۴-۴- تولید کننده داده‌های هواشناسی ۶۷
۳-۴-۵- تحلیل داده‌ها ۶۸
۳-۴-۶- تجزیه و تحلیل داده‌ها و آنالیز گرافیکی ۶۸
۳-۴-۷- تولید سناریو ۷۰
۳-۵- محاسبه‌ی رواناب حوضه‌ی آبریز بار..... ۷۱
۳-۵-۱- روش جداسازی فیلتر دیجیتال بازگشتی در محاسبه‌ی دبی پایه ۷۳
۳-۶- مدل WEAP ۷۶
۳-۶-۱- مدل یکپارچه منابع آب ۷۶
۳-۶-۲- رویکرد WEAP ۷۷
۳-۶-۳- برنامه‌ریزی تخصیص در مدل WEAP ۷۷
۳-۶-۴- اولویت بندی در تخصیص ۷۸
۳-۶-۵- مدل‌سازی تخصیص در WEAP ۷۹
۳-۶-۶- مراحل انجام کار با WEAP ۸۰
۳-۶-۷- مراحل انجام کار با WEAPدر این مطالعه ۸۰

فصل چهارم نتایج و بحث ۸۸
۴-۱- مقدمه ۸۹
۴-۲- نتایج مدل اقلیمی ۸۹
۴-۲-۱- نتایج مدل اقلیمی برای ایستگاه اریه ۹۰
۴-۲-۱-۱- دما در ایستگاه اریه..... ۹۱

۲-۱-۲-۴- بارندگی در ایستگاه اریه ۹۵
۲-۲-۴- ایستگاه باران سنجی طاغان ۱۰۰
۳- ۴- محاسبه‌ی رواناب حوضه‌ی آبریز رودخانه بار در دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۰ ..... ۱۰۶
۱-۳-۴- نتایج بدست آمده از روابط دبی-بارش در دوره پایه ایستگاه اریه ۱۰۷
۲-۳-۴- نتایج بدست آمده از روابط دبی-بارش در دوره پایه ایستگاه طاغان ۱۰۹
۳-۳-۴- محاسبه‌ی رواناب زیر حوضه‌ی میانی ۱۱۲
۴- ۴- تخصیص منابع آب حوضه‌ی رودخانه‌ی بار تحت شرایط تغییر اقلیم با مدل WEAP ۱۱۸
۱-۴-۴- نتایج مدل WEAP بر اساس آورد رودخانه بار تحت ستاریوی اقلیمی A2 ..... ۱۲۰
۲-۴-۴- نتایج مدل WEAP بر اساس آورد رودخانه بار تحت ستاریوی اقلیمی B2 ..... ۱۲۷
۳-۴-۴- مقایسه کمبود آب در دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ تحت دو سناریو اقلیمی A2 و B2 برای سناریوهای افزایش سطح کشاورزی، پیشرفت صنعتی و افزایش جمعیت در مدل WEAP ۱۳۷
۵-۴- پیشنهادات ۱۴۱

منابع و مآخذ ۱۴۳

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۲ نمودار تغییرات جهانی دما ۱۷
شکل ۲-۲ مدل گردش عمومی شبکه‌ی (شبکه قائم‌الزاویه)..... ۲۳
شکل ۳-۲ نمای کلی از نحوه عملکرد ریزمقیاس‌نمایی ۲۵
شکل ۴-۲ رابطه بین منابع آب و تغییر اقلیم..... ۴۲
شکل ۱-۳ نقشه‌ی ایستگاه‌های هواشناسی منطقه ۵۱
شکل ۲-۳ حوضه آبریز رودخانه بار ۵۲
شکل ۳-۳ نمای کلی مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM 4.2.9 ..... ۶۳
شکل ۴-۳ نمای صفحه کنترل کیفیت داده‌ها در SDSM ۶۴
شکل ۵-۳ نمای صفحه غربالگیری داده‌های بزرگ مقیاس در SDSM ۶۵
شکل ۶-۳ نمای صفحه واسنجی مدل در SDSM ۶۶
شکل ۷-۳ نمای صفحه تولید داده‌های هواشناسی مصنوعی با داده‌های NCEP در SDSM ۶۷
شکل ۸-۳ نمای صفحه تحلیل داده‌ها در SDSM ۶۸
شکل ۹-۳ نمای صفحه مقایسه نتایج در SDSM ۶۹
شکل ۱۰-۳ نمای صفحه تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی در SDSM ۷۰
شکل ۱۱-۳ نمای صفحه تولید و تعمیم سناریوهای A2 و B2 در SDSM ۷۱
شکل ۱۲-۳ نمای نرم فزار BFI+3 ..... ۷۵
شکل ۱۳-۳ تابع هدف و قیود در مدل WEAP ۷۸
شکل ۱۴-۳ نمای تنظیم دوره‌ی زمانی در مدل WEAP ۸۱
شکل ۱۵-۳ شماتیک حوضه رودخانه بار ۸۲
شکل ۱۶-۳ نحوه‌ی ذخیره آب در سد ۸۶
شکل ۱-۴ مقایسه میانگین بین داده‌های مشاهده‌ای دما و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه اریه..... ۹۱
شکل ۲-۴ مقایسه واریانس بین داده‌های مشاهده‌ای دما و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه اریه ۹۲
شکل ۳-۴ مقایسه میانگین سالانه تغییرات دما در دوره‌ی ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی A2 در ایستگاه اریه..... ۹۳
شکل ۴-۴ مقایسه میانگین سالانه تغییرات دما در دوره‌ی ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی B2 در ایستگاه اریه ۹۳
شکل ۵-۴ صفحه کنترل کیفی داده‌های بارندگی در ایستگاه اریه ۹۵
شکل ۶-۴ مقایسه میانگین بین داده‌های مشاهده‌ای بارندگی و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه اریه ۹۸
شکل ۷-۴ مقایسه واریانس بین داده‌های بارندگی مشاهده‌ای و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه اریه ۹۸

شکل ۸-۴ مقایسه میانگین سالانه بارندگی در دوره‌ی ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی A2 در ایستگاه اریه ۹۸
شکل ۹-۴ مقایسه میانگین سالانه بارندگی در دوره‌ی ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی B2 در ایستگاه اریه ۹۹
شکل ۱۰-۴ صفحه کنترل کیفی داده‌های بارندگی ایستگاه طاغان ۱۰۱
شکل ۱۱-۴ مقایسه میانگین بین داده‌های مشاهده‌ای بارندگی و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه طاغان ۱۰۳
شکل ۱۲-۴ مقایسه واریانس بین داده‌های مشاهده‌ای بارندگی و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه طاغان ۱۰۳
شکل ۱۳-۴ مقایسه میانگین سالانه بارندگی در دوره‌ی ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی A2 در ایستگاه طاغان ۱۰۴
شکل ۱۴-۴ مقایسه میانگین سالانه بارندگی در دوره‌ی ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی B2 در ایستگاه طاغان ۱۰۴
شکل ۱۵-۴ نمودار رابطه خطی بین دبی و بارش فروردین ماه دوره پایه در ایستگاه اریه..... ۱۰۷
شکل ۴-۲۸ نمودار رابطه بین دبی و بارش فروردین ماه دوره پایه در ایستگاه طاغان ۱۱۰
شکل۴-۲۹ پیکربندی سیستم منابع آب رودخانه بار در مدل WEAP..... ۱۱۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۲ تغییرات دما و تراز آب دریا بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ ..... ۱۸
جدول ۲-۲ نوین‌ترین سناریوهای اقلیمی مجموعه SRES ۲۹
جدول ۱-۳ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه ۵۰
جدول ۲-۳ درصد بارش ماهانه هر ایستگاه نسبت به کل بارش ۵۵
جدول ۳-۳ متغیرهای روزانه آرشیو UKSDSM ۶۲
جدول ۴-۳ مقادیر ماهانه نیاز آبی رودخانه بار در موقعیت بند انحرافی ۸۳
جدول ۵-۳ فرضیات کلیدی استفاده شده در مدل WEAP ۸۳
جدول ۶-۳ مقادیر حجم و سطح مخزن در ترازهای مختلف در حالت طبیعی ۸۵
جدول ۷-۳ درصد رواناب ماهانه ورودی به مخزن سد ۸۶
جدول ۸-۳ مشخصات ذخیره‌سازی سد ۸۷
جدول ۹-۳ سناریوهای تعریف شده در WEAP ۹۰
جدول ۱-۴ متغیرهای بزرگ مقیاس دارای همبستگی بالا با داده‌های مشاهده‌ای دما ایستگاه اریه ۹۱
جدول ۲-۴ مقایسه میانگین بین داده‌های مشاهده‌ای دما و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه اریه با Independent-Samples T Test ۹۲
جدول ۳-۴ متغیرهای پیش‌بین منتخب دارای همبستگی با داده‌های مشاهده‌ای بارندگی ۹۶
جدول ۴-۴ آزمون میانگین بین داده‌های بارندگی مشاهده‌ای و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه اریه با Independent-Samples T Test ۹۶
جدول ۵-۴ متغیرهای منتخب پیش‌بین دارای همبستگی با داده‌های مشاهده‌ای بارندگی ایستگاه طاغان ۱۰۱
جدول ۶-۴ مقایسه میانگین بین داده‌های مشاهده‌ای بارندگی و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه طاغان با Independent-Samples T Test ۱۰۲
جدول ۷-۴ ضریب همبستگی و ضرایب معادله خطی بارش – دبی فروردین ماه در ایستگاه اریه با نرم افزار SPSS ۱۰۷
جدول ۸-۴ روابط رگرسیونی بارش- دبی در دوره‌ی پایه در زیرحوضه اریه ۱۰۸
جدول ۹-۴ ضریب همبستگی و ضرایب معادله نمایی دبی- بارش فروردین ماه در ایستگاه طاغان با نرم افزار SPSS ۱۱۰
جدول ۱۰-۴ روابط رگرسیونی بارش- دبی در دوره پایه زیرحوضه طاغان ۱۱۱
جدول ۱۱-۴ مقادیر شاخص پایه در زیرحوضه اریه به روش فیلتر بازگشتی ۱۱۴
جدول ۱۲-۴ مقایسه میانگین و انحراف معیار مقادیر شاخص جریان پایه ۱۱۴

جدول ۱۳-۴ بررسی همبستگی بین سه روش فیلتر دیجیتال بازگشتی ۱۱۵
جدول ۱۴-۴ نیاز آبی در سناریوی مرجع برای دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ تحت سناریوی اقلیمی A2 ..... ۱۲۱
جدول ۱۵-۴ درصد کمبود آب در سناریوی مرجع برای دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ تحت سناریوی اقلیمی A2..... ۱۲۲
جدول ۱۶-۴ مقایسه نیاز آبی در سناریوی‌های مختلف برای دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ با سناریوی مرجع تحت سناریوی اقلیمی A2 ..... ۱۲۲
جدول ۱۷-۴ مقایسه درصد کمبود آب در سناریوی‌های مختلف برای دوره آتی با سناریوی مرجع تحت سناریوی اقلیمی A2 ..... ۱۲۳
جدول ۱۸-۴ نیاز آبی در سناریوی مرجع برای دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ تحت سناریوی اقلیمی B2 ..... ۱۲۸
جدول ۱۹-۴ درصد کمبود آب در سناریوی مرجع برای دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ تحت سناریوی اقلیمی B2 ..... ۱۳۰
جدول ۲۰-۴ مقایسه نیاز آبی در سناریوی‌های مختلف برای دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ با سناریوی مرجع تحت سناریوی اقلیمی B2 ..... ۱۳۶
جدول ۲۱-۴ مقایسه درصد کمبود آب در سناریوی‌های مختلف برای دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ با سناریوی مرجع تحت سناریوی اقلیمی B2 ..... ۱۳۶
جدول ۲۲-۴ درصد کمبود ماهانه آب تحت دو سناریوی A2 و B2 در دوره ۲۰۱۲-۲۰۴۰ ..... ۱۴۰

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۱-۱ ساختار کلی پایان‌نامه ۷
نمودار ۱-۳ تغییرات متوسط دمای هوا در حوضه بار ۵۳
نمودار ۲-۳ نوسانات بارندگی ماهانه ایستگاه اریه (دوره شاخص) ۵۵
نمودار ۳-۳ نوسانات بارندگی ماهانه ایستگاه طاغان (دوره شاخص) ۵۶
نمودار ۴-۳ فرآیند ریزمقیاس‌نمایی در مدل SDSM ۵۹
نمودار ۱-۴ مقایسه میانگین سالانه تغییرات دما در دوره ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی A2 در ایستگاه اریه ۹۴
نمودار ۲-۴ مقایسه میانگین سالانه تغییرات دما در دوره ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی B2 در ایستگاه اریه ۹۴
نمودار ۳-۴ مقایسه میانگین سالانه تغییرات بارندگی در دوره ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی A2 در ایستگاه اریه ۹۹
نمودار ۴-۴ مقایسه میانگین سالانه تغییرات بارندگی در دوره ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی B2 در ایستگاه اریه ۱۰۰
نمودار ۵-۴ مقایسه میانگین سالانه تغییرات بارندگی در دوره ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی A2 در ایستگاه طاغان ۱۰۵
نمودار ۶-۴ مقایسه میانگین سالانه تغییرات بارندگی در دوره ارزیابی و تنظیم مدل SDSM تحت سناریوی B2 در ایستگاه طاغان ۱۰۵
نمودار ۷-۴ مقایسه میانگین ماهانه تغییرات دبی در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی A2 در زیرحوضه اریه ۱۰۸
نمودار ۸-۴ مقایسه میانگین ماهانه تغییرات دبی در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی B2 در زیرحوضه اریه ۱۰۹
نمودار ۹-۴ مقایسه میانگین ماهانه تغییرات دبی در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی A2 در زیرحوضه طاغان ۱۱۱
نمودار ۱۰-۴ مقایسه میانگین ماهانه تغییرات دبی در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی B2 در زیرحوضه طاغان ۱۱۲
نمودار ۱۱-۴ مقایسه میانگین ماهانه تغییرات دبی در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی A2 در زیرحوضه میانی ۱۱۶
نمودار ۱۲-۴ مقایسه میانگین ماهانه تغییرات دبی در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی B2 در زیرحوضه میانی ۱۱۶
نمودار ۱۳-۴ مقایسه میانگین ماهانه تغییرات دبی رودخانه بار در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی A2 ..... ۱۱۷

نمودار ۴-۱۴ مقایسه میانگین تغییرات ماهانه دبی رودخانه بار در دوره پایه و دوره آتی تحت سناریوی B2 ..... ۱۱۷
نمودار ۴-۱۵ حجم آب مورد نیاز در سال پایه برای هر یک از نقاط نیاز در مدل WEAP تحت سناریوی A2 ..... ۱۲۰
نمودار ۴-۱۶ حجم آب تامین شده در سناریو مرجع برای هر یک از نقاط نیاز در مدل WEAP تحت سناریوی A2 ..... ۱۲۱
نمودار ۴-۱۷ مقایسه حجم آب مورد نیاز در سناریوهای مرجع و افزایش سطح کشاورزی در WEAP تحت سناریوی A2 ..... ۱۲۳
نمودار ۴-۱۸ مقایسه درصد آب تامین شده در سناریوهای مرجع و افزایش سطح کشاورزی در WEAP تحت سناریوی A2 ..... ۱۲۴
نمودار ۴-۱۹ مقایسه حجم آب مورد نیاز در سناریوهای مرجع و پیشرفت صنعتی در WEAP تحت سناریوی A2 ..... ۱۲۵
نمودار ۴-۲۰ مقایسه درصد آب تامین شده در سناریوهای مرجع و پیشرفت صنعتی در WEAP تحت سناریوی A2 ..... ۱۲۵
نمودار ۴-۲۱ مقایسه حجم آب مورد نیاز در سناریوهای مرجع و افزایش جمعیت در WEAP تحت سناریوی A2 ..... ۱۲۶
نمودار ۴-۲۲ مقایسه درصد آب تامین شده در سناریوهای مرجع و افزایش جمعیت در WEAP تحت سناریوی A2 ..... ۱۲۷
نمودار ۴-۲۳ حجم آب مورد نیاز در سال پایه برای هر یک از نقاط نیاز در مدل WEAP تحت سناریوی B2 ..... ۱۲۸
نمودار ۴-۲۴ حجم آب تامین شده در سناریو مرجع برای هر یک از نقاط نیاز در مدل WEAP تحت سناریوی B2 ..... ۱۲۹
نمودار ۴-۲۵ مقایسه حجم آب مورد نیاز در سناریوهای مرجع و افزایش سطح کشاورزی در WEAP تحت سناریوی B2 ..... ۱۳۰
نمودار ۴-۲۶ مقایسه درصد آب تامین شده در سناریوهای مرجع و افزایش سطح کشاورزی در WEAP تحت سناریوی B2 ..... ۱۳۱
نمودار ۴-۲۷ مقایسه حجم آب مورد نیاز در سناریوهای مرجع و پیشرفت صنعتی در WEAP تحت سناریوی B2 ..... ۱۳۲
نمودار ۴-۲۸ مقایسه درصد آب تامین شده در سناریوهای مرجع و پیشرفت صنعتی در WEAP تحت سناریوی B2 ..... ۱۳۳
نمودار ۴-۲۹ مقایسه حجم آب مورد نیاز در سناریوهای مرجع و افزایش جمعیت در WEAP تحت سناریوی B2 ..... ۱۳۴
نمودار ۴-۳۰ مقایسه درصد آب تامین شده در سناریوهای مرجع و افزایش جمعیت در WEAP تحت سناریوی B2 ..... ۱۳۵

نمودار ۳۱-۴ مقایسه درصد ماهانه آب تامین شده در سناریوی افزایش سطح کشاورزی تحت سناریوهای اقلیمی A2 و B2 ..... ۱۳۷
نمودار ۳۲-۴ مقایسه درصد ماهانه آب تامین شده در سناریوی پیشرفت صنعتی تحت سناریوهای اقلیمی A2 و B2 ..... ۱۳۸
نمودار ۳۳-۴ مقایسه درصد ماهانه آب تامین شده در سناریوی افزایش جمعیت تحت سناریوهای اقلیمی A2 و B2 ..... ۱۳۹

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه:

آب به عنوان یکی از عناصر کلیدی در توسعه اجتماعی – اقتصادی کشورها بشمار می‌آید. هرچند منابع آب قابل دسترسی کم و بیش مقدار ثابتی است، ولی تقاضای آب به لحاظ رشد جمعیت، صنعت و کشاورزی و سایر نیازها رو به افزایش می باشد و بنابراین آب به عنوان یک منبع کمیاب بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک تلقی می‌گردد. از آنجایکه منابع آب مستقیماً می-تواند رشد و توسعه اجتماعی و اقتصادی را تحت تاثیر قرار دهد، به عنوان زیر بنای فعالیت‌های عمرانی محسوب می‌گردد.

تغییرات اقلیم به عنوان یکی از مهمترین معضلات قرن بیست‌ویکم، جامعه بشری را تحت تاثیر خود قرار داده است. پیامدهای ناشی از این پدیده اثرات مختلفی را در توسعه منابع آب و جنبه-های مختلف زندگی بشر ایجاد می‌نماید که از مهمترین آنها می‌توان به تغییر توزیع زمانی و مکانی بارش و نوع آن، جریان‌های سطحی، تبخیر، تغذیه سفره‌های آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب و افزایش سطح آب دریاها اشاره نمود که نهایتا بر اسکان بشر، تولیدات کشاورزی و استفاده از انرژی تاثیر می گذارد. لذا شناخت جامع منابع آب و بهره‌برداری بهینه از آن به عنوان یکی از مؤثرترین عوامل رشد و توسعه اقتصادی– اجتماعی بشمار می‌آید.

نظر به نقش تعیین کننده آب به عنوان یکی از عناصر اساسی در رشد و توسعه کشورها و همچنین تحولات اخیر در چرخه آب ناشی از تغییر اقلیم جهانی، بازنگری وضعیت موجود و تعیین پتانسیل منابع آبی کشور و برنامه‌ریزی جهت بهره‌برداری بهینه از کلیه امکانات به یک ضرورت بدون تردید تبدیل گردیده است. رشد سریع جمعیت و متناسب با آن افزایش نیاز آبی اعم از مصارف شرب، صنعت، کشاورزی و توسعه شهری و محدودیت‌های موجود ضرورت برنامه‌ریزی در جهت استفاده از این منبع حیات بخش را بیش از پیش ایجاب می‌نماید.

موضوع مدیریت منابع آب در کشورهای در حال توسعه یک پدیده پیچیده است که ناشی از عوامل مختلف اقتصادی- اجتماعی– فرهنگی و سیاسی می باشد. عواملی چون رشد فزاینده جمعیت و تقاضای سایر بخش‌های توسعه و محدودیت منابع آب شیرین، مدیریت بهینه منابع آب را در این کشورها با تنگناها و مشکلات جدی روبرو می‌سازد. علاوه بر آن تغییر اقلیم جهانی بر پیچیدگی و حساسیت موضوع افزوده است (رستم‌افشار، ۱۳۸۹). چهارچوب کنوانسیون بین اللملی سازمان ملل متحد، تغییراقلیم را به عنوان " تغییراتی از آب و هوا که بطور مستقیم یا غیر مستقیم منتصب به فعالیت‌های بشری است و منجر به تغییراتی روی ترکیب اتمسفر جهانی می‌شود، که روی تنوع آب و هوایی طبیعی مشاهده شده در یک دوره زمانی قابل مشاهده است" تعریف می‌کند (Holmes, 2007).

در دهه‌های اخیر، تغییراقلیم دربسیاری از نقاط جهان آثارخود رابه جای گذاشته و انتظار می-رود دردهه‌های آینده نیز، اثرات این تغییرات تشدید شود. ایران نیز ازاین تغییرات بزرگ مقیاس مستثنا نبوده و اثرات آن در بسیاری ازحوضه‌های آبریز کشور مشاهده شده است که این اثرات آن گاهی منجر به عدم ایستایی اطلاعات هیدرولوژیکی شده است (زهرایی و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به اندازه‌گیری و پیش بینی اثرات تغییر اقلیم روی منابع آب، بسیاری از سازمان‌های محلی، منطقه‌ای، ایالتی و بین‌المللی در سرتاسر جهان شروع به برنامه‌ریزی برای تغییر اقلیم نموده اند. مدیریت منابع آب می تواند یک نقش مهم در کاهش اثرات آینده تغییر اقلیم از طریق کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG[1]) ایفا کند. علاوه براین پروژه‌های منابع آب نیاز دارند بصورت انعطاف‌پذیر یا منطبق با اثرات تغییر اقلیم که غیر قابل اجتناب و در برخی از موارد قابل مشاهده هستند، باشند. برای ترکیب کردن تغییر اقلیم در برنامه‌ریزی منابع آب، درک اینکه، تغییر اقلیم چیست؟ چگونه اتفاق می افتد؟ و چگونگی کمی کردن آن در آینده مهم است.

[1]GreenHouse Gases