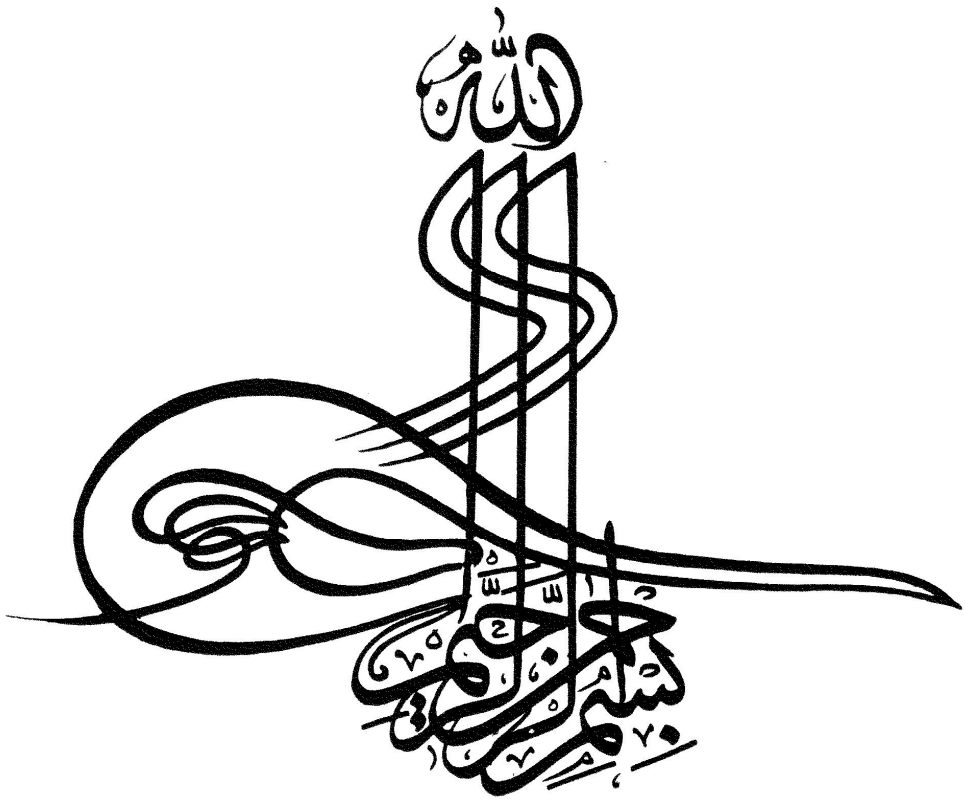
الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی علوم آب و خاک

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی‌ارشد در رشته
مهندسی کشاورزی- مهندسی منابع آب

اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی
(مطالعه موردی: زیرحوزه رودخانه قره سو)

پژوهش و نگارش:
محمدمهدی شاه‌نوریان

استاد راهنما:
دکتر موسی حسام

اساتید مشاور:
دکتر مهدی ذاکری‌نیا
دکتر خلیل قربانی

زمستان ۱۳۹۱

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های(رساله‌های) تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی و پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱- قبل از چاپ پایان نامه(رساله) خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲- در انتشار نتایج پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳- انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **محمدمهدی شاه‌نوریان** دانشجوی رشته **مهندسی منابع آب** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به

پدر و مادر مهربان

و

همسر عزیزم...

سپاسگزاری

حمد و سپاس مخصوص خدایی است که ما را به راهی که می خواست هدایت نمود و در راه محبت و عشق خود برانگیخت در حالی که از حدودی که برای ما معین نموده قدمی پیش و پس نتوانیم نهاد. حال که کار تدوین این پایان نامه به اتمام رسیده است بر خود لازم می دانم از استاد راهنمای خود جناب آقای **دکتر موسی حسام** قدردانی کنم. از اساتید مشاور این پایان نامه جناب آقای **دکتر مهدی ذاکری نیا و دکتر خلیل قربانی** که در تمام مراحل انجام این پروژه همچون پدری دلسوز مرا مورد لطف، عنایت و راهنمایی خویش قرار دادند، خاضعانه تشکر کنم. از اساتید فرزانه جناب آقای **دکتر مهدی مفتاح حلقی و دکتر حسین شریفان** که زحمت داوری این پایان نامه را به عهده گرفته اند صمیمانه قدردانی می کنم.

از همه دوستان عزیزم، همه همکلاسی های خوبم به پاس همه محبت هایی که در نگاه، گفتار و رفتارشان موج می زد، تشکر می کنم.

از همسر مهربانم که در مراحل انجام این تحقیق مرا یاری نموده اند سپاسگزارم.

در پایان بوسه می زنم بر دستان خداوندگاران مهر و مهربانی، **پدر و مادر عزیزم** و بعد از خدا ستایش می کنم وجود مقدس-شان را.

چکیده

پدیده تغییر اقلیم در سال‌های اخیر منجر به تغییرات قابل توجه در عناصر هواشناسی و در نتیجه وضعیت منابع سطحی و زیرزمینی تامین آب در نقاط مختلف شده‌است. با توجه به اینکه منابع زیرزمینی به عنوان یک منبع مطمئن تامین آب خصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک عمل می‌کند، این مساله باعث وارد شدن فشار و افت قابل توجه منابع زیرزمینی شده است. در این پژوهش، اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت گرگان واقع در شمال و شمال شرق ایران بررسی شده است. تامین آب بخش‌های مختلف منطقه به شدت به منابع زیرزمینی وابسته بوده و به همین دلیل بررسی تغییرات آب‌های زیرزمینی در دوره‌های آتی در توسعه این دشت و برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب آن حائز اهمیت می‌باشد. به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو(*GCM*) استفاده می‌شود. جهت انطباق مقیاس خروجی این مدل‌ها با مقیاس مورد نیاز مطالعات محلی تغییر اقلیم، داده‌های بارش و دما توسط مدل *LARS-WG* ریز مقیاس شده‌اند. از اطلاعات ریز مقیاس شده جهت تعیین مقادیر تغذیه و تخلیه آبخوان در دوره‌های آتی استفاده می‌شود. برای بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی در مقاطع مختلف، کد *MODFLOW* در محیط نرم افزار *PMWIN* توسعه داده شده‌است.نتایج مطالعه با فرض حفظ وضعیت موجود توسعه منطقه، حاکی از سیر نزولی حجم آبخوان با توجه به تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر منابع و مصارف محدوده مطالعاتی می‌باشد.

کلید واژه: تغییر اقلیم، آبخوان، *PMWIN*، ریزمقیاس کردن

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- تعریف مسئله و بیان اهمیت موضوع ۳
۱-۳- ضرورت انجام تحقیق ٤
۱-٤- اهداف تحقیق ٤
۳-۱- منطقه مورد مطالعه ۱٦
۳-۲- تغییر اقلیم و مفهوم آن ۱۷
۳-۲-۱- سناریوهای غیر اقلیمی ۱۹
۳- ۲- ۲- سناریوهای اقلیمی ۲۰
۳ – ۲ – ۳ – مدلهای *AOGCM* ۲۱
۳-۲-٤- معرفی مدل *LARS-WG* و سناریوهای مدل *HADCM3* ۲۲
۳- ۳- شبیه‌سازی سیستم آب زیرزمینی ۲٤
۳-۳-۱- نرم افزار *PMWIN* ۲۵
۳-۳-۲- مدل *Modflow* و مشخصات آن ۲٦
۳-۳-۲-۱- حل معادلات جریان آب زیرزمینی به روش تفاضل‌های محدود ۲۷
۳-۳-۲-۲- حل کننده‌های معادله جریان آب زیرزمینی ۲۹
۳-۳-۲-۳- بسته‌های هیدرولوژیکی محاسبه جریان آب زیرزمینی ۳۲
۳-٤- روش تحقیق ۳۷
۳-٤-۱- تهیه مدل ریاضی ۳۷
۳-٤-۱-۲- شرایط مرزی مدل ۳۸
۳-٤-۱-۳- پارامترهای هیدرودینامیکی ۳۸
۳-٤-۱-٤- داده‌های ورودی تغذیه و تخلیه آبخوان ۳۹
۳-٤-۱-۵- واسنجی مدل برای منطقه مورد مطالعه ۳۹
۳-٤-۲- پیش‌بینی اقلیم منطقه تحت پدیده تغییر اقلیم ٤۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-٤-۳- تاثیر تغییر اقلیم بر تغذیه و مصرف آب زیرزمینی ٤٠
۳-٤-۳-۱- محاسبه میزان تغذیه آب زیرزمینی ٤٠
۳-٤-۳-۲- محاسبه میزان برداشت آب زیرزمینی و اثر تغییر اقلیم بر آن ٤١
۳-٤-٤- شبیه‌سازی سیستم آب زیرزمینی تحت پدیده تغییر اقلیم ٤١
٤-۱- تولید داده‌های تغییر اقلیم ٤٤
٤-۱-۱- ارزیابی سناریوهای تغییر اقلیم در محدوده مطالعاتی ٤٤
٤-۱-۲- بررسی عملکرد مدل*Lars_WG* در شبیه‌سازی دما و بارندگی ٤٥
٤-۱-۳- محاسبه و اجرای سناریوهای تغییر اقلیم برای ایستگاه گرگان برای دوره آتی ٤٦
٤-۲- تهیه مدل ریاضی آبخوان ٥٤
٤-۲-۱- تطابق و تنظیم مدل ٥٤
٤-۲-۲- نتایج اجرای مدل واسنجی شده ٥٧
٤-۳- تعیین میزان تغذیه و مصرف آب زیرزمینی در دوره آتی ٦١
٤-٤- پیش‌بینی وضعیت آبخوان در دوره آتی تحت پدیده تغییر اقلیم ٦١
٥-۱- نتیجه گیری ٦٦
٥-۲- پیشنهادات ٦٨
منابع ٧٠

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱) ویژگی‌های مدل گردش عمومی جو و سناریوهای تغییر اقلیم LARS-WG ۲٤
جدول (٤-۱) مقادیر آماره‌های واسنجی جهت ارزیابی مدل LARS-WG در دوره پایه ۲۰۱۰-۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HadCM3..... ٤٥
جدول (٤-۲) تغییرات ماهانه پارامترهای اقلیمی ایستگاه گرگان در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰-۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HadCM3 ..... ۵۳
جدول (٤-۳) تغییرات ماهانه پارامترهای اقلیمی ایستگاه گرگان در دوره ۲۰٦۵-۲۰٤۵ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰-۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HadCM3 ..... ۵٤

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱ محدوده مطالعاتی ۱۷

شکل ٤-۱ روند تغییرات دما به‌طور سالانه ٤٤

شکل ٤-۲ تغییرات ماهانه دمای کمینه دوره ۲۰۳۰– ۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰– ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٤٦

شکل ٤-۳ تغییرات ماهانه دمای کمینه دوره ۲۰٦٥- ۲۰٤٥ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰– ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٤۷

شکل ٤-٤ تغییرات ماهانه دمای بیشینه دوره ۲۰۳۰– ۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰– ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٤۷

شکل ٤-٥ تغییرات ماهانه دمای بیشینه دوره ۲۰٦٥- ۲۰٤٥ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰ – ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٤۸

شکل ٤-٦ تغییرات ماهانه بارش دوره ۲۰۳۰– ۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰–۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٤۸

شکل ٤-۷ تغییرات ماهانه بارش دوره ۲۰٦٥- ۲۰٤٥ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰– ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٤۹

شکل ٤-۸ تغییرات فصلی دمای کمینه دوره ۲۰۳۰– ۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰– ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٤۹

شکل ٤-۹ تغییرات ماهانه دمای کمینه دوره ۲۰٦٥- ۲۰٤٥ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰– ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٥۰

شکل ٤-۱۰ تغییرات فصلی دمای بیشینه دوره ۲۰۳۰– ۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰– ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٥۰

شکل ٤-۱۱ تغییرات فصلی دمای بیشینه دوره ۲۰٦٥- ۲۰٤٥ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰– ۱۹۸٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٥۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ٤-١٢ تغییرات فصلی بارش دوره ٢٠٣٠- ٢٠١١ نسبت به دوره پایه ٢٠١٠-١٩٨٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٥١

شکل ٤-١٣ تغییرات فصلی بارش دوره ٢٠٦٥- ٢٠٤٥ نسبت به دوره پایه ٢٠١٠- ١٩٨٦ طبق سناریوهای مدل HADCM3 ..... ٥٢

شکل ٤-١٤ معیارهای عملکرد مدل کمی در دوره خشک برای سفره آزاد ٥٥

شکل ٤-١٥ معیارهای عملکرد مدل کمی در دوره تر برای سفره آزاد ٥٦

شکل ٤-١٦ معیارهای عملکرد مدل کمی در دوره خشک برای سفره تحت فشار ٥٦

شکل ٤-١٧ معیارهای عملکرد مدل کمی در دوره تر برای سفره تحت فشار ٥٧

شکل ٤-١٨ نقشه هم تراز آب زیرزمینی آبخوان سطحی محدوده مطالعاتی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای ٥٨

شکل ٤-١٩ نقشه هم فشار پیزومتری محدوده مطالعاتی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای ٥٨

شکل ٤-٢٠ نقشه هم تراز آب زیرزمینی حاصل از مدل در دوره خشک پایه ٥٩

شکل ٤-٢١ نقشه هم فشار پیزومتری حاصل از مدل در دوره خشک پایه ٥٩

شکل ٤-٢٢ نقشه هم تراز آب زیرزمینی حاصل از مدل در دوره تر پایه ٦٠

شکل ٤-٢٣ نقشه هم فشار پیزومتری حاصل از مدل در دوره تر پایه ٦٠

شکل ٤-٢٤ نقشه هم تراز آب زیرزمینی تحت سناریوی A1B در دوره ٢٠٣٠-٢٠١١ ..... ٦٢

شکل ٤-٢٥ نقشه هم فشار پیزومتری تحت سناریوی A1B در دوره ٢٠٣٠-٢٠١١ ..... ٦٢

شکل ٤-٢٦ نقشه هم تراز آب زیرزمینی تحت سناریوی A1B در دوره ٢٠٦٥-٢٠٤٥ ..... ٦٣

شکل ٤-٢٧ نقشه هم فشار پیزومتری تحت سناریوی A1B در دوره ٢٠٦٥-٢٠٤٥ ..... ٦٣

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

رشد صنایع و کارخانه‌ها از یک طرف و جنگل زدائی و تخریب محیط زیست از طرف دیگر طی دهه‌های اخیر باعث افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای شده است. این افزایش باعث برهم خوردن اقلیم کره زمین شده که از آن به تغییر اقلیم یاد می‌شود (هیئت بین الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). افزایش گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی می‌تواند پدیده تغییر اقلیم را تشدید کند و تبعات منفی گوناگونی بر سامانه‌های گوناگون از جمله منابع آب، کشاورزی، محیط زیست، بهداشت و صنعت و اقتصاد بر جای گذارد. از طرفی دیگر به منظور بررسی آثار مخرب آن بر سامانه‌های گوناگون، لازم است تا در ابتدا وضعیت اقلیم منطقه مورد بررسی، تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم مورد تحقیق قرار گیرد.

امروزه آب‌های شیرین به منابعی کمیاب تبدیل شده‌اند. بر اساس گزارش‌های سازمان هواشناسی جهانی (WMO) تنها ۲/۵ درصد از کل حجم آب موجود در زمین، آب شیرین می‌باشد (رنجان و همکاران، ۲۰۰۵). این درحالی است که جمعیت جهان به سرعت رو به افزایش است و پیشرفت‌های اقتصادی- اجتماعی نیاز روزافزون به منابع آبی را موجب می‌گردد. برای روبرو شدن با افزایش تقاضای آب و تامین آن علاوه بر آب‌های سطحی، استفاده از آب‌های زیرزمینی نیز به شدت در حال افزایش است با اینکه آب یک منبع تجدیدپذیر است، اما در مورد آب‌های زیرزمینی مدت زمان زیادی لازم است تا تلقات منابع آبی جبران شود.

اما آنچه امروزه باید در مطالعات پیش‌بینی و رفتارسنجی سیستم‌های آبی در نظر گرفت،پدیده گرم شدن کره زمین است که بر اساس تحقیقات صورت گرفته آن را به افزایش گازهای گلخانه ای نسبت داده‌اند. این پدیده که تغییر اقلیم نام دارد عبارت است از گرم شدن کره زمین،تغییر میزان بارش در مناطق مختلف که اغلب به صورت کاهشی می باشد، افزایش احتمال وقوع وقایع حدی نظیر سیل‌ها و خشکسالی‌ها، بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها و غیره.

تغییر اقلیم بر چرخه هیدرولوژی و در مرحله بعد بر کیفیت و کمیت منابع آب در مناطق مختلف اثر می‌گذارد. در حالیکه پدیده تغییر اقلیم از طریق تغییر متغیرهای اقلیمی اصلی بلند مدت شامل دما، بارش و تبخیر- تعرق بطور مستقیم بر منابع آب سطحی اثر می‌گذارد، رابطه بین این متغیرهای اقلیمی و آب زیرزمینی بسیار پیچیده‌تر می‌باشد. منابع آب زیرزمینی از طریق تعامل مستقیم با منابع آب سطحی مثل رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و تعامل غیرمستقیم از طریق روند تغذیه، با پدیده تغییر اقلیم در

ارتباط است. بنابراین تعیین آثار تغییر اقلیم بر آب زیرزمینی نه تنها نیاز به پیش‌بینی تغییرات متغیرهای اقلیمی اصلی دارد، بلکه نیازمند تخمین دقیق میزان تغذیه آب زیرزمینی است.

۱-۲- تعریف مسئله و بیان اهمیت موضوع

از دهه ۱۹۵۰ تا کنون، میزان دی‌اکسید کربن اتمسفر پیوسته افزایش یافته است (رنجان و همکاران، ۲۰۰۶). مهمترین تاثیر این افزایش بر روی درجه حرارت اتمسفر کره زمین بوده که در مراجع علمی از آن به عنوان گرم شدن سراسری نام برده شده‌است. این روند افزایشی، خصوصیات اقلیمی نظیر دما و بارش در مقیاس جهانی و منطقه‌ای به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. این دگرگونی اقلیمی که تحت تاثیر گازهای گلخانه‌ای رخ می‌دهد، تغییر اقلیم نام دارد.

تغییر اقلیم می‌تواند از طریق بارش، تبخیر- تعرق و رطوبت خاک آثار قابل توجهی بر چرخه هیدرولوژیک بگذارد. در اثر تبخیر- تعرق بیشتر و بارندگی افزون‌تر، چرخه هیدرولوژیک تشدید می‌شود. اما باید دانست که این افزایش بارندگی بطور مساوی در سراسر جهان توزیع نمی‌گردد، بطوریکه در برخی مناطق بشدت کاهش یافته و در برخی دیگر منجر به بارش‌های سیل‌آسا می‌گردد. همچنین در برخی مناطق موجب تغییر زمان فصل‌های خشک و تر می‌شود (IPCC, 2001).

واضح است که در چنین شرایطی، آگاهی داشتن ار آثار منطقه‌ای و جهانی پدیده تغییر اقلیم بر روندهای هیدرولوژیک و منابع آبی اهمیت زیادی می‌یابد. به دلیل اهمیت بالای این مسئله، موسسه‌ای به نام هیئت بین الدول تغییر اقلیم IPCC در سال ۱۹۸۸ توسط سازمان هواشناسی جهانی WMO و برنامه محیط زیست سازمان **ملل** UNEP تاسیس شد.هدف از شکل‌گیری این موسسه، بررسی همه جانبه پدیده تغییر اقلیم بخصوص چگونگی تاثیر فعالیت‌های انسانی بر آن بود(IPCC, 2001).

در حالی‌که بدلیل افزایش دمای هوا و کاهش نزولات جوی، میزان منابع آب شیرین رو به کاهش است، رشد جمعیت و مسائل پیچیده اقتصادی ، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی، مصرف هرچه بیشتر آب را طلب می‌کند. بطوریکه مصرف بیش از حد از این منبع حیاتی، موجب صدمات جبران ناپذیر کمی و کیفی آن شده‌است. مصرف بی رویه از این منابع آب و ورود احجام قابل توجه از پساب‌ها و فاضلاب‌ها به منابع آبی نه تنها موجب آلودگی محیط زیست و اشاعه بیماری می‌گردد، بلکه محدودیت‌های کمی منابع آب سالم را نیز در پی دارد.

یکی از مهمترین منابع تأمین آب شیرین مورد نیاز بشر، آب‌های زیرزمینی است، بطوریکه حدود یک سوم مصرف آب شیرین جهان را تامین می کند.

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

کشور ایران در منطقه گرم و خشک قرار گرفته است و از منابع آبی محدودی برخوردار است. در بسیاری از مناطق کشور، آب زیرزمینی منبع اصلی تامین آب شیرین محسوب می‌گردد.

مطالعات زیادی در زمینه آثار پدیده تغییر اقلیم بر مناطق مختلف جهان صورت گرفته‌است. در این مطالعات سناریوهای تغییر اقلیم با مدل‌های هیدرولوژیک جفت شده‌اند و میزان آثار تغییر اقلیم بر منابع آبی بررسی گردیده‌است. این مطالعات حاکی از آن است مناطقی که بیش از همه دچار تنش‌های آبی می‌شوند، در جنوب و شمال آفریقا، اطراف مدیترانه، خاورمیانه، جنوب آسیا، آمریکای مرکزی و بخش‌های وسیعی از اروپا تمرکز یافته‌اند (آرنل، ۱۹۹۹).

لازم به ذکر است که میزان تنش‌ها در آن مناطق یکسان نیست و خاورمیانه که ایران در آن واقع است یکی از پرتنش‌ترین مناطق از لحاظ آبی می‌باشد. لذا بر کارشناسان، محققان و مدیران آب کشور لازم است تا توجه بیشتری به تغییر اقلیم داشته و در برنامه‌ریزی‌ها و تدوین استراتژی‌های مدیریتی آن را درنظر بگیرند.این کار مستلزم پیش‌بینی رفتار سیستم‌های آبی کشور در مقابل پدیده تغییر اقلیم می‌باشد.

بر اساس آنچه آمد، حفظ و حراست از منابع آب زیرزمینی امری ضروری بوده و نیازمند برنامه‌ریزی‌های بلندمدت می‌باشد. برنامه‌ریزی بدون داشتن چشم‌اندازی از آینده امکان‌پذیر نیست.لذا انجام تحقیقاتی این چنین که در آن یک سیستم هیدروژئولوژیک شبیه‌سازی می‌شود و در پیش‌بینی‌های بلندمدت بکار می‌رود، امری ضروری است.

۱-٤- اهداف تحقیق

با توجه به آن‌چه آمد، در این تحقیق در نظر بوده است، در یک چهارچوب جامع که حتی الامکان کلیه مولفه‌های محاسباتی لازم، مرتبط با شبیه‌سازی یک سیستم هیدروژئولوژیک را دربرگیرد، به

بررسی آثار پدیده تغییر اقلیم بر این سیستم پرداخته شود و رفتار سیستم در طی سال‌های آینده پیش‌بینی گردد.

اهداف این تحقیق به اختصار عبارتند از:

۱. شبیه‌سازی یک سیستم هیدروژئولوژیک در حالت موجود

۲. تولید سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارندگی حوضه

۳. بررسی آثار تغییر اقلیم بر میزان تغذیه و مصرف آب زیرزمینی تحت تاثیر سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای

٤. پیش‌بینی رفتار سیستم هیدروژئولوژیک مورد بررسی، تحت تأثیر مقادیر مختلف تغذیه و مصرف آب زیرزمینی ناشی از تغییر اقلیم

فصل دوم

بررسی منابع

شرایط حاکم بر اجزا سیستم اقلیم کره زمین به دلیل برخی عوامل داخلی ناشی از کنش‌های متقابل بین اجزای سیستم اقلیم و نیز عوامل خارجی طبیعی ناشی از تابش خورشیدی، فعالیت‌های آتش‌فشانی و همچنین عوامل خارجی غیرطبیعی که منجر به افزایش غیرطبیعی گازهای گلخانه‌ای می‌شود، تغییر می‌کند. در این میان تنها عاملی که به صورت غیرطبیعی بر سیستم اقلیم کره زمین تاثیر می‌گذارد، افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. گازهای گلخانه‌ای نقش بسزایی در بروز تغییرات دمای کره زمین ایفا می‌کنند. بعد از انقلاب صنعتی نیمه قرن ۱۸ میزان تولید گازهای گلخانه‌ای به دلیل پیشرفت‌های صنعتی و استفاده بیشتر از سوخت‌های فسیلی سرعت گرفت و این روند افزایشی تا امروز نیز ادامه دارد. این گازها مانع از خروج امواج تابشی کره زمین از اتمسفر شده و در نتیجه دمای کره زمین را بالا می‌برند. افزایش دمای کره زمین نیز به نوبه خود بر دیگر اجزای سیستم اقلیم کره زمین تاثیر گذاشته و منجر به پدیده تغییر اقلیم می‌گردد.

هیئت بین دول تغییر اقلیم (*IPCC*) که در سال ۱۹۸۸ توسط سازمان هواشناسی جهانی (*WMA*) و برنامه محیط زیست سازمان ملل (*UNEP*) و به منظور بررسی همه جانبه پدیده تغییر اقلیم تاسیس شد، اولین سناریوهای انتشار را در سال ۱۹۹۲ با نام *IS92* ارائه کرد. سناریوی انتشار در حقیقت یک سناریوی غیر اقلیمی است که حاوی اطلاعاتی از وضعیت اقتصادی- اجتمای و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کره زمین است. در سناریوهای *IS92* مقادیر گازهای گلخانه‌ای با نرخی ثابت تا سال ۲۱۰۰ افزایش می‌یابد.در سال ۱۹۹٦، *IPCC* سری جدید سناریوهای انتشار را به منظور به روز کردن و جایگزینی سناریوهای *IS92* با نام *SRES* ارائه داد که شامل ٤٠ زیر سناریو می‌شد و در فصل بعد توضیحات بیشتری در این مورد آورده شده است.

بر اساس آنچه گفته شد، در میان دانشمندان اعتقاد به افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای و به دنبال آن افزایش میانگین دمای سطحی اتمسفر کره زمین قویا تأیید می‌شود. اما چگونگی تغییر متغیرهای اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای دقیقا مشخص نیست. از آنجا که پیش بینی وضعیت اقلیم منطقه‌ای تحت پدیده تغییر اقلیم مشکل است، سناریوهای اقلیمی شکل گرفته‌اند که وضعیت‌های ممکن اقلیم آینده را نشان می‌دهند. روش‌های مختلف برای تولید سناریوهای اقلیمی وجود دارد که در اینجا به نام آنها بسنده شده و در فصل ۳ توضیحات بیشتری در این زمینه ارائه شده است. این روش‌ها شامل تولید سناریوهای مصنوعی، استفاده از روش‌های آماری و در نهایت استفاده از مدل‌های سه بعدی جفت شده اقیانوس- اتمسفر گردش عمومی جو (*AOGCM*) می‌باشد. تعداد مدل‌های *AOGCM* در

گزارش سوم *IPCC* (۲۰۰۰) برابر هفت مدل می‌باشد و در گزارش چهارم (۲۰۰۷) به ۲۱ مدل می‌رسد.

در سال ۱۹۹۷، برنامه تحقیق تغییرات جهانی ایالات متحده (*SGCRP*)، شروع به ازریابی شاخص‌های تغییر اقلیم برای ایالات متحده آمریکا نمود. این ارزیابی ملی نتایج و اثرات بالقوه تغییر اقلیم، بر پایه یک سری از ارزیابی‌های منطقه‌ای و محلی شکل گرفت (*Nast ,2001*). سناریوهای تغییر اقلیم که بدین منظور انتخاب شده است، بر پایه شبیه‌سازی‌های مدل چرخش عمومی (*GCM*) می‌باشد که توسط *United Kingdoms Hadley Center* برای پیش‌بینی اقلیمی (*Hadcm2*) و مرکز اقلیمی کانادا (*CGCM1*) ارائه گردیده است. در تحقیقی که توسط جمع کثیری از محققین در *NAST* صورت گرفته، برخی از آثار تحمیلی تغییر اقلیم برشمرده شده‌است که عبارتند از: تغییر رقوم سطح دریاها که در برخی مناطق منفی و در برخی مناطق مثبت است (*IPCC, 2007*). اما در اکثر مناطق روند رو به رشدی دارد و متوسط تراز آب اقیانوس‌ها افزایش یافته است. نتیجه دیگر، طوفان‌های ساحلی می‌باشد که در برخی مناطق، شدت، سرعت و قدرت بادهای آن افزایش خواهد یافت و در برخی مناطق میزان آن کمتر خواهدشد. طوفان‌های ساحلی و امواج ناشی از آن بدون توجه به تغییرات پتانسیل فراوانی و شدت آن‌ها، موجب بالاتر آمدن سطح آب دریاها شده و زخم خوردگی خط ساحلی را افزایش می‌دهد. اثر دیگر تغییر اقلیم بر جریان‌های آب شیرین می‌باشد، به طوری‌که هر دو مدل *Hadley* و *CGCM* متفق بر افزایش میزان وقایع حدی بارندگی در آمریکا هستند که این مسئله می‌تواند به‌طور شاخصی بار شیمیایی و رسوبی را که به سمت دریا انتقال می‌یابد افزایش دهد و تعادل سواحل را بر هم زند. یکی دیگر از آثار تغییر اقلیم در مورد سواحل که در تغییر فوق الذکر به آن اشاره شده‌است، بالا رفتن دمای اقیانوس‌ها و آب شدن یخ‌ها می‌باشد که در این زمینه نتایج حاصل از مدل‌های *GCM* هماهنگی کاملی با داده‌های مشاهده‌ای دارند. نتیجه نهایی مربوط به چرخش آب اقیانوس‌ها می‌باشد که در پاسخ به تغییرات دمایی، بارندگی، رواناب، شوری و باد تغییر خواهد یافت و موجب تغییر اکوسیستم سواحل خواهدشد. آنها در مطالعات خود آسیب‌های بالقوه‌ای را که بر سیستم‌های ساحلی و دریایی نظیر خط ساحلی و مناطق توسعه‌یافته نزدیک آن، آبخیزهای ساحلی، خلیج‌ها، اکوسیستم‌های تپه مرجانی، اکوسیستم‌های حاشیه اقیانوس و منابع ماهیگیری وارد می‌آید، بررسی نمودند و در نهایت روش‌های تطبیق یافتن با این آسیب‌ها و نیز استراتژی‌های تقلیدی را مورد ارزیابی قرار دادند. این محققان به این نتیجه رسیدند که اثرات اقلیمی بر روی رشته وسیعی از

فشارهای کنونی و موضوعات مهم فعلی قرار خواهدگرفت و با آن‌ها در تعامل خواهدبود. این فشارها شامل بارهای نیتراتی اضافی، ماهیگیری بیش از اندازه، انتشار و پیشروی نامطلوب گونه‌ها، خرابی و ویرانی جایگاه‌های اصلی حیات و ترکیبات شیمیایی سمی می‌باشد (اسکاویا و همکاران، ۲۰۰۲).

در یکی از مطالعات انجام شده در مورد اثر تغییر اقلیم بر تغذیه آب زیرزمینی، روشی برای تخمین تغذیه آب زیرزمینی ارائه‌گردید که آثار مستقیم و غیر مستقیم تغییر اقلیم و تغییرات اجتماعی- اقتصادی و عدم قطعیت‌های موجود و نقص‌های بالقوه‌ای که در ارتباط با تعیین میزان تغذیه در آینده و مطالعات مدل‌سازی آب زیرزمینی وجود دارد، در آن دخیل است (هولمن و همکاران، ۲۰۰۵). در این پژوهش از روش تحقیقی استفاده‌شد که مطالعات منطقه‌ای اثرات تغییر اقلیم و پاسخ‌های آن در شرق و شمال غربی انگلستان برای بررسی آثار منطقه‌ای تغییر اقلیم ارائه داده بود. این روش در مقیاس محلی و منطقه‌ای اثرات تغییرات اقلیم را به‌صورت شفافی ارزیابی نموده و گزینه‌های تطبیق و تعامل بین بخش‌های اصلی ناشی از تغییرات کاربری اراضی نظیر بخش‌های ساحلی، کشاورزی، آبی و حیات وحش را بررسی می‌نماید. ایشان از میان چندین ساختار ارزیابی جامع موجود، روشی به نام ***DPSIR*** که توسط آژانس محیط زیست اروپا در سال ۱۹۹۸ ارائه شده‌بود را برای تعریف مراحل مختلف روش پیشنهادی ***RegIS***، انتخاب نمود. در روش ***DPSIR***، محرک‌ها، دلایل خارجی اصلی تغییرات محیطی نظیر شرایط اقلیمی و اقتصادی- اجتماعی، سیاست‌های ملی و بین‌المللی هستند. فشارها، متغیرهایی هستند که محرک‌ها را به کمیت در می‌آورند، نظیر دما، بارش برای تغییر اقلیم و جمعیت، وام‌های دولتی و غیره برای تغییرات اجتماعی- اقتصادی، که این‌ها در مقیاس منطقه‌ای، به‌صورت سناریوهای کمی به کار می‌رود. وضعیت‌ها، متغیرها یا شاخص‌هایی هستند که حساسیت سیستم را نسبت به متغیرهای فشار نشان می‌دهند مثل منابع آب زیرزمینی، جریان رودخانه‌ها وسطوح کاربری اراضی. اثرات، اندازه‌است که نشان می‌دهد متغیرهای وضعیت چه زمانی به یک اندازه خاص رسیده‌اند مانند حداقل رقوم آب زیرزمینی و پاسخ‌ها، موارد تطبیقی برنامه‌ریزی شده هستند که هدف آن‌ها به حداقل رساندن اثرات منفی و یا بالعکس می‌باشد. هولمن در تحقیق خود از بخشی از روش ***RegIs*** استفاده‌کرده که مربوط به تغذیه آب زیرزمینی می‌باشد. او از مدل ***Hadcm2*** برای تولید سناریوهای اقلیمی استفاده‌کرد و تحت دو سناریوی انتشار پایین و بالا اقدام به پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در ۵۰ سال آینده نمود. او در مدل‌سازی خود، سیل خیزی ساحلی و رودخانه‌ای و تأثیر آن بر کاربری اراضی کشاورزی و موارد دیگری را در نظر گرفت. نتیجه حاصل از این تحقیق بیانگر آن بود که در مورد