بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

آثار تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط مدل جامع هیدرولوژیک هیدروژئوسفر در دشت همدان- بهار

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی

حسین طالب‌مراد

اساتید راهنما

دکتر جهانگیر عابدی کوپائی

دکتر سید سعید اسلامیان

بهمن ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

آثار تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط مدل جامع هیدرولوژیک هیدروژئوسفر در دشت همدان- بهار

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی

حسین طالب‌مراد

اساتید راهنما

دکتر جهانگیر عابدی کوپائی

دکتر سید سعید اسلامیان

بهمن ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبیاری و زهکشی آقای حسین طالب‌مراد

تحت عنوان:

آثار تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط مدل جامع هیدرولوژیک هیدروژئوسفر در دشت همدان- بهار

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۳۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر جهانگیر عابدی کوپائی
۲- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر سید سعید اسلامیان
۳- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر سید فرهاد موسوی
۴- استاد مشاور پایان‌نامه	مهندس سید حسین سقائیان نژاد
۵- استاد داور	دکتر منوچهر حیدرپور
۶- استاد داور	دکتر سعید سلطانی کوپائی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر احمد ریاسی

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را به خاطر تمام آنچه که داد و تمام آنچه که نداد. سپاس خدای را به خاطر بصیرتی که به من عطا کرد تا بر جهل خویش آگاه باشم وسپاس خدای را به خاطر اراده ای که در وجودم نهاد که تا لحظه ی مرگ از پای نایستم.

از پدر، مادر و خواهران و برادرم که همواره حمایت‌های بی‌دریغ آنها مایه دلگرمی من بوده است سپاسگزارم. از اساتید راهنمای بزرگوارم آقای دکتر عابدی و آقای دکتر اسلامیان که در تمام مراحل پایان‌نامه در کنار من بودند و افتخار شاگردی ایشان را داشتم بی‌نهایت ممنون و سپاسگزارم. از اساتید ارجمند آقای دکتر موسوی و مهندس سقائیان‌نژاد که زحمت مشاورت این پایان نامه را به عهده داشتند متشکرم. از آقای دکتر حیدرپور و آقای دکتر سلطانی کوپائی که زحمت بازخوانی و داوری این پایان‌نامه را به عهده داشتند نهایت تشکر را دارم. از خانم دکتر اخوان که در تمامی مراحل تحقیق از کمک‌های بی‌دریغ ایشان بهره‌مند بودم بی‌نهایت ممنون و سپاسگزارم. از آقای مهندس فرزانه، مهندس قاسمی‌زاده، کلیه‌ی کارکنان بخش مطالعات آب منطقه‌ای استان همدان و سازمان هواشناسی استان همدان و دیگر کسانی که مرا در انجام این پایان‌نامه یاری کردند صمیمانه تشکر می‌کنم.

در پایان از آقایان کرد نظیری، احمد نژاد، عابدیان، پاک نیت، نوروزی، گل‌محمدی و دیگر دوستان و همکلاسی‌هایم تشکر می‌کنم و آرزوی توفیق روز افزون برایشان دارم.

حسین طالب‌مراد

بهمن ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و

نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه

متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به :

پدر و مادرم

آنان که

برایشان جز رنج و سختی نبودم

و برایم جز مهر و رحمت نبودند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت
چکیده ۱

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع

۱-۱ کلیات ۲
۱-۲ تغییر اقلیم ۴
۱-۲-۱ اقلیم ۴
۱-۲-۲ سامانه اقلیمی ۵
۱-۲-۳ دگرگونی اقلیمی و سنجش آن ۵
۱-۲-٤ اثر گلخانه‌ای و گرمایش جهانی ۹
۱-۲-۵ دگرگونی اقلیم در انجمن‌های جهانی ۱۰
۱-۲-٦ تعریف تغییر اقلیم ۱۲
۱-۲-۷ آثار پدیده تغییر اقلیم بر منابع آب ۱۲
۱-۲-۸ مدل‌های چرخش عمومی (GCM) ۱۴
۱-۲-۹ سناریوهای تغییر اقلیم ۱۵
۱-۲-۱۰ کوچک مقیاس کردن ۱۸
۱-۲-۱۱ مروری بر تحقیقات گذشته در مورد تغییر اقلیم ۲۰
۱-۲-۱۲ معرفی مدل LARS-WG ۲۵
۱-۳ مدل‌سازی هیدرولوژیک ۲۶
۱-۳-۱ تعریف مدل ۲۶
۱-۳-۲ معرفی مدل هیدروژئوسفر ۲۶
۱-۳-۳ سابقه تحقیقات انجام شده با مدل HGS ۲۷
۱-۴ سابقه تحقیق ۲۹
۱-۵ ضرورت انجام تحقیق ۳۱
۱-۶ نوآوری‌های تحقیق ۳۲
۱-۷ نرم افزارهای مورد استفاده ۳۲

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱ معرفی منطقه مورد مطالعه ۳۴
۲-۱-۱ مقدمه ۳۴
۲-۱-۲ مشخصات عمومی ۳۵
۲-۱-۳ وضعیت هواشناسی حوضه آبریز همدان- بهار ۳۵

۲-۱-٤ آب‌های سطحی ۳۷
۲-۱-۵ هیدروژئولوژی ۳۹
۲-۲ مراحل تحقیق: ۴۴
۲-۲-۱ جمع آوری اطلاعات ۴۵
۲-۲-۲ مدل‌سازی هیدرولوژیک ۴۶
۲-۲-۳ ساخت مدل مفهومی ۵۳
۲-۲-٤ شرایط مرزی ۵۸
۲-۲-۵ واسنجی مدل و اعتبار سنجی ۶۱
۲-۳ تولید سناریوهای اقلیمی ۶۴
۲-۳-۱ سناریوهای تغییر اقلیم IPCC ۶۴
۲-۳-۲ تشریح مدل LARS-WG ۶۵
۲-۳-۳ توابع کلیدی مدل ریز مقیاس سازی LARS-WG ۶۹
۲-۳-٤ ایجاد داده‌های هواشناسی مصنوعی ۷۲

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱ بررسی پارامترهای اقلیمی منطقه ۷۴
۳-۲ ارزیابی پارامترهای اقلیمی تولید شده توسط مدل LARS-WG ۸۵
۳-۲-۱ خطای مطلق داده‌های کوچک مقیاس شده توسط مدل ۸۵
۳-۲-۲ تحلیل عدم قطعیت پارامترهای کوچک مقیاس شده ۸۷
۳-۳ تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای جوی ۹۰
۳-۳-۱ سناریوی A1B ۹۰
۳-۳-۲ سناریوی A2 ..... ۹۳
۳-۳-۳ سناریوی B1 ..... ۹۶
۳-۴ نتایج واسنجی مدل HGS ۹۹
۳-۴-۱ نتایج اجرای مدل در حالت ماندگار ۹۹
۳-۴-۲ نتایج اجرای مدل در حالت غیر ماندگار ۱۰۰
۳-۵ آثار پدیده تغییر اقلیم بر منابع آب حوضه آبریز همدان- بهار ۱۱۱

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۴-۱ نتیجه‌گیری ۱۱۶
۴-۲ پیشنهادها ۱۱۸
منابع ومآخذ ۱۲۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

۱-۱. نوسانات افزایش گاز دی‌اکسیدکربن در سال‌های ۱۹۵۸تا ۲۰۰۵، ایستگاه مونالو، هاوایی ۱۰
۲-۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان همدان ۳۶
۲-۲. نقشه DEM، شبکه جریان وموقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری دشت همدان - بهار ۳۸
۲-۳. آبنمود معرف آب زیرزمینی دشت همدان- بهار در سال‌های آبی ۸۷-۱۳۷۰ ..... ٤۰
۲-٤. نقشه قابلیت انتقال دشت همدان- بهار ٤۱
۲-۵. نقشه موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای و مرزآبخوان در محدوده مطالعاتی ٤۳
۲-٦. نقشه بافت خاک دشت همدان- بهار ٤٤
۲-۷. طرح شماتیک مراحل انجام تحقیق ٤۵
۲-۸. نقشه موقعیت چاه‌های برداشت وارد شده به مدل ۵۵
۲-۹. نقشه سنگ کف آبخوان ۵۵
۲-۱۰. شبکه‌بندی افقی ایجاد شده برای حوضه توسط مدل GMS ۵٦
۲-۱۱. شبکه‌بندی سه بعدی ایجاد شده توسط HGS.(مقیاس ارتفاعی ۱۰ برابر مقیاس افقی است) ۵۷
۲-۱۲. نقشه کاربری ارلضی ٦۰
۲-۱۳. نقشه پوشش گیاهی ٦۰
۲-۱٤. نقشه هدایت هیدرولیکی آبخوان ٦۰
۳-۱. نمودار توزیع داده‌های حداقل دمای مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۷٦
۳-۲. نمودار توزیع داده‌های حداقل دمای مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۷۷
۳-۳. نمودار توزیع داده‌های حداقل دمای مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۷۸
۳-٤. نمودار آزمون کلوموگرف- اسمیرنف حداقل دمای مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۷۹
۳-۵. نمودار آزمون کلوموگرف- اسمیرنف حداکثر دمای مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۸۰
۳-٦. نمودار آزمون کلوموگرف- اسمیرنف بارندگی روزانه مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۸۱
۳-۷. نمودار تابع خودهمبستگی دمای حداقل مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۸۲
۳-۸. نمودار تابع خودهمبستگی دمای حداقل مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۸۳
۳-۹. نمودار تابع خودهمبستگی دمای حداکثر مشاهده شده ایستگاه سینوپتیک همدان ۸٤
۳-۱۰. خطای مطلق داده‌های کوچک مقیاس شده بارندگی ۸٦
۳-۱۱. خطای مطلق داده‌های کوچک مقیاس شده دمای حداقل ۸٦
۳-۱۲. خطای مطلق داده‌های کوچک مقیاس شده دمای حداکثر ۸٦
۳-۱۳. مقایسه میانگین بوت استرپ و مشاهده شده دمای حداکثر ۸۸
۳-۱٤. مقایسه میانگین بوت استرپ و مشاهده شده دمای حداقل ۸۸
۳-۱۵. مقایسه میانگین بوت استرپ و مشاهده شده بارش ۸۸
۳-۱٦. مقایسه واریانس بوت استرپ و مشاهده شده دمای حداکثر ۸۹

۳-۱۷. مقایسه واریانس بوت استرپ و مشاهده شده دمای حداقل ۸۹
۳-۱۸. مقایسه میانگین بوت استرپ و مشاهده شده بارش ۹۰
۳-۱۹. میانگین بارندگی برآورد شده براساس سناریوی A1B در دوره‌های زمانی آتی ۹۱
۳-۲۰. میانگین دمای حداقل برآورد شده براساس سناریوی A1B در دوره‌های زمانی آتی ۹۱
۳-۲۱. میانگین دمای حداکثر برآورد شده براساس سناریوی A1B در دوره‌های زمانی آتی ۹۱
۳-۲۲. میانگین بارندگی برآورد شده براساس سناریوی A2 در دوره‌های زمانی آتی ۹۴
۳-۲۳. میانگین دمای حداقل برآورد شده براساس سناریوی A2 در دوره‌های زمانی آتی ۹۴
۳-۲۴. میانگین دمای حداکثر برآورد شده براساس سناریوی A2 در دوره‌های زمانی آتی ۹۴
۳-۲۵. میانگین دمای حداکثر برآورد شده براساس سناریوی B2 در دوره‌های زمانی آتی ۹۷
۳-۲۶. میانگین بارندگی برآورد شده براساس سناریوی B2 در دوره‌های زمانی آتی ۹۷
۳-۲۷. میانگین دمای حداقل برآورد شده براساس سناریوی B2 در دوره‌های زمانی آتی ۹۷
۳-۲۸. تراز سطح ایستابی مشاهده شده و محاسبه شده برای چاه‌های مشاهده‌ای موجود در منطقه در پایان اجرای حالت ماندگار ۹۹
۳-۲۹. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای ینگیجه ۱۰۳
۳-۳۰. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای مریانج ۱۰۳
۳-۳۱. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای جاده کرمانشاه ۱۰۳
۳-۳۲. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای صالح آباد بهار ۱۰۴
۳-۳۳. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای آبرومند ۱۰۴
۳-۳۴. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای صالح آباد ۱۰۴
۳-۳۵. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای بهادربیک ۱۰۵
۳-۳۶. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای آغچه خرابه ۱۰۵
۳-۳۷. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای هارون آباد ۱۰۵
۳-۳۸. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای حسام آباد ۱۰۶
۳-۳۹. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای لاله جین ۱۰۶
۳-۴۰. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای کریم آباد ۱۰۶
۳-۴۱. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای گنج تپه ۱۰۷
۳-۴۲. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای دهنگرد ۱۰۷
۳-۴۳. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای لتگاه ۱۰۷
۳-۴۴. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای حصار امام ۱۰۸
۳-۴۵. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای حسن آباد ۱۰۸
۳-۴۶. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای ده پیاز ۱۰۸
۳-۴۷. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای جورقان ۱۰۹
۳-۴۸. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای کارخانه چینی ۱۰۹
۳-۴۹. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای بهرام آباد امزاجرد ۱۰۹

۳-۵۰. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای دستجرد ۱۱۰
۳-۵۱. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای لاله جین جمشید آباد ۱۱۰
۳-۵۲. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای یکن آباد ۱۱۰
۳-۵۳. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی چاه مشاهده‌ای حسین آباد ۱۱۱
۳-۵٤. سری زمانی صحت سنجی و اعتبار سنجی ایستگاه هیدرومتری کوشک آباد ۱۱۱
۳-۵۵. منحنی تغییرات سطح آب زیرزمینی تحت سناریوهای مختلف ۱۱۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

۱-۱. مقایسه کوچک مقیاس کردن به دو روش آماری و دینامیکی ۱۹
۱-۲. منابع آب و تخلیه منابع آب زیرزمینی دشت همدان – بهار ٤٠
۲-۲. مشخصات چاههای مشاهده‌ای ٤۲
۲-۳. پارامترهای به کار رفته در مدل‌سازی ۵۸
۲-٤. غلظت گاز CO_2 در سناریوهای مختلف انتشار در دهه‌های آینده (ppm) ٦۵
۳-۱. میانگین و انحراف معیار پارامترهای جوی مشاهده شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل LARS-WG ۸۵
۳-۲. نتایج آزمون ویلکاکسون برای مقایسه تفاوت میانگین‌های داده‌های مشاهده‌ای و کوچک مقیاس شده در سطح اطمینان ۹۵٪ ۸۷
۳-۳. تغییرات میانگین بارندگی برآورد شده براساس سناریوی A1B در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۲
۳-٤. تغییرات میانگین دمای حداقل برآورد شده براساس سناریوی A1B در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۲
۳-۵. تغییرات میانگین دمای حداکثر برآورد شده براساس سناریوی A1B در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۲
۳-٦. تغییرات میانگین بارندگی برآورد شده براساس سناریوی A2 در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۵
۳-۷. تغییرات میانگین دمای حداقل برآورد شده براساس سناریوی A2 در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۵
۳-۸. تغییرات میانگین دمای حداکثر برآورد شده براساس سناریوی A2 در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۵
۳-۹. تغییرات میانگین بارندگی برآورد شده براساس سناریوی B1 در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۸
۳-۱. تغییرات میانگین دمای حداقل برآورد شده براساس سناریوی B1 در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۸
۳-۱۱. تغییرات میانگین دمای حداکثر برآورد شده براساس سناریوی B1 در دوره‌های زمانی آتی نسبت به دوره پایه ۹۸
۳-۱۲. مقادیر نهایی واسنجی پارامترهای جریان زیر سطحی ۱۰۱
۳-۱۳. مقادیر نهایی واسنجی پارامتر ضریب زبری افقی مانینگ ۱۰۱
۳-۱٤. مقادیر نهایی واسنجی پارامترهای تبخیر و تعرق ۱۰۱
۳-۱۵.معیارهای ارزیابی مدل در چاه‌های مشاهده‌ای در حالت غیر ماندگار ۱۰۲
۳-۱٦. معیارهای ارزیابی مدل در ایستگاه هیدرومتری کوشک آباد در حالت غیر ماندگار ۱۰۲
۳-۱۷. مؤلفه‌های بیلان محاسبه شده تحت سناریوها و در بازه‌های زمانی مختلف ۱۱۵

چکیده

تخمین آثار پدیده تغییر اقلیم بر منابع آب یکی از دشوارترین مسائل پیش روی متخصصین منابع آب است. یکی از این دشواری‌ها این است که ساده‌سازی‌هایی که عموما در روابط هیدرولوژیک انجام می‌شود، موجب بروز تناقض در پیش‌بینی‌ها می‌شود. این مطالعه یک روش کار پیشرفته برای بررسی تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و زیرزمینی را ارائه می‌دهد. در این روش، از یک مدل جریان سطحی و زیرزمینی در ترکیب با سناریوهای پیشرفته تغییر اقلیم برای حوضه آبریز همدان- بهار (۲٤٥٦ کیلومتر مربع) استفاده شده است. در این مطالعه، مدل‌سازی مزدوج جریان سطحی – زیرزمینی توسط برنامه هیدروژئوسفر انجام شد. حل همزمان معادلات جریان سطحی و زیرزمینی در هیدروژئوسفر و همچنین محاسبه تبخیر و تعرق واقعی که به عنوان تابعی از رطوبت خاک در هرگره از منطقه تبخیر تعریف شده، شبیه‌سازی فرایندهای وابسته به یکدیگر مانند تغذیه آبخوان را که جزو دشوارترین مباحث در زمینه تغییر اقلیم است را بهبود می‌بخشد. مدل‌های ساده‌تر یا مدل هایی که نواحی جریان سطحی و زیر سطحی را جداگانه مدل می کنند قادر به ارائه این سطح از واقع گرایی نیستند. در این تحقیق، از نتایج شبیه‌سازی تغییر اقلیم توسط مدل گردش عمومی جو HADCM3 با فرض سناریوهای انتشار A2، B1 و A1B ارائه شده در SRES استفاده شده است. این سناریوهای تغییر اقلیم توسط مدل آماری LARS-WG برای منطقه مورد مطالعه کوچک مقیاس شد. تحلیل داده‌های اقلیمی مشاهده‌ای حاکی از نرمال نبودن داده‌های بارندگی روزانه مشاهده شده و وجود خودهمبستگی در داده‌های دمای حداقل وحد اکثر روزانه مشاهداتی بود. به همین دلیل برای مقایسه داده‌های مشاهده‌ای و تولید شده با مدل LARS-WG از روش‌های غیر پارامتری استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌های مشاهده‌ای و تولید شده و همچنین تحلیل عدم قطعیت پارامترهای اقلیمی تولید شده، مؤید توانایی مدل کوچک مقیاس‌سازی LARS-WG بود. در مرحله صحت سنجی، ابتدا برای به دست آوردن شرایط اولیه، با استفاده از میانگین ۲۰ ساله داده‌های بارندگی و برداشت از آبخوان، مدل هیدروژئوسفر در حالت ماندگار اجرا شد. در ادامه، برای اجرای مدل در حالت غیرماندگار و ارزیابی عملکرد آن در اعمال تنش‌های روزانه، مدل در بازه زمانی ۱۳۸٤- ۱۳۷۱ اجرا و اصلاحات لازم در پارامترهای به کار رفته اعمال شد. نتایج اعتبار سنجی مدل هیدروژئوسفر که در بازه زمانی ۱۳۸۹- ۱۳۸۵ انجام شد، بیانگر توانایی این مدل در شبیه‌سازی هیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه بود. بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده در سناریوهای تغییر اقلیم، به استثنای سناریوی A2 که در بازه زمانی ۲۱۰۰-۲۰۷۱ میلادی میزان بارندگی کمتر از دوره پایه شد، در آینده شاهد افزایش دما و بارندگی در منطقه مورد مطالعه خواهیم بود. بیشترین افزایش در میانگین سالانه ی دمای حداقل و حداکثر در سناریوی A2 (به ترتیب ٤/۷٥ و ٤/٦۳ درجه سانتیگراد) و کمترین افزایش در میانگین سالانه دمای حداقل و حداکثر دمای روزانه در سناریوی B1 اتفاق افتاد (به ترتیب ۲/۸۱ و۲/٦۹ درجه سانتیگراد). بیشترین افزایش در میانگین بارندگی سالانه در بازه زمانی ۲۰٤۰-۲۰۱۱ میلادی سناریوی B1 (۱۹٪) و بیشترین کاهش در میانگین بارندگی سالانه در بازه ۲۱۰۰-۲۰۷۱ سناریوی A2 (۸٪) اتفاق افتاد. شبیه سازی جامع هیدرولوژیک پیش‌بینی کننده افت قابل توجه سطح آب زیرزمینی تا سال ۲۱۰۰ میلادی بود. حداقل و حداکثر افت سطح آب زیرزمینی به تر تیب در سناریوهای B1 (۷ متر) و A2 (۹ متر) رخ داد. ضمنا بر اساس این شبیه‌سازی، تغییر چندانی در سهم اجزای بیلان هیدرولوژیک حوضه در طول دوره شبیه سازی در مقایسه با دوره پایه اتفاق نخواهد افتاد. مقایسه بین روند افت سطح آب زیر زمینی تحت سناریوهای اقلیمی وبرداشت از آبخوان بیانگر این مسئله بود که با وجود آثار متفاوتی که هر کدام از سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مؤلفه‌های بیلان هیدرولوژیک و سطح آب زیرزمینی درحوضه آبریز همدان- بهار می گذارند، بحران اصلی موجود در این حوضه برداشت بی رویه از آبهای زیرزمینی است و در صورت ادامه روند کنونی، در طی چند دهه آینده، شاهد آثار مخرب این بحران در دشت همدان- بهار که از قطب‌های کشاورزی کشور محسوب می‌شود و همچنین در شهر تاریخی همدان و دیگر شهرها و روستاهای موجود در منطقه خواهیم بود.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، کوچک مقیاس کردن، هیدروژئوسفر، LARS-WG, GCM

فصل اول
مقدمه و بررسی منابع

۱-۱ کلیات

ظرفیت اکوسیستم‌ها برای پذیرش تغییرات در محیط زیست محدود است. اگرچه طبیعت خود دارای توانایی مقابله با تغییرات است ولی امروزه رشد صنایع و کارخانه‌ها از یک طرف و جنگل زدائی و تخریب محیط زیست از طرف دیگر باعث افزایش روزافزون تخریب طبیعت و افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین طی دهه‌های اخیر شده است. تحقیقات مختلف نشان از تأثیر این افزایش بر اقلیم کره زمین دارد. مهمترین اثر این افزایش بر دمای اتمسفر کره زمین بوده که در نوشته‌های علمی از آن به عنوان گرم شدن سراسری یاد می‌کنند. تأثیر این افزایش تنها بر میزان دمای اتمسفر نبوده و دیگر متغیرهای اقلیمی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد که به آن پدیده تغییر اقلیم[۱] گفته می‌شود. آثار منفی این پدیده در آینده به سبب نگرش جوامع بر توسعه سریع صنعت و توجه کمتر به محیط زیست می‌تواند شدت گرفتن آن را به دنبال داشته باشد. با وجودی که نگرانی‌های مربوط به تغییر اقلیم مسئله تازه‌ای نیست ولی طی دو دهه اخیر این نگرانی‌ها افزایش یافته‌اند. در ابتدا در پی تخمین‌هایی که از تأثیر فعالیت‌های بشر بر تغییر اقلیم زده می‌شد و همچنین گزارش‌هایی که در مورد شرایط اقلیمی جهان ارائه شد هیئت بین دول تغییر اقلیم[۲](IPCC) در سال ۱۹۸۸ با همکاری سازمان جهانی هوا شناسی[۱](WMO) و

۱-Climate Change

۲-Intergovernmental Panel of Climate Change

برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)[۲] ایجاد شد. هدف اصلی این مؤسسه شناختن تمام جنبه‌های تغییر اقلیم و بخصوص چگونگی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر آن بود.

بررسی‌های اولیه IPCC نشان از تغییرات پارامترهای مشاهداتی دما، بارندگی، پوشش برف و رقوم سطح دریاها در اثر تغییر اقلیم دارد. بررسی‌های بعدی نشان داد میزان متوسط دما در سطح کره زمین در قرن بیستم ۰/۶ درجه سانتیگراد افزایش داشته است. به همین ترتیب، پوشش برف که منبع آب بسیاری از حوضه‌ها در سطح کره زمین را تشکیل می‌دهد، در چند دهه اخیر کاهش ۱۰ درصدی داشته و این کاهش حتی در یخ‌های دریاهای نیمکره شمالی نیز مشاهده شده که خود عامل افزایش ارتفاع آب دریاها می‌باشد. اما این تغییرات تنها بر مقادیر متوسط نبوده و رخدادهای حدی اقلیمی مانند سیلاب و خشکسالی‌ها را نیز تحت الشعاع قرار می‌دهد. IPCC افزایش تناوب خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها، به ویژه در آفریقا و آسیا، را در چند دهه اخیر گزارش کرده است [۱۷].

بررسی‌ها نشان می‌دهد که پدیده تغییر اقلیم می‌تواند بر سیستم‌های مختلف اعم از منابع‌آب، کشاورزی، محیط زیست، بهداشت، صنعت و اقتصاد آثار منفی داشته باشد. اهمیت و خطرات تغییر اقلیم در مجامع مختلف جهانی از جمله نشست سران گروه G8 (هشت کشورصنعتی دنیا) مورد توجه و تأکید قرار گرفته و راهکارهای مقابله با آن جهت حفاظت از منابع آب،کشاورزی و منابع زیست محیطی مدنظر قرار گرفته است. با توجه به این که آب یکی از منابعی است که درمعرض خطرات ناشی از تغییرات اقلیم قرار دارد، بررسی تغییرات آن در سالهای آینده می‌تواند راهگشای معضلاتی چون خشکسالی، سیلاب‌های ناگهانی و تبخیر زیاد باشد. برای انجام مطالعات اثر تغییر اقلیم بر منابع مختلف در دوره‌های آتی، در ابتدا می‌بایست متغیرهای اقلیمی تحت تأثیر تغییرات گازهای گلخانه‌ای شبیه‌سازی شوند. به شبیه‌سازی‌های انجام شده برای ترکیب‌های مختلف گازهای گلخانه‌ای که ممکن است در آینده رخ دهد سناریوهای تغییر اقلیم گفته می‌شود. سناریوهای تغییر اقلیم تابستان‌های خشکتر و گرمتر و زمستان‌های سردتر و مرطوبتر را برای زمین پیش‌بینی می‌کنند [۳۵].

۱-World Meteorological Organization

۲-United Nations Environmental Program

۱-۲ تغییر اقلیم

۱-۲-۱ اقلیم

اقلیم یا آب و هوا که از واژه یونانی کلیما گرفته شده، آمیخته‌ای از ویژگی‌های چیره و ماندگار جوی یک گستره جغرافیایی در گذر زمان است که به عواملی مانند طول و عرض جغرافیایی، نزدیکی و دوری به دریا و جایگاه گذرگاه‌های توده‌های هوا بستگی دارد. به عبارت دیگر، اقلیم، میانگین ویژگی‌های پایدار جوی یک پهنه جغرافیایی در بازه چند دهه است که می‌تواند با پدیده‌های روزانه هوا که در آن پهنه رخ می‌دهد ناسازگاری‌هایی داشته باشد. اقلیم هر پهنه ناشی از برهمکنش پیوسته و پیچیده پدیده‌های هواشناسی مانند دما و بارش بر یکدیگر می‌باشد و نشان دهنده ویژگی‌های زیست بوم، هیدرولوژی و کشاورزی آن پهنه است [۱۱]. روی هم رفته، اقلیم نشانگر میانگین پایای (دراز مدت) ویژگی‌های گوناگون آب و هوای یک پهنه جغرافیایی می‌باشد و با اصطلاح "وضع هوا" که نشانگر شرایط آنی و زودگذر عوامل جوی (دما، نمناکی، بارش، باد و انرژی تابشی) است رو در روی هم هستند.

واژه اقلیم افزون بر آنکه میانگین آب و هوایی یک پهنه جغرافیایی را در بر دارد، نشانگر رویدادهای مرزی (اندازه بیشینه و کمینه) عوامل جوی نیز است. برای نمونه اگرچه اقلیم بخش پهناوری از استان‌های سیستان و بلوچستان، خشک و بیابانی است و میانگین بارش سالانه کمتر از ۱۵۰میلی‌متر است، لیکن رخداد بارش‌های تند همراه با سیلاب نیز بخشی از اقلیم این گستره‌ها است. ویژگی‌های هوا یا همان وضع هوا، که بیشتر هواشناسان به آن می‌پردازند، روشن می‌کند که در یک مکان و زمان ویژه و کوتاه، از دیدگاه گرمی و سردی، بارانی و صافی، خشکی و نمناکی، بادی و آرامی هوا چگونه است. در برابر، با ارزیابی پیشینه دیرپای گذشته آب و هوایی، اقلیم روشن می‌سازد که برای آن مکان در یک بازه ویژه زمانی چه آب و هوایی باید چیره باشد. اقلیم با چشم‌داشت ما هماهنگ است و وضع هوا، نشانگر آن چیزی است که در طبیعت رخ می‌دهد.

دانش اقلیم شناسی با بکار گیری داده‌های گردآوری شده هواشناسی در گذر زمان، ویژگی‌های محیط جغرافیایی و زیستی را از دیدگاه عواملی مانند بارش، نمناکی و خشکی هوا، سمت و سرعت باد، ویژگی‌های تابشی و تبخیر و تعرق واکاوی می‌نماید. بنابراین، اقلیم شناسی ویژگی‌های جوی یک گستره ویژه را در بازه‌های بزرگی از زمان که بیشتر تا چند دهه را در برمی‌گیرد بررسی می‌کند.

۱-۲-۲ سامانه اقلیمی

به سامانه‌ای که در برگیرنده چهار بخش اتمسفر[۱]، کریوسفر[۲]، بیوسفر[۳] و هیدروسفر[٤] است و کنش و واکنش‌های درونی آن‌ها اقلیم زمین را درست می‌کند، سامانه اقلیمی گفته می‌شود. اجزای فوق الذکر را می‌توان به شکل زیر تعریف کرد.

الف- اتمسفر در برگیرنده هوای اطراف کره زمین می‌باشد و از گازهای مختلفی پر شده است. گازهای گلخانه‌ای و از همه مهم‌تر گاز CO_2 تأثیر عمده‌ای بر دمای هوای اتمسفر دارد. عبور نور خورشید با طول موج کوتاه از این گازها و رسیدن آنها به سطح زمین باعث گرم شدن سطح زمین و ساطع شدن امواج مادون قرمز که دارای طول موج بلند می‌باشد، شده که با برخورد به این گازها جذب آنها شده و در نتیجه دما اتمسفر بالا می‌رود.

ب- کریوسفر شامل یخ‌های موجود در کره زمین می‌باشد و نقش مهمی در پدیده انعکاس امواج رسیده به سطح زمین[٥] دارد.

ج- بیوسفر که نقش مهمی را در میزان انرژی اقلیم دارد و یکی از منابع اصلی تولید و مصرف گاز CO_2 می‌باشد.

د- هیدروسفر هم که شامل اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و رودها می‌باشد که در میزان جذب CO_2 نقش مهمی دارند [۷۷].

همه فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک که در این سامانه رخ می‌دهند بخشی از اقلیم می‌باشند. بر همکنش میان عوامل این سامانه در بازه‌های گوناگون زمانی رخ داده و نمایان می‌گردد. برای نمونه، در هنگامی که جو زمین به سرعت به دگرگونی‌های اقلیمی واکنش نشان می‌دهد، واکنش اقیانوس‌ها یا آب کره به دگرگونی‌های جوی به آرامی به انجام می‌رسد [۸۱].

۱-۲-۳ دگرگونی اقلیمی و سنجش آن

دگرگونی اقلیمی به دگرگونی‌های سازمان یافته، پیوسته و دیرپا در ویژگی‌های آماری داده‌های هواشناسی گفته می‌شود که دامنه زمانی آن از چند دهه تا میلیون‌ها سال می‌باشد. دگرگونی‌ها می‌تواند در میانگین داده‌ها و یا در شمار رخدادهای مرزی (سیل، توفان، خشکسالی، سرمازدگی، امواج گرما) پدیدار

۱- Atmosphere

۲- Cryosphere

۳- Biosphere

٤- Hydrosphere

٥- Albedo

گردد. دگرگونی‌های اقلیمی می‌تواند در یک دامنه کوچک جغرافیایی رخ دهد و یا نشانه‌های آن در همه کره زمین نمایان شود. پذیرفته‌ترین تعریف از دگرگونی‌های اقلیمی همان دگرگونی در ویژگی‌های آماری و عوامل اقلیم در گذر زمان (دست کم چند دهه) بدون نگرش به چرایی آنها می‌باشد. برای نمونه، در گذر چند هزار سال گذشته، میانگین دمای زمین و کشور ما چندین بار و هر بار برای چندین دهه یا سده با افزایش و یا کاهش پیوسته روبرو بوده است. به چنین روندهای پیوسته و پایدار (مثبت یا منفی) در میانگین عواملی آب و هوایی دگرگونی اقلیمی گفته می‌شود. در چند دهه گذشته نیز میانگین دما در بسیاری از کانون‌های پر جمعیت کشور مانند شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، شیراز، تبریز و بسیاری دیگر از کلان شهرها به گونه‌ای پیوسته و پایدار رو به افزایش بوده است که آن را می‌توان نشانه‌ای از دگرگونی اقلیمی دانست. برای یک دوره چند دهه‌ای، شمار سیلاب‌ها و خشکسالی‌های سهمگین نیز در برخی از کشورها از روند رو به رشدی برخوردار بوده است. پدیداری چنین رخدادهایی نشانگر تغییر یا دگرگونی اقلیمی است [۸۱].

با نگرش به این تعریف، نوسان‌های آب و هوایی و رخداد دوران‌های خشک و تر چند ساله مانند دوران‌های آب و هوایی را نمی‌توان دگرگونی اقلیمی دانست. افزون بر این اگر شمار رویدادهای خشک و تر مانند سیل و توفان و خشکسالی در گذر چند دهه یا بیشتر، روندی افزایشی یا کاهشی را نشان ندهد باز هم با دگرگونی اقلیمی روبرو نیستیم. اگر عوامل اقلیمی مانند بارش، دما و باد برای چند سالی افزایش یا کاهش یابند ولی ناهنجاری‌های دیده شده پایا نباشد به گونه‌ای که برای دوره ای چند دهه‌ای یک روند مثبت یا منفی در ناهنجاری‌ها دیده نشود آن را ناهنجاری اقلیمی گویند که با دگرگونی اقلیمی یکسان نیست.

گرچه سنجش روند میانگین دمای خشکی‌های زمین و نوسان‌های آن از دیر باز نمایه‌ای برای سنجش دگرگونی‌های اقلیمی بوده است، واپسین ارزیابی‌ها نشانگر آن است که کاربرد میانگین انرژی درونی آب اقیانوس‌های جهان ارزشمندترین نمایه برای سنجش روند دگرگونی‌های سامانه اقلیمی می‌باشد. به عبارت دیگر، یافته‌های نوین نشانگر آن است که برای ارزیابی درست دگرگونی‌های اقلیم زمین بهتر است که به جای بررسی میانگین دما در خشکی‌ها، نوسان‌های انرژی انباشت شده در سامانه اقلیمی زمین و به ویژه آب اقیانوس‌ها واکاوی گردد. روند فزاینده یا کاهنده انرژی انباشتی در این سامانه اقلیمی بهترین نمایشگر دگرگونی‌های اقلیمی می‌باشد. با این همه، از آنجا که روند افزایشی دما در کانون‌های جمعیتی و شهرهای بزرگ، زندگی مردم را دچار گزندهای فراوانی می‌کند، ارزیابی روند اینگونه دگرگونی‌ها جا پای پررنگی در آینده زندگی مردم کشورهای گوناگون و ایران دارد.

در آغازین سال‌های سده بیستم، بیشتر دانشمندان دانش اقلیم شناسی، بر این باور بودند که در سنجش با زندگی کوتاه انسان‌ها، اقلیم یک پهنه، پایدار و ایستا است. به عبارت دیگر، در تصمیم گیری‌های

وابسته با گروه‌های انسانی، می‌توان اقلیم را یکنواخت و پایدار دانست. بر پایه چنین پنداری، اقلیم تنها در بازه دوره‌های زمین شناختی دچار دگرگونی می‌شود که برای زندگی کوتاه انسان بر روی زمین چندان نگران کننده نیست. در گذشته به دلیل نبود پردازشگرهای نیرو مند و مدلهای رایانه‌ای ریز بین و نیز کم بودن دوره‌های آماری دیده بانی‌های هواشناسی، میانگین ویژگی‌های جوی برای دوره‌هایی نزدیک به ۳۰ سال به عنوان اقلیم کم و بیش پایدار یک گستره جغرافیایی شناخته می‌شد. پذیرش دوره‌های نرمال اقلیمی که عموماً از سوی سازمان تازه تأسیس هواشناسی بین المللی (در اوایل سده بیستم) نیز پذیرفته می‌شد، نشانگر دیدگاه پایداری اقلیم در آن روزگار بود.

در برابر پندار ایستا بودن اقلیم، در سه دهه آخر سده بیستم، شمار فراوانی از دانشمندان به دیدگاه پویایی و دگرگونی اقلیم باور پیدا کردند. البته پیش از آن نیـز شماری از دانشمندان با بررسی رویداد یخبندانهای گسترده در دوره‌های آغازین سده نوزدهم، دیدگاه تغییر و یا دگرگونی اقلیم را یادآور شده بودند گرچه گفته آنها با پذیرش چندانی روبرو نشد. در این واپسین سال‌ها، کارکردهای مداخله گرانه انسان در طبیعت، مانند: از میان بردن درختان و تبدیل زمینهای جنگلی به گستره‌های کشاورزی، ساخت سدهای بزرگ برای آبیاری و فراهم کردن آب آشامیدنی، خشکانیدن باتلاق‌ها، از بین بردن مراتع با چرای بی‌برنامه، گسترش نسنجیده بخش‌های شهری و صنعتی، آلوده ساختن جو از راه افزودن اندازه بسیار فراوانی از گازهای سمی و گاز CO_2 به هوا، شرایط ویژه‌ای را برای دگرگونی اقلیم ناشی از کارکرد انسان فراهم کرده است.

پژوهش درباره دگرگونی اقلیمـی زمـانی افـزایش یافـت کـه دانشـمندان شـرایط بسـیار نـاگوار طبیعـی همچون خشکسالی در ساحل شمالی قاره آفریقا، زمسـتان‌هـای شـدید و بسـیار سـرد اواخـر دهـه ۱۹۷۰ در نیم‌کره شمالی، رویداد ال‌نینیو[1] در آمریکای جنوبی و کاهش بارش‌های موسمی در هند را بررسی کردنـد. این دگرگونی‌های آب و هوایی، نشان پررنگی بر شرایط اقتصادی- اجتمـاعی جهـان گذاشـت و لازم بـود که برای درک علل رویداد و ویژگی آنها، پژوهش‌های گسترده و سامان یافته‌ای در مقیاس فرا ملـی انجـام گیرد. مجموعه پدیده‌های جوی، چه از دیدگاه هواشناسی و چه از دیدگاه اقلیم شناسی، سـامانه پیچیـده‌ای دارد که ویژگی اقلیمی هر پهنه را مشخص می‌کند[۸۱].

سرچشمه پویایی و دگرگونی اقلیمی در سه قلمرو کم و بیش جداگانه قابل ارزیابی است. قلمرو نخست به فیزیک گردش زمین به دور خورشید در پیوند است. به عبارت دیگر، نوسان‌های دیده شده در انرژی رسیده خورشیدی که در گذر زمان رخ می‌دهد، سرچشمه بسیاری از دگرگونی‌های دیرپای اقلیمی در زمین است. کره زمین پیوسته در حال آزمون این نمونه از دگرگونی‌ها در بازه زمانی چند ساله تا چند

۱- El Nino