



وزارت نیرو

مدیریت منابع آب ایران

شرکت سهامی آب منطقه‌ای اردبیل

عنوان طرح:

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب استان اردبیل

مجری طرح:

آرش ملکیان

عضو هیات علمی دانشگاه تهران

۱۳۹۶

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل یکم: کلیات تحقیق
۲.....	مقدمه.....
۳.....	تعریف مسئله.....
۵.....	گازهای گلخانه‌ای.....
۸.....	پیش‌بینی تغییرات اقلیمی.....
۱۰.....	سناریوهای انتشار گزارش چهارم IPCC.....
۱۲.....	تغییر اقلیم جهانی و اثرات آن بر منابع آب بر اساس سناریوهای SRES.....
۲۱.....	تغییر اقلیم منطقه ای و ایران و اثرات آن بر منابع آب بر اساس سناریوهای SRES.....
۲۷.....	سناریوهای انتشار گزارش پنجم IPCC.....
۲۹.....	تغییر اقلیم جهانی و اثرات آن بر منابع آب بر اساس سناریوهای RCPs.....
۳۴.....	تغییر اقلیم منطقه ای و ایران بر اساس سناریوهای RCPs.....
۳۷.....	فرضیات تحقیق.....
۳۸.....	ضرورت تحقیق.....
۴۰.....	اهداف تحقیق.....
	فصل دوم: پیشینه تحقیق
۴۳.....	منابع خارجی.....
۵۱.....	منابع داخلی.....
۵۹.....	جمع‌بندی.....
	فصل سوم: مواد و روش‌ها
۶۳.....	مقدمه.....
۶۳.....	محدوده‌ی مورد مطالعه.....
۶۵.....	روش تحقیق.....

۶۶	کنترل کیفیت داده‌ها
۶۶	بررسی تغییرات اقلیمی در دوره‌ی کنونی
۶۸	بررسی تغییرات اقلیمی در دوره آتی
۶۹	کوچک مقیاس سازی
۷۰	بررسی اثر تغییر اقلیم بر پدیده های حدی
۷۰	خشکسالی
۷۲	تهیه نقشه تغییرات مکانی خشکسالی
۷۶	مدل بیلان
۷۷	خلاصه مراحل پژوهش

فصل چهارم: یافته‌های تحقیق

۸۰	مقدمه
۸۰	بررسی تغییرات اقلیمی در دوره‌ی کنونی
۸۳	بررسی تغییرات اقلیمی در دوره‌ی آتی
۸۳	واسنجی و صحت‌سنجی مدل SDSM
۸۷	بررسی تغییرات اقلیمی دوره‌ی آتی
۹۲	شاخص خشکسالی
۹۲	بررسی شاخص خشکسالی دوره‌ی کنونی
۹۴	بررسی شاخص خشکسالی در دوره‌ی آتی
۹۸	شبیه‌سازی جریان سطحی در دوره‌ی آتی
۱۰۱	راهکارهای انطباق با تغییرات اقلیمی
۱۰۱	بخش کشاورزی
۱۰۴	بخش شهری
۱۰۶	بخش صنعت
۱۰۶	بخش محیط زیست و فضای سبز

فصل پنجم: آزمون فرضیه‌ها و نتیجه‌گیری

۱۰۹	مقدمه
۱۰۹	تجزیه و تحلیل آزمون فرضیات
۱۰۹	آزمون فرضیه‌ی اول

۱۰۹.....	آزمون فرضیه‌ی دوم.....
۱۱۰.....	آزمون فرضیه‌ی سوم.....
۱۱۰.....	آزمون فرضیه‌ی چهارم.....
۱۱۰.....	آزمون فرضیه‌ی پنجم.....
۱۱۰.....	نتیجه‌گیری.....
۱۱۴.....	منابع.....

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱) تغییرات درجه حرارت سطح زمین بر اساس سناریوهای A1B ، B1 و A2 در دوره‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰، IPCC-AR4	۱۳
شکل (۲-۱) تغییرات درجه حرارت سطح زمین (چپ) و بارش (راست) در فصل زمستان (DJF) و تابستان (JJA) بر اساس سناریو A1B در اواخر قرن ۲۱ (۲۰۸۰-۲۰۹۹)، IPCC-AR4	۱۵
شکل (۳-۱) تغییرات متوسط بارش (a)، رطوبت خاک (b)، رواناب (c) و تبخیر (d) بر اساس سناریو A1B در اواخر قرن ۲۱ (۲۰۸۰-۲۰۹۹)، IPCC-AR4	۱۷
شکل (۴-۱) سرانه آب قابل دسترس در سال ۲۰۸۰ با سناریوهای A1B با مدل HadCM3	۲۰
شکل (۵-۱) تغییرات درجه حرارت سطح زمین (بالا) و بارش (پایین) در قاره آسیا بر پایه متوسط سالانه، فصل زمستان (DJF) و تابستان (JJA) با سناریو A1B در اواخر قرن ۲۱ (۲۰۸۰-۲۰۹۹)، IPCC-AR4	۲۳
شکل (۶-۱) تغییرات طول فصل رشد (روز/سال) در دوره آبی ۲۰۴۰-۲۰۶۹ در خاورمیانه و مناطق مدیترانه‌ای.....	۲۴
شکل (۷-۱) تغییرات دما (a) و بارش (b) در دوره آبی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ نسبت به دوره ۱۹۷۶-۲۰۰۵.....	۲۶
شکل (۸-۱) تغییرات رواناب با سناریوی A2 (a) و B2 (b) در دوره ۲۰۷۱-۲۱۰۰ نسبت به ۱۹۶۱-۱۹۹۰.....	۲۷
شکل (۹-۱) تغییرات دما (a) و بارش (b) بر پایه اجرای گروهی مدل‌ها با سناریوهای RCP2.5 و RCP8.5	۳۱
شکل (۱۰-۱) تغییرات برخی ویژگی‌های چرخه هیدرولوژیکی همچون بارش (Precipitation)، تبخیر (Evaporation)، زطوبت نسبی (Relative humidity)، تفاضل بارش و تبخیر (E-P)، رواناب (Runoff) و رطوبت خاک (Soil moisture) بارش (b) بر پایه اجرای گروهی مدل‌های تغییر اقلیم با سناریوهای RCP8.5 در طول سال‌های ۲۰۸۱-۲۱۰۰.....	۳۳
شکل (۱۱-۱) نتایج پیش‌بینی تغییرات درجه حرارت با سناریو RCP4.5 برای دوره ۲۰۳۵-۲۰۱۶، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰ در فصل تابستان (ژوئن تا اگوست) و فصل زمستان (دسامبر تا فوریه) در مناطق مرکزی آسیا و خاورمیانه.....	۳۵
شکل (۱۲-۱) درصد تغییرات بارش با سناریو RCP4.5 برای دوره ۲۰۳۵-۲۰۱۶، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰ در نیمه سرد سال از اکتبر تا مارس (فصل پائیز و زمستان) و همچنین در نیمه گرم سال از آوریل تا سپتامبر.....	۳۶
شکل (۱-۳) موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران.....	۶۳
شکل (۲-۳) طبقات اقلیمی استان اردبیل بر اساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن.....	۶۵
شکل (۱-۴) مقادیر شیب روند برای میانگین دمای سالانه.....	۸۱
شکل (۲-۴) مقادیر شیب روند برای مجموع بارش سالانه.....	۸۲
شکل (۳-۴) نتایج صحت‌سنجی مدل SDSM برای دمای میانگین روزانه ایستگاه اردبیل.....	۸۵
شکل (۴-۴) نتایج صحت‌سنجی مدل SDSM برای دمای میانگین روزانه ایستگاه خلخال.....	۸۶
شکل (۵-۴) نتایج صحت‌سنجی مدل SDSM برای دمای میانگین روزانه ایستگاه مغان.....	۸۶

- شکل (۶-۴) نتایج صحت‌سنجی مدل SDSM برای میانگین بارش روزانه ایستگاه اردبیل..... ۸۶
- شکل (۷-۴) نتایج صحت‌سنجی مدل SDSM برای میانگین بارش روزانه ایستگاه خلخال..... ۸۷
- شکل (۸-۴) نتایج صحت‌سنجی مدل SDSM برای میانگین بارش روزانه ایستگاه مغان..... ۸۷
- شکل (۹-۴) نتایج تولید سناریوهای اقلیمی برای دمای میانگین روزانه ایستگاه اردبیل (دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی)..... ۸۸
- شکل (۱۰-۴) نتایج تولید سناریوهای اقلیمی برای دمای میانگین روزانه ایستگاه خلخال (دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی)..... ۸۹
- شکل (۱۱-۴) نتایج تولید سناریوهای اقلیمی برای دمای میانگین روزانه ایستگاه مغان (دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی)..... ۸۹
- شکل (۱۲-۴) نتایج تولید سناریوهای اقلیمی برای میانگین بارش روزانه ایستگاه اردبیل (دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی)..... ۹۰
- شکل (۱۳-۴) نتایج تولید سناریوهای اقلیمی برای میانگین بارش روزانه ایستگاه خلخال (دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی)..... ۹۱
- شکل (۱۴-۴) نتایج تولید سناریوهای اقلیمی برای میانگین بارش روزانه ایستگاه مغان (دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی)..... ۹۱
- شکل (۱۵-۴). مقادیر شاخص SPI ایستگاه اردبیل..... ۹۳
- شکل (۱۶-۴). مقادیر شاخص SPI ایستگاه خلخال..... ۹۳
- شکل (۱۷-۴). مقادیر شاخص SPI ایستگاه مغان..... ۹۴
- شکل (۱۸-۴) نقشه‌ی پهنه‌بندی استان اردبیل بر اساس شاخص خشکسالی SPI..... ۹۴
- شکل (۱۹-۴) مقادیر شاخص SPI ایستگاه اردبیل (RCPS 2.6)..... ۹۵
- شکل (۲۰-۴) مقادیر شاخص SPI ایستگاه اردبیل (RCPS 4.5)..... ۹۶
- شکل (۲۱-۴) مقادیر شاخص SPI ایستگاه اردبیل (RCPS 8.5)..... ۹۶
- شکل (۲۲-۴) مقادیر شاخص SPI ایستگاه خلخال (RCPS 2.6)..... ۹۶
- شکل (۲۳-۴) مقادیر شاخص SPI ایستگاه خلخال (RCPS 4.5)..... ۹۷
- شکل (۲۴-۴) مقادیر شاخص SPI ایستگاه خلخال (RCPS 8.5)..... ۹۷
- شکل (۲۵-۴) مقادیر جریان سطحی در دوره‌ی پایه و آبی تحت سناریوهای RCPS منطقه مورد مطالعه (ماه اول: نوامبر)..... ۱۰۰
- شکل (۲۶-۴) مقادیر ذخیره‌ی رطوبت خاک در دوره‌ی پایه و آبی تحت سناریوهای RCPS منطقه مورد مطالعه (ماه اول: نوامبر)..... ۱۰۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۳) مساحت، اقلیم غالب و درصد مساحت اقلیم دربرگیرنده در هر یک از محدوده های مورد مطالعه.....	۶۵.....
جدول (۲-۳) خلاصه ویژگی های ایستگاه های منتخب.....	۶۵.....
جدول (۳-۳) پیش بینی کننده های پایگاه داده های NCEP.....	۷۰.....
جدول (۴-۳) مقادیر طبقه بندی شده SPI.....	۷۲.....
جدول (۱-۴) نتایج آزمون من-کندال و تخمین گر سن برای دمای میانگین سالانه.....	۸۱.....
جدول (۲-۴) نتایج آزمون من-کندال و تخمین گر سن برای مجموع بارش سالانه.....	۸۲.....
جدول (۳-۴) متغیرهای منتخب در مدل کردن دمای میانگین روزانه ی منطقه ی مورد مطالعه.....	۸۴.....
جدول (۴-۴) متغیرهای منتخب در مدل کردن بارش روزانه ی منطقه ی مورد مطالعه.....	۸۴.....
جدول (۵-۴) تغییرات میانگین دمای روزانه (درجه ی سانتی گراد) در منطقه ی مورد مطالعه تحت سناریوهای RCPS.....	۸۹.....
جدول (۶-۴) تغییرات میانگین بارش روزانه (میلی متر) در منطقه ی مورد مطالعه تحت سناریوهای RCPS.....	۹۱.....
جدول (۷-۴) رده بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص SPI.....	۹۲.....
جدول (۸-۴) مقادیر محاسبه شده بیشترین مقدار SPI برای ایستگاه های مورد مطالعه.....	۹۴.....
جدول (۹-۴) مقادیر محاسبه شده بیشترین مقدار SPI برای ایستگاه های مورد مطالعه.....	۹۷.....
جدول (۱۰-۴) نتایج حاصل از آزمون های همبستگی میان داده های مشاهداتی و شبیه سازی شده جریان سطحی در دوره واسنجی (ایستگاه پل الماس).....	۱۰۰.....
جدول (۱۱-۴) نتایج حاصل از شبیه سازی هیدرولوژیک برای دوره ی آتی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ (حوضه آبریز رودخانه ارس).....	۱۰۱.....
جدول (۱۲-۴) نتایج حاصل از شبیه سازی هیدرولوژیک برای دوره ی آتی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ (حوضه آبریز رودخانه قزل اوزن).....	۱۰۱.....

چکیده مدیریتی

تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آینده، موجب ایجاد تغییراتی در متغیرهای آب و هوایی (بارش و دما) می‌شود و این تغییرات بر محیط و منابع آب تاثیر می‌گذارد. تغییر اقلیم و پیامدهای ناشی از آن به عنوان بزرگترین معضل قرن بیست و یکم به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که همواره با چالش کم آبی روبرو هستند، می‌باشد. از این رو بررسی تغییرات اقلیمی دوره آتی و آسیب‌پذیری منابع آب نسبت به آن ضروری می‌باشد. برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر روی وضعیت هیدرولوژیک استان اردبیل، ابتدا مقادیر متغیرهای اقلیمی برای دهه‌های آینده و تحت سناریوهای اقلیمی پیش‌بینی گردید و سپس با استفاده از خروجی‌های حاصل از کوچک مقیاس سازی داده‌های بزرگ مقیاس مدل گردش عمومی جو مورد استفاده اقدام به شبیه‌سازی و پیش‌بینی وضعیت هیدرولوژیک منطقه‌ی مورد مطالعه نمود. پس از شبیه‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در دوره‌ی آتی و تحت سناریوهای خط سیر غلظت گازهای گلخانه‌ای، با استفاده از مدل بیان اقدام به شبیه‌سازی وضعیت هیدرولوژیک استان اردبیل در سطح حوضه‌های درجه ۲ استان اردبیل گردید. بر اساس نتایج بدست آمده تبخیر-تعرق پتانسیل در منطقه‌ی مورد مطالعه بر اساس تمامی سناریوهای مورد بررسی نسبت به میزان آن در دوره‌ی پایه افزایش یافته است که این امر بر روی گیاهان زراعی منطقه اثر می‌گذارد. همچنین میزان افزایش تبخیر - تعرق پتانسیل در مناطق جنوبی منطقه‌ی مورد مطالعه نسبت به بخش‌های شمالی و میانی بیش‌تر است که علت این امر با توجه به افزایش دما طی دوره‌های آتی و تحت سناریوهای گوناگون اقلیمی مورد استفاده قابل توجیه است. با توجه به تغییر الگوهای دمای و بارش در محدوده ایستگاههای سینوپتیک لزوم تغییر در تقویم زراعی کشت های بهاره و پاییزه و انجام اقدامات مناسب جهت ذخیره بارش ها برای بهره مندی هر چه بیشتر و بهینه تر از نزولات آسمانی و افزایش ذخیره رطوبتی خاک بسیار ضروری است. همچنین با توجه به افزایش ریسک تغییرات متغیرهای اقلیمی و تاثیر آن بر روی کاهش تولیدات کشاورزی منطقه در اراضی دیم و آبی ضروری است بحث بیمه محصولات کشاورزی در برابر پدیده هایی نظیر خشکسالی مورد توجه جدی قرار گیرد. در مورد اثرات تغییرات اقلیمی بر روی جریان سطحی منطقه باید گفت که اگرچه نتایج برگرفته از شبیه‌سازی‌ها توسط مدل بیان حاکی از تغییرات نامحسوس جریان سطحی کل در دوره‌ی آتی در هر دو حوضه مورد بررسی نسبت به دوره مرجع است با این حال تغییر در پارامترهای اصلی اقلیمی نظیر بارش و دما بر روی اجزای جریان سطحی دارای تأثیرات محسوسی است به طوری که میزان جریان سطحی مستقیم که بر روی زمین جاری می‌گردد که این امر ارتباط مستقیم با کاهش میزان بارش‌ها در دوره‌ی آتی و همچنین افزایش متوسط دمای منطقه دارد. در مورد ذخیره‌ی آب زیرزمینی در منطقه نیز با توجه به کاهش محسوس بارش و همچنین کاهش رطوبت در دسترس خاک و همچنین افزایش دما که منجر به افزایش نرخ تبخیر از سطح خاک می‌گردد منطقه در دوره‌ی آتی مورد بررسی و تحت تمامی سناریوهای مورد انتشار روندی کاهشی را از خود نشان می‌دهد. نتایج حاکی از شدت بیش‌تر خشکسالی بر اساس شاخص بارش استاندارد شده در مناطق مرکزی استان اردبیل است که دارای اقلیم غالب نیمه خشک است. همچنین در مناطقی که مقادیر بارندگی در فصل بهار افزایش می‌یابد، افزایش میزان بارندگی از طرفی و پر بودن سدها از طرف دیگر ریسک خطر مرتبط با وقوع سیلاب را افزایش خواهد داد. لذا لازم است تا به مدیریت منابع آب و کنترل سیلاب توجه خاصی مبذول گردد و تدابیر لازم در جهت حفظ آبخوان‌ها و تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی از طریق شیوه های احیا و تعادل بخشی آبخوان ها لحاظ گردد.

فصل یکم

کلیات تحقیق