

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق پتانسیل، تغییر اقلیم، مدل LARS-WG، مدل HADCM3، ریزمقیاس نمایی.

مقدمه

میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال افزایش می‌باشد، بطوریکه بررسی‌های اخیر هیات بین دول تغییر اقلیم افزایش میانگین دمای جهانی را ۰/۷۶ درجه سانتی‌گراد در قرن گذشته و ۶/۴ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی می‌کند. علاوه بر تغییر در میانگین متغیرهای اقلیمی، تغییر در مقادیر حدی بارش نیز از دیگر پیامدها است [۴]. از پیامدهای تغییر اقلیم تأثیر آن بر منابع آب از طریق تأثیری که بر روی پارامترهایی مانند بارش و تبخیر و تعرق، دما و... می‌گذارد. اثرات منفی تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی مذکور بویژه میزان بارش و تبخیر و تعرق در مناطق خشک و نیمه خشک محسوس‌تر است. بنابراین شناخت تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای مذکور و تأثیر آن بر منابع آبی جهت مدیریت آن ضروری است. معتبرترین ابزار جهت بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده توسط مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی اقیانوسی می‌باشد. این مدل‌ها قادرند متغیرهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره بلندمدت با استفاده از سناریوهای تایید شده IPCC مدل سازی نمایند [۱۴]. اما ضعف عمده آن‌ها قدرت تفکیک مکانی کم و نیز ساده‌سازی‌هایی است که برای فرآیندهای اقلیمی در نظر می‌گیرند. برای فائق آمدن به ضعف قدرت تفکیک پایین، لازم است که خروجی این مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس شوند [۹]. دو روش کلی ریزمقیاس کردن خروجی مدل‌های اقلیمی وجود دارد: روش‌های دینامیکی و آماری. ریزمقیاس کردن دینامیک شامل شبکه‌ای از مدل‌های آب و هوای جهانی با وضوح بزرگ است. این تکنیک در مقیاس‌های ناحیه‌ای، از خروجی‌های مدل‌های آب و هوای جهانی برای تعیین شرایط مرزی در زمان‌های مختلف جوی در نواحی محدود استفاده می‌کند، به نحوی که شرایط جوی در شبکه‌بندی افقی به فاصله‌های ۵۰-۲۰ کیلومتری مدلسازی می‌شوند. روش‌های ریزمقیاس کردن آماری پیوندی بین مشاهدات سطحی و متغیرهای جوی همانند ارتفاع ژئوپتانسیل، چرخندگی و رطوبت در دوره پایه ایجاد می‌کند. این پیوندها در ریزمقیاس کردن سناریوهای آب و هوایی آینده که از مدل‌های جهانی بدست می‌آید استفاده می‌شود [۵]. تاکنون مطالعات و پژوهش‌های زیادی در زمینه اثرات تغییر اقلیم مناطق مختلف جهان با

پیش‌بینی تغییرات فصلی و ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل و پارامترهای اقلیمی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 در دو ایستگاه خشک و نیمه خشک

زهره جمالی^{۱*}، اسداله خورانی^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۰۲

چکیده

تغییر اقلیم اثرات عدیده‌ای بر پارامترهای اقلیمی از جمله بارش، دما و تبخیر و تعرق و بدنبال آن منابع آبی دارد. هدف از این پژوهش بررسی اثر تغییر اقلیم بر پارامترهای اقلیمی و تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از داده‌های خروجی مدل HADCM3 در دو ایستگاه خشک (بندرعباس) و نیمه خشک (شهرکرد) است. ابتدا داده‌های روزانه بارش، ساعت آفتابی، دمای کمینه و بیشینه به روش آماری و با مدل LARS-WG تحت سه سناریوی A1B, A2 و B1 ریزمقیاس شده‌اند. سپس پارامترهای اقلیمی مذکور برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ شبیه‌سازی شده است. نتایج نشان می‌دهد طبق هر سه سناریو میانگین دما در تمام ماه‌ها و فصل‌ها در هر دو ایستگاه افزایش می‌یابد. بیش‌ترین افزایش در دمای بیشینه و کمینه تحت سناریوی A1B در ماه ژوئیه در ایستگاه شهرکرد مشاهده شد. طبق تمام سناریوهای مورد بررسی، بارش‌های زمستانه در ایستگاه شهرکرد افزایش می‌یابد که این افزایش نشان‌دهنده تقویت جریان‌های بارشی مانند سیستم‌های مدیترانه‌ای و سودانی است و افزایش بارش‌های تابستانه در ایستگاه بندرعباس را می‌توان به تقویت سیستم بارشی موسمی نسبت داد. تبخیر و تعرق پتانسیل در تمام ماه‌ها و فصل‌های گرم سال در هر دو ایستگاه افزایش یافته است. این افزایش در ماه‌های سرد گرم سال چشمگیرتر است. در مجموع رفتار بارشی هر دو ایستگاه در برابر تغییر اقلیم متفاوت است. اما سایر پارامترهای هر دو ایستگاه رفتار مشابهی را در برابر تغییر اقلیم نشان دادند.

۱ - دانشجوی دکتری بیابان زدایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

گرگان Email: Zahra_jamali1386

۲ - دکتری اقلیم شناسی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه هرمزگان



راهنما

- شهرکرد
- ▲ بندرعباس

0 50 100 200 300 400
Kilometers

شکل ۱- موقعیت ایستگاه بندرعباس و شهرکرد در کشور

(بندرعباس) و نیمه خشک (شهرکرد) (بر اساس روش دومارتون) در شرایط تغییر اقلیم می باشد.

با توجه به نقص داده های ایستگاه بندرعباس و شهرکرد در دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و کامل بودن داده ها در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱، این دوره به عنوان دوره پایه انتخاب شد. بنابراین داده های روزانه مورد نیاز ایستگاه های مطالعاتی در این تحقیق که شامل: میانگین دمای کمینه، میانگین دمای بیشینه، ساعت آفتابی و بارش می باشد از پایگاه اینترنتی (درگاه) سازمان هواشناسی کشور استخراج گردید.

جهت محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از روش تورنت وایت استفاده شد که علت انتخاب این روش بغیر از سادگی، همخوانی آن با اقلیم ایران بوده است (علیزاده، ۱۳۸۴: ۴۷۰). لازم به ذکر است معادله تورنت وایت دارای همبستگی بیش از ۹۰ درصد با معادله فائو-پنمن ماتیتث که معتبرترین رابطه برآورد تبخیر و تعرق می باشد (فائو۵۶) را دارا می باشد گکیک و همکاران [۱۱] و سنتلهااس [۱۲]. اساس این محاسبه داشتن دمای متوسط ماهانه T_m است که با کمک آن نمایه حرارتی ماهانه (i) و سپس سالانه (I) و همچنین ضریب مربوطه (a) محاسبه شده و در نهایت تبخیر و تعرق مرجع ماهانه از طریق رابطه زیر بدست خواهد آمد علیزاده [۲].

$$ET0 = 16 \left[\frac{10 T_m}{I} \right]^a \quad (1)$$

به منظور بررسی تبخیر و تعرق در دوره های آتی ابتدا باید پارامترهای اقلیمی مورد نیاز را با استفاده از مدل GCM مورد نظر پیش بینی گردد. GCM ها دارای مدل های مختلفی برای پیش بینی پارامترهای اقلیمی می باشد. مطالعات پیشین نشان داده اند که مدل HADCM3 بهترین عملکرد را در شبیه سازی مقادیر دما و بارش بین مدل های اقلیم جهانی برای مناطق ایران داشته است مساح بوانی [۳].

در این تحقیق جهت ریزمقیاس نمایی مدل گردش عمومی جو HADCM3 از مدل LARS-WG که یکی از مشهورترین مدل های

استفاده از مدل های مولد داده های هواشناسی انجام شده است از جمله: مساح بوانی و مرید [۳] در سال ۱۳۸۵ به بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر منابع آبی حوضه زاینده رود در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ بوسیله خروجی مدل HADCM3 پرداختند. نتایج آنها نشان داد برای هر دو دوره میانگین بارش سالانه کاهش و دما افزایش پیدا می کند. اشرف و همکاران [۱] در سال ۱۳۹۰ به پیش بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی در ۲۰ سال آتی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری داده های مدل HADCM3 پرداختند. در این تحقیق داده های مدل HADCM3 با بکارگیری مدل LARS-WG طبق سه سناریوی A۲، B۱ و A۱B ریزمقیاس شده و تغییرات فصلی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی استان خراسان رضوی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان بارش در سه فصل پاییز، زمستان و بهار در تمام شهرهای استان به استثنای تربت جام و نیز کاشمر که در پاییز دارای روند کاهشی است، افزایش خواهد یافت. لیانگ و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۱۰ نشان دادند که پارامترهای اقلیمی نظیر حداکثر و میانگین دمای هوا، رطوبت نسبی و ساعات روشنایی از مهمترین متغیرهای اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق بوده و با داشتن این متغیرها تبخیر و تعرق برای دوره های آینده قابل محاسبه و پیش بینی خواهد بود. رودریگز و همکاران [۸] در سال ۲۰۰۷ اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آب آبیاری را در حوضه رودخانه گادالکویور در اسپانیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از بررسی آنها افزایش در خشکی و نیاز آبیاری را نشان داد. هارمسن و همکاران [۶] در سال ۲۰۰۹ بارش، تبخیر و تعرق مرجع (پنمن-ماتیتس) را برای چند مکان در پورتوریکو تحت شرایط تغییر اقلیم پیش بینی نمودند. نتایج آنها نشان داد که فصل بارش مرطوب تر و فصل خشکی، خشکتر خواهد شد. آنها همچنین نشان دادند که تبخیر و تعرق نیز در ماه های خشک با کاهش بارندگی و افزایش دما افزوده می شود. همچنین نتایج آنها نشان داد که تغذیه آبخوان و رواناب در فصل مرطوب در آینده افزایش خواهد یافت. روی و همکاران [۷] در سال ۲۰۰۹ تاثیرات تغییر اقلیم و تنش رطوبتی را بر محصولات کشاورزی در جنوب غربی بنگلادش مورد بررسی قرار دادند. آنها تغییر اقلیم را تا سال ۲۰۷۵ تعیین نمودند و به این نتیجه رسیدند متوسط دما در دهه های آینده افزایش می یابد. افزایش دما در ماه های زمستان بیشتر از سایر ماه های سال خواهد بود. هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روی چند پارامتر هواشناسی (میانگین کمینه دما، میانگین بیشینه دما، بارش) و تبخیر و تعرق در دو ایستگاه خشک و نیمه خشک (بندرعباس و شهرکرد) است.

مواد و روش ها

ایستگاه سینوپتیک بندرعباس در طول جغرافیایی ۵۶ درجه شرقی و عرض ۲۷ درجه شمالی و ایستگاه شهرکرد در طول جغرافیایی ۵۰ درجه شرقی و عرض ۳۲ درجه شمالی واقع شده است. هدف از انتخاب این دو ایستگاه بررسی واکنش ایستگاه های گرم و خشک

مولد داده‌های تصادفی وضع هوا می‌باشد، استفاده شده است. این مدل برای تولید مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش یا ساعت آفتابی در یک ایستگاه، تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به کار می‌رود. به‌طور کلی تولید داده توسط مدل LARS-WG در سه مرحله صورت می‌گیرد که عبارتند از کالیبره کردن داده‌ها، ارزیابی داده‌ها و تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی. بر این اساس برای اجرای این مدل در تحقیق حاضر، ابتدا با در نظر گرفتن دوره سی ساله ۱۹۷۱-۲۰۰۰ به عنوان دوره پایه، داده‌های مورد نیاز مدل شامل مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی دو ایستگاه بندرعباس و شهرکرد در این دوره آماری از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. پس از پردازش و مرتب‌سازی داده‌ها و تهیه فایل‌های ورودی، مدل برای دوره پایه اجرا شد. در مرحله بعد با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و میانگین خطای اریبی (MBE) که روابط آن‌ها در ادامه آمده است، اقدام به ارزیابی داده‌های تولیدشده توسط مدل و داده‌های واقعی (مشاهده‌شده) موجود در دوره پایه گردید. در نهایت پس از اطمینان از صحت مدل در ریزمقیاس کردن داده‌های اقلیمی اقدام تولید داده‌های آب و هوایی آینده گردید.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|}{n} \quad (4)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)}{n} \quad (5)$$

در این روابط X_i و Y_i به ترتیب آمارین داده واقعی و شبیه‌سازی شده توسط مدل، $\bar{X}$ و $\bar{Y}$ میانگین کل داده‌های X_i و Y_i در جامعه آماری و n تعداد کل نمونه‌های ارزیابی می‌باشند.

قابل ذکر است که ما در این تحقیق از سه سناریوی مورد تایید IPCC که شامل سناریوهای A1B, A2 و B1 که به ترتیب بدبینانه، متوسط و خوشبینانه‌اند استفاده نمودیم. در بین این سناریوها سناریوی A2 به دنیای امروز نزدیک‌تر است.

بحث و نتایج

از آنجا که توانمندی مدل مولد داده‌های آب‌وهوایی تاثیر مستقیمی بر برآورد و ارزیابی صحیح تغییر اقلیم منطقه در دوره آینده دارد، لذا این بخش با هدف تحلیل توانمندی مدل LARS-WG در همانندسازی داده‌های اقلیمی دوره گذشته ارائه می‌شود. جدول ۲ نتایج مربوط به ارزیابی مدل را توسط شاخص‌های خطاسنجی نشان می‌دهد.

طبق جدول ۲ پایین بودن نسبی شاخص‌های خطاسنجی و بالا بودن ضریب تعیین در هر دو ایستگاه بندرعباس و شهرکرد حکایت از همبستگی معنی‌دار بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل برای تمامی پارامترها در هر دو ایستگاه دارد و این بیانگر این ادعاست که مدل LARS-WG با دقت قابل قبولی پارامتر اقلیمی را در هر دو ایستگاه برآورد نموده است. همانطور که مشاهده می‌کنید مدل LARS-WG پارامتر کمینه و بیشینه دما را نسبت به سایر پارامترها با دقت بیش‌تری شبیه‌سازی نموده است.

بررسی بارش در دهه‌های آینده (۱۱۰۲-۰۳۰۲)

همانطور که شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهند، طبق تمام سناریوهای مورد مطالعه، بارش در تمام فصل‌های هر دو ایستگاه افزایش می‌یابد. در این زمینه فصل تابستان در ایستگاه شهرکرد مستثنی بوده

جدول ۲- ارزیابی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی در دو ایستگاه بندرعباس و شهرکرد

نام ایستگاه	پارامتر مورد نظر	R^2 = ضریب تبیین	MAE = میانگین خطای مطلق	MBE = میانگین خطای اریبی	RMSE = جذر میانگین مربعات خطا
بندرعباس	بارش	۰/۹۸	۱/۶۲	-۰/۴۱	۲/۹۳
	میانگین کمینه دما	۰/۹۹	۰/۱۴	-۰/۰۵	۰/۱۸
	میانگین بیشینه دما	۰/۹۹	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۱۹
	ساعت آفتابی	۰/۹۹	۰/۴۳	-۰/۴۱	۰/۵۱
شهرکرد	بارش	۰/۹۸	۳/۰۳	۰/۴۶	۳/۹۲
	میانگین کمینه دما	۰/۹۹	۰/۱۴	-۰/۰۱	۰/۱۶
	میانگین بیشینه دما	۰/۹۹	۰/۰۹	-۰/۰۰۳	۰/۱۵
	ساعت آفتابی	۰/۷۵	۰/۴۳	-۰/۰۳	۰/۵

شهرکرد می‌باشد. کم‌ترین افزایش نیز در فصل پاییز (۰/۴) تحت سناریوی A1B در ایستگاه بندرعباس است.

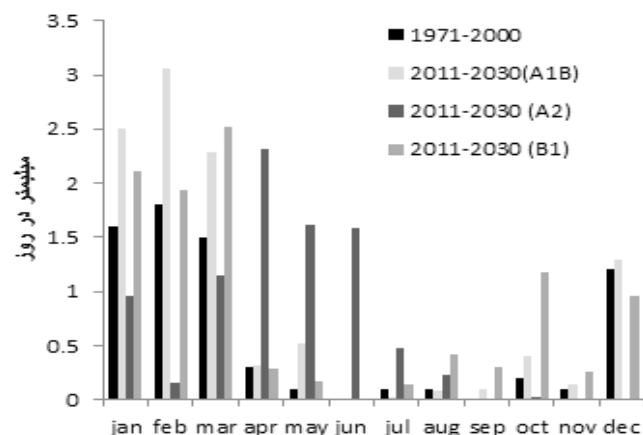
بررسی تبخیر و تعرق پتانسیل در دهه‌های آینده (۱۱۰۲-۰۴۰۲)

طبق شکل‌های ۸ و ۹ تبخیر و تعرق پتانسیل در تمام ماه‌ها و فصل‌های گرم سال در هر دو ایستگاه افزایش یافته است. عبارتی با افزایش پارامترهای دما تبخیر و تعرق نیز متعاقبا افزایش یافته است. بیش‌ترین میزان افزایش تحت سناریوی A1B، در ماه ژوئیه (۶۹/۳ میلی‌متر در ماه) در ایستگاه بندرعباس مشاهده شد. بررسی فصلی تبخیر و تعرق پتانسیل نیز نشان داد، بیش‌ترین میزان در افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل تحت سناریوی A2، در فصل تابستان (۶۱/۸ میلی‌متر در ماه) در ایستگاه بندرعباس است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد تبخیر و تعرق تنها در فصل زمستان تحت سناریوی A1B (۱/۱ میلی‌متر در ماه) در ایستگاه بندرعباس و سناریوهای A1B (۰/۳ میلی‌متر در ماه) و B1 (۰/۱ میلی‌متر در ماه) ایستگاه شهرکرد کاهش می‌یابد. بیش‌ترین میزان کاهش تبخیر و تعرق تحت سناریوی A1B در ماه فوریه (۱/۶ میلی‌متر در ماه) و فصل زمستان (۰/۳ میلی‌متر در ماه) در ایستگاه شهرکرد مشاهده شد. چرا که دما و ساعت آفتابی کاهش یافته است و باعث کاهش تبخیر و تعرق شده است.

نتیجه‌گیری

در مجموع طبق تمام سناریوهای مورد بررسی، روند افزایش دما (کمینه و بیشینه دما) در هر دو ایستگاه در فصل گرم سال از سرعت بیش‌تری نسبت به فصل سرد برخوردار است. بیش‌ترین میزان این افزایش در ایستگاه شهرکرد مشاهده شد. افزایش دما به همراه کاهش بارندگی در برخی فصول می‌تواند خسارات ناشی از خشکسالی و سیل و رگبارهای شدیدی را بالا ببرد.



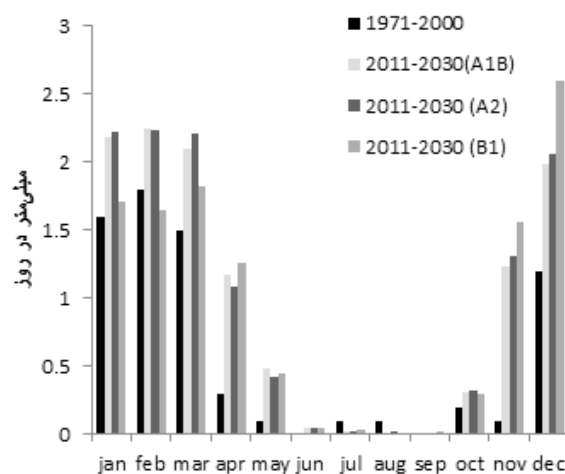
شکل ۳- بارش پیش‌بینی شده توسط مدل HADCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A1B, A2, B1) در ایستگاه شهرکرد

و در این فصل شاهد کاهش بارش خواهیم بود که بیش‌ترین کاهش فصلی را سناریوهای A1B و B1 (۰/۰۵ میلی‌متر در روز) پیش‌بینی نموده است. همچنین در بین سناریوها، سناریوی A2 مستثنی بوده است و کاهش بارش فصل‌های سرد را برای ایستگاه بندرعباس پیش‌بینی نموده است. طبق این سناریو بیش‌ترین کاهش مربوط به فصل زمستان (۰/۸۸ میلی‌متر در روز) و ماه آوریل (۲/۰۲ میلی‌متر در روز) است. در مجموع بالاترین میزان افزایش در بارش تحت سناریوی A2، در ماه آوریل (۲/۰۲ میلی‌متر در روز) و فصل بهار (۱/۷ میلی‌متر در روز) در ایستگاه بندرعباس مشاهده شد. همچنین بیش‌ترین میزان کاهش در بارندگی تحت سناریوی A2، در ماه فوریه (۱/۶۵ میلی‌متر در روز) و فصل زمستان (۰/۸۸ میلی‌متر در روز) در ایستگاه بندرعباس مشاهده شد.

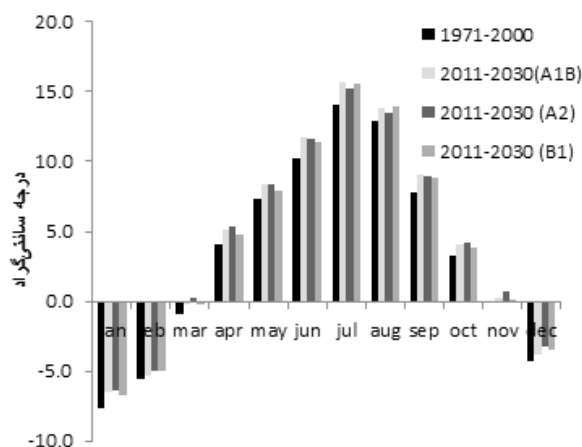
بررسی دما (حداقل و حداکثر) در دهه‌های آینده (۱۱۰۲-۰۳۰۲)

دمای بیشینه و کمینه پیش‌بینی شده برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ تحت سه سناریوی A2، A1B و B1 در شکل‌های ۴ تا ۷ برای هر دو ایستگاه مورد مطالعه آورده شده است.

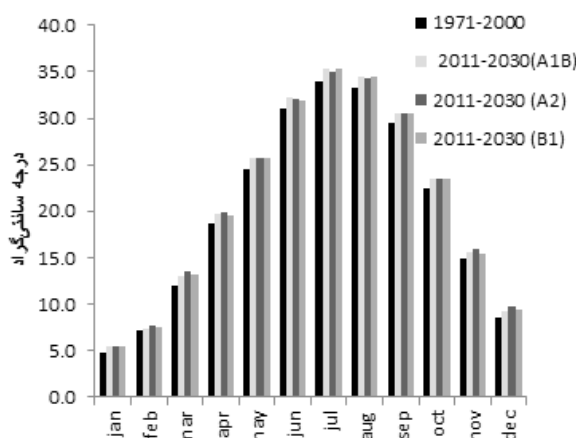
طبق هر سه سناریوی مورد مطالعه، میانگین دما (کمینه و بیشینه) در تمام ماه‌ها و فصل‌های سال در هر دو ایستگاه بندرعباس و شهرکرد افزایش می‌یابد. بالاترین میزان افزایش در بیشینه دما تحت سناریوی A1B در ماه ژوئیه (۱/۵°C) و فصل پاییز (۱/۳°C) در ایستگاه شهرکرد مشاهده شد. این افزایش دما می‌تواند منجر به افزایش خشکی و تبخیر و تعرق گردد. همچنین افزایش دما در فصل بهار می‌تواند ذوب شدن برف‌ها را تسریع ببخشد و در نتیجه خطر سیل و تخریب را به دنبال داشته باشد. کم‌ترین میزان افزایش نیز تحت سناریوی B1 در ماه اکتبر (۰/۲°C) و فصل زمستان (۰/۴°C) در ایستگاه بندرعباس مشاهده شد. بیش‌ترین میزان افزایش کمینه دما تحت سناریوی A1B در ماه‌های ژوئن و ژوئیه (۱/۶) و فصل‌های بهار و تابستان (۱/۳) در ایستگاه



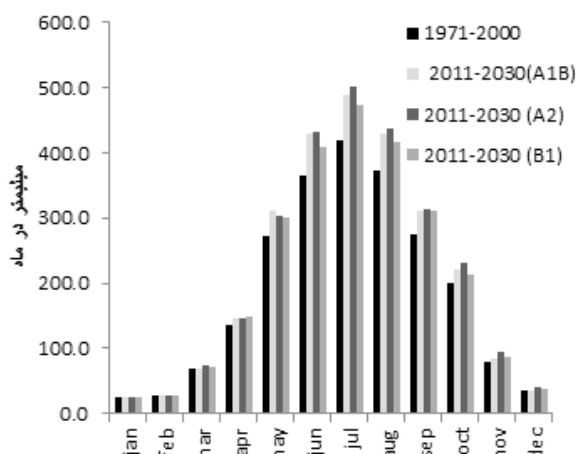
شکل ۲- بارش پیش‌بینی شده توسط مدل HADCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A1B, A2, B1) در ایستگاه بندرعباس



شکل ۵- دمای کمینه پیش‌بینی شده توسط مدل HADCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A1B, A2, B1) در ایستگاه شهرکرد

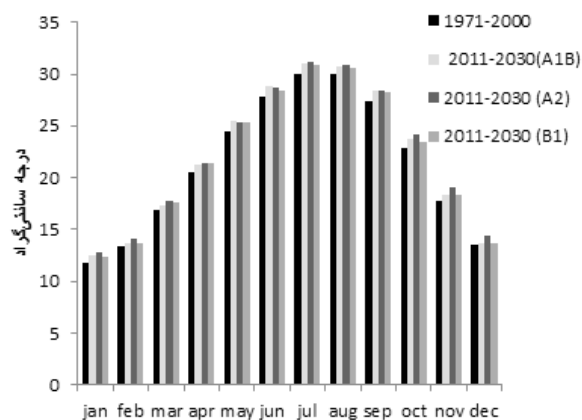


شکل ۷- دمای بیشینه پیش‌بینی شده توسط مدل HADCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A1B, A2, B1) در ایستگاه شهرکرد

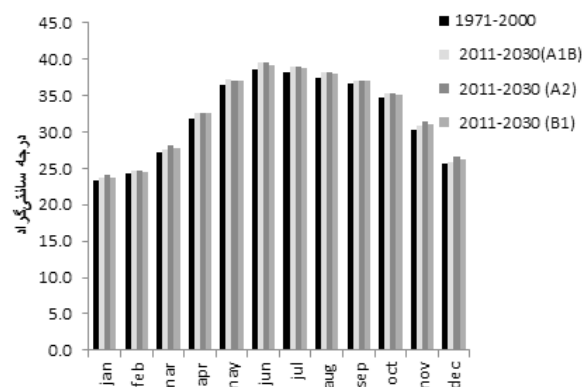


شکل ۹- تبخیر و تعرق پتانسیل پیش‌بینی شده توسط مدل HADCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A1B, A2, B1) در ایستگاه شهرکرد

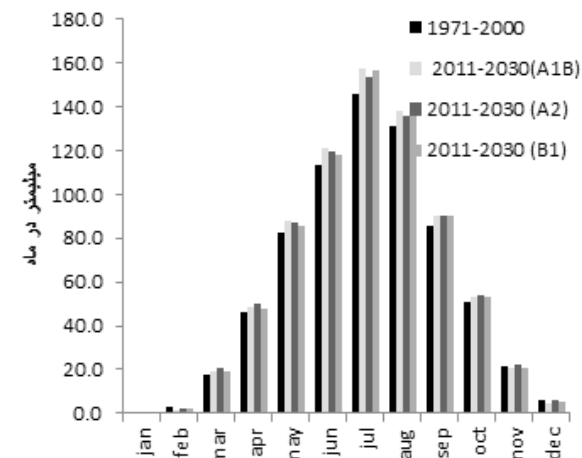
این افزایش نشان دهنده تقویت جریان‌های بارشی مانند سیستم‌های مدیرترانه‌ای و سودانی است و افزایش بارش تابستانه در ایستگاه



شکل ۴- دمای کمینه پیش‌بینی شده توسط مدل HADCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A1B, A2, B1) در ایستگاه بندرعباس



شکل ۶- دمای بیشینه پیش‌بینی شده توسط مدل HADCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A1B, A2, B1) در ایستگاه بندرعباس



شکل ۸- تبخیر و تعرق پتانسیل پیش‌بینی شده توسط مدل HADCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A1B, A2, B1) در ایستگاه بندرعباس

بررسی بارش نیز نشان می‌دهد طبق تمام سناریوهای مورد مطالعه بارش‌های زمستانه در ایستگاه شهرکرد افزایش می‌یابد که

Gonzalez J.E. 2009. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. *Agricultural Water Management*. 96:1085–1095.

7. Roy, K., Rahman M., and Kuman U. 2009. Future climate change and moisture stress: Impact on crop agriculture in south-western Bangladesh. *Climate Change and Development Perspective*. 1(1):1-8.

8. Rodriguez, Diaz J.A. Weatherhead J.W., Knox E. Camacho. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Reg Environ Change*. 7:149–159.

9. Wilby, R.L., Wigley T.M.L., Conway D., Jones P.D., Hewitson B.C., Main J., and Wilks D.S. 1998. Statistical downscaling of General Circulation Model output: A comparison of methods. *Water Resources Reserch*, 34, 2995–3008.

10. Liang, L., Lijuan L., and Qiang L. 2010. Temporal variation of reference evapotranspiration during 1961-2005 in the Taoer river basin of Northeast China. *Agricultural and Forest Meteorology*. 150: 298-306.

11. Gocic, M. and S. Trajkovic, 2010, Software for estimating reference evapotranspiration using limited weather data, *J. Computers and Electronics in Agriculture* 71 (2010), pp: 158–162.

12. Sentelhas, P.C, T.J. Gillespie and E.A. Santos, 2010, Evaluation of FAO Penman– Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, *J. Agricultural Water Management* 97 (2010) pp: 635–644.

13. Matondo, J, I., Graciana, P., and Kenneth, M, M. 2005. Managing water under climate change for peace and prosperity in Swaziland. *Physics and Chemistry of the Earth*. 30:943–949.

14. Lane M.E., Kirshen P.H., and Vogel R.M. 1999. Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources. *ASCE, Journal of Water Resource Planning and Management*. 125(4): 194-204.

بندرعباس را می‌توان به تقویت سیستم بارش موسمی در آینده نسبت داد. نتیجه وضعیت بارش بدست آمده در این تحقیق با نتیجه بدست آمده از تحقیق ماتوندو و همکارانش [۱۳] که در سال ۲۰۰۵ به بررسی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب کشور سوئیس با استفاده از سه مدل UKTR، GFDL و CCC-EQ پرداختند و برای هر سه مدل که مورد بررسی قرار دادند کاهش بارندگی را برای دهه‌های آینده پیش‌بینی کردند، همخوانی ندارد.

تبخیر و تعرق پتانسل نیز طبق تمام سناریوهای مورد مطالعه، در ماه‌ها و فصل‌های گرم سال بیش‌تر از ماه‌ها و فصل‌های سرد افزایش یافته است. علت این امر را می‌توان در افزایش دما جویا شد.

در مجموع مطالعه سناریوهای مورد مطالعه نشان می‌دهد طبق سناریوی A2 که به دنیای امروز ما نزدیک‌تر است، این سناریو افزایش بیش‌تری در دما (کمینه و بیشینه دما) و همچنین تبخیر و تعرق پتانسل در هر دو ایستگاه نسبت به سایر سناریوها پیش‌بینی نموده است. همچنین سناریوی مذکور افزایش کم‌تری را در بارش هر دو ایستگاه نسبت به سایر سناریوها پیش‌بینی نموده است.

منابع

1. اشرف. بتول، موسوی بایگی. محمد، کمالی. غلامعلی و داوری. کامران، (۱۳۹۰) پیش‌بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی در ۲۰ سال آتی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های مدل HADCM3. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، صص. ۹۴۰-۹۵۲، (۴)(۲۵).

2. عزیزاده، امین (۱۳۸۴). رابطه آب، خاک و گیاه. چاپ چهارم. انتشارات امام رضا. دانشگاه مشهد. صفحه ۴۷۰.

3. مساح بوانی. علیرضا، و مرید، سعید، (۱۳۸۵) اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده رود اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، صص ۱۷-۲۸، (۴)(۹).

4. IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. editors: J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson. Cambridge. U. K. Cambridge University Press.

5. Charlton, R. Fealy, R. Moor, S. Sweeney, J. Murphy, C. (2006), *Assessing the Impact of Climate Change on Water Supply and Flood Hazard in Ireland Using Ststistical Downscaling and Hydrological Modekking Techniques*, *International Journal Climate Change*, 74: 475- 491.

6. Harmsen E., Miller N.L., Schlegel N.J., and

*Abstract***Prediction of Seasonal and Monthly Changes of Evapotranspiration and Climatic Parameters by the use of Downscaling of General Circulation models HADCM3 data in both Arid and Semi-Arid Stations**Z. Jamali¹ and A. khoodrani²

Received: 2015/01/06 Accepted: 2016/02/21

Climate change impacts on climate parameters such as rainfall, temperature, evapotranspiration and water resources. The aim of this research is the evaluation of the effect of climate change on climate parameters and evapotranspiration by the use of HADCM3 model in an arid (BandarAbbas) and semiarid station (ShahreKord). In order to simulate daily data of rainfall, sun shine, max temperature and min temperature based on a stochastic method, LARS-WG downscaling tool was used. This stochastic weather generator downscaled the climate of two synoptic stations by the use of HADCM3 model and A2, A1B, B2 emission scenarios during 2011-2030. The largest increase in the amount of max and min temperature was observed under A1B scenario in July in ShahreKord station. Winter precipitation increases in ShahreKord station base on all of the scenarios that it can be referred to the strengthening of the rainfall flows systems such as Mediterranean and Sudan Ian. Increased winter rainfall in BandarAbbas station can be attributed to the strengthening of the monsoon rain system. In both of stations, evapotranspiration increased in all of months and warm seasons. This increase is more considerable in warm months. Totally impact of climate change on rainfall behavior is different in both stations, while the other parameters of both stations have similar behavior.

Keywords: Evapotranspiration, Climate change, LARS-WG Model, Downscaling

1. PhD student desertification, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Email: Zahra_jamali1386

1. PhD in Ecology and Department of Geography, University of Hormozgan