

ارزیابی عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو در شبیه‌سازی متغیر دما در ایستگاه‌های اهواز و

آبادان

انسپه دنده‌دزفولی^۱، نرگس ظهراپی*^۲ و مریم محمدی‌روزبهانی^۳

(۱) دانش آموخته آلودگی‌های محیط‌زیست، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۲) گروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۳) گروه علوم محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: nargeszohrabi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۳۰

چکیده

تغییرات اقلیمی ناشی از پدیده گرمایش جهانی چالش‌هایی را به جامعه بشری معرفی کرده است. بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی در دهه‌های آینده با استفاده از داده‌های خروجی مدل‌های گردش عمومی جو یکی از روش‌های بررسی پدیده تغییر اقلیم در یک منطقه می‌باشد. در این تحقیق به مطالعه عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو در شبیه‌سازی متغیر دما در ایستگاه‌های اهواز و آبادان پرداخته شده است. شبیه‌سازی‌های دمایی براساس اطلاعات مورد تایید هیات بین دول تغییر اقلیم و بر مبنای هفت مدل HADCM3، CNRMCM3، CSIROMK3.0، GFDLCM2.0، INMCM3.0، IPSLCM4 و BCM2.0 انجام شده‌اند. فایل داده‌های ماهانه دما در مدل‌های گردش عمومی جو که حاوی سری زمانی متغیرهای اقلیمی سلول‌های محاسباتی محاط بر کره زمین است از سایت پایگاه اطلاع رسانی هیئت بین دول تغییر اقلیم در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ تهیه گردید. سپس، میانگین سالانه دما در سلول‌های مذکور محاسبه شد. این مقادیر با میانگین ۳۰ ساله دمای مشاهداتی منطقه مورد مطالعه در دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفت. عملکرد مدل‌ها به صورت سه معیار ضریب همبستگی، جذر میانگین مربعات خطا و خطای بایس ارائه شده‌اند. مقایسه نتایج حاکی از آن است که مدل GFDLCM2.0 به طور مشترک دارای بهترین عملکرد در شبیه‌سازی متغیر دما برای هر دو ایستگاه بوده است. از سوی دیگر، مدل‌های IPSLCM4 و CNRMCM3 دارای ضعیف‌ترین عملکرد در شبیه‌سازی متغیر دما به ترتیب در ایستگاه‌های اهواز و آبادان بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، عملکرد، مدل‌های گردش عمومی جو و دما.

مقدمه

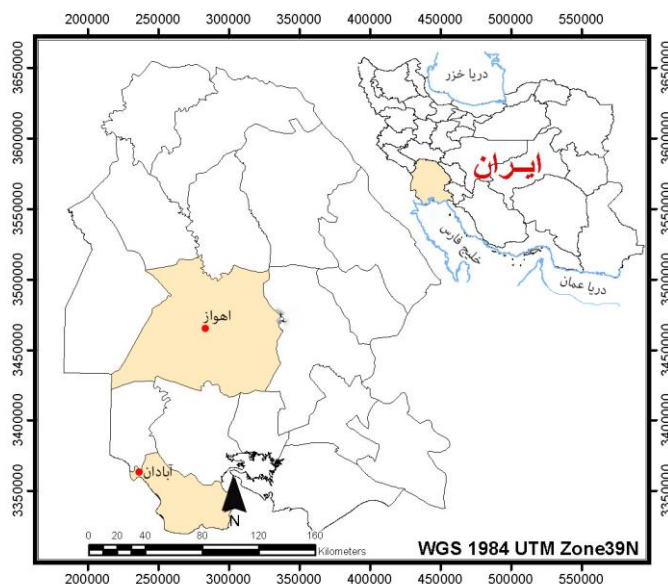
موضوع تغییر اقلیم و اثرات احتمالی آن بر روی بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی به عنوان یکی از چالش‌های فراروی بشر مطرح می‌شود. از این رو سازمان‌های بین‌المللی مختلفی هم‌چون چهارچوب کنواسیون تغییر اقلیم سازمان ملل متحد، پروتکل کیوتو و همچنین هیئت بین‌دول تغییر اقلیم جهت بررسی این موضوع تشکیل گردیده‌اند. تغییر اقلیم پدیده‌ای است که در اثر تغییر درجه حرارت کره زمین از ۴/۵ میلیون سال پیش اتفاق افتاده است. منظور از گرم شدن زمین، افزایش میانگین دمای زمین است. تغییر درجه حرارت به دلیل اثرات گازهای گلخانه‌ای (بخار آب، دی‌اکسید کربن، کلروفلوروکربن و متان) است. این گازها مقداری از انرژی خورشید را در جو زمین نگه می‌دارند و موجب گرم شدن زمین می‌شوند. علاوه بر این، ساز و کارهای گیاهی، حیوانی و فعالیت‌های بشر در کره زمین نیز در تغییر درجه حرارت موثر هستند. اقلیم به صورت مجموعه‌ای از گزارشات جوی در یک بازه زمانی طولانی تعیین می‌گردد. این گزارشات برحسب میانگین‌های بلندمدت و دیگر آمارهای مربوط به شرایط جوی مانند فراوانی وقایع غیر متعارف ارائه می‌شوند. همان‌طور که الگوهای جوی از روزی به روز دیگر تغییر می‌نمایند، اقلیم نیز در یک مقیاس زمانی دهه، سالانه، قرن یا یک دوره هزارساله و دیگر مقیاس‌های زمانی بلند مدت مطابق با تاریخ زمین‌شناسی تغییر می‌کند. در سال‌های اخیر تغییرات اقلیمی موجب بروز مشکل در مناطق مختلف جهان شده است. بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی در دهه‌های آینده با استفاده از داده‌های خروجی مدل‌های گردش عمومی جو یکی از روش‌های بررسی پدیده تغییر اقلیم در یک منطقه می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق، مطالعه عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو در شبیه‌سازی متغیر دما در ایستگاه‌های اهواز و آبادان است. در این راستا، قربانی واقعی و همکاران (۱۳۸۷) روی عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی بندرانزلی تحقیق نمودند. در این تحقیق به بررسی توانایی شبیه‌سازی بارندگی و دمای ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بندر انزلی توسط مدل‌های HADCM3، CSIRO-MK2، CGCM2، CCSRNISE و GFDL-R30 در دوره پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ پرداخته شده است. برای ارزیابی اعتبار مدل‌ها از معیارهای عملکرد مختلف استفاده شده است. نتایج نشان داده است که مدل GFDL-R30 نسبت به سایر مدل‌ها از کارایی بهتری در شبیه‌سازی داده‌های دمایی برخوردار است. ظهراپی و همکاران (۱۳۸۹) به آشکارسازی تغییر اقلیم در حوضه آبریز کارون بزرگ پرداختند. در این پژوهش از دوره دراز مدت ۱۰۰۰ ساله دما و بارش حاصل از اجرای کنترلی (ثابت ماندن گازهای گلخانه‌ای) دو مدل HADCM3 و CGCM3 استفاده شده است. سپس براساس توزیع نرمال دومتغیره، محدوده نوسانات درونی سالانه اقلیمی منطقه مورد مطالعه به صورت نمودارهای دوبعدی دما-بارندگی ترسیم گردید. در ادامه به منظور آشکارسازی تغییر اقلیم در دوره‌های گذشته در حوضه کارون بزرگ و نسبت‌دهی آن به گازهای گلخانه‌ای، مقادیر آنومالی سالانه دما و

بارندگی مشاهداتی ایستگاه‌های مختلف حوزه با محدوده نوسانات درونی منطقه مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان از روند افزایش دما و کاهش بارندگی دارد و متغیر دما تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار گرفته است. جاهد و همکاران (۱۳۹۰) در خصوص صحت‌سنجی عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو در شبیه‌سازی داده‌های دما در منطقه کرمان تحقیق نموده‌اند. عدم اطمینان ناشی از کاربرد مدل‌های مختلف گردش عمومی جو سبب شد که در این تحقیق به عنوان هدف اصلی، نتایج مدل‌های گردش عمومی جو در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی برای سال‌های آماری پایه مورد بررسی قرار گرفته و عملکرد آنها برای پیش‌بینی داده‌های دما در منطقه کرمان مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این کار از شبیه‌سازی دمای حاصل از ۲۲ مدل گردش عمومی جو استفاده شده است. در این تحقیق مشخص گردید که مدل‌های AOM، CM3.0_INM و BCM2.0 در شبیه‌سازی داده‌های دمای حداقل ماهانه، مدل‌های MK3.0، ECHO_G و HADGEM داده‌های میانگین ماهانه و همچنین مدل‌های AOM، MK3.0 و PCM در شبیه‌سازی دمای حداکثر ماهانه بهترین عملکرد را داشته‌اند. فولاد و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای بارش و دما با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو روی حوضه آبریز رودخانه کرج (سد امیرکبیر) پرداخته‌اند. برای این منظور با استفاده از کوچک مقیاس کردن خروجی مدل‌های گردش عمومی جو به بررسی تغییرات این دو پارامتر اقلیمی در دوره آینده (۲۰۷۰-۲۰۴۰) پرداخته شده که نتایج حاصل افزایش درجه حرارت و کاهش بارندگی‌ها را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند. ناصری و پناهی (۱۳۹۱) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و کشاورزی با استفاده از مدل HADCM3 پرداختند. نتایج به دست آمده بیانگر این مطلب بوده است که با این روند افزایش گازهای گلخانه‌ای و سایر عوامل موثر بر تغییر اقلیم تا سال ۲۱۰۰ میلادی با افزایش دما، کاهش بارندگی و افزایش سال‌های خشک متوالی مواجه خواهیم بود. گودرزی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی نسبت‌دهی روند تغییرات دما و بارش به افزایش گازهای گلخانه‌ای در خصوص حوضه آذربایجان غربی پژوهش نمودند. در این پژوهش به منظور نسبت‌دهی احتمالی تغییرات اقلیم به افزایش گازهای گلخانه‌ای در آذربایجان غربی واقع در شمال غرب ایران، ابتدا محدوده نوسانات طبیعی اقلیمی منطقه به وسیله آمار باند مدت دما و بارش حاصل از اجرای کنترل (ثابت ماندن گازهای گلخانه‌ای) مدل CGCM3 به صورت گراف‌های دوبعدی دما و بارش بر مبنای توزیع نرمال دومتغیره تعیین شده است. نتایج نشان داده که در قسمت‌های مختلف منطقه مطالعاتی، محدوده نوسانات درونی اقلیم برای متغیر دما و بارش به ترتیب بین ۱/۸ تا ۱/۸- درجه سانتی‌گراد و ۴۰ تا ۴۰- درصد بوده است. نصحیان و همکاران (۱۳۹۲) اثر تغییر اقلیم روی دما و بارش در دشت‌های شهرکرد و بروجن طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۴۹ پیش‌بینی نمودند. پیش‌بینی‌ها با استفاده از دو مدل گردش عمومی جو HADCM3 و CGCM3 برای مقادیر بارندگی و دما (حداقل، حداکثر و متوسط) انجام و برای ریزمقیاس‌سازی داده‌ها از مدل LARS-WG استفاده شد. نتایج نشان داد که

میزان افزایش دما در تابستان و بهار بیش‌تر از پاییز و زمستان خواهد بود. شبیه‌سازی‌های دمای در پژوهش حاضر براساس اطلاعات مورد تایید هیات بین دول تغییر اقلیم و بر مبنای هفت مدل HADCM3، CNRMCM3، CSIROCM3.0، GFDLCM2.0، INMCM3.0، IPSLCM4 و BCM2.0 انجام شده‌اند. عملکرد مدل‌ها به صورت سه معیار ضریب همبستگی، جذر میانگین مربعات خطا و خطای بایس ارائه شده‌اند.

منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در این مقاله شامل ایستگاه‌های اهواز و آبادان در استان خوزستان می‌باشد. موقعیت این ایستگاه‌ها در نقشه شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین، مشخصات طول، عرض و ارتفاع جغرافیایی ایستگاه‌های اهواز و آبادان در جدول ۱ خلاصه شده‌اند.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان خوزستان، ایران

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	مختصات جغرافیایی		
		طول	عرض	ارتفاع
۱	اهواز	۴۸ - ۴۱	۳۱ - ۲۰	۲۰
۲	آبادان	۴۸ - ۱۵	۳۰ - ۲۲	۶/۶

مواد و روش‌ها

مدل‌های سه بعدی جفت شده گردش عمومی جو معتبرترین ابزار جهت تولید داده‌های اقلیمی می‌باشند. این مدل‌ها بر پایه قوانین فیزیکی و توسط روابط ریاضی ارائه می‌شوند. این روابط روی یک شبکه سه‌بعدی در سطح کره زمین حل می‌گردند. فرآیندهای اصلی اقلیمی (اتمسفر، اقیانوس، سطح زمین، یخ پسته و زیست کره) به منظور شبیه‌سازی اقلیم کره زمین در مدل‌های فرعی جداگانه جفت شده و مدل‌های گردش عمومی جو را تشکیل می‌دهند. هیئت بین دول تغییر اقلیم وظیفه اصلی تحقیق و بررسی در رابطه با مقوله‌های علمی، فنی و خطرات بالقوه تغییرات آب و هوا و همچنین اثرات آن در سطح جهان و تعیین سیاست‌های مقابله با آن را داراست. این موسسه تاکنون چهار گزارش ارزیابی عمده FAR-۱۹۹۰، SAR-۱۹۹۵، TAR-۲۰۰۱ و AR4-۲۰۰۷ در سه بخش از مبانی علمی، اثرات و سازگاری و فرونشانی تغییر اقلیم ارائه داده است. مدل‌های گردش عمومی جو استفاده شده در این تحقیق زیر مجموعه‌ای از چهارمین گزارش ارزیابی AR4 هستند. این گزارش اخیراً منتشر شده است. مشخصات ۷ مدل گردش عمومی جو استفاده شده در جدول ۲ مفروض می‌باشند.

جدول ۲: مشخصات مدل‌های گردش عمومی جو موجود در پایگاه اطلاعات IPCC-AR4

ردیف	نام مدل	مخفف مدل	گروه موسس	قدرت تفکیک	سناریوهای انتشار	مرجع
۱	HADCM3	HADCM3	UKMO (Uk)	۲/۵ × ۳/۷۵	.1B,A2,B1	Gordon <i>et al</i> ,2000
۲	CNRMCM3	CNRM3	CNRM (France)	۱/۹ × ۱/۹	A1B,A2	Deque <i>et al</i> ,1994
۳	CSIROMK3.0	CSMK3	ABM (Australia)	۱/۹ × ۱/۹	A1B,B1	Gordon <i>et al</i> ,2002
۴	GFDLGM2.0	GFCM2	NOAA/GFDL (USA)	۲/۰ × ۲/۵	.1B,A2,B1	GFDL-GAMDT, 2004
۵	INMCM3.0	INM	INM (Russia)	۴/۰ × ۵/۰	.1B,A2,B1	Alekseev <i>et al</i> ,1998
۶	IPSLCM4	IPCM4	IPSL(France)	۲/۵ × ۳/۷۵	.1B,A2,B1	Hourdin <i>et al</i> ,2006
۷	BCM2.0	BCM2.0	BBCR (Norway)	۱/۵ × ۱/۵	A1B ,B1	Terray <i>et al</i> ,1998

به‌منظور بررسی عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو در شبیه‌سازی متغیر دما، لازم است مقادیر دمای شبیه‌سازی شده توسط این مدل‌ها در دوره پایه با مقادیر مشاهداتی ایستگاه‌های مورد مطالعه مقایسه گردد. به توصیه سازمان جهانی هواشناسی برای هماهنگی در انتخاب دوره پایه در مطالعات مختلف تغییر اقلیم و امکان مقایسه آن‌ها، دوره پایه به صورت دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ در نظر گرفته می‌شود. در مواردی که داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه برای این دوره

موجود نباشد، دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ جایگزین خواهد شد. لازم به ذکر است با توجه به این که اکثر ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه این پژوهش، داده‌های دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ را پوشش می‌دهند، لذا این دوره به عنوان دوره پایه انتخاب شده است. در ادامه فایل داده‌های ماهانه دما در مدل‌های گردش عمومی جو که حاوی سری زمانی متغیرهای اقلیمی سلول‌های محاسباتی محاط بر کره زمین است از سایت پایگاه اطلاع رسانی هیئت بین دول تغییر اقلیم در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ تهیه گردید. سپس، میانگین سالانه دما در سلول‌های مذکور محاسبه شد. این مقادیر با میانگین ۳۰ ساله دمای مشاهداتی منطقه مورد مطالعه در دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفت. جهت مقایسه عملکرد مدل‌ها از سه معیار ضریب همبستگی (ρ)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و معیار خطای بایس (Bias) استفاده شده است. روابط ریاضی این معیارها به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\rho = \frac{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (X_s - \mu_s)(X_o - \mu_o)}{\sigma_s \times \sigma_o} \quad \text{رابطه ۱:}$$

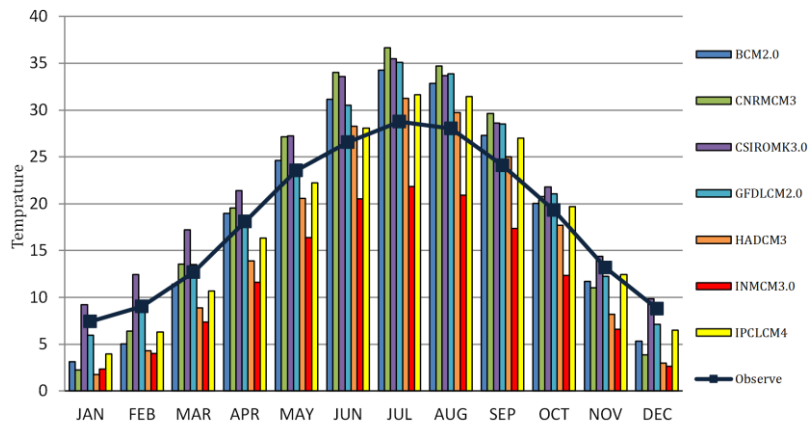
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (X_s - X_o)^2}{n}} \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$Bias = \frac{\sum_{m=1}^n (X_s - X_o)}{n} \quad \text{رابطه ۳:}$$

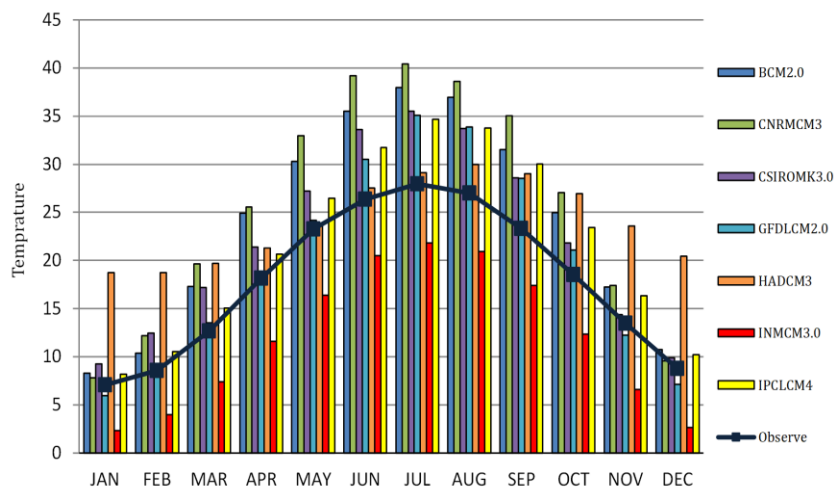
که در آن، X_s مقادیر داده‌های شبیه‌سازی شده، X_o مقادیر داده‌های مشاهداتی، μ مقدار میانگین داده‌ها، σ مقدار انحراف معیار داده‌ها و n تعداد داده‌ها می‌باشد. ρ بیانگر ارتباط خطی بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی بوده که مقدار آن بین صفر تا یک می‌باشد. هرچه مقدار ρ به یک نزدیکتر باشد نشان دهنده رابطه قوی‌تر خطی بین دو مقدار می‌باشد. با توجه به این که این معیار فقط الگوی رفتاری دو مجموعه از داده‌ها را نشان می‌دهد، بنابراین از معیارهای دیگری همچون RMSE و Bias استفاده می‌گردد. کمتر شدن آن‌ها که به منزله اختلاف حداقل بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی است، نشان از عملکرد بهتر مدل دارد.

نتایج و بحث

میانگین ۳۰ ساله ماهانه دمای مشاهداتی ایستگاه‌های اهواز و آبادان و همچنین مقادیر مدل‌های گردش عمومی جو BCM2.0، IPSLCM4، INMCM3.0، GFDLCM2.0، CSIROMK3.0، CNRMCM3، HADCM3 با هر ایستگاه به ترتیب در شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است. علاوه بر این، مقادیر اندازه‌گیری شده برای هر یک از معیارهای ضریب همبستگی (ρ)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و معیار خطای بایس (Bias) برای هر یک از مدل‌های گردش عمومی جو در جدول (۳) گنجانده شده است.



شکل ۲: میانگین ۳۰ ساله ماهانه دمای مشاهداتی ایستگاه اهواز و مقادیر مدل‌های گردش عمومی جو



شکل ۳: میانگین ۳۰ ساله ماهانه دمای مشاهداتی ایستگاه آبادان و مقادیر مدل‌های گردش عمومی جو

جدول ۳: شاخص‌های عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو نسبت به داده‌های مشاهداتی دما

ردیف	نام مدل	اهواز			آبادان		
		Bias (°C)	RMSE (°C)	(%) ρ	Bias (°C)	RMSE (°C)	(%) ρ
۱	BCM2.0	-۰/۵۳	۰/۹۸	۱۰۰	-۵/۹۲	۱/۹۲	۱۰۰
۲	CNRMCM3	-۱/۶۸	۱/۳۸	۹۹	-۷/۵۲	۲/۴۹	۹۹
۳	CSIROMK3.0	-۳/۸۰	۱/۲۳	۹۹	-۴/۱۶	۱/۳۵	۹۹
۴	GFDLCM2.0	-۱/۶۱	۰/۹۱	۹۹	-۱/۹۷	۱/۰۴	۹۹
۵	HADCM3	۲/۲۴	۱/۰۸	۹۹	-۶/۱۵	۲/۱۳	۹۹
۶	INMCM3.0	۲/۲۴	۱/۰۸	۹۹	-۶/۱۵	۲/۱۳	۱۰۰
۷	IPSLCM4	۶/۲۸	۱/۸۳	۹۹	۵/۹۲	۱/۷۲	۱۰۰

نتیجه‌گیری

طی ۱۰۰ سال گذشته بشر، در نتیجه احتراق زغال سنگ، نفت، گاز و تخریب جنگل‌ها بطور عمده تغییراتی را در ترکیبات شیمیایی جو ایجاد کرده است. تغییرات شیمی جو، بر اقلیم زمین، اکوسیستم‌هایی که توسط اقلیم پایدار هستند و همچنین بر سلامتی بشر و اقتصاد تاثیر زیادی دارد. گازهای حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی با وجود اینکه کمترین بخش جو را تشکیل می‌دهند ولی بیشترین تاثیر را بر اقلیم می‌گذارند. پدیده گرمایش جهانی در حال وقوع است که تغییر اقلیم کره زمین یکی از عواقب این پدیده می‌باشد. تغییرات اقلیمی زمین مسبب ظهور نگرانی در جوامع بشری شده‌اند. در این تحقیق به مطالعه عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو AOGCM در شبیه‌سازی متغیر دما در ایستگاه‌های اهواز و آبادان پرداخته شده است. روش تحقیق شامل استفاده از اطلاعات چهارمین گزارش ارزیابی هیئت بین دول تغییر اقلیم بوده است. از معیارهای ضریب همبستگی، جذر میانگین مربعات خطا و معیار خطای بایس به منظور مقایسه عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو استفاده شده است. نتایج به صورت نمودارهای هیستوگرام میانگین ۳۰ ساله ماهانه دمای مشاهداتی ایستگاه‌های اهواز و آبادان و همچنین مقادیر مدل‌های گردش عمومی جو مدل HADCM3، CNRMCM3، CSIROCM3.0، GFDLCM2.0، INMCM3.0، IPSLCM4 و BCM2.0 برای هر ایستگاه نشان داده شده است. همچنین مقایسه معیارهای ارزیابی عملکرد این مدل‌ها نیز ارائه شده است. مقایسه نتایج حاکی از آن است که مدل GFDLCM2.0 به طور مشترک دارای بهترین عملکرد در شبیه‌سازی متغیر دما برای هر دو ایستگاه بوده است. از سوی دیگر، مدل‌های IPSLCM4 و CNRMCM3 دارای ضعیف‌ترین عملکرد در شبیه‌سازی متغیر دما به ترتیب در ایستگاه‌های اهواز و آبادان بوده‌اند.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان با عنوان: بررسی اثرات تغییر اقلیم (افزایش گازهای گلخانه‌ای) بر متغیر دما توسط مدل‌های AOGCM در استان خوزستان می‌باشد که بدینوسیله از این دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- قربانی واقعی، ح.، مساح‌بوانی، ع. و بهرامی، ح. (۱۳۸۷). ارزیابی عملکرد مدل‌های AOGCM در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی بندر انزلی، سومی کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
- ظهرابی، ن.، مساح‌بوانی، ع.، تلوری، ع. و صدقی، ح. (۱۳۸۹). آشکارسازی تغییر اقلیم در حوضه آبریز کارون بزرگ، چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران، ایران.

- جاهد، ر.، جلال کمالی، ن. و بابازاده، ح. (۱۳۹۰). صحت‌سنجی عملکرد مدل‌های گردش عمومی جو (AOGCM) در شبیه‌سازی داده‌های دما در منطقه کرمان، نخستین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- فولاد، ف.، مطیعی، ه.، شریفان، ر.، الف. و زمانی نوری، ع. (۱۳۹۰). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای بارش و دما با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو- مطالعه موردی حوضه آبریز رودخانه کرج (سد امیرکبیر)، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.
- ناصری، و. و پناهی، م. (۱۳۹۱). اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و کشاورزی، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط زیست، ایران.
- گودرزی، الف.، مساح‌بوانی، ع. و ظهراپی، ن. (۱۳۹۱). بررسی نسبت‌دهی روند تغییرات دما و بارش به افزایش گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی: حوضه آذربایجان غربی)، اولین همایش بین‌المللی بحران‌های زیست محیطی و راهکارهای بهبود آن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات خوزستان، جزیره کیش، ایران.
- نصوحیان، س.، قبادی‌نیا، م.، طباطبایی، ح. و خالقی، ح. (۱۳۹۲). بررسی اثر تغییر اقلیم روی دما و بارش در دشت‌های شهرکرد، بروجن طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۴۹، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

Gordon, C, Cooper, C, Senior, C. A, Banks, H, Gregory, J. M, Johns, T. C, Mitchell, J. F. B, and Wood, R. A (2000). The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Clim. Dynam.*, vol. 16, p.p. 147-168.

Deque, M., Drevet, C., Braun, A., and Cariolle, D. (1994), The Arpege/ifs atmosphere model - a contribution to the French Community Climate Modeling, *Clim. Dynam.*, vol. 10, p.p. 249-266.

Gordon, H. B., Rotstayn, L. D., McGregor, J. L., Dix, M.R., Kowalczyk, E. A., O'Farrell, S. P., Waterman, L. J., Hirst, A. C., Wilson, S.G., Collier, M. A., Watterson, I. G. and Elliott, T. I. (2002). The CSIRO Mk3 Climate System Model. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 60. (Available on-line at http://www.cmar.csiro.au/e-print/open/gordon_2002a.pdf)

GFDL GAMDT (2004). The new GFDL global atmosphere and land model AM2-LM2: Evaluation with prescribed SST simulations, *J. Climate*, vol. 17, p.p. 4641-4673.

-
- Alekseev, V. A., Volodin, E. M., Galin, V. Ya., Dymnikov V. P., and Lykossov, V. N. (1998).** Modelling of the present-day climate by the atmospheric model of INM RAS “DNM GCM.”
- Hourdin, F., Musat, I., Bony, S., Braconnot, P., Codron, F., Dufresne, J. L., Fairhead, L., Filiberti, M. A., Friedlingstein, P., Grandpeix, J. Y., Krinner, G., LeVan, P. and Lott, F. (2006).** The LMDZ4 general circulation model: climate performance and sensitivity to parametrized physics with emphasis on tropical convection, *Clim. Dyn.*, vol. 27, p.p. 787-813.
- Terray, L., S. Valcke, and A. Piacentini (1998).** OASIS 2.2 Guide and Reference Manual, TR/CMGC/98-05, CERFACS, Toulouse, France.