

شبیه‌سازی روند تغییرات دما و بارش در ایستگاه‌های منتخب حوضه آبریز کارون بزرگ

میترا لاله سیاه پیرانی^{۱*}، مجتبی ذوالجودی^۲، ابراهیم فتاحی^۳، حمید مهسا فر^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه جغرافیای طبیعی، تهران

۲- رئیس پژوهشکده هواشناسی

۳- عضو هیئت علمی پژوهشکده هواشناسی

۴- دانش‌آموخته کارشناس ارشد مهندسی عمران آب، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۰/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۱/۳۰

چکیده

انقلاب صنعتی روند استفاده از انرژی را شدت بخشید و این یکی به نوبه خود موجب انتشار روزافزون گازهای گلخانه‌ای در جو زمین گردید. این امر موجب بروز پدیده‌ای گردید که پژوهش‌گران از آن تحت عنوان گرم شدن کره زمین نام می‌برند. در این رابطه گزارشات هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، حاکی از این است که چنانچه تا سال ۲۱۰۰ میلادی دمای متوسط زمین کاهش نیابد یا افزایش برابر ۱/۱ تا ۴/۶ درجه سلسیوس رو به رو خواهد شد. این امر به بروز پدیده‌ای به نام پدیده گرمایش جهانی و تغییر اقلیم حاصل از آن منجر خواهد شد. و به دنبال آن چرخه آبی و یا سیستم منابع آب دچار تغییرات بنیادی خواهد شد. حوضه آبریز کارون بزرگ با داشتن حدود ۱۲ سد بزرگ احداث شده و در حال احداث و با پتانسیل تولید ۲۰ هزار مگاوات تولید نیرو از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. بنابراین آشکار سازی تغییر اقلیم و بررسی آثار و پیامدهای آن در این منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. در این تحقیق با استفاده از داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) تحت سناریوی گازهای گلخانه‌ای SRES تغییرات بارش و دما در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ برای ایستگاه‌های اهواز، دزفول و خرم‌آباد که به عنوان ایستگاه‌های منتخب حوضه کارون بزرگ می‌باشند، شبیه‌سازی شده است. داده‌های مورد نیاز شامل میانگین دما و مجموع بارش ماهانه در دوره آتی از دو مدل HadCM3 و CSIRO از سری مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوی A2 و B1 و با استفاده از روش تناسبی داده‌های دوره پایه و دوره‌های آتی تامین شده است. نتایج حاصل، حاکی از افزایش دما برای هر دو مدل به ترتیب ۱/۸ و ۲ درجه سانتی‌گراد و کاهش بارندگی ۱۰ و ۶ درصد برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ می‌باشد.

واژگان کلیدی: گرمایش جهانی، تغییر اقلیم، شبیه‌سازی، گردش عمومی جو، حوضه کارون بزرگ.

*. Email: m_laleh51@yahoo.com

مقدمه

تحت سه سناریوی انتشار مربوط به IS92، پرادهوم و دیویس (Prudhomme & Daries, 2005) از سه مدل اقلیمی تحت دو سناریو انتشار A2 و B1 انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده نموده اند. به همین منظور در این تحقیق با استفاده از داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) تحت سناریوی گازهای گلخانه‌ای SRES تغییرات بارش و دما در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ برای ایستگاه‌های اهواز، دزفول و خرم آباد که به عنوان ایستگاه‌های منتخب حوضه کارون بزرگ می‌باشند، شبیه‌سازی شده است. داده‌های مورد نیاز شامل میانگین دما و مجموع بارش ماهانه در دوره آتی از دو مدل HadCM3 و CSIRO از سری مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوی A2 و B1 تامین شده و از روش تناسبی داده‌های دوره پایه و دوره‌های آتی استفاده شده است، نتایج حاکی از، افزایش دما برای هر دو مدل و کاهش بارندگی برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان مساحتی حدود ۴۳۷۱۵۰ کیلومتر مربع دارد. جریان‌های سطحی بخش قابل توجهی از این حوضه یا مستقیماً به درون کشور عراق جریان می‌یابند و یا پس از پیوستن با رودخانه دجله و فرات، به خلیج فارس می‌ریزند. یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین رودخانه‌های این قسمت از حوضه آبریز خلیج فارس رودخانه کارون می‌باشد. بزرگ‌ترین سدهای مخزنی ایران در این حوضه احداث شده، و یا در دست احداث می‌باشد، در حال حاضر با داشتن حدود ۱۲ سد بزرگ احداث شده و در حال احداث و با پتانسیل تولید ۲۰ هزار مگاوات نیرو از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. مساحت این حوضه ۶۷۲۵۷ کیلومتر مربع است که حدود ۵ درصد از مساحت کل ایران را شامل می‌شود. از این مساحت، ۶۷ درصد آن را مناطق کوهستانی و ۳۳ درصد

رشد صنایع و کارخانه‌ها در آغاز انقلاب صنعتی و به تبع آن افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی از یک سو و تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی کشاورزی از سوی دیگر باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای مخصوصاً گاز CO₂ و به تبع آن افزایش دما در سطح کره زمین در چند دهه اخیر شده است به گونه‌ای که سناریوهای اخیر هیئت بین دول تغییر اقلیم^۱ (IPCC) افزایش متوسط جهانی دما را ۰/۷۶ درجه سلسیوس در قرن گذشته و تا ۶/۴ درجه سلسیوس تا سال ۲۱۰۰ پیش بینی می‌کنند (IPCC, 2001) که این پدیده تغییر اقلیم اطلاق می‌شود. گزارش IPCC مناطق آسیایی را در مقابل تغییر اقلیم آسیب پذیر نشان می‌دهند (IPCC, 2007). پدیده تغییر اقلیم می‌تواند بر سامانه‌های مختلفی اثر گذار باشد. که سامانه منابع آب از اصلی‌ترین آن‌ها می‌باشد. بنابراین پدیده تغییر اقلیم می‌تواند به عنوان عمده‌ترین چالش بشر در دهه‌های آتی قلمداد گردد. از آن‌جا که افزایش این احتمال برای دوره‌های آتی می‌تواند آثار زیانباری برای جوامع بشری در پی داشته باشد بنابراین در مطالعات تغییر اقلیم و بررسی اثرات آن بر بخش‌های مختلف، عدم قطعیت‌های مختلفی بر نتایج نهائی تاثیر می‌گذارند. از جمله عدم قطعیت‌ها در شبیه سازی‌های اقلیمی مربوط به سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای^۳ (GHGES) و مدل‌های گردش عمومی جو- اقیانوس^۴ (AOGCM) می‌باشد، که اگر این عدم قطعیت‌ها در تحلیل‌ها اعمال نشوند از اعتبار نتایج کاسته می‌شود. بنابراین استفاده تنها از یک مدل AOGCM تحت یک سناریوی انتشار برای تحلیل‌های تغییر اقلیم، نمی‌تواند تمامی محدوده عدم قطعیت‌های مربوط را پوشش داده و نتایج غیر کاربردی را به دنبال خواهد داشت (وائقی، ۱۳۹۰). بنابراین محققین با به کار گیری بیش از یک مدل اقلیمی تحت سناریوهای انتشار مختلف در مطالعات تغییر اقلیم، سعی در لحاظ نمودن این منابع عدم قطعیت دارند. به طور مثال کامگا (Kamga, 2001) از دو مدل اقلیمی

1. Intergovernmental Panel on Climate Change
3. Green house gas Emission Scenario

2. Uncertainty
4. Atmosphere-Ocean General Circulation Model

ارتفاعات مختلف حوضه کارون و ناهمواری‌های طبیعی متنوع، طبیعی است که انواع اقلیم‌ها در این حوضه یافت شود. بنابراین پس از بررسی صحت داده‌ها و طول دوره آماری مناسب برای این پژوهش، سه ایستگاه اصلی در این حوضه انتخاب شد. که در بین آنها ایستگاه خرم‌آباد به عنوان معرف بخش کوهستانی، ایستگاه دزفول به عنوان معرف بخش میانی و ایستگاه اهواز به عنوان معرف بخش جنوبی حوضه آبریز کارون در نظر گرفته شده‌اند.

مابقی را دشت‌های مرتفع تشکیل داده است. همان‌گونه که در شکل (۱) نیز مشاهده می‌شود، از آن جایی که اکثر پدیده‌های جوی از قبیل توده‌های هوا، جبهه، توفان‌ها بر اثر تغییرات رطوبت و گرما شکل می‌گیرند و در واقع این دو پارامتر از عوامل اصلی تشخیص اقلیم به شمار می‌روند می‌توان گفت منطقه مورد مطالعه به دلیل قرار داشتن در عرض جغرافیایی متوسط دارای جریانات کلی غربی بوده (هر چند ناهمواری‌های طبیعی فصول سال و سامانه‌های فشار این حالت کلی را می‌توانند تغییر دهند) و با توجه به



شکل ۱: حوضه آبریز کارون بزرگ (نگارنده)

بخش کوهستانی حوضه، ایستگاه دزفول به عنوان معرف بخش میانی و ایستگاه اهواز به عنوان معرف بخش جنوبی حوضه آبریز کارون در نظر گرفته شده‌اند.

با توجه به آنچه گفته شد و با عنایت به بررسی و صحت داده‌ها و طول دوره آماری مناسب برای این پژوهش، سه ایستگاه اصلی در این حوضه انتخاب شد (جدول ۱). که در بین آنها ایستگاه خرم‌آباد به عنوان معرف

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه (سازمان هواشناسی کشور)

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول دوره آماری
خرم‌آباد	سینوپتیک	۱۱۲۵	۳۳° ۲۹'	۴۸° ۲۲'	۱۹۶۱-۲۰۰۷
دزفول	سینوپتیک	۱۴۳	۳۳° ۲۴'	۴۸° ۲۳'	۱۹۶۱-۲۰۰۷
اهواز	سینوپتیک	۲۲/۵	۳۱° ۲۰'	۴۸° ۴۰'	۱۹۶۱-۲۰۰۷

خورشیدی، میانگین دمای هوا، دمای نقطه شبنم، کمینه دمای هوا، بیشینه دمای هوا و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین تا سال ۲۱۰۰ تحت سناریوهای مختلف انتشار شبیه‌سازی شده‌اند. در این تحقیق از خروجی دو مدل Had CM3 و CSIRO تحت سناریوهای A2 و B1 مربوط به چهارمین گزارش ارزیابی IPCC (AR4) استفاده خواهد شد. این مجموعه داده‌ها آزادانه از طریق مرکز توزیع داده^۱ (DDC) که توسط IPCC در سال ۱۹۹۸ شکل گرفته قابل دسترسی می‌باشد (IPCC, 2001). سناریوی A2 بر رشد متوسط اقتصاد، تکنولوژی و نرخ رشد سریع جمعیت و دنیایی متمایز با وضعیت فعلی تاکید دارد و در سناریوی B1 بر افزایش جمعیت به خصوص در اواسط قرن ۲۱ که به اوج خود می‌رسد و سپس کاهش می‌یابد و استفاده از انرژی‌های پاک و پایداری محیط زیست، تاکید دارد. جهت دسترسی به داده‌های مربوط به منطقه در دوره‌های ۳۰ ساله پایه و آینده، با وارد کردن مختصات مکانی موقعیت مورد نظر و همچنین طول آماری مورد نیاز سری‌های زمانی دما و بارش در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۰)، خروجی ماهانه این متغیرها در دو دوره زمانی به دست می‌آید. مشخصات این مدل‌ها در جدول (۲) آورده شده است.

شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های

گذشته توسط مدل‌های HadCm3, CSIRO

دما و بارش از عمده ترین و اساسی ترین عناصر در تعیین نقش عناصر اقلیمی و از شاخص های اصلی در پهنه بندی اقلیمی به شمار می‌روند. یکی از روش‌های شبیه‌سازی نوسانات درونی اقلیم یک منطقه، بررسی سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی در یک دوره آماری بلند مدت (بیش از چند صد سال) است. به دلیل عدم وجود داده‌های مشاهداتی بلند مدت در مناطق مختلف دنیا، راه جایگزین استفاده از شبیه‌سازی‌های مدل‌های سه بعدی جفت شده اقیانوس- اتمسفر گردش عمومی جو AOGCM می‌باشد (مهسا فر، ۱۳۸۷). این مدل‌ها بر پایه قوانین فیزیکی که به وسیله روابط ریاضی ارائه می‌شوند، استوار می‌باشند. این روابط در یک شبکه سه بعدی در سطح کره زمین حل می‌گردند. به منظور شبیه سازی اقلیم کره زمین فرایندهای اصل اقلیمی (اتمسفر، کریوسفر، بیوسفر و هیدروسفر) در مدل‌های فرعی جداگانه شبیه سازی می‌شوند. تاکنون مدل‌های زیادی از گردش عمومی جو توسط مراکز مختلف تحقیقات ارائه شده است. از جمله می‌توان به مدل‌های Had CM3, Had CM2, CSIRO, ECHAM4, GISS UKMO GFDLT اشاره کرد. در تمام این مدل‌ها هشت متغیر اقلیمی شامل میزان بارندگی، میانگین فشار سطح دریاها، تابش

جدول ۲: مشخصات ۲ مدل AOGCM مربوط به گزارش ارزیابی چهارم IPCC

نام مدل	مخفف مدل	گروه موسس	قدرت تفکیک	سناریوهای انتشار	مرجع
Hadcm3	Hadcm3	UKMO(UK)	2.5°* 3.75°	A2,B1,A1B	Gordon et al.2000, pope et al.2000
CSIROMK2	CSIRO	CSIRO(Australia)	3.2°*5.6°	A1,A2,B1,B2	Gordon and OFarrell., 1997

و همکاریانش (Alcamo,1997) که مبنای آن تصحیح بر اساس تفاوت میانگین سالانه داده‌های مشاهداتی و شبیه سازی شده است صورت می‌پذیرد.

$$T'_{GCM} = T_{GCM} - (\bar{T}_{GCM} - \bar{T}_{CRU}) \quad (1)$$

1. Data Distribution Center

کوچک مقیاس کردن داده‌ها

با توجه به پایین بودن وضوح مکان مدل‌های گردش عمومی جو، استفاده از آنها در مقیاس منطقه‌ای امکان پذیر نمی‌باشد. بنابراین لازم است تصحیحاتی بر روی آنها انجام شود. این تصحیحات به صورت کوچک مقیاس آماری داده‌های اقلیمی دما و بارش با روش الگوما

به ترتیب میانگین سالانه دما و بارش مشاهداتی \bar{P}_{CRU} برای دوره ۳۰ ساله مورد نظر می‌باشد. جدول (۳) مقایسه میانگین سالانه متغیرهای اقلیمی مشاهده‌ای با مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریو A2 و B1 را نشان می‌دهد.

$$P'_{GCM} = P_{GCM} \times (\bar{P}_{CRU} / \bar{P}_{GCM}) \quad (2)$$

به ترتیب دما و بارش تصحیح T'_{GCM} و P'_{GCM} شده برای ماه مورد نظر، T_{GCM} و P_{GCM} دما و بارش تصحیح نشده شبیه سازی شده، \bar{T}_{GCM} و \bar{P}_{GCM} به ترتیب میانگین سالانه دما و بارش شبیه سازی شده برای دوره ۳۰ ساله مبنا در مدل GCM همچنین \bar{T}_{CRU}

جدول ۳: مقایسه میانگین ماهانه بارش مشاهده ای با خروجی مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریو A2 و B1

برای دوره مشاهداتی ۱۹۶۰-۱۹۹۰

نام ایستگاه	متغیر اقلیمی			تحت سناریو A2 (۲۰۱۰-۲۰۳۹)						تحت سناریو B1 (۲۰۱۰-۲۰۳۹)					
	بارش (mm)			CSIRO			HadCM3			CSIRO			HadCM3		
	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	ماکزیمم	مینیمم
اهواز	۲۴.۸	۳۸	۱۲.۵	۲۵.۷	۳۸	۱۲.۵	۲۰.۶	۶۳	۰.۱	۲۱.۵	۶۷.۸	۰.۱	۱۹	۶۰.۸	۱.۲
دزفول	۳۱.۷	۹۷.۳	۰.۲	۳۱.۸	۹۵.۷	۰.۲	۳۳.۸	۹۳	۰.۱	۳۷.۴	۱۰۸.۲	۰.۱	۲۸	۹۱.۸	۰.۳
خرم آباد	۴۲.۳	۸۶	۰.۰۹	۴۴	۱۱۸	۰.۰۸	۴۵.۷	۸۸.۶	۰.۱	۴۸	۱۰۹	۰.۱	۰.۹	۸۱.۱	۰.۰۵

جدول ۴: مقایسه میانگین ماهانه دما مشاهده ای با خروجی مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریو A2 و B1

برای دوره مشاهداتی ۱۹۶۰-۱۹۹۰

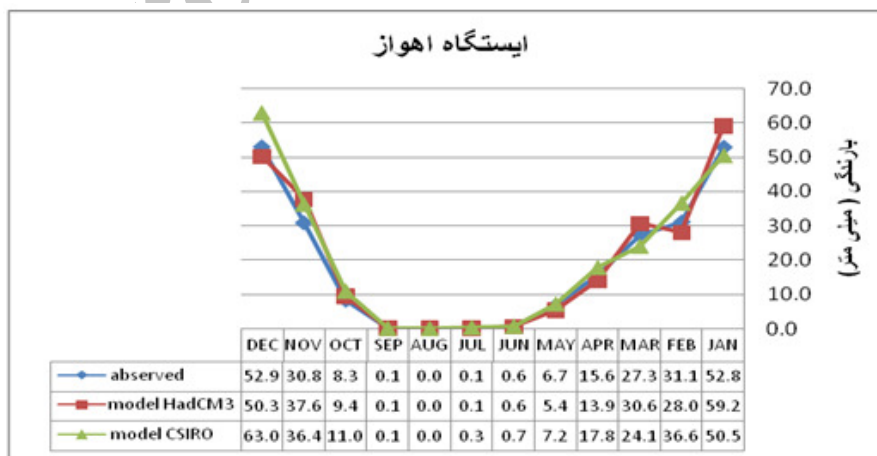
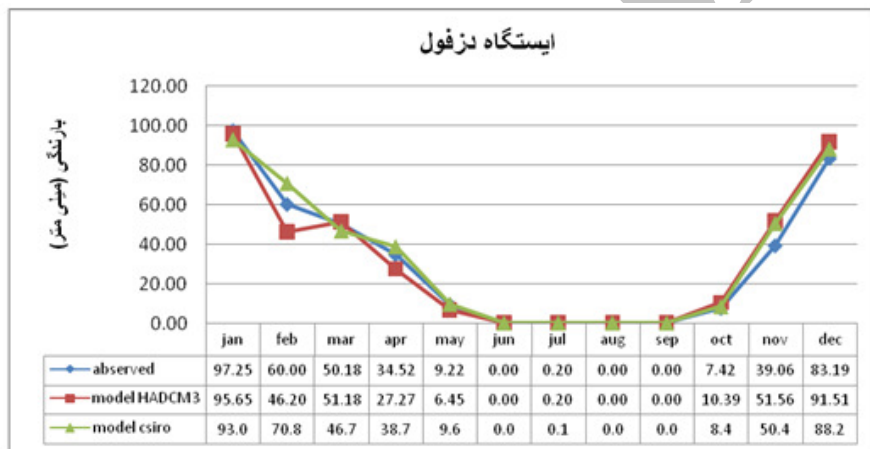
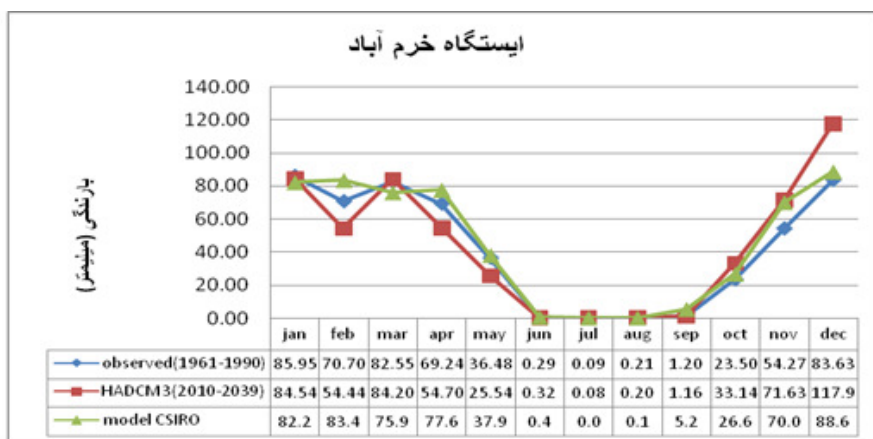
نام ایستگاه	متغیر اقلیمی			تحت سناریو A2 (۲۰۱۰-۲۰۳۹)						تحت سناریو B1 (۲۰۱۰-۲۰۳۹)					
	دما (°C)			CSIRO			HadCM3			CSIRO			HadCM3		
	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	ماکزیمم	مینیمم
اهواز	۲۴.۸	۳۶.۸	۱۲	۲۴.۹	۳۶.۸	۱۳	۲۶.۹	۳۸.۶	۱۱.۱	۲۶.۹	۴۰	۱۳	۲۷.۸	۳۸.۲	۱۲.۴
دزفول	۲۳.۸	۳۶	۱۰.۸	۲۶.۸	۳۸.۲	۱۵.۳	۲۶.۸	۳۷.۵	۱۱.۴	۲۶.۲	۳۷.۹	۱۵.۳	۲۵.۵	۳۷.۱	۱۲.۱
خرم آباد	۱۷.۳	۳۰.۷	۵.۵	۱۹.۲	۳۱.۳	۷.۸	۱۸.۷	۳۰.۷	۹.۵	۱۸.۶	۳۱	۷.۸	۱۸.۱	۳۰.۱	۴.۸

درجه سلسیوس و تحت سناریوی B1 نسبت به دوره مشاهداتی به ترتیب ۲ و ۱/۸ درجه سلسیوس افزایش و همچنین در جدول (۳) میانگین بارش ماهانه در مدل

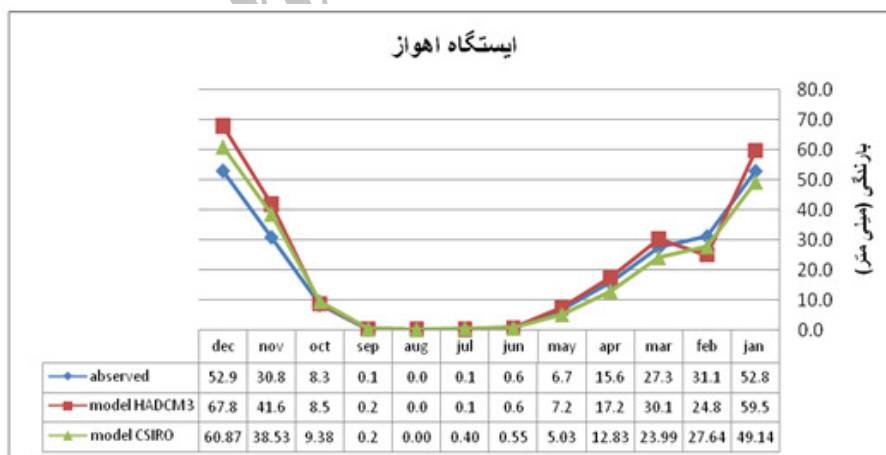
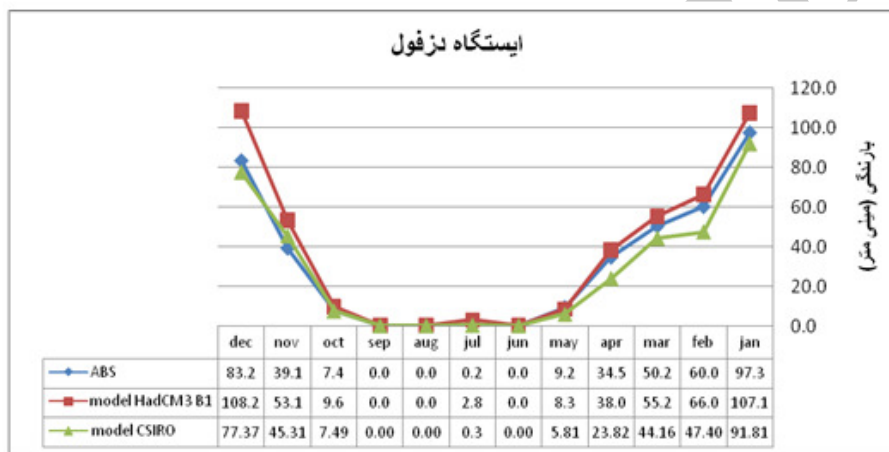
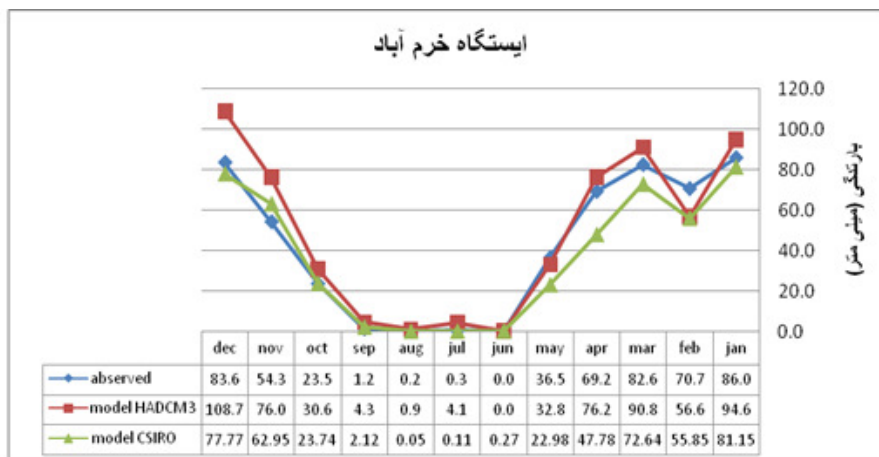
طبق جدول (۴) میانگین دمای متوسط ماهانه در مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریوی A2 در حوضه کارون نسبت به دوره مشاهداتی به ترتیب ۱/۷ و ۲/۲

تحت سناریوی B1 نسبت به دوره مشاهداتی به ترتیب ۲/۷ و ۴/۶ درصد کاهش نشان می‌دهند.

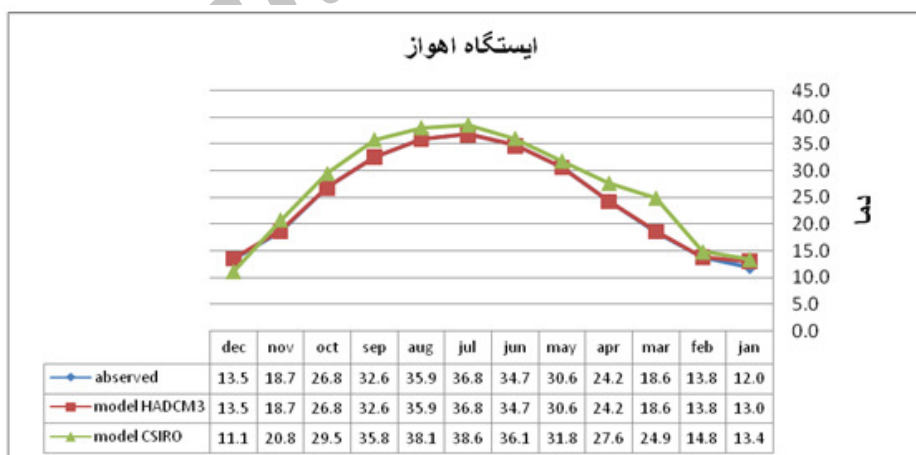
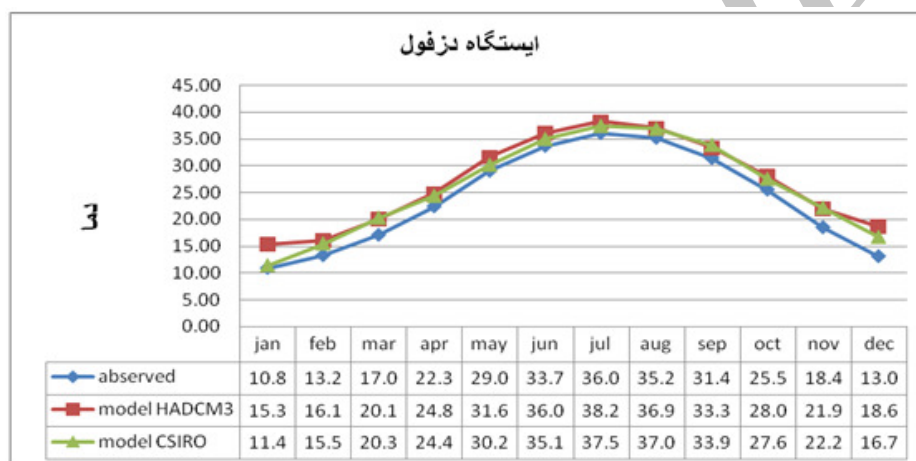
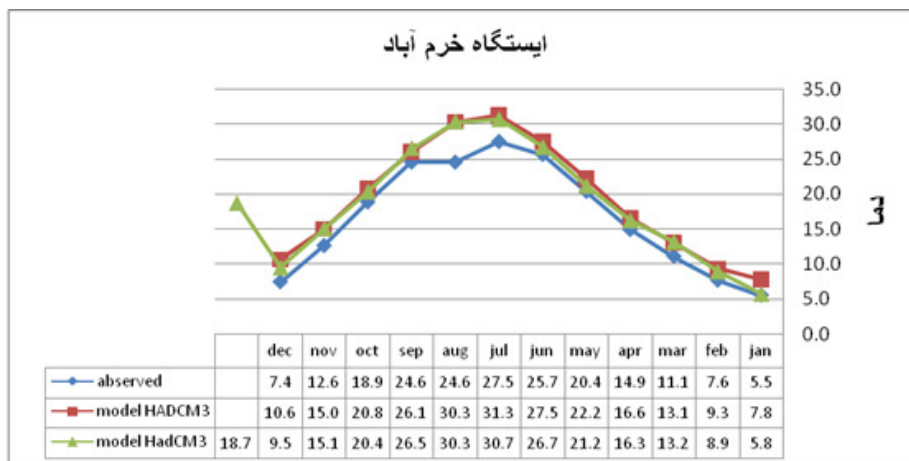
HadCM3 و CSIRO تحت سناریوی A2 در حوضه کارون نسبت به دوره مشاهداتی به ترتیب ۰/۹ و ۰/۴ و



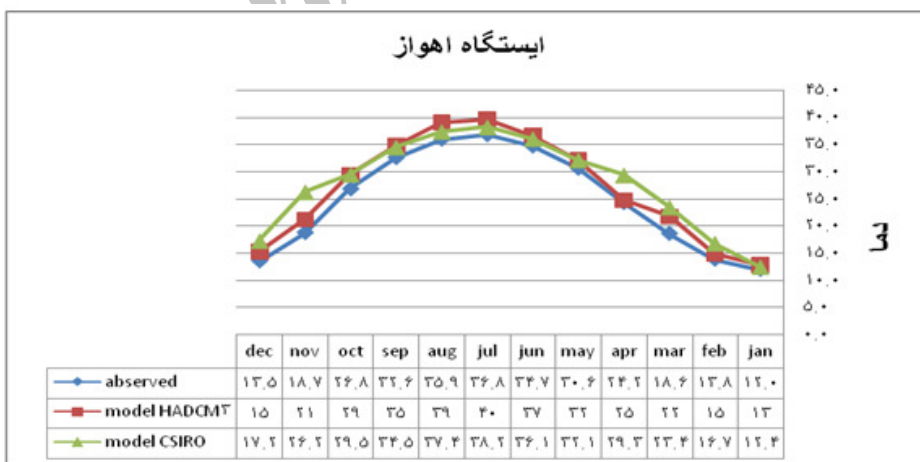
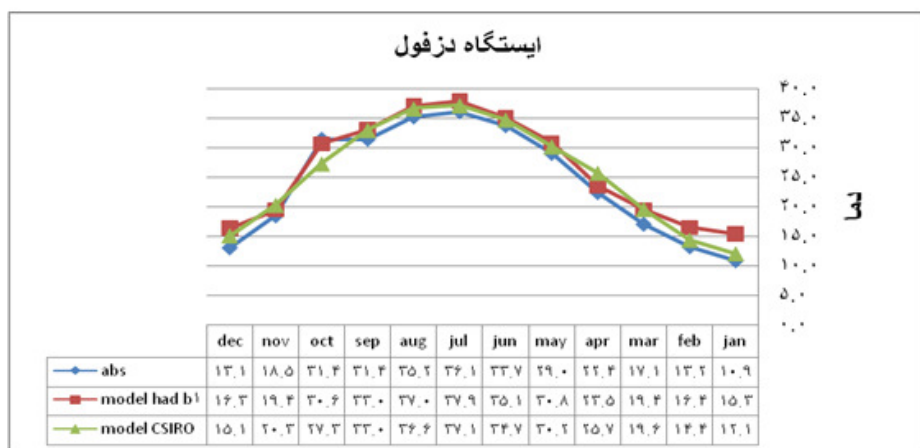
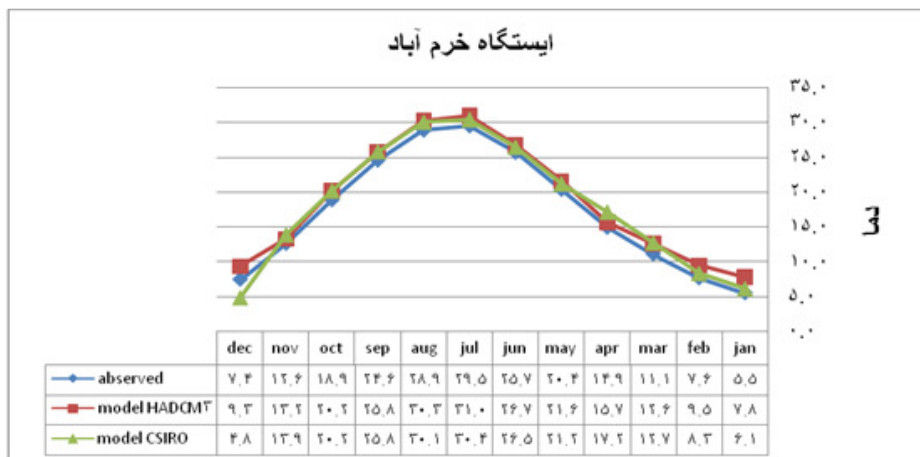
شکل ۲: رژیم میانگین بارش ماهانه بر اساس مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریوی A2



شکل ۳: رژیم میانگین بارش ماهانه بر اساس مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریوی B1



شکل ۴: رژیم میانگین دما ماهانه بر اساس مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریوی A2



شکل ۵: میانگین دما ماهانه بر اساس مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریوی B1

نتایج و بحث

نسبت‌دهی آن به گازهای گلخانه‌ای با توجه به فرایندهای اقلیمی در یک منطقه ارائه شود. در این راستا با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو CSIRO و HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج در مجموع نشان از افزایش دما و کاهش میزان بارندگی دارد. به طوری که انتظار می‌رود دما در مدل‌های HadCM3 و CSIRO تحت سناریوی A2 به ترتیب ۱/۷ و ۲/۲ درجه سلسیوس و تحت سناریوی B1 به ترتیب ۲ و ۱/۸ درجه سانتی گراد افزایش و همچنین میانگین بارش ماهانه در مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریوی A2 در حوضه کارون به ترتیب ۰/۹ و ۰/۴ و تحت سناریوی B1 به ترتیب ۲/۷ و ۴/۶ درصد کاهش را در ۳۰ سال آینده نشان می‌دهند. با توجه به اینکه حوضه آبریز کارون یکی از مهم‌ترین حوضه‌های کشور می‌باشد، همچنین وقوع پدیده کم آبی و بحران خشک‌سالی در نیم قرن اخیر در این حوضه از تناوب بیشتری برخوردار بوده است و خسارات قابل توجهی را به واسطه کاهش منابع آب با کیفیت، در سطح منطقه‌ای و ملی وارد ساخته است. به جاست که برای این تغییرات احتمالی و وقوع پدیده کم آبی و یا خشکی و خشک‌سالی طی سی سال آینده مهیا شده و پیش بینی‌های لازم توسط مسئولین ذربط صورت گیرد این‌ها در حالی است که تاثیرات گازهای گلخانه‌ای در سال‌های انتهایی دوره مشاهداتی به خوبی از نتایج قابل استنتاج می‌باشد، بنابراین این امر جای نگرانی بیشتری را دارد.

منابع

1. Alcamo, J. P., Doll, F. K. and Siebert, S. (1997). "Global change and global scenarios of water use and availability" An application of Water GAP 1.0 Report A9701, CENTER FOR Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany.
2. [Http://IPCC-ddc.cru.uea.ac.uk/](http://IPCC-ddc.cru.uea.ac.uk/) (IPCC-DDC, 1998).

نتایج حاصل از کوچک مقیاس نمودن داده‌های متغیرهای اقلیمی دما و بارش مدل HadCM3 و CSIRO تحت سناریوهای A2 و B1 برای حوضه مطالعاتی نشان می‌دهد که، دمای میانگین ماهانه در سطح حوضه دارای روند افزایش ولی میانگین بارش ماهانه در حوضه یک روند کاهشی در ۳۰ سال آینده خواهد داشت. بررسی‌ها نشان می‌دهند که بیشترین افزایش میانگین بارش ماهانه در مدل CSIRO تحت سناریوهای A2 و B1 در ماه نوامبر می‌باشد که به ترتیب ۵/۲ و ۵/۸ درصد و در مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B1 در ماه نوامبر به ترتیب ۱۵/۵ و ۱۲/۲ درصد اتفاق می‌افتد. همچنین بیشترین کاهش میانگین بارش ماهانه برای مدل CSIRO تحت سناریوهای A2 و B1 در ماه مارس به ترتیب به اندازه ۰/۴ و ۴/۶ درصد و در مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B1 در ماه فوریه به ترتیب ۰/۹ و ۲/۷ درصد اتفاق می‌افتد. شکل‌های (۲ و ۳). با مقایسه رژیم میانگین دمای ماهانه حاصل از داده‌های GCM با حالت مشاهده‌ای می‌بینیم که مدل HadCM3 نسبت به مدل CSIRO تحت سناریوهای A2 و B1 افزایش بیشتری را نشان می‌دهد. دمای ماهانه هر دو مدل تحت سناریوهای تغییر اقلیم در ماه‌های مختلف سال روند افزایشی دارد. در حالت کلی می‌توان گفت که هر دو مدل CSIRO و HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B1 سازگاری خوبی از نظر جهت و بزرگی تغییرات میانگین دمای ماهانه دارند شکل‌های (۴ و ۵). با مقایسه رژیم میانگین بارش ماهانه حاصل از داده‌های GCM با حالت مشاهداتی می‌بینیم که مدل CSIRO تحت سناریوهای A2 و B1 نسبت به مدل HadCM3 افزایش بیشتری را نشان می‌دهد. در واقع مدل CSIRO حالت مرطوب‌تری را نسبت به مدل HadCM3 تحت سناریوهای تغییر اقلیم برای حوضه مطالعاتی پیش بینی می‌کند.

نتیجه گیری

در این مقاله سعی شد تا روشی برای آشکارسازی تغییر اقلیم در دوره‌های گذشته در مقیاس منطقه‌ای و

3. IPCC (2007). Summary for Policymakers, in: Climate Change 2007. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, KB. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.) (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working GROUP I to the Fourth Assessment Report of the intergovernmental panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 1-18 p.
4. IPCC. (2001). Climate Change, the Scientific BASIS. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate change, Cambridge University Press, Cambridge, U. K, 881 P.
5. Mahsifar, H. (2008). "Effects of climate change on lake water balance," MS Thesis, Amir Kabir University, Tehran, Iran.
6. Mahsifar, H., Maknon, R., (2011). "Long-term prediction of runoff entering the lake circulation climate models," Proceedings of the Fourth International Conference on Water Resources of Iran, Amir Kabir University, Tehran.
7. Massah Bovani A., (2006). "Risk assessment of climate change and its effects on water resources of river basin case study," Ph. D. dissertation, Department of Structural Engineering, Water, University.
8. Massah Bovani, Morid, S. (2005). "The effects of climate change on water resources and agricultural production" of river basin case study, Proceedings of Agricultural Sciences, in the ninth, the fourth number.
9. Vaseghi, R., Massah Bovani, A., Mshkvaty, A., Rahim Zadeh, F. (2011). "Emission scenarios A2 and B1 of the affected watershed runoff with consideration of the collective (ensemble) model AOGCM" Proceedings of the Fourth International Conference on Water Resources of Iran, Amir Kabir University, Tehran.