

تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر میزان آبدهی رودخانه مطالعه موردی: رودخانه ششپیر

منوچهر فرج‌زاده: دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران *

وصول: ۱۳۹۰/۸/۱۴ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۳، صص ۱۷-۳۲

چکیده

امروزه مطالعات بسیاری در سراسر جهان وجود تغییر در عوامل اقلیمی و هیدروکلیمایی را تایید می‌نماید. توسعه شهرها و صنایع و افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای از یک طرف و تغییر کاربری اراضی در سطح حوضه رودخانه‌ها از طرف دیگر می‌تواند موجب دگرگونی در رژیم منابع آبی و در مواردی تشدید سیلاب‌ها شود. بنابراین، اهمیت بررسی و آشکارسازی این تغییرات بیش از پیش آشکار است. در این تحقیق ۱۸ مدل AOGCM که در گزارش ارزیابی چهارم IPCC مورد استفاده قرار گرفته اند، برای ارائه بهترین تصویر از وضعیت عوامل هواشناسی دما و بارندگی ماهانه در افق سال‌های ۲۰۴۰، ۲۰۷۰ و ۲۱۰۰ میلادی در حوضه آبریز رودخانه شش‌پیر مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بودن که با توجه به شاخص‌های RMSE، همبستگی منطقه‌ای و BIAS برای ماه‌های مختلف در منطقه مدل‌های متفاوتی بهترین برآزش را داشته است. بنابراین، در این مطالعه با توجه به ۸ سناریوی مختلف (دو سناریوی بالا و پایین برای هر یک از خانواده‌های A1، A2، B1 و B2) برای افق‌های مذکور بارندگی و دما برآورد گردید. نتایج حاکی از آن بود که به طور متوسط میزان افزایش دمای متوسط سالانه بترتیب برای افق‌های ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ برابر با ۱.۷، ۳.۲ و ۴.۵ درجه سانتیگراد است. همچنین این تغییرات برای پارامتر بارندگی بترتیب ۲، ۸ و ۱۹ درصد افزایش بوده است. البته به صورت ماهانه تغییرات کاهشی نیز در ماه‌های مختلف وجود داشته است. در پایان این تحقیق با استفاده از داده‌های روزانه بارندگی و آبدهی رودخانه و همچنین با استفاده از مدل هیدرولوژیکی AWBM میزان آورد آبی برای افق‌های مورد نظر و همچنین وضعیت سیلاب‌ها در سطح حوضه برآورد گردید. برآوردها حاکی از کاهش شدید آوردها در دوره‌های آبی بوده است. به طوری که در دوره‌های ۲۰۴۰ و ۲۰۷۰ به طور متوسط ۳۹ و ۴۳ درصد کاهش داشته اما در دوره ۲۱۰۰ با کمی بهبود به ۳۲ درصد کاهش آورد منتج شده است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، ششپیر، AWBM، مدل‌های جفت شده اقیانوس-جو، آورد رودخانه

۱- مقدمه

سوختهای فسیلی، CO₂ از حدود ۲۸۰ PPM در زمان قبل از صنعتی شدن به حدود ۳۷۰ PPM در دوره کنونی افزایش یافته است که این رقم برابر با حدود ۳۵ درصد افزایش است (ویگلی ۲۰۰۰). این افزایش گازهای گلخانه‌ای و فاکتورهای دیگر نظیر پاره شدن لایه ازن و تغییرات چگالی انرژی ورودی خورشید به زمین عامل وقوع تغییرات اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است. مطالعات گسترده‌ای

تغییر اقلیم یکی از معضلات کنونی جامعه بشری است و تهدید جدی برای سیاره زمین بشمار می‌آید. افزایش دمای کره زمین سبب تغییرات ژرف و وسیع در اقلیم سطح زمین می‌گردد و موجب بروز تغییراتی در زمان و مکان بارش و طوفان‌ها می‌شود. با افزایش جمعیت و گسترش فعالیت‌های صنعتی و استفاده از

کشور ایران را تحت خروجی‌های دو مدل HadCM₂ و ECHAM₄ و سه سناریو انتشار از سناریوهای انتشار IS92c مورد آزمون قرار داد. نتایج نشان از افزایش ۱ تا ۱/۵ درجه سانتیگراد در دما و تغییرات ۱۱- تا ۱۹+ درصد در بارندگی تحت سناریوی با میزان انتشار پایین (IS92c) بود.

بوتلات و همکارانش (۲۰۰۶) تأثیر دو برابر شدن غلظت گازکربنیک بر روی عوامل هیدرولوژیکی نظیر تبخیر و تعرق پتانسیل رطوبت خاک، توده برف ذخیره آبهای زیرزمینی، رواناب و بیلان آبی در سه حوضه آبریز بلژیک شامل رودخانه‌های سوآم و دایل را مورد مطالعه قرار داد. نتایج حاصل از این مطالعات در حالت عادی برای یک دوره هفتاد ساله مقایسه گردید و به طور کلی چنین نتیجه گرفته شد که در حالت فرضی تبخیر و تعرق ۹۰٪ افزایش می‌یابد و رطوبت خاک افزایش پیدا می‌کند. میزان ذخیره آب‌های زیرزمینی در حوضه‌هایی که نفوذپذیری بالایی دارند افزایش و در غیر اینصورت کاهش می‌یابد و بر اساس این جریان کلی نیز به ترتیب افزایش یا کاهش خواهد داشت. همچنین در حوضه‌هایی که نفوذپذیری خاک کم است، میزان سیلاب‌های در فصل زمستان افزایش یافته بنابراین، تجدید نظر در طراحی سازه‌های آبی ضرورت پیدا می‌کند. مساح (۱۳۸۴) اثر تغییرات اقلیمی را بر ریسک جریان رودخانه زاینده‌رود مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق پس از تعیین دو سناریو به عنوان سناریوی حدی، توزیع احتمالاتی آبدهی رودخانه (CDF) بر اساس مدل بیژ-مونتکارلو برآورد گردید.

ولازکوئز و همکاران در سال ۲۰۱۱ اثر تغییرات اقلیمی را بر روی جریان رودخانه یکی از حوضه‌های

در این زمینه، گواه بر وقوع تغییر اقلیم به طور ویژه برای نیمکره شمالی است (میشل و همکاران ۱۹۹۵). در این میان تغییرات رژیم هیدرولوژیکی در اثر تغییر اقلیم موضوعی است که اخیراً در علوم هیدرولوژی و منابع آب به طور گسترده مورد بررسی قرار می‌گیرد. لتمایر و همکاران ۱۹۹۴ افزایش سیلاب‌های زمستانه و بهاره را برای بخش‌های زیادی از ایالات متحده آشکار نمودند. وستکات و برن ۱۹۹۷ کاهش میزان آبدهی را همراه با افزایش دمای هوا برای نواحی کم ارتفاع کانادا مورد تأیید قرار دادند.

هوبارت و همکاران ۱۹۹۷، در ۱۶ منطقه هیدرولوژیکی بزرگ از ۲۰ منطقه ایالات متحده افزایش رواناب سالانه را آشکار نمودند. لیث و ویتفیلد ۱۹۹۸، تأثیر گرمایش هوا را بر روی نواحی جنوبی بریتیش کلمبیا مورد بررسی قرار دادند. آنها مشخص نمودند که شدت ذوب برف موجب بروز روانابهای زودرس می‌شود. به طوریکه روانابها در اوایل زمستان افزایش می‌یابد اما در اواخر بهار و اوایل پاییز کاهش می‌یابد.

در سال ۲۰۰۰ ویتفیلد و کانون داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی را برای دو دهه مختلف در کانادا مورد مقایسه قرار دادند و نتایج نشان داد که دمای هوا در دو دهه اخیر در کلیه ایستگاه‌ها افزایش دارد اما هر دو حالت کاهشی و افزایشی برای بارندگی و رواناب وجود دارد. برن وهاگ النور در سال ۲۰۰۲، ۱۸ متغیر هیدرولوژیکی را برای ۲۴۸ حوضه کانادا مورد بررسی قرار دادند و مشخص نمودند که بر اساس موقعیت جغرافیایی یا مکانی حوضه‌ها، نتایج متفاوتی از تأثیر تغییر اقلیم مشاهده شده است. سلطانیه در سال ۲۰۰۳ در تحقیقی، وضعیت اقلیمی

۲۱۰۰-۲۰۷۰ مد نظر قرار گرفته است. همچنین طیف وسیعی از سناریوهای انتشار مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از سناریوها و مدل‌های منتخب، آشکارسازی میزان تغییرات آبدهی رودخانه ششپیر مد نظر قرار گرفته است.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد

استفاده‌ها

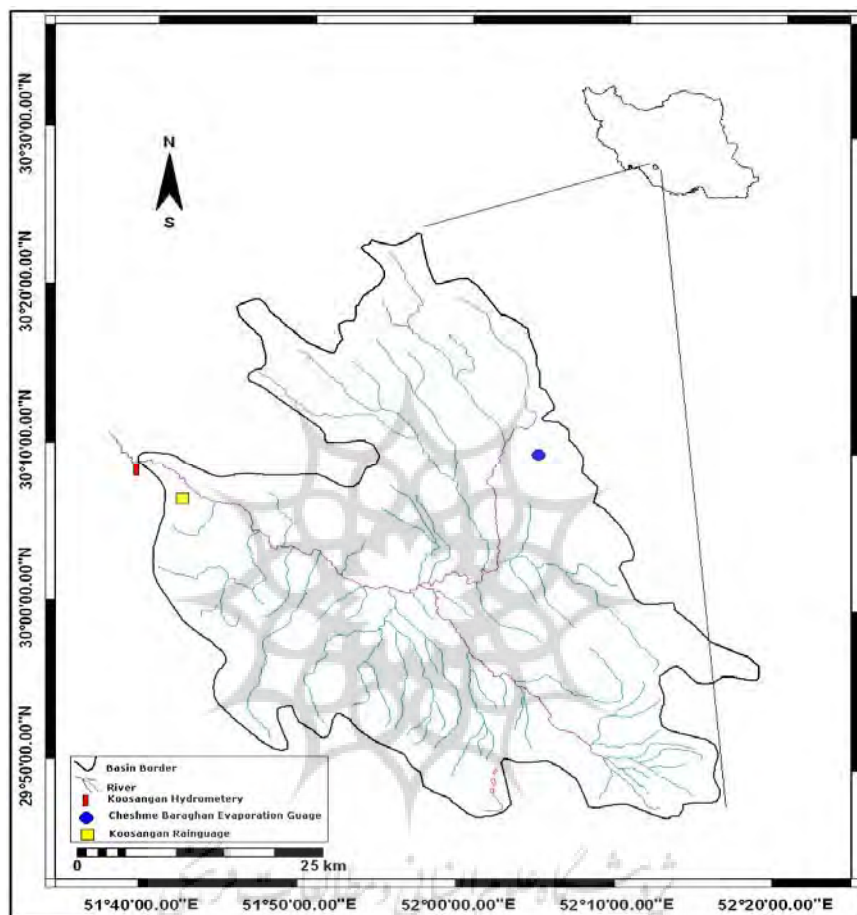
رودخانه ششپیر جزو شرقی‌ترین بخش‌های رودخانه زهره-جراحی بوده و در محل ایستگاه هیدرومتری کوسنگان از وسعتی حدود ۲۱۲۵ کیلومتر مربع برخوردار است (شکل ۱). با توجه به شکل ۱ محدوده مطالعاتی در بخش‌های جنوبی کشور ایران قرار گرفته و رودخانه ششپیر در انتها تحت عنوان رودخانه زهره-جراحی به خلیج فارس می‌ریزد. همانطور که در جدول (۱) ملاحظه می‌شود متوسط بارندگی این محدوده حدود ۷۳۰ میلی‌متر، متوسط تبخیر حدود ۱۹۵۹ میلی‌متر و متوسط سالانه دما ۱۲.۶ درجه سانتیگراد است. متوسط حجم جریان رودخانه نیز در خروجی حوضه مطالعاتی حدود ۲۰.۷ متر مکعب بر ثانیه است (دوره آماری ۳۱ سال از ۵۷-۱۳۵۶ تا ۸۶-۱۳۸۵). دلیل انتخاب این حوضه آبریز برای انجام مطالعات، عدم وجود سد در حال بهره‌برداری در بالادست حوضه و تاثیر اندک آن از رژیم برفی بوده است. بدین مفهوم که تبدیل بارندگی به رواناب از سهولت بیشتری برخوردار بوده و عدم قطعیت‌ها کمتر باشد.

برای انجام مطالعه از آمار داده‌های روزانه و ماهانه آبدهی ایستگاه هیدرومتری کوسنگان، داده‌های روزانه و ماهانه بارندگی ایستگاه باران‌سنجی کوسنگان و آمار دما و تبخیر ماهانه ایستگاه تبخیرسنجی چشمه برغان

آبریز کشور اسپانیا مورد بررسی قرار داده و راهکارهایی برای چگونگی سازگاری با تغییرات آبی منابع آب در سطح حوضه آبریز ارائه نمودند. در این مطالعه مشخص گردید بیشترین کاهش در متوسط جریان رودخانه در ماه آگوست اتفاق افتاده و با توجه به کمینه بودن میزان جریان در این ماه، وضعیت منابع آب در این ماه بحرانی خواهد بود. ژانگ و همکاران ۲۰۱۱ تغییرات بارش و جریان رودخانه را برای کشور چین مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه کاهش شدید بارندگی در فصل بهار و افزایش بارش در پاییز و زمستان ملاحظه شد. بر اساس این تغییرات، تغییرات شدیدی در رواناب فصول بهار و پاییز ملاحظه شد. بویج و همکاران (۲۰۱۱)، دبی رودخانه نیل را بر اساس وضعیت فعلی و سناریوهای مختلف از جمله تغییر اقلیم پیش‌بینی نموده و با استفاده از مدل RIBASIM، مدیریت منابع آب آبی را برای نقاط مختلف مصرف مصرف‌سازای نمودند. در این مطالعه مشخص شد که تغییر اقلیم با اثرگذاری بر روی دما، بارش و تبخیر و تعرق، به میزان قابل توجهی جریان رودخانه را در آینده تغییر خواهد داد. با توجه به مطالب فوق ملاحظه می‌شود که مطالعات انجام گرفته همگی حاکی از بروز تغییرات عوامل هیدروکلیمایی با توجه به گرمایش جهانی است. همچنین در این خصوص تحقیقات زیادی انجام گرفته است، اما در بسیاری از این تحقیقات تنها از تعداد محدودی از مدل‌های AOGCM و یا سناریوهای انتشار استفاده شده است که ممکن است در برگیرنده همه واقعیت‌ها نباشد. بنابراین، در تحقیق حاضر تعداد ۲۰ مدل AOGCM برای تخمین تصویر اقلیمی در دوره‌های ۳۰ ساله ۲۰۱۰-۴۰، ۲۰۴۰-۷۰ و

استفاده شده است. لازم به توضیح است که کلیه آمارهای مذکور از دفتر مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران برای ابتدای تاسیس ایستگاه‌ها تا سال ۸۶-۱۳۸۵ دریافت شده است. همچنین به دلیل کوچک بودن محدوده مطالعاتی آمار ایستگاه‌های فوق معرف کل محدوده هستند.

استفاده شده است. لازم به توضیح است که کلیه آمارهای مذکور از دفتر مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران برای ابتدای تاسیس ایستگاه‌ها تا سال



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی به همراه ایستگاه‌های مورد استفاده

جدول ۱- متوسط پارامترهای بارندگی، دما و تبخیر محدوده مطالعاتی و آبدهی در محل

ایستگاه هیدرومتری کوسنگان

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
دما (C)	۱.۹	۲	۵.۲	۹.۷	۱۴.۴	۱۹.۴	۲۳.۵	۲۴.۲	۲۱	۱۵.۶	۹.۹	۴.۳	۱۲.۶
تبخیر (mm)	۴۹	۴۵	۷۴	۱۲۲	۱۸۲	۲۵۴	۳۰۰	۳۰۱	۲۵۸	۱۷۹	۱۱۷	۷۸	۱۹۵۹
بارندگی (mm)	۱۷۹	۱۳۱.۵	۱۱۶.۸	۷۸.۵	۲۱.۲	۰.۳	۰.۱	۲.۸	۰.۸	۲.۷	۵۲.۱	۱۴۷	۷۳۲.۸
آبدهی (m ^۳ /s)	۳۵.۸	۴۷.۹	۴۳.۷	۲۴.۴	۱۱.۹	۸.۲	۶.۴	۵.۶	۷.۸	۸.۳	۱۹.۶	۲۹.۳	۲۰.۷

۳- روش مطالعه

۳-۱- انتخاب مدل‌های AOGCM^۱

مدل‌های گردش عمومی جفت شده اقیانوس-جو و یا AOGCM برپایه قوانین فیزیکی استوار بوده و به وسیله روابط ریاضی ارائه می‌شوند. این روابط در یک شبکه سه بعدی در سطح کره زمین حل می‌گردند. بمنظور شبیه‌سازی اقلیم کره زمین فرایندهای اصلی اقلیمی (اتمسفر - اقیانوس - سطح زمین - یخ پوخته و زیست کره) در مدل‌های فرعی جداگانه شبیه سازی می‌شوند. سپس تمام مدل‌های فرعی مربوط به اتمسفر و اقیانوس با یکدیگر جفت شده و مدل‌های گردش عمومی اقیانوس-جو (AOGCM) (را تشکیل می‌دهند. در برنامه‌های فرعی، جابجائی مومنتوم، گرما و رطوبت در مقیاس‌های بزرگ، شبیه‌سازی می‌گردند. دقت مکان افقی مدل‌ها در سطح خشکی‌های کره زمین ۲۵۰ کیلومتر و دقت مکانی قائم آن برابر ۱ کیلومتر است. درحالیکه دقت مکانی قائم در اقیانوس‌ها ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر و دقت مکانی افقی برابر ۱۲۵ تا ۲۵۰ کیلومتر باشد. کمترین مقیاس زمانی برای حل معادلات ۳۰ دقیقه است، درحالیکه فرایندهای فیزیکی زیادی نظیر فرایندهای مربوط به ابرها، اقیانوس‌ها و مقیاس‌های زمانی کمتر اتفاق می‌افتد که نمی‌توانند به طور صریح مدل شوند. در این حالت به طور تقریبی اثرات میانگین آنها با در نظر گرفتن رابطه فیزیکی مربوط به متغیرهای بزرگ مقیاس، در مدل لحاظ گردیده و به آن پارامتره کردن (Parameterization) گویند. مدل‌های AOGCM در چند دهه اخیر با افزایش قدرت کامپیوترها توسعه چشم‌گیری یافته‌اند.

در گذشته نه چندان دور مدل‌های AOGCM بسیار محدود بوده و هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC^۲) تنها با تعداد محدودی از مدل‌ها که با ابررایانه‌ها اجراء می‌شدند گزارش‌های خود را ارائه می‌نمود. اما از سال ۲۰۰۷ و برای ارائه گزارش ارزیابی چهارم این ارگان طیف وسیعی از مدل‌های مذکور و نتایج آنها ارائه گردید. هر یک از این مدل‌ها از نقاط قوت و ضعف مربوط به خود برخوردار بوده و پاسخ آنها برای نواحی مختلف کره زمین متفاوت است. در این تحقیق برای ارائه تصویر اقلیمی محدوده مطالعاتی در افق‌های ۲۰۴۰، ۲۰۷۰ و ۲۱۰۰ تعداد ۱۸ مدل مورد بررسی و آزمون قرار گرفت. به طوری که برای هر یک از پارامترهای بارندگی و دما در ۱۲ ماه سال مدل مناسب انتخاب شده است. نام هر یک از مدل‌های مذکور در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- مقایسه مدل‌های مختلف شاخص‌های برآورد شده

برای مدل‌های مختلف برای پارامتر دمای ماه دسامبر

R ^۲ -RMSE	MAE	RMSE	R ^۲	MODEL
۰.۰۹	۰.۳	۰.۴۱	-۰.۱۵	BCCRCM2
۰.۱۶	۰.۴۵	۰.۴۹	۰.۸۲	CCCMA-31
۰.۰۷	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۴۲	CCSM-30
۰.۰۹	۰.۴۱	۰.۴۳	۰.۷۱	CNRM-CM3
۰.۲	۰.۵۸	۰.۶۲	۰.۳۳	CSIRO-30
۰.۱	۰.۰۲	۰.۱۱	۰.۹۸	ECHO-G
۰.۱۶	۱.۰۹	۱.۱	-۰.۴۸	GFGLCM20
۰.۱۶	۰.۸۹	۰.۹	-۰.۶۸	GFGLCM21
۰.۰۷	۰.۷۲	۰.۷۲	-۰.۲۷	GISS-EH
۰.۱۳	۰.۵۷	۰.۵۹	۰.۶۵	INMCM-30
۰.۰۹	۰.۱۴	۰.۱۷	-۰.۲۱	IPSL_CM4
۰.۱۷	۰.۰۶	۰.۱۸	-۰.۴۸	MIROC-HI
۰.۰۸	۰.۳۲	۰.۳۳	-۰.۶	MIROC-MED
۰.۰۲	۰.۱۶	۰.۱۶	۰.۸۳	MPIECH-5
۰.۰۵	۰.۳۲	۰.۳۲	-۰.۵	MRI-232A
۰.۱۴	۰.۲	۰.۲۴	۰.۷۹	NCARPCM1
۰.۰۷	۰.۶۱	۰.۶۲	۰.۷۶	UKHADCM3
۰.۱۳	۰.۱۹	۰.۲۳	-۰.۵	UKHADGEM

در این روابط X داده‌های شبیه‌سازی شده، μ میانگین داده‌ها، σ انحراف معیار داده‌ها و n برابر تعداد داده‌ها است، اندیس p نشان دهنده داده‌های شبیه‌سازی شده و اندیس o نشان دهنده داده‌های مشاهداتی است. زمانی که مقدار R^2 به یک نزدیکتر باشد نشان‌دهنده رابطه قویتر خطی بین دو مقدار است.

۳-۲- انتخاب سناریوهای حدی

فعالیت‌های اقتصادی جوامع و متعاقب آن رشد صنایع و کارخانه‌ها و تغییرات کاربری اراضی از عوامل اصلی افزایش گازهای گلخانه‌ای هستند. از این رو لازم است تا وضعیت اقتصادی-اجتماعی کره زمین در دوره‌های آتی بررسی گردد. به طور کلی یک سناریوی غیر اقلیمی حاوی اطلاعاتی از وضعیت اقتصادی-اجتماعی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کره زمین است که به آن سناریوی انتشار (emission scenario) نیز گفته می‌شود.

IPCC در سال ۱۹۹۶، سری جدید سناریوهای انتشار را بمنظور به‌روز کردن و جایگزینی سناریوهای IS92 با نام SRES (Special Report on Emission Scenarios) ارائه کرد. در مجموع ۴۰ زیر سناریوی متفاوت SRES که در برگیرنده طیف وسیعی از تغییرات رشد جمعیت انسان در آینده، عوامل اقتصادی و تکنولوژیکی موثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق است ارائه شده‌است. هر کدام از این زیر سناریوها مربوط به یکی از گروه‌های A_1, A_2, B_1 و B_2 است (مساح ۱۳۸۷).

در خانواده سناریوهای گروه A_1 یک جهان با رشد سریع اقتصادی، افزایش رشد جمعیت که در اواسط قرن ۲۱ به اوج خود خواهد رسید و از آن به بعد کاهش می‌یابد و معرفی تکنولوژی‌های جدید و کاراتر

آزمون‌های مورد استفاده برای تعیین بهترین مدل عبارت از $RMSE^1$ ، R^2 یا همبستگی منطقه‌ای، اختلاف دو شاخص قبل و MAE^2 به شرح معادلات ذیل بوده است (ویگلی ۲۰۰۶). با توجه به کوچک بودن محدوده مطالعاتی و بزرگ بودن سلول‌های هر یک از مدل‌ها (به طور متوسط ۲۵۰ کیلومتری)، شاخص‌های فوق برای کل منطقه جنوب کشور محاسبه شده و فرض بر آن شده که مدل مناسب برای کل منطقه، مناسب برای محدوده مطالعاتی نیز خواهد بود. همچنین برآورد کلیه شاخص‌های فوق با استفاده از مدل Magic انجام گرفته است. همچنین طول دوره آماری محاسبه شاخص‌ها نیز ۳۰ سال تا پایان سال ۲۰۰۶ بوده است. جدول (۲) یک نمونه از برآورد شاخص‌های فوق را برای دمای ماه دسامبر نشان می‌دهد. با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود که مدل ECHO---G از لحاظ شاخص‌های $RMSE$ ، R^2 و MAE از مقدار مناسب‌تری برخوردار است. بنابراین برای برآورد تصویر اقلیمی این ماه از مدل مذکور استفاده شده است.

(۱)

$$R^2 = \left[\frac{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (X_p - \mu_p)(X_o - \mu_o)}{\sigma_{XP} \times \sigma_{XO}} \right]^2 \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (X_p - X_o)^2}{n}} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{\sum_{m=1}^n |X_p - X_o|}{n}$$

1: Root Mean Square Error
2: Mean Absolute Error

۳-۳- کوچک مقیاس نمودن خروجی‌های مدل‌ها

همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد مدل‌های مورد انتخاب حداقل از دقت ۲۵۰ در ۲۵۰ کیلومتر برخوردار بوده‌اند. این رقم با مقایسه با وسعت حوضه مورد مطالعه بسیار بزرگ بوده و کل محدوده مطالعاتی تنها در یک سلول آن قرار می‌گیرد. برای رفع این مسأله از روش کوچک مقیاس نمودن به روش درونیابی سلول‌های مجاور استفاده شده است (بارو و همکاران ۱۹۹۶). به طوری که در هر مرحله با استفاده از درونیابی ۸ سلول مجاور محدوده مطالعاتی ارقام مطلوب استخراج شده است. همچنین در این تحقیق به منظور کاهش خطا تنها میزان تغییرات در سه دوره مورد مطالعه (تغییرات بارندگی بر حسب درصد و تغییرات دما بر حسب درجه سانتیگراد) مورد استفاده قرار گرفته و در نهایت این تغییرات به مقادیر متوسط دوره ۳۰ ساله قبل از پیش‌بینی اضافه شده است.

۳-۴- مدل بارش - رواناب AWBM

مدل^۱ AWBM در سال ۱۹۹۳ توسط بوقتون^۲ برای شبیه‌سازی فرآیند تشکیل رواناب طراحی شده است. براساس این مدل درصد مساحت حوضه متناسب با ظرفیت ذخیره حوضه تعیین می‌گردد و رواناب حاصله از هر کدام از این درصدهای مساحت حوضه را ارزیابی می‌کند. این مدل ابزاری عملی جهت طراحی و تحقیق است به طوری که در یک حوضه غیر متجانس رواناب حاصل از رگبارهای رخ داده شده در زمانهای متفاوت و از قسمت‌های مختلف حوضه را شبیه‌سازی می‌کند. مدل AWBM از ساختار نسبتاً ساده‌ای برخوردار است و با دقت نسبتاً خوبی

در نظر گرفته شده است. در این خانواده به مسائل اقتصادی نسبت به محیط زیست بیشتر تأکید شده و دیدگاه‌ها بجای منطقه‌ای، جهانی است. سه زیر شاخه متفاوت برای گروه A_1 بر اساس نوع تکنولوژی مورد استفاده در قرن ۲۱ در نظر گرفته شده است: تشدید استفاده از سوخت فسیلی (A_1FI)، استفاده از منابع انرژی غیر فسیلی (A_1T) و استفاده از منابع فسیلی و غیر فسیلی به صورت متعادل (A_1B).

موضوع در بر گیرنده خانواده سناریوهای A_2 تقویت نیروهای جمعیتی منطقه‌ای با تأکید بر ارزش خانواده‌ها و رسوم خانوادگی، رشد زیاد جمعیت و وابستگی کمتر به پیشرفت سریع اقتصادی است.

وضعیت جمعیت در خانواده سناریوهای B_1 شبیه به A_1 است، با این تفاوت که تأکید در این سناریو بیشتر در استفاده از انرژی‌های پاک و محیط زیست است. در این خانواده تأکید بر پایداری اقتصاد، محیط زیست و اقتصاد در سطح جهانی است.

در سناریو B_2 تأکید بر راه‌حل‌های منطقه‌ای برای تقویت مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست است. این یک دنیای ناهمگون با سرعت تغییرات تکنولوژی کمتر، اما با تنوع بیشتر است. اما تأکید قوی در این سناریو بر ابتکار عمل جامعه و نوآوری‌های آن برای یافتن راه‌حل‌های منطقه‌ای نسبت به راه‌حل‌های جهانی است. در این مطالعه برای انتخاب بهترین و بدترین وضعیتها، با استفاده از مدل Magic از هر یک از زیرشاخه‌های سناریوهای A_1, A_2, B_1, B_2 دو سناریوی حدی بالا و پایین و یا بیشترین میزان انتشار و کمترین میزان انتشار انتخاب گردید. به طوری که در پایان مجموعاً تعداد ۸ سناریو انتشار A_1T ، A_1FI -MI، A_2 -ASF، A_2 -AIM، B_1 -IMA، B_1 -ASF، B_2 -MES، B_2 -HIMI، B_2 -MES مورد انتخاب قرار گرفتند.

1: Area Water Balance Model

2: Boughton

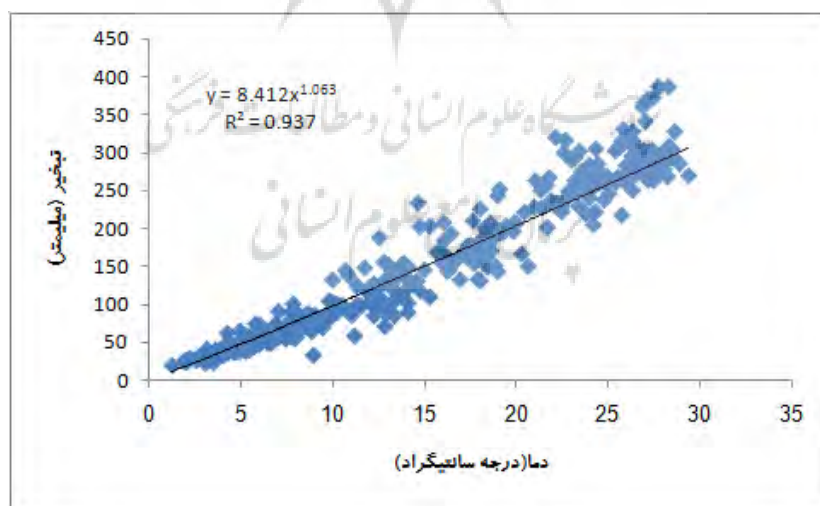
افقهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. اما تنها مساله برای استخراج پیش‌بینی رواناب از مدل AWBM عدم وجود پارامتر تبخیر برای سناریوهای مختلف بوده است. زیرا در این مطالعه از خروجی‌های مدل‌های GCM تنها بارندگی و دمای ماهانه استخراج شده است. بنابراین، در این مطالعه به منظور تخمین میزان تبخیر از یک مدل رگرسیون خطی ساده استفاده گردید. شکل (۲) رابطه دمای متوسط ماهانه با پارامتر تبخیر ماهانه را نشان می‌دهد. این رابطه در سطح یک درصد معنی‌دار است. با استفاده از این رابطه رگرسیونی و داده‌های پیش‌بینی شده دما در دوره‌های ۳۰ ساله ۲۰۱۰-۴۰، ۲۰۴۰-۷۰ و ۲۰۷۰-۲۱۰۰ مقادیر تبخیر مورد نیاز مدل AWBM در دوره‌های مذکور برای هر یک از سناریوها برآورد شده است.

در نهایت، با استفاده از مدل مذکور و داده‌های بارندگی و تبخیر ماهانه دوره‌های پیش‌بینی، مقادیر رواناب و تغییرات آنها برای دوره‌های مذکور برآورد شده است.

بارش مازاد را محاسبه می‌کند که این موضوع می‌تواند برای پیش‌بینی سیلاب به کار رود. هنگامی که بوقتون این مدل را با روش شماره منحنی SCS مقایسه کرد دریافت که مدل AWBM از دقت بیشتری نسبت به این روش برخوردار است. همچنین در مقایسه با مدل SFB مدل AWBM از برتری ویژه‌ای برخوردار است (بزرگی ۱۳۸۸).

داده‌های مورد نیاز برای کالیبره نمودن مدل شامل داده‌های بارندگی روزانه، آبدهی روزانه و ماهانه و تبخیر ماهانه است که این داده‌ها در منطقه از ایستگاههای هیرومتری و باران‌سنجی کوسنگان و تبخیرسنجی چشمه برغان در دسترس بوده است.

اما در مرحله صحت‌سنجی و پیش‌بینی و پس از تثبیت ضرایب، مدل تنها نیاز به داده‌های بارندگی و تبخیر دارد. در این مطالعه با استفاده از ۱۰ سال داده‌های مورد نیاز، مدل کالیبره شده و پس از صحت‌سنجی، با استفاده از داده‌های خروجی از سناریوهای مختلف برای برآورد میزان رواناب در



شکل ۲- رابطه نمایی دمای متوسط حداکثر ماهانه با تبخیر ماهانه

۴- نتایج و بحث

۴-۱- تغییرات دمای متوسط هوا

همان طور که در مراحل قبلی ذکر شد برای هر یک از ماههای سال با استفاده از یک مدل خاص و ۸ سناریوی انتشار گازهای گلخانه‌ای پیش‌بینی و یا تصویر افقهای ۲۰۴۰، ۲۰۷۰ و ۲۱۰۰ انجام گرفت. در جداول (۳) تا (۵) تغییرات دمای هوا برای افق‌های مذکور ارائه شده است. همچنین در شکل (۳) نمودار تغییرات مذکور ارائه شده است. با توجه به نمودار و جداول مذکور مشاهده می‌شود که تغییرات دمای هوا در دوره ۴۰-۲۰۱۰ به طور ماهانه بین ۱ تا ۲.۳ و به طور سالانه بین ۱.۳ تا ۱.۹ درجه سانتیگراد متغیر است. متوسط تغییرات برای کل سناریوها ۱.۷ درجه سانتیگراد است. همچنین بیشترین افزایش ماهانه دما مربوط به ماه سپتامبر و یا اواخر تابستان و کمترین آن مربوط به ماههای زمستان است. همچنین سناریوی B₁-IMA از کمترین تغییرات و B₁-ASF از شدیدترین تغییرات دما در طی سی ساله ۲۰۴۰ تا ۲۰۷۰ برخوردار است.

مربوط به ماههای زمستان است. همچنین سناریوی A₂-AIM از کمترین تغییرات و B₁-ASF از شدیدترین تغییرات دما در طی سی ساله ۲۰۱۰ تا ۲۰۴۰ برخوردار است.

با توجه به نمودار (۳) و جداول (۳) تا (۵) مشاهده می‌شود که تغییرات دمای هوا در دوره ۷۰-۲۰۴۰ به طور ماهانه بین ۱.۷ تا ۵.۱ و به طور سالانه بین ۲.۳ تا ۴.۵ درجه سانتیگراد متغیر است. متوسط تغییرات برای کل سناریوها ۳.۲ درجه سانتیگراد است. همچنین بیشترین افزایش ماهانه دما مربوط به ماه سپتامبر و یا اواخر تابستان و کمترین آن مربوط به ماههای زمستان است. همچنین سناریوی B₁-IMA از کمترین تغییرات و B₁-ASF از شدیدترین تغییرات دما در طی سی ساله ۲۰۴۰ تا ۲۰۷۰ برخوردار است.

جدول ۳- مقادیر برآورد تغییرات ماهانه دمای متوسط برای دوره ۴۰-۲۰۱۰ برای سناریوها و مدل‌های انتخابی

نام مدل	ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئلی	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	متوسط
														ECHO-G
A1FI-MI	۱.۵	۱.۴	۱.۹	۱.۵	۲	۲.۱	۲	۱.۹	۲.۲	۲.۲	۲.۲	۲.۱	۲	۱.۹
A1T-MES	۱.۵	۱.۴	۱.۹	۱.۵	۲	۲.۱	۲	۱.۹	۲.۲	۲.۲	۲.۲	۲.۱	۲	۱.۹
A2-ASF	۱.۳	۱.۲	۱.۶	۱.۳	۱.۷	۱.۷	۱.۷	۱.۸	۱.۷	۱.۹	۱.۹	۱.۸	۱.۷	۱.۶
A2-AIM	۱	۱	۱.۳	۱.۳	۱.۳	۱.۳	۱.۳	۱.۳	۱.۳	۱.۵	۱.۵	۱.۴	۱.۳	۱.۳
B1-ASF	۱.۶	۱.۵	۱.۹	۱.۵	۲.۱	۲.۱	۲.۱	۲.۱	۲.۲	۲.۲	۲.۲	۲.۲	۲	۱.۹
B1-IMA	۱.۱	۱.۱	۱.۴	۱.۱	۱.۴	۱.۴	۱.۴	۱.۵	۱.۴	۱.۶	۱.۶	۱.۵	۱.۴	۱.۴
B2-HIMI	۱.۳	۱.۲	۱.۶	۱.۲	۱.۶	۱.۶	۱.۶	۱.۷	۱.۶	۱.۹	۱.۸	۱.۷	۱.۶	۱.۶
B2-MES	۱.۳	۱.۱	۱.۶	۱.۲	۱.۶	۱.۶	۱.۶	۱.۷	۱.۶	۱.۹	۱.۸	۱.۸	۱.۶	۱.۶

جدول ۴- مقادیر برآورد تغییرات ماهانه دمای متوسط برای دوره ۷۰-۲۰۴۰ برای سناریوها و مدل‌های انتخابی

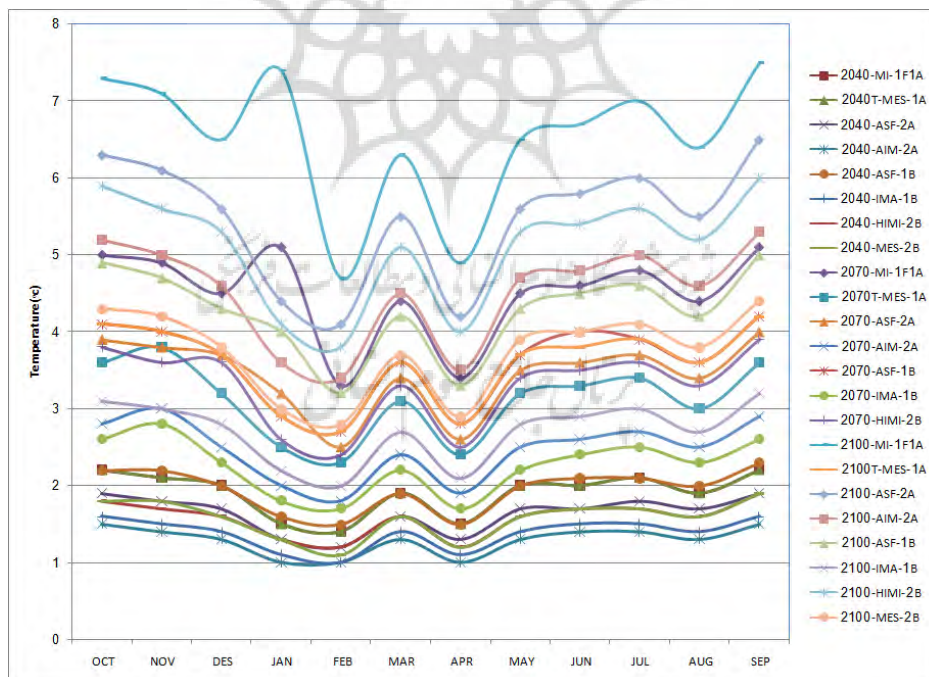
نام مدل	ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئلی	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	متوسط
														ECHO-G
A1FI-MI	۵.۱	۳.۳	۴.۴	۳.۴	۴.۵	۴.۶	۴.۶	۴.۸	۴.۴	۵.۱	۵	۴.۹	۴.۵	۴.۵
A1T-MES	۲.۵	۲.۳	۳.۱	۲.۴	۳.۲	۳.۳	۳.۴	۳	۳.۴	۳.۶	۳.۶	۳.۸	۳.۲	۳.۱
A2-ASF	۳.۲	۲.۵	۳.۴	۲.۶	۳.۵	۳.۶	۳.۷	۳.۴	۳.۴	۴	۳.۹	۳.۸	۳.۷	۳.۴
A2-AIM	۲	۱.۸	۲.۴	۱.۹	۲.۵	۲.۶	۲.۷	۲.۵	۲.۵	۲.۹	۲.۸	۳	۲.۵	۲.۵
B1-ASF	۲.۹	۲.۷	۳.۶	۲.۸	۳.۷	۴	۳.۹	۳.۶	۳.۶	۴.۲	۴.۱	۴	۳.۷	۳.۶
B1-IMA	۱.۸	۱.۷	۲.۲	۱.۷	۲.۲	۲.۴	۲.۵	۲.۳	۲.۳	۲.۶	۲.۶	۲.۸	۲.۳	۲.۳
B2-HIMI	۲.۶	۲.۴	۳.۳	۲.۵	۳.۴	۳.۶	۳.۶	۳.۳	۳.۳	۳.۹	۳.۸	۳.۶	۳.۶	۳.۳
B2-MES	۲.۱	۲	۲.۷	۲.۱	۲.۷	۲.۷	۲.۸	۲.۹	۲.۷	۳.۱	۳.۱	۳	۲.۷	۲.۷

جدول ۵- مقادیر برآورد تغییرات ماهانه دمای متوسط برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ برای سناریوها و مدل‌های انتخابی

نام مدل	ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئلی	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	متوسط
A1FI-MI	۷.۴	۴.۷	۶.۳	۴.۹	۶.۵	۶.۷	۷	۶.۴	۷.۵	۷.۳	۷.۱	۶.۵	۶.۵	
A1T-MES	۲.۹	۲.۷	۳.۶	۲.۸	۳.۷	۳.۸	۳.۹	۳.۶	۴.۲	۴.۱	۴	۳.۷	۳.۶	
A2-ASF	۴.۴	۴.۱	۵.۵	۴.۲	۵.۶	۵.۸	۶	۵.۵	۶.۵	۶.۳	۶.۱	۵.۶	۵.۵	
A2-AIM	۳.۶	۳.۴	۴.۵	۳.۵	۴.۷	۴.۸	۵	۴.۶	۵.۳	۵.۲	۵	۴.۶	۴.۵	
B1-ASF	۴	۳.۲	۴.۲	۳.۳	۴.۳	۴.۵	۴.۶	۴.۲	۵	۴.۹	۴.۷	۴.۳	۴.۳	
B1-IMA	۲.۲	۲	۲.۷	۲.۱	۲.۸	۲.۹	۳	۲.۷	۳.۲	۳.۱	۳	۲.۸	۲.۷	
B2-HIMI	۴.۱	۳.۸	۵.۱	۴	۵.۳	۵.۴	۵.۶	۵.۲	۶	۵.۹	۵.۶	۵.۳	۵.۱	
B2-MES	۳	۲.۸	۳.۷	۲.۹	۳.۹	۴	۴.۱	۳.۸	۴.۴	۴.۳	۴.۲	۳.۸	۳.۷	

مربوط به ماه سپتامبر و یا اواخر تابستان و کمترین آن مربوط به ماههای زمستان است. همچنین سناریوی B2-MES از کمترین تغییرات و A1FI-MI از شدیدترین تغییرات دما در طی سی ساله ۲۰۴۰ تا ۲۰۷۰ برخوردار است.

با توجه به نمودار (۳) و جداول (۳) تا (۵) مشاهده می‌شود که تغییرات دمای هوا در دوره ۲۰۷۰-۲۱۰۰ به طور ماهانه بین ۲ تا ۷.۵ و به طور سالانه بین ۲.۷ تا ۶.۵ درجه سانتیگراد متغیر است. متوسط تغییرات برای کل سناریوها ۴.۵ درجه سانتیگراد است. همچنین بیشترین افزایش ماهانه دما



شکل ۳- مقادیر تغییرات ماهانه دمای متوسط هوا برای دوره‌ها و سناریوهای مختلف

۴-۲- تغییرات بارندگی متوسط

بیشترین تغییرات برخوردار بوده است. تغییرات بارندگی در دوره ۲۰۴۰ تا ۲۰۷۰ در اولین ماه بهار، کل تابستان و دو ماه آخر پاییز افزایشی بوده و در سایر ماهها کاهش داشته است. به طوریکه مقدار افزایش ماههای فصل تابستان به بیش از ۹۷۰ درصد نیز می‌رسد. البته با توجه به ناچیز بودن بارندگی در تابستان در منطقه، حداکثر بارندگی با این افزایش به ۶ میلیمتر می‌رسد. همچنین برای دوره ۲۰۴۰ تا ۲۰۷۰ متوسط سالانه بارندگی در سناریوهای مختلف به طور کل افزایشی بوده و بین ۱.۴ تا ۶ درصد تغییر داشته است که چندان قابل توجه نیست. همچنین سناریوی A₁T-MES در مقایسه با سایر سناریوها از کمترین تغییرات (افزایشی یا کاهش) و سناریوی B₁-ASF از بیشترین تغییرات برخوردار بوده است. تغییرات ماهانه بارندگی در دوره ۲۰۷۰ تا ۲۱۰۰ نیز مانند سایر دوره‌های قبل بوده است. همچنین برای دوره ۲۰۴۰ تا ۲۰۷۰ متوسط سالانه بارندگی در سناریوهای مختلف به طور کل افزایشی بوده و بین ۳.۹ تا ۳۱ درصد تغییر داشته است که قابل توجه بوده و علاوه بر آن برای این دوره نیز تغییرات فاز زمانی بارندگی (کاهش بارندگی‌های زمستانه و افزایش بارندگیهای بهاره و تابستانه) وجود دارد. همچنین سناریوی B₁-IMA در مقایسه با سایر سناریوها از کمترین تغییرات (افزایشی یا کاهش) و سناریوی A₁FI-MI از بیشترین تغییرات برخوردار بوده است.

در جداول (۶) تا (۸) مقدار پیش بینی و یا تصویر بارندگی ماهانه و سالانه برای دوره‌های ۳۰ ساله ۴۰-۲۰۱۰، ۷۰-۲۰۴۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ ارائه شده است. همچنین در شکل (۴) نمودار مقایسه، سناریوهای مختلف پیش‌بینی بارندگی ارائه شده است. با توجه به نمودار و جداول مذکور و مقایسه آنها با جدول (۱) مشاهده می‌شود که تغییرات بارندگی در دوره ۴۰-۲۰۱۰ در اولین ماه بهار، کل تابستان و دو ماه آخر پاییز افزایشی بوده و در سایر ماهها کاهش داشته است. به طوریکه مقدار افزایش ماههای فصل تابستان به بیش از ۷۰۰ درصد نیز می‌رسد. البته با توجه به ناچیز بودن بارندگی در تابستان در منطقه، حداکثر بارندگی با این افزایش به ۴ میلیمتر می‌رسد. علیرغم این امر، باید توجه شود که این مقدار متوسط بوده، و ممکن است بارشهای حدی شدیدی را با خود به همراه داشته باشد که بررسی آن در دستور کار این مقاله قرار ندارد. همچنین برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۴۰ متوسط سالانه بارندگی در سناریوهای مختلف بین ۱.۵- تا ۶ درصد تغییر داشته است که چندان قابل توجه نیست. اما مسلماً تغییرات فاز زمانی بارندگی (کاهش بارندگیهای زمستانه و افزایش بارندگی‌های بهاره و تابستانه) قابل توجه است. همچنین سناریوی A₂-ASF در مقایسه با سایر سناریوها از کمترین تغییرات (افزایشی یا کاهش) و سناریوی B₁-ASF از

جدول ۶- مقادیر برآورد ماهانه بارندگی برای دوره ۲۰۱۰-۴۰ برای سناریوها و مدل‌های انتخابی

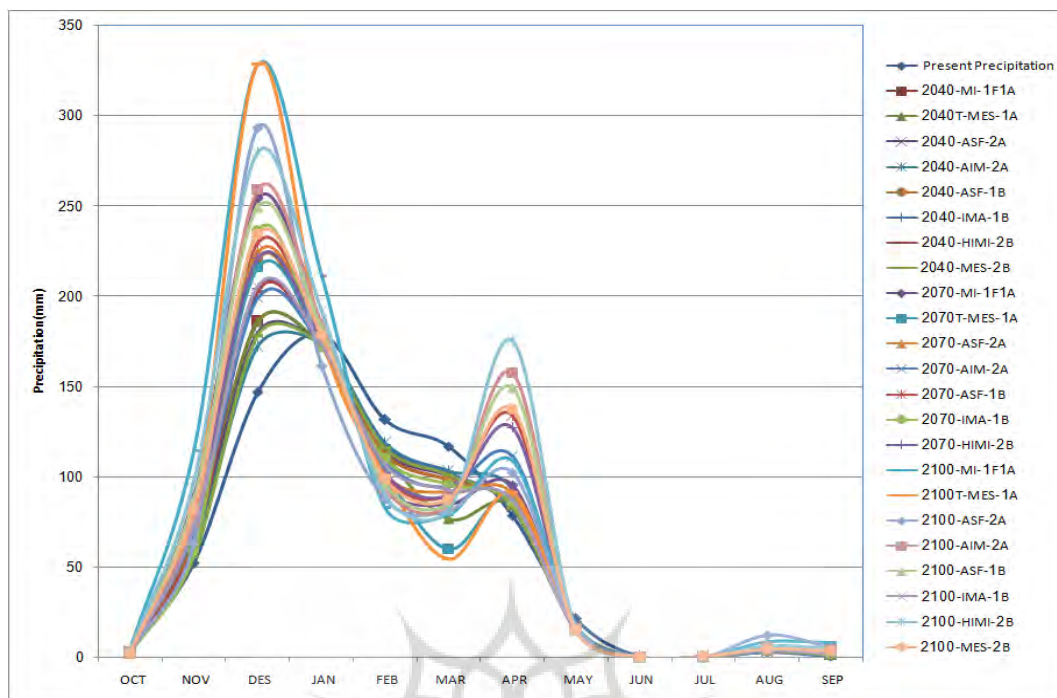
نام مدل	CCCMA-31	MPIECH-5	INMCM-30	IPSL_CM4	MIROCME2	GFDLCM20	MIROCME2	CSIRO-30	IPSL_CM4	CCSM--30	GISS--EH	ECHO--G	مجموع سالانه	
													ماه	ژانویه
A1FI-MI	۱۷۲.۱	۱۱۳.۲	۹۸.۱	۸۴.۱	۱۶.۱	۰.۲	۰.۲	۳.۴	۱.۵	۲.۳	۶۵.۳	۱۸۶.۲	۷۴۲.۷	
A1T-MES	۱۷۲.۱	۱۱۳.۳	۷۶.۶	۸۴.۱	۱۶.۱	۰.۲	۰.۲	۴	۱.۵	۲.۳	۶۵.۳	۱۸۵.۹	۷۲۱.۷	
A2-ASF	۱۷۲.۲	۱۱۴.۶	۱۰۰.۲	۸۳.۲	۱۶.۵	۰.۲	۰.۲	۳.۳	۱.۴	۲.۳	۶۳.۳	۱۷۹.۸	۷۳۷.۲	
A2-AIM	۱۷۳	۱۱۸.۸	۱۰۳.۱	۹۳.۴	۱۷.۲	۰.۲	۰.۱	۳.۱	۱.۳	۲.۴	۶۰.۶	۱۷۲.۲	۷۴۵.۴	
B1-ASF	۱۷۲.۱	۱۱۲.۹	۹۷.۸	۸۴.۳	۱۶	۰.۲	۰.۲	۳.۴	۱.۶	۲.۳	۶۵.۷	۲۲۰.۳	۷۷۷	
B1-IMA	۱۷۲.۸	۱۱۸	۱۰۲.۴	۸۲.۳	۱۷	۰.۲	۰.۱	۳.۱	۱.۳	۲.۴	۶۱.۳	۲۰۴.۵	۷۶۵.۵	
B2-HIMI	۱۷۲.۴	۱۱۶.۲	۱۰۰.۷	۸۳	۱۶.۶	۰.۲	۰.۲	۳.۲	۱.۴	۲.۳	۶۲.۸	۲۰۲.۸	۷۶۱.۷	
B2-MES	۱۷۲.۴	۱۱۶.۱	۱۰۰.۷	۸۳	۱۶.۵	۰.۲	۰.۲	۳.۲	۱.۴	۲.۳	۵۵.۶	۱۷۸.۵	۷۳۰	

جدول ۷- مقادیر برآورد ماهانه بارندگی برای دوره ۲۰۴۰-۷۰ برای سناریوها و مدل‌های انتخابی

نام مدل	CCCMA-31	MPIECH-5	INMCM-30	IPSL_CM4	MIROCME2	GFDLCM20	MIROCME2	CSIRO-30	IPSL_CM4	CCSM--30	GISS--EH	ECHO--G	مجموع سالانه	
													ماه	ژانویه
A1FI-MI	۱۸۳.۳	۹۴.۶	۸۴.۷	۹۵.۴	۱۵.۴	۰.۱	۰.۱	۵.۳	۳.۷	۲.۷	۸۸.۶	۲۵۴.۱	۸۲۸.۸	
A1T-MES	۱۷۴.۶	۱۰۳.۷	۵۹.۸	۸۹	۱۵.۲	۰.۲	۰.۱	۴.۱	۲.۳	۲.۴	۷۵.۶	۲۱۶	۷۴۲.۹	
A2-ASF	۱۷۶	۱۰۱.۵	۹۰.۹	۹۰.۳	۱۵.۱	۰.۱	۰.۱	۴.۳	۳	۲.۴	۷۸.۴	۲۲۴.۲	۷۸۷.۱	
A2-AIM	۱۷۲.۶	۱۰۸.۷	۹۴.۴	۱۱۱.۲	۱۵.۵	۰.۲	۰.۲	۳.۷	۲.۱	۲.۳	۶۹.۸	۱۹۹.۱	۷۷۹.۹	
B1-ASF	۱۷۷.۱	۱۰۰.۲	۸۹.۹	۱۳۳.۷	۱۵.۱	۰.۱	۰.۱	۴.۵	۲.۸	۲.۷	۸۰.۲	۲۲۹.۷	۸۳۶.۱	
B1-IMA	۱۷۲.۲	۱۱۰.۴	۹۵.۷	۸۵.۴	۱۵.۷	۰.۲	۰.۳	۴.۴	۱.۷	۲.۳	۵۸.۸	۲۳۶.۲	۷۸۳.۳	
B2-HIMI	۱۷۵.۵	۱۰۲.۴	۸۹.۶	۱۲۷.۱	۱۵.۱	۰.۲	۰.۳	۵.۹	۲.۵	۲.۶	۷۷.۳	۲۲۱	۸۱۹.۴	
B2-MES	۱۷۳	۱۰۵.۸	۹۳	۸۷	۱۵.۴	۰.۱	۰.۱	۳.۸	۲	۲.۳	۶۱.۲	۲۰۴.۵	۷۴۸.۶	

جدول ۸- مقادیر برآورد ماهانه بارندگی برای دوره ۲۰۷۰-۲۱۰۰ برای سناریوها و مدل‌های انتخابی

نام مدل	CCCMA-31	MPIECH-5	INMCM-30	IPSL_CM4	MIROCME2	GFDLCM20	MIROCME2	CSIRO-30	IPSL_CM4	CCSM--30	GISS--EH	ECHO--G	مجموع سالانه	
													ماه	ژانویه
A1FI-MI	۲۱۱.۱	۸۴.۸	۷۹	۱۰۸.۷	۱۷.۸	۰.۱	۰.۱	۸.۵	۸	۳.۸	۱۱۴.۲	۳۲۸.۴	۹۶۲.۵	
A1T-MES	۱۷۷.۱	۱۰۰.۲	۵۴.۴	۹۱.۲	۱۵.۱	۰.۱	۰.۱	۴.۵	۲.۸	۲.۵	۸۰.۲	۳۲۸.۴	۸۵۶.۵	
A2-ASF	۱۶۱.۵	۸۷.۸	۸۱.۱	۱۰۴.۴	۱۶.۵	۰.۱	۰.۱	۱۲.۲	۵.۷	۳.۲	۶۳.۳	۲۹۳.۴	۸۲۷.۲	
A2-AIM	۱۸۴.۸	۹۳.۷	۸۴.۱	۱۵۷.۴	۱۵.۵	۰.۱	۰.۲	۵.۵	۴	۲.۷	۷۴.۹	۲۵۹.۱	۸۸۱.۹	
B1-ASF	۱۸۱.۹	۹۵.۷	۸۵.۳	۱۴۹.۲	۱۵.۳	۰.۱	۰.۱	۵.۱	۳.۵	۲.۶	۸۶.۹	۲۴۹.۲	۸۷۵.۶	
B1-IMA	۱۷۳.۱	۱۰۶.۷	۹۲.۷	۸۷.۳	۱۵.۳	۰.۲	۰.۲	۳.۸	۲	۲.۳	۷۲	۲۰۵.۶	۷۶۱.۷	
B2-HIMI	۱۹۱.۶	۸۹.۹	۸۲.۱	۱۷۵.۳	۱۶.۱	۰.۱	۰.۱	۶.۳	۵	۳.۶	۹۷.۵	۲۷۹.۸	۹۴۷.۴	
B2-MES	۱۷۸.۲	۹۹	۸۷.۴	۱۳۷.۳	۱۵.۲	۰.۱	۰.۱	۴.۶	۳.۵	۲.۵	۸۱.۸	۲۳۴.۴	۸۴۴.۵	



شکل ۴- مقادیر پیش‌بینی بارندگی ماهانه برای افق‌های ۲۰۴۰، ۲۰۷۰ و ۲۱۰۰ در سناریوهای مختلف

۳-۴- تغییرات متوسط تبخیر

۲۰۱۰، ۲۰۷۰-۲۱۰۰ و ۲۰۴۰-۲۱۰۰ برابر با ۲۲۴، ۴۳۱ و

۶۱۱ میلیمتر است که این ارقام همانطور که قبلاً ذکر شد بدون استفاده از مدل‌های GCM و با استفاده از رابطه با دما بدست آمده و تحت تاثیر مستقیم پارامتر دمای متوسط قرار دارد. بنابراین توضیح تغییرات ماهانه آن و مقایسه سناریوهای مختلف آن تقریباً مانند پارامتر دما است.

در جداول (۹) تا (۱۱) مقدار پیش‌بینی و یا تصویر تبخیر ماهانه و سالانه برای دوره‌های ۴۰-، ۲۰۱۰، ۲۰۴۰-۷۰ و ۲۰۷۰-۲۱۰۰ ارائه شده است. با توجه به جداول مذکور و مقایسه آنها با جدول (۱) مشاهده می‌شود که اولاً کلیه تغییرات پارامتر تبخیر به صورت افزایشی بوده و ثانیاً به طور سالانه متوسط افزایش تبخیر برای کل سناریوها بترتیب در دوره ۴۰-

جدول ۹- مقادیر تبخیر برآورد شده ماهانه در دوره ۲۰۱۰-۲۰۴۰ برای سناریوها و مدل‌های انتخابی

نام مدل	ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئلی	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	مجموع سالانه												
														ECHO-G	GISS-EH	CCSM-30	IPSL_CM4	CSIRO-30	MIROCME2	GFDL20	MIROCME2	IPSL_CM4	INMCM-30	MPIECH-5	CCCMA-31	
A1FI-MI	۵۹	۵۹	۱۰۱	۱۴۷	۲۰۶	۲۶۴	۳۱۱	۳۱۷	۲۸۴	۲۲۲	۱۵۷	۹۲	۲۲۱۹													
A1T-MES	۵۹	۵۹	۱۰۰	۱۴۷	۲۰۶	۲۶۴	۳۱۱	۳۱۷	۲۸۴	۲۲۲	۱۵۷	۹۱	۲۲۱۷													
A2-ASF	۵۷	۵۶	۹۸	۱۴۴	۲۰۳	۲۶۱	۳۰۸	۳۱۴	۲۸۱	۲۱۹	۱۵۳	۸۸	۲۱۸۲													
A2-AIM	۵۳	۵۳	۹۴	۱۴۱	۱۹۹	۲۵۷	۳۰۳	۳۱۰	۲۷۶	۲۱۴	۱۴۹	۸۴	۲۱۳۳													
B1-ASF	۵۹	۵۹	۱۰۱	۱۴۷	۲۰۷	۲۶۵	۳۱۲	۳۱۷	۲۸۵	۲۲۳	۱۵۷	۹۲	۲۲۲۴													
B1-IMA	۵۴	۵۴	۹۵	۱۴۲	۲۰۰	۲۵۸	۳۰۴	۳۱۱	۲۷۷	۲۱۵	۱۵۰	۸۵	۲۱۴۵													
B2-HIMI	۵۶	۵۶	۹۷	۱۴۴	۲۰۲	۲۶۰	۳۰۷	۳۱۳	۲۸۰	۲۱۸	۱۵۲	۸۸	۲۱۷۳													
B2-MES	۵۶	۵۴	۹۷	۱۴۴	۲۰۲	۲۶۰	۳۰۷	۳۱۳	۲۸۰	۲۱۸	۱۵۳	۸۸	۲۱۷۲													

جدول ۱۰- مقادیر تبخیر برآورد شده ماهانه در دوره ۲۰۴۰-۷۰ برای سناریوهای مدل‌های انتخابی

نام مدل	نام ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئلی	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	مجموع سالانه
A1FI-MI	۹۹	۷۹	۱۲۸	۱۶۸	۲۳۵	۲۹۴	۳۴۲	۳۴۵	۳۱۷	۲۵۵	۱۸۸	۱۲۰	۲۵۷۲	
A1T-MES	۷۰	۶۹	۱۱۳	۱۵۷	۲۲۰	۲۷۹	۳۲۶	۳۲۹	۳۰۰	۲۳۸	۱۷۶	۱۰۵	۲۳۸۳	
A2-ASF	۷۸	۷۱	۱۱۷	۱۶۰	۲۲۴	۲۸۲	۳۳۰	۳۳۴	۳۰۴	۲۴۲	۱۷۶	۱۱۱	۲۴۲۹	
A2-AIM	۶۳	۶۳	۱۰۷	۱۵۲	۲۱۳	۲۷۱	۳۱۸	۳۲۳	۲۹۲	۲۲۹	۱۶۷	۹۸	۲۲۹۵	
B1-ASF	۷۴	۷۳	۱۱۹	۱۶۲	۲۲۶	۲۸۶	۳۳۲	۳۳۶	۳۰۷	۲۴۴	۱۷۸	۱۱۱	۲۴۴۸	
B1-IMA	۶۲	۶۱	۱۰۴	۱۵۰	۲۰۹	۲۶۸	۳۱۵	۳۲۱	۲۸۹	۲۲۷	۱۶۴	۹۶	۲۴۶۷	
B2-HIMI	۷۲	۷۰	۱۱۶	۱۵۹	۲۲۲	۲۸۱	۳۲۸	۳۳۳	۳۰۳	۲۴۰	۱۷۴	۱۱۰	۲۴۰۷	
B2-MES	۶۶	۶۵	۱۰۹	۱۵۳	۲۱۵	۲۷۳	۳۲۰	۳۲۶	۲۹۴	۲۳۲	۱۶۶	۱۰۰	۲۳۲۱	

جدول ۱۱- مقادیر تبخیر برآورد شده ماهانه در دوره ۲۰۷۰-۲۱۰۰ برای سناریوهای مدل‌های انتخابی

نام مدل	نام ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئلی	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	مجموع سالانه
A1FI-MI	۱۲۵	۹۶	۱۵۱	۱۸۶	۲۵۸	۳۱۸	۳۶۶	۳۶۸	۳۴۴	۲۸۱	۲۱۳	۱۳۳	۲۸۴۹	
A1T-MES	۷۴	۷۳	۱۱۹	۱۶۱	۲۲۶	۲۸۴	۳۳۲	۳۳۶	۳۰۷	۲۴۴	۱۷۸	۱۱۱	۲۴۴۵	
A2-ASF	۹۲	۸۹	۱۴۱	۱۷۸	۲۴۸	۳۰۷	۳۵۶	۳۵۸	۳۳۲	۲۶۹	۲۰۲	۱۳۳	۲۷۰۵	
A2-AIM	۸۳	۸۱	۱۳۰	۱۷۰	۲۳۷	۲۹۶	۳۴۴	۳۴۷	۳۱۹	۲۵۷	۱۹۰	۱۲۲	۲۵۷۴	
B1-ASF	۸۷	۷۸	۱۲۷	۱۶۷	۲۳۳	۲۹۲	۳۴۰	۳۴۳	۳۱۵	۲۵۳	۱۸۶	۱۱۹	۲۵۴۰	
B1-IMA	۶۶	۶۵	۱۱۰	۱۵۴	۲۱۶	۲۷۲	۳۲۱	۳۲۶	۲۹۵	۲۳۳	۱۶۷	۱۰۱	۲۳۲۷	
B2-HIMI	۸۸	۸۶	۱۳۷	۱۷۵	۲۴۴	۳۰۳	۳۵۱	۳۵۴	۳۲۷	۲۶۴	۱۹۷	۱۲۹	۲۶۵۵	
B2-MES	۷۶	۷۴	۱۲۱	۱۶۳	۲۲۸	۲۸۶	۳۳۳	۳۳۸	۳۰۹	۲۴۶	۱۸۰	۱۱۳	۲۴۶۸	

۴- تغییرات آبدی رودخانه

آبدی برای دوره متوسط ۲۰۱۰-۴۰، ۲۰۴۰-۷۰ و ۲۰۷۰-۲۱۰۰ به ترتیب برابر با ۳۹، ۴۳ و ۳۴ درصد است.

شاید در نگاه اول افزایش بارندگی و کاهش میزان جریان رودخانه چندان منطقی به نظر نرسد اما با موشکافی بیشتر ملاحظه می‌شود که پارامتر بارندگی علیرغم افزایش سالانه، در ماه‌های مربوط به فصول زمستان و پاییز دارای کاهش است. اما در ماه‌های گرم سال که تبخیر نیز تعیین کننده است افزایش یافته است. در کل افزایش بارندگی سالانه بیشتر حاصل افزایش ماه‌های گرم سال است که با توجه به افزایش تبخیر نمود چندان را در آبدی نشان نمی‌دهد. اما کاهش بارندگی فصول پاییز و زمستان به شدت بر روی کاهش جریان اثرگذار بوده است. بنابراین، در کل آبدی کاهش یافته است.

در جداول شماره (۱۲) تا (۱۴) مقدار پیش‌بینی و یا تصویر آبدی ماهانه و سالانه رودخانه ششپیر در محل ایستگاه هیدرومتری کوسنگان برای دوره‌های ۲۰۴۰-۷۰، ۲۰۷۰-۲۱۰۰ و ۲۰۷۰-۲۱۰۰ ارائه شده است. همچنین در شکل (۵) نمودار مقایسه، سناریوهای مختلف پیش‌بینی آبدی رودخانه مذکور ارائه شده است. با توجه به نمودار و جداول مذکور و مقایسه آنها با جدول (۱) مشاهده می‌شود که آبدی رودخانه ششپیر تقریباً برای کلیه ماه‌ها در سناریوهای مختلف (باستثنای سناریوهای A1T-MES و A1FI-MI در ماه‌های ژانویه و دسامبر) کاهشی است. به طوری که حداکثر کاهش مربوط به ماه‌های اکتبر، نوامبر، فوریه و مارس (به طور عمده پاییز و زمستان) است. همچنین حداقل کاهش مربوط به ماه‌های فصول بهار و تابستان است. در مجموع متوسط سالانه کاهش

جدول ۱۲- مقادیر آبدهی برآورد شده ماهانه در دوره ۲۰۱۰-۴۰ برای سناریوهای انتخابی

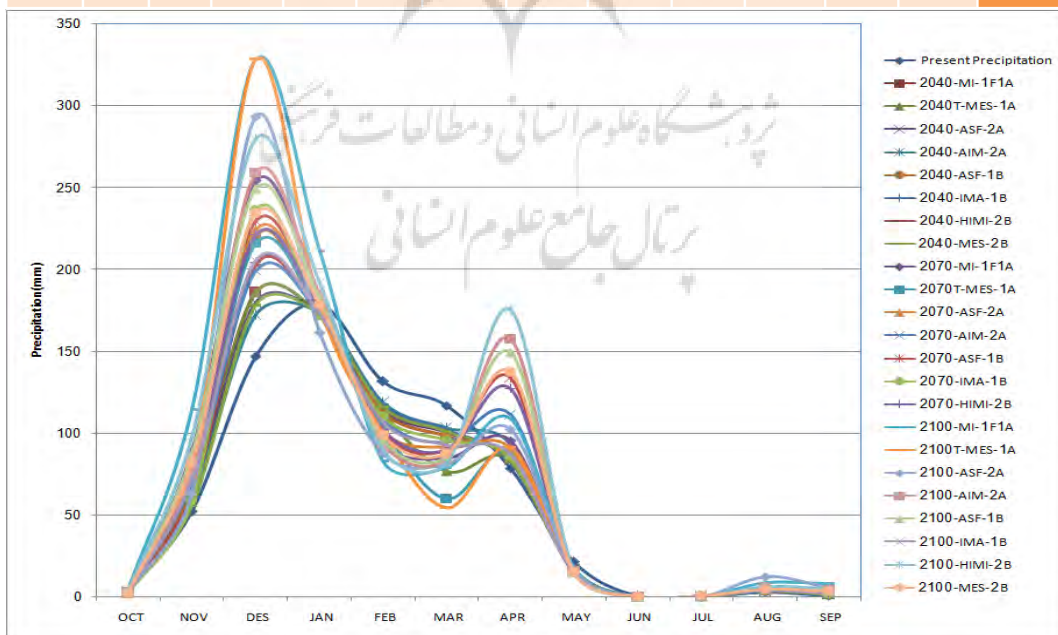
ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	متوسط
A1FI-MI	۲۸.۹	۳۱.۳	۱۶.۱	۱۵.۲	۸.۸	۶.۵	۳.۷	۳.۵	۲.۵	۰	۱.۵	۹.۶	۱۰.۷
A1T-MES	۲۹.۸	۳۲.۲	۱۵.۵	۱۳	۸.۳	۶.۱	۳.۵	۳.۳	۲.۴	۱.۹	۲.۹	۱۰.۷	۱۰.۹
A2-ASF	۲۹.۸	۳۳.۲	۱۷	۱۷.۶	۹.۶	۷.۱	۵.۲	۳.۸	۲.۸	۱.۸	۲.۸	۹.۶	۱۱.۷
A2-AIM	۳۰.۱	۳۵.۳	۱۹.۷	۲۳.۶	۱۱.۸	۸.۶	۶.۳	۴.۶	۳.۴	۲	۲.۹	۸.۵	۱۳.۲
B1-ASF	۳۵.۱	۳۷.۶	۱۹.۳	۱۷.۵	۱۰.۶	۷.۷	۵.۷	۳.۱	۳	۲.۵	۳.۴	۱۷.۶	۱۳.۷
B1-IMA	۳۴.۶	۳۰.۹	۲۱.۳	۲۱.۳	۱۱.۸	۸.۷	۶.۳	۴.۶	۳.۴	۲.۲	۳	۱۴.۹	۱۴.۴
B2-HIMI	۳۳	۳۸.۵	۱۹.۷	۲۰.۵	۱۱.۲	۸.۲	۶	۴.۴	۳.۲	۲.۵	۳.۳	۱۴.۵	۱۳.۸
B2-MES	۲۹.۹	۳۴.۵	۱۸	۱۹.۳	۱۰.۳	۷.۵	۵.۵	۴	۳	۲.۴	۲.۸	۹.۶	۱۲.۲

جدول ۱۳- مقادیر آبدهی برآورد شده ماهانه در دوره ۲۰۴۰-۷۰ برای سناریوهای انتخابی

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	متوسط
A1FI-MI	۳۱.۶	۲۲.۸	۱۳.۹	۱۲.۲	۷.۵	۵.۵	۴	۳	۲.۲	-	۲.۵	۲۱.۶	۱۰.۶
A1T-MES	۳۰.۹	۲۹.۱	۱۴.۱	۱۲.۵	۷.۹	۵.۸	۴.۳	۳.۱	۲.۳	۱.۶	۳.۱	۱۵.۶	۱۰.۹
A2-ASF	۳۰	۲۶.۹	۱۵	۱۲.۷	۷.۹	۵.۸	۴.۳	۳.۱	۲.۳	۱.۷	۳.۳	۱۷	۱۰.۸
A2-AIM	۳۰	۳۰.۹	۱۶.۱	۲۱.۷	۱۰.۵	۷.۷	۵.۶	۳.۱	۳	۱.۷	۲.۹	۱۲.۷	۱۲.۲
B1-ASF	۳۲.۷	۲۷.۸	۱۵.۷	۲۲.۸	۱۰.۷	۷.۸	۵.۷	۳.۲	۳.۱	۲.۲	۳.۸	۱۸.۴	۱۲.۹
B1-IMA	۳۷.۴	۳۷.۶	۱۹.۶	۱۶	۱۰.۳	۷.۶	۵.۵	۳.۱	۳	۲.۳	۲.۸	۲۰.۴	۱۳.۹
B2-HIMI	۳۱	۲۸.۷	۱۵.۶	۲۱.۷	۱۰.۴	۷.۶	۵.۶	۴.۱	۳	۲.۲	۳.۶	۱۶.۶	۱۴.۵
B2-MES	۳۰.۱	۲۹.۵	۱۵.۷	۱۳	۸.۳	۶	۴.۴	۳.۲	۲.۴	۲.۲	۲.۹	۱۳.۹	۱۱

جدول ۱۴- مقادیر آبدهی برآورد شده ماهانه برای دوره ۲۰۷۰-۲۱۰۰ برای سناریوهای انتخابی

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	متوسط
A1FI-MI	۴۹.۹	۲۲	۱۶	۱۴.۷	۹	۶.۶	۳.۸	۳.۶	۲.۶	-	۳.۶	۳۵.۳	۱۴
A1T-MES	۵۵.۸	۳۷.۳	۲۰.۸	۱۷.۷	۱۱.۷	۸.۵	۶.۳	۴.۶	۳.۴	۱.۹	۳.۶	۳۹.۷	۱۷.۶
A2-ASF	۳۳.۶	۱۹.۲	۱۳.۳	۱۲.۳	۷.۴	۵.۴	۴	۲.۹	۲.۱	۲.۵	۳	۲۹.۶	۱۱.۳
A2-AIM	۳۷.۷	۲۴.۸	۱۵.۳	۲۴.۱	۱۱	۸	۵.۹	۴.۳	۳.۲	۱.۶	۳.۲	۲۳.۱	۱۳.۵
B1-ASF	۳۴.۳	۲۵	۱۵	۲۲.۶	۱۰.۵	۷.۷	۵.۶	۴.۱	۳	۲.۳	۴.۱	۲۱.۹	۱۳
B1-IMA	۳۰.۲	۲۹.۹	۱۵.۹	۱۳.۱	۸.۳	۶.۱	۳.۵	۳.۳	۲.۴	۲.۲	۳.۴	۱۴.۱	۱۱.۱
B2-HIMI	۴۴.۲	۲۴	۱۶	۲۸.۳	۱۲.۳	۹	۶.۶	۴.۸	۳.۵	۱.۸	۴.۲	۲۷.۳	۱۵.۲
B2-MES	۳۳.۹	۲۷.۱	۱۵.۶	۲۱.۶	۱۰.۴	۷.۶	۵.۶	۴.۱	۳	۲.۶	۴.۱	۱۹.۴	۱۲.۹



شکل ۵- مقادیر پیش‌بینی آبدهی ماهانه رودخانه ششپیر برای افق‌های ۲۰۴۰، ۲۰۷۰ و ۲۱۰۰ در سناریوهای مختلف

- climate change on river discharges in the Nile basin, *Journal of Hydrology*, 36(2011), 696-709.
- Chiew Francis and Siriwardena Lionel (2004), *Manual for trend/change detection software*, CRC for Catchments Hydrology, Australia. www.toolkit.net.au/trend.
- Chung, Y. S., Tans P. P. (1997), Results of 7-years monitoring of greenhouse gases at Tae-ahn Peninsula, Korea. *Global Atmospheric Chemistry, IGAC, Nagoya*. IP-10.
- Hubbard, E. F., Landwehr, J. M., and Barker, A. R. (1997), Temporal variability in the hydrologic regimes of the United States, *FRIEND'97-Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resources Management*, A. Gustard, ed., Vol. 246, International Association of Hydrological Sciences, Oxfordshire, U.K.
- Leith, R. M. M., and Whitfield, P. H. (1998), Evidence of climate change effects on the hydrology of stream flows in south-central B.C, *Can. Water Resource J.*, 23(3), 219-231.
- Lettenmaier, D. P., Wood, E. F., and Wallis, J. R. (1994), Hydro-climatological trends in the continental United States 1948-1988, *J. Climatology*, 7(4), 586-607.
- Mitchell, J. F. B., Davis, R. A., Ingram, W. J., Senior, C. A. (1995), On surface temperature, greenhouse gases, and aerosols: Models and observations, *J. Climate* (8), 2364-2385.
- Soltanieh, M. (2003), Vulnerability of Iran to adverse impact of climate change, *National Workshop on Kyoto Protocol: Challenges and Opportunity for Sustainable Development of I.R.Iran*. October 25-26.
- Westmacott, J. R., and Burn, D. H. (1997), Climate change effects on the hydrologic regime within the Churchill-Nelson River Basin, *J. Hydrol.*, 202(1-4), 263-279.
- Whitfield, P. H., and Canon, A. J. (2000a), Recent variations in climate and hydrology in Canada, *Can. Water Resource J.*, 25(1), 19-65.
- Wigley, T.M.L., (2000), Stabilization of CO2 concentration levels. (In) *The Carbon Cycle*, (eds. T.M.L. Wigley and D.S. Schimel), Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 258-276.
- Velazquez, David Pulido, Luis Garrote, Joaquin Andreu, Francisco-Javier Martin-arrasco, Ana Iglesias (2011), A methodology to diagnose the effect of climate change and to identify adaptive strategies to reduce its impacts in conjunctive-use systems at basin scale, *J. of Hydrology*, 405(2011), 110-122.
- Zhang Qiang, Vijay P. Singh, Peng Sun, Xi Chen, Zengxin Zhang, Jianfeng Li (2011), Precipitation and streamflow changes in China: Changing patterns, causes and implications, *J. of Hydrology*, 410(2011), 204-216.

۵- نتیجه‌گیری

مطمئناً در پیش‌بینی و یا تهیه تصویر اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو عدم قطعیت زیادی وجود داشته و به طور حتم نمی‌توان چیزی را پیش‌بینی نمود. اما قدر مسلم این را می‌توان ذکر نمود که ادامه توسعه صنایع آلاینده و استفاده بی‌حد و مرز از طبیعت آنچنان که فوقاً ذکر شد، در آینده بشر را با مشکل اساسی روبرو خواهد نمود. ذکر این نکته مهم است که برنامه ریزان کشور همواره تخصیص از منابع آب در بخش‌های مختلف صنعت، شرب، کشاورزی و ... را بر اساس نرمال‌های اقلیمی انجام می‌دهند. این درحالی است با توجه به تحقیق حاضر با کاهش ۳۴ تا ۴۳ درصدی منابع آب، حتی اگر خشکسالی و یا سایر رخدادهای حدی نیز رخ ندهد، تامین میزان نرمال با چالش مواجه خواهد بود.

منابع

- بزرگی علی، (۱۳۸۸)، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مصارف آب کشاورزی در دشت گناباد، حسین صدقی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه آبیاری.
- مساح بوانی، علی‌رضا و سعید مرید، (۱۳۸۴)، اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده‌رود اصفهان، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، سال نهم، شماره چهارم.
- Barrow, E., Hulme, M. and Semenov, M. (1996), Effect of using different methods in the construction of climate change scenarios: examples from Europe, *Climate Research*, 7, 195-211.
- Burn, D. H., and Hag Elnor, M. A. (2002), Detection of hydrologic trend and variability, *J. of Hydrology*, 255(1-4), 107-122.
- Booij, Martijn J., Daniël Tollenaar, Eelco van Beek, Jaap C.J. Kwadijk (2011), Simulating impacts of

Climate Change Effects on River Discharge-Case Study Sheshpir River

M. Farajzadeh

Received: November 05, 2011/ Accepted: February 12, 2012, 5-8 P

Extended Abstract

1-Introduction

Climate change is one of the big challenges of human and is accounted as a serious threat for the earth planet. Increasing global temperature will cause deep and wide changes in the climate and especially in the time and space of precipitation and storms. Many studies have approved the occurrence of these changes, and the amount and intensity of them. In most of studies, statistical models (based on historical data) or Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCM) determine the increase of carbon dioxide emissions and subsequent changes in air temperature and precipitation. Then the changes in river flow rate caused by climate change are calculated by using rainfall-runoff models. But many of these studies only

use a limited number of models and emission scenarios that may not include all the facts. Therefore in this study the results of 20 AOGCM models have been considered to explain the climate projection of time horizons 2040, 2070 and 2100. Also a big range of emission scenarios have been studied and using the selected scenarios and models, the amount of Sheshpir River flow (one of Zohre-Jarrahi river basin branches in the south west of Iran) has been detected.

2- Methodology

In this study, through the 20 AOGCM models, used in IPCC fourth assessment report, the appropriate model was chosen to determine the changes in rainfall and temperature in each months of the year. The RMSE, Regional Correlation and Mean Absolute Error statistical tests which was calculated by Magic Model, is used to determine the best AOGCM model (Vigly 2006). Also for assessing

Author(s)

M. Farajzadeh (✉)
Associated Professor of Climatology, Tarbiat Modares
University, Tehran, Iran
e-mail: farajzam@modares.ac.ir

all future conditions, from each of the main emission scenarios A1, A2, B1 and B2, two scenarios were chosen to release the highest and lowest emissions. So the total number of eight emission scenarios A1FI-MI, A1T-MES, A2-ASF, A2-AIM, B1-ASF, B1-IMA, B2-HIMI, B2-MES was selected. Interpolation method has been used for downscaling the output of AOGCM Model, so every cell includes the average of 8 adjacent cells.

After calculating the amount of precipitation and temperature changes on the study horizon times and estimating the amount of future changes on evaporation, eventually using this data as input in AWBM rainfall – runoff model, the river flow has been estimated at the horizons 2040, 2070 and 2100.

3– Discussion

Output of the models and various scenarios for the Sheshpir river basin showed the increase in temperature, in all three time period, respectively 2010-2040, 2040-2070 and 2070-2100. For the different scenarios, this increase varies from 1.3 to 1.9 Celsius degrees in the time period of 2010-2040. This value for the time periods 2040-2070 and 2070-2100 was equal to respectively, 2.3 to 4.5 ° C and 2.7 to 6.5 Celsius degrees. The largest seasonal changes in temperature occurred in winter and the lowest in summer. The results of models and scenarios for precipitation indicate that the rainfall changes in the first month of spring, all summer and the last two months of fall has been increased and

for the other months has been fallen. However this was true for all time horizons. So that, the amounts of this increase in the summer months comes over to 900 percents. However, due to low summer rainfall in the region, considering the above-mentioned increase, the total rainfall reaches up to 6 mm. This value is an average rate and probably in the real situation of summer rainfall, especially when the land is dry with low infiltration, it could associate with the devastating floods. Also, for the time period of 2010-2040 and 2040-2070 and various scenarios, the annual rainfall changes vary between -1.5 to 6 percent that was not noticeable. However the changes for the time period 2070-2100 vary between 3.9 to 31 percent and it was somewhat remarkable. But certainly, the temporal changes in the rainfall (low winter rainfalls and more spring and summer rainfall), at all the time horizons are more important.

Finally, the rainfall runoff model for the various scenarios showed that the amount of Sheshpir river flow has reduction for almost all of the months. Also the maximum reduction occurs in the months October, November, February and March (mainly in autumn and winter seasons) and the minimum reduction in the spring and summer. Totally, the average annual decrease for the time period 2010-2040, 2040-2070 and 2070-2100 is respectively 39, 43 and 34 percent.

4– Conclusion

Certainly preparing the future climate projection or climate

prediction, using general circulation models includes lots of uncertainty. But we can definitely say that with continuing the development of industries, increasing pollutions and use of natural resources without any limitations, the human will be faced with the problem in the near future.

It is important to note that water planners allocate the available water resources to the different consumption sectors (industry, drinking, agriculture and ...) based on normal climatic condition. While the present study determined 34 to 43 percent reduction in water resources. Therefore, even if drought or other events does not occur, providing the normal rate will be faced with big challenge.

Key words : Climate Change, Water Resource, Rainfall Runoff Model, GCM Model, Sheshpir River Basin

References

- Barrow, E., Hulme, M. and Semenov, M. (1996), Effect of using different methods in the construction of climate change scenarios: examples from Europe, *Climate Research*, 7, 195-211.
- Burn, D. H., and Hag Elnor, M. A. (2002), Detection of hydrologic trend and variability, *J. of Hydrology*, 255(1-4), 107-122.
- Booij, Martijn J., Daniël Tollenaar, Eelco van Beek, Jaap C.J. Kwadijk (2011), Simulating impacts of climate change on river discharges in the Nile basin, *Journal of Hydrology*, 36(2011), 696-709.
- Chiew Francis and Siriwardena Lionel (2004), Manual for trend/change detection software, CRC for Catchments Hydrology, Australia. www.toolkit.net.au/trend.
- Chung, Y. S., Tans P. P. (1997), Results of 7-years monitoring of greenhouse gases at Tae-ahn Peninsula, Korea. *Global Atmospheric Chemistry, IGAC, Nagoya. IP-10*.
- Hubbard, E. F., Landwehr, J. M., and Barker, A. R. (1997), Temporal variability in the hydrologic regimes of the United States, *FRIEND'97-Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resources Management*, A. Gustard, ed., Vol. 246, International Association of Hydrological Sciences, Oxfordshire, U.K.
- Leith, R. M. M., and Whitfield, P. H. (1998), Evidence of climate change effects on the hydrology of stream flows in south-central B.C, *Can. Water Resource J.*, 23(3), 219-231.
- Lettenmaier, D. P., Wood, E. F., and Wallis, J. R. (1994), Hydro-climatological trends in the continental United States 1948-1988, *J. Climatology*, 7(4), 586-607.
- Mitchell, J. F. B., Davis, R. A., Ingram, W. J., Senior, C. A. (1995), On surface temperature, greenhouse gases, and aerosols: Models and observations, *J. Climate* (8), 2364-2385.
- Soltanieh, M. (2003), Vulnerability of Iran to adverse impact of climate change, *National Workshop on Kyoto Protocol: Challenges and Opportunity for Sustainable*

- Development of I.R.Iran. October 25-26.
- Westmacott, J. R., and Burn, D. H. (1997), Climate change effects on the hydrologic regime within the Churchill-Nelson River Basin, *J. Hydrol.*, 202(1-4), 263-279.
- Whitfield, P. H., and Canon, A. J. (2000a), Recent variations in climate and hydrology in Canada, *Can. Water Resource J.*, 25(1), 19-65.
- Wigley, T.M.L., (2000), Stabilization of CO₂ concentration levels. (In) *The Carbon Cycle*, (eds. T.M.L. Wigley and D.S. Schimel), Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 258-276.
- Velazquez, David Pulido, Luis Garrote, Joaquin Andreu, Francisco-Javier Martin-arrasco, Ana Iglesias (2011), A methodology to diagnose the effect of climate change and to identify adaptive strategies to reduce its impacts in conjunctive-use systems at basin scale, *J. of Hydrology*, 405(2011), 110-122.
- Zhang Qiang, Vijay P. Singh, Peng Sun, Xi Chen, Zengxin Zhang, Jianfeng Li (2011), Precipitation and streamflow changes in China: Changing patterns, causes and implications, *J. of Hydrology*, 410(2011), 204-216.

