

یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر

کرمان ۱۶ الی ۲۰ بهمن ماه ۱۳۹۰

پیش‌بینی تغییرات بارش دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از مدل ریز مقیاس کننده و

مدل گردش عمومی جو (مطالعه موردي: شهر کرمان)

فریده السادات هاشمی نسب^۱، محمد موسوی بایگی^۲، بهرام بختیاری^۳، کامران داوری^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: farideh.hasheminasab@gmail.com

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید بهنر کرمان

چکیده:

شبکه‌های محاسباتی مدل‌های گردش‌عمومی جو (GCM) به دلیل بزرگ مقیاس بودن و قدرت تفکیک کم برای استفاده در ابعاد یک ایستگاه باید ریزمقیاس شوند، از این‌رو از مولدهای هواشناسی جهت ریزمقیاس کردن استفاده می‌شود. با استفاده از خروجی مدل گردش عمومی و مولدهای هواشناسی می‌توان اقلیم منطقه را شبیه‌سازی نمود. در این مطالعه از داده‌های خروجی مدل گردش عمومی جو HadCM3 با سه سناریو تغییر اقلیم A1B، A2 و B1 توسط مدل LARS-WG در ایستگاه کرمان ریزمقیاس شده است. نتایج حاصل از آن در دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۱۰ و دوره آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در ارزیابی مدل LARS-WG به بررسی میزان خطای داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده بررسی شد و مدل برای منطقه مناسب ارزیابی شد. پس از آن تغییرات بارش و طول بازه خشک و تر بررسی شد. نتایج حاصل از بررسی میانگین بارش ماهانه، فصلی نشان می‌دهد که بارش در همه ماه‌های سال و همه فصول در ایستگاه کرمان افزایش بارش را به همراه دارد. همچنین میانگین بارش در ۲۰ سال آتی نشان می‌دهد که افزایش بارش در ایستگاه کرمان حدود ۲۵ درصد خواهد بود. بررسی طول بازه تر و خشک نشان داد که طول بازه تر رو به افزایش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدل گردش عمومی جو، مولدهای هواشناسی، ریزمقیاس‌نمایی، سناریوهای تغییر اقلیم

۱. مقدمه

تغییر اقلیم از بزرگترین چالش‌هایی است که بشر در قرن بیست و یکم با آن مواجه است که می‌تواند اثرات شدیدی بر منابع آب، کشاورزی، انرژی و گردشگری داشته باشد. توسعه استراتژی‌ها و تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد استفاده آب در آینده برای بخش‌های مختلف و مدیریت منابع آب در دسترس نیاز به اطلاعات تغییر اقلیم (از نظر بارش و درجه حرارت در مقیاس حوضه) دارند که به طور مستقیم می‌تواند با مدل‌های هیدرولوژی مورد استفاده قرار گیرد [۷]. تغییرات دمای کره زمین و روند رو به افزایش آن با توجه به شرایط آب و هوایی در سراسر جهان به عنوان تغییر اقلیم شناخته می‌شود [۸].. مدل‌های جهانی اقلیمی جفت شده جوی اقیانوسی منبع اصلی برای شبیه‌سازی حال و آینده اقلیم کره زمین با سناریوهای مختلف تغییر اقلیم می‌باشد (IPCC2000). تا به امروز اطلاعات قابل اعتمادی برای مدل‌سازی بارش وجود نداشته، به این ترتیب مدل‌های بزرگ مقیاس مانند GCM نیاز به ریز مقیاس کردن در اندازه یک ایستگاه را دارند [۷]. روش ریزمقیاس کردن داده‌ها می‌تواند به دو روش آماری و دینامیکی انجام شود، از میان روش‌های ریزمقیاس نمایی آماری مولدهای هواشناسی بسیار مورد توجه می‌باشند. مدل‌های آماری مولدهای هواشناسی برای تولید یک سری ترکیبی از داده‌های طولانی مدت و داده‌های از دست رفته و تولید داده‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۶]. روش‌های آماری ریز مقیاس کردن، برای شبیه‌سازی وقایع بارش بسیار مناسب می‌باشد [۱۵]. از سوی دیگر دفعات و شدت بارش در حوادث بارش شدید احتمالاً تحت تأثیر پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در اکثر نقاط جهان است، بنابراین خطر افزایش خشکسالی و سیل در حوضه به وسیله ابزارهای ریزمقیاس آماری شبیه‌سازی می‌شود. به این ترتیب ابزارهای ریزمقیاس آماری، توانایی شبیه‌سازی رویدادهای شدید اقلیمی به ویژه بارش در مقیاس حوضه را دارا می‌باشند (IPCC2007). هاشمی و همکاران در سال ۲۰۱۰ به مقایسه دو مدل LARS-WG و SDSM برای

شبیه‌سازی بارش‌های شدید در حوضه کلوتا واقع در جزیره جنوبی نیوزیلند پرداختند، که در آن نشان دادند که هر دو مدل دارای توانایی‌های مشابه و خوبی در شبیه‌سازی رویدادهای بارش شدید می‌باشند و قابل استفاده برای پیش‌بینی‌های اقلیمی هستند [۸].

در ایران برخی از محققان به بررسی تغییرات روند بارش و دما در نقاط مختلف پرداخته‌اند. برای مثال، محمدی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که در تمام مناطق ایران برای دهه‌های آینده تغییرات بارش دارای روند کاهشی هستند. این روند کاهش در نواحی شمالی ایران مقادیر کمتری را نسبت به نواحی جنوبی و مرکزی ایران نشان می‌دهد. عباسی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تغییر اقلیم ایران با استفاده از خروجی دو مدل گردش عمومی جو ECHAM4 و HadCM2 به نظرگیری ۱۸ سناریوی انتشار IPCC پرداختند. بر این اساس، نتایج مدل HadCM2 حاکی از کاهش بارش‌های ایران تا دهه ۲۱۰۰ به میزان ۲/۵ درصد بوده است در حالی که برای دوره مشابه در مدل ECHAM4 بارش‌های کشورمان به میزان ۱۹/۸ درصد افزایش نشان داده است. همچنین به مقایسه دو مدل MAGICC-SENGEN و LARS-WG با استفاده از مدل HadCM2 در کل کشور پرداختند که نتایج حاصل کاهش بارش را در کل کشور نشان داده است. با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو و سناریوهای استفاده شده به وسیله هیأت بین الدول تغییر اقلیم (IPCC) پیش‌بینی شده است که دمای کره زمین در دهه‌های ۲۱۰۰ بین ۱/۱ و ۶/۴ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از دهه‌های ۱۹۰۰ خواهد بود که این روند با تغییراتی در شدت و میزان بارش‌ها همراه خواهد بود (دارن و همکاران، ۲۰۰۹). عسگری و رحیم زاده (۱۳۸۵) به مطالعه تغییرپذیری بارش در ایران پرداخته‌اند و نتایج آن‌ها نشان داد که کشور ایران شاهد هر دو روند کاهشی و افزایشی در مجموع بارش سالانه بوده است. زمنوف و همکاران (۱۹۹۸) به بررسی و مقایسه دو مدل LARS-WG و WGEN بر روی ۱۸ استگاه از ایالات متحده امریکا، اروپا و آسیا، که نماینده طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی بودند، پرداختند که مقایسه آن‌ها نشان داده است که مدل LARS-WG از توانایی خوبی در تولید داده‌های آب و هوای مختلف از جمله حوادث شدید آب و هوایی برخوردار می‌باشد. بابائیان و همکاران (۱۳۸۸) به ارزیابی تغییراتی ایران در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی LARS-WG و با استفاده از مدل گردش عمومی ECHO-G با استفاده از سناریو A1 بر روی ۴۳ استگاه سینوپتیک ایران پرداختند. نتایج حاصل از آن کاهش ۹ درصدی بارش در کل کشور و کاهش بارش را در مناطقی مانند کرمان، یزد و خراسان جنوبی و رضوی را پیش‌بینی نموده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، نتایج متفاوتی برای پیش‌بینی بارش آینده در ایران ارائه شده است. از این رو انجام تحقیقات بیشتر در این ضمینه ضروری می‌باشد.

هدف از این تحقیق بررسی روند تغییرات بارندگی در دهه‌های اخیر (۱۹۹۱-۲۰۱۰) و پیش‌بینی این تغییرات در دهه‌های آینده (۲۰۱۱-۲۰۳۰) می‌باشد. به علاوه به مقایسه تغییرات بارش سالانه و تغییرات طول دوره خشک و مرتبط برای دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۱۰ و دوره آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ نیز پرداخته می‌شود.

۲. مواد و روش

۱-۲. منطقه مورد مطالعه:

استان کرمان در جنوب شرقی ایران قرار گرفته و براساس طبقه بندی اقلیمی دو مارتن دارای اقلیم خشک می‌باشد. این مطالعه بر روی استگاه سینوپتیک استان کرمان که دارای آمار ۲۰ ساله می‌باشد انجام گرفته است. داده‌های مورد نیاز در این مطالعه دمای بیشینه، دمای کمینه، بارش و ساعت آفتابی روزانه دوره ۱۹۹۱-۲۰۱۰ می‌باشد که از سازمان هواشناسی استان کرمان تهیه شده‌اند. استگاه کرمان در عرض جغرافیایی ۳۰°۱۵' درجه و طول جغرافیایی ۵۸°۵۶' درجه با ارتفاع ۱۷۵۳/۸ متر از سطح دریا قرار گرفته است. در این مطالعه از مدل گردش عمومی جو HadCM3 با سه سناریو A1B، A2 و B1 استفاده شده است و برای ریزمقیاس کردن داده‌ها از مدل مولد هواشناسی LARS-WG استفاده شده است که در آن داده‌های روزانه دوره ۲۰ ساله ۱۹۹۱-۲۰۱۰ به عنوان داده‌های دوره پایه وارد مدل شده و برای تجزیه و تحلیل و کالیبراسیون مدل بکار برده شده‌اند. با استفاده از مدل LARS-WG و با استفاده از سناریوهای تغییر اقلیم به تولید داده‌های آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ پرداخته شد. در مطالعات اقلیمی دوره پایه استفاده شده به عنوان نماینده جریان اقلیمی می‌باشد [۱۵].

۲-۲. معرفی مدل LARS-WG

مدل LARS-WG از معروفترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا می‌باشد، که برای تولید مقادیر دمای کمینه و بیشینه روزانه، بارش و تابش در مقیاس یک ایستگاه برای شرایط اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود [۱۰، ۱۱]. مدل-LARS-WG در سال ۱۹۹۰ در بوداپست کشور مجارستان به عنوان ابزاری برای ریزمقیاس‌نمایی آماری ابداع شد [۱۰]. مدل LARS-WG در سه مرحله اجرا می‌گردد، این مراحل عبارتند از: واسنجی، صحت سنجی داده‌ها، و تولید داده برای دوره آینده. خروجی این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش یا ساعات آفتابی می‌باشند.

در اجرای این تحقیق، ابتدا داده‌های دوره پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۰) مرتب شد و فایل ورودی مدل تهیه گردید. سپس مدل برای این دوره واسنجی شد برای واسنجی مدل ضریب تعیین R^2 و شاخص‌های خطاسنجی مجدد میانگین مربعات خطأ (RMSE) بر اساس فرمول ۱ و میانگین خطای مطلق (MAE) بر اساس فرمول ۲، محاسبه گردید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad (2)$$

که در آن‌ها X_i داده‌های شبیه‌سازی شده، Y_i داده‌های مشاهداتی، و n تعداد سال‌های آماری می‌باشد. برای واسنجی مدل نمودار بارش دوره پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۰) نیز رسم شد. اکنون مدل برای ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 و تولید داده‌های مصنوعی برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از سه سناریو تأیید شده IPCC، آماده اجرا می‌باشد. با اجرای مدل برای پارامتر مورد نظر یعنی بارش برای دوره مورد مطالعه تولید شد.

در این مرحله ابتدا توزیع سالیانه (مقادیر متوسط ماهیانه) در دو دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۱۰ و آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ مقایسه و تحلیل شد. سپس تغییرات بارش فصلی طی ۲۰ سال آینده مورد بررسی قرار گرفت و همچنین روند بارش در طی مجموع دو دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱ و ۲۰۱۱-۲۰۳۰ مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین تغییرات طول بازه خشک و تر برای هر ماه برای دوره آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت.

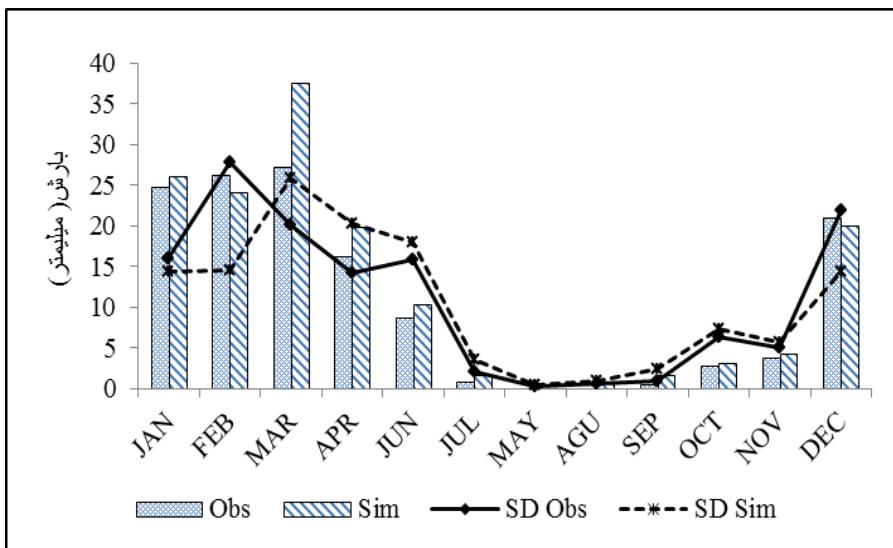
بازه‌ی تر، برای هر ماه، در این مدل عبارت است از تعداد روزهای متولی با حداقل بارش روزانه معادل ۰/۱ میلی‌متر. فاصله هر دو بازه تر یک بازه خشک می‌باشد (زمونوف و همکاران، ۲۰۰۷). متوسط طول بازه تر برای هر ماه در دوره‌ی آینده منهای همین مقدار در دوره پایه به عنوان تغییر بازه تر محاسبه گردید و برای بازه خشک نیز به همین ترتیب محاسبه گردید.

۳. نتایج و بحث

برای واسنجی مدل ضریب تعیین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل (برآورده شده) برای دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۱۰ در ایستگاه سینوپتیک استان کرمان محاسبه گردید، R^2 (ضریب تعیین) که برای نشان دادن دقت مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد ارائه شده است. این نتایج بیانگر این مطلب می‌باشد که داده‌های بارش مشاهده شده و تولید شده مربوط به دوره پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۰) از همبستگی معنی داری برخوردار می‌باشد. به علاوه برای اطمینان از درستی واسنجی مدل از شاخص‌های خطاسنجی MAE و RMSE استفاده گردید. مقادیر R^2 ، RMSE و MAE برای ایستگاه کرمان به ترتیب برابر ۰/۷۶۹ و ۰/۳۳ و ۰/۷۶۹ می‌باشد، که با توجه به مقادیر مذکور، مدل مناسب ارزیابی می‌شود.

در شکل ۱ نمودار متوسط بارش ماهیانه و نیز انحراف معیار آن ارائه شده است. مقادیر بارش‌های شبیه‌سازی شده در برخی ماه‌ها بیشتر و در برخی ماه‌ها کمتر از مقادیر مشاهداتی می‌باشند. میزان اختلاف داده‌های شبیه‌سازی و مشاهداتی در

این شکل در حد قابل قبول می‌باشد. بنابراین نتایج حاصل از ارزیابی نشان می‌دهد مدل LARS-WG برای تولید داده‌های آینده به درستی واسنجی شده است.



شکل ۱- متوسط بارش ماهیانه داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده مدل LARS-WG (ایستگاه کرمان ۱۹۹۱-۲۰۱۰)

پس از ارزیابی مدل و اطمینان از مناسب بودن آن به بررسی داده‌های تولیدشده توسط مدل LARS-WG5 برای سه سناریو تغییر اقلیم با استفاده از مدل HadCM3 پرداخته شده است. نتایج حاصل در جدول ۱ نشان می‌دهد که بارش در اغلب ماهها روند افزایشی داشته و انتظار می‌رود که در ۲۰ سال آتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ مقدار بارش افزایش داشته باشد. در جدول ۲ مقدار تغییرات بارش در ایستگاه‌ها نسبت به دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۱۰ نشان داده شده، این اعداد نیز در اغلب موارد بیانگر افزایش بارش می‌باشد.

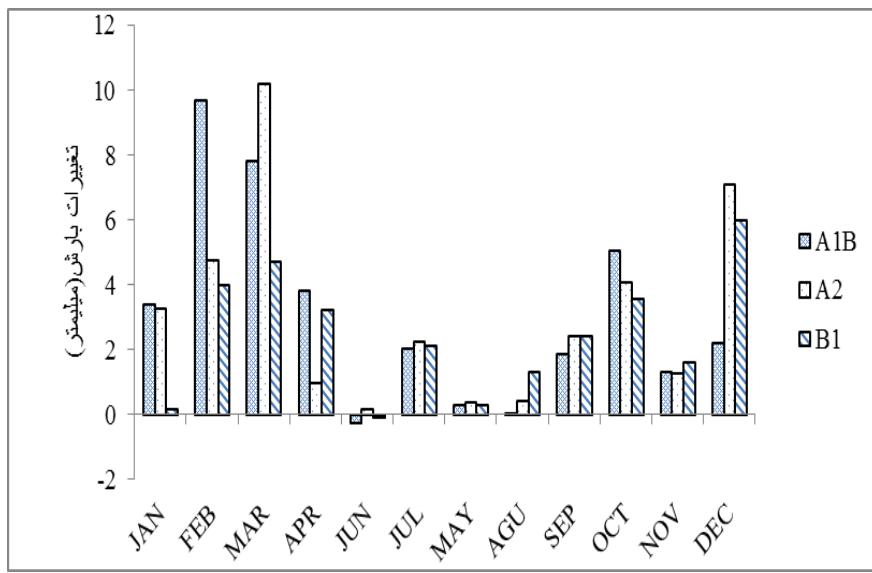
جدول ۱- نرمال‌های ماهانه بارش ایستگاه کرمان در دوره پایه و ۲۰ سال آتی طبق سناریوهای مدل HADCM3

کرمان	1991-2010	B1	A2	A1B	20.87	3.63	2.74	0.36	0.3	0.12	0.79	8.63	16.14	27.18	26.2	24.64
کرمان	20.06	27.94	28.06	28.06	23.1	4.97	7.83	2.25	0.35	0.44	2.83	8.37	19.97	35.02	35.89	28.06
کرمان	24.83	30.98	27.94	27.94	28	4.92	6.85	2.78	0.74	0.54	3.06	8.83	17.14	37.42	30.98	27.94
کرمان	26.86	5.27	6.34	2.79	1.65	0.44	2.94	8.56	19.37	31.92	30.22	24.83	B1			

جدول ۲- تغییرات ماهانه پارامتر بارش ایستگاه کرمان در ۲۰ سال آتی طبق سناریوهای مدل HADCM3

کرمان	A1B	A2	B1	کرمان												
2.23	1.34	5.09	1.89	0.05	0.32	2.04	-0.26	3.83	7.84	9.69	3.42	A1B				
7.12	1.29	4.11	2.42	0.44	0.42	2.27	0.2	1	10.24	4.78	3.3	A2				
5.99	1.64	3.6	2.43	1.35	0.32	2.15	-0.07	3.23	4.74	4.02	0.18	B1				

شکل ۲ نشان دهنده تغییرات بارش در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از سه سناریو تغییر اقلیم در ایستگاه کرمان می‌باشد. این نمودار نشان می‌دهد که مدل LARS-WG افزایش بارش را پیش‌بینی نموده است.

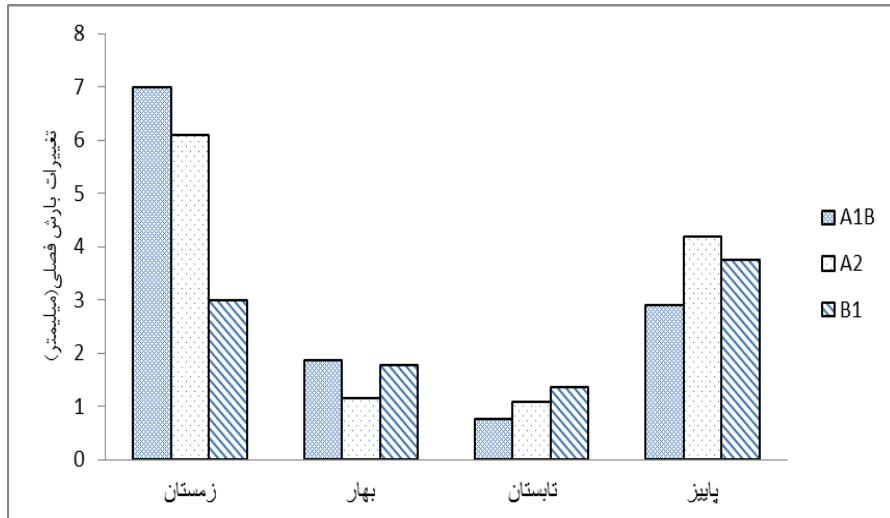


شکل ۲- تغییرات بارش ماهانه ایستگاه کرمان با استفاده از سناریوهای مدل HadCM3

سپس به بررسی تغییرات بارندگی فصلی پرداخته شده است که در جدول ۴ تغییرات فصلی در سه سناریو تغییر اقلیم آمده است و همچنین نمودار بارش فصلی در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که نشان داده شده افزایش بارش فصلی در همه فصول در ایستگاه کرمان پیش‌بینی شده است.

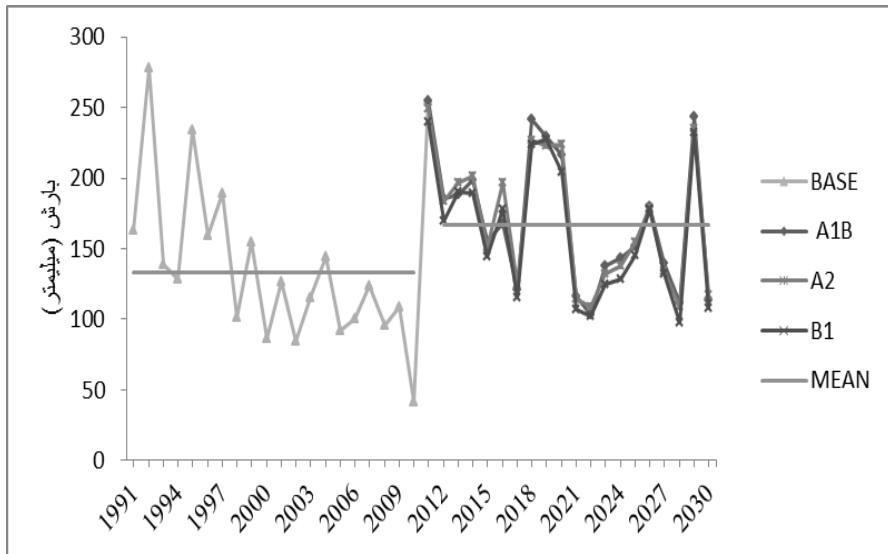
جدول ۴- تغییرات فصلی پارامتر بارش ایستگاه کرمان در ۲۰ سال آتی طبق سناریوهای مدل HADCM3

کرمان	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	پاییز
A1B	۶/۹۸	۱/۸۷	۰/۷۵	۲/۸۹	۴/۱۷
A2	۶/۱	۱/۱۵	۱/۰۹	۴/۱۷	۳/۴۷
B1	۲/۹۸	۱/۷۷	۱/۳۶	۱/۳۶	۲/۹۸



شکل ۳- تغییرات بارش ماهانه ایستگاه کرمان با استفاده از سناریوهای مدل HadCM3

تغییرات بارش سالانه در شکل ۳ نشان داده شده است. این نمودار نشان دهنده افزایش سالانه بارش نسبت به دوره پاییه ۱۹۹۱-۲۰۱۰ می‌باشد و هر سه سناریو این افزایش بارش را نشان داده است. نتایج حاصل از بارش شبیه‌سازی شده ۲۰ سال آینده نشان می‌دهد که مجموع بارش سالیانه در ۲۰ سال آینده در مقایسه با ۲۰ سال دوره پاییه افزایش خواهد داشت. همچنین نتایج حاصل در جدول ۴ نیز بیان شده است.

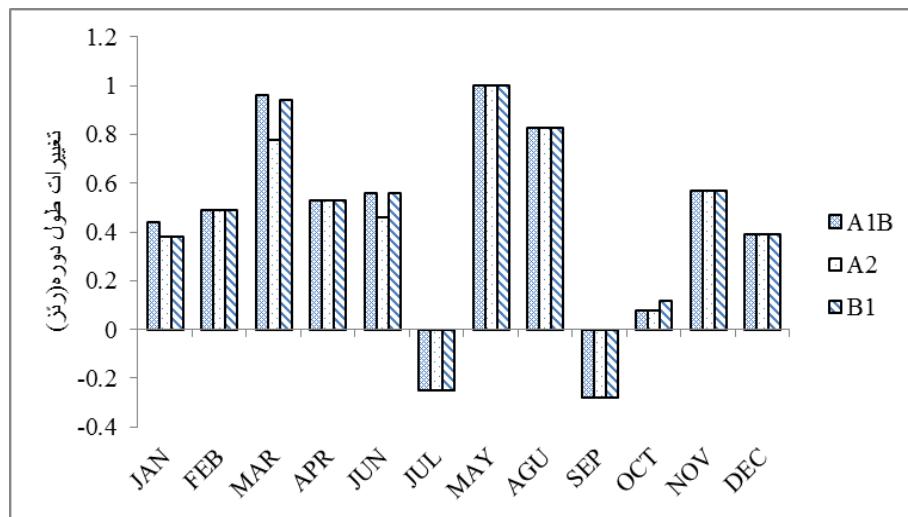


شکل ۴- میانگین سالانه بارش داده‌های مشاهداتی و شبیه سازی شده مدل LARS-WG ایستگاه کرمان

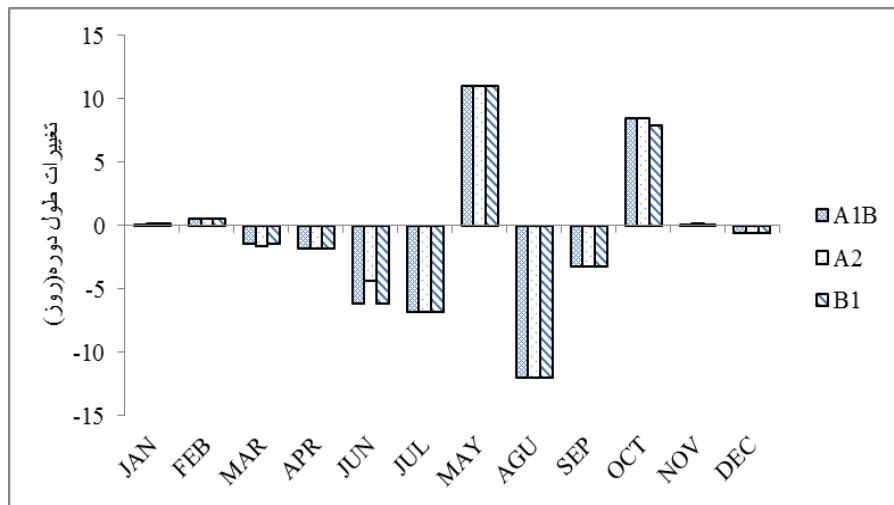
جدول ۴- میانگین ۲۰ ساله بارش ایستگاه کرمان برای دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۱۰ و ۳ سناریو تغییر اقلیم آینده

میانگین ۲۰ ساله ایستگاه کرمان		
دوره پایه	۱۹۹۱-۲۰۱۰	۱۳۳/۴۸
سناریو A1B	A1B	۱۷۰/۰۲
سناریو B1	B1	۱۶۱/۹۰
سناریو A2	A2	۱۷۰/۰
دوره آینده		۲۰۱۱-۲۰۳۰

مقادیر بیان شده در جدول ۴ برای هر سه سناریو تغییر اقلیم، افزایش بارش در تمام ایستگاهها را در ۲۰ سال آینده را نشان داده است. افزایش میانگین بارش ایستگاه کرمان حدود ۲۵ درصد می‌باشد. پس از بررسی بارندگی به بررسی تغییرات طول بازه تر و خشک در آینده پرداخته شد. با توجه به پیش‌بینی افزایش بارش در ۲۰ سال آینده انتظار می‌رود که بازه تر در دوره آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ افزایش داشته باشد. نمودارهای بازه تر در شکل ۵ و نمودارهای بازه خشک در شکل ۶ آمده است. در شکل ۵ نشان داده شده، طول بازه تر در تمام ایستگاه‌های استان کرمان افزایش داشته است و همان‌طور که انتظار می‌رفت این افزایش در همه ماه‌ها مشاهده می‌شود. همچنین هر سه سناریو تغییر اقلیم این افزایش را نشان داده و بنابراین تعداد روزهای با بارش بیشتر از ۱۰ میلیمتر رو به افزایش می‌باشد. همان‌طور که در معرفی مدل بیان شد، مدل قادر به شبیه‌سازی مناسب بازه خشک نمی‌باشد و برهمین اساس شبیه‌سازی دوره خشک با خطأ همراه می‌باشد، از این رو نمودارهای شکل ۶ دارای نوسانات زیادی می‌باشند. در برخی ماه‌ها افزایش شدید طول بازه خشک را نشان داده است و در برخی ماه‌ها کاهش طول بازه خشک را نشان می‌دهد. با توجه به این نتایج می‌توان این گونه استنباط نمود که اگرچه طول دوره خشک را افزایشی نشان داده اما با توجه به افزایش مقدار بارش سالیانه و افزایش روزهای تر، تعداد روزهای بارش شدید افزایش خواهد یافت که این امر باعث افزایش مقدار بارش سالیانه شده است.



شکل ۵ تغییرات طول دوره مرطوب در ۲۰ سال آتی ایستگاه کرمان



شکل ۶- تغییرات طول دوره خشک در ۲۰ سال آتی ایستگاه کرمان

۴. نتیجه‌گیری

در این تحقیق داده‌ها به منظور بررسی و ارزیابی تغییرات بارش با توجه به تغییر اقلیم استان کرمان در طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از خروجی مدل HADCM3 سه سenario A1B، A2 و B1، برای ایستگاه سینوپتیک کرمان با استفاده از مدل LARS-WG ریزمقیاس شد. پس از این‌که مدل برای دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۱۰ میانگین طولانی شد و بر اساس شاخص‌های خطاسنجی و ضریب تعیین صحت و دقت مدل تعیین شد، به بررسی روند تغییرات بارش و تغییرات طول دوره خشک و تر در دوره آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ پرداخته شد. با استفاده از نمودارهای میانگین طولانی مدت بارش، تغییرات ۲۰ سال آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که مقدادیر بارش در طی ۲۰ سال آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت. با بررسی نتایج تغییرات طول دوره خشک و تر مشخص شد که طول دوره تر دارای روند افزایشی می‌باشد و همچنین طول دوره خشک رو به کاهش می‌باشد. مقدادیر میانگین بارش ۲۰ سال آتی برای هر سه سenario نشان می‌دهد که مقدادیر بارش در طی سال‌های آتی رو به افزایش است و با افزایش بارش‌های حدی همراه خواهد بود. همچنین نتایج نشان دهنده روند افزایشی تغییرات بارش در تابستان می‌باشد.

مراجع

- [۱] باباییان ا، نجفی نیک ز، زابل عباسی ف، حبیبی نوخدنام م، ادب ح. ملبوسی ش، (۱۳۸۸). "ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G"، جغرافیا و توسعه، شماره ۶، صفحات ۱۳۵ تا ۱۵۲.
- [۲] عباسی ف، ملبوسی ش، باباییان ا، اثمری م، برهانی ر، (۱۳۸۹). "پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G"، نشریه آب و خاک، شماره ۲۴، صفحات ۲۱۸ تا ۲۳۳.
- [۳] عباسی ف، باباییان ا، حبیبی نوخدنام م، مختاری ل، ملبوسی ش، عسکری ش، (۱۳۸۹). "ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده با کمک مدل MAGICC-SCENGEN"، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، صفحات ۹۱ تا ۱۰۹.
- [۴] عسگری ا، رحیم زاده ف، (۱۳۸۵). "مطالعه تغییر پذیری بارش دهه های اخیر ایران". پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۸، صفحات ۶۷ تا ۸۰.
- [۵] محمدی ح، مقبل م، رنجبر ف، (۱۳۸۹). "مطالعه تغییرات بارش و دمای ایران با استفاده از مدل MAGICC-SCENGEN"، پژوهش جغرافیا، شماره ۲۵، صفحات ۱۲۵ تا ۱۴۲.
- [۶] Darren, L. Yazhouluo, F., and Minghua, Z., (2009). "Climate changes sensitivity Assessment of a Highly Agricultural water shed using SWAT." J. Hydrology. Eng., 1-41.
- [۷] Hashmi, M. Z., Shamseldin, A.Y., and Melville, B.W., (2009). "Downscaling of future rainfall extreme events: a weather generator based approach." 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia, 13-17
- [۸] Hashmi, M. Z., Shamseldin, .A. Y., and Melville, B. W., (2010). "Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed." Stoch Environ Res Risk Assess.
- [۹] IPCC (2007) Climate Change 2007. the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Working Group I, The Physical Science Basis of Climate Change.
- [۱۰] Rasco, P., Szeidl, L., and Semenov, M., (1991). "A serial approach to local stochastic models." J. Ecological Modeling., Eng, 57, 27-41.
- [۱۱] Semenov M. 2007. Developing of high-resolution UKCUP02-based climate change scenarios in the UK. Agricultural and forest meteorology: 144-127.
- [۱۲] Semenov, M., and Barrow, E., (2002). "LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies." User's manual, Version3.0.
- [۱۳] Semenov, M., Brooks, R., Barrow, E., and Richardson, C., (1998). "Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates". Clim Res., (10), 95-107.
- [۱۴] Special Report on Emission Scenarios (SRES). (2000). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>.
- [۱۵] Wilby, R., Dawson, C., and Barrow, E., (2002). "SDSM a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts." Environ Model Softw 17:145–157.
- [۱۶] Wilby, R. L., (1999). "The weather generation game: A review of stochastic weather models." Progress in Physical Geography., Eng 23, 329-357.