



کاربرد مدل ریزمقیاس نمایی آماری برای پیش بینی بارش و دما در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه تحت سناریوهای اقلیمی

علیرضا مقدم‌نیا^{۱*}، سیما ظاهری^۲

۱- دانشیار گروه مهندسی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، a.moghaddamia@ut.ac.ir

۲- دانشجوی ارشد علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، sima.zaheri@ut.ac.ir

چکیده

پدیده تغییر اقلیم ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به خصوص کربن‌دی‌اکسید که باعث تغییراتی در میزان رواناب، رژیم بارش، سرعت باد، تایش خورشیدی رسیده به سطح زمین می‌شود در این پژوهش، ابتدا داده‌های بارش و دمای ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی با روش میانگین حسابی بازسازی و سپس داده‌های خروجی دما و بارش مدل گردش عمومی CANESM2 تحت دو سناریوی تغییر اقلیم RCP2.6 و RCP8.5 با استفاده از مدل SDSM 4.2.9 ریزمقیاس گردیدند. نتایج حاصل از پیش‌بینی بارش ماهانه برای دوره‌های آتی نشان داد که بارش روند مشخصی نداشته و در بعضی ماه‌ها افزایش و در بعضی از ماه‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر این دمای متوسط تحت سناریوهای تغییر اقلیم در دوره‌های آتی در اکثر مواقع افزایش خواهد یافت. بنابراین افزایش دما تاثیر زیادی بر ذوب شدن برف، وقوع سیلاب، تغییر الگوی بارش و ... دارد و ضروری است برنامه‌ریزی و مدیریت لازم برای جلوگیری از پیامدهای افزایش دما انجام شود.

کلمات کلیدی: سناریوهای اقلیمی RCP2.6 و RCP8.5، ریزمقیاس نمایی، پیش بینی بارش، حوزه آبخیز دریاچه ارومیه



۱- مقدمه

یکی از چالش‌هایی که بشر امروزه با آن روبرو است، پدیده تغییر اقلیم و پیامدهای ناشی از آن می‌باشد. تغییر اقلیم پدیده‌ای انکار ناپذیر است و تغییر برگشت پذیر در متوسط وضعیت آب و هوا یا تغییر پذیری در آن است، که در یک دوره طولانی مدت ادامه دارد. این تغییر می‌تواند در متوسط دما، بارندگی، رطوبت، الگوهای آب و هوایی، باد، تابش و غیره رخ دهد. اقلیم می‌تواند گرمتر و یا سردتر شود و مقادیر متوسط هر عامل در طول زمان افزایش یا کاهش یابد. به طور کلی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که در بیشتر نقاط دنیا تغییر اقلیم باعث افزایش دما، کاهش بارندگی، افزایش رویدادهای حدی و آنتروپی می‌شود [۴]. کشور ایران به دلیل قرارگیری در موقعیت خاص جغرافیایی علاوه بر کمبود ریزش‌های جوی با توزیع و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش‌ها نیز روبرو می‌باشد و از آنجایی که پدیده گرمایش جهانی در حال وقوع و اقلیم در حال تغییر است، تغییر اقلیم و گرمایش جهانی باعث ایجاد چالش‌های جدیدی برای منابع آب خواهد شد، امروزه اثرات تغییر اقلیم از مبانی مهم در مدیریت منابع آب است. در ادامه به مطالعاتی که در این زمینه انجام شده است اشاره شده است. سلاجقه و همکاران [۵] پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی را با مدل چندگانه خطی SDSM در دوره آینده بر پایه سناریوی A2 انجام دادند. نتایج نشان داد که در سناریوی A2 در ایستگاه سسینوپتیک کرمانشاه، مقدار بارش سالانه در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۵ و ۲۰۴۰-۲۰۶۵، نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد و دمای متوسط کمینه و دمای متوسط بیشینه نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. باب‌الحکمی و همکاران [۱] به بررسی اثر تغییر اقلیم بر شاخص خشکسالی SPI و رواناب حوضه رودخانه نکا در استان مازندران پرداختند. بدین منظور از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی بارکلا، پجیم، سفیدچاه، گلورد و تیرتاش استفاده شد. پارامترهای اقلیمی دما و بارش طی دوره آتی ۲۰۱۹-۲۰۸۱، تحت سه سناریوی اقلیمی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 برای رودخانه نکا شبیه‌سازی شد و برای تعیین مقادیر میانگین پارامترهای اقلیمی بارش و دما، از روش خطوط همباران و برای شبیه‌سازی رواناب از مدل IHACRES استفاده شد. نتایج نشان داد وقایع خشکسالی طی دوره‌های آتی در هر سه سناریوی اقلیمی نسبت به دوره پایه افزایش یافته و دوره‌های مرطوب و نرمال نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت. همچنین طی دوره‌های آتی میانگین آورد سالانه رودخانه نکا تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 بین ۱۵ تا ۴۳ درصد افزایش می‌یابد و بنابراین آورد سالانه رودخانه نکا در محل سد گلورد از ۹۵ میلیون مترمکعب طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۹۲، به ۵۴ تا ۸۱ میلیون مترمکعب کاهش خواهد یافت. کیم^۱ و همکاران [۶] به بررسی اثرات تغییر اقلیم آتی بر منحنی‌های شدت-تداوم-فراوانی خشکسالی در ۹۰ ایستگاه واقع در کره پرداختند. بدین منظور از شاخص SPI و چهار مدل گردش عمومی جو استفاده گردید. نتایج پهنه‌بندی مشخصه‌های خشکسالی در منطقه نشان داد که مناطق مستعد و حساس به خشکسالی در دوره حال و آتی به ترتیب مربوط به حوضه رودخانه ناکدانگ و حوضه رودخانه هن‌می‌باشد. همچنین مقایسه منحنی‌های شدت-تداوم-فراوانی در دوره آتی نسبت به دوره حال نشان داد که در دوره بازگشت مشخص با افزایش تداوم، شدت خشکسالی کاهش می‌یابد. مندزاً و همکاران [۷] طی مطالعه‌ای در قسمت بالای روخانه Euaador در جنوب Euaador با شاخص استاندارد بارندگی و تبخیر و تعرق برای خشکسالی در دوره پایه (۱۹۸۱-۲۰۰۵) و دوره پیش‌بینی (۲۰۷۰-۲۰۱۱) با RCP4.5 و RCP8.5 با دوره بازگشت ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال انجام دادند. نتایج نشان داد که در آینده نزدیک کاهش چشمگیری در بزرگی و مدت زمان خشکسالی خواهیم داشت و همچنین شدت خشکسالی با افزایش دوره بازگشت حالت افزایشی دارد. با توجه به اینکه دریاچه ارومیه یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز کشور می‌باشد و در چند دهه اخیر با پدیده کم‌آبی و بحران خشکسالی روبرو بوده است و خسارات قابل توجهی به واسطه کاهش منابع آب زیرزمینی و سطحی، در سطح ملی و منطقه‌ای وارد ساخته است. بنابراین اثرات احتمالی پدیده تغییر اقلیم جهت پیش‌بینی، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب در آینده ضروری است

1- Kim

2- Nackdang

3- Henn

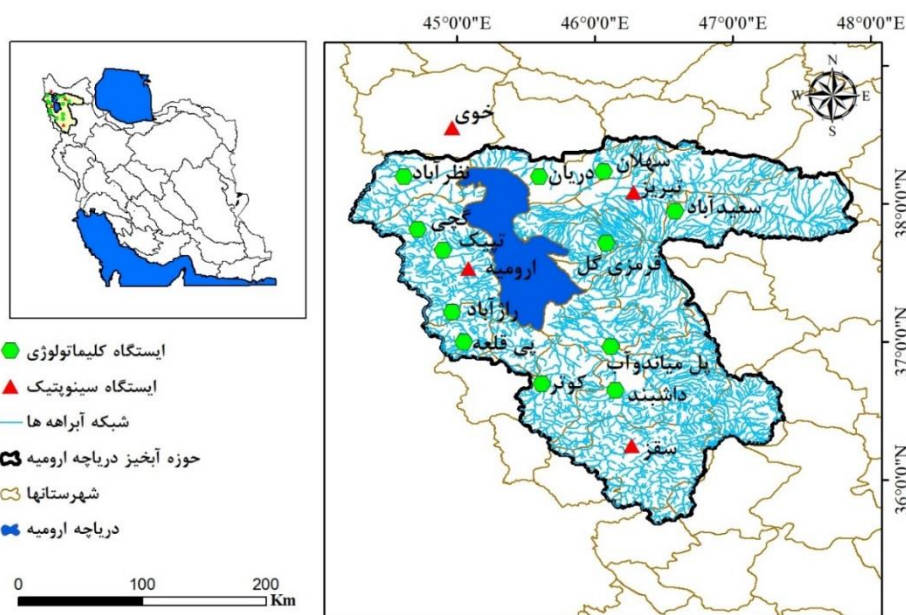
1- Mendoza



۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارومیه بین ۳۷ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۶ درجه طول شرقی قرار گرفته است. این دریاچه ۱۴۰ کیلومتر طول و در پهن ترین نقطه ۴۰ کیلومتر عرض دارد و در بعضی نقاط عرض آن بین ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر تغییر می کند. متوسط بارندگی ۶۰۰-۲۰۰ میلیمتر و درجه حرارت ۱۷- تا ۳۶+ درجه سانتی گراد می باشد. حداقل عرض دریاچه در شمال منطقه ارومیه نزدیک مصب رودخانه نازلو چای مقابل صخره و کوه های بلند و مرتفع جزیره اسلامی (شاهی) که در ساحل شرقی دریاچه قرار گرفته است حدود دو کیلومتر می باشد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲- روش تحقیق

در این پژوهش به منظور ریزمقیاس نمایی پارامترهای دما و بارش طی دو دوره نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۵۰) و دور (۲۰۵۱-۲۰۸۰) در سطح حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، آمار بارش روزانه و دمای متوسط ایستگاه های سینوپتیک و کلیماتولوژی از سازمان هواشناسی اخذ گردید. مشخصات ایستگاه های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. اطلاعات ایستگاه های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول دوره آماری
۱	ارومیه	۰۳-۴۵	۳۹-۳۷	۱۹۷۳-۲۰۱۸
۲	تبریز	۱۴-۴۶	۰۷-۳۸	۱۹۷۳-۲۰۱۸
۳	سقز	۱۸-۴۶	۱۳-۳۶	۱۹۷۳-۲۰۱۸
۴	خوی	۵۹-۴۴	۳۳-۳۸	۱۹۷۳-۲۰۱۸



۱۹۷۳-۲۰۱۸	۴۴-۳۷	۰۶-۴۶	قرمزی گل	۵
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۴۰-۳۷	۵۴-۴۴	تپیک	۶
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۴۹-۳۷	۴۳-۴۴	گچی	۷
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۰۰-۳۷	۰۲-۴۵	پی قلعه	۸
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۱۳-۳۷	۵۸-۴۴	ژارآباد	۹
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۵۹-۳۷	۳۵-۴۶	سعیدآباد	۱۰
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۵۸-۳۶	۰۷-۴۶	پل میاندوآب	۱۱
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۳۹-۳۶	۱۰-۴۶	داشنبوکان	۱۲
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۱۱-۳۸	۳۶-۴۴	نظرآباد	۱۳
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۱۱-۳۸	۰۷-۴۶	سهلان	۱۴
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۴۲-۳۶	۳۷-۴۵	کوثر	۱۵
۱۹۷۳-۲۰۱۸	۱۴-۳۸	۳۷-۴۵	دریان	۱۶

* نشان دهنده نوع آمار استفاده شده از ایستگاه مورد نظر می باشد.

۳-۲- مدل SDSM

مدل ریز مقیاس نمای SDSM در سال ۲۰۰۲ در انگلستان توسط ویلبای و داوسون توسعه یافت. این مدل جزو اولین ابزارهای کمکی برای ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم محلی می باشد. این مدل بر اساس داده های روزانه اقلیمی محلی (بارش و دما) و داده های بزرگ مقیاس ناحیه ای NCEP تنظیم می شود. بعد از آن، آب و هوای روزانه محلی برای دوره های پایه و آینده را با استفاده از متغیرهای بزرگ جوی ناشی شده از مدل های اقلیم جهانی شبیه سازی می کند. این مدل ترکیبی از مدل مولدهای آب و هوای رگرسیون است و برای ارزیابی ارتباط بین متغیرهای ریزمقیاس محلی و متغیرهای بزرگ مقیاس جوی از داده های مستقل مشاهداتی استفاده می کند. در این پژوهش جهت واسنجی بازه زمانی ۱۹۷۳-۱۹۹۳ و بازه ۱۹۹۴ برای اعتبارسنجی تقسیم شده اند.

در این پژوهش به منظور برآورد داده های دما و بارش آینده از مدل گردش عمومی جو CANESM2 تحت دو سناریو RCP2.6 و RCP8.5 جهت تولید داده های خروجی استفاده شده است. مدل CANESM2 از چهارمین نسل از مدل های آب و هوایی است که توسط مرکز مدل سازی و تحلیل آب و هوای کانادا زیر نظر سازمان محیط زیست این کشور توسعه یافته است و کل زمین به صورت ۶۴٪*۱۲۸ سلول، شبکه بندی شده است. مشخصات مدل در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. مشخصات مدل CANESM2

دقت مکانی داده های اتمسفری		دقت مکانی داده های اقیانوسی	
عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)
2/7906	2/8125	۰/۹۳۰۳ و ۱/۱۴۰۷	۱/۴۰۶۲۵

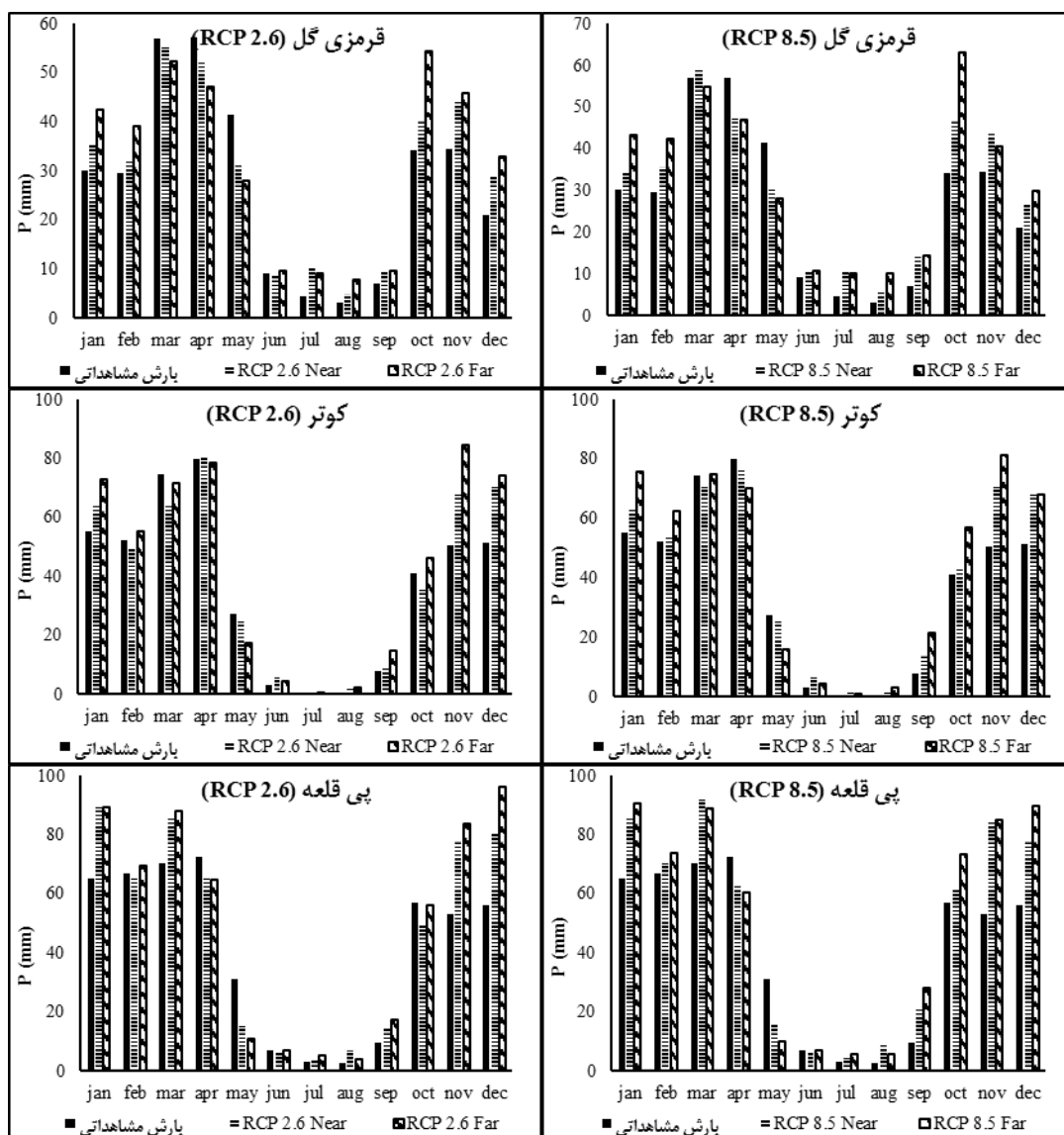
۳- نتایج

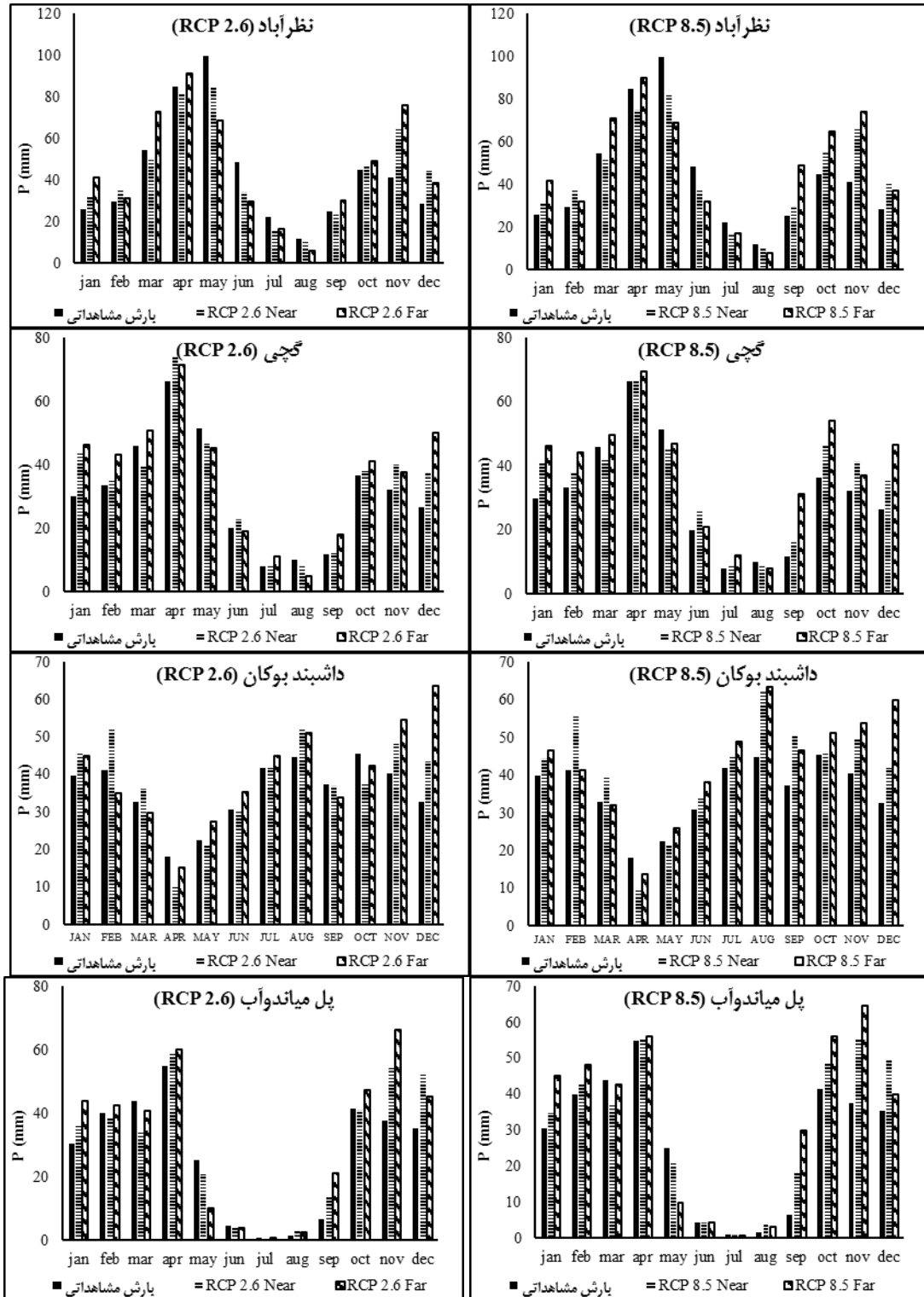
به دلیل اینکه RCP2.6 سناریوی خوش بینانه و RCP8.5 سناریوی بدبینانه است در این مطالعه نیز این سناریوها انتخاب گردید. بعد از انجام واسنجی و ارزیابی مدل سازی بارش با استفاده از مدل جهانی اقلیم (CanESM2) و سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 برای دوره های مشاهداتی ۴۵ ساله در ایستگاه کلیماتولوژی و سینوپتیک (۱۹۷۳-۲۰۱۸) با سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 دوره نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۵۰) و دوره دور (۲۰۸۰-۲۰۵۱) مقایسه گردید.

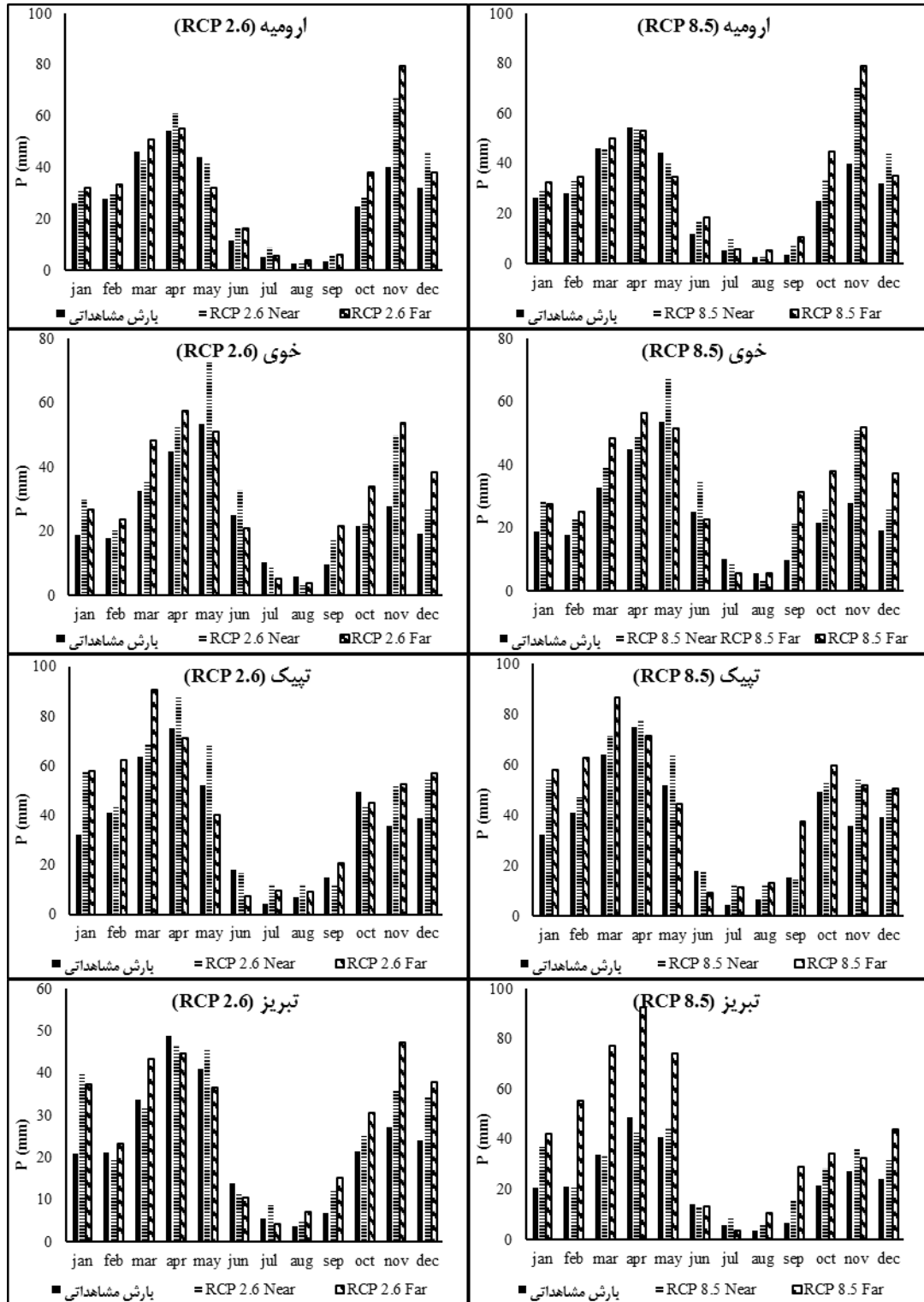


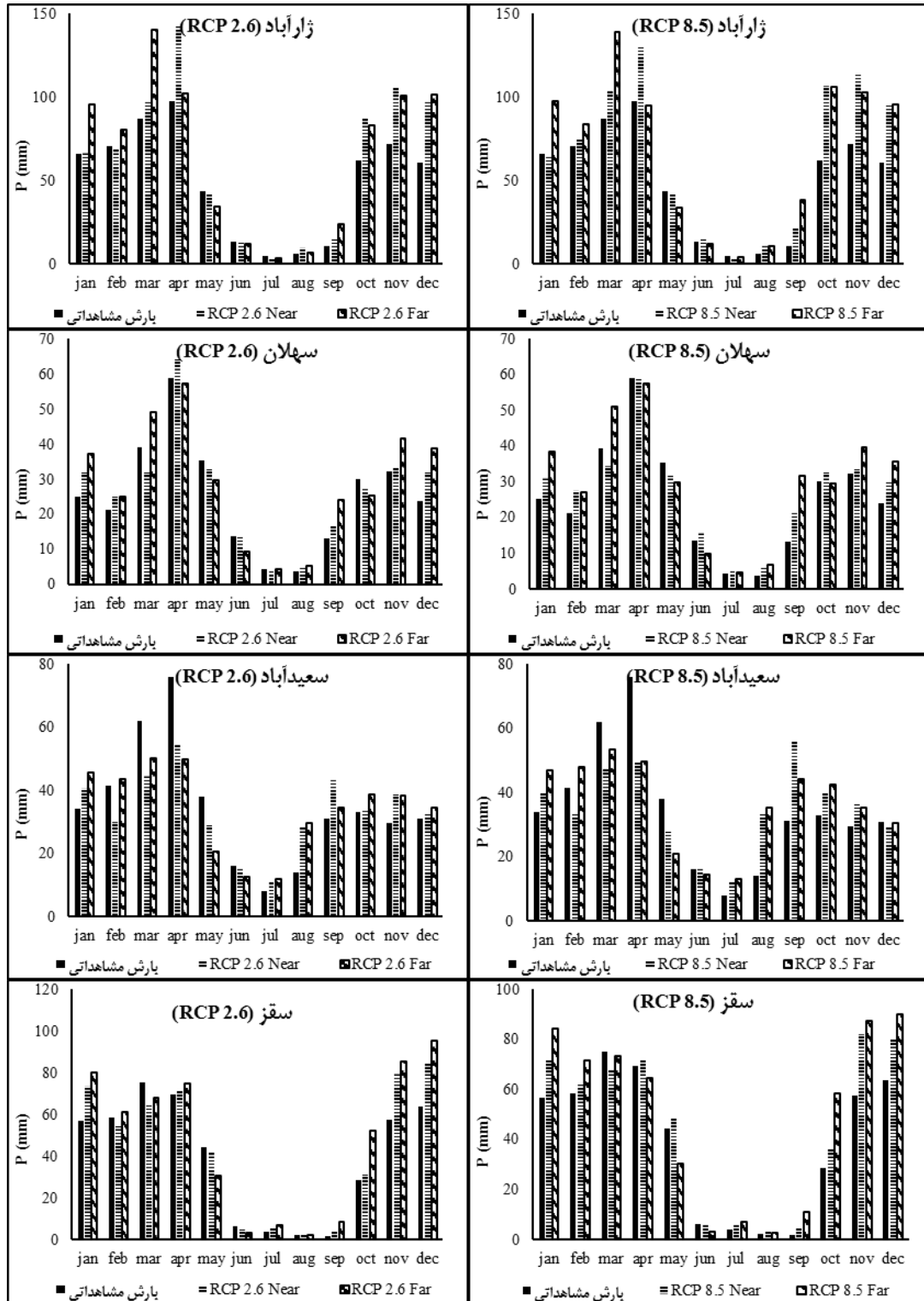
۳-۱- ارزیابی پارامتر بارش پیش‌بینی شده

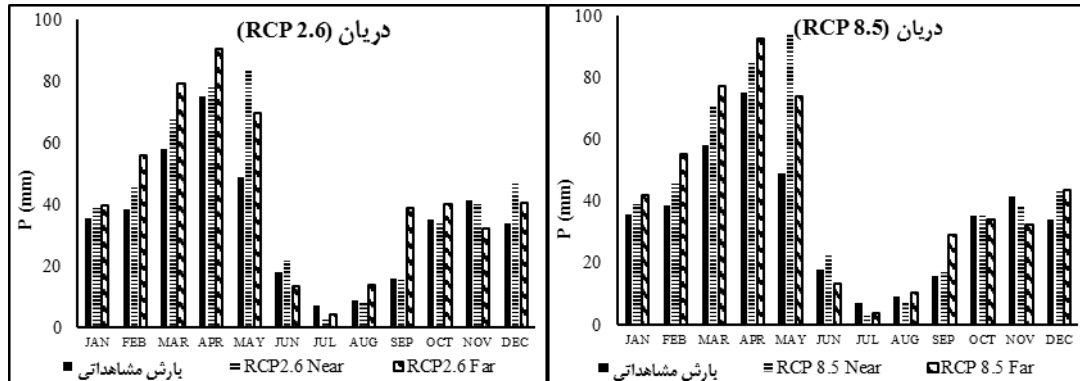
نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مشاهداتی و برآوردی پارامتر بارش تحت دو سناریوی RCP 2.6 و RCP 8.5 در دو دوره دور و نزدیک در ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج حاکی بر این است که مقدار بارش در بعضی ایستگاه‌ها افزایشی و در بعضی کاهش می‌باشد و این بیانگر آن است که پارامتر بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه از روند خاصی پیروی نکرده است. به طوری که شدت افزایش و کاهش تحت سناریوی RCP 8.5 نسبت به RCP 2.6 بیشتر بوده است. همچنین با توجه به شکل فوق-الذکر شدت تغییرات در دوره‌های آتی نسبت به دوره مشاهداتی در ماه‌های کم بارش مانند ژوئن، جولای و آگوست نسبت به ماه‌های پر بارش کمتر می‌باشد. ماه‌های مارس، آوریل و می طی دوره‌های آتی در اکثر ایستگاه‌ها تحت سناریوهای مورد بررسی افزایشی بوده، در حالی که در ایستگاه‌های قرمزگیل و سعیدآباد پارامتر بارش کاهش می‌باشد.







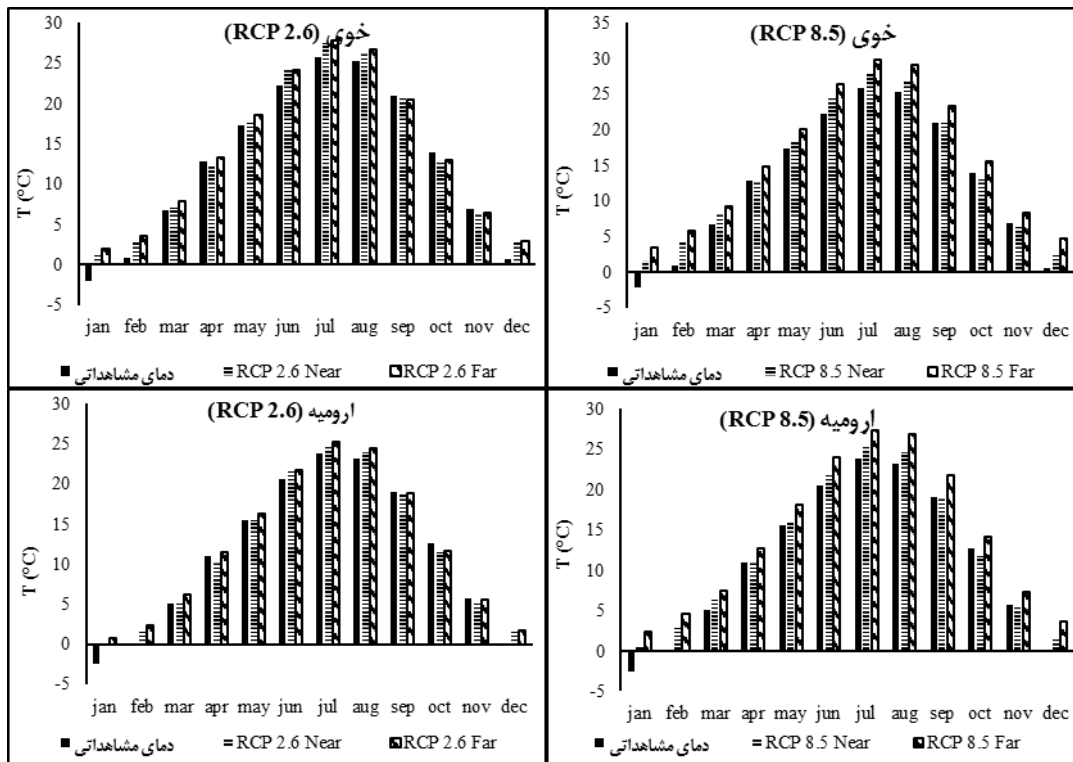


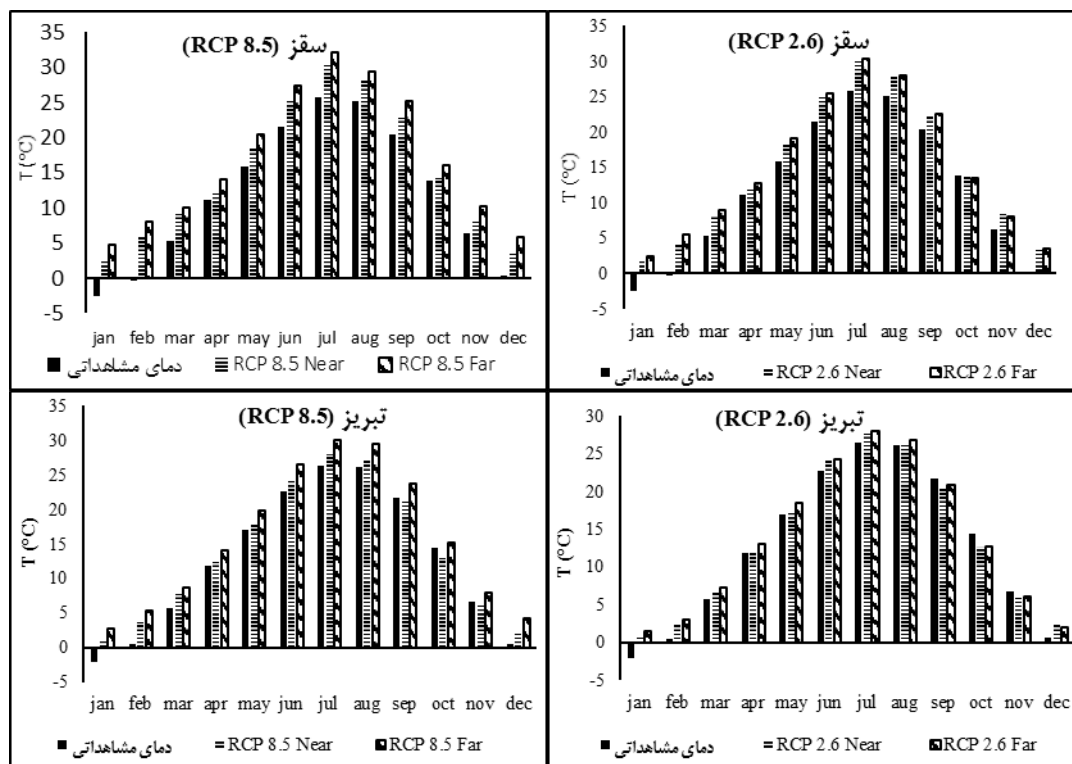


شکل ۲. مقایسه میانگین داده‌های مشاهداتی و برآوردی بارش تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5

۳-۳- ارزیابی پارامتر دمای متوسط پیش‌بینی شده

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مشاهداتی و برآوردی پارامتر دمای متوسط تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 در دو دوره دور و نزدیک در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج حاکی بر این است که مقدار دما در اکثر ایستگاه‌ها روند افزایشی خواهد داشت. به طوری که شدت افزایش تحت سناریوی RCP8.5 نسبت به RCP2.6 بیشتر خواهد بود. همچنین با توجه به شکل فوق‌الذکر شدت افزایش در دوره‌های آبی نسبت به دوره مشاهداتی در ماه‌های گرم سال مانند جولای، آگوست و سپتامبر نسبت به ماه‌های سرد بیشتر می‌باشد.





شکل ۳. مقایسه میانگین داده‌های دماهای مشاهده‌ای و برآوردی دمای متوسط تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5

۴- نتیجه‌گیری

در این بخش نتایج خروجی مدل گردش عمومی جو CanESM2 تحت سه سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 با استفاده از مدل SDSM4.2.9 ریزمقیاس شده است. لازم به ذکر است که جهت پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی بارش از آمار ۱۶ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استفاده شد، در حالی ریزمقیاس نمایی و پیش‌بینی دما در ۴ ایستگاه سینوپتیک صورت گرفت. برای ریزمقیاس نمایی متغیرهای اقلیمی از طریق SDSM نیاز به برقراری همبستگی بین پیش‌بینی شونده‌ها و پیش‌بینی‌کننده‌ها و ارائه مدل رگرسیونی بین آن‌ها می‌باشد. بنابراین در مدل‌سازی بین متغیرهای بزرگ مقیاس و مشاهده‌ای از ۷۰ درصد داده‌ها برای واسنجی و ۳۰ درصد داده‌های روزانه برای صحت‌سنجی مدل SDSM استفاده گردیده است.

بعد از انجام واسنجی و ارزیابی مدلسازی بارش با استفاده از مدل جهانی اقلیم (CanESM2) و سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 برای دوره‌های مشاهده‌ای ۴۵ ساله در ایستگاه کلیماتولوژی و سینوپتیک (۱۹۷۳-۲۰۱۸) با سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 دوره نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۵۰) و دوره دور (۲۰۵۱-۲۰۸۰) مقایسه گردید.

نتایج حاکی بر این است که مقدار بارش در بعضی ایستگاه‌ها افزایشی و در بعضی کاهش می‌باشد و این بیانگر آن است که پارامتر بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه از روند خاصی پیروی نکرده است که با نتایج دسترنج و همکاران [۲] همخوانی دارد. به طوری که شدت افزایش و کاهش تحت سناریوی RCP8.5 نسبت به RCP2.6 بیشتر بوده است.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی پارامتر دمای متوسط تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 در دو دوره دور و نزدیک در ایستگاه‌های سینوپتیک نشان می‌دهد که مقدار دما در اکثر ایستگاه‌ها روند افزایشی خواهد داشت. به طوری که شدت افزایش تحت سناریوی RCP8.5 نسبت به RCP2.6 بیشتر خواهد بود. پژوهش‌هایی که در کشور و جهان انجام شده نشان‌دهنده افزایش دما در دوره‌های آتی می‌باشند. نتایج تحقیق مساح بوانی و مرید [۳] نشان داد در دو دوره (۲۰۱۰-۲۰۳۹) و (۲۰۷۰-۲۰۹۹) دما

افزایش خواهد یافت. به طوری که در طی این دو دوره میزان کاهش بارندگی ۱۰ و ۱۶ درصد و افزایش درجه حرارت به میزان ۴/۶ و ۳/۲ درجه سانتی‌گراد به ترتیب تحت سناریوهای A2 و B2 پیش‌بینی شده است. دسترنج و همکاران [۲] با استفاده از مدل گردش عمومی HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 طی دوره‌های ۲۰۷۰-۲۰۹۹ و ۲۰۲۰-۲۰۴۹ نشان دادند که نتایج دما در دو دوره مورد نظر نسبت به دوره مشاهداتی افزایش یافته است. زالکارنایان و همکاران [۸] نیز در مالزی نشان دادند که تحت سناریوهای A2 و B2 متغیرهای بارش و دما که هر دو روند افزایشی داشته است.

منابع

- [۱] باب‌الحکمی، ع.، غلامی سفید کوهی، م.ع.، عمادی، ع. (۱۳۹۹). ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر خشکسالی و پیش‌بینی رواناب حوضه رودخانه نکا طی دوره‌های آتی. اکوهیدرولوژی، ۲ (۷)، ۳۰۲-۳۹۱.
- [۲] دسترنج، ع. (۱۳۹۱). پیش‌بینی مقادیر دما و بارش با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو شبیه‌سازی اقلیمی (منطقه مورد مطالعه استان‌های نیمه شمالی کشور)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۵۰ص.
- [۳] مساح بوانی، ع.، مرید، سعید. (۱۳۸۴). اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده‌رود اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴ (۹)، ۲۷-۱۷.
- [4] Jones, R. N. (2001). Assessing the risk of climate change on the water resources of the Macquarie River Catchment. In Integrating Models for Natural Resources Management across Disciplines, issues and scales (Part 2), Modsim 2001 International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand.
- [5] Salajegha, A., A. Rafiei Sardouei, A. Moghadamnia, A. Malekian, S. Arakinejad, S. Khalighi Sigarudi, A. Salehpour Jam. 2016. Prediction of climate variables by SDSM multiple linear models in the future based on A2 scenario. Desert Management Journal, 7: 12-25.
- [6] Kim, CH.J., Park, M.J., Heon Lee, J. (2013). "Analysis of climate change impact on the spatial and frequency pattern of drought using a potential drought hazard mapping approach. International Journal of Climatology", International Journal of Climatology, Vol. 34, No. 1. Pp: 61-80.
- [7] Wilby, R. L., Dawson, C. W., & Barrow, E. M. (2002). SDSM—a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. Environmental Modelling & Software, 17(2), 145-157.
- [8] Zulkarnain, H., Shamsudin, S., & Harun, S. (2014). Application of SDSM and LARS-WG for simulating and downscaling of rainfall and temperature. Theoretical and applied climatology, 116(1-2), 243-257.