

## بررسی پتانسیل اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف رود)

امین علیزاده<sup>\*۱</sup> - نسرین سیاری<sup>۲</sup> - مسعود رضا حسامی کرمانی<sup>۳</sup> - محمد بنایان اول<sup>۴</sup> - علی فریدحسینی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۴

تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/۳

### چکیده

تغییر اقلیم دارای اثرات مستقیمی بر فرآیندهای هیدرولوژیکی نظیر تبخیر از سطح آب، تعرق از گیاه، تغذیه آبهای زیرزمینی، رواناب یا ذوب برف دارد. در این مقاله اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق در آینده بررسی شده است. به همین دلیل تأثیر تغییر اقلیم بر دما (حداقل، حداکثر و میانگین) و بارش تحت سناریوی A2 و برای سه دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ و با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری و خروجی‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 در حوضه کشف رود مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعدی با استفاده از پارامترهای پیش بینی شده، تبخیر و تعرق گیاهان الگوی کشت این حوضه شامل گندم، چغندر قند، گوجه فرنگی، سیب و ذرت با استفاده از روش هارگریوز و سامانی محاسبه و برای دوره‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که دما (حداقل، حداکثر و میانگین) در هر سه دوره پیش‌بینی نسبت به دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ افزایش خواهد یافت. میانگین سالانه بارش پیش‌بینی شده در دوره‌های مذکور تفاوت معنی‌داری نداشت ولی توزیع آن در فصلهای مختلف تغییر خواهد کرد. بدینصورت که مقدار بارش برای ماههای زمستان و تابستان کاهش و برای ماههای پائیز و بهار افزایش خواهد یافت. میزان تبخیر و تعرق محاسبه شده برای تمامی ماهها و برای تمامی دوره‌ها تحت تأثیر دما افزوده خواهد شد. نتایج نشان می‌دهد که در صورت افزایش دمای هوا به میزان ۱، ۲ و ۴ درجه سانتی‌گراد نیاز آبی الگوی کشت گیاهان در دشت کشف رود به ترتیب ۶، ۱۰ و ۱۶ درصد افزایش پیدا خواهد کرد.

**واژه‌های کلیدی:** مدل‌های گردش عمومی جو، ریزمقیاس نمایی آماری، تبخیر و تعرق گیاه، حوضه کشف رود، تغییر اقلیم

### مقدمه

رواناب، بارش و ساعات آفتابی می‌باشند. هر گونه تغییر در این پارامترهای اقلیمی در اثر تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق گیاه نیز تأثیرگذار خواهند بود. گرمایش جهانی شرایط خشکی را در نواحی خشک جهان با افزایش پتانسیل تبخیر و تعرق و افزایش بیابان‌زدایی تشدید خواهد کرد (۲۰). اگر چه در حال حاضر احتمالاتی نظیر افزایش در میانگین دما با درجه اطمینان‌پذیری بالایی امکان‌پذیر می‌باشند ولی تعیین تغییر در سایر پارامترهای اقلیمی نظیر بارش، ابرناکی، رطوبت و سرعت باد و همچنین کمی کردن پارامترهایی نظیر رطوبت خاک و تبخیر خصوصاً در مقیاس ناحیه‌ای بسیار مشکل می‌باشد. نیاز آبی گیاه و تبخیر و تعرق آن عامل اصلی مصرف آب در بخش کشاورزی است. با افزایش درجه حرارت انتظار می‌رود که قدرت تبخیرکنندگی هوا یا تبخیر و تعرق پتانسیل افزایش یابد و در نتیجه نیاز آبی گیاهان بطور مستقیم تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی و تغییرات آن خواهد بود. افزایش درجه حرارت از یکسو و کاهش احتمالی بارش از طرف دیگر باعث بوجود آمدن شرایط پیچیده اقلیمی در ایران به ویژه در مناطق گرم و خشک خواهد شد. راندمان‌های آبیاری، الگوی کشت، تهیه و

یکی از مهمترین مسایل قرن حاضر، مسئله گرمایش جهانی است. گرمایش جهانی به دلیل اثر گلخانه‌ای تشدید شده و انتظار می‌رود که موجب تغییراتی در متغیرهای اقلیمی مختلف نظیر دما، بارش، رطوبت هوا و تابش خورشیدی گردد. دمای هوا یکی از مهمترین شاخص‌های تغییر اقلیم در مقیاس جهانی و منطقه‌ای است. الگوهای مکانی و زمانی این تغییرات بطور کامل مشخص نیستند. مطالعات زیادی در سرتاسر دنیا در این زمینه در حال انجام می‌باشد. تبخیر و تعرق بعد از بارش اصلی‌ترین جزء چرخه هیدرولوژیکی است که نیاز آبی گیاه را مشخص می‌کند. فاکتورهای اصلی که بر نیاز آبی گیاهان (یا تبخیر و تعرق) مؤثرند وابسته به چندین پارامتر اقلیمی نظیر

۱، ۲ و ۵- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

\*- نویسنده مسئول: (Email: alizadeh@gmail.com)

۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۴- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دوره میانگین بارش سالانه کاهش و دما افزایش پیدا می‌کند، بدینصورت که بارش از ۱۰ تا ۱۶ درصد کاهش و دما از ۳/۲ تا ۴/۶ درجه سانتی‌گراد برای سناریوهای A2 و B2 بترتیب افزوده خواهند شد. آنها همچنین نشان دادند که ضریب تغییرات سالانه تولید محصولات افزایش و عملکرد آنها کاهش می‌یابد. آنها تغییر در الگوی کشت و خصوصاً جایگزینی گندم به جای برنج را به منظور کاهش مصرف آب و افزایش تولید کالری گیاهی پیشنهاد کردند. ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است، بنابراین مدیریت صحیح منابع آب در جهت استفاده بهینه از ذخائر محدود آب کشور اهمیت ویژه‌ای دارد. دو پارامتر مهم در هیدرولوژی و منابع آب، درجه‌حرارت و بارش هستند. با استفاده از درجه‌حرارت می‌توان تبخیر از آبهای سطحی و تعرق از گیاهان و با استفاده از بارش می‌توان حجم مخزن، میزان رواناب را محاسبه و الگوی مصرف آب را تعیین کرد. منابع آبهای سطحی و زیرزمینی استان خراسان طی چندسال اخیر دچار کاهش شدیدی شده و با افزایش شوری و املاح، کیفیت آب کاهش یافته است (۳). کمترین تغییر در میزان بارش و دما ضربه‌های شدیدی به بخشهای کشاورزی و اقتصادی می‌زند (۱۶). نصیری محلاتی و کوچکی (۱۲) طی مطالعه‌ای شاخص‌های هواشناسی (مقادیر ماهانه درجه حرارت حداقل، حداکثر بارش) ایران را با مدل گردش عمومی UKMO در شرایط تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از تحقیق آنها نشان داد که متوسط افزایش دمای فصل بهار برای سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در کل ایستگاههای مطالعه شده ۳/۱ و ۳/۹، برای ماههای تابستان به ترتیب ۳/۷ و ۴/۸ و برای فصل زمستان ۲/۴۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. علاوه بر این میزان افزایش دما از شمال به جنوب و از غرب به شرق تشدید خواهد شد. براساس پیش‌بینی‌های حاصله میانگین کاهش بارندگی پاییزه برای تمام ایستگاههای تحت بررسی در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب ۸ و ۱۱ درصد و برای ماههای فصل تابستان تقریباً ناچیز می‌باشد. همچنین میانگین طول دوره خشک در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب به ۲۱۴ و ۲۲۳ روز افزایش خواهد یافت. حسامی کرمانی (۶) در مطالعه‌ای ریزمقیاس نمایی آماری را برای ۲ ایستگاه کرمان و بم در استان کرمان برای دوره ۳۰ ساله با استفاده از نرم‌افزار ASD5 انجام داد. بر اساس نتایج حاصله دما در تمامی ماههای سال افزایش خواهد یافت و بارش در ماههای گرم سال برای دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۰-۲۰۷۰ و ۲۰۴۱ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ نسبت به دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ افزایش خواهد یافت. کوروبو (۱۸) اثرات تغییر اقلیم را بر تولید حیوانات در مالدیو بررسی کرد. او طی تحقیق به نتایج زیر رسید:

گرمایش جهانی پیش‌بینی شده منجر به وقوع خشکی در طول دوره‌های رشد گیاه خواهد شد.

تأمین منابع آب، افت سطح آبهای زیرزمینی و دهها مورد دیگر همه در توسعه بهینه و پایدار در بخش کشاورزی به مهیا شدن تمامی نهادهای بخش نیازمند است. تأمین به موقع و به اندازه شرایط مناسب برای رشد گیاهان، اثر مستقیمی در افزایش عملکرد محصول داشته و باعث توسعه کشاورزی خواهد شد. با توجه به این عوامل، کشاورزان باید توانایی اصلاح اعمال کشاورزی برای سازگاری با این تغییرات را داشته باشند (۸). مدل‌های جهانی اقلیم‌مدل‌های کامپیوتری هستند که معادلات حاکم بر جو را حل می‌کنند. در این مدل‌ها اتمسفر در سه جهت مکانی شبکه‌بندی شده و محاسبات در فواصل زمانی مختلف در گره‌ها انجام می‌شوند. استفاده از این روش در مقیاس ماهانه و بالاتر به دلیل محدودیت‌های زمانی و محاسباتی با مشکلاتی مواجه است، بطوریکه در این مقیاس زمانی محدودیت‌های جدی برای تفکیک مکانی مدل‌ها وجود دارد (۴). فاصله گره‌ها در مدل‌های مختلف GCM متفاوت است، مثلاً مدل HadCM3۲ دارای شبکه‌ای به ابعاد ۲/۵ درجه عرض و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی (حدود ۲۷۸×۴۰۰ کیلومتر در خط استوا) است (۲۳). با توجه به قدرت تفکیک این مدل‌ها که حدود ۴۰۰۰۰ کیلومتر مربع می‌رسد، خروجی این مدل‌ها از نظر مقیاس مکانی و زمانی برای مطالعات محلی و کاربردی نظیر هیدرولوژیکی مناسب نمی‌باشند (۴). بنابراین برای افزایش دقت این مدل‌ها مقیاس مکانی و زمانی خروجی‌ها را کاهش می‌دهیم که ریزمقیاس نمایی نام دارد. در واقع ما خروجی‌های GCM را با روشهای ریزمقیاس نمایی طوری تغییر می‌دهیم که بتوانیم تغییرات اقلیمی ناشی از گرم شدن هوا را در نقاط و نواحی داخل شبکه GCM پیش‌بینی و بررسی کنیم. بطور کلی ۴ روش ریزمقیاس نمایی وجود دارد که عبارتند از: ۱- آماری<sup>۱</sup>، ۲- الگوهای آب و هوا، ۳- روش احتمالی، ۴- روش دینامیکی. از بین این روش‌ها روش آماری به دلیل سادگی بیشتر از سایر روش‌ها استفاده می‌شود. این روش به پارامترهای بسیار کمتری نسبت به سایر روش‌ها احتیاج داشته و به همین دلیل در کاربردهای علوم آب بسیار مورد توجه است (احمدی، ۱۳۸۵). مساح باوانی و مرید (۲۵) تأثیر تغییر اقلیم (در دو دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹) را بر منابع آبی حوضه زاینده‌رود مورد بررسی قرار دادند. آنها برای ارزیابی تغییر اقلیم بر روی جریان رودخانه به مخزن چادگان، خروجی‌های مدل گردش عمومی جو (GCM) مدل HadCAM3 (بارش و دمای ماهانه) را تحت دو سناریوی A2 و B2 و برای دوره‌های زمانی انتخاب شده به مقیاس محلی ریزمقیاس نمایی کردند. نتایج آنها نشان داد که برای هر دو

- 1- Climate Circulation Models
- 2- Hadley Center for Climate Prediction and Research
- 3- Downscaling
- 4- Statistical Downscaling (SD)

GCM هستند. با توجه به معیار توصیه شده توسط سازمان جهانی هواشناسی WMO2 دوره سی ساله ۱۹۶۱-۱۹۹۰ به عنوان دوره مرجع در نظر گرفته شد. از داده‌های متعلق به ۱۵ سال اول برای واسنجی ۳ و از ۱۵ سال بعدی برای ارزیابی ۴ نحوه عملکرد مدل ASD استفاده خواهد شد. در روش ریزمقیاس‌نمایی آماری از داده‌های هواشناسی (بارندگی و درجه حرارت) نیز بعنوان متغیر وابسته استفاده می‌شوند. فهرست متغیرهای NCEP در جدول ۱ ارائه شده است. در این تحقیق ۴ پارامتر هیدرولوژیکی یعنی بارش، دماهای حداکثر، حداقل و میانگین را با استفاده از نرم‌افزار ASD پیش‌بینی می‌شود. برای ارزیابی تغییرات اقلیمی از داده‌های مشاهده‌ای مربوط به سالهای آماری ۱۹۶۱-۱۹۹۹ از ایستگاه هواشناسی مشهد استفاده شد.

در این تحقیق از خروجی مدل HadCM3 که در مرکز تحقیقاتی HCCPR5 در انگلیس اجرا شده است استفاده شد. این مدل دارای شبکه‌ای با ابعاد ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی است. HadCM3 یک مدل GCM (جفت شده جوی-اقیانوسی) است که توسط گردون و همکارانش در سال ۱۹۹۹ ارائه شده است. داده‌های NCEP از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ و داده‌های HadCM3 از سال ۱۹۶۱ تا ۲۱۰۰ موجود بوده و همه آنها نسبت به میانگین و انحراف معیار داده‌ها از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ نرمال شده‌اند. این پیش‌بینی‌ها بر اساس سناریوی انتشار A2 (جهانی بسیار ناهمگن با تولید و انتشار متوسط تا بالای میزان دی‌اکسید کربن) انجام شدند. در مرحله بعدی با استفاده از پارامترهای پیش‌بینی شده، تبخیر و تعرق گیاهانی نظیر گندم، گوجه‌فرنگی، ذرت، چغندر قند و سیب برای دوره‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰، ۲۰۹۹-۲۰۷۰ با استفاده از معادله هارگریوز و سامانی محاسبه گردید.

## نتایج

### واسنجی و ارزیابی درجه حرارت حداکثر:

شکل‌های ۳ و ۴ اختلاف بین میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و خروجی مدل‌های درجه حرارت حداکثر در دوره واسنجی ۱۹۷۵-۱۹۶۱ و ارزیابی ۱۹۷۵-۱۹۹۰ در حوضه کشف‌رود با استفاده از داده‌های NCEP و HadCM3 را نشان می‌دهند. همانطور که در نمودارها مشاهده می‌شود مقادیر میانگین درجه حرارت روزانه در هر ماه با دقت خوبی مدل شده‌اند. شکل ۳ نشان می‌دهد که دوره واسنجی نسبت به دوره ارزیابی با

شرایط اقلیمی آینده بر تولید حبوبات و گندم زمستانه اثراتی منفی خواهد داشت.

لاولی و همکارانش (۲۰۱۰) تأثیر افزایش غلظت گاز دی‌اکسید کربن همراه با افزایش دما را بر روی تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر و تعرق گیاه در نواحی مدیترانه‌ای مورد بررسی قرار دادند. آنها برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع از معادله پنمن-مانتیس و برای کمی کردن اثر تغییر اقلیم بر مصرف آب برای آبیاری گیاهان از معادله تجربی  $E_{tc} = E_{To} \times KC$  استفاده کردند. برای ارزیابی از داده‌های اندازه‌گیری شده در دوره ۲۰۰۶-۱۹۶۱ استفاده و شرایط اقلیمی برای دوره ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ پیش‌بینی شد. آنها نشان دادند که مصرف آب توسط گیاه بصورت تابعی از تغییر اقلیم بطور مرتب در حال تغییر خواهد بود. افزایش دما و کاهش مورد انتظار در بارندگی منجر به افزایش کمبود آب سالانه خواهد شد. نتایج مطالعه آنها نشان داد که در مورد محصولات بهاره-پاییزه نظیر گندم افزایش کمبود آب مورد انتظار نخواهد بود. در عوض محصولات بهاره-تابستانه نظیر گوجه-فرنگی افزایش معنی‌داری در نیاز آبیاری و کمبود آب وجود خواهد داشت. افزایش تبخیر و تعرق گیاه در طول دوره رشد با بستن روزنه‌ها و کاهش دوره رشد گیاه قابل جبران نخواهد بود. آنها همچنین نشان دادند که در آینده فعالیت فتوسنتزی گیاه افزوده خواهد شد و هدایت روزنه‌ای بدلیل مصرف بهینه آب کمتر خواهد شد.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حوضه کشف‌رود است که بخشی از حوضه آبریز قره‌قوم است. این حوضه در شمال شرق کشور و در شمال استان خراسان بین طول‌های جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۸ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳ دقیقه قرار دارد (شکل ۱). وسعت کل حوضه آبریز کشف‌رود در حدود ۱۶۵۰۰ کیلومتر مربع است که ۵۰۰۰ کیلومتر مربع آن را دشت و بقیه آن ارتفاعات تشکیل می‌دهد. وجود ارتفاعات مختلف و همچنین نزدیکی حوضه کشف‌رود به کویر مرکزی در تغییرات اقلیمی این منطقه نقش بسیار مهمی دارد و باعث تنوع آب و هوایی در آن گردیده است. در این مطالعه از روش ریزمقیاس‌نمایی آماری برای تغییر مقیاس زمانی و مکانی داده‌های حداقل، حداکثر و میانگین دما و بارش بعنوان خروجی مدل استفاده شد. برای پیش‌بینی دما (حداقل، حداکثر) و بارش در سالهای آینده از روش ریزمقیاس‌نمایی آماری و از نرم‌افزار ASD استفاده شد. این مدل توسط حسامی و همکاران (۲۲) ارائه شده است (شکل ۲).

برای انجام ریز مقیاس‌نمایی از داده‌های موسوم به NCEP1 استفاده می‌شود. این داده‌ها، داده‌های شبکه‌بندی شده خروجی مدل

1- National Center for Environmental Prediction

2- World Meteorological Organization

3- calibration

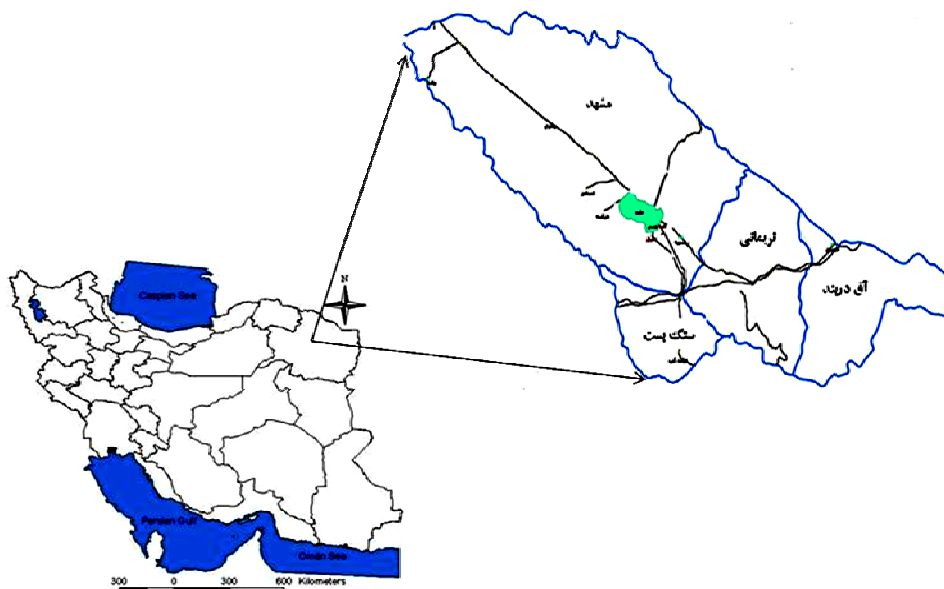
4- validation

5- Hadley Center for Climate Prediction and Research

6- National Centers for Environmental Prediction

کمتر از ماههای سرد سال است و بنابراین دمای حداکثر پایداری بیشتری در ماههای گرم سال دارد. بیشترین اختلاف بین نتایج مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره واسنجی در ماه اکتبر و به میزان ۰/۰۲ درجه سانتی‌گراد و در دوره ارزیابی در ماه نوامبر و به میزان ۱/۶ درجه سانتی‌گراد است. در شکل ۳ انحراف معیار متعلق به درجه‌حرارت حداکثر نیر رسم شده است. این معیار نشان دهنده پراکندگی داده هاست. نتایج نشان می‌دهد که انحراف معیار داده‌ها در ماههای گرم

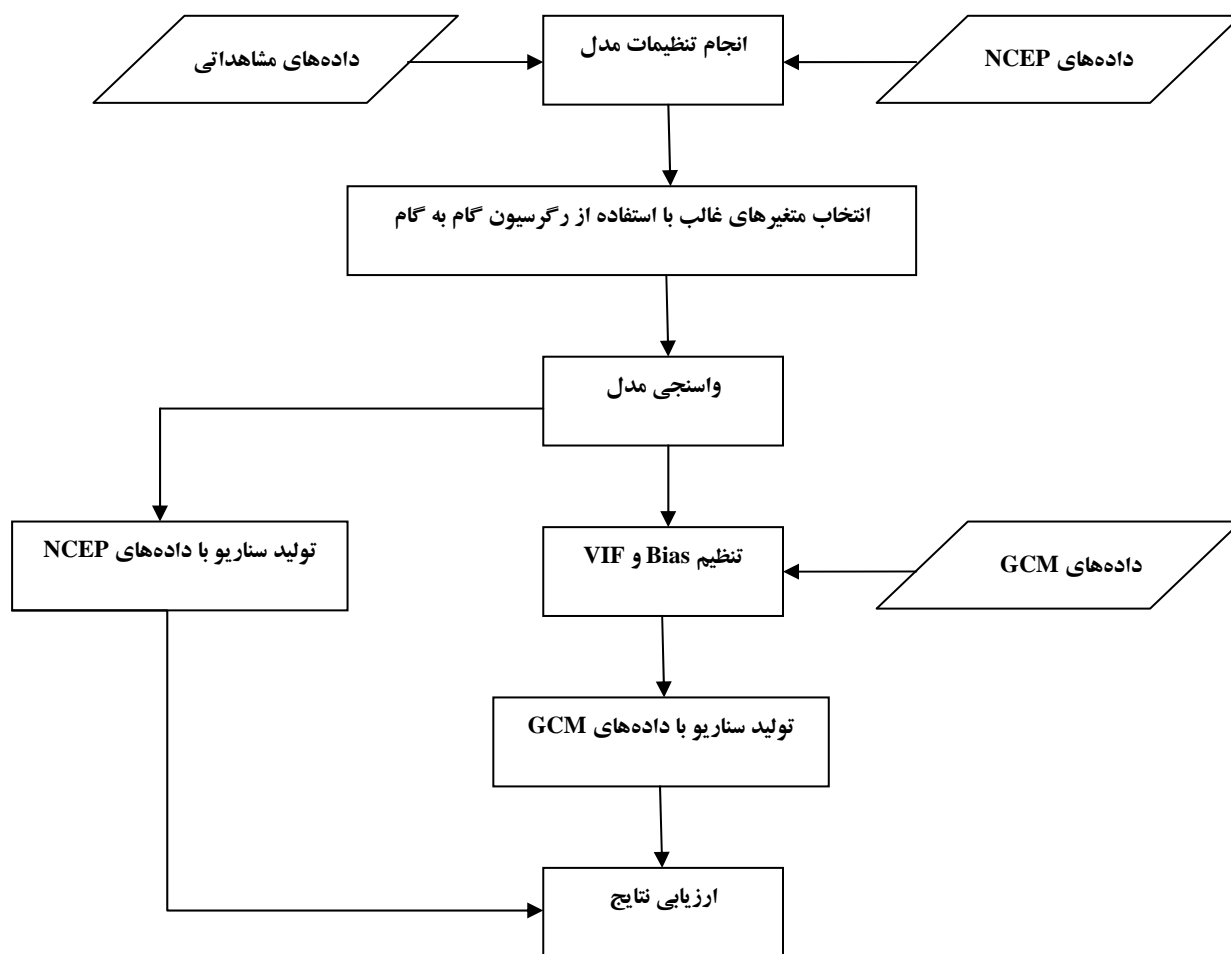
دقت بیشتری محاسبه شده که این مورد در RMSE مربوط به هر دوره نیز مشهود است. بیشترین اختلاف بین نتایج مدل و مقادیر مشاهده شده در مورد واسنجی در ماه اکتبر و به میزان ۰/۰۲ درجه سانتی‌گراد و در دوره ارزیابی در ماه نوامبر و به میزان ۱/۶ درجه سانتی‌گراد است. در شکل ۳ انحراف معیار متعلق به درجه‌حرارت حداکثر نیر رسم شده است. این معیار نشان دهنده پراکندگی داده هاست. نتایج نشان می‌دهد که انحراف معیار داده‌ها در ماههای گرم



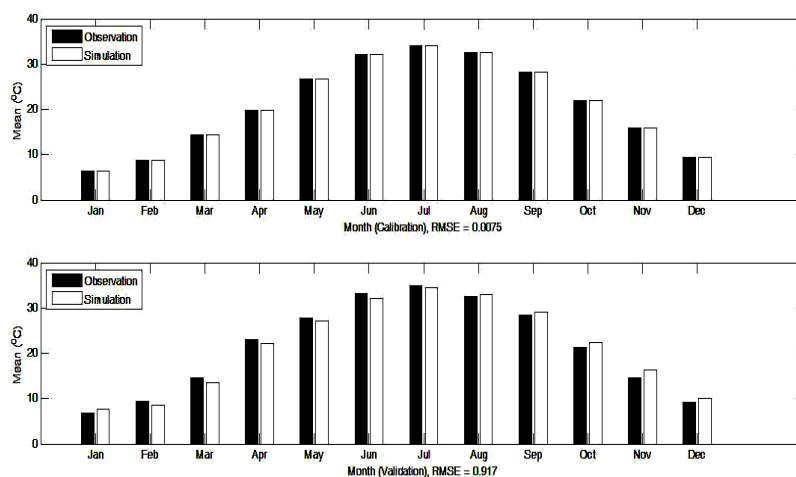
شکل ۱- موقعیت حوزه کشفارود

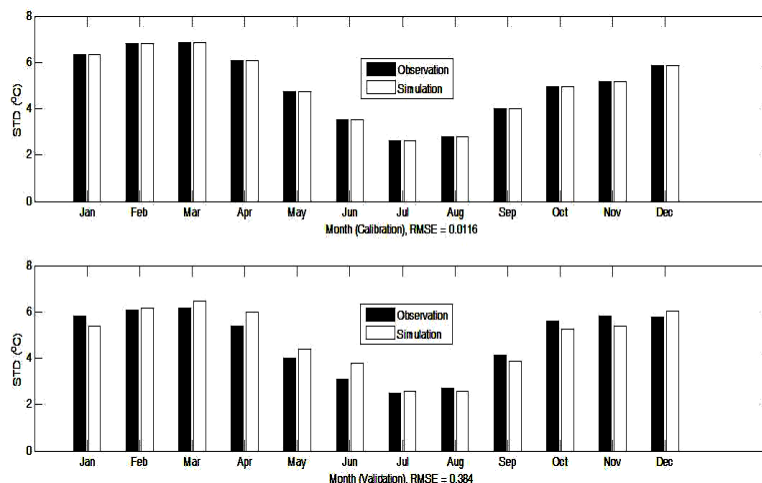
جدول ۱- لیست متغیرهای NCEP

شماره	نام متغیر	شماره	نام متغیر
۱	فشار سطح صفر	۱۲	واگرایی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال
۲	نیروی جریان هوا در سطح زمین	۱۳	قدرت جریان هوا سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال
۳	سرعت مداری در سطح زمین	۱۴	سرعت مداری سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال
۴	سرعت نصف‌النهاری در سطح زمین	۱۵	سرعت نصف‌النهاری سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال
۵	ورتیسیته در سطح زمین	۱۶	ورتیسیته (حالت گردابی) سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال
۶	واگرایی در سطح زمین	۱۷	ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال
۷	قدرت جریان هوا سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال	۱۸	واگرایی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال
۸	سرعت مداری سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال	۱۹	رطوبت ویژه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال
۹	سرعت نصف‌النهاری سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال	۲۰	رطوبت ویژه سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال
۱۰	ورتیسیته سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال	۲۱	رطوبت ویژه در سطح زمین
۱۱	ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال	۲۲	دمای متوسط در ارتفاع ۲ متری

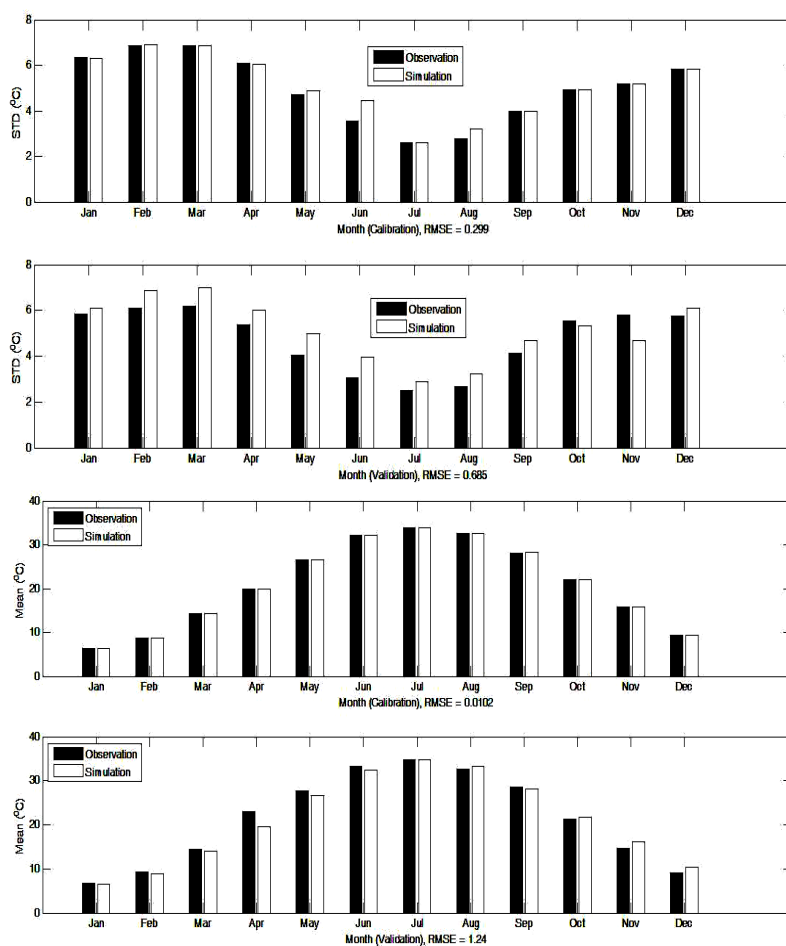


شکل ۲- الگوریتم روش ریزمقیاس نمایی آماری در نرم افزار ASD





شکل ۳- مقایسه میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل درجه حرارت حداکثر در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ایستگاه مشهد با استفاده از داده‌های NCEP



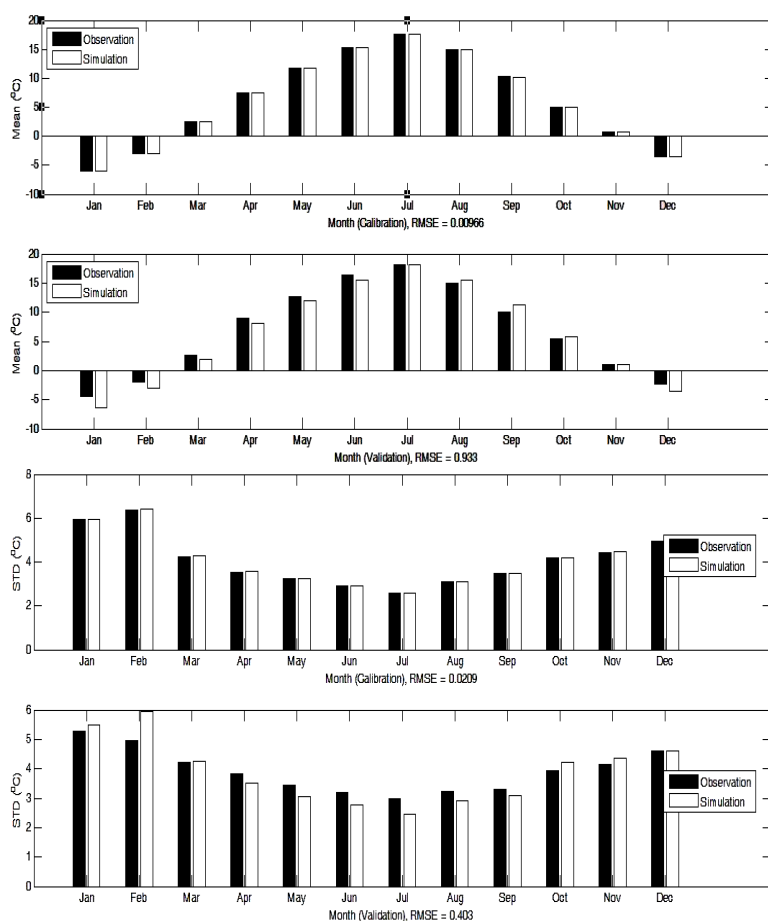
شکل ۴- مقایسه میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل درجه حرارت حداکثر در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ایستگاه مشهد با استفاده از داده‌های HadCM3

بیشترین اختلاف بین نتایج مدل و مقادیر مشاهده شده در مورد واسنجی در ماه ژانویه و به میزان ۰/۰۲۶ درجه سانتی‌گراد و در دوره

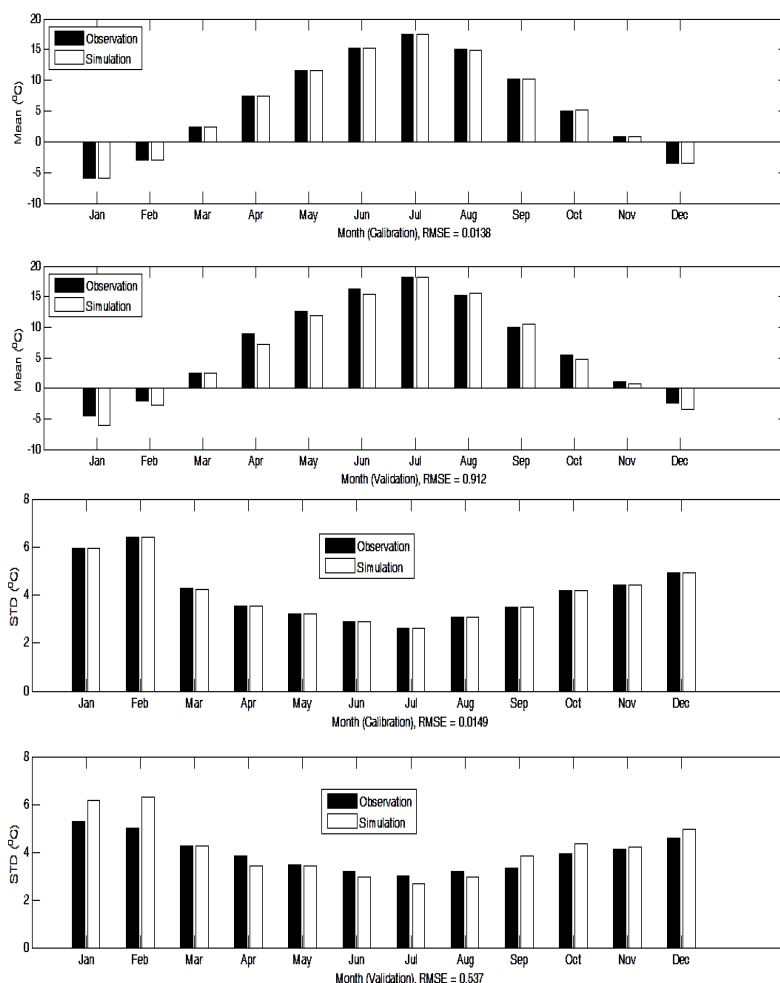
و ارزیابی در ماه آوریل و به میزان ۳/۴ درجه سانتی‌گراد است. در شکل ۴ انحراف معیار متعلق به درجه‌حرارت حداکثر نیر ترسیم شده است. بیشترین اختلاف بین نتایج مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره واسنجی در ماه ژوئن و ۰/۹ و در دوره ارزیابی در ماه نوامبر برابر با ۱/۱ می‌باشد. برای سنجش دقت محاسبه شاخص‌ها از جذر میانگین مربع خطا<sup>۱</sup> (RMSE) استفاده شد.

**واسنجی و ارزیابی درجه‌حرارت حداقل:**  
 اختلاف بین میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و خروجی مدل‌های درجه‌حرارت حداقل در دوره واسنجی ۱۹۶۱-۱۹۷۵

در شکل ۴ انحراف معیار متعلق به درجه‌حرارت حداکثر نیر ترسیم شده است. بیشترین اختلاف بین نتایج مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره واسنجی در ماه ژوئن و ۰/۹ و در دوره ارزیابی در ماه نوامبر برابر با ۱/۱ می‌باشد. برای سنجش دقت محاسبه شاخص‌ها از جذر میانگین مربع خطا<sup>۱</sup> (RMSE) استفاده شد.



شکل ۵- مقایسه میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل درجه حرارت حداقل در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ایستگاه مشهد با استفاده از داده‌های NCEP



شکل ۶- مقایسه میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل درجه حرارت حداقل در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ایستگاه مشهد با استفاده از داده‌های HadCM3

مرطوب<sup>۱</sup> و حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی<sup>۲</sup> مقادیر مشاهده شده و خروجی مدل‌های بارش در دوره واسنجی ۱۹۶۱-۱۹۷۵ و ارزیابی ۱۹۷۵-۱۹۹۰ در حوضه کشف‌رود با استفاده از داده‌های NCEP و HadCM3 در شکل ۸ و ۱۰ آمده‌اند. مطابق با سایر نتایج دوره واسنجی نسبت به دوره ارزیابی از دقت بیشتری در همه موارد برخوردار می‌باشد. شکل‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهند که بیشترین اختلاف بین نتایج میانگین داده‌ها در مدل و مقادیر مشاهده شده در مورد واسنجی در ماه سپتامبر و ۰/۰۸ میلی‌متر و در دوره ارزیابی در ماه آوریل و به میزان ۰/۷ میلی‌متر است. بیشترین اختلاف مشاهده شده در انحراف معیار بین نتایج مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ماه سپتامبر و آوریل و بترتیب برابر با ۰/۸ و ۲/۳ می‌باشند. اختلاف بین درصد روزهای مرطوب بین مقادیر

مقدار RMSE با استفاده از داده‌های مدل HadCM3 برای دوره‌های واسنجی و ارزیابی به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بیشترین اختلاف بین نتایج مدل و مقادیر مشاهده شده در مورد واسنجی در ماه آوریل و به میزان ۰/۰۳ درجه سانتی‌گراد و در دوره ارزیابی نیز در ماه آوریل و به میزان ۱/۸ درجه سانتی‌گراد است. بیشترین تفاوت بین اختلاف معیار مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ماه فوریه و بترتیب برابر ۰/۰۴ و ۱/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

#### واسنجی و ارزیابی بارش:

اختلاف بین میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و خروجی مدل‌های بارش در دوره واسنجی ۱۹۶۱-۱۹۷۵ و ارزیابی ۱۹۷۵-۱۹۹۰ در حوضه کشف‌رود با استفاده از داده‌های NCEP و HadCM3 در شکل ۷ و ۹ آمده‌اند. اختلاف بین درصد روزهای

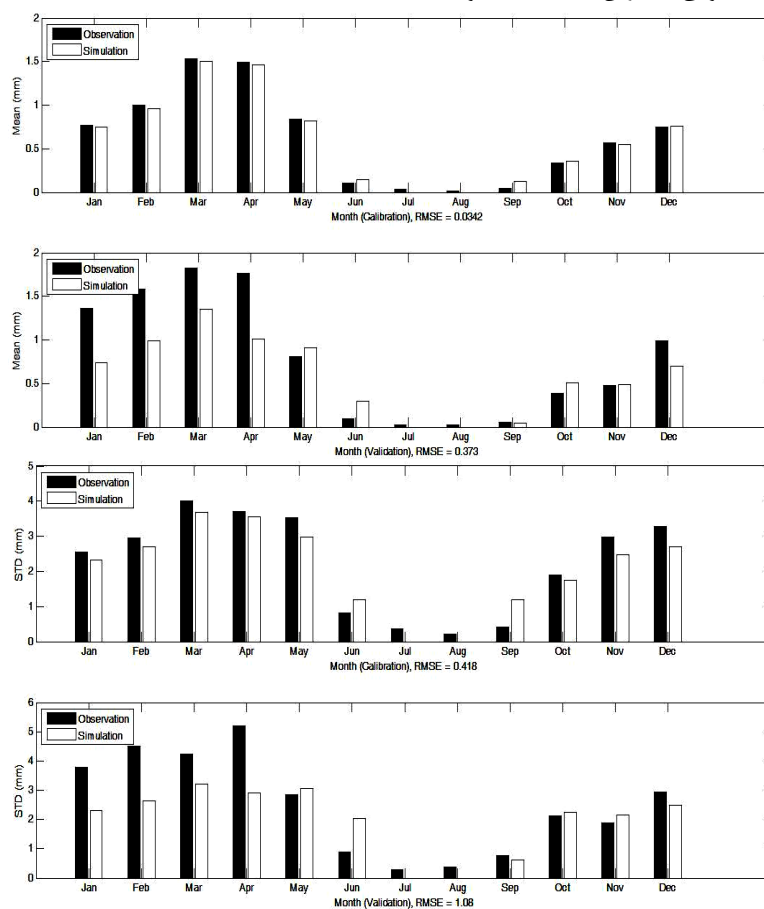
1- percentage of wet days (Wet-day)

2- Maximum Number of Consecutive Dry Days (CDD)

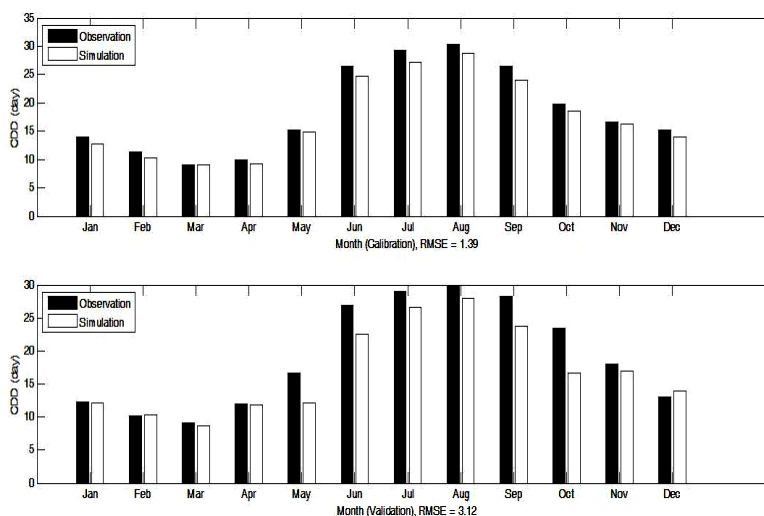


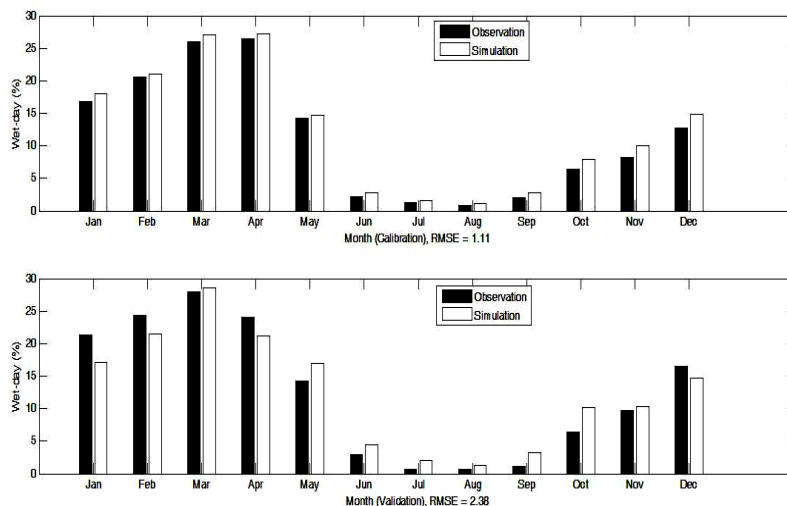
واسنجی و ارزیابی در ماههای سپتامبر (۲/۴ روز) و اکتبر (۶ روز) مشاهده گردید.

مشاهده شده و نتایج مدل برای دوره واسنجی و ارزیابی به ترتیب برای ماههای دسامبر و ژانویه و مقادیر ۲/۱ و ۴/۱ مشاهده شد. همچنین برای تعداد روزهای خشک متوالی بیشترین اختلاف در دوره

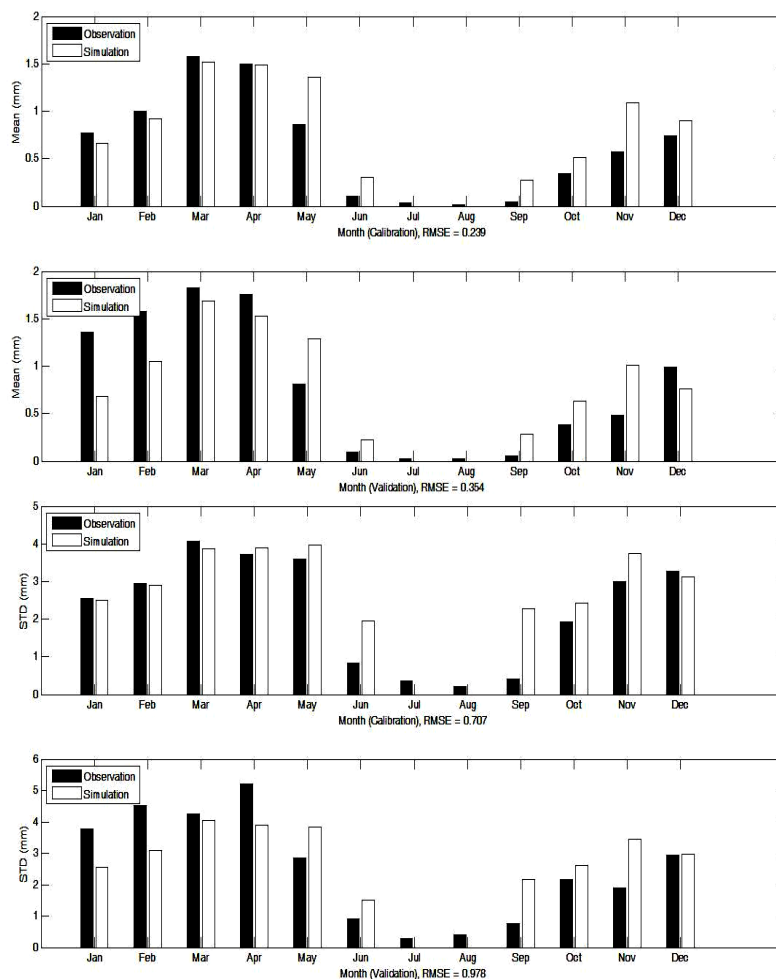


شکل ۷- مقایسه میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل بارش در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ایستگاه مشهد با استفاده از داده‌های NCEP

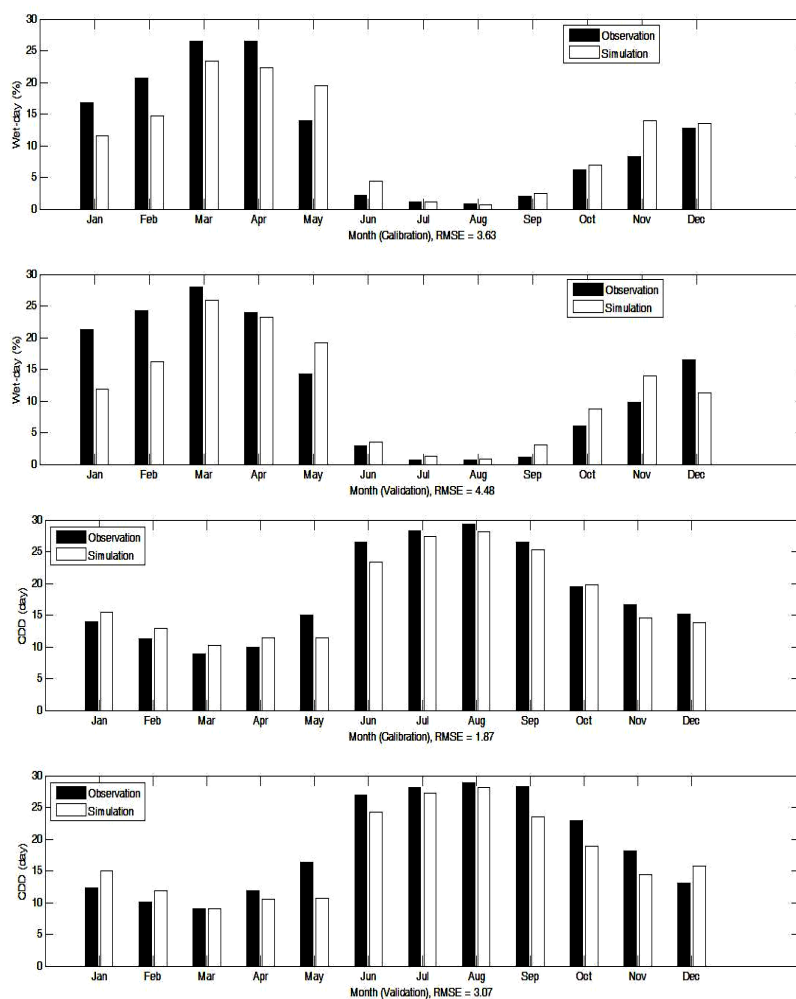




شکل ۸- مقایسه درصد روزهای مرطوب و CDD مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل بارش در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ایستگاه مشهد با استفاده از داده‌های NCEP



شکل ۹- مقایسه میانگین و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل بارش در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ایستگاه مشهد با استفاده از داده‌های HadCM3



شکل ۱۰ - مقایسه درصد روزهای مرطوب و CDD مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل بارش در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ایستگاه مشهد با استفاده از داده‌های HadCM3

### پیش‌بینی تغییرات اقلیمی آینده:

### پیش‌بینی تغییرات درجه حرارت حداکثر:

پس از واسنجی و ارزیابی مدل، درجه حرارت حداکثر با استفاده از مدل جهانی اقلیم (HadCM3) تحت سناریوی انتشار A2 برای دوره‌های سی ساله ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ پیش‌بینی و با دوره ۳۰ ساله ۱۹۶۰-۱۹۹۰ مقایسه شد. شکل ۱۱ تغییرات درجه حرارت حداکثر از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ را نسبت به دوره های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ را در ایستگاه مشهد نشان می‌دهد.

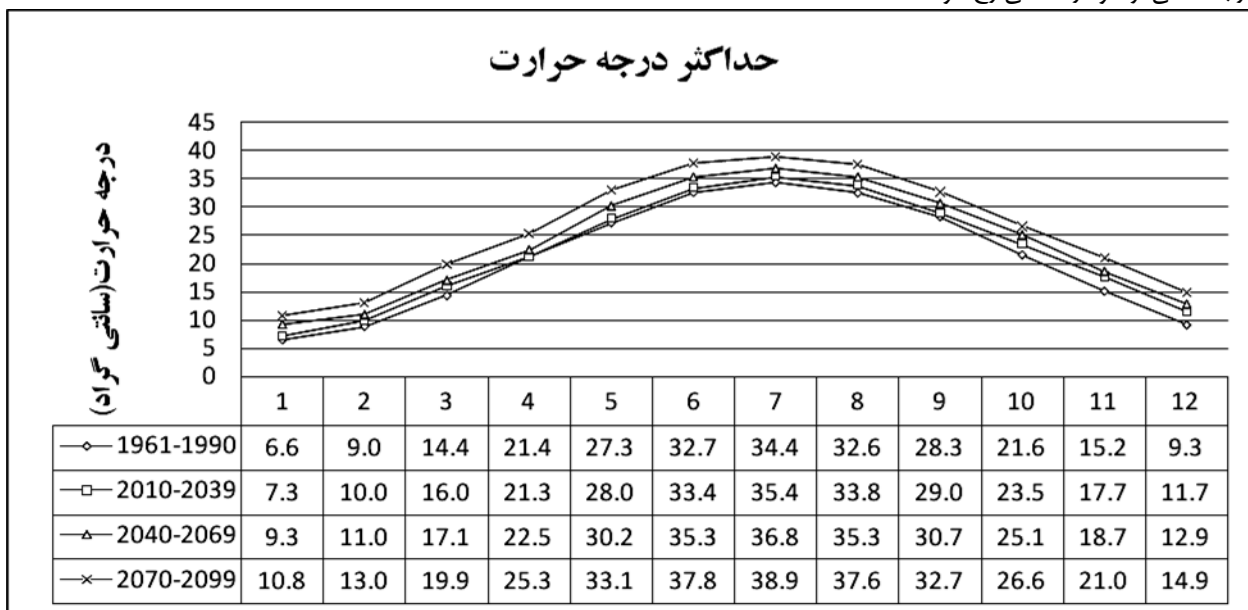
با توجه به پیش‌بینی انجام شده برای دهه ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میانگین دمای حداکثر در تمامی ماهها به جز ماه آوریل با ۰/۱۳ درجه سانتی گراد کاهش، نسبت به دوره آماری پایه (۱۹۶۰-۱۹۹۰) افزایش نشان می‌دهد. بیشترین افزایش دما متعلق به ماه دسامبر می‌باشد. برای دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹، دمای حداکثر در تمامی ماهها نسبت به دوره پایه

همانگونه که از نمودارها مشاهده می‌شود، دقت مدل در واسنجی درصد روزهای مرطوب و CDD نسبت به ارزیابی دارای دقت بالاتری می‌باشند. بر اساس شکل‌های ۹ و ۱۰، بیشترین اختلاف بین نتایج میانگین داده‌ها در مدل و مقادیر مشاهده شده در مورد واسنجی در ماه نوامبر (۰/۵ میلی‌متر) و در دوره ارزیابی در ماه ژانویه (۰/۷ میلی‌متر) مشاهده شد. بیشترین اختلاف مشاهده شده در انحراف معیار بین نتایج مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره واسنجی و در دوره ارزیابی در ماه سپتامبر و نوامبر و بترتیب برابر با ۱/۹ و ۱/۵ می‌باشند. اختلاف بین درصد روزهای مرطوب بین مقادیر مشاهده شده و نتایج مدل برای دوره واسنجی و ارزیابی به ترتیب برای ماههای فوریه و ژانویه و مقادیر ۶ و ۹ درصد مشاهده شد. همچنین برای تعداد روزهای خشک متوالی بیشترین اختلاف در دوره واسنجی و ارزیابی در ماه می ۳ و ۵ روز مشاهده شد.

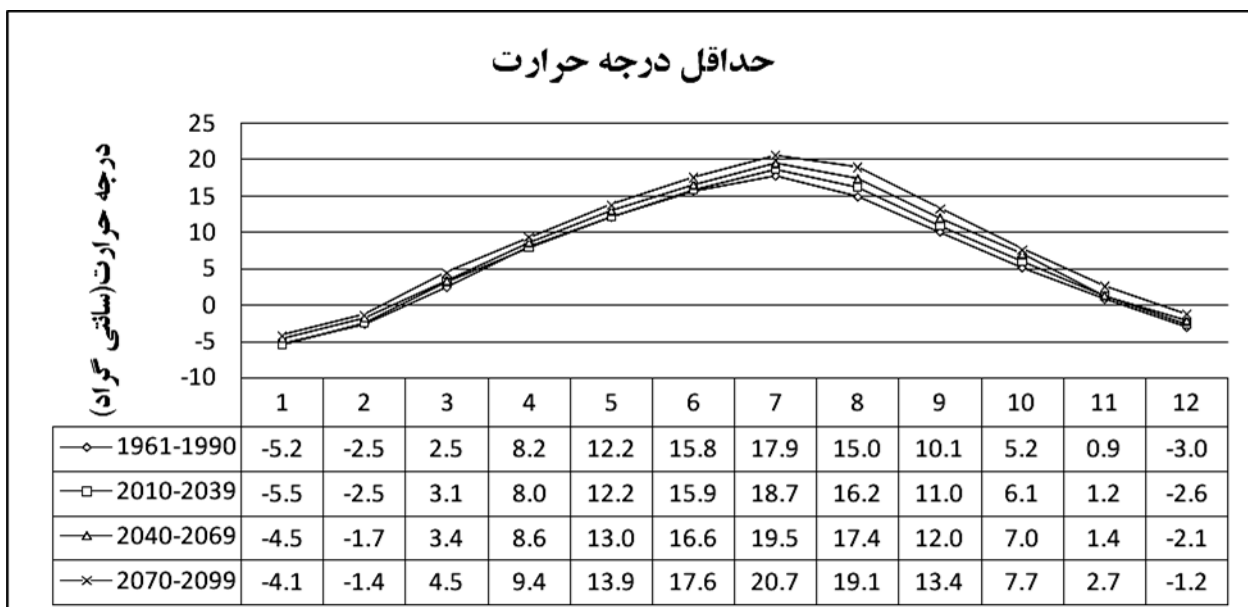
**پیش‌بینی تغییرات درجه‌حرارت حداقل:**

شکل ۱۲ تغییرات درجه‌حرارت حداقل از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ را نسبت به دوره‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ را در حوضه کشف‌رود نشان می‌دهد.

و همچنین دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ افزایش نشان خواهد یافت. بیشترین افزایش در دمای حداکثر برابر با ۳/۷ درجه سانتی‌گراد و در ماه دسامبر رخ خواهد داد. تغییرات دما در هر دوره نسبت به دوره پایه روند افزایش خواهد داشت. در دوره ۲۰۷۰-۲۰۹۹ نیز همانند دو دوره قبل در تمامی ماهها شاهد افزایش دمای حداکثر خواهیم بود. بیشترین افزایش در دمای حداکثر نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) برابر با ۵/۸ درجه سانتی‌گراد و در ماه می رخ خواهد داد.



شکل ۱۱- میانگین دوره‌های ۱۹۶۱-۱۹۹۰، ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با استفاده از مدل درجه حرارت حداکثر و داده‌های HadCM3A2



شکل ۱۲- میانگین دوره‌های ۱۹۶۱-۱۹۹۰، ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با استفاده از مدل درجه حرارت حداقل و داده‌های HadCM3A2

ملاحظه نشد. شیرغلامی و قهرمان (۹) روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران را با استفاده از داده های ۳۴ ایستگاه مطالعه نمودند. به عنوان مثال روند دمای میانگین سالانه در ایستگاه های سینوپتیک مشهد، سبزوار و بیرجند مثبت و در ایستگاه سینوپتیک تربت حیدریه هیچ گونه روند معنی داری مشاهده نگردید.

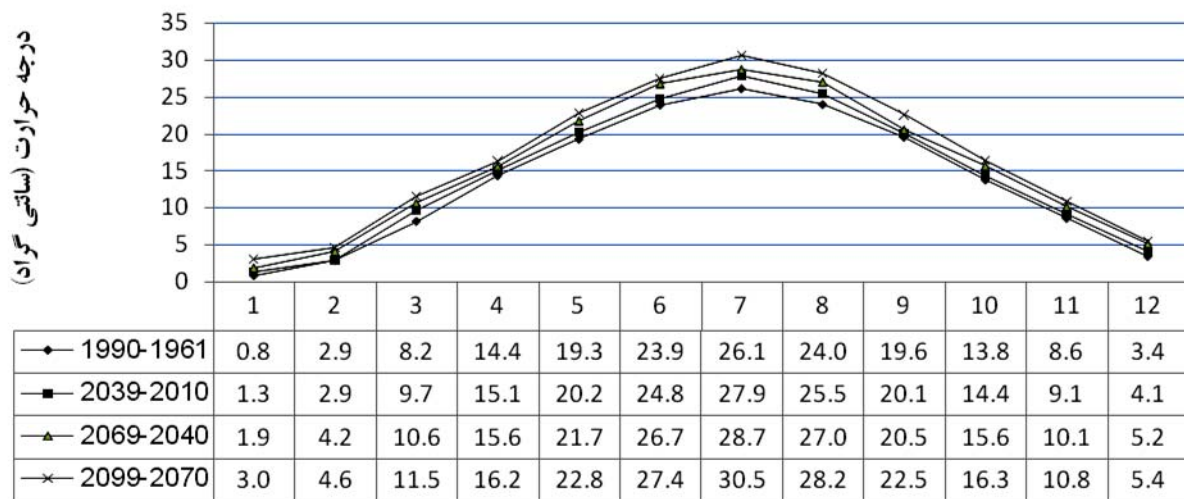
### پیش بینی تغییرات درجه حرارت میانگین:

شکل ۱۳ تغییرات درجه حرارت میانگین از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ را نسبت به دوره های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ را در حوضه کشف رود نشان می دهد.

با توجه به پیش بینی انجام شده برای دهه ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میانگین دمادر تمامی ماهها نسبت به دوره آماری پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) افزایش نشان می دهد. این روند افزایشی در سایر دوره های پیش بینی نیز مشاهده می شود. همانطور که شکل ۵ نشان می دهد، مقدار افزایش دما در دوره ۲۰۷۰-۲۰۹۹ نسبت به افزایش دما در سایر دوره های پیش بینی شده بیشتر می باشد. همچنین میزان افزایش دما در ماههای گرم بیشتر از ماههای سرد سال خواهد بود. اکثر فعالیت های گیاه به میزان زیادی وابسته به دما می باشند. افزایش دما تأثیراتی مثبت و منفی بر عملکرد گیاهان خواهد داشت. دمای بالاتر بر سرعت رشد و توسعه گیاه تأثیرگذار خواهد بود و از این رو محصولات یکساله به سرعت فرآیند رشد را طی می کنند. افزایش دما عملکرد و کیفیت محصولاتی نظیر حبوبات و غلات را می کاهد.

با توجه به پیش بینی انجام شده برای دهه ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میانگین دمای حداقل در تمامی ماهها به جز ماههای ژوئن و آوریل با ۰/۲۷ و ۰/۲۴ درجه سانتی گراد کاهش، نسبت به دوره آماری پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) افزایش نشان می دهند. بیشترین افزایش دما متعلق به ماه آگوست با ۱/۲۶ درجه سانتی گراد می باشد. برای دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹، دمای حداقل در تمامی ماهها نسبت به دوره پایه و همچنین دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش در دمای حداقل برابر با ۲/۴ درجه سانتی گراد و در ماه آگوست رخ خواهد داد (تابستان). تغییرات دما در هر دوره نسبت به دوره پایه روند افزایشی خواهد داشت. در دوره ۲۰۷۰-۲۰۹۹ نیز همانند دو دوره قبل در تمامی ماهها شاهد افزایش دمای حداقل خواهیم بود. بیشترین افزایش در دمای حداقل همانند دو دوره قبل و نسبت به دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) برابر با ۴/۰۷ درجه سانتی گراد و در ماه آگوست رخ خواهد داد. این روند نشان دهنده افزایش بیشتر در دمای حداقل به ویژه در ماههای تابستان و بهار می باشد. کوچکی و همکاران (۱۱) نیز با استفاده از مدل GFDL و تحت دو برابر شدن غلظت دی اکسید کربن نیز افزایش بیشتر دما را برای ماههای تابستان و بهار پیش بینی نمودند. سلطانی و سلطانی (۷) بررسی تغییر اقلیم خراسان (بجنورد، مشهد و بیرجند) را در دهه های گذشته مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه آنها نشان داد که در مشهد دمای حداقل و حداکثر در تعداد قابل توجهی از ماهها و در مقیاس سالانه افزایش یافته اند اما تغییر قابل توجهی در مورد بارندگی

## درجه حرارت میانگین



شکل ۱۳- میانگین دوره های ۱۹۹۰-۱۹۶۱، ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با استفاده از مدل درجه حرارت میانگین و داده های

HadCM3A2

برای کشاورزان نواحی معتدل تغییر اقلیم و گرمایش جهانی سودمند خواهد بود. در این نواحی دوره رشد طولانی‌تر خواهد شد و امکان کشت برای محدوده وسیع‌تری از گیاهان فراهم می‌شود (۳۰).

### پیش‌بینی تغییرات بارش:

بعد از انجام واسنجی و ارزیابی بارش با استفاده از مدل جهانی اقلیم (HadCM3) تحت سناریوی انتشار A2 پارامتر بارش برای دوره‌های سی ساله ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹، پیش‌بینی و با دوره ۳۰ ساله ۱۹۶۱-۱۹۹۰ مقایسه شد. شکل ۱۴ تغییرات بارش دوره پایه ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ و دوره‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ و شکل ۱۵ و ۱۶ به ترتیب تعداد روزهای مرطوب و حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی در سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ و نسبت به دوره‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ در ماه‌های می، ژوئن، سپتامبر، اکتبر و نوامبر شاهد افزایش در میانگین بارش و در سایر ماه‌های سال شاهد کاهش در میانگین بارش خواهیم بود. بیشترین افزایش در میانگین بارش در ماه می و به میزان ۰/۶۶ میلی‌متر و بیشترین کاهش در ماه فوریه و برابر ۰/۳۶ میلی‌متر خواهد بود. در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹ نیز در اکثر ماه‌ها کاهش در مقدار میانگین بارش را خواهیم داشت و میزان افزایش در میانگین بارش در سایر ماه‌ها بسیار کم و ناچیز خواهد بود. بیشترین افزایش برابر ۰/۴۸ میلی‌متر و در ماه می رخ می‌دهد. در دوره آماری ۲۰۷۰-۲۰۹۹ نیز در اکثر ماه‌ها شاهد کاهش در میانگین بارش خواهیم بود و افزایش در میزان بارش بسیار کم خواهد بود. بیشترین افزایش برابر با ۰/۵۵ میلی‌متر و در ماه می خواهد بود. نتایج نشان می‌دهند که ما شاهد افزایش در میزان بارش در ماه‌های بهار خواهیم بود. بیشترین کاهش در میانگین بارش در ماه‌های زمستان و تابستان و بیشترین افزایش در میانگین بارش را در ماه‌های پاییز خواهیم داشت. عباسپور و همکاران (۱۴) نیز از مدل CGCM3.1 با تفکیک افقی T63 تحت سناریوهای انتشار A2، A1B و B1 برای پیش‌بینی بارش و دما در ایران استفاده کردند. نتایج آنها نشان دهنده اریب خشک بارش در مناطق مرطوب و اریب تر آن در مناطق خشک و نیمه خشک بود. همچنین تغییرات بارش در ماه‌های پاییز بیشتر از ماه‌های تابستان خواهد بود. آنها برای دو دوره ۲۰۱۳-۲۰۳۹ و ۲۰۷۳-۲۰۹۹ تحت تمامی سناریوهای مورد استفاده افزایش بارش را در قسمتهای شمالی و جنوبی و کاهش ۴۰ درصدی در بارش را برای مناطق جنوب شرقی کشور پیش‌بینی کردند. نتایج حاصل از تحقیق آنها با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. بابائیان و نجفی‌نیک (۳) با استفاده از نرم‌افزار LARS-WG و مدل ECHO-G تغییرات اقلیمی

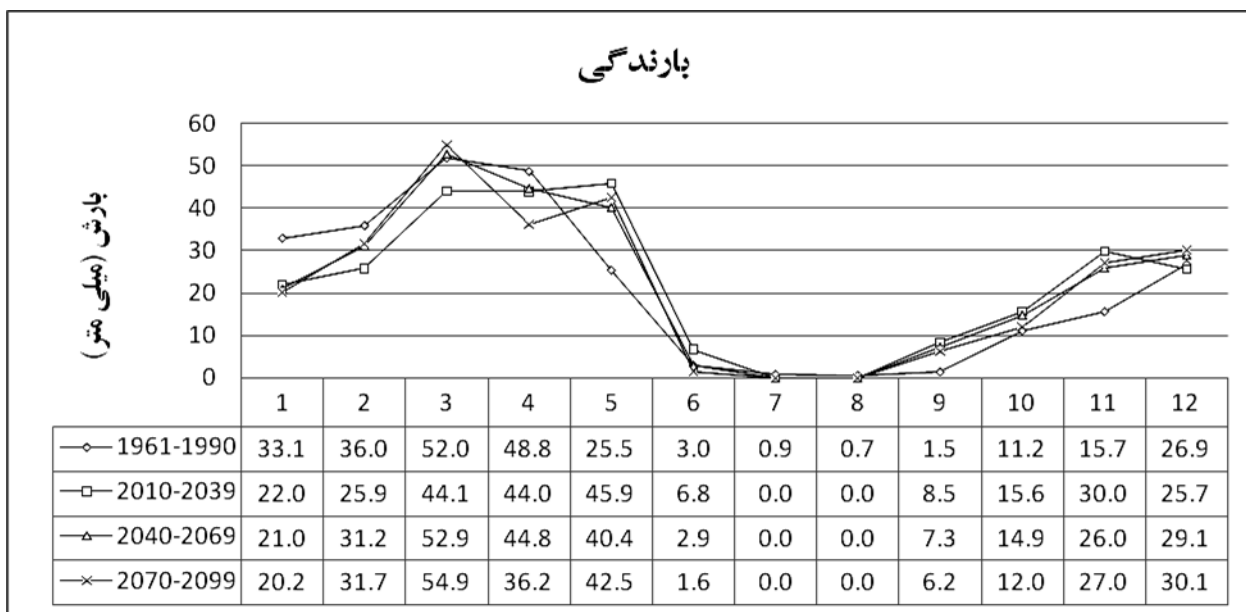
در کشور را پیش‌بینی کردند. آنها نشان دادند که بطور کلی در کل کشور بارش به میزان ۹ درصد کاهش می‌یابد که بیشترین کاهش در استانهای واقع در امتداد رشته کوه زاگرس، غرب کشور و سواحل جنوبی و شرقی خزر شامل استانهای کردستان، همدان، زنجان، مرکزی، کرمانشاه، لرستان، ایلام، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر، مازندران و گلستان می‌باشد. آنها همچنین نشان دادند که استان‌های کرمان، خراسان جنوبی، جنوب خراسان رضوی و بخش‌هایی از یزد و سیستان و بلوچستان نیز با کاهش بارش مواجه خواهند بود. آنها برای مشهد کاهش بارندگی را پیش‌بینی نمودند که با نتایج ما در تناقض می‌باشد. بدین ترتیب اختلاف نتایج این تحقیق با تحقیق مذکور می‌تواند نشان دهنده تفاوت مدل‌های اقلیمی در پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی باشد. جهادی طرقی (۵) به منظور تعیین روند تغییرات دما و بارش شهر مشهد از داده‌های میانگین دما و بارش ایستگاه سینوپتیک (همدیدی) مشهد طی دوره آماری ۱۹۹۴-۱۹۵۱ استفاده نمود و نشان داد عناصر اقلیمی دما و بارش مشهد از روندی افزایشی برخوردار بوده است.

شکل ۱۵ نشان می‌دهد که در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ماکزیمم تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر افزایش و در سایر ماه‌های سال کاهش خواهند یافت. بیشترین افزایش برابر با ۲ روز و متعلق به ماه فوریه خواهد بود. در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹، ماکزیمم تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) نیز در ماه‌های مذکور افزایش و در سایر ماه‌های سال کاهش خواهند یافت. بیشترین افزایش تقریباً برابر با ۲ روز و متعلق به ماه ژانویه خواهد بود. بیشترین کاهش متعلق به ماه می و برابر ۳ روز خواهد بود. با توجه به افزایش بارش پیش‌بینی شده برای این ماه، کاهش تعداد روزهای خشک متوالی در این ماه منطقی می‌باشد. کوچکی و همکاران (۱۳۸۳) با استفاده از مدل GFDL بارندگی سالانه در اکثر استانهای کشور ۱ تا ۳۵ درصد افزایش خواهد یافت. این افزایش عمدتاً در ماه‌های پاییز و زمستان خواهد بود. نتایج حاصل از تحقیق آنها با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

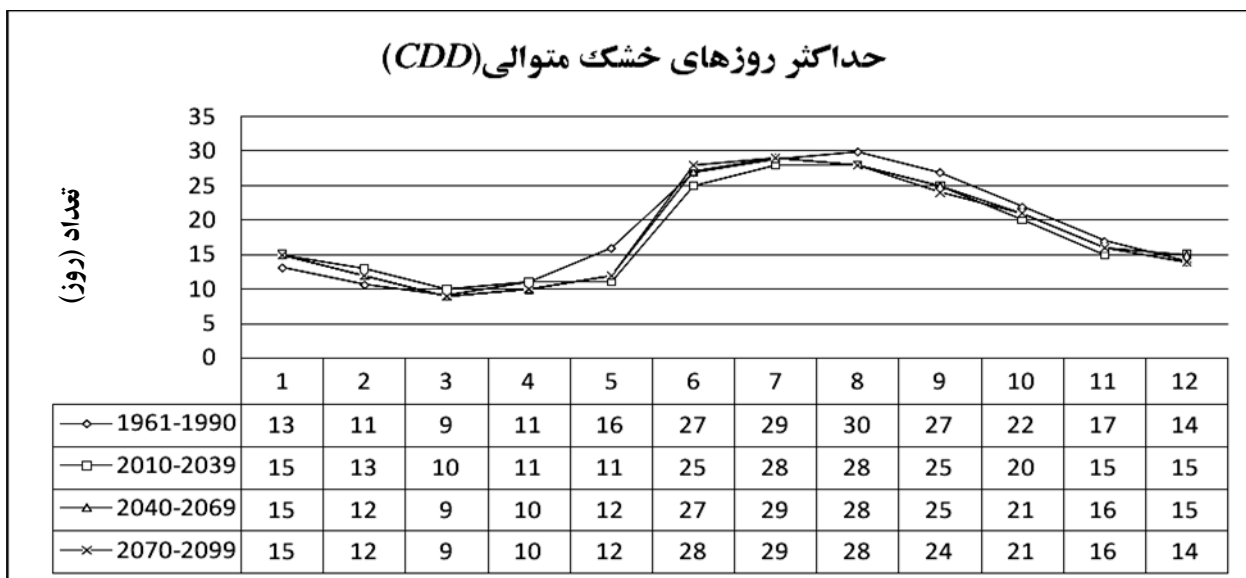
شکل ۱۶ نشان می‌دهد که در دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۳۹ بیشترین کاهش در درصد روزهای مرطوب در ماه فوریه صورت خواهد گرفت که تقریباً برابر ۷ درصد خواهد بود. ماه‌های آگوست و جولای تقریباً بدون تغییر در این دوره نسبت به دوره پایه باقی خواهند ماند. در سایر دوره‌ها نیز کاهش در درصد تعداد روزهای مرطوب را در اکثر ماه‌های سال خواهیم دید و افزایش در این تعداد بسیار کم و در اکثر موارد ناچیز خواهد بود. در مناطق نیمه‌گرمسیری، نیمه مرطوب و نیمه خشک، افزایش تولید و افزایش کارایی مصرف آب گیاهان به دلیل دی‌اکسیدکربن بالاتر منجر به توسعه پوشش گیاهی سطح خاک و در

افزایش خواهد یافت. این کاهش نزولات در شهر مشهد احتمالاً بر تولید غلات دیم و بر نیاز آبی غلات فاریاب نیز تأثیر خواهد گذاشت. آنها پیش‌بینی کردند که تغییر در الگوی بارش و دما در مشهد می‌تواند موجب طولانی شدن دوره رشد محصولات گردد. تحقیقی دیگر توسط ایران‌نژاد و همکاران (۲) برای بررسی توزیع مکانی بارش در دوره زمانی ۲۰۰۱-۱۹۶۱ انجام شد.

مقابل افزایش دمای هوا خواهد شد. همچنین ممکن است که در بعضی مناطق بارندگی به شدت کاهش یابد و افزایش تغییرات درون سالی و بین سالی بارندگی و در نتیجه نوسان تولید ماده خشک باعث کاهش مواد آلی خاک شود (۱۳). کوچکی و همکاران (۱۱) میزان بارش را در اکثر ماههای سال در مشهد افزایشی پیش‌بینی کردند که این افزایش در همه ماهها وجود نخواهد داشت. بر اساس نتایج آنها میزان بارش در ماههای آوریل و می کاسته و در آگوست و سپتامبر

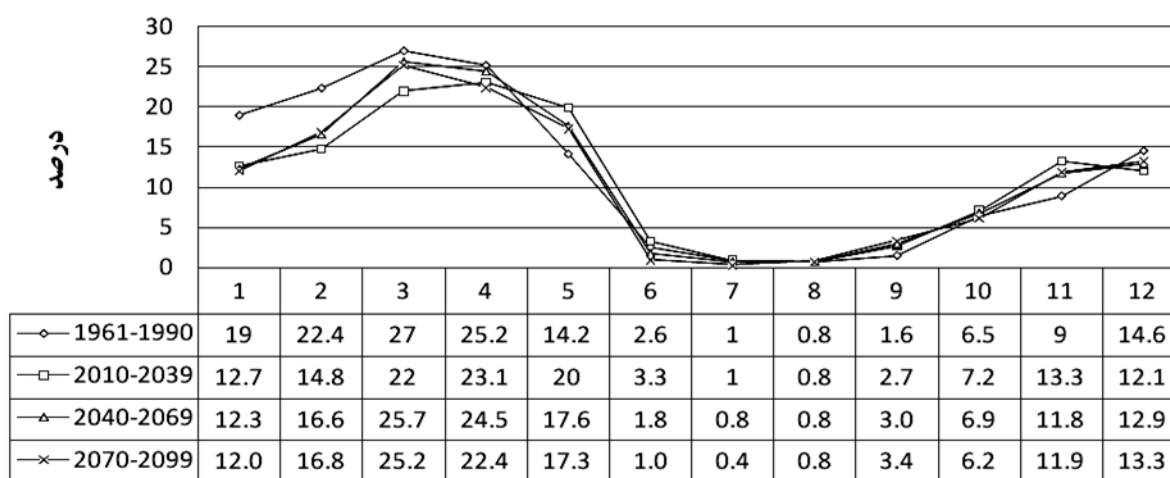


شکل ۱۴- میانگین دوره‌های ۱۹۶۱-۱۹۹۰، ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با استفاده از مدل بارش و داده‌های HadCM3A2



شکل ۱۵- حداکثر روزهای خشک متوالی برای دوره‌های ۱۹۶۱-۱۹۹۰، ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با استفاده از مدل بارش و داده‌های HadCM3A2

## درصد روزهای مرطوب



شکل ۱۶- درصد روزهای مرطوب برای دوره‌های ۱۹۹۰-۱۹۶۱، ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ با استفاده از مدل بارش و داده‌های HadCM3A2

می‌شود. کشاورزی در مناطق گرمسیری به میزان زیادی وابسته به بارش می‌باشد. افزایش در بارش در این نواحی بدلیل افزایش رطوبت خاک مفید می‌باشد ولی می‌تواند در برخی از نواحی با ایجاد آب اضافی مشکلاتی را ایجاد کند.

### تبخیر و تعرق گیاهان در شرایط موجود و وضعیت تغییر اقلیم:

تبخیر و تعرق گیاهان منطقه مورد مطالعه بر اساس وضعیت اقلیمی موجود محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین در شرایطی که دمای هوا به ترتیب ۱، ۲ و ۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به شرایط موجود افزایش یابد نیاز آبی محاسبه شده و در جداول ۳، ۴ و ۵ آورده شده‌اند.

جداول مذکور نشان می‌دهند که با افزایش دما میزان تبخیر و تعرق گیاهان افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه نیاز آبی الگوی کشت در اثر دما به میزان ۱، ۲ و ۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱۰ و ۱۶ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. افزایش در مقدار تبخیر و تعرق در ماههای گرم سال به دلیل افزایش بیشتر در دما اندکی بالاتر از افزایش آن در ماههای سرد سال می‌باشد. ردیگز و همکاران (۲۷) افزایش نیاز آبی و خشکی را بر اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی کردند. بر اساس مدل‌سازی نیاز آب آبیاری، آنها افزایشی حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد در نیاز آبیاری فصلی در دهه ۲۰۵۰ را نشان دادند. که این افزایش وابسته به مکان و الگوی کشت می‌باشد. هارمسن و همکارانش (۲۱) نیز در مطالعه‌ای بارش (P)، تبخیر و تعرق مرجع (ET<sub>o</sub>)، کمبود بارش (PD=P-ET<sub>o</sub>) و کاهش نسبی عملکرد محصول (YR) را

نتایج حاصل از تحقیق آنها نشان داد که ایستگاه‌های واقع در مناطق مرکزی، مانند قزوین، ایستگاه‌های واقع در مناطق جنوب و جنوب غرب مانند آبادان، اهواز و بندر عباس و در اغلب ایستگاه‌های واقع در منطقه شمال شرق مانند مشهد، سبزوار و بیرجند، روند بارش سالانه مثبت است. کوچکی و همکاران (۱۰) پارامترهای اقلیمی ایران را در شرایط تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که شرایط اقلیمی پیش‌بینی شده بوسیله مدل گردش عمومی نشان‌دهنده طولانی‌تر شدن فصل خشکی در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در تمامی ایستگاه‌های تحت بررسی می‌باشد. آنها بارندگی مشهد را در سالهای ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ برای تمامی ماههای سال به جز ماههای تابستان افزایشی پیش‌بینی کردند. به نظر می‌رسد که تفاوت در نتایج ارائه شده توسط مطالعات مختلف که با داده‌های اقلیمی تاریخی یکسان انجام شده ناشی از تفاوت بین مدل‌های استفاده شده باشد. باگیس و همکارانش (۱۵) شرایط اقلیمی آینده را برای نواحی مرکزی بلژیک مورد بررسی قرار دادند. آنها دو متغیر اصلی یعنی تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) و بارندگی را مورد مطالعه قرار دادند. آنها تبخیر و تعرق پتانسیل را با معادله پنمن واسنجی شده برای بلژیک بر اساس داده‌های RCM از داده‌های پایه PRUDENCE محاسبه کردند. شبیه‌سازی‌های RCM، تغییر در الگوی بارش را نشان دادند که دارای افزایش در طول زمستان و کاهش در طول زمستان بود. تبخیر و تعرق دارای روند منظمی نبود. نتایج نشان دادند که تبخیر و تعرق در شرایط اقلیمی آینده افزوده و منجر به شرایط خشک‌تر خواهد شد. این شرایط خصوصاً در تابستان تشدید خواهد شد. بارش، خصوصاً در مراحل بحرانی رشد گیاه منجر به تغییر در پتانسیل تولید کشاورزی



افزایش دما افزوده خواهد شد.

### نتیجه گیری و بحث

علت افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای انتظار می‌رود تغییراتی در اقلیم سالهای آینده رخ دهد. در نظر گرفتن این تغییرات در بررسی و ارزیابی پروژه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از گام‌های پایه در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، بررسی تغییرات دما و بارش است.

برای سه مکان در Puerto Rico تحت شرایط تغییر اقلیم برآورد کردند. تبخیر و تعرق مرجع با روش پنمن-مانتیس محاسبه شد. داده‌های بارش و دما بصورت آماری و با استفاده از مدل گردش عمومی DOE/NCR PCM تحت سه سناریوی A1، B1، و A2 ریز مقیاس شدند. کاهش نسبی عملکرد نیز با فاکتور تنش آبی (تابعی از رطوبت خاک) محاسبه شد. نتایج آنها نشان داد که فصل بارش مرطوب‌تر و فصل خشکی، خشک‌تر خواهد شد. آنها همچنین نشان دادند که تبخیر و تعرق نیز در ماه‌های خشک با کاهش بارندگی و

جدول ۲- تبخیر و تعرق گیاهان الگوی کشت منطقه مورد مطالعه در وضعیت موجود (متر مکعب بر هکتار)

ماه	گندم	باغ	گوجه‌فرنگی	ذرت	چغندر	مجموع
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۱۸۵	۸۲	۰	۲۴	۰	۲۹۱
آوریل	۶۴۵	۱۳۸	۵۵	۳۷	۰	۸۷۵
می	۸۸۵	۲۶۰	۱۲۸	۶۶	۳۰	۱۳۶۹
ژوئن	۸۰	۳۹۲	۲۴۸	۱۴۲	۴۵	۹۰۷
جولای	۰	۴۷۵	۲۶۷	۲۰۱	۱۰۲	۱۰۴۵
اگوست	۰	۴۲۵	۱۸۸	۱۸۱	۱۱۴	۹۰۸
سپتامبر	۰	۳۱۸	۰	۱۳۴	۸۴	۵۳۶
اکتبر	۰	۱۸۰	۰	۸۳	۴۲	۳۰۵
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۲۶	۲۶
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۱۸۱۵	۲۲۷۰	۸۸۶	۸۶۸	۴۴۳	۶۲۸۲

جدول ۳- تبخیر و تعرق گیاهان الگوی کشت مورد مطالعه بر اساس شرایط اقلیمی در وضعیتی که دمای هوا نسبت به شرایط موجود یک درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (متر مکعب بر هکتار)

ماه	گندم	باغ	گوجه‌فرنگی	ذرت	چغندر	مجموع
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۲۰۰	۹۰	۰	۲۵	۰	۳۱۵
آوریل	۶۹۵	۱۴۸	۵۹	۳۹	۰	۹۴۱
می	۹۳۵	۲۷۲	۱۳۶	۷۰	۳۱	۱۴۴۴
ژوئن	۸۵	۴۱۵	۲۶۳	۱۵۰	۴۸	۹۶۱
جولای	۰	۴۹۸	۲۷۸	۲۱۰	۱۰۶	۱۰۹۲
اگوست	۰	۴۵۲	۲۰۰	۱۹۴	۱۲۱	۹۶۷
سپتامبر	۰	۳۳۸	۰	۱۴۳	۹۰	۵۷۱
اکتبر	۰	۱۹۲	۰	۸۹	۴۵	۳۲۶
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۳۰	۳۰
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۱۹۳۵	۲۴۰۵	۹۳۶	۹۲۰	۴۷۱	۶۶۶۷

جدول ۴- تبخیر و تعرق گیاهان الگوی کشت مورد مطالعه بر اساس شرایط اقلیمی در وضعیتی که دمای هوا نسبت به شرایط موجود دو درجه سانتی گراد افزایش یابد (متر مکعب بر هکتار)

ماه	گندم	باغ	گوجه فرنگی	ذرت	چغندر قند	مجموع
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۰	۲۰
مارس	۲۱۵	۹۰	۰	۲۸	۰	۳۳۳
آوریل	۷۳۶	۱۵۵	۶۲	۴۲	۰	۹۸۹
می	۹۸۵	۲۸۸	۱۴۳	۷۳	۳۲	۱۵۲۱
ژوئن	۸۵	۴۳۲	۲۷۵	۱۵۶	۵۶	۹۹۸
جولای	۰	۵۱۸	۲۹۰	۲۱۹	۱۱۱	۱۱۳۸
اگوست	۰	۴۷۵	۲۱۰	۲۰۲	۱۲۶	۱۰۱۳
سپتامبر	۰	۳۵۰	۰	۱۴۹	۹۳	۵۹۲
اکتبر	۰	۲۰۵	۰	۹۵	۴۹	۳۴۹
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۳۱	۳۱
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۲۰۳۶	۲۵۱۳	۹۸۶	۹۶۴	۴۸۲	۶۹۸۴

جدول ۵- تبخیر و تعرق گیاهان الگوی کشت مورد مطالعه بر اساس شرایط اقلیمی در وضعیتی که دمای هوا نسبت به شرایط موجود چهار درجه سانتی گراد افزایش یابد (متر مکعب بر هکتار)

ماه	گندم	باغ	گوجه فرنگی	ذرت	چغندر قند	مجموع
ژانویه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فوریه	۲۵	۰	۰	۰	۰	۲۵
مارس	۲۲۵	۱۰۰	۰	۲۹	۰	۳۶۴
آوریل	۷۸۰	۱۶۵	۶۶	۴۴	۰	۱۰۵۵
می	۱۰۳۶	۳۰۲	۱۵۰	۷۷	۳۴	۱۵۹۸
ژوئن	۹۶	۴۵۰	۲۸۵	۱۶۲	۵۲	۱۰۳۹
جولای	۰	۵۴۵	۳۰۶	۳۳۱	۱۱۶	۱۱۹۸
اگوست	۰	۴۹۵	۲۲۰	۲۱۱	۱۳۲	۱۰۵۸
سپتامبر	۰	۳۷۲	۰	۱۵۷	۹۸	۶۲۷
اکتبر	۰	۲۱۸	۰	۱۰۱	۵۲	۳۷۱
نوامبر	۰	۰	۰	۰	۳۲	۳۲
دسامبر	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۲۱۵۵	۲۶۴۷	۱۰۲۷	۱۰۱۲	۵۱۶	۷۳۵۷

سایر ماهها بسیار ناچیز خواهد بود. بارش یکی از پارامترهای مهم و پیچیده اقلیم است و معمولاً جمع بارش های یک نقطه در مقیاس - های زمانی مختلف از توزیع های آماری مشخصی تبعیت نمی کنند. اهمیت بارش و تغییرات مکانی و زمانی آن در کشور های خشک و نیمه خشک جهان از اهمیت بالایی برخوردار است. تغییر در الگوی بارش و دما می تواند بر گیاهان دیم و همچنین نیاز آبی گیاهان فاریاب تأثیر گذار باشد. مومن و همکارانش (۲۶) نیز روش هارگریوز- سامانی را بدلیل استفاده دماهای ماهانه برای بررسی تأثیرات تغییر اقلیم پیشنهاد کردند. پیش بینی تبخیر و تعرق گیاهان با استفاده از معادله هارگریوز- سامانی نشان دهنده افزایش تبخیر و تعرق گیاهان

در این مقاله به روش آماری و با استفاده از مدل ASD ریزمقیاس نمائی داده های مدل گردش عمومی جو HadCM3 بر روی ایستگاه مشهد انجام شد. بر اساس نتایج حاصله می توان گفت در این منطقه پدیده گرمایش جهانی وجود داشته و افزایش دما در اکثر ماههای سال خصوصاً در ماههای گرم سال کاملاً مشهود خواهد بود. بر اساس پیش بینی های انجام شده میزان حداکثر افزایش در میانگین دمای حداکثر تا سال ۲۱۰۰ در این حوضه برابر با ۵/۸ درجه سانتی گراد در ماه می می باشد. بیشترین میزان افزایش در دمای حداقل طی این صد سال در ماه اگوست و برابر با ۴ درجه سانتی گراد می باشد. نتایج نشان می دهد که میزان بارش در اکثر ماههای سال کاهش و افزایش آن در

پیشنهادات سازنده‌ای برای کشاورزان منطقه جهت بهینه‌سازی تولید گیاه و همچنین بهینه‌سازی زمان و میزان آبیاری در شرایط کمبود منابع آبی ارائه نماید.

### قدردانی

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه و دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بخاطر حمایت از این تحقیق (کد ۱۴۹۳۰/۲) قدردانی می‌شود.

در حوضه کشف‌رود می‌باشد. افزایش در نیاز آبی گیاهان نیازمند مدیریت صحیح منابع آبی در آینده خواهد بود. در کشاورزی دیم، تغییر در میزان تبخیر و تعرق تأثیرات بسیار مهمی بر رشد، توسعه و عملکرد گیاه توسط اصلاح زمان، مدت و شدت دوره‌های تنش خشکی دارد. در کشاورزی آبی تغییر در تبخیر و تعرق بطور مستقیم تعیین کننده میزان آب مورد نیاز برای رشد گیاهان می‌باشد (۲۸). برخی از مدل‌ها افزایش در تبخیر و تعرق تحت گرمایش جهانی را ناشی از افزایش در میزان بارندگی می‌دانند. اکثر مدل‌های اقلیمی افزایش در میزان تبخیر و تعرق گیاه را ناشی از افزایش دما می‌دانند. این مطالعه می‌تواند

### منابع:

- ۱- احمدی ا. ۱۳۸۶. ارزیابی کاهش مقیاس آماری در شمال ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران آب، دانشکده مهندسی عمران. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۲- ایران‌نژاد پ.، کتیرایی بروجردی پ. و حجام س. ۱۳۸۸. توزیع مکانی روند بارش سالانه در ایران در دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۰. مجله فیزیک زمین و فضا. ۳۵(۴): ۷۹-۹۴.
- ۳- بابائیان ا.، نجفی‌نیک ز. ۱۳۸۵. معرفی و ارزیابی مدل LARS-WG برای مدل‌سازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۳. مجله نیوار. ۶۲ و ۶۳: ۴۹-۶۵.
- ۴- بابائیان ا.، نجفی‌نیک ز.، حبیبی نوخندان م.، زابل عباسی ف.، ادب ح. و ملبوسی ش. ۱۳۸۶. مدل‌سازی اقلیم ایران در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G. کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- ۵- جهادی طرقي م. ۱۳۷۸. تعیین تغییرات دما و بارش شهر مشهد طی دوره آماری ۱۹۴-۱۹۵۱. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۵۴ و ۵۵: ۱۶۵-۱۵۱.
- ۶- حسامی کرمانی م.ر. ۱۳۸۶. پیش‌بینی تغییرات اقلیمی استان کرمان با استفاده از روش ریزمقیاس‌نمایی آماری، همایش پیش‌بینی عددی وضع هوا. پژوهشکده هواشناسی. گروه پژوهشی هواشناسی دینامیکی و همدیدی.
- ۷- سلطانی ا. و سلطانی ا. ۱۳۸۶. بررسی تغییر اقلیم خراسان طی دهه‌های گذشته. دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران.
- ۸- شاه کریمی ن.، مساح بوانی ع.، مرید س. و فهمی ه. ۱۳۸۶. تحلیل ریسک تغییر در نیاز آبی محصولات کشاورزی در اثر پدیده تغییر اقلیم در شبکه آبیاری زاینده رود. کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- ۹- شیر غلامی ه. و قهرمان ب. ۱۳۸۴. بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران، مجله علمی - پژوهشی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم. ۱: ۲۳-۹.
- ۱۰- کوچکی ع.، نصیری محلاتی م. و کمالی غ. ۱۳۸۶. مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. (۵) ۱۴۲: ۱-۱۳۳.
- ۱۱- کوچکی ع.، نصیری محلاتی م.، سلطانی ا.، شریفی ح.، کمالی غ. و رضوانی مقدم پ. ۱۳۸۲. شبیه‌سازی تغییرات آب و هوایی ایران در شرایط دو برابر شدن غلظت دی‌اکسید کربن بوسیله مدل‌های عمومی گردش. مجله بیابان. ۸(۲): ۱۹۱-۱۸۷.
- ۱۲- نصیری محلاتی م. و کوچکی ع. ۱۳۸۶. آنالیز شاخص‌های اگروکلیماتیک ایران در شرایط تغییر اقلیم. پژوهش‌های زراعی ایران. جلد پنجم. ۱: ۱۴۲-۱۳۳.
- ۱۳- نصیری محلاتی، م و کوچکی، ع و پ. رضوانی مقدم. ترجمه ۱۳۸۱. اثر تغییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۸۸ صفحه.
- 14- Abbaspour C. K., Faramarzi M., Seyed ghasemi S., and Yong H. 2009. Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. Water Research. 45: 1-16.
- 15- Baguis P., Roulin E., Willems P., Ntegeka V. 2010. Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central Belgium. Theoretical Applied Climatology. 99:273-286.
- 16- Bannayan M., Sanjani S., Alizadeh A., Lotfabadi S. 2010. Association between climate indices, aridity index, and

- rain fed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research*.
- 17- Bass B. 1996. Interim report on the weather generator project. Focus 4 of IGBP biospheric aspects of the hydrological cycle (BAHC). Ontario: Environmental Adaption Research Group. Atmospheric Environmental Service.
  - 18- Corobov R. 2002. Estimation of climate change impacts crop production in the Republic of Moldova. *Geojournal*. 57: 195-202.
  - 19- Gordon C., Cooper C., Senior C.A., Banks H., Gregory J.M., Johns T.C., Mitchell J.F.B., and Wood R.A. 1998. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics*.
  - 20- Goyal R.K. 2004. Sensitivity of evapotranspiration to global warming: A case study of arid zone of Rajasthan (India). *Agricultural Water Management*. 69: 1-11.
  - 21- Harmsen E., Miller N.L., Schlegel N.J., and Gonzalez J.E. 2009. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. *Agricultural Water Management*. 96:1085-1095.
  - 22- Hessami M., Gachon P., Quarda T.B.M.J., and St-Hilaire A. 2008. Automated regression-based Statistical Downscaling tool. *Environmental Modeling and Software*. 23(6): 813-834.
  - 23- Hessami M., Quarda T.B.M.J., Gachon P., St- Hilaire A., Selva F., and Bobee B. 2004. Evaluation of statistical downscaling method over several regions of eastern Canada. *57th Canadian Water Resources Association Annual Congress*.
  - 24- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. editors: J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson. Cambridge. U. K. Cambridge University Press.
  - 25- Massah Bavani A.R., and Morid S. 2006. Impact of climate change on the water resources of Zayandeh Rud Basin. *Journal Science and Technology Agriculture and Nature. Resources*. 9(4):28.
  - 26- Moonen A.C., Ercoli L., Mariotti M., and Masoni A. 2002. Climate change in Italy indicated by agro meteorological indices over 122 years. *Agricultural and Forest Meteorology*. 111: 13-27.
  - 27- Rodriguez Diaz, J. A. Weatherhead, J. W. Knox, E. Camacho. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environmental Change*. 7:149-159.
  - 28- Rosenberg N.J., McKinney M.S., and Martin P. 1989. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world: A review and simulation. *Agricultural and Meteorology*. 47: 303-320.
  - 29- Wilby R.L., and Wigley T.M.L. 1997. Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations. *Progress in Physical Geography*. 21: 530-548.
  - 30- Wolfe D.W. 1995. Potential impact of climate change on agriculture and food supply. *Proceedings of Sustainable Development and Global Climate Change: Conflicts and Connections*. A conference sponsored by the Center for Environmental Information. 4-5 December.

## Assessment of Climate Change Potential Impacts on Agricultural Water Use and Water Resources of Kashaf rood basin

A.Alizadeh<sup>1\*</sup>– N.Sayari<sup>2</sup>– M.R.Hesami Kermani<sup>3</sup>– M.Bannayan Aval<sup>4</sup>– A.Farid Hossaini<sup>5</sup>

### Abstract

The climate change has direct impacts on hydrological process such as evaporation by water surface, transpiration of plant, charge of groundwater, run off and snow melt. In this paper, probable impacts of climate change on evapotranspiration were studied. For this reason, impacts of climate change on temperature (mean, maximum and minimum) and precipitation under A2 scenario and three periods (2010-2039, 2040-2069 and 2070-2099) and by using statistical downscaling of HadCM3 output in kashaf rood basin were investigated. In future stage with estimated parameters, evapotranspiration of plants at cropping pattern include wheat, sugar beet, tomato, apple and corn by Hargrives-Samani equation was calculated and for various periods were comparison. The results indicated that temperature (mean, maximum and minimum) have increased rather than 1961-1990 in all periods. Predicted mean annual precipitation has not significant different but the pattern of precipitation will change in various seasons. Thus, amount of precipitation will decrease for summer and winter months and will increase for spring and autumn months. Calculated evapotranspiration for all months and all periods will increase by rising temperature. Amount of increasing at evapotranspiration will larger for warmer months of year by more increasing in temperature. The results indicated that with rising in temperature by 1,2 and 4 centigrade, water requirement of cropping pattern in this plain will increasing by 6,10 and 16% respectively.

**Keywords:** Global circulation models, Statistical downscaling, Evapotranspiration of plant, Kashaf rood b, Climate change.

---

1,2,5- Professor, and Graduate Student & Assistant professor, Ferdowsi University of Mashhad  
(\*- Corresponding Author Email: alizadeh@gmail.com)  
3- Assistant professor, Shahid Bahonar University of Kerman  
4- Associate professor , Ferdowsi University of Mashhad