

The Impact of Climate Change on Reference Evapotranspiration in Mazandaran Province

ALI BABOLHAKAMI¹, MOHAMMAD ALI GHOLAMI SEFIDKOUHI^{1*}, ALIREZA EMADI¹

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(Received: July. 29, 2019- Revised: Nov. 8, 2019- Accepted: Dec. 1, 2019)

ABSTRACT

Greenhouse gas emissions cause warming and impacting climate components and consequently affecting water demand in agricultural sector. This study aimed to identify the impact of climate change on reference evapotranspiration in Mazandaran province. For this purpose, climatic data of Gharakheil, Babolsar, Noshahr, and Ramsar weather stations were used during 1985-2005. Meteorological data for a future period (2006-2081) were estimated using the CanEMS2 model under RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5 scenarios and the reference evapotranspiration was calculated using climatic data for future periods. The SVM model was used for downscaling the climatic parameters. The results showed that the maximum and minimum temperatures would increase over the coming period and the annual maximum temperatures in the selected meteorological stations under RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5 scenarios will be increased by 1.5, 2, and 3° C, respectively. Minimum temperatures in the selected stations under RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5 scenarios will be increased by 3.8, 5.7, and 5.7° C, respectively. Precipitation will also be reduced between 8 to 29 percent over the selected weather stations. The results show that the reference evapotranspiration will be increased or decrease in some months in all meteorological stations compared with the base period. The highest increase in maximum temperature under different climatic scenarios will be occurred in March between 1.4 to 6.4° C at Babolsar Meteorological Station, and the highest increase in minimum temperature under different climatic scenarios will be occurred between 3.8 to 5.7° C in February at the Gharakheil Meteorological Station. The results showed that the highest and lowest percentages of reference evapotranspiration changes would occur in October and March, respectively. Evaluation of the reference evapotranspiration at the selected stations shows that the percentage of evapotranspiration variations in different months varies between -16.1 to 25.7% and the highest increase and decrease in reference evapotranspiration will occur in Ramsar and Gharakheil stations, respectively.

Keywords: CanEMS2, Penman- Monteith- FAO, IPCC5, SVM.

اثر تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق مرجع در استان مازندران

علی باب الحکمی^۱، محمد علی غلامی سفیدکوهی^{۱*}، علیرضا عمادی^۱

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۸/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۹/۱۰)

چکیده

انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث گرم شدن و تاثیر بر مولفه‌های آب و هوایی می‌شود و در نتیجه نیاز آبی بخش کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این پژوهش با هدف شناخت تاثیر تغییرات آب و هوایی بر تبخیر-تعرق مرجع در استان مازندران انجام پذیرفت. برای این منظور داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر، طی سال‌های ۱۹۸۵-۲۰۰۵ استفاده شد. داده‌های هواشناسی دوره آینده (۲۰۰۶-۲۰۸۱) با استفاده از مدل Can EMS2 و تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 برآورد شد و با استفاده از پارامترهای آب و هوایی، تبخیر-تعرق مرجع برای دوره‌های آینده محاسبه شد. برای ریزمقیاس نمایی پارامترهای اقلیمی از مدل SVM استفاده گردید. نتایج نشان داد دمای بیشینه و دمای کمینه طی دوره آبی افزایش خواهد یافت و دمای بیشینه سالانه در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب تحت سناریوهای اقلیمی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۱/۵، ۲ و ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. دمای کمینه در ایستگاه‌های منتخب تحت سناریوهای اقلیمی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۳/۸، ۵/۷ و ۵/۷ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. همچنین بارش طی دوره‌های آبی در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب بین ۸ تا ۲۹ درصد کاهش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد در تمام ایستگاه‌های هواشناسی در بعضی از ماه‌ها افزایش و در بعضی از ماه‌ها کاهش تبخیر-تعرق مرجع نسبت به دوره پایه وجود دارد. بیشترین افزایش دمای بیشینه تحت سناریوهای مختلف اقلیمی در ماه مارس بین ۱/۴ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه هواشناسی بابلسر اتفاق خواهد افتاد و بیشترین افزایش دمای کمینه تحت سناریوهای مختلف اقلیمی بین ۳/۸ تا ۵/۷ درجه سانتی‌گراد در ماه فوریه در ایستگاه هواشناسی قراخیل رخ می‌دهد. نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین درصد تغییرات تبخیر-تعرق مرجع، به ترتیب در ماه‌های اکتبر و مارس رخ خواهد داد. بررسی تبخیر-تعرق مرجع در ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد، درصد تغییرات تبخیر-تعرق مرجع در ماه‌های مختلف، بین ۱۶/۱- تا ۲۵/۷ درصد متغییر است، که بیشترین افزایش و کاهش تغییرات تبخیر-تعرق مرجع به ترتیب در ایستگاه رامسر و قراخیل رخ خواهد داد.

واژه‌های کلیدی: پنمن مانیتیت فائو، Can EMS2، IPCC5، SVM.

مقدمه

سال ۲۱۰۰ و کاهش به ۲/۶ وات بر متر مربع بعد از سال ۲۱۰۰ می‌رسد و غلظت گاز CO₂ به ۴۹۰ پی‌پی‌ام خواهد رسید (IPCC, 2014). تغییرات دما در سطح جهان به احتمال زیاد در پایان قرن ۲۱ در سناریوهای RCP4.5 نسبت به دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۶ بین ۱/۱ تا ۲/۶ درجه سانتی‌گراد و در سناریوی RCP8.5 بین ۶/۶ تا ۴/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (IPCC, 2014). پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی گسترده‌ای در جهان اتفاق خواهد افتاد. ایران یکی از کشورهایی است که در معرض اثرات تغییرات آب و هوایی قرار دارد (IPCC, 2007). عدم تعادل بین آب در دسترس و تقاضا در شرایط تغییرات آب و هوایی در بسیاری از بخش‌های جهان افزایش یافته است و در بخش‌های

ادامه انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث گرم شدن و تاثیر بر مولفه‌های آب و هوایی می‌شود (IPCC^۱, 2013). در گزارش پنجم IPCC، چهار سناریوی RCP^۲ معرفی شده است. بر اساس این گزارش، در سناریوی RCP8.5 نیروی تابشی به ۸/۵ وات بر متر مربع و غلظت گاز CO₂ به ۱۳۷۰ پی‌پی‌ام در سال ۲۱۰۰ خواهد رسید، در RCP6، نیروی تابشی به ۶ وات بر متر مربع بعد از سال ۲۱۰۰ و غلظت گاز CO₂ به ۸۵۰ پی‌پی‌ام افزایش می‌یابد، در RCP4.5 نیروی تابشی به ۴/۵ وات بر متر مربع بعد از سال ۲۱۰۰ و غلظت گاز CO₂ به ۶۵۰ پی‌پی‌ام افزایش خواهد یافت و در سناریوی RCP2.6 نیروی تابشی به ۳ وات بر متر مربع قبل از

* نویسنده مسئول: ma.gholami@sanru.ac.ir

آبی درجه حرارت، بارش موثر و رطوبت نسبی افزایش و سرعت باد کاهش می‌یابد. همچنین نیاز آبیاری محصولات اصلی با توجه به بارش موثر روند نزولی دارد. (Yarmohammadi *et al.*, 2018). با بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق و نیاز آبی گندم در منطقه دارد. همچنین بارندگی در ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس افزایش، اما در آوریل، می، آگوست و سپتامبر کاهش می‌یابد. آن‌ها بیان داشتند که به خاطر کاهش طول فصل رشد گندم به دلیل افزایش دما و کاهش هدایت روزنه‌ای برگ‌ها به دلیل افزایش غلظت CO₂، تبخیر-تعرق تا سال ۲۱۰۰ کاهش خواهد یافت. *et al.* (2018). Khashei با بررسی توانایی مدل SVM در ریزمقیاس نمایی بارش در ایستگاه هواشناسی بیرجند بیان داشتند مدل SVM توانایی خوبی در برآورد بارش روزانه و ماهانه در این ایستگاه دارد. (Barzegari and Malekinezhad, 2019) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی بخش کشاورزی در دشت یزد-اردکان پرداختند. ایشان بیان داشتند وضعیت مصرف آب در اراضی کشاورزی مطابق با نیاز آبی محصولات نمی‌باشد و به دلیل کمبود آب، کاهش عملکرد محصولات را خواهیم داشت. همچنین تا سال ۲۱۰۰ تغییرات بارش و دما در منطقه مورد مطالعه معنادار خواهد بود و افزایش دما، منجر به افزایش تبخیر-تعرق و نیاز آبی گیاهان تا ۴ درصد می‌شود. (Heydari & Khoshkhou, 2019) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه در چند ایستگاه منتخب غرب ایران پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد، بیشترین نرخ افزایش تبخیر-تعرق مرجع دوره‌های آبی در مقایسه با دوره پایه در تمامی مقیاس‌های فصلی و سالانه و در کل منطقه تحت سناریوی RCP8.5 و در دوره ۲۰۷۱-۲۱۰۰ رخ خواهد داد. مقایسه نرخ تغییرات تبخیر-تعرق مرجع بین مقیاس‌های مختلف فصلی و سالانه نیز نشان داد که نرخ افزایش تبخیر-تعرق مرجع در غرب ایران در فصول پاییز و زمستان بسیار بیشتر از سایر مقیاس‌های زمانی است.

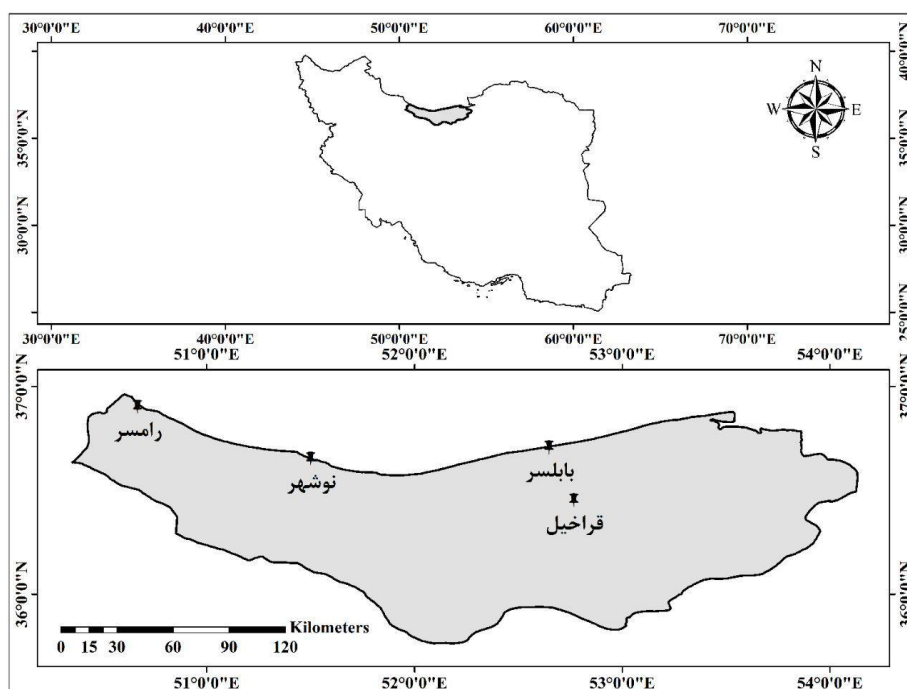
با توجه به پژوهش‌های انجام شده، تغییرات آب و هوایی بر نیاز آبی محصولات کشاورزی در آینده تاثیر می‌گذارد که این مهم نیازمند مدیریت موثر آبیاری می‌باشد (Schlenker *et al.*, 2007). بدین ترتیب بررسی تغییرات پارامترهای هواشناسی و تاثیر آن‌ها بر تبخیر-تعرق مرجع و نیاز آبی گیاهان در هر منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین در این پژوهش به بررسی اثر تغییرات آب و هوایی بر پارامترهای اقلیمی و تبخیر-تعرق مرجع پرداخته خواهد شد تا بتوان با دقت قابل قبول نیاز آبی برآورد و در نهایت مدیریت بهتر بر منابع آب در بخش کشاورزی واقع در دشت‌های مرکز استان مازندران انجام گیرد.

زیادی از جهان سیکل هیدرولوژیکی به دلیل تغییرات رطوبت خاک، رواناب و بارندگی شدت یافته است (Groisman *et al.*, 1999). بی‌تردید رقابت بین بخش‌های کشاورزی و سایر بخش‌ها و همچنین چالش‌های تغییرات آب و هوایی بر روی منابع آب موجود در آینده ادامه خواهد داشت و در دسترس بودن منابع آب برای کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Sun *et al.*, 2016). درک تاثیر تغییرات آب و هوایی آینده بر مصرف آب کشاورزی، می‌تواند زمینه تولید کشاورزی و مدیریت منابع آب را فراهم سازد (Sun *et al.*, 2018). پژوهش‌های متعددی در زمینه اثر تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق انجام شده است. (Saadi *et al.*, 2015) در پژوهشی نشان دادند به دلیل تغییرات اقلیمی میزان تبخیر-تعرق گندم زمستانه در منطقه مدیترانه تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۶ درصد کاهش خواهد یافت. (Woznicki *et al.*, 2015) با بررسی نیاز آبی گیاهان ذرت و سویا تحت شرایط تغییر اقلیم در حوضه رودخانه کالازمو در جنوب شرقی میشیگان آمریکا بیان داشتند که نیاز آبیاری این گیاهان طی دوره‌های ۲۰۲۰-۲۰۳۹ و ۲۰۶۰-۲۰۷۹ افزایش خواهد یافت. (Hadi *et al.*, 2016) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع در پنج ایستگاه با اقلیم خشک، نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب و خیلی مرطوب پرداختند. ایشان بیان داشتند که ایستگاه‌ها در دوره آبی با افزایش ۱۲ درصدی تبخیر-تعرق در فصل زمستان و کاهش ۳۵ درصدی تبخیر-تعرق در تابستان روبرو خواهند شد. همچنین در تمام ایستگاه‌ها بیشترین تغییرات تبخیر-تعرق در دوره ۲۰۹۹-۲۰۷۰ و سناریوی A2 رخ خواهد داد. (Srivastava *et al.*, 2017) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر پتانسیل تولید ذرت در غنا پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد، متوسط عملکرد ذرت در افق ۲۰۳۰ تحت سناریوی RCP8.5، ۵۷ درصد افزایش خواهد یافت. دلایل افزایش محصول ذرت در این سناریو را افزایش غلظت CO₂، کاهش تنش آبی در دوره رشد محصول، عنوان کردند. پژوهشی در شمال غربی بنگلادش بر روی نیاز آبی برنج در آینده نشان داد، تبخیر-تعرق مرجع در دوره آبی (۲۰۵۰-۲۰۸۰) افزایش خواهد یافت که عمدتاً به دلیل افزایش دما می‌باشد. نیاز آبی برنج در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 در سال ۲۰۵۰ به ترتیب ۶/۵ و ۱۰/۹ درصد و برای سال ۲۰۸۰ در این سناریوها به ترتیب ۸/۳ و ۱۷/۶ درصد نسبت به دوره پایه (۱۹۸۰-۲۰۱۳) کاهش می‌یابد. آن‌ها بیان داشتند، دلیل کاهش نیاز خالص آبیاری برنج، عمدتاً به دلیل تغییرات زیاد بارش است (Acharjee *et al.*, 2017). Sun *et al.* (2018) تقاضای آب کشاورزی تحت سه سناریوی اقلیمی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 در حوضه شانکسی در چین را بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد در دوره

مواد و روش‌ها

مورد نظر در شکل (۱) و جدول (۱) ارائه شده است. پارامترهای اقلیمی دوره آتی با استفاده از مدل Can EMS2^۱ و تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 برآورد شد. پس از برآورد داده‌های اقلیمی مقدار تبخیر-تعرق مرجع در دوره آتی و دوره پایه محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت.

برای برآورد داده‌های اقلیمی دوره آتی از داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹۸۵-۲۰۰۵ ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر استفاده شد. موقعیت ایستگاه‌های



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های همدید در نقشه ایران

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و میانگین پارامترهای اقلیمی

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	دمای میانگین (درجه سانتی‌گراد)	میانگین بارش (میلی‌متر)
قراخیل	سینوپتیک	۵۲/۸۴	۳۶/۴۳	۱۴/۷	۱۶/۷	۷۴۶
بابلسر	سینوپتیک	۵۲/۶۵	۳۶/۷۲	-۲۱	۱۶/۵	۱۰۶۰
نوشهر	سینوپتیک	۵۱/۵	۳۶/۶۵	-۲۰/۹	۱۶/۴	۱۳۲۸
رامسر	سینوپتیک	۵۰/۶۴	۳۶/۹	-۲۰	۱۶/۴	۱۲۳۵

ریز مقیاس‌نمایی

آموزش مشخص است و عملاً بهینه نمی‌شود، ولی در روش SVM ساختار شبکه نیز به همراه وزن‌ها، بهینه می‌شود (Khamchin & Azghadi, 2018 و Huang & Chang, 2007). بنابراین برآورد پارامترهای اقلیمی برای دوره پایه و آتی با استفاده از ماشین بردار پشتیبانی (SVM) انجام پذیرفت. برای انجام ریز مقیاس‌نمایی از متغیرهای NCEP، شامل ۲۶ متغیر اتمسفری که توسط متوسط مرکز ملی پیش‌بینی متغیرهای محیطی کانادا ارائه شده است استفاده شد.

روش SVM^۲ اولین بار توسط وپنیک و کوتز در سال ۱۹۹۵ معرفی شد. در این روش بر خلاف الگوریتم‌های برآورد هوشمند کلاسیک، مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی که معمولاً قدرمطلق خطا یا مجموع مربعات خطای داده‌های آموزشی را حداقل می‌کنند، ماشین بردار پشتیبانی خطای ساختاری را حداقل‌سازی می‌کند. در مدل‌های کلاسیک مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، ساختار شبکه قبل از

مقاومت روزنه‌ای و مقاومت سطحی افزایش می‌یابد. بنابراین در این پژوهش براساس گزارش پنجم IPCC غلظت گاز دی‌اکسید- کربن برای دهه‌های آینده استخراج شد (IPCC, 2013) سپس مقاومت سطحی و ضریب فرآیند جذب برای سناریوهای مختلف اقلیمی تا سال ۲۱۰۰ محاسبه و در برآورد تبخیر- تعرق مرجع اعمال شد (جدول ۲).

$$rc = \frac{rs}{0.5 \times 2.88} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\text{Assimilation coefficient} = \frac{rc}{ra} \quad (\text{رابطه ۳})$$

rs مقاومت روزنه‌ای بر حسب ثانیه بر متر، rc مقاومت سطحی بر حسب ثانیه بر متر، ra مقاومت آیرودینامیک بر حسب ثانیه بر متر می‌باشد.

جدول ۲. ضریب فرآیند جذب در دهه‌های آتی

ضریب فرآیند جذب			
RCP8.5	RCP4.5	RCP2.6	دوره‌های آتی
۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۵	۲۰۳۰-۲۰۲۰
۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۶	۲۰۴۰-۲۰۳۰
۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۶	۲۰۵۰-۲۰۴۰
۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۳۶	۲۰۶۰-۲۰۵۰
۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۳۶	۲۰۷۰-۲۰۶۰
۰/۵۰	۰/۴۱	۰/۳۶	۲۰۸۰-۲۰۷۰

شاخص‌های ارزیابی

برای ارزیابی داده‌های برآورد شده و مقادیر اندازه‌گیری شده، از شاخص‌هایی چون ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین خطای مطلق (MAE)، کارایی مدل (EF) و ضریب جرم باقی‌مانده (CRM) استفاده شد.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)(S_i - \bar{S}_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2 * \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S}_i)^2} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{n}} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$AE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - S_i| \quad (\text{رابطه ۶})$$

که در این روابط O_i مقادیر اندازه‌گیری شده، S_i مقادیر برآورد شده، \bar{O}_i میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و \bar{S}_i میانگین مقادیر برآورد شده است. اگر مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده برابر باشند، مقادیر شاخص آماری R^2 مساوی یک و مقادیر شاخص‌های RMSE و MAE صفر خواهند بود.

یافته‌ها

پارامترهای اقلیمی

جدول (۳) مقایسه مقادیر میانگین ماهانه پارامترهای اقلیمی مشاهداتی و برآورد شده در ایستگاه‌های هواشناسی قراخیل،

متغیرهای NCEP از طریق سایت <http://climate-scenarios.canada.ca/?page=downscaling> قابل دسترس می‌باشند. برای ریز مقیاس نمایی، ابتدا همبستگی متغیرهای NCEP و داده‌های مشاهداتی مورد بررسی قرار گرفت و متغیرهایی که همبستگی بالاتری با داده‌های مشاهداتی داشتند انتخاب شدند، سپس توانایی مدل SVM در برآورد پارامترهای اقلیمی در دوره پایه مورد ارزیابی قرار گرفت، بعد از ارزیابی توانایی مدل SVM در برآورد پارامترهای اقلیمی دوره پایه، از متغیرهای RCP به عنوان متغیر مستقل (پیش‌بینی کننده) استفاده شد و مقادیر پارامترهای اقلیمی با استفاده از مدل گردش عمومی Can EMS2، تحت سناریوهای اقلیمی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5، برای سال‌های ۲۰۰۶-۲۱۰۰ تولید شد.

برآورد تبخیر-تعرق مرجع

معادله پنمن-مانتیت-فائو روش استاندارد محاسبه تبخیر-تعرق مرجع می‌باشد که با استفاده از پارامترهای اقلیمی تبخیر-تعرق گیاه مرجع برآورد می‌شود (Allen et al., 1998).

$$ET_0 = \frac{0.408(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34U_2)} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این معادله ET_0 تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (mm/day)، R_n تابش خالص (MJ/d.m^2)، T متوسط درجه حرارت هوا ($^{\circ}\text{C}$)، G شار حرارتی خاک (MJ/d.m^2)، e_s فشار بخار اشباع (kpa)، e_a فشار بخار واقعی (kpa)، Δ شیب منحنی فشار بخار در مقابل درجه حرارت ($\text{kpa}/^{\circ}\text{C}$)، γ ثابت سایکرومتری ($\text{kpa}/^{\circ}\text{C}$) و U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (m/s).

بررسی اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع

معادله پنمن-مانتیت-فائو برای گیاه فرضی با مقاومت سطحی ۷۰ ثانیه بر متر به کار برده می‌شود، این میزان مقاومت سطحی برای غلظت دی‌اکسیدکربن ۳۷۰ تا ۳۹۰ پی پی ام بدست آمده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). رابطه (۲) و (۳) روش محاسبه مقاومت سطحی و ضریب جذب در معادله پنمن-مانتیت-فائو ارائه شده است. مقاومت روزنه‌ای (rs) طبق پژوهش‌های پیشین با افزایش غلظت گاز دی‌اکسید کربن مقدار مقاومت سطحی برگ بر روی ضریب فرآیند جذب (۰/۳۴) معادله پنمن-مانتیت اثر می‌گذارد بنابراین با تغییر غلظت دی‌اکسید کربن مقدار مقاومت سطحی تغییر خواهد کرد و در نتیجه ضریب ۰/۳۴ مخرج کسر معادله پنمن-مانتیت فائو تغییر می‌کند (Moratitel et al., 2011; Islam et al., 2012; Valipour et al., 2018). در شرایط آبی غلظت دی‌اکسیدکربن طی سناریوهای مختلف افزایش خواهد یافت. طبق پژوهش‌های انجام شده با افزایش گاز دی‌اکسیدکربن

و میانگین رطوبت نسبی دارد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش Khashei et al. (2018) همخوانی دارد.

بابلسر، نوشهر و رامسر طی دوره پایه را ارائه می‌دهد. نتایج آماری نشان می‌دهد که مدل SVM توانایی مناسبی در برآورد پارامترهای اقلیمی بارش، ساعات آفتابی، سرعت باد، میانگین دما

جدول ۳. آماره‌های مقایسه‌ای مقادیر مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده ماهانه پارامترهای اقلیمی در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵)

پارامتر اقلیمی	واحد	R ²	RMSE	MAD
قراخیل	بارش	۰/۷۱	۲۴/۹۹	۱۷
	دمای بیشینه	۰/۹۸	۱/۰۷	۰/۸۴
	دمای کمینه	۰/۹۱	۰/۷۳	۰/۵۷
	ساعات آفتابی	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۵۷
	سرعت باد	۰/۸۱	۰/۱۴	۰/۱۱
	رطوبت نسبی میانگین	%	۰/۶۵	۲/۵
بابلسر	بارش	۰/۷۱	۴۳/۳	۲۵
	دمای بیشینه	۰/۹۸	۱/۰۱	۰/۸۰
	دمای کمینه	۰/۹۸	۰/۶۳	۰/۷۹
	ساعات آفتابی	۰/۸۸	۰/۶۹	۰/۵۵
	سرعت باد	۰/۸۱	۰/۱۴	۰/۱۸
	رطوبت نسبی میانگین	%	۰/۶۸	۲/۲۳
نوشهر	بارش	۰/۷۵	۵۴/۱	۳۱
	دمای بیشینه	۰/۹۷	۱/۱۴	۰/۹
	دمای کمینه	۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۵۷
	ساعات آفتابی	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۵۹
	سرعت باد	۰/۸۱	۰/۱۸	۰/۱۴
	رطوبت نسبی میانگین	%	۰/۵۱	۲/۴۰
رامسر	بارش	۰/۷۱	۷۷/۷۰	۳۷/۵۰
	دمای بیشینه	۰/۹۷	۱/۲۰	۰/۹۶
	دمای کمینه	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۷۹
	ساعات آفتابی	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۵۸
	سرعت باد	۰/۵۴	۰/۳۳	۰/۲۷
	رطوبت نسبی میانگین	%	۰/۶۴	۲/۹۳

دمای بیشینه

افزایش دمای بیشینه اتفاق خواهد افتاد، که بیشترین افزایش دمای بیشینه در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۴/۵ و ۶/۴ درجه سانتی‌گراد در ماه مارس اتفاق خواهد افتاد. و بیشترین کاهش دمای بیشینه در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱/۶- و ۲- درجه سانتی‌گراد در ماه نوامبر اتفاق می‌افتد.

میانگین دمای بیشینه سالانه در ایستگاه‌های هواشناسی قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۵ به ترتیب ۲۱/۵، ۲۱/۱، ۱۹/۷ و ۱۹/۴ درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج برآورد برای دوره آتی نشان می‌دهد، میانگین دمای بیشینه سالانه

شکل (۲) میانگین دمای بیشینه در ایستگاه‌های منتخب استان مازندران را نشان می‌دهد. با توجه به نمودارها در سناریوی RCP2.6 در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، ژوئن، ژوئیه، اوت و دسامبر در تمام ایستگاه‌ها افزایش دما بیشینه و در ماه‌های سپتامبر و نوامبر کاهش دما اتفاق خواهد افتاد، بیشترین کاهش دمای بیشینه در سناریوی RCP2.6 به میزان ۱/۸ درجه سانتی‌گراد در ماه نوامبر و در ایستگاه بابلسر اتفاق می‌افتد و بیشترین افزایش دمای بیشینه در سناریوی مذکور در ایستگاه بابلسر و در ماه مارس به میزان ۳/۶ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. در تمام ماه‌ها به جز نوامبر

یافت و دمای کمینه در ایستگاه‌های هواشناسی قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر به ترتیب، به $۱۴/۳$ ، $۱۵/۷$ ، $۱۴/۴$ و $۱۴/۸$ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید. میانگین دمای کمینه سالانه تحت سناریوی RCP4.5 در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب بین ۲ تا $۲/۳$ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت و میانگین دمای کمینه سالانه در ایستگاه قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر به ترتیب به $۱۴/۷$ ، $۱۶/۱$ ، $۱۴/۸$ و $۱۵/۳$ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، همچنین دمای کمینه سالانه تحت سناریوی RCP8.5 در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب بین $۲/۹$ تا $۳/۳$ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت و دمای کمینه سالانه در ایستگاه‌های قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر به ترتیب به $۱۵/۷$ ، $۱۷/۰$ ، $۱۵/۷$ و $۱۶/۲$ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید.

بارش

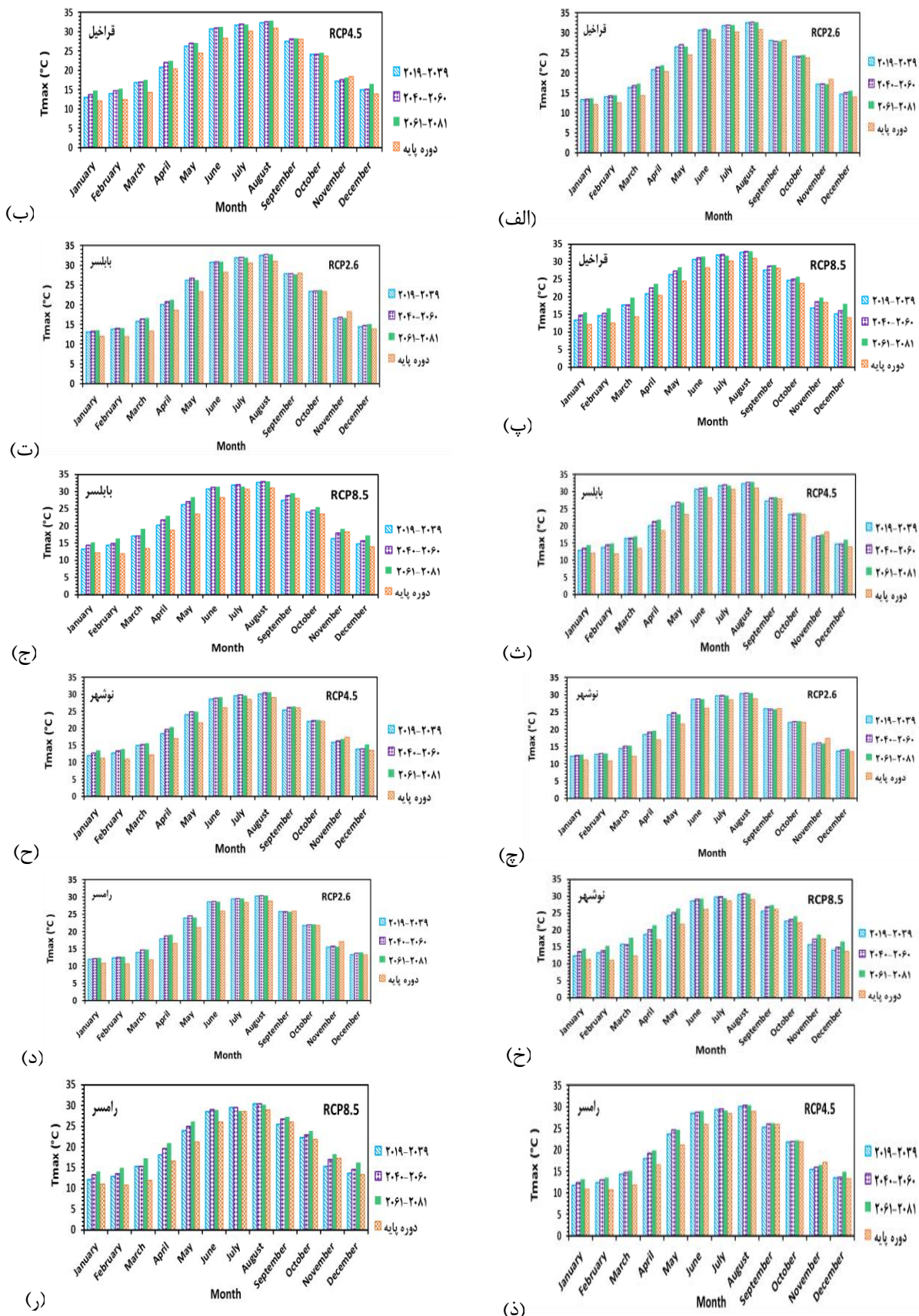
با توجه به شکل (۴) در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب استان مازندران، در بعضی از ماه‌ها افزایش بارش و در ماه‌هایی کاهش بارش را خواهیم داشت، به طوری که در ایستگاه قراخیل و بابلسر در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر کاهش بارش و در دیگر ماه‌های افزایش بارش اتفاق می‌افتد. همچنین در سناریوهای اقلیمی مذکور در ایستگاه رامسر در ماه‌های سپتامبر، نوامبر و دسامبر بارش کاهش خواهد یافت و در ایستگاه نوشهر در ماه‌های اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر بارش کاهش می‌یابد. در سناریوی RCP2.6 بیشترین کاهش بارش مربوط به ایستگاه بابلسر به میزان ۶۰ درصد در ماه نوامبر و بیشترین افزایش بارش مربوط به ایستگاه نوشهر به میزان ۱۳۴ درصد در ماه می اتفاق خواهد افتاد. در سناریوی RCP4.5 بیشترین افزایش بارش مربوط به ایستگاه نوشهر به میزان ۱۴۶ درصد نسبت به دوره پایه خواهد بود و همچنین بیشترین کاهش بارش در سناریوی مذکور ۶۱ درصد در ایستگاه بابلسر در ماه اکتبر اتفاق می‌افتد. در سناریوی RCP8.5 بیشترین افزایش بارش ۱۴۹ درصد در ماه می در ایستگاه نوشهر و بیشترین کاهش بارش در ایستگاه بابلسر به میزان ۶۴ درصد نسبت به دوره پایه در ماه اکتبر خواهد بود. میانگین بارش سالانه در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵) در ایستگاه‌های قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر به ترتیب ۷۴۰، ۹۴۰، ۱۳۱۲ و ۱۲۱۷ میلی‌متر بوده است. بارش در دوره‌های آتی در ایستگاه قراخیل بین ۱۶ تا ۱۸ درصد، در ایستگاه بابلسر تا ۲۹ درصد، در ایستگاه نوشهر بین ۱ تا ۸ درصد و در ایستگاه رامسر بین ۳ تا ۱۱ درصد کاهش خواهد یافت.

طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۸۱ در هر سه سناریو در تمام ایستگاه‌های هواشناسی روندی صعودی خواهد داشت. دمای بیشینه تحت سناریوی RCP2.6 تا سال ۲۰۸۱، در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب تا $۱/۵$ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت و دمای بیشینه در ایستگاه‌های هواشناسی قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر به ترتیب، به $۲۲/۹$ ، $۲۲/۶$ ، $۲۱/۱$ و $۲۰/۸$ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید. دمای بیشینه تحت سناریوی RCP4.5 در ایستگاه‌های مذکور تا ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت و میانگین دمای بیشینه سالانه در ایستگاه قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر به ترتیب به $۲۳/۴$ ، $۲۳/۱$ ، $۲۱/۶$ و $۲۱/۳$ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، همچنین دمای بیشینه سالانه تحت سناریوی RCP8.5 در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب بین $۲/۸$ تا ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت و دمای بیشینه سالانه در ایستگاه‌های قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر به ترتیب به $۲۴/۴$ ، $۲۴/۱$ ، $۲۲/۶$ و $۲۲/۲$ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید.

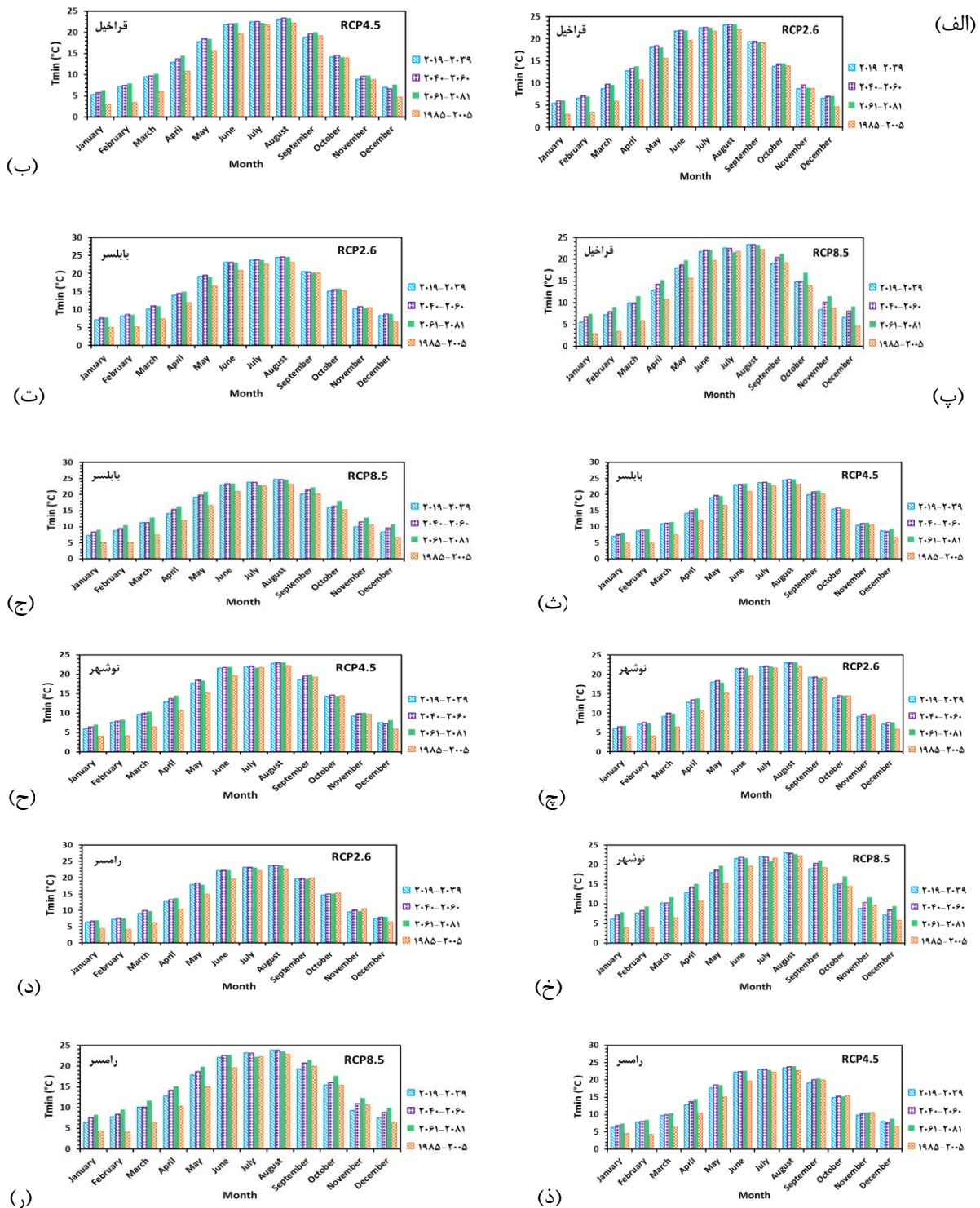
دمای کمینه

شکل (۳) میانگین دمای کمینه در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، در سناریوی‌های مختلف، دمای کمینه در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب، در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر و دسامبر افزایش خواهد یافت که در سناریوی RCP2.6 بیشترین افزایش دمای کمینه مربوط به ایستگاه قراخیل با $۳/۸$ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های فوریه و مارس اتفاق خواهد افتاد. همچنین بیشترین افزایش دمای کمینه در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 در ماه فوریه و در ایستگاه قراخیل به میزان $۵/۷$ درجه سانتی‌گراد رخ خواهد داد. دمای کمینه در ماه‌های اکتبر، نوامبر و سپتامبر کاهش می‌یابد، که بیشترین کاهش دمای کمینه مربوط به ایستگاه رامسر می‌باشد. بیشترین کاهش دمای کمینه در ایستگاه رامسر در سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱-، $۰/۹$ - و $۱/۲$ - درجه سانتی‌گراد خواهد بود که در ماه‌های نوامبر و سپتامبر رخ می‌دهد.

میانگین دمای کمینه سالانه در ایستگاه‌های هواشناسی قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۵ به ترتیب $۱۲/۴$ ، $۱۳/۸$ ، $۱۲/۸$ و $۱۳/۱$ درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج برآورد برای دوره آتی نشان می‌دهد، میانگین دمای کمینه سالانه در تمام ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی طی سال‌های آتی در هر سه سناریو روندی صعودی خواهد داشت. دمای کمینه سالانه تا سال ۲۰۸۱، تحت سناریوی RCP2.6، در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب بین $۱/۷$ تا ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد



شکل ۲. مقادیر دمای بیشینه طی دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵) و آتی در ایستگاه‌های قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر



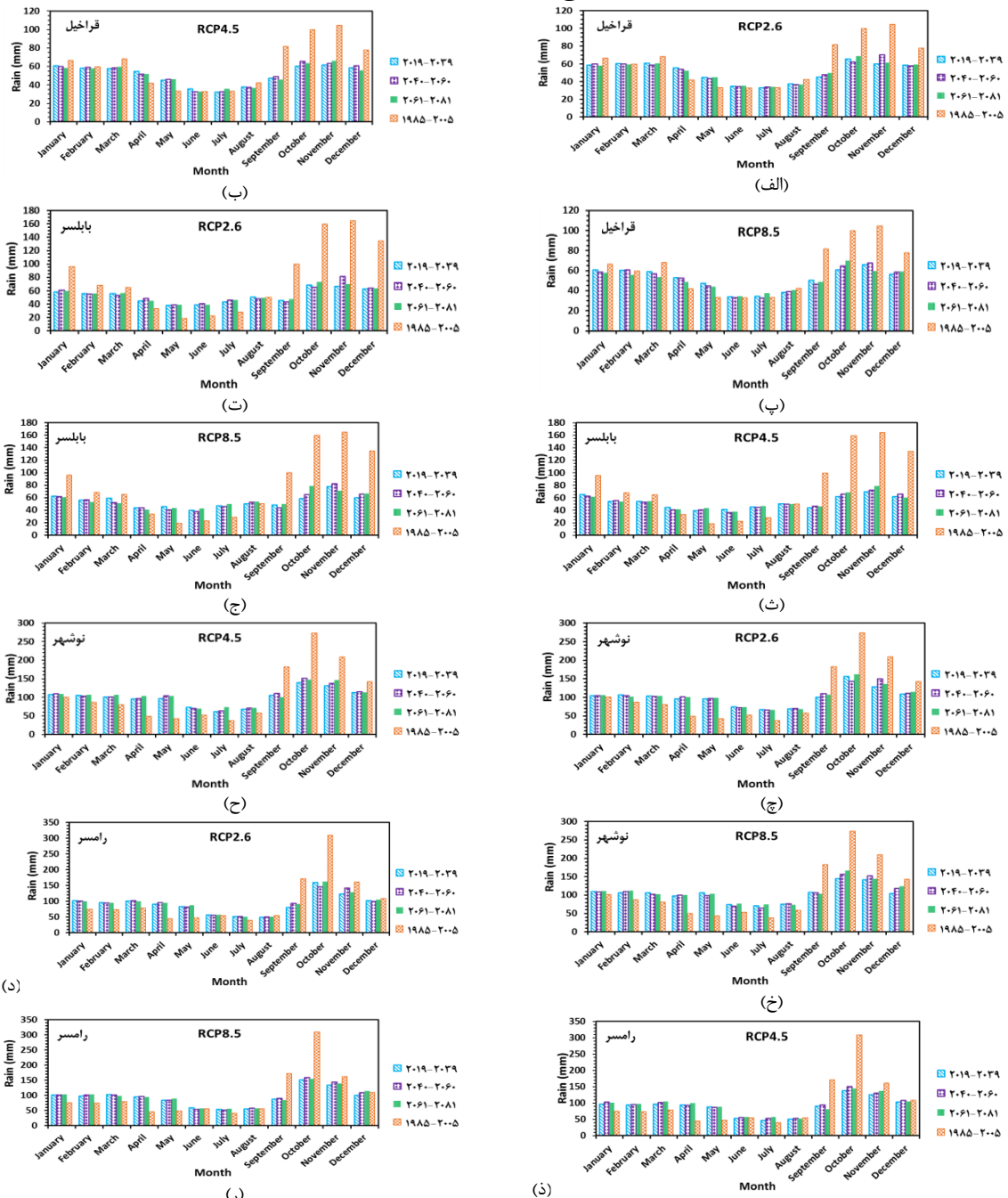
شکل ۳. مقادیر دمای کمینه طی دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵) و آتی در ایستگاه‌های قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر

نتایج نشان می‌دهد در تمام ایستگاه‌های هواشناسی در بعضی از ماه‌ها افزایش و در بعضی از ماه‌ها کاهش تبخیر-تعرق مرجع نسبت به دوره پایه وجود دارد. بررسی درصد تغییرات تبخیر-تعرق تحت سناریوهای مختلف اقلیمی نشان می‌دهد، درصد تغییرات تبخیر-تعرق تحت سناریوی RCP2.6 در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب بین ۱۶/۱- تا ۲۱/۴ درصد متغیر است که

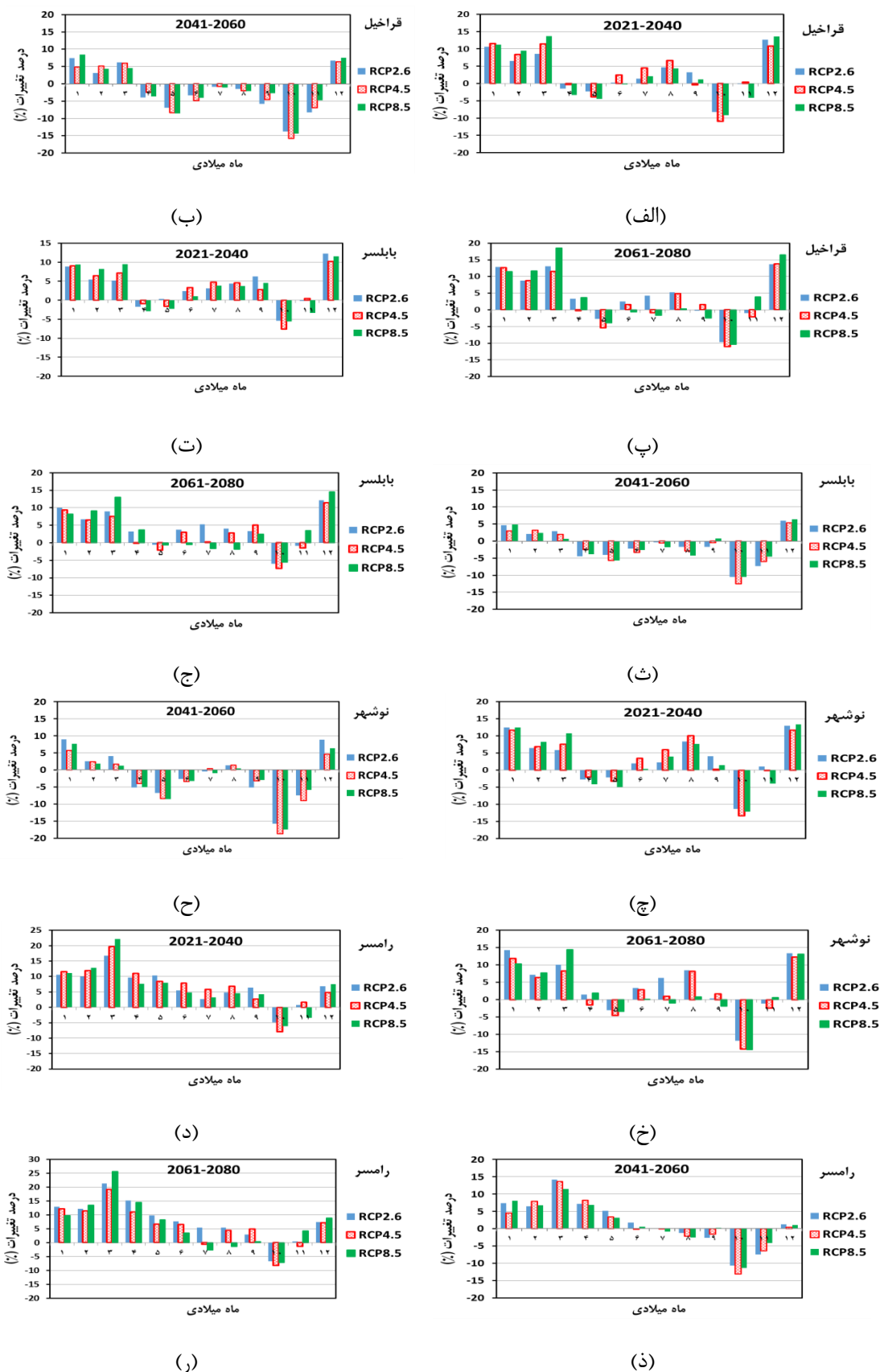
تبخیر- تعرق مرجع
شکل (۵) درصد تغییرات تبخیر-تعرق مرجع برای ماه‌های مختلف سال طی دوره آتی نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب استان مازندران را برای سناریوهای مختلف اقلیمی نشان می‌دهد، همچنین جدول (۲)، میانگین ماهانه تبخیر-تعرق مرجع تحت سناریوهای اقلیمی در دوره‌های آتی و پایه را ارائه می‌دهد.

بیشترین کاهش درصد تغییرات تبخیر-تعرق در تمام ایستگاه‌ها در ماه اکتبر و بیشترین افزایش درصد تغییرات تبخیر-تعرق در ماه مارس اتفاق خواهد افتاد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش Hadi et al. (2016) همخوانی دارد. بررسی جدول (۴) نشان می‌دهد در ایستگاه بابلسر تبخیر-تعرق مرجع تحت سناریوهای مختلف اقلیمی بین ۰/۸ تا ۴/۸ میلی‌متر متغیر است، همچنین میزان تبخیر-تعرق مرجع در ایستگاه‌های نوشهر، قراخیل و رامسر بین ۰/۸ تا ۴/۳ میلی‌متر متغیر خواهد بود. بیشترین میزان تبخیر-تعرق مرجع به میزان ۴/۸ میلی‌متر در ایستگاه بابلسر رخ خواهد داد.

بیشترین کاهش و افزایش تبخیر-تعرق مرجع مربوط به ایستگاه قراخیل می‌باشد. درصد تغییرات تبخیر-تعرق مرجع در سناریوی RCP4.5 در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب بین ۱۷/۷ تا ۱۹/۷ درصد متغیر می‌باشد که بیشترین کاهش درصد تغییرات مربوط به ایستگاه قراخیل و بیشترین افزایش درصد تغییرات تبخیر-تعرق مرجع در ایستگاه‌های منتخب تحت سناریوی RCP8.5 بین ۱۸/۸ تا ۲۵/۷ درصد تغییرات داشته است که بالاترین میزان کاهش تبخیر-تعرق مربوط به ایستگاه قراخیل و بیشترین افزایش درصد تغییرات تبخیر-تعرق مربوط به ایستگاه رامسر می‌باشد.



شکل ۴. مقادیر بارش طی دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵) و آتی در ایستگاه‌های قراخیل، بابلسر، نوشهر و رامسر



شکل ۵. درصد تغییرات تبخیر-تعرق مرجع تحت سناریوهای اقلیمی نسبت به دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵) در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب استان مازندران

جدول ۴- میانگین ماهانه تبخیر-تعرق مرجع در دوره پایه و آتی تحت سناریوهای اقلیمی (میلی متر در روز) در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب استان مازندران

ایستگاه هواشناسی قراخیل														
دوره	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۱۹۸۵-۲۰۰۵		۰/۸	۱/۲	۱/۷	۲/۶	۳/۶	۴/۱	۴/۱	۴/۹	۲/۷	۲/۰	۱/۱	۰/۸	۲/۳
	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۳	۳/۲	۳/۸	۴/۰	۳/۸	۲/۵	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۲
۲۰۲۰-۲۰۰۶	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۸	۲/۴	۳/۲	۳/۹	۴/۰	۳/۸	۲/۶	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۳
	RCP8.5	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۴	۳/۱	۳/۹	۴/۱	۳/۸	۲/۵	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۳
	RCP2.6	۰/۹	۱/۳	۱/۸	۲/۶	۳/۵	۴/۱	۴/۲	۴/۱	۲/۸	۱/۹	۱/۱	۰/۹	۲/۴
۲۰۴۰-۲۰۲۱	RCP4.5	۰/۹	۱/۳	۱/۹	۲/۶	۳/۴	۴/۲	۴/۳	۴/۱	۲/۷	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴
	RCP8.5	۰/۹	۱/۳	۱/۹	۲/۵	۳/۴	۴/۰	۴/۲	۴/۱	۲/۷	۱/۸	۱/۰	۰/۹	۲/۴
	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۸	۲/۵	۳/۳	۳/۹	۴/۱	۳/۸	۲/۵	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۳
۲۰۶۰-۲۰۴۱	RCP4.5	۰/۹	۱/۳	۱/۸	۲/۵	۳/۳	۳/۹	۴/۱	۳/۸	۲/۶	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۳
	RCP8.5	۰/۹	۱/۲	۱/۸	۲/۵	۳/۳	۳/۹	۴/۱	۳/۸	۲/۶	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۴
	RCP2.6	۰/۹	۱/۳	۱/۹	۲/۷	۳/۵	۴/۲	۴/۳	۴/۱	۲/۷	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴
۲۰۸۰-۲۰۶۱	RCP4.5	۰/۹	۱/۳	۱/۹	۲/۶	۳/۴	۴/۱	۴/۱	۴/۱	۲/۸	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴
	RCP8.5	۰/۹	۱/۳	۲/۰	۲/۷	۳/۴	۴/۰	۴/۱	۳/۹	۲/۶	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴
	RCP2.6	۰/۹	۱/۳	۲/۰	۲/۷	۳/۴	۴/۰	۴/۱	۳/۹	۲/۶	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴

ایستگاه هواشناسی بابلسر														
دوره	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۱۹۸۵-۲۰۰۵		۰/۸	۱/۲	۱/۷	۲/۶	۳/۷	۴/۴	۴/۵	۴/۳	۲/۹	۲/۰	۱/۱	۰/۷	۲/۵
	RCP2.6	۰/۸	۱/۲	۱/۷	۲/۳	۳/۳	۴/۲	۴/۴	۴/۲	۲/۷	۱/۷	۰/۹	۰/۸	۲/۴
۲۰۲۰-۲۰۰۶	RCP4.5	۰/۸	۱/۲	۱/۷	۲/۴	۳/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۲	۲/۸	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۴
	RCP8.5	۰/۸	۱/۱	۱/۷	۲/۴	۳/۳	۴/۳	۴/۵	۴/۲	۲/۸	۱/۷	۰/۹	۰/۸	۲/۴
	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۸	۲/۶	۳/۷	۴/۵	۴/۷	۴/۵	۳/۱	۱/۹	۱/۱	۰/۸	۲/۶
۲۰۴۰-۲۰۲۱	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۹	۲/۶	۳/۶	۴/۶	۴/۷	۴/۵	۳/۰	۱/۸	۱/۱	۰/۸	۲/۶
	RCP8.5	۰/۹	۱/۳	۱/۹	۲/۶	۳/۶	۴/۵	۴/۷	۴/۵	۳/۰	۱/۹	۱/۰	۰/۸	۲/۶
	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۸	۲/۵	۳/۵	۴/۳	۴/۵	۴/۳	۲/۹	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۲/۴
۲۰۶۰-۲۰۴۱	RCP4.5	۰/۸	۱/۲	۱/۸	۲/۶	۳/۴	۴/۳	۴/۵	۴/۲	۲/۹	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۴
	RCP8.5	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۵	۳/۴	۴/۳	۴/۴	۴/۱	۲/۹	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۲/۴
	RCP2.6	۰/۹	۱/۳	۱/۹	۲/۷	۳/۶	۴/۶	۴/۸	۴/۵	۳/۰	۱/۹	۱/۰	۰/۸	۲/۶
۲۰۸۰-۲۰۶۱	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۹	۲/۶	۳/۶	۴/۶	۴/۵	۴/۴	۳/۰	۱/۹	۱/۰	۰/۸	۲/۵
	RCP8.5	۰/۹	۱/۲	۲/۰	۲/۷	۳/۶	۴/۴	۴/۵	۴/۲	۳/۰	۱/۹	۱/۱	۰/۹	۲/۵
	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۲/۰	۲/۷	۳/۶	۴/۴	۴/۵	۴/۲	۳/۰	۱/۹	۱/۱	۰/۹	۲/۵

ایستگاه هواشناسی نوشهر														
دوره	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۱۹۸۵-۲۰۰۵		۰/۸	۱/۲	۱/۶	۲/۴	۳/۳	۳/۹	۴/۰	۳/۷	۲/۶	۱/۹	۱/۱	۰/۸	۲/۳
۲۰۲۰-۲۰۰۶	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۶	۲/۲	۲/۹	۳/۷	۳/۹	۳/۷	۲/۴	۱/۶	۱/۰	۰/۸	۲/۱
	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۶	۲/۲	۳/۰	۳/۸	۴/۰	۳/۸	۲/۴	۱/۵	۱/۰	۰/۸	۲/۲
	RCP8.5	۰/۹	۱/۱	۱/۶	۲/۲	۲/۹	۳/۸	۴/۰	۳/۸	۲/۴	۱/۶	۱/۰	۰/۸	۲/۲
۲۰۴۰-۲۰۲۱	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۳	۳/۲	۴/۰	۴/۱	۴/۰	۲/۷	۱/۷	۱/۱	۰/۹	۲/۳
	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۴	۳/۲	۴/۰	۴/۳	۴/۱	۲/۶	۱/۷	۱/۱	۰/۹	۲/۳
	RCP8.5	۰/۹	۱/۳	۱/۸	۲/۳	۳/۱	۳/۹	۴/۲	۴/۰	۲/۶	۱/۷	۱/۰	۰/۹	۲/۳
۲۰۶۰-۲۰۴۱	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۳	۳/۱	۳/۸	۴/۰	۳/۸	۲/۴	۱/۶	۱/۰	۰/۹	۲/۲
	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۶	۲/۳	۳/۰	۳/۸	۴/۰	۳/۸	۲/۵	۱/۶	۱/۰	۰/۸	۲/۲
	RCP8.5	۰/۹	۱/۲	۱/۶	۲/۳	۳/۰	۳/۹	۴/۰	۳/۷	۲/۵	۱/۶	۱/۰	۰/۸	۲/۲
۲۰۸۰-۲۰۶۱	RCP2.6	۱/۰	۱/۲	۱/۸	۲/۴	۳/۲	۴/۰	۴/۳	۴/۰	۲/۶	۱/۷	۱/۱	۰/۹	۲/۳
	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۴	۳/۲	۴/۰	۴/۱	۴/۰	۲/۶	۱/۷	۱/۰	۰/۹	۲/۳
	RCP8.5	۰/۹	۱/۳	۱/۸	۲/۴	۳/۲	۳/۹	۴/۰	۳/۸	۲/۵	۱/۶	۱/۱	۰/۹	۲/۳

ایستگاه هواشناسی رامسر														
دوره	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۱۹۸۵-۲۰۰۵		۰/۸	۱/۱	۱/۵	۲/۲	۳/۱	۳/۸	۴/۰	۳/۸	۲/۶	۱/۹	۱/۱	۰/۸	۲/۲
۲۰۲۰-۲۰۰۶	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۲	۳/۱	۳/۷	۳/۹	۳/۷	۲/۴	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۲
	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۳	۳/۱	۳/۸	۴/۰	۳/۷	۲/۵	۱/۶	۱/۰	۰/۸	۲/۲
	RCP8.5	۰/۹	۱/۲	۱/۶	۲/۳	۳/۰	۳/۸	۴/۰	۳/۸	۲/۵	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۲
۲۰۴۰-۲۰۲۱	RCP2.6	۰/۹	۱/۳	۱/۸	۲/۵	۳/۴	۴/۰	۴/۲	۴/۰	۲/۷	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴
	RCP4.5	۰/۹	۱/۳	۱/۸	۲/۵	۳/۳	۴/۱	۴/۳	۴/۱	۲/۶	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴
	RCP8.5	۰/۹	۱/۳	۱/۹	۲/۴	۳/۳	۴/۰	۴/۲	۴/۰	۲/۷	۱/۸	۱/۰	۰/۹	۲/۴
۲۰۶۰-۲۰۴۱	RCP2.6	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۴	۳/۲	۳/۹	۴/۰	۳/۸	۲/۵	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۳
	RCP4.5	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۴	۳/۲	۳/۸	۴/۰	۳/۷	۲/۵	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۳
	RCP8.5	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۲/۴	۳/۲	۳/۸	۴/۰	۳/۷	۲/۶	۱/۷	۱/۰	۰/۸	۲/۳
۲۰۸۰-۲۰۶۱	RCP2.6	۰/۹	۱/۳	۱/۸	۲/۶	۳/۴	۴/۱	۴/۳	۴/۰	۲/۶	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴
	RCP4.5	۰/۹	۱/۳	۱/۸	۲/۵	۳/۳	۴/۱	۴/۰	۳/۷	۲/۷	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۴
	RCP8.5	۰/۹	۱/۳	۱/۹	۲/۶	۳/۳	۳/۹	۳/۹	۳/۸	۲/۶	۱/۸	۱/۱	۰/۹	۲/۳

نتیجه گیری

۳/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. بارش نیز در تمام ایستگاه‌های هواشناسی منتخب کاهش خواهد یافت که بیشترین کاهش بارش مربوط به ایستگاه بابلسر خواهد بود که تا ۲۹ درصد کاهش بارش اتفاق خواهد افتاد. بررسی‌ها نشان می‌دهد بررسی تبخیر-تعرق مرجع نشان می‌دهد تبخیر-تعرق مرجع سالانه طی دوره‌های آبی بدون تغییر و یا حتی کاهش را نشان می‌دهد، روند تغییرات پارامترهای اقلیمی و تبخیر-تعرق مرجع نشان می‌دهد با وجود افزایش دما، افزایش گازهای گلخانه‌ای موجب تحریک روزنه‌های گیاه و بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش نرخ تبخیر-تعرق مرجع خواهد شد و اثر افزایش دما بر تبخیر-تعرق مرجع تعدیل می‌شود، نتایج این پژوهش با نتایج شرواستوا و همکاران (۲۰۱۷) تطابق دارد. افزایش دما می‌تواند تغییر تاریخ کشت گیاهان در منطقه را باعث شده و برنامه‌ریزی آبیاری در منطقه را تحت تاثیر قرار دهد. بطور کلی نتایج این پژوهش می‌تواند به درک بهتر میزان مصارف بخش کشاورزی در سال‌های آتی کمک کند تا بتوان مدیریت دقیق‌تری بر منابع آب منطقه داشت.

با توجه به کاهش منابع آب در دسترس، مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق منابع آبی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب می‌باشد. بنابراین برآورد دقیق از میزان آب مورد نیاز این بخش به مدیریت منابع آب بسیار کمک خواهد کرد. تغییرات آب و هوایی باعث تغییر پارامترهای اقلیمی و تبخیر-تعرق گیاهان و بالتبع تغییر نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی می‌شود. در این پژوهش به بررسی اثر تغییر پارامترهای اقلیمی بر تبخیر-تعرق مرجع در ایستگاه‌های هواشناسی منتخب استان مازندران پرداخته شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد دمای بیشینه و کمینه در تمام ایستگاه‌ها افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش دمای بیشینه بین ایستگاه‌های هواشناسی منتخب مربوط به ایستگاه هواشناسی بابلسر می‌باشد که تحت سناریوهای مختلف بین ۱/۵ تا ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد، همچنین بیشترین افزایش دمای کمینه بین ایستگاه‌های هواشناسی منتخب در ایستگاه هواشناسی قراخیل اتفاق خواهد افتاد و میانگین دمای کمینه تحت سناریوهای مختلف بین ۲ تا

REFERENCE

- Acharjee, T. K., Ludwig, F., van Halsema, G., Hellegers, P., & Supit, I. (2017). Future changes in water requirements of Boro rice in the face of climate change in North-West Bangladesh. *Agricultural Water Management*, 194, 172-183.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. FAO, Rome, 300(9), D05109.
- Barzegari, F. & Malekinezhad, H. (2019). Investigation of the Effects of Climate Change on Sustainability of Water Need and Water Consumption of Agricultural Section in the Yazd-Ardakan Plain. *Journal of Agroecology*. 10 (4), 1161- 1176.
- Groisman, P.Y., Karl, T.R., Easterling, D.R., Knight, R.W., Jamason, P.F., Hennessy, K.J., et al., (1999). Changes in the probability of heavy precipitation: important indicators of climatic change. *Clim. Change* 42 (1), 243-283.
- Hadi, F., Khashei Siuki, A., Shahidi, A. & Farzaneh, M. R. (2016). Examination the Effect of Climate Change on Potential Evapotranspiration in Different Climates. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 10 (2), 230-240. (In Farsi)
- Huang, H.L. and Chang, F.L. (2007), "ESVM: Evolutionary support vector machine for automatic feature selection and classification of microarray data", *Biosystems*, 90(2):516-528.
- Heydari Tasheh Kaboud, H. & Khoshkhou, Y. (2019). Projection and prediction of the annual and seasonal future reference evapotranspiration time scales in the West of Iran under RCP emission scenarios. *Scientific Journals Management System*. 19 (53), 157-176.
- IPCC Data Distribution Center <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>.
- IPCC, (2007). Intergovernmental panel on climate change. *Climate change (2007):impacts, adaptation and vulnerability*. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., et al. (Eds.), Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC, (2013). Summary for policymakers. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M.(Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, (2014). *Climate Change (2014): Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth*
- Islam, A., Ahuja, L. R., Garcia, L. A., Ma, L., & Saseendran, A. S. (2012). Modeling the effect of elevated CO2 and climate change on reference evapotranspiration in the semi-arid Central Great Plains. *Transactions of the ASABE*, 55(6), 2135-2146.
- Khamchin Moghaddam, F., & Bashi Azghadi, S.N. (2018). Evaluation of sampling frequency from groundwater resources on pollution source

- identification characteristics. Iranian Water Research Journal. 12 (1), 113-121. (In Farsi)
- Khashei, A., Shahidi, A., Pourrezabilondi, M., Amirabadizadeh, M., & jafarzadeh, A. (2018). Performance Assessment of ANN and SVR for downscaling of daily rainfall in dry regions. Iranian Journal of Soil and Water Research. 49 (4), 781-793. (In Farsi)
- Moratiel, R., Snyder, R. L., Duran, J. M., & Tarquis, A. M. (2011). Trends in climatic variables and future reference evapotranspiration in Duero Valley (Spain). Natural Hazards and Earth System Sciences, 11(6), 1795-1805.
- Saadi, S., Todorovic, M., Tanasijevic, L., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., & Lionello, P. (2015). Climate change and Mediterranean agriculture: impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. Agricultural water management, 147, 103-115.
- Schlenker, W., Hanemann, W.M., Fisher, A.C., (2007). Water availability, degree days and the potential impact of climate change on irrigated agriculture in California. Clim. Change 81, 19-38.
- Srivastava, A. K., Mboh, C. M., Zhao, G., Gaiser, T., & Ewert, F. (2017). Climate change impact under alternate realizations of climate scenarios on maize yield and biomass in Ghana. Agricultural Systems.
- Sun, S. K., Li, C., Wu, P. T., Zhao, X. N., & Wang, Y. B. (2018). Evaluation of agricultural water demand under future climate change scenarios in the Loess Plateau of Northern Shaanxi, China. Ecological Indicators, 84, 811-819.
- Sun, S.K., Wang, Y.B., Engel, B.A., Wu, P.T., (2016). Effects of virtual water flow on regional water resource stress: a case study of grain in China. Sci. Total Environ. 550, 871-879.
- Valipour, M., Raeini-Sarjaz, M., & Sefidkouhi, M. A. G. (2018). Optimisation of cropping pattern considering stomatal response to elevated CO2 emission and climate change. International Journal of Global Warming, 15(2), 227-255.
- Woznicki, S. A., Nejadhashemi, A. P., & Parsinejad, M. (2015). Climate change and irrigation demand: Uncertainty and adaptation. Journal of Hydrology: Regional Studies, 3, 247-264.
- Yarmohammadi, S., Zakerinia, M., Ghorbani, K . & Soltani, A. (2018). Investigation of the effect of climate change on evapotranspiration and wheat water requirement in Bojnord region. Journal of Water Resources Engineering 10 (35), 97-109. (In Farsi)