



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و پنجم، شماره ششم، ۱۳۹۷

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.14583.2945

بررسی میزان تغییرات بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در استان خوزستان تحت تأثیر تغییر اقلیم

*علیرضا نیکبخت شهبازی

گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۷

چکیده

سابقه و هدف: بخش کشاورزی نقش اساسی و حیاتی در اقتصاد ملی و تولید مواد غذایی در ایران دارد. در این میان به واسطه موقعیت خاص اقلیمی کشور و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش، کشت آبی محور اصلی در تولید مواد غذایی می‌باشد. در مناطق خشک کشور مانند استان خوزستان تقریباً صد درصد تولیدات کشاورزی از کشت آبی حاصل می‌شود. طبق تحقیقات مرکز پژوهش‌های مجلس پیش‌بینی شده است جمعیت ایران تا سال ۱۴۱۰ به مرز ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید که در این صورت برای تأمین نیازهای غذایی این جمعیت، بر مبنای حدود ۲۶۰۰ کیلو کالری انرژی روزانه به بیش از ۱۵۰ میلیارد مترمکعب آب سالانه نیاز خواهد بود که این مقدار در سبد آبی کشور موجود نمی‌باشد، بنابراین باید با روش‌های افزایش بهره‌وری آب مدیریت منابع صورت گیرد. پدیده گرمایش جهانی در حال وقوع و اقلیم در حال تغییر است و تغییر آب و هوا و نوسانات اقلیمی خطر خسارت‌های بیش‌تری را به همراه دارد. با توجه به اهمیت و ضرورت موضوع و پژوهش‌های اندکی که در این خصوص صورت گرفته است، تأثیرات محلی و منطقه‌ای نوسانات اقلیمی بر تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تغییرات به‌خصوص در مناطق حاصلخیز و کشاورزی محور مانند خوزستان از اهمیت دو چندانی برخوردار است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تأثیر تغییر اقلیم بر میزان بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در دوره‌های آتی مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار از داده‌های اقلیمی مدل گردش عمومی جو CanESM2 تحت دو سناریوی واداشت تابشی در استان خوزستان استفاده شد. جهت بررسی امکان تولید و شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی در دوره‌های آتی با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM برای دوره پایه (۱۹۹۰-۲۰۰۵) کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل انجام گرفت. از طریق داده‌های CanESM2 میزان بارش و دمای بیشینه و کمینه ایستگاه‌های منتخب برای سه دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ (متوسط ۲۰۳۰)، ۲۰۷۰-۲۰۵۰ (متوسط ۲۰۶۰) و ۲۰۸۰-۲۱۰۰ (متوسط ۲۰۹۰) میلادی پیش‌نگری و با دوره پایه مقایسه گردید. میزان بارش و تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی برای محصولات منتخب شامل گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای و نیشکر محاسبه شد. با استفاده از مدل CanESM2 و سناریوهای واداشت تابشی گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) شبیه‌سازی و تولید داده‌های هواشناسی در دوره‌های آتی صورت گرفت و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل متوسط دوره‌ها با اطلاعات تولید شده در دوره‌های آتی به‌دست آمد.

* مسئول مکاتبه: nikbakhta@gmail.com

یافته‌ها: نتایج نشان داد میزان دما به‌طور میانگین در همه ایستگاه‌های منتخب و در همه سناریوها تا ۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد و این افزایش در مورد سناریو RCP8.5 از سناریو RCP4.5 بیش‌تر است. میزان میانگین بارش نیز در دوره‌های ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ کاهش می‌یابد. میزان تبخیر و تعرق به‌دست آمده برای همه محصولات کشاورزی مورد مطالعه روند افزایشی دارد اما این افزایش برای محصول برنج و ذرت دانه‌ای به‌طور متوسط در دوره ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ افزایش بیش‌تری از خود نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که تبخیر و تعرق در دوره‌های آتی افزایش می‌یابد. بنابراین باید افزایش آب مصرفی محصولات و تبخیر و تعرق محصولات و کمبود آب مورد توجه قرار گیرد. بنابراین باید تمهیداتی در نظر گرفته شود تا راندمان مصرف آب محصولات بالا رفته و محصولات با تبخیر و تعرق پتانسیل کم‌تر در بعضی از مناطق خوزستان کشت شوند.

واژه‌های کلیدی: استان خوزستان، تبخیر و تعرق، تغییر اقلیم، محصولات کشاورزی، واداشت تابشی

مقدمه

روش‌های افزایش بهره‌وری آب مدیریت منابع صورت گیرد. پدیده گرمایش جهانی در حال وقوع و اقلیم در حال تغییر است و تغییر آب و هوا و نوسانات اقلیمی خطر خسارت‌های بیش‌تری را به همراه دارد. با توجه به اهمیت و ضرورت موضوع و پژوهش‌های اندکی که در این خصوص صورت گرفته است، تأثیرات محلی و منطقه‌ای نوسانات اقلیمی بر تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تغییرات به‌خصوص در مناطق حاصلخیز و کشاورزی محور مانند خوزستان از اهمیت دو چندانی برخوردار است. ابراهیم‌پور و همکاران (۲۰۱۲) از مدل SIMETAW جهت شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی و بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده کردند. نتایج مقایسه مقادیر روزانه شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۴) قابلیت مناسب مدل در شبیه‌سازی دمای حداقل، دمای حداکثر و دمای نقطه شبنم، سرعت باد، بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه را نشان داد و در ضمن این مدل برای برآورد تبخیر و تعرق و بررسی اثرات تغییر اقلیم مناسب است. نتایج نشان داد تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره ۲۰۲۰-۲۰۵۰

بخش کشاورزی نقش اساسی و حیاتی در اقتصاد ملی و تولید مواد غذایی در ایران دارد، به‌طوری‌که حدود ۲۷ درصد تولید ناخالص ملی و ۲۲ درصد نیروی کار کشور مرتبط با این بخش است. در این میان به‌واسطه موقعیت خاص اقلیمی کشور و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش، کشت آبی محور اصلی در تولید مواد غذایی می‌باشد. با وجود وسعت تقریباً یکسان کشت دیم و آبی کشور، بیش‌ترین تولید از بخش فاریاب حاصل می‌گردد. به‌طوری‌که در طول ۵ سال گذشته تقریباً همواره نزدیک به ۹۰ درصد کل تولیدات محصولات کشاورزی ایران از کشت‌های آبی حاصل شده است (۱۲). در مناطق خشک کشور مانند استان خوزستان تقریباً صد درصد تولیدات کشاورزی از کشت آبی حاصل می‌شود. پیش‌بینی شده است جمعیت ایران تا سال ۱۴۱۰ به مرز ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید که در این صورت برای تأمین نیازهای غذایی این جمعیت، بر مبنای حدود ۲۶۰۰ کیلو کالری انرژی روزانه به بیش از ۱۵۰ میلیارد مترمکعب آب سالانه نیاز خواهد بود که این مقدار در سبد آبی کشور موجود نمی‌باشد (۱۲)، بنابراین باید با

بارندگی و کمبود فشار بخار همانند درجه حرارت هوا تا سال ۲۰۹۰ افزایش خواهد یافت و این افزایش در ماه‌های گرم سال بیش‌تر از ماه‌های سرد سال می‌باشد (۵). یعقوب‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مدل SWAP و اطلاعات هواشناسی و زراعی، تبخیر و تعرق برای پنج مزرعه در دشت نیشابور محاسبه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که تبخیر و تعرق مرجع روزانه در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ تحت سناریو A2 بیش‌ترین تفاوت را نسبت به تبخیر و تعرق دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۱۱) داشته است. در بین محصولات مورد پژوهش ایشان گندم با ۱۲ درصد تغییر نسبت به ذرت با ۳ درصد تغییر بیش‌ترین تغییر تبخیر و تعرق را در دوره‌های آبی نسبت به دوره پایه در طی رشد نشان داده است (۲۱). میانگین کل تبخیر و تعرق دوره رشد ذرت نسبت به محصولات دیگر بیش‌تر خواهد بود. طباطبائی و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی در خصوص اثرات پدیده تغییر اقلیم تحت سناریوهای RCP بر تبخیر و تعرق پتانسیل نشان داده‌اند که بیش‌ترین افزایش مقدار تبخیر تعرق پتانسیل طی دوره آینده ۲۰۲۱ تا ۲۰۷۰ در دشت مشهد در ماه ژانویه تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب با ۱۵/۴ درصد و ۱۶/۴ درصد افزایش نسبت به دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۰۵ و نیز بیش‌ترین مقدار کاهش در ماه اکتبر با ۱۲/۵- و ۱۰- درصد کاهش نسبت به دوره پایه می‌باشد (۱۸). همچنین پژوهشگران بسیاری اثرات تغییر اقلیم را بر خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی در سطح حوضه آبریز مورد بررسی قرار دادند (۱، ۲، ۳، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۲ و ۲۳). مطالعات تغییر اقلیم و بررسی سناریوهای اقلیمی دوره آبی و بررسی اثرات آن بر میزان تولید محصولات کشاورزی در دوره آبی می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی در آینده قرار گیرد. در این پژوهش تأثیر تغییر اقلیم بر میزان بارش و تبخیر و تعرق محصولات عمده کشاورزی استان خوزستان در دوره‌های آبی با

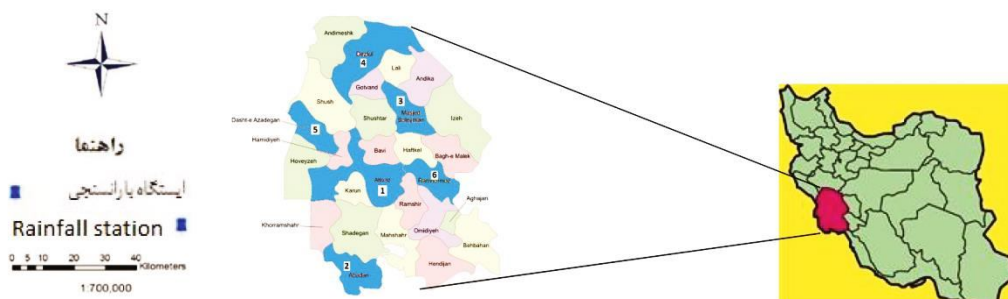
حدود ۵/۳۵ و ۳/۵۴ میلی‌متر در ماه و در دوره ۲۰۵۰-۲۰۸۰ حدود ۱۰/۴۹ و ۸/۰۸ میلی‌متر در ماه به‌ترتیب تحت سناریو A2 و B2 افزایش خواهد داشت (۷). کلانکی و کاراندیش (۲۰۱۵) بر اساس داده‌های هواشناسی در طول دوره پایه (۱۹۸۱-۲۰۱۰) در سه ایستگاه نوشهر، رامسر و بابلسر، میزان تبخیر-تعرق پتانسیل با استفاده از معادله فائو پنمن-ماتیتث برآورد نمودند. سپس قابلیت مدل ANFIS جهت تخمین تبخیر-تعرق پتانسیل با حداقل داده مورد ارزیابی قرار گرفت. نرم‌افزار LARS-WG جهت ریزمقیاس‌سازی داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 استفاده شده و در ادامه، برای پیش‌بینی مؤلفه‌های اقلیمی تا سال ۲۱۰۰ اقلیمی تحت سناریوهای A1B، A2 و B2 استفاده شد. افزایش معنی‌دار دمای حداقل و حداکثر باعث افزایش معنی‌دار تبخیر تعرق پتانسیل طی سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۰ شد. این افزایش در سناریوی A2 بیش‌تر بود (۱۳). دانش‌فراز و رزاق‌پور (۲۰۱۴) با استفاده از داده‌های مشاهداتی بارش، دمای کمینه و بیشینه، ساعات آفتابی منطقه در دوره پایه و به کمک نوسانات اقلیمی حاصل از مدل گردش عمومی HadCM3 به بررسی میزان پتانسیل تبخیر و تعرق در سطح استان آذربایجان غربی پرداخته شده است. نتایج بیانگر بحرانی بودن وضعیت منطقه تحت سناریوهای A2 و A1B به ترتیب برای دو دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵ بود (۶). بهمنش و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه و بارندگی و مدل گردش عمومی HadCM3 و با به‌کارگیری مولد آب و هوای LARS-WG 5 برای دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ شبیه‌سازی شد. سپس با استفاده از پارامترهای پیش‌بینی‌شده، تبخیر-تعرق مرجع، کمبود بارندگی و کمبود فشار بخار محاسبه شده و با مقادیر مانند دوره پایه (۱۹۷۱-۲۰۱۰) مقایسه کردند. نتایج نشان داد تبخیر-تعرق مرجع، کمبود

درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی قرار دارد. به منظور انجام مطالعات، از داده‌های شش ایستگاه هواشناسی در سطح استان خوزستان استفاده گردید. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده را می‌توان مشاهده نمود. طول آماری ایستگاه‌های مورد استفاده از سال ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۱ می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM و با به‌کارگیری برودادهای مدل CanESM2 تحت سناریوهای واداشت تابشی مورد بررسی قرار گرفت که تاکنون در پژوهش‌های قبلی مورد توجه قرار نگرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل شش شهرستان استان خوزستان است. استان خوزستان در محدوده ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. Location of the studied area.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی در محدوده استان خوزستان.

Table 1. Specifications of meteorological stations in Khuzestan province.

ارتفاع (متر) Elevation (m)	عرض جغرافیایی (درجه) Latitude	طول جغرافیایی (درجه) Longitude	نام ایستگاه Station
22.5	31° 20' 44"	48° 44' 39"	اهواز Ahvaz
6.6	30° 22' 37"	48° 12' 53"	آبادان Abadan
320	32° 00' 03"	49° 14' 26"	مسجد سلیمان Masjedsoleiman
82	32° 15' 12"	48° 25' 59"	دزفول Dezful
8.6	31° 42' 28"	48° 00' 36"	بستان Bostan
150	31° 16' 22"	49° 35' 47"	رامهرمز Ramhormoz

در این پژوهش با توجه به هدف بررسی محصولات استراتژیک و عمده تولیدی که اطلاعات آن موجود است محصولات گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای و نیشکر انتخاب و میزان تبخیر و تعرق آن‌ها به‌دست آمد، در ضمن میانگین تبخیر و تعرق محصولات در طول دوره کشت در هر ایستگاه مورد استفاده قرار گرفت. میزان تولید محصولات به‌طور متوسط در استان خوزستان و هر یک از شهرستان‌ها از جهاد کشاورزی اخذ گردید. گندم و جو به دو صورت کشت آبی و کشت دیم در استان خوزستان کشت می‌شود. کشت برنج، ذرت دانه‌ای و نیشکر به‌صورت آبی است.

سناریوهای واداشت تابشی تغییر اقلیم: گزارش پنجم IPCC که در سال ۲۰۱۴ منتشر شد، بیش‌تر بر جنبه‌های اقتصادی- اجتماعی تغییرات اقلیم و نقش آن در توسعه پایدار، مدیریت ریسک و چهارچوب کلی آن بر کاهش گازهای گلخانه‌ای و روش‌های سازگاری با تغییر اقلیم تأکید دارد. مدل‌های سری CMIP5 در گزارش پنجم توسط هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (AR5) ارائه شده است. در این پژوهش پیش‌بینی‌کننده‌های مربوط به مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری مدل گردش کلی CanESM2 از سایت اخذ و استفاده شد. گزارش پنجم تغییر اقلیم بر مبنای واداشت تابشی نوشته شده است. واداشت تابشی، تفاوت بین انرژی تابشی دریافتی از خورشید و انرژی بازگشتی به جو توسط زمین است. سناریوی خانواده RCP شامل ۴ سناریوی مختلف است که این سناریوهای عبارتند از: ۶، ۸/۵، ۴/۵ و ۲/۶ که بر اساس مشخصات متفاوت سطح تکنولوژی، وضعیت اجتماعی و اقتصادی، خط‌مشی‌ها در آینده است که در هر شرایطی می‌تواند منجر به سطح انتشار متفاوت گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی گردد. این سناریوها بر اساس نتایج حاصل از برخی

محاسبه تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی: جهت محاسبه میانگین تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در طول دوره رشد از اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌ها استفاده شد. همچنین سند ملی آب خوزستان میزان نیاز آبی متوسط هر یک از محصولات گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای و نیشکر را در طول دوره رشد محصول ارائه نموده است. مدل تبخیر و تعرق هارگریوز- سامانی برای محاسبه تبخیر و تعرق روزانه نیازی به اطلاعات گسترده ندارد و همچنین در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر میزان تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در مطالعات گذشته مورد استفاده قرار گرفته است، از این‌رو این مدل برای محاسبه تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی انتخاب شده است. برای بررسی دقت مدل در منطقه مورد مطالعه در دوره مشاهداتی این مقایسه (مقادیر تبخیر و تعرق مدل هارگریوز- سامانی با مدل فائو- پنمن مانیتث) صورت گرفت و نتایج قابل‌قبول بود. مدل هارگریوز سامانی برای برآورد تبخیر و تعرق روزانه به‌صورت رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$ET_0 = 0.0135K_T R_a TD^{0.5}(T + 17.8)$$

$$K_T = 0.00185TD^{0.5} - 0.0433TD + 0.4023 \quad (1)$$

$$TD = T_{max} - T_{min}$$

$$ET_C = K_C ET_0$$

که در آن، T_{max} و T_{min} به‌ترتیب حداقل و حداکثر دمای هوا در دوره مورد نظر بر حسب درجه سانتی‌گراد، T دمای متوسط ماهانه بر حسب درجه سانتی‌گراد، R_a تابش خورشیدی در بالای جو که برای ماه‌های مختلف سال و عرض‌های جغرافیایی مختلف، مقدار متفاوت به خود می‌گیرد، ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ET_C تبخیر و تعرق پتانسیل و K_T ضریب تصحیح است. K_C ضریب گیاهان است و برای محصولات مختلف از نشریه شماره ۵۶ فائو به‌دست می‌آید.

مدل و تولید داده‌های هواشناسی آینده با استفاده از متغیرهای مستقل است.

در این پژوهش جهت ریزمقیاس‌نمایی آماری، از داده‌های مدل CanESM2 با استفاده از نرم‌افزار SDSM استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل بارش، دمای کمینه و بیشینه، دمای میانگین روزانه است. همچنین از داده‌های NCEP (جدول ۲) و داده‌های مدل CanESM2 تحت سناریوهای واداشت تابشی استفاده شده است. متغیرهای NCEP شامل ۲۶ متغیر اتمسفری است که از بین آن‌ها، متغیرهای مستقل انتخاب می‌شوند. با توجه به این‌که متغیرهای پیش‌بینی‌کننده NCEP می‌توانند روابط مختلفی با داده‌های پیش‌بینی‌شونده داشته باشند بنابراین متغیرهایی دارای اهمیت هستند که دارای بالاترین ضریب همبستگی و پایین‌ترین واریانس خطا باشند. برای انتخاب متغیرهای مستقل غالب از مدل SDSM استفاده شد. در مرحله واسنجی از آمار متغیرهای هواشناسی مشاهده شده برای مقایسه با مدل استفاده شد. دوره پایه بر اساس داده‌های موجود همه ایستگاه‌ها سال‌های ۱۹۹۰ الی ۲۰۰۵ است. سال‌های آماری ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۵ برای صحت‌سنجی مدل استفاده شد. جهت بررسی دقت و ارزیابی مدل در مرحله واسنجی و صحت‌سنجی مدل از میانگین خطای مطلق نرمال (NRMSE)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE) و ضریب تعیین (R^2) استفاده شده است:

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 / n}}{\bar{O}} \times 100 \quad (4)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{n} \quad (5)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})]^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (6)$$

فراسنج‌های اجتماعی-اقتصادی، تکنولوژیکی و همچنین میزان غلظت برخی گازها برای دهه‌های آینده طراحی شده‌اند. در سناریوی RCP8.5، میزان غلظت CO_2 تا سال ۲۱۰۰، ۱۳۷۰ PPM تخمین زده شده است و اثر گازهای گلخانه‌ای بر واداشت‌های تابشی را تا ۸/۵ وات بر مترمربع تخمین زده است. در سناریوی RCP4.5، میزان غلظت CO_2 تا سال ۲۱۰۰، ۶۵۰ PPM تخمین زده شده است و اثر گازهای گلخانه‌ای بر واداشت‌های تابشی را ۴/۵ وات بر مترمربع تخمین زده است. در این پژوهش از نسل دوم مدل سامانه زمین CanESM2 به همراه نسل چهارم مدل جهانی آب و هوا توسعه‌یافته توسط مرکز محیط زیست کانادا برای مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل آب و هوا استفاده شد.

معرفی مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM:

SDSM یکی از ابزارهای ریزمقیاس‌نمایی آماری است که توسط ویلی و همکاران (۲۰۱۲) برای ارزیابی اثرات محلی تغییر اقلیم توسعه داده شد. این مدل که هسته اصلی آن تلفیقی از روش‌های تصادفی و همبستگی می‌باشد با هدف تبیین حداکثری تغییرپذیری اقلیم محلی (پیش‌بینی‌شونده) یک ایستگاه از تأثیرگذارترین متغیرهای بزرگ مقیاس (پیش‌بینی‌کننده) طراحی شده است (۲۰). ورودی این مدل داده‌های دیدبانی روزانه ایستگاه (پیش‌بینی‌شونده)، متغیرهای بزرگ مقیاس NCEP (پیش‌بینی‌کننده) در دوره مشابه دیدبانی و برون‌داد متغیرهای بزرگ مقیاس مدل‌های گردش عمومی تحت سناریوهای انتشار گوناگون برای دوره مطالعاتی آینده است. مراحل کار مدل به‌طور خلاصه شامل چندین مرحله است. کنترل کیفیت و تبدیل داده‌ها، انتخاب متغیرهای مستقل مناسب، واسنجی مدل، تولید داده‌های هواشناسی زمان حاضر با استفاده از متغیرهای مستقل مشاهده‌ای، آنالیز آماری داده‌های مشاهده شده، نمایش هندسی خروجی

مدل SDSM استفاده شد. از طریق داده‌های CanESM2 میزان بارش و دمای بیشینه و کمینه ایستگاه‌های منتخب برای سه دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ (متوسط ۲۰۳۰)، ۲۰۷۰-۲۰۵۰ (متوسط ۲۰۶۰) و ۲۰۸۰-۲۱۰۰ (متوسط ۲۰۹۰) میلادی پیش‌نگری و با دوره پایه مقایسه گردید. پس از به‌دست آمدن داده‌های هواشناسی برای دوره‌های آتی از میزان دمای تولید شده از مدل هارگریوز- سامانی برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل محصول مورد نظر در دوره‌های آتی استفاده شد.

که در آن، O_i میزان مقادیر مشاهده شده، P_i میزان مقادیر پیش‌بینی شده و \bar{O} میانگین مقادیر مشاهده شده، \bar{P} میانگین مقادیر پیش‌بینی شده و n تعداد داده‌ها است. پس از اطمینان از صحت نتایج ارزیابی مدل و قابلیت آن در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی، این مدل برای ریزمقیاس‌کردن داده‌های مدل گردش کلی CanESM2 و تولید داده یا شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در دوره‌های آتی با استفاده از سناریوهای اقلیمی مورد تأیید IPCC اجرا شد. از داده‌های دو سناریو واداشت تابشی مدل گردش کلی CanESM2 با استفاده از روش ریزمقیاس‌نمایی آماری و به‌کارگیری

جدول ۲- فهرست متغیرهای بزرگ مقیاس (پیش‌بینی‌کننده‌ها) NCEP.

Table 2. NCEP large scale Predictors list.

متغیر Variable	علامت Sign	متغیر Variable	علامت Sign
سرعت مداری سطحی Near Surface orbital speed	Pu	فشار سطح متوسط دریا Average sea level pressure	Pmsl
حالت گردابی سطحی Surface vortex mode	Pv	قدرت جریان هوای سطحی Near surface wind strength	Pfu
واگرایی سطحی Near surface divergence	Pzh	سرعت نصف‌النهاری سطحی Surface Meridian Speed	Mvu
سرعت مداری در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال Orbital speed at 500 hPa	P5u	جهت باد در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال Wind direction at 500 hPa	Wd5
حالت گردابی در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال Vortex mode at 500 hPa	P5v	قدرت جریان هوا در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال Wind strength at 500 hPa	Pf5
جهت باد در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال Wind strength at 500 hPa	Wd5	سرعت نصف‌النهاری در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال Meridian Speed at 500 hPa	Mv5
واگرایی در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال Divergence at 500 hPa	P5zh	ژئوپتانسیل در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال 500 hPa geopotential height	P500
سرعت مداری در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال Orbital speed at 850 hPa	P8u	قدرت جریان هوا در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال Wind strength at 850 hPa	Pa8
حالت گردابی در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال Vortex mode at 850 hPa	P8v	سرعت نصف‌النهاری در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال Meridian Speed at 850 hPa	Mv8
جهت باد در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال Wind direction at 500 hPa	Wd8	ژئوپتانسیل در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال 850 hPa geopotential height	P850
رطوبت نسبی در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال Relative humidity at 500 hPa	R500	واگرایی در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال Divergence at 850 hPa	P8zh
رطوبت نسبی سطحی Near surface relative humidity	Shum	رطوبت نسبی در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال Relative humidity at 850 hPa	R850
میانگین دما در ارتفاع ۲ متری Mean temperature at 2 m	Temp	رطوبت ویژه سطحی Near surface-specific humidity	Rhum

نتایج و بحث

با توجه به میزان همبستگی داده‌های بارش روزانه و میزان دمای بیشینه و کمینه با داده‌های NCEP متغیرهای پیش‌بینی‌کننده از بین ۲۶ متغیر انتخاب شدند که بارش روزانه با داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال، جهت باد در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال، فشار متوسط سطح دریا، رطوبت ویژه سطحی، میانگین دما در ارتفاع ۲ متری و سرعت مداری در تراز فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال

بیش‌ترین همبستگی را در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان دادند. متغیر دما بیش‌ترین همبستگی را با ژئوپتانسیل در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال، فشار متوسط سطح دریا، جهت باد در تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال و میانگین دما در ارتفاع ۲ متری داشت. نتایج غربالگری متغیرها بارش و دما با توجه به سطح اعتماد ۱۰ درصد و مقادیر P-value, Partial r که در جدول ۳ ذکر شده است، انتخاب شد.

جدول ۳- نتایج مرحله غربالگری داده‌ها (ایستگاه هواشناسی اهواز).

Table 3. Data screening results (Ahvaz station).

همبستگی جزئی Partial r	P-value	پیش‌بینی‌کننده Predictor	متغیر Variables
0.35	0.061	P850	بارش Precipitation
0.32	0.019	Wd8	
0.27	0.046	Pmsl	
0.44	0.06	Rhum	
0.61	0.07	Temp	
0.58	0.05	P8u	
0.3	0.1	P500	دما Temperature
0.55	0.01	Pmsl	
0.43	0.02	Wd5	
0.68	0.001	Temp	

قابل قبول (کم‌تر از ۱۰ درصد) و در همه ایستگاه‌ها تقریباً یکسان است. هرچه مقدار MAE, NRMSE کم‌تر باشد نشان‌دهنده کارایی بیش‌تر مدل در برآورد متغیرهاست. برای بررسی دقیق‌تر آزمون برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهداتی و چشم‌انداز آبی بارش و دمای متوسط، بیشینه و کمینه صورت گرفت. نتایج نشان داد با توجه به ضریب همبستگی بالای ۰/۷۵ عملکرد مدل مورد تأیید است.

واسنجی و ارزیابی مدل: نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل برای بارش در جدول ۴ آورده شده است. MAE, NRMSE و R^2 بر اساس مقادیر میانگین متغیرها در هر ماه محاسبه شد. این مقادیر با توجه به بارش و دمای روزانه تولید شده توسط مدل و مقادیر مشاهده شده برای داده‌های واسنجی و صحت‌سنجی به دست آمد. نتایج نشان داد با توجه به میزان NRMSE میزان خطا در برآورد بارش و دما

جدول ۴- نتایج واسنجی و صحت‌سنجی بارش و دمای متوسط ماهانه.

Table 4. Calibration and verification results.

R ² ضریب همبستگی		MAE خطای میانگین قدرمطلق		NRMSE خطای ریشه مربعات نرمال شده		ایستگاه Station
صحت‌سنجی Verification	واسنجی Calibration	صحت‌سنجی Verification	واسنجی Calibration	صحت‌سنجی Verification	واسنجی Calibration	
بارش Precipitation						
0.71	0.7	0.2	0.5	4	5	اهواز Ahvaz
0.74	0.67	0.4	0.6	2	3	آبادان Abadan
0.72	0.74	0.3	0.4	1	2	مسجدسلیمان Masjedsoleiman
0.68	0.69	0.1	0.2	2	2	دزفول Dezful
0.78	0.72	0.2	0.3	2	5	بستان Bostan
0.8	0.77	0.3	0.5	3	7	رامهرمز Ramhormoz
دمای متوسط Mean Temperature						
0.82	0.71	1.2	2.2	2.6	3.2	اهواز Ahvaz
0.86	0.81	2.3	3.1	2.1	3.2	آبادان Abadan
0.84	0.82	3.2	3.5	2.3	3.4	مسجدسلیمان Masjedsoleiman
0.81	0.7	4.1	4.2	2.5	4.1	دزفول Dezful
0.76	0.67	2.4	3.1	3.4	5.2	بستان Bostan
0.67	0.58	3.6	4.5	2.7	3.7	رامهرمز Ramhormoz

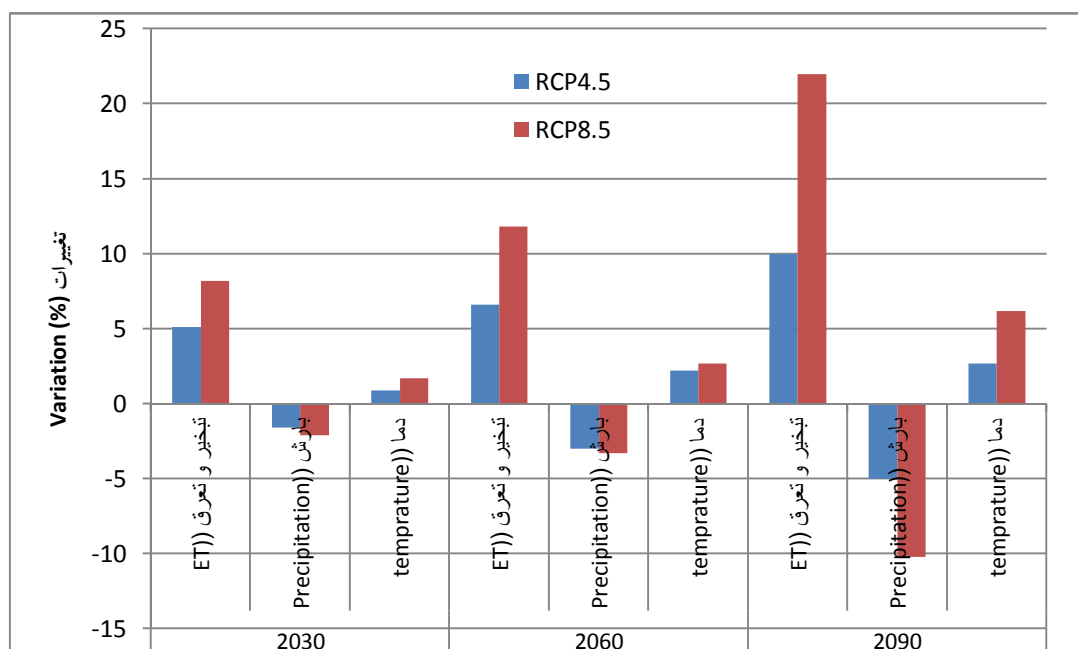
جولای واقع می‌شود. همچنین در دوره ۲۰۶۰ میزان تغییرات دمای بیشینه و کمینه نسبت به دوره دیدبانی برای دو سناریو در ماه‌های جون تا نوامبر روند افزایشی دارد. میزان درصد تغییرات بارش برای سناریو RCP8.5 برای اکثر ماه‌های سال به‌طور متوسط روند کاهشی دارند و بیش‌ترین کاهش در ماه نوامبر رخ می‌دهد. در دوره ۲۰۹۰ میزان دمای کمینه و بیشینه به‌ترتیب با کاهش و افزایش در اکثر ماه‌های سال همراه است و بارش‌ها نسبت به دوره گذشته در

نتایج سناریوهای واداشت تابشی در دوره‌های آتی: نتایج متوسط درصد تغییرات بارش و درصد تغییرات تبخیر و تعرق تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق شکل دمای متوسط در همه دوره‌ها افزایش داشته و برای سناریو RCP8.5 افزایش بیش‌تری نسبت به سناریو RCP4.5 دارد. بر اساس نتایج به‌دست آمده در دوره ۲۰۳۰ حداکثر تغییرات بارش به میزان حدوداً ۸ درصد در ماه دسامبر و حداقل تغییرات در ماه‌های سپتامبر و

میزان تبخیر و تعرق به دست آمده در دوره‌های آتی برای هر یک از سناریوهای RCP به‌طور میانگین در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل‌ها ملاحظه می‌شود، میزان تبخیر و تعرق به دست آمده برای همه محصولات کشاورزی مورد مطالعه روند افزایشی دارد اما این افزایش برای محصول برنج و ذرت دانه‌ای به‌طور متوسط در دوره ۲۰۵۰ و ۲۰۹۰ افزایش بیشتری از خود نشان می‌دهد. به‌طوری‌که مثلاً در ایستگاه آبادان در دوره ۲۰۹۰ به ۲۶ درصد می‌رسد. بیش‌ترین افزایش کاهش بارش نسبت به دوره پایه نیز در ایستگاه آبادان در دوره ۲۰۹۰ رخ می‌دهد. بر اساس نتایج در شکل ۳ بیش‌ترین افزایش تبخیر و تعرق برای محصول ذرت دانه‌ای در دوره ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ است و کم‌ترین افزایش تبخیر و تعرق مربوط به محصول گندم و جو در دوره ۲۰۳۰ می‌باشد.

سناریو RCP8.5 کاهش شدیدی دارند و کاهش‌ها در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر رخ می‌دهد علی‌رغم این‌که در ماه‌های آگوست تا اکتبر شاهد کاهش ناچیز بارش‌ها خواهیم بود.

میزان تغییرات تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی نسبت به دوره پایه: تبخیر و تعرق گیاه مرجع با توجه به چشم‌انداز متغیرهای هواشناسی بارش، دمای بیشینه و کمینه و دمای متوسط ماهانه در دوره‌های آتی از روش هارگریوز-سامانی محاسبه شد. سپس با توجه به ضریب گیاهی میانگین محاسبه شده از نشریه شماره ۵۶ فائو میزان تبخیر و تعرق محصولات مورد بررسی شامل گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای و نیشکر به دست آمد. چشم‌انداز متوسط میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع برای سناریوهای مختلف RCP در سه دوره آتی در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۳ آورده شده است. برای محصول گندم به‌عنوان نمونه



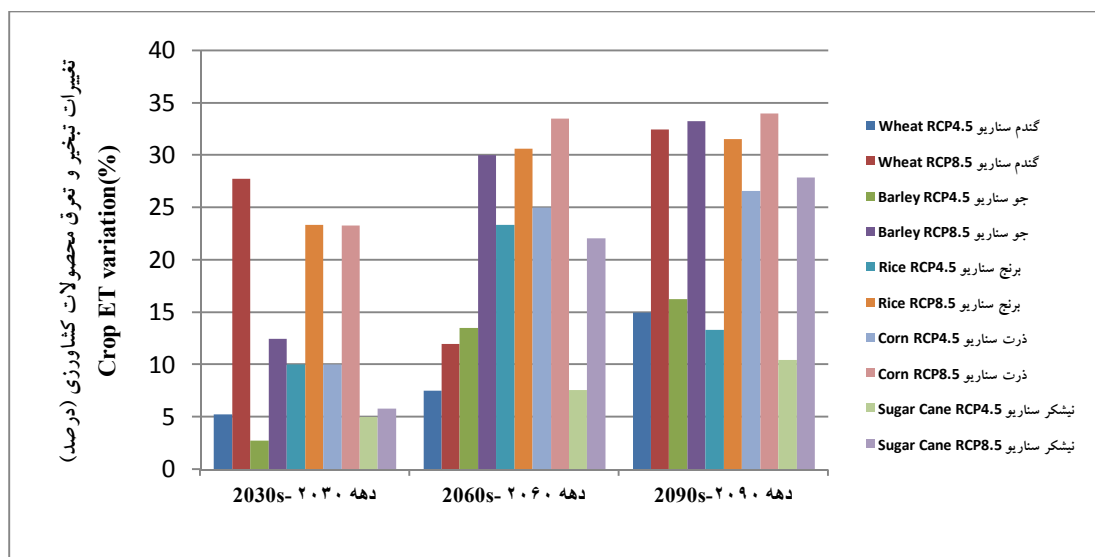
شکل ۲- متوسط تغییرات دمای متوسط (°C)، درصد تغییرات بارش و تبخیر و تعرق گیاه مرجع تحت دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5 در استان خوزستان.

Figure 2. Average temperature changes (°C), precipitation percentage and evapotranspiration under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios in Khuzestan province.

جدول ۵- متوسط درصد تغییرات دما، بارش و تبخیر و تعرق محصولات ایستگاه‌های استان خوزستان نسبت به دوره پایه تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5

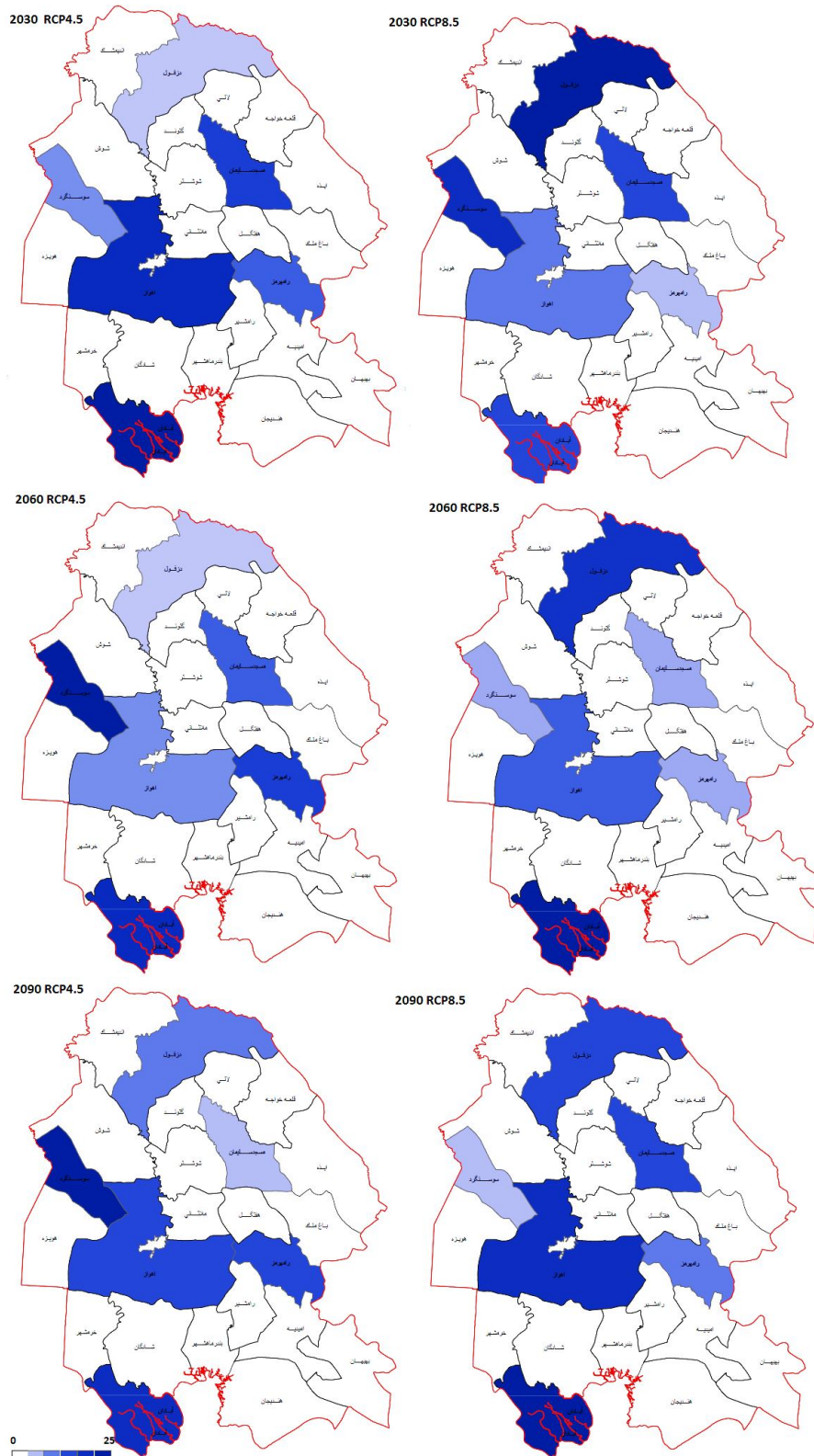
Table 5. The average percentage of temperature, precipitation and evapotranspiration of products of stations in Khuzestan province relative to the base period under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios.

2030			2060			2090			سناریو Scenario	ایستگاه Station
2020-2040			2050-2070			2080-2100				
$\Delta T(^{\circ}C)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta ET(\%)$	$\Delta T(^{\circ}C)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta ET(\%)$	$\Delta T(^{\circ}C)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta ET(\%)$		
1	-1.9	5.5	2	-3	6	3	-5	10	RCP4.5	اهواز
1.5	-2	7.8	3	-1.5	12	6	-11	25	RCP8.5	Ahvaz
1.1	-1.3	5.6	2.1	-3.5	7	3.2	-6	11	RCP4.5	آبادان
1.8	-2.1	8	2.5	-3.5	13.5	6.5	-12	26	RCP8.5	Abadan
0.9	-1.2	4.8	2.1	-3.2	8	2.8	-7.5	12	RCP4.5	بستان
1.6	-1.8	9	2.6	-4.1	11	5.8	-9.5	19	RCP8.5	Bostan
0.8	-1.4	4.6	2.5	-2.8	5.5	3	-4	9	RCP4.5	دزفول
1.9	-1.5	9.5	2.8	-3.4	12.5	6.3	-9	21	RCP8.5	Dezful
0.7	-2	5.1	2.6	-2.9	6.5	2.5	-3	8	RCP4.5	مسجدسلیمان
1.7	-2.4	8	2.6	-3.6	11	6.4	-10	21	RCP8.5	Masjedsoleiman
1.2	-1.65	5	2.5	-3	6.8	2.3	-5	10	RCP4.5	رامهرمز
1.7	-2.9	7.3	2.7	-3.4	11	6.2	-10.1	20	RCP8.5	Ramhormoz



شکل ۳- میزان متوسط تغییرات تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه.

Figure 3. The average change in evapotranspiration of agricultural products across the studied stations in future periods relative to the base period.



شکل ۴- تغییرات حداقل و حداکثر تغییرات تبخیر و تعرق محصول گندم در دوره‌های آبی در ایستگاه‌های مختلف استان خوزستان.
 Figure 4. Changes in minimum and maximum changes in evapotranspiration of wheat in future periods at different stations in Khuzestan province.

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

در این پژوهش جهت ریزمقیاس‌نمایی آماری و شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی مدل گردش کلی CanESM2 در دوره‌های آتی، از مدل آماری SDSM استفاده شد. با توجه به میزان همبستگی داده‌های بارش روزانه و میزان دمای بیشینه و کمینه با داده‌های NCEP، متغیرهای پیش‌بینی‌کننده از بین ۲۶ متغیر بزرگ مقیاس مشخص شدند. پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل، برون‌داد مدل CanESM2 تحت دو سناریوی واداشت تابشی بررسی شد. نتایج نشان داد میانگین دما در همه ایستگاه‌های منتخب و در همه سناریوها افزایش می‌یابد و این افزایش در مورد سناریو RCP8.5 از سناریو RCP4.5 بیش‌تر است. میانگین بارش نیز در همه دوره کاهش می‌یابد. بیش‌ترین افزایش دما در منطقه خوزستان به‌طور متوسط به میزان ۴/۶ درجه سانتی‌گراد در دوره ۲۰۹۰ برای سناریو RCP8.5 و کم‌ترین کاهش دما در دوره ۲۰۳۰ به میزان حدوداً ۱ درجه برای سناریو RCP4.5 می‌باشد. میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع و نیاز آبی محاسبه شده برای همه محصولات کشاورزی مورد مطالعه روند افزایشی دارد. نتایج روند افزایشی تبخیر و تعرق محاسبه شده با پژوهش‌های قهرمان و همکاران (۱۳۹۵) منطبق می‌باشد (۸ و ۹). این افزایش برای محصول برنج و ذرت دانه‌ای به‌طور متوسط در دوره ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ افزایش بیش‌تری از خود نشان می‌دهد. بیش‌ترین افزایش میزان تبخیر و تعرق محصولات نسبت به دوره پایه در ایستگاه آبادان مربوط به هر یک از محصولات در دوره ۲۰۹۰ رخ می‌دهد و بیش‌ترین درصد افزایش مربوط به محصول ذرت دانه‌ای است. در سناریو RCP4.5 درصد افزایش میزان تبخیر و تعرق محصولات نسبت به دوره پایه همواره کم‌تر از سناریو RCP8.5 است. در محصولات گندم، جو و نیشکر درصد افزایش این متغیر در سناریو RCP8.5 نسبت به سناریو RCP4.5 بیش‌تر است. برای محصول گندم، جو، برنج، ذرت

دانه‌ای و نیشکر به‌ترتیب ۱۷/۵، ۱۶/۷۵، ۱۷، ۱۳ و ۱۷/۵ درصد اختلاف بین دو سناریو RCP در افزایش میزان تبخیر و تعرق محصول نسبت به دوره پایه به‌ترتیب در دوره‌های ۲۰۹۰، ۲۰۹۰، ۲۰۶۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۹۰ می‌باشد. با تغییر الگوی کشت برخی از محصولات می‌توان در میزان آب مصرفی محصولات صرفه‌جویی نمود و بهره‌وری آب را بالا برد. طبق سایر پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام یافته است. به‌عنوان مثال با تخصیص دادن ۳۵۰۰۰ هکتار از اراضی خوزستان به کشت کنجد به جای نیشکر می‌توان سالانه حدود ۹۹۳ میلیون مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کرد (صافی و میرلطیفی، ۱۳۹۴) که اتخاذ چنین تصمیمی در دوره‌های آتی ضروری است. در پژوهشی دیگر تغییرات طول دوره رشد و به تبع آن تغییرات بارش و تبخیر تعرق گیاه نیشکر در دوره رشد جدید، حاصل از تغییرات دما و بارش تحت پدیده تغییر اقلیم بررسی شده است. نتیجه حاصل از آن این‌که در منطقه جنوب‌غربی کشور، در سه شهر آبادان، اهواز و بستان، با توجه به افزایش بارش در طول دوره رشد جدید نیشکر و کاهش متقابل تبخیر تعرق گیاه در این بازه، شرایط کشت این گیاه بهبود خواهد یافت و تأثیر معنی‌دار دما بر نمو گیاه که در مطالعات دیگر هم تأیید شده است، نتایج مطالعه حاضر نیز نشانگر افزایش نرخ تبخیر و تعرق محصولات بر اثر افزایش دما می‌باشد که با نتایج پژوهش‌های دیگر همخوانی دارد.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی درون دانشگاهی تحت عنوان "ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر خشکسالی کشاورزی و میزان آب مجازی محصولات کشاورزی عمده استان خوزستان" استخراج شده و هزینه آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌نمایم.

منابع

1. Abdolhoseini, M., Eslamian, S., and Mosavi, S.F. 2011. Assessment of changes in socio-economic characteristics of drought and climate change impacts upon future periods. In: Proceedings of The First National Conference on Agricultural Meteorology and Water Management. Tehran University College of Agriculture Natural Resources. (In Persian)
2. Arabi Yazdi, A., Alizadeh, A., and Hosseinipour, E.Z. 2011. Assessment of agricultural Water Foot Print in Iran based on virtual water trade. In: Proceedings of World Environmental and Water Resources Congress, pp. 1204-1212.
3. Asong Z.E., Khaliq, M.N., and Wheeler, H.S. 2016. Projected changes in precipitation and temperature over the Canadian Prairie Provinces using the Generalized Linear Model statistical downscaling approach, 539: 429-446.
4. Azizian, S., and Karimi, M. 2011. The severity and frequency evaluation of drought using SPI index and 7-year moving average synoptic stations. In: Proceedings of Iran Water Resources Management Conference. Amirkabir University of Technology. (In Persian)
5. Behmanesh, J., Azadtalatapeh, N., Montaseri, M., Rezaee, H., and Khlili, K. 2015. Climate change impact on reference evapotranspiration, rainfall deficit and air water vapour deficit in Urumieh. Water and soil Knowledge. 25: 2. 79-91. (In Persian)
6. Daneshfaraz, R., and Razaghpour, H. 2014. Climate change impact on potential evapotranspiration in West Azarbayejan province. Geograph. Space J. 14: 46. 199-211. (In Persian)
7. Ebrahimpour, M., Ghahreman, N., and Liaghat, A. 2012. Climate variables simulation by SIMETAW model and climate change impact on potential evapotranspiration. J. Iran Water Soil Res. 4: 43. 353-360. (In Persian)
8. Ghahreman, N., Babaiean, I., and Tabatabaei, M. 2016. Climate change impact on sugarcane growth season and water demand under RCP scenarios. Water Soil Cons. J. 6: 1. 63-74.
9. Ghahreman, N., Babaiean, I., and Tabatabaei, S.M. 2016. Dynamic outsourcing preprocessing evaluation of climate models on potential evapotranspiration evaluation under RCP scenarios. Earth Space Physic. J. 42: 3. 687-696. (In Persian)
10. Golmohammadi, M., and Massah Bavani, A. 2011. The intensity and duration and return period of drought estimation Gharasou basin in future periods affected by climate change. J. Soil Water. 25: 2. 315-326. (In Persian)
11. Grillakis, M.G., Koutroulis, A.G., and Tsanis, I.K. 2011. Climate change impact on the hydrology of Spencer Creek watershed in Southern Ontario, Canada. J. Hydrol. 409: 1-19.
12. Islamic Consultative Research Center. 2016. Water Footprint Report in Selected Products: Green, blue and gray water footprint in production and consumption. 237p. (In Persian)
13. Kalanki, M., and Karandish, F. 2014. Climate change impact prediction on climate components in wet regions. Water Irrig. J. 5: 20. 131-148. (In Persian)
14. Moafimadani, S.F., Mosavi, M., and Ansari, H. 2012. Drought Prediction in Khorasan Razavi province during the period 2011-2030 using LARS-WG5 statistical downscaling model. Geography and Environmental Hazards, 3: 21-37. (In Persian)
15. Nazari Sherebyan, M., Taheriyoun, M., and Ahmadi, A. 2016. Climate change impact on temperature and precipitation in Mahabad Dam watershed (by CanESM2 model). Second seminar on architecture, civil and new urban development. (In Persian)
16. Nikzad, M., Behbahani, S.M., and Rahimikhoob, A. 2011. Detection of Atomic-Atmospheric and Climatic Parameters for Drought Monitoring in Khuzestan Province by Data Mining Method. Fourth Iranian Water Resources Management Conference. Amirkabir University of Technology. (In Persian)

17. Rezaee, M., Nahtani, M., Akbari, A., Raziee, M., and Mirkazemi Rigi, M. 2016. Assessment of statistical downscaling in temperature index in arid and semi-arid climate area (Case study: Kerman and Bam). *Water Manage. Res. J.* 5: 10. 117-131. (In Persian)
18. Tabatabaie, M., Ghahreman, N., and Babaeian, A. 2015. Temperature and precipitation changes in Iran under IPCC AR5 scenarios. In: *Proceedings of The first Conference on water and climate*. ICID. Mashhad Ferdowsi University. (In Persian)
19. Vrochidou, A.E.K., Tsanis, I.K., Grillakis, M.G., and Koutroulis, A.G. 2013. The impact of climate change on hydrometeorological droughts at a basin scale. *J. Hydrol.* 476: 290-301.
20. Wilby, R.L., Dawson, C.W., and Barrow, E.M. 2002. SDSM - a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environmental modeling and software*, 17: 2. 147-159.
21. Yghoobzadeh, M., Ahmadi, M., Bromandnasab, S., and Haghayeghi Moghadam, S.A. 2016. The Effect of Climate Change on the Process of Changes in Acidification of Transpiration during the Growth Period of Aquatic and Dryland Plants Using the AOGCM Model. 30: 4. 1-13. (In Persian)
22. Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hassanzadeh, Y., and Kanani, R. 2011. Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, *Global and Planetary Change*, 78: 137-146.
23. Zhang, Y., Qinglong, Y., Changchun, Ch., and Jing, Ge. 2016. Impacts of climate change on streamflows under RCP scenarios: A case study in Xin River Basin, China, *Atmospheric Research*, 178-179: 521-534.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(6), 2019

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.14583.2945

Investigation of crop evapotranspiration and precipitation changes under climate change RCPs scenarios in Khuzestan province

***A.R. Nikbakht Shahbazi**

Dept. of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Received: 01.14.2018; Accepted: 11.28.2018

Abstract

Background and Objectives: The agricultural sector plays a vital role in the national economy and food production in Iran. In the meantime, due to the country's particular climate and the disproportionate distribution of time and place of precipitation, water cultivation is the main driver of food production. In arid areas such as Khuzestan province, nearly one hundred percent of agricultural production comes from water cultivation. According to the Research Center of the Iran Parliament, the population of Iran is projected to reach 100 million by 1410, which will require more than 150 billion cubic meters of water per year to meet the population's nutritional needs, based on approximately 2600 kilocalories per day. This amount was not available in the country's water basket, so resource management should be used to increase water productivity. In a globalizing world, where problems increase with the effect of warming and climate changes, it seems that decrease in usable freshwater bodies will pose a serious problem. This study intends to investigate climate change impacts on evapotranspiration (ET) of agricultural crop in Khuzestan province in future periods. The importance and urgency of the subject and the limited research done in this regard, the local and regional effects of climate fluctuations on the evapotranspiration of agricultural products are of particular importance. These changes are of great importance, especially in fertile and agricultural areas such as Khuzestan.

Materials and Methods: In this research, the effect of climate change on precipitation and evapotranspiration of agricultural products in future periods was investigated. The CanESM2 atmospheric general circulation model (GCM) data under two RCP scenarios (IPCC-AR5) were used in Khuzestan province. To determine the feasibility of future periods meteorological data production of SDSM model, calibration and verification was performed for the base periods (1990-2005). Minimum and maximum temperature and precipitation estimated by SDSM method by CanESM2 data in three future periods: 2030s, 2060s and 2090s and compared with historical data. The strategic agricultural products such as wheat, barley, rice, corn and sugar cane were selected for this study. Potential evapotranspiration of these products were used during the cultivation period. According to the fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) using CanESM2 model under RCP scenarios, meteorological data in the upcoming periods were simulated, the potential evapotranspiration of periods were calculated with information generated in the upcoming periods.

Results: The results showed that the average temperature in all selected stations and in all scenarios about 4 °C and this increase is higher in RCP8.5 scenario than RCP4.5 scenario. The average precipitation reduce in 2060s and 2090s. The ET for all agricultural crops has increasing trend, but the increase for rice and corn is expected to be higher than others over the period 2060 and 2090.

* Corresponding Author; Email: nikbakhta@gmail.com

Conclusion: It can be concluded that studied crop ET will increase in future periods, therefore we should consider that there will be lack of water and less crop production in Khuzestan province. We should change our cultivation periods and cultivate more effective crops in order to increase water efficiency and decrease potential evapotranspiration in some area of Khuzestan province.

Keywords: Agricultural crop, Climate change, Evapotranspiration, Khuzestan province, RCP scenario

