

اثرات تغییر اقلیم بر مولفه های هواشناسی کشت دوم در اراضی شالیزاری

بابک مومنی^۱، هادی رزاقیان^۲، بهروز محسنی^۳

چکیده:

تغییر اقلیم عبارت است از تغییرات رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلند مدت از اطلاعات ثبت شده در آن منطقه مورد انتظار است. این پدیده بدلیل ابعاد علمی و کاربردی و اثرات محیطی و اقتصادی-اجتماعی آن از اهمیت فزاینده ای برخوردار است؛ چرا که سیستم های انسانی وابسته به عناصر اقلیمی مانند کشاورزی، صنایع و امثال آن بر مبنای ثبات و پایداری اقلیم طراحی شده و عمل می نمایند. در این تحقیق با استفاده از این روش، داده های مدل گردش عمومی جو HadCM3 با به کارگیری مدل LARS-WG تحت دو سناریوی A2 (بدینانه)، B1 (خوش بینانه) برای دوره های زمانی ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ ریزمقیاس شدند. نتایج حاصل از ارزیابی تغییر اقلیم، بیانگر تغییر میزان بارش ماهانه در حوضه مورد مطالعه از ۴۳- تا ۳۲+ درصد بود. با عنایت به اینکه زمان کشت دوم پس از محصول برنج که از اواسط تابستان تا اواسط پاییز می باشد. اثرات تغییر اقلیم بر مولفه های بارش و دمای حوزه در دوره زمانی موصوف مورد بررسی قرار گرفت. میزان بارش در حوضه آبخیز در طول فصل کشت ثانویه در دوره های ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ متغیر خواهد بود که این حدود تغییرات با افزایش بارش در ماه های انتهای فصل کشت (اکتبر و نوامبر) و کاهش شدید بارندگی در ماه های کم بارش تابستان و ابتدای فصل کشت همراه خواهد بود. همچنین دمای طول دوره کشت ثانویه به طور میانگین حدود ۱/۵ سانتیگراد تا ۳/۹ سانتیگراد افزایش خواهد داشت. بر این اساس و با توجه به بحث تغییرات بارندگی، اقلیم حوضه به سمت خشک تر شدن پیش خواهد رفت. از سوی دیگر افزایش میزان بارش در ماه های انتهای فصل کشت و همچنین افزایش دمای هوا در ماه های گرم و ابتدایی فصل کشت را به همراه خواهد داشت. این موضوع با تأثیر بر میزان تبخیر و تعرق گیاهان زراعی و تاب آوری آنها در برابر خشکسالی؛ تأثیر بسیار زیادی بر عملکرد محصول خواهد داشت. لذا با توجه به موارد فوق انتخاب گیاهان زراعی برای کشت دوم بایستی با دقت و مطالعه بیشتر صورت گیرد. همچنین تقویم زراعی براساس تغییرات دمایی و بارش در منطقه اصلاح گردد.

واژگان کلیدی: بارش، تغییر اقلیم، برنج، کشت دوم

^۱ و ^۲ استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

مقدمه

اقلیم یک سیستم پیچیده‌ای است که عمدتاً در سال‌های اخیر به علت افزایش گازهای گلخانه‌ای در حال تغییر است. یکی از معتبرترین روش‌ها برای ارزیابی اثرات پدیده تغییر اقلیم، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل‌های گردش عمومی جو^۱ است (پیرمردیان و همکاران، ۱۳۹۵). گزارش‌های IPCC حاکی از آن است که به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های گذشته در جو زمین، خروج امواج حرارتی (طول موج بلند) از زمین با موانع بیشتری روبرو شده که افزایش دمای هوا را به دنبال داشته است. این افزایش به میزان $\frac{0}{3}$ تا $\frac{0}{6}$ درجه سانتی‌گراد در طول قرن گذشته بوده که در دهه‌های اخیر شتاب بیشتری داشته است (IPCC, 2001). افزایش گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی می‌تواند پدیده تغییر اقلیم را تشدید کند و تبعات منفی گوناگونی بر سامانه‌های گوناگون از جمله منابع آب، کشاورزی، محیط‌زیست، بهداشت و صنعت و اقتصاد بر جای گذارد (مساح بوانی و همکاران، ۲۰۱۰). تغییر اقلیم به عنوان یکی از خطرهای جدی که توسعه پایدار را در ابعاد مختلف زیست‌محیطی، سلامت انسان، امنیت غذایی، فعالیت‌های اقتصادی، منابع طبیعی و ساختارهای زیر بنایی تهدید می‌کند، مورد ارزیابی قرار گرفته است. (جعفری، ۱۳۸۶). تبعات منفی این پدیده برای بشر تا آنجا می‌تواند مخرب باشد که در بین ده عامل تهدیدآمیز بشر در قرن بیست و یکم، مانند فقر، سلاح‌های هسته‌ای، کمبود غذا و... پدیده تغییر اقلیم مقام اول را به خود اختصاص داده است (خزایی و همکاران^۲، ۲۰۱۱). فرآیند تغییر اقلیم بویژه تغییرات دما و بارش مهم‌ترین بحث مطرح در قلمرو علوم محیطی می‌باشد. این پدیده بدلیل ابعاد علمی و کاربردی (اثرات محیطی و اقتصادی-اجتماعی) آن از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار است؛ چرا که سیستم‌های انسانی وابسته به عناصر اقلیمی مانند کشاورزی، صنایع و امثال آن بر مبنای ثبات و پایداری اقلیم طراحی شده و عملکرد آن‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد (قلندری و اثرات تغییر اقلیم بر رخداد فرین دما و بارش و به تبع آن بر روی فرآیند‌های فیزیولوژیکی گیاه اعم از فتوسنتز، تنفس، روابط آبی گیاهان، جذب مواد معدنی و در نهایت رشد و نمو گیاهان و عملکرد آن‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد) (قلندری و جانعلی زاده، ۱۳۹۴). با توجه به نیاز جمعیت در حال افزایش کشور به محصولات غذایی و کشاورزی، سطح زیر کشت اراضی زراعی و تعداد دفعات کشت در طول فصل زراعی افزایش یافته است. تغییر اقلیم بر کشاورزی از طریق تغییر متوسط درجه حرارت بارندگی تغییرات کاتاستروفی را طی فعالیت آفات و امراض، دی اکسید کربن و میزان اتمسفر کیفیت برخی مواد غذایی و سطح آب دریاها اثرگذار است. لذا بررسی اثر تغییر اقلیم و پیش بینی متغیرهای اقلیمی بر عواملی از قبیل انتخاب نوع رقم کشت، کمیت و کیفیت محصول کشت شده، میزان نیاز آبی، سیستم زهکشی، میزان و نوع کود و سم مصرفی براساس نوع آفات و بیماری‌های موردنظر و همچنین شرایط و زمان برداشت موثر خواهد بود. با توجه به تغییرات اقلیمی در آینده نه چندان دور سیستم‌های کشاورزی نیازمند سازگاری با این تغییرات خواهند بود تا پایداری و بقای آن‌ها

¹. GCM

² Khazaei

تضمین شود. استقرار استان مازندران در فاصله‌ی بین دریای خزر و سلسله جبال البرز و تأثیر متقابل آب‌های دریای خزر و کوهستان‌های مرتفع البرز بر یکدیگر، یکی از نادرترین شرایط جوی و اقلیمی ایران را در این منطقه پدید آورده که مشخصه اصلی این آب و هوا را می‌توان بارندگی‌های زیاد، دمای معتدل، پوشش گیاهی انبوه، کشاورزی و دام‌داری پُرونق و اقتصادی شکوفا دانست (داداشی تنکابنی، ۱۳۸۶). دمای بالا می‌تواند باعث افزایش میزان تعرق و در مرحله حساس رشد گیاه، افزایش میزان دما گیاهان را دچار تنش حرارتی نموده و نهایتاً منجر به تولید کمتر محصول می‌گردد. افزایش دما قادر است صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک متعددی را تحت تأثیر قرار دهد که آنها نیز به نوبه خود قادرند رشد و عملکرد نهایی گیاه را متأثر سازند (قلندری و جانعلیزاده، ۱۳۹۴). آنچه تولید محصولات زراعی را تحت شرایط تغییر اقلیم به خطر خواهد انداخت؛ مقادیر حدی متغیرهای اقلیمی دما و بارش می‌باشد. با توجه به تغییرات اقلیمی در آینده نه چندان دور سیستم‌های کشاورزی نیازمند سازگاری با این تغییر خواهند بود تا پایداری و بقای آن‌ها تضمین شود. اراضی کشاورزی استان‌های شمالی در حال حاضر دارای مصارف مشخصی هم چون برنج‌کاری، گندم‌کاری، باغی و دیگر زمینه‌های تولیدی است و بررسی امکان کشت در شالیزارهای این استان‌ها، به‌عنوان کشت دوم، در اراضی که در بخش عمده‌ای از سال تقریباً بلااستفاده هستند، می‌تواند علاوه بر ایجاد اشتغال و افزایش درآمد کشاورزان، می‌تواند محصولات کشاورزی بیشتری را تأمین کند. در ایران مطالعات اندکی در رابطه با اثر تغییر اقلیم بر کشت دوم محصولات کشاورزی صورت گرفته است و اکثر پژوهش‌های انجام شده به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی در فصل زراعی اولیه پرداخته شده و اثرات تغییر اقلیم بر الگوی مناسب و مدیریت کشت مورد مطالعه قرار نگرفته است. بنابراین با توجه به اهمیت و جایگاه محصولات کشاورزی، این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر اقلیم بر زراعت ثانویه در اراضی شالیزاری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روشها :

منطقه مطالعه

استان مازندران در بخش جنوبی دریای خزر، با وسعت ۲۳۷۵۶ کیلومتر مربع شامل حدود ۳۰ حوزه آبخیز کوچک و بزرگ می‌باشد. حوزه آبخیز بابلرود یکی از ده حوزه آبخیز بزرگ استان در بخش مرکزی این استان، با مساحتی بالغ بر ۱۴۳۰ کیلومتر مربع، بین ۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد.

تغییر اقلیم

یکی از انواع مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی - اقیانوسی که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافت؛ مدل HadCM3 می‌باشد. مدل مذکور از دو مؤلفه جوی و اقیانوسی به نام‌های مدل جوی (HadAM3) و مدل اقیانوسی (HadOM3) تشکیل گردید. (IPCC، 2007). این مدل‌ها قادر به تولید سری‌های زمانی طولانی مدت هستند که می‌توان به کمک آن‌ها به آنالیز تغییرات احتمالی وقایع حد در دوره‌های آینده تا سال ۲۱۰۰ نیز پرداخت. شبیه‌سازی‌ها بر مبنای تقویم (سال ۳۶۰ روزه و ماه‌های ۳۰ روزه) انجام می‌شود. (Guardiola et al., 2011).

خانواده سناریوها

در گزارش‌های سوم و چهارم هیات بین الدول تغییر اقلیم، در مورد شش خانواده از سناریوهای انتشار بحث گردید که مطابق آنچه در گزارش‌های مذکور آمد، شامل A1F، A1B، A1T، A2، B1 و B2 می‌باشد. سناریوهای انتشار که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته اند دارای مشخصات زیر هستند (Nigel and Lloyd, 2014):

الف- سناریوی A2 (بدینانه)؛ این سناریو شامل دنیایی است که در آن کشورها به‌طور مستقل عمل کرده و به خود متکی هستند، جمعیت دنیا به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد و توسعه اقتصادی، منطقه محور است.

ب- سناریوی B1 (خوش‌بینانه)؛ بر اساس این سناریو، جهان یکپارچه و همگرا با رشد جمعیت در نیمه قرن (۲۰۵۰) و کاهش تدریجی پس از آن که از این نظر مشابه آنچه در سناریوی A1 ذکر شد همراه است. در سناریوی B1، شاهد تغییر سریع ساختار اقتصادی از نظر خدمات و اطلاعات اقتصادی و همچنین معرفی منابع فناوری پاک و مؤثر و کاهش مواد آلاینده خواهیم بود

داده‌ها و روش مورد مطالعه

در این تحقیق به منظور شناسایی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد کشت ثانویه در حوضه مورد مطالعه با توجه به داده‌های مورد نیاز مدل، از آمار بلندمدت و در دسترس ایستگاه‌های هواشناسی بابلسر (۶۸ سال) و قراخیل (۴۸ سال) و ایستگاه کليما تولوژی و هیدرومتری گلوگاه بندپی (۴۵ سال)، برای مقادیر بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه که دارای آمار بدون نقص در دوره آماری ۳۰ ساله پایه بود استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ایستگاه (متر)
بابلسر	هواشناسی سینوپتیک	۵۲°۳۹'	۳۶°۴۳'	-۲۱
قراخیل	هواشناسی کليما تولوژی	۵۲°۴۶'	۳۶°۲۷'	۱۵
گلوگاه بندپی	کليما تولوژی و هیدرومتری	۵۲°۳۷'	۳۶°۱۸'	۲۰۰

پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات برای محدوده مطالعاتی، نسبت به آزمون همگنی داده‌ها در صورت نیاز و اصلاح داده‌ها اقدام شد. در مرحله بعد، توانمندی مدل LARS-WG در مدل‌سازی اقلیم دوره‌ی پایه ایستگاه‌های مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی توانمندی مدل مولد داده‌های آب و هوا، اثرات مستقیمی بر ارزیابی تغییر اقلیم در منطقه مورد مطالعه دارد. برای ارزیابی خروجی‌های مدل، داده‌های دیده‌بانی و مدل‌سازی شده با یکدیگر مقایسه شدند. این کار از طریق مقایسه داده‌های متغیرهای بارش، ساعات آفتابی، دمای کمینه و دمای بیشینه دوره آماری و داده‌های تولید شده توسط مدل و با استفاده از روش آماری، نقشه و نمودار انجام شد. در مرحله بعد خروجی‌های مدل منتخب تحت سناریوهای اقلیمی A2 و B1 برای دوره‌های ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ در مقیاس جهانی به‌دست آمد و به مقیاس ایستگاهی تبدیل شدند. در این بخش از تکنیک‌های کوچک مقیاس‌سازی مانند مدل LARS-WG با توجه به در دسترس بودن داده و امکانات جهت تبدیل نتایج مدل جهانی به منطقه‌ای استفاده شد. در نهایت با استفاده از نتایج به دست آمده، فرآیند تغییر اقلیم، تحت سناریوهای اقلیمی مذکور مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در مرحله بعد، مقادیر متغیرهای دما و بارش و عوامل مؤثر بر رشد گیاه به ویژه خصوصیات کمی و کیفی گیاهان زراعی به عنوان کشت ثانویه در سال‌های آتی پیش بینی شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت نتایج و مباحث موردنظر جمع بندی و پیشنهادات لازم ارائه خواهد شد.

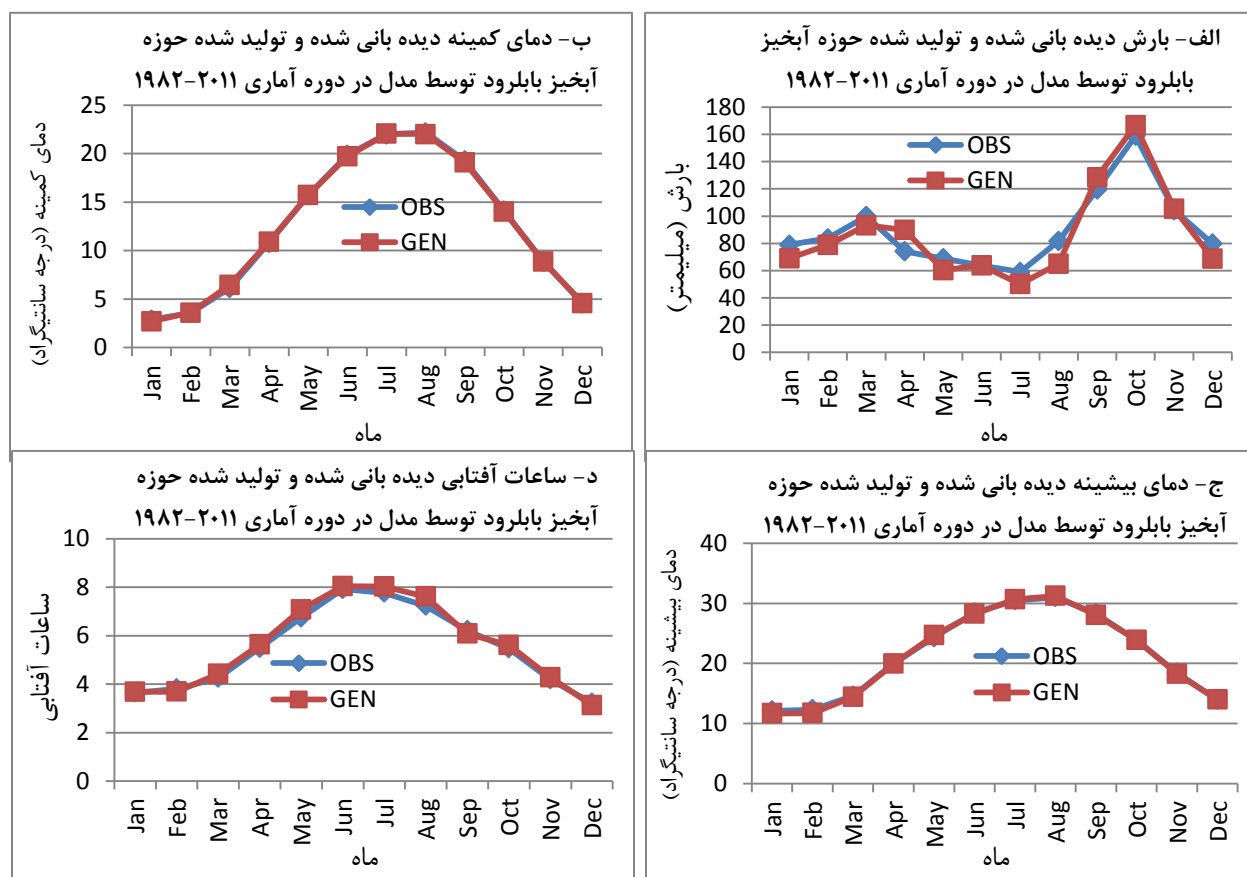
نتایج و بحث

مدل‌ها و سناریوی انتخابی

انتخاب مدل‌ها و سناریوهای مورد استفاده براساس معیارهای هیئت بین الدول تغییر اقلیم، در دسترس بودن و استفاده از آنها در مطالعات گذشته صورت پذیرفت. در این پژوهش از مدل اقلیمی HadCM3 و دو سناریوی B1 (خوش‌بینانه) و A2 (بدبینانه) و مدل آماری LARS-WG جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو به‌منظور ارزیابی فرآیند تغییر اقلیم در طول دوره‌های ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ استفاده شد.

بررسی توانمندی مدل LARS-WG

برای ارزیابی خروجی‌های مدل، داده‌های دیده‌بانی و مدل‌سازی شده چهار متغیر دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش با استفاده از آزمون T-استیودنت، ضرایب آماری ناش-ساتکلیف، RMSE و R^2 با یکدیگر مقایسه گردیدند (شکل ۱). با تحلیل آماری نتایج ملاحظه گردید، بین دماهای بیشینه و کمینه و ساعت آفتابی دیده‌بانی و مدل‌سازی شده تطابق بسیار خوبی است و تنها در مورد بارش تفاوت بسیار کمی وجود دارد که با نتایج بابائیان و همکاران (۱۳۸۸) هماهنگی دارد. به‌طور کلی نتایج، حاکی از توانمندی مدل LARS-WG در مدل‌سازی اقلیم بر اساس سناریوی حالت پایه دارد.



شکل ۱: مقایسه مقادیر نتایج حاصل از مدل و دیده‌بانی شده جهت بررسی توانمندی مدل LARS-WG

ارزیابی تغییر اقلیم در دو دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰

پیش‌بینی تغییرات بارش

در جداول ۲ و ۳ مقادیر میانگین بارش ماهانه در طول فصل کشت دوم در دوره پایه، دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ (دوره اول) و دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ (دوره دوم) تحت دو سناریوی اقلیمی A2 (بدبینانه) و B1 (خوش‌بینانه) حاصل از خروجی مدل HadCM3 بیان شد. با ملاحظه نتایج سناریوی A2 مشخص گردید، دوره اول و دوم میانگین بارش در طول فصل کشت به جز ماه‌های پربارش (اکتبر و نوامبر) با کاهش مواجه گردید. بیشترین کاهش مربوط به ماه‌های کم بارش تابستان، شامل آگوست (۳۵ میلیمتر) در دوره دوم بود. بیشترین افزایش بارش مربوط به ماه اکتبر (۵۱ میلی‌متر) در دوره اول می‌باشد. از طرفی نتایج سناریوی B1، بیانگر پیش‌بینی کاهش بارش در طول فصل کشت ثانویه جز ماه‌های پربارش (اکتبر و نوامبر) می‌باشد که بیشترین میزان کاهش در دوره‌های اول و دوم به ترتیب ۲۳ و ۳۴ میلیمتر مربوط به ماه آگوست است. همچنین ماه نوامبر در دو دوره اول (۱۷ میلیمتر) و دوم (۲۴ میلیمتر) بیشترین افزایش بارش را خواهد داشت. از بررسی این نتایج مشخص می‌گردد در این حوضه، میانگین بارش با در ابتدای فصل کشت با کاهش و در انتهای فصل افزایش می‌یابد که با نتایج استیل و همکاران^۱ (۲۰۰۸)، ذهبیون و همکاران (۱۳۸۹) و بختیاری و همکاران (۱۳۹۳) مبنی بر افزایش بارش در ماه‌های پربارش و کاهش بارش در ماه‌های کم بارش، هماهنگی دارد.

جدول ۲- مقایسه میانگین بارش در دوره پایه و دوره‌های مورد پیش‌بینی تحت سناریوی A2

میانگین بارش (mm)	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	میانگین طول فصل کشت
دوره پایه	۸۱/۷	۱۱۹/۵	۱۵۹	۱۰۴/۳	۱۱۶/۱
دوره اول (۲۰۴۶-۲۰۶۵)	۷۱/۵	۱۱۸/۳	۲۱۰	۱۰۸/۷	۱۲۷/۱
دوره دوم (۲۰۸۰-۲۰۹۹)	۴۵/۴	۹۵/۲	۱۶۴/۶	۱۲۰/۲	۱۰۶/۴

جدول ۳- مقایسه میانگین بارش در دوره پایه و دوره‌های مورد پیش‌بینی تحت سناریوی B1

میانگین بارش (mm)	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	میانگین طول فصل کشت
دوره پایه	۸۱/۷	۱۱۹/۵	۱۵۹	۱۰۴/۳	۱۱۶/۱
دوره اول (۲۰۴۶-۲۰۶۵)	۵۸/۱	۱۱۴	۱۷۳/۵	۱۲۱/۸	۱۱۶/۹
دوره دوم (۲۰۸۰-۲۰۹۹)	۴۷/۴	۱۰۳/۴	۱۷۵/۹	۱۲۸/۷	۱۱۳/۹

پیش‌بینی تغییرات دمای کمینه

مقادیر میانگین دمای کمینه ماهانه در طول فصل کشت در دوره‌های پایه، اول و دوم تحت دو سناریوی A2 و B1 در جداول ۴ و ۵ ارائه گردید. نتایج حاصل از سناریوی A2 نشان می‌دهد که میزان دمای کمینه در تمامی ماه‌های فصل کشت با افزایش مواجه گردید. بیشترین میزان افزایش دمای کمینه مربوط به ماه جولای در دوره‌های اول و دوم به ترتیب ۲/۴ و ۴/۷ درجه سانتیگراد می‌باشد و ماه ژانویه کمترین میزان افزایش دمای کمینه را در دوره‌های اول و دوم به ترتیب به مقدار ۱/۲ و ۲/۵ درجه سانتیگراد دارد. با بررسی نتایج سناریوی B1، بیشترین و کمترین افزایش دمای کمینه را به ترتیب، ماه‌های جولای در دوره اول (۱/۸ درجه سانتیگراد) و دوم (۲/۸ درجه سانتیگراد) و ژانویه در دوره اول (۰/۸ درجه سانتیگراد) و نوامبر در دوره دوم (۱/۵ درجه سانتیگراد) خواهند داشت. مقایسه نتایج دو سناریو خوش‌بینانه و بدبینانه، اختلاف دمایی تا میزان متوسط ۰/۴ درجه سانتی‌گراد را برای دوره اول و میزان متوسط ۱/۵ درجه سانتی‌گراد برای دوره دوم را نشان می‌دهد. نتایج بر این موضوع دلالت دارد که میزان دمای کمینه‌ی حوضه آبخیز در آینده، به‌طور متوسط، با افزایشی حدود ۱/۴ درجه سانتیگراد (بدبینانه و دوره اول) تا ۳/۹ درجه سانتیگراد (خوش‌بینانه و دوره دوم) همراه خواهد بود که با تحقیقات بوزکورت و لطفی‌سن^۱ (۲۰۱۳)، چن و همکاران^۲ (۲۰۱۴) و حجازی‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) مبنی بر افزایش دما در طی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ میلادی سازگاری دارد.

جدول ۴- مقایسه میانگین دمای کمینه (سانتی‌گراد) دوره پایه و دوره‌های مورد پیش‌بینی تحت سناریوی A2

میانگین طول فصل کشت	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	ماه میانگین دما (°C)
۱۶/۱	۸/۹	۱۴/۱	۱۹/۳	۲۲/۲	دوره پایه
۱۸/۰	۱۰/۱	۱۶/۱	۲۱/۴	۲۴/۵	دوره اول (۲۰۴۶-۲۰۶۵)
۲۰/۰	۱۲/۱	۱۷/۸	۲۳/۳	۲۶/۹	دوره دوم (۲۰۸۰-۲۰۹۹)

جدول ۵- مقایسه میانگین دمای کمینه (سانتی‌گراد) دوره پایه و دوره‌های مورد پیش‌بینی تحت سناریوی B1

میانگین طول فصل کشت	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	ماه میانگین دما (°C)
۱۶/۱	۸/۹	۱۴/۱	۱۹/۳	۲۲/۲	دوره پایه
۱۷/۵	۱۰/۱	۱۵/۶	۲۰/۶	۲۳/۷	دوره اول (۲۰۴۶-۲۰۶۵)
۱۸/۲	۱۰/۴	۱۶/۰	۲۱/۴	۲۵/۱	دوره دوم (۲۰۸۰-۲۰۹۹)

^۱. Bozkurtand and Lutfi Sen

^۲. Chen et al

پیش‌بینی تغییرات دمای بیشینه

جداول ۶ و ۷ مقادیر میانگین دمای بیشینه ماهانه در طول فصل کشت ثانویه را بر اساس نتایج دو سناریوی A2 و B1 در دوره‌های پایه، اول و دوم نشان می‌دهد. نتایج حاصل از سناریوی A2 نشان از افزایش دمای بیشینه در طول فصل کشت ثانویه در دوره‌های پیش‌بینی نسبت به دوره پایه دارد. بیشترین میزان افزایش دمای بیشینه مربوط به ماه آگوست در هر دو دوره اول (۲/۵ درجه سانتیگراد) و دوم (۵/۱ درجه سانتیگراد) می‌باشد.

نتایج حاصل از سناریوی B1 حاکی از آن است که بیشترین افزایش دمای بیشینه مربوط به ماه آگوست در هر دو دوره اول (۱/۹ درجه سانتیگراد) و دوم (۳/۲ درجه سانتیگراد) می‌باشد. همچنین ماه نوامبر در دوره دوم (۱/۶ درجه سانتیگراد) کمترین افزایش دما را خواهد داشت. از مقایسه جداول دو سناریو مشخص می‌گردد که میزان متوسط دمای بیشینه در طول فصل کشت ثانویه در سناریوی A2 نسبت به B1 در دوره اول، ۰/۴ درجه سانتیگراد و در دوره دوم، ۱/۸ درجه سانتیگراد بیشتر می‌باشد. همچنین این نتایج بیان می‌کند که میزان میانگین دمای بیشینه حوضه در آینده به‌طور متوسط حدود ۱/۵ تا ۴ درجه سانتیگراد افزایش خواهد داشت و در نهایت به کاهش میزان بارش، کاهش رواناب و منابع آبی موجود به‌واسطه فرآیند تبخیر و خشکی بیشتر حوضه منجر خواهد شد که با دستاوردهای کمال و بوانی (۱۳۸۹)، دوستی (۱۳۹۲) و آذری و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر افزایش دما در طی سال‌های آتی، مطابقت دارد.

جدول ۶- مقایسه میانگین دمای بیشینه دوره پایه و دوره‌های مورد پیش‌بینی تحت سناریوی A2

ماه	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	میانگین طول فصل کشت
میانگین دما (°C)					
دوره پایه	۳۱/۰	۲۸/۳	۲۳/۹	۱۸/۴	۲۵/۴
دوره اول (۲۰۴۶-۲۰۶۵)	۳۳/۵	۳۰/۰	۲۵/۷	۱۹/۸	۲۷/۳
دوره دوم (۲۰۸۰-۲۰۹۹)	۳۶/۱	۳۲/۳	۲۷/۵	۲۱/۶	۲۹/۴

جدول ۷- مقایسه میانگین دمای بیشینه دوره پایه و دوره‌های مورد پیش‌بینی تحت سناریوی B1

ماه	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	میانگین طول فصل کشت
میانگین دما (°C)					
دوره پایه	۳۱/۰	۲۸/۳	۲۳/۹	۱۸/۴	۲۵/۴
دوره اول (۲۰۴۶-۲۰۶۵)	۳۲/۹	۲۹/۶	۲۵/۴	۱۹/۷	۲۶/۹
دوره دوم (۲۰۸۰-۲۰۹۹)	۳۴/۲	۳۰/۵	۲۵/۷	۲۰/۰	۲۷/۶

نتیجه گیری

در این تحقیق جهت ارزیابی تغییر اقلیم در دوره‌های ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ میلادی، خروجی مدل گردش عمومی جو HadCM3 با سناریوهای پیش‌فرض A2 و B1 از طریق مدل LARS-WG ریزمقیاس نمایی شدند. این فرآیند با استفاده از بررسی توانمندی مدل مذکور و صحت‌سنجی آن به کمک سناریوهای لحاظ شده روی ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام شد که مشخص گردید میزان بارش در حوضه آبخیز در طول فصل کشت ثانویه در دوره‌های ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ متغیر خواهد بود که این حدود تغییرات با افزایش بارش در ماه‌های انتهایی فصل کشت (اکتبر و نوامبر) و کاهش شدید بارندگی در ماه‌های کم بارش تابستان و ابتدای فصل کشت همراه خواهد بود. همچنین دمای طول دوره کشت ثانویه به‌طور میانگین حدود ۱/۵ سانتیگراد تا ۳/۹ سانتیگراد افزایش خواهد داشت که به‌ویژه این افزایش، علاوه بر کاهش میزان بارش جامد (برف) و تغییر رژیم بارش، در ماه‌های گرم سال نمود بیشتری خواهد داشت که در مطالعات سورفلیت و تولز^۱ (۲۰۱۳) مورد تأیید قرار گرفت. بر این اساس و با توجه به بحث تغییرات بارندگی، اقلیم حوضه به سمت خشک‌تر شدن پیش خواهد رفت. از سوی دیگر افزایش میزان بارش در ماه‌های انتهایی فصل کشت و همچنین افزایش دمای هوا در ماه‌های گرم و ابتدایی فصل کشت را به‌همراه خواهد داشت. این موضوع با تأثیر بر میزان تبخیر و تعرق گیاهان زراعی و تاب آوری آنها در برابر خشکسالی، تأثیر بسیار زیادی بر عملکرد محصول خواهد داشت. لذا با توجه به موارد فوق انتخاب گیاهان زراعی برای کشت دوم بایستی با دقت و مطالعه بیشتر صورت گیرد. همچنین تقویم زراعی براساس تغییرات دمایی و بارش در منطقه اصلاح گردد.

منابع:

آذری، م، ح، مرادی، ب، ثقفیان، م. فرامرزی. ۱۳۹۲. ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوضه آبخیز گرگانرود. نشریه آب و خاک. (۲۷) ۳: ۵۴۷-۵۳۷.

بابائیان، ا، نجفی‌نیک، ز، زابل عباسی، ف، حبیبی نوخندان، م، ادب، ح، و ش، ملبوسی. ۱۳۸۸. ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECCHO-G. فصل‌نامه جغرافیا و توسعه، ۸ (۱۶)، ۱۳۵-۱۵۲.

بختیاری، ب، ش، پورموسوی، ن. سیاری. ۱۳۹۳. بررسی اثر تغییر اقلیم بر منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی ایستگاه بابلسر طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰. نشریه آبیاری و زهکشی. (۸) ۴: ۷۰۴-۶۹۴.

پیرمردیان، ن، ح. هادی‌نیا و ا. اشرف‌زاده (۱۳۹۵) پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه، تابش و بارش در ایستگاه سینوپتیک رشت تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، (۲۰) ۵۵، ۴۴-۲۹.

حجازی زاده، ز، ا، فتاحی، ع، مساح بوانی، و م، ناصرزاده. ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر هیدروگراف سیلاب در دوره های آتی مطالعه موردی: حوضه آبخیز بختیاری. فصل‌نامه جغرافیا، ۱۰ (۳۴) ۲۴-۵.

¹.Surfleet and Tullos

خزانه داری، ل.، م. کوهی، ش. قندهاری و م. آسیایی (۱۳۹۱) تغییر اقلیم، علل، اثرات و راه حل‌ها. جانتی هاردی. انتشارات پاپلی. مشهد.

داداشی تنکابنی، نوربخش، ۱۳۸۶، بررسی تغییرات ویژگی بارش در استان مازندران و تأثیر آن بر کشاورزی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز. ۱۳۲:۱۰

دوستی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر دبی جریان با کاربرد مدل بارش-رواناب(مطالعه موردی: حوضه آبخیز تمر، استان گلستان). پایان نامه دوره کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۹۲:۱۰

ذهبیون، ب.، م.، گودرزی، و ع.، مساح بوانی. ۱۳۸۹. کاربرد مدل SWAT در تخمین رواناب حوضه در دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییر اقلیم. نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۱ (۳ و ۴)، ۵۸-۴۳.

قلندری، س. و م. جانعلی زاده (۱۳۹۴). تغییر اقلیم و اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علم و فناوری. کوالالامپور، مالزی؛ ۱۹-۱.

کمال، ع.، و ع.، مساح بوانی. ۱۳۸۹. تأثیر تغییر و نوسانات اقلیمی بر رواناب حوضه با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی. نشریه آب و خاک، ۲۴ (۵) ۹۳۱-۹۲۰

Bozkurt, D. and Lutfi Sen, O. 2013. Climate change impacts in the Euphrates–Tigris Basin based on different model and scenario simulations, *Journal of Hydrology*, 480:149-161.

Chen, J., Xia, J., Zhao, C., Zhang, Sh., Fu, G., Ning, L., 2014. The mechanism and scenarios of how mean annual runoff varies with climate change in Asian monsoon areas, *Journal of Hydrology*, 517:595-606.

Guardiola, M., Troch, P.A., Breshears, D.D., Huxman, T.E., Switanek, M.B., Durcik, M., Cobb, N.S., 2011. Decreased stream flow in semi-arid basins following drought-induced tree die-off: A counter-intuitive and indirect climate impact on hydrology, *Journal of Hydrology*, 406:225-233.

IPCC. 2001. In: Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H., Dokken, D.J. (Eds.), *Special Report on the Regional Impacts of Climate Change, An Assessment of Vulnerability*. Cambridge University Press, UK.

IPCC. 2007. *Climate Change 2007*. PP.1-8. In: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.), *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, UK.

Jaafari, M. 2007. *An overview on sustainable forest management (SFM)*. Pooneh Publisher. Tehran, Iran.

Khazaei, M.R., Zahabiyoun, B., Saghafian B., 2011. Assessment of climate change impact on floods using weather generator and continuous rainfall-runoff model, *International Journal of Climatology*, 10:1002-1012.

Massah Bavani A. R., S. Morid. 2010. Impact of Climate Change on the Water Resources of Zayandeh Rud Basin. *JWSS.*; 9 (4):17-28

Nigel W.A. and B. Lloyd. 2014. The global-scale impacts of climate change on water resources and flooding under new climate and socio-economic scenarios. *Journal of Climatic Change*. 122:127–140

Steele-Dunne, S., P. Lynch, R. McGrath, T. Semmler, SH. Wang, J. Hanafin and P. Nolan. 2008. The impacts of climate change on hydrology in Ireland. *Journal of Hydrology*. 356: 28-45.

Surfleet, C.G. and Tullos D. 2013. Variability in effect of climate change on rain-on-snow peak flow events in a temperate climate, *Journal of Hydrology*, 479: 24–34.

Effects of Climate Change on Meteorology Components Secondary Cultivation in Paddy Fields