

بررسی آثار تغییرات اقلیمی بر عملکرد، سود ناخالص و الگوی کشت شهرستان گرگان

ابوالفضل دیلمی، رامتین جولایی، اعظم رضایی، علی کرامت زاده^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۵

چکیده

بخش کشاورزی وابستگی شدیدی به پارامترهای اقلیمی دما و بارش دارد بنابراین با شدت و سرعت بیشتری نسبت به تغییرپذیرهای اقلیمی واکنش نشان می‌دهد. با این وجود مدیریت و بهینه‌سازی الگوی کشت سازگار با اقلیم منطقه، می‌تواند اثر گذاری های سوء تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش دهد. در این پژوهش، اثر گذاری های تغییر اقلیم بر عملکرد، سود ناخالص و الگوی کشت شهرستان گرگان بررسی شد. بدین منظور در آغاز با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب در دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۷ بررسی شد. آنگاه با استفاده از مدل گردش عمومی *HadGEM2* تغییرپذیرهای اقلیم شهرستان گرگان برای دوره‌های آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰)، آینده میانی (۲۰۵۱-۲۰۷۰) و آینده دور (۲۰۸۱-۲۱۰۰) پیش‌بینی شد. در پایان با به کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و اثر گذاری های تغییر اقلیم بر الگوی کشت در دوره‌های یاد شده بررسی شد. نتایج نشان دادند که پارامترهای اقلیمی دما و بارش تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دارد و همچنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری های اقلیم در مدل الگوی کشت، سبب‌زمینی آبی با ۰.۲۷ و ۷۱.۷ درصد افزایش، به ترتیب بیشترین افزایش در عملکرد و سطح زیر کشت را دارد. بیشترین کاهش در عملکرد با ۰.۱۷ درصد کاهش مربوط به برنج دانه بلند مرغوب و بیشترین کاهش در سطح زیر کشت با ۸۹.۱ درصد کاهش مربوط به محصول جو آبی می‌شود. همچنین سود ناخالص کشاورزان در هر سه دوره آینده نزدیک، آینده میانی و آینده دور افزایش پیدا می‌کند. در پایان می‌توان با در نظر گرفتن اثر گذاری های تغییر اقلیم و بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی از اثر گذاری های سوء این پدیده کاست.

طبقه‌بندی JEL: Q54، Q25، C02، C22

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تغییر اقلیم، شهرستان گرگان، مدل گردش عمومی

^۱ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار (نویسنده مسئول)، استادیار و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

اقلیم، آمیخته‌ای از ویژگی‌های چیره شده و ماندگار جوی یک گستره‌ی جغرافیایی در گذر زمان است و به طور معمول بر مبنای متغیرهایی مانند دما، بارش، رطوبت، وزش باد، شمار روزهای آفتابی، دمای سطح دریا و ضخامت لایه‌های یخ در آب دریا تعیین می‌شود. مجموعه‌ی این عامل‌ها در یک دوره‌ی زمانی معین همراه با دیگر ویژگی‌های منطقه‌ای مانند طول مدت فصل کشت و شدت سیلاب‌ها، مشخص کننده‌ی اقلیم یک منطقه می‌باشد (Salinger et al., 2000). برابر تعریف سومین گزارش ملی تغییر آب هوا در سال 2011، تغییر اقلیم عبارت است از تغییر برگشت ناپذیر در میانگین شرایط آب و هوایی یک ناحیه، نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلند مدت در آن منطقه رخ داده است. تغییرپذیری‌های اقلیمی از جمله مسئله‌های مهم و مطرح جهانی در دهه‌های اخیر است زیرا این تغییرپذیری‌ها به یکی از چالش‌های عمده زیست محیطی تبدیل شده است که می‌تواند اثر گذاری‌های مختلف اقتصادی نیز به دنبال داشته باشد (Moradi et al., 2013). در دنیای صنعتی امروز با رشد روز افزون جمعیت و نیاز بشر به انرژی و کاربرد انواع سوخت‌های فسیلی، شرایط آب و هوایی و جو زمین نیز مانند دیگر قسمت‌های این کره خاکی از آسیب‌ها و تاثیرگذاری‌های زیانبار انسان در امان نمانده و دستخوش تغییرپذیری‌های اساسی قرار گرفته است، پدیده تغییر اقلیم از نمونه بارز این دگرگونی‌ها به شمار می‌آید. مهم‌ترین شاخص‌های تغییر اقلیم دما و بارش است که تغییر هر یک از آن‌ها عوامل موجب تغییرپذیری‌های آب و هوایی می‌شود که پیامد آن زندگی انسان‌ها را نیز تغییر می‌دهد (Taghadosian et al., 2003). برجسته‌ترین پیامد فعالیت‌های صنعتی بشر در دو سده اخیر، افزایش گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق موجود در جو و نیز تغییرپذیری‌های سطح زمین می‌باشد. این پدیده اثرهای مختلفی بر بخش‌های مختلف اقتصادی مانند کشاورزی، صنعت، گردشگری، آب و بهداشت می‌گذارد (Morid & Abdolmanafi, 2013). گرم شدن زمین، خشکسالی، سیل و تغییرپذیری‌های گسترده در وضعیت آب و هوا منجر به کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی، کاهش درآمد کشاورزان و درنهایت کاهش بهره‌وری اقتصادی می‌شود، لذا با توجه به این موضوع کشاورزی فعالیتی اقتصادی است که هدف آن تولید غذا و در نتیجه امنیت غذایی حال و آینده

بررسی آثار تغییرات اقلیمی...۱۳۹

می‌باشد، تغییر اقلیم می‌تواند این امنیت را با مخاطره‌های جدی رو به رو سازد (FAO¹, 2012). ایران در پهنه‌بندی اقلیمی جهان، جزء منطقه‌های خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید. پیش‌بینی وضعیت اقلیمی کشور، بیانگر رخداد پدیده تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر و ادامه این روند در آینده است، نتایج تحقیقات هیات بین دول تغییر اقلیم (IPCC²) در گزارش سال 2007، بیانگر آن است که در ایران سناریوهای تغییر اقلیم، با افزایش میانگین دما تا دو درجه سلسیوس در 30 سال آینده همراه خواهد بود که در این صورت، بارندگی افت محسوس خواهد داشت. با توجه به وابستگی شدید کشاورزی به اقلیم، این بخش با شدت بیشتر و سرعت بالاتر نسبت به تغییرات پذیری‌های اقلیمی واکنش نشان می‌دهد. برابر آمار و اطلاعات بانک مرکزی در سال 1396، سهم 10 درصدی کشاورزی در ارزش افزوده کشور، حساسیت نسبت به تغییرپذیری‌های جهانی، ناحیه‌ای و محلی را به خود اختصاص داده است. این بررسی‌ها به بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی در مقیاس‌های مختلف پرداخته‌اند تا از این طریق اطلاعات کاملی در مورد وضعیت تولید، محدودیت‌ها و باز دارنده‌های اقلیمی آینده در تولید محصولات زراعی فراهم سازند (Mahalati et al., 2006). در ادامه به شمار چندی از این بررسی‌ها اشاره خواهد شد. در کشور استرالیا اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر یکی از حوضه‌های آبیاری بررسی شد. نتایج نشان داد که در سناریوهای تغییر اقلیم شدیدتر، هزینه بیشتری برآورد شده و تغییر از کشت محصولات سالیانه به دائمی در این حالت سودمندتر خواهد بود (Connor et al., 2008). در پژوهشی دیگر (Mousavi & Soltani 2015) اثر گذاری‌های تغییر اقلیم بر الگوی کشت دشت بهار همدان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در بدبینانه‌ترین سناریو، کاهش ارزش افزوده بخش کشاورزی منطقه، به میزان 53 میلیارد ریال را تا سال 2040 در پی خواهد داشت. در پژوهشی (Mozaffari et al 2015) به تحلیل اقتصادی اثرگذاری‌های تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی و منابع آب در دسترس اراضی پایین دست سد طالقان پرداختند. نتایج نشان داد که مجموع سود ناخالص کشاورزان 1.93 تا 3.72 درصد کاهش و ارزش اقتصادی آب 4.27 تا 13.6 درصد نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. در تحقیقی (2016)

¹ Food and Agriculture Organization

² Intergovernmental panel of climate change

Schonhart et al در کشور اتریش به تحلیل تاثیر تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و محیط زیست پرداختند. نتایج نشان داد که اتخاذ سیاست‌هایی متناسب با تغییر اقلیم و در جهت افزایش سود بخش کشاورزی به زیان محیط زیست خواهد بود. در بررسی دیگری Mahmoodi & Parhizkari (2016) تاثیر تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات منتخب و سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین را بررسی کردند. نتایج اثبات کرد با تغییرپذیری های اقلیمی، عملکرد محصولات کشاورزی نیز تغییر خواهد کرد همچنین مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت نشان دهنده این موضوع بود که سود ناخالص کشاورزان نسبت به سال پایه 1.05 درصد افزایش می‌یابد. در تحقیقی دیگر Soleymani Nejad (2017) با هدف بررسی اثرگذاری های تغییر اقلیم بر الگوی کشت زراعی دشت مشهد به این نتیجه رسیدند که تغییرپذیری های دما و بارش دارای اثر معنی داری بر عملکرد محصولات هستند. همچنین پدیده تغییر اقلیم سود ناخالص کشاورزان را نسبت به سال پایه به میزان 1.6 درصد افزایش می‌دهد. در پژوهشی Parhizkari (2017) با هدف ارزیابی اثرگذاری های نابهنگامی تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی اراضی پایین دست سد طالقان به این نتیجه رسیدند که مجموع بازده ناخالص کشاورزان نسبت به سال پایه 5.16 درصد کاهش می‌یابد. در بررسی دیگری نیز (Huong et al (2018) با استفاده از روش ریکاردین^۱ در کشور ویتنام، به بررسی تاثیرگذاری های اقتصادی تغییر اقلیم بر کشاورزی پرداختند. نتایج گویای کاهش درآمد خالص کشاورزان تا سال 2050 و 2100 به ترتیب به میزان 17.7 و 21.28 درصد بود. در تحقیقی Koudahe et al (2018) به بررسی روند تغییرپذیری های دما و بارش بر تولید محصولات در جنوب توگو پرداختند. نتایج با بررسی داده‌های هواشناسی از سال 1970 الی 2014 نشان‌دهنده افزایش دما بود که این موضوع در منطقه جنوب توگو تاثیر قابل توجهی بر تولید و عملکرد ذرت و لوبیا دارد. مرور نتایج بررسی های انجام شده نشان می‌دهد که با توجه به تاثیرپذیری شدید بخش کشاورزی نسبت به پارامترهای اقلیمی دما و بارش، هرگونه تغییر در این پارامترها با تاثیرگذاری بر الگوی کشت، سود ناخالص کشاورزان را تغییر می‌دهد. عملکرد اغلب محصولات کشاورزی نیز تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی تغییر خواهد کرد.

جلگه پهناور، تنوع آب و هوایی و خاک مناسب باعث شده تا حدود ۵۶ درصد جمعیت استان

¹Ricardian

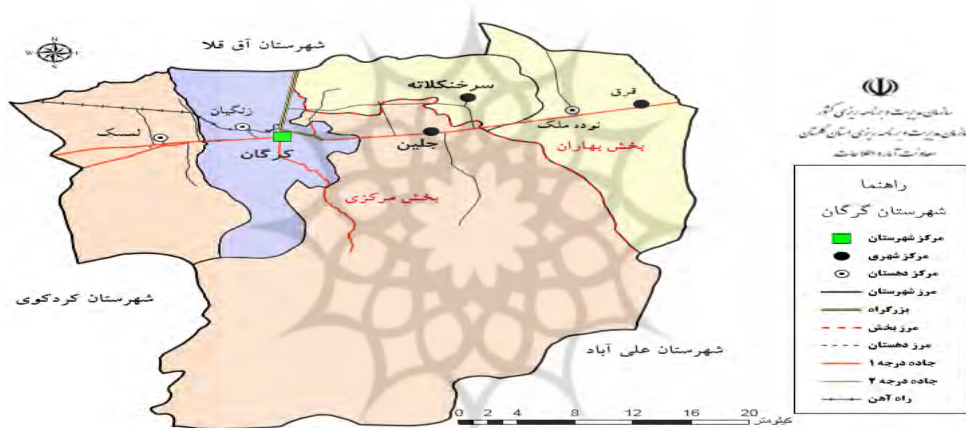
بررسی آثار تغییرات اقلیمی... ۱۴۱

گلستان، معادل ۹۱۰۵۸۶ نفر در ۱۰۰۰ روستای دارای سکنه سالانه به کشت و کار حدود ۶۵۰۰۰۰ هکتار از اراضی با ترکیب ۸۹ محصول زراعی و باغی مشغول باشند. با توجه به آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان در سال ۱۳۹۶ این استان با در اختیار داشتن جایگاه اول در تولید سویا، کلزا و خاویار، جایگاه دوم در تولید پنبه، جایگاه سوم در تولید توتون و جایگاه چهارم در تولید گندم و برنج از قطب‌های کشاورزی کشور به شمار می‌آید. شهرستان گرگان بیش از ۲۰ درصد از اراضی آبی استان گلستان را در اختیار دارد که الگوی کشت این منطقه شامل محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای، نخود، لوبیا، عدس، پنبه، توتون و تنباکو، چغندرقد، سویا، آفتابگردان روغنی، کلزا، سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه، هندوانه، خیار، یونجه، شبدر و ذرت علوفه‌ای می‌باشد. برابر نتایج تحقیقات اداره کل هواشناسی استان گلستان، میانگین بارش و دما در سال زراعی ۹۵-۹۶ نسبت به میانگین بلند مدت (۳۰ ساله) به ترتیب ۲۵ درصد کاهش و دو درجه سلسیوس افزایش داشته است. همچنین بررسی نتایج مدل‌سازی پارامترهای اقلیمی دما و بارش شهرستان گرگان نشان می‌دهد که در همه فصل‌ها افزایش دما رخ داده است، که در فصل‌های گرم این افزایش بیشتر است و همچنین در مورد بارش نیز تغییراتی پیش‌بینی شده است که البته این تغییرپذیری‌ها منظم نیستند. به طوری که در فصل‌هایی از سال افزایش بارش و در فصل‌هایی دیگر کاهش بارش رخ داده است (Ghorbani & Soltani, 2014). بنابراین شرایط اقلیمی آبی تفاوت محسوس با شرایط کنونی خواهد داشت و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و راهبردی برای مدیریت این شرایط ضروری به نظر می‌رسد. به دلیل اینکه کشاورزی فعالیتی است که امنیت غذایی جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد بنابراین، در این پژوهش، اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر عملکرد، سود ناخالص و الگوی کشت شهرستان گرگان بررسی شده است.

روش تحقیق

منطقه مورد بررسی در این پژوهش، شهرستان گرگان با ارتفاع ۱۳.۳ متر از سطح دریا می‌باشد. این منطقه با میانگین بارش سالانه ۶۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۷ درجه سلسیوس،

بر مبنای سامانه (سیستم) اقلیمی دومارتن^۱ داری اقلیم مدیترانه‌ای است (Ghorbani & Soltani, 2014). بنا بر آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، سطح زیر کشت محصولات زراعی شهرستان گرگان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ حدود ۶۰۰۰۰ هکتار می‌باشد که محصولات گندم، جو، سویا، برنج، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای و پنبه بیش از ۹۳ درصد از این سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند و در این تحقیق بررسی شونده. دیگر محصولات موجود در الگوی کشت شهرستان گرگان به دلیل ناچیز بودن سطح زیر کشت، در مدل‌سازی استفاده نخواهند شد. شکل (۱)، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی را در استان گلستان نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی شهرستان گرگان

در این بررسی در آغاز به بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی دما و بارش و تاثیرگذاری های آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات زراعی شهرستان گرگان پرداخته شد، آنگاه تغییرپذیری های متغیرهای اقلیمی، با بهره‌گیری از داده‌های سناریوهای دوره (سری) RCP_s^2 ، موجود در گزارش پنجم ($AR5^3$) که جدیدترین گزارش هیات بین‌دولتی تغییر اقلیم می‌باشد، پیش‌بینی شد. سناریوهای جدید انتشار دارای چهار خط سیر کلیدی با نام‌های $RCP4.5$ ، $RCP6$ و $RCP8.5$ ،

¹De Martonne

²Representative Concentration Pathways

³Fifth Assessment Report

بررسی آثار تغییرات اقلیمی... ۱۴۳

RCP2.6 می‌باشند که بر مبنای میزان واداشت تابشی^۱ آن‌ها در سال 2100 نام‌گذاری شده‌اند. با توجه به گزارش‌های منتشر شده توسط *IPCC* در سال 2010 در سناریو *RCP2.6* به دلیل پیشرفت فناوری بالا و استفاده از انرژی‌های نو و کاهش گازهای گلخانه‌ای، میزان واداشت تابشی در سال 2100 به کم‌ترین مقدار در بین سناریوهای خانواده *RCPs*، یعنی 2.6 وات بر متر مربع می‌رسد و جمعیت در سال 2100 در این سناریو 7 میلیارد نفر برآورد شده است. رشد جمعیت در سناریو *RCP4.5* از سناریو *RCP2.6* کمتر برآورد شده است ولی به دلیل پیشرفت فناوری پایین، واداشت تابشی در این سناریو 4.5 وات بر متر مربع برآورد شده است. در سناریو *RCP6* جمعیت تا سال 2100 به 9 میلیارد نفر و واداشت تابشی نیز به 6 وات بر متر مربع خواهد رسید. پیشرفت فناوری در این سناریو به صورت منطقه‌ای رخ خواهد داد. *RCP8.5* در میان سناریوهای این خانواده، به دلیل پیشرفت فناوری پایین، جمعیت 12 میلیاردی، عدم وضع قوانین رویارویی و سازگاری با تغییر اقلیم و واداشت تابشی 8.5 وات بر متر مربع در سال 2100، بدبینانه‌ترین سناریو می‌باشد. در مرحله بعد با استفاده از نتایج تغییرپذیری‌های اقلیمی پیش‌بینی شده و با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، اثرگذاری‌های سناریوهای تغییر اقلیم بر عملکرد، سود ناخالص و الگوی کشت شهرستان گرگان بررسی شد.

تحلیل رگرسیونی

در این مرحله، با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (*OLS*)^۲، روند تغییر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای دما و بارش سالانه و تأثیرات آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات زراعی شهرستان گرگان، با استفاده از بسته نرم افزاری *Eviews.7* بررسی شد. بر این مبنا تابع عملکرد محصولات به صورت زیر بیان می‌شود:

$$Y_i = f(T_i, S_i), i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

که در آن Y_i بردار میانگین عملکرد محصول i ، T_i بردار میانگین دما و S_i بردار مجموع بارش در دوره کاشت محصولات منتخب می‌باشد (Koudahe et al., 2018). برای رفع خودهمبستگی رابطه بالا از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول استفاده شد. به این معنا که پیش‌بینی متغیر وابسته در

^۱ تابش ورودی از خورشید به زمین منهای تابش خروجی از آن را واداشت تابشی می‌گویند که بر حسب وات بر مترمربع بیان می‌شود.
^۲ Ordinary Least Squares

زمان t نسبتی از آن مقدار در زمان $t-1$ است (Noferesti, 1999). برای تعیین شکل برتر، در آغاز شکل های مختلف لگاریتمی، نیمه لگاریتمی، خطی درجه یک، درجه دو و درجه دو با اثرهای متقابل متغیرها، بر آورد شد و بنا بر نتایج به دست آمده از معیارهای موجود در مدل (مانند \bar{R}^2) به تعیین شکل برتر از بین شکل های بالا پرداخته و از نتایج مدل برتر برای تفسیر معادله ها و ارتباط بین متغیرها استفاده شد (Soleymani Nejad, 2017).

مدل های اقلیمی

مدل های گردش عمومی جو (GCM^1)، مدل های ریاضی پیچیده ای هستند که می توانند ویژگی های اقلیمی آینده و پارامترهای جوی - اقیانوسی را بر مبنای چرخه های آب و هوایی جهان و با استفاده از سناریوهای تایید شده $IPCC$ مدل سازی کنند (Kouchaki, 2015). در این پژوهش نسخه دوم مدل محیطی جهانی مرکز هدلی با نام مدل $HadGEM2^2$ به عنوان مدل گردش عمومی استفاده شده است. دلیل انتخاب و استفاده از این مدل، ساختن مدلی پایدار بوده که حالت و شرایط واقعی زیستی اقلیم، پوشش گیاهی و اقیانوس را بدون نیاز به اصلاحات فرضی و ساختگی ارائه دهد (Collinz et al., 2011). داده های اقلیمی در مقیاس واقعی بدون وضوح کافی و مشمول محدودیت های جدی می باشند، به همین جهت برای دستیابی به وضوح و دقت کافی نیازمند ریزمقیاس نمایی داده ها هستیم (Bakhshai, 2017)، از این رو در این تحقیق از مدل $LARS-WG^3$ استفاده شده است. در این مدل، خروجی مدل های گردش عمومی جو به روش های آماری به گونه ای ریزمقیاس می شوند که به مقدار واقعی بسیار نزدیک باشند. از این مدل برای تولید و شبیه سازی داده های روزانه بارندگی، ساعت آفتابی، دماهای بیشینه و کمینه در یک ایستگاه در شرایط اقلیم کنونی و آینده استفاده می شود (Semenov & Barrow, 2002). تولید داده توسط مدل $LARS-WG$ در سه مرحله واسنجی کردن (کالیبراسیون)، ارزیابی و تولید داده های هواشناسی برای دوره آتی صورت می گیرد (Ashraf et al., 2011) و سپس به تولید داده های اقلیمی توسط مدل $HadGEM2$ تحت سناریوهای سری 8.5 و 4.5 و RCP 2.6 موجود در گزارش پنجم $IPCC$ برای دوره های آینده نزدیک (2021-2040)، آینده میانی (2051-2070) و همچنین

¹ General Circulation Model

² Hadley Centre Global Environmental Model version 2

³ Long Ashton Research Station Weather Generator

بررسی آثار تغییرات اقلیمی... ۱۴۵

آینده دور (2081-2100) پرداخته شد. با توجه به این موضوع که در همه پژوهش‌های داخلی انجام شده در این زمینه تا به حال از گزارش چهارم کمیته بین دولتی تغییر اقلیم و سناریوهای انتشار^۱ استفاده شده است، نیاز به بروزرسانی داده‌ها و سناریوها وجود دارد. در نتیجه نوآوری این تحقیق استفاده از سناریوهای واداشت تابشی دوره *RCPs*، موجود در گزارش پنجم که جدیدترین گزارش کمیته بین دولتی تغییر اقلیم به شمار می‌آید و همچنین استفاده از مدل گردش عمومی *HadGEM2* می‌باشد. در مرحله آخر پژوهش، با به کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و تدوین مدل *PMP*، شرایط الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و اثرگذاری های تغییر پارامترهای اقلیمی دما و بارش بر الگوی کشت، با استفاده از نتایج به دست آمده از مرحله های پیش بررسی شد. به طور کلی مدل *PMP* طی سه مرحله تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های کالیبراسیون، کاربرد مقادیر دوگان مرحله اول بررسی تعیین پارامترهای تابع هدف غیرخطی مرحله اول، کاربرد تابع هدف کالیبره شده در قالب یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به منظور تحلیل سیاست‌ها حل می‌شود. مدل برنامه‌ریزی ریاضی مورد استفاده در این تحقیق برای تعیین الگوی بهینه کشت، دارای شکل استاندارد زیر در حالت بیشینه‌سازی بازده ناخالص می‌باشد.

$$\text{Maximize } Z = \hat{P}x - \hat{d}x - \frac{1}{2} \hat{x} \hat{Q} x \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n k_i x_i \leq T \text{ Capital} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq T \text{ Land} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq T \text{ Poison} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n f_i x_i \leq T \text{ Fertilizer} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n l_i x_i \leq T \text{ Labor} \quad (7)$$

^۱سناریوهای انتشار در گزارش‌های سوم و چهارم کمیته بین دولتی تغییر اقلیم به ترتیب در سال‌های 2001 و 2007 چاپ شدند. از این سناریوها برای پیش‌بینی غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو استفاده می‌شود.

$$\sum_{i=1}^n m_i x_i \leq T \text{ Machinery} \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \leq T \text{ Water}_m \quad (9)$$

$$x_i \geq 0 \quad (10)$$

$$x_{t1} - x_{t2} \leq 0 \quad (11)$$

در این مدل z ارزش تابع هدف؛ P بردار $(n \times 1)$ قیمت محصولات گندم آبی، جو آبی، پنبه آبی، سیبزمینی آبی، گوجه‌فرنگی آبی، ذرت علوفه‌ای آبی، سویا بهاره و تابستانه آبی و برنج دانه بلند و پر محصول؛ x بردار $(n \times 1)$ غیر منفی از سطح‌های فعالیت‌های تولیدی؛ بردار \hat{d} و ماتریس \hat{Q} به ترتیب پارامترهای واسنجی (کالیبره شده) جزء خطی و درجه دو تابع هزینه را نشان می‌دهند و ضریب‌های w و k, p, f, l, m به ترتیب بیانگر میزان استفاده از منبع‌های سرمایه (هزار تومان)، سم‌های شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، کودهای شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، نیروی کار (نفر-روز-کار)، ماشین‌ها (ساعت در هکتار) و آب (مترمکعب در هکتار) برای تولید محصول i در یک هکتار زمین زراعی هستند و نیز $T \text{ Fertilizer}, T \text{ Labor}, T \text{ Machinery}, T \text{ Water}_m, T \text{ Capital}, T \text{ Land}, T \text{ Poison}$ به ترتیب مقدار کل منبع‌های سرمایه (هزار تومان)، زمین (هکتار)، سم‌های شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، کودهای شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، نیروی کار (نفر-روز-کار)، ماشین‌ها (ساعت در هکتار) و آب (سطحی و زیرزمینی بر حسب مترمکعب در هکتار) در دسترس در منطقه برای فعالیت‌های زراعی را نشان می‌دهند. رابطه (2) بیانگر تابع هدف و رابطه‌های (3) تا (11) قیدهای لحاظ شده در مدل است. تابع هدف، سود ناخالص سالانه‌ی (تومان) به دست آمده از کل فعالیت‌های زراعی شهرستان گرگان را بیشینه می‌کند. قیدهای مدل بیانگر این موضوع است که کل منبع‌ها تخصیص یافته بین فعالیت‌های تولیدی نمی‌تواند بیشتر از کل منبع‌ها موجود که شامل سرمایه، زمین، سم‌های شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی کار، ماشین‌ها و منبع‌های آب موجود در منطقه باشد. قید مرتبط با سم‌ها و کودهای شیمیایی به ترتیب برای هر یک از سم‌ها علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش و کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس تکرار می‌شود. رابطه (10) بیان‌کننده این موضوع می‌باشد که سطح‌های فعالیت‌های تولیدی که در واقع سطح زیرکشت محصولات مختلف بر حسب هکتار است نمی‌تواند منفی شود و قید (11) نیز نشان می‌دهد که سطح زیر کشت محصولات در تناوب نمی‌تواند از سطح محصول اول کشت شده در همان زمین بیشتر باشد. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته در مورد

بررسی آثار تغییرات اقلیمی... ۱۴۷

تناوب محصولات منطقه مورد بررسی، محصول گندم و جو آبی در تناوب‌های زراعی، از محصولات اصلی به شمار می‌روند. جامعه آماری در این تحقیق کل کشاورزان شهرستان گرگان می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های جامعه آماری مورد بررسی و نیاز تحقیق، روش نمونه‌گیری طبقه‌ای تصادفی برای انتخاب نمونه استفاده شد. در این بررسی دهستان‌های شهرستان گرگان (روشن آباد، استرآباد شمالی، انجیراب، استرآباد جنوبی و قرق) به عنوان طبقه‌ها در نظر گرفته شده‌اند. حجم نمونه در این روش با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L N_i^2 \sigma_i^2 / w_i}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2} \quad (12)$$

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (13)$$

$$B = 2\sigma \quad (14)$$

در رابطه‌های بالا L شمار طبقه‌ها، N_i شمار واحدهای نمونه‌گیری در شمار i ام، N تعداد واحدهای نمونه‌گیری در جامعه، σ_i انحراف معیار سطح زیر کشت در هر طبقه، w_i سهم طبقه‌ها، σ انحراف معیار جامعه، B کران خطای برآورد، n حجم نمونه و D دامنه تغییرپذیری‌ها می‌باشند. با استفاده از رابطه‌های بالا حجم نمونه در این تحقیق 287 به دست آمد. همچنین دیگر اطلاعات مورد نیاز با مراجعه حضوری به سازمان‌های مربوطه به دست آمده است. در مرحله‌ی آخر به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از بسته‌ی نرم‌افزاری *GAMS.25* استفاده شد.

نتایج و بحث

در این بخش در آغاز با استفاده از آماره ضریب تعیین تعدیل شده (\bar{R}^2) و دیگر معیارهای موجود در مدل به انتخاب الگو با بهترین شکل تابعی برازش داده شده، برای تعیین ارتباط بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی پرداخته شد. بر این مبنا محصولات ذرت علوفه‌ای آبی و سویا بهاره آبی دارای شکل تابعی خطی و دیگر محصولات شکل تابعی درجه دو دارند. در ادامه ارتباط متغیرهای اقلیمی دما و بارش و تأثیرپذیری‌های آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات منتخب شهرستان گرگان، طی دوره 30 ساله (1367-1396) بررسی و نتایج در جدول (۱) گزارش شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۱) متغیر بارش اثر منفی و متغیر دما اثری مثبت بر عملکرد محصولات گندم آبی، گوجه فرنگی آبی و ذرت علوفه‌ای آبی دارند. متغیرهای دما و بارش

ارتباط معکوسی با عملکرد پنبه آبی و ارتباط مستقیمی با عملکرد محصولات سیب زمینی آبی، جو آبی، سویا بهاره آبی و سویا تابستانی آبی دارند. عملکرد محصولات برنج دانه بلند پرمحصول و برنج دانه بلند مرغوب ارتباط مثبتی با متغیر اقلیمی بارش و ارتباط معکوسی با دما دارند. نتایج آزمون F در جهت نیکویی برآزش الگو و برازندگی ضریب تعیین تعدیل شده (R^2 و \bar{R}^2) در جدول (۲) گزارش شده است. مقدار Prob آماره F نشان می‌دهد که کل تابع های رگرسیونی انجام شده معنی دار می‌باشند. بالا بودن مقدار ضریب تعیین تعدیل شده پس از برآورد تابع ها، گویای آن است که متغیرهای دما و بارش توانسته‌اند درصد بالایی (64 تا 93 درصد) از تغییرپذیری های متغیر وابسته را توضیح دهند.

جدول (۱) تاثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب در شهرستان گرگان
Table (1) Effects of temperature and precipitation on yield of selected products in Gorgan county

| توان دوم دما Squared Temperature | دما Temperature | توان دوم بارش Squared Precipitation | بارش Precipitation | عرض از مبدا Constant | محصول Crops |
|--|--------------------|---|-----------------------|----------------------------|--|
| **0.016 | ***0.72 | **0.000019 | **0.0016 | ***1.1 | گندم آبی Wheat |
| ***0.051 | ***0.99 | ns | ***0.005 | ***2.3 | جو آبی Barley |
| ***-0.006 | **0.01 | ***0.00001 | ***-0.002 | ***0.7 | پنبه آبی Cotton |
| ns | ***0.05 | ***-0.00002 | ***0.005 | ***3.02 | سیب زمینی آبی Potato |
| ns | ***0.93 | ***0.0018 | ***-0.132 | ***22.9 | گوجه فرنگی آبی Tomato |
| ns | ***0.99 | ns | ***-0.8 | ***32.1 | ذرت علوفه‌ای آبی Forage Maize |
| ns | ***0.036 | ns | ***0.002 | ***0.8 | سویا بهاره آبی Spring Soya |
| ns | ***0.034 | **0.000014 | ***0.0021 | ***0.9 | سویا تابستانه آبی Summer Soya |
| **0.0082 | ***-0.04 | **0.000013 | ***0.0028 | ***1.4 | برنج دانه بلند مرغوب High quality long grain rice |
| **0.0074 | ***-0.04 | **0.000013 | ***0.0027 | ***1.5 | برنج دانه بلند پرمحصول High yield long grain rice |

منبع: یافته‌های تحقیق (* و **، *** به ترتیب معنی‌داری در سطح 10 درصد، 5 درصد و 1 درصد)
 در مرحله‌ی بعد به پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی شهرستان گرگان با استفاده از مدل گردش عمومی HadGEM2 پرداخته شد. بدین منظور در آغاز مدل برای دوره آماری 1996-2017 اجرا

بررسی آثار تغییرات اقلیمی... ۱۴۹

شد، پس از آن با استفاده از آماره‌های ارزیابی (ضریب تعیین و شاخص‌های خطاسنجی) مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از تایید شدن مدل، به تولید داده‌های روزانه بر مبنای سه سناریو تغییر اقلیم RCP2.6, 4.5, 8.5 طی دوره‌های آینده نزدیک (2021-2040)، آینده میانی (2051-2070) و آینده دور (2081-2100) پرداخته شد. و در مرحله آخر میزان تغییرپذیری های هر یک از پارامترهای اقلیمی در سال‌های یاد شده نسبت به سال 2017 برای هر محصول محاسبه شد. لازم به یادآوری است برای محصولاتی با دوره کاشت یکسان، تغییرپذیری های دما و بارش همسانی در نظر گرفته شده است. نتایج به دست آمده از این پیش‌بینی در جدول (۳) ارائه شده است. در نهایت با استفاده از نتایج پارامترهای اقلیمی پیش‌بینی شده و با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر عملکرد، سود ناخالص و الگوی کشت شهرستان گرگان بررسی شد.

جدول (۲) آماره‌های مدل رگرسیونی عملکرد
Table (2) yield regression model statistics

| F | \bar{R}^2 | R^2 | محصول Crops |
|--------------------|-------------|-------|--|
| ***46.5 (0.00) | 0.89 | 0.91 | گندم‌آبی Wheat |
| ***56.4 (0.00) | 0.85 | 0.86 | جوآبی Barley |
| ***85.3 (0.00) | 0.93 | 0.95 | پنبه‌آبی Cotton |
| ***18.9 (0.00) | 0.64 | 0.68 | سیب زمینی‌آبی Potato |
| ***124.6 (0.00) | 0.92 | 0.93 | گوجه فرنگی‌آبی Tomato |
| ***63.1 (0.00) | 0.81 | 0.82 | ذرت علوفه‌ای‌آبی Forage Maize |
| ***59.9 (0.00) | 0.79 | 0.80 | سویا بهاره‌آبی Spring Soya |
| ***37.2 (0.00) | 0.78 | 0.81 | سویا تابستانه‌آبی Summer Soya |
| ***26.7 (0.00) | 0.78 | 0.81 | برنج‌دانه بلند مرغوب High quality long grain rice |
| ***18.04 (0.00) | 0.70 | 0.74 | برنج‌دانه بلند پرمحصول High yield long grain rice |

منبع: یافته‌های تحقیق (*) و (**، ***) به ترتیب معنی‌داری در سطح 10 درصد، 5 درصد و 1 درصد

نتایج تغییر در عملکرد، سطح زیر کشت و سود ناخالص کشاورزان به همراه عملکرد فعلی (کیلو- گرم در هکتار)، سطح زیر کشت پایه (هکتار) و سود ناخالص فعلی کشاورزان (میلیون ریال) در

جدول (۴) و (۵) ارائه شده است. طبق نتایج گزارش شده در جدول (۴) بیشترین افزایش در عملکرد مربوط به محصول سیب زمینی آبی با 0.27 درصد افزایش و بیشترین کاهش در عملکرد مربوط به محصول برنج دانه بلند مرغوب با 0.17 درصد کاهش تحت سناریو RCP8.5 در دوره 2081-2100 می باشد و همچنین در جدول (۵) مشاهده می شود که بیشترین افزایش سطح زیر کشت مربوط به محصول سیب زمینی آبی با 71.7 درصد افزایش و بیشترین کاهش در سطح زیر کشت مربوط به محصول جو آبی با 89.1 درصد کاهش تحت تاثیر سناریو RCP8.5 در دوره 2081-2100 می باشد. محصولات جو آبی، پنبه آبی، برنج دانه بلند پر محصول و مرغوب در هر سه دوره زمانی و تحت اعمال هر سه سناریو اقلیمی با کاهش سطح زیر کشت رو به رو می شوند.

جدول (۳) پیش بینی تغییرات بارش و دما در دوره کاشت محصولات منتخب شهرستان گرگان

Table (3) Prediction of temperature and precipitation variation during the planting period of the selected products in Gorgan county

| 2081-2100 | | 2051-2070 | | 2021-2040 | | سناریو Scenario | محصول Crops |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------------|---|
| بارش (mm) | دما (C°) | بارش (mm) | دما (C°) | بارش (mm) | دما (C°) | | |
| -13.96 | 1.57 | 0.27 | 1.31 | -14.52 | 0.90 | RCP2.6 | گندم آبی Wheat |
| -6.41 | 2.77 | -5.51 | 2.09 | -14.29 | 0.65 | RCP4.5 | |
| -0.94 | 4.52 | -7.58 | 2.96 | -12.83 | 1.15 | RCP8.5 | جو آبی Barley |
| -13.96 | 1.57 | 0.27 | 1.31 | -14.52 | 0.90 | RCP2.6 | |
| -6.41 | 2.77 | -5.51 | 2.09 | -14.29 | 0.65 | RCP4.5 | پنبه آبی Cotton |
| -0.94 | 4.52 | -7.58 | 2.96 | -12.83 | 1.15 | RCP8.5 | |
| -1.52 | 1.48 | -0.62 | 1.28 | -4.57 | 0.85 | RCP2.6 | سیب زمینی آبی Potato |
| -1.33 | 2.93 | -1.13 | 2.31 | -6.02 | 0.70 | RCP4.5 | |
| 0.31 | 4.88 | -3.67 | 3.26 | -1.98 | 1.14 | RCP8.5 | گوجه فرنگی آبی Tomato |
| 10.80 | 1.22 | -4.17 | 1.01 | 6.36 | 0.54 | RCP2.6 | |
| 5.23 | 2.64 | 4.27 | 2.06 | 4.97 | 0.45 | RCP4.5 | ذرت علوفه‌ای آبی Forage Maize |
| 4.80 | 4.63 | 2.29 | 3.03 | 8.90 | 2.93 | RCP8.5 | |
| 5.05 | 1.94 | -5.80 | 1.43 | 4.40 | 1.16 | RCP2.6 | سویا بهاره آبی Spring Soya |
| -3.23 | 3.02 | -3.23 | 2.38 | 4.63 | 0.94 | RCP4.5 | |
| 11.15 | 4.73 | -4.15 | 3.30 | 8.18 | 1.50 | RCP8.5 | سویا تابستانه آبی Summer Soya |
| 3.30 | 1.43 | -1.92 | 1.26 | 2.73 | 0.66 | RCP2.6 | |
| 4.52 | 2.79 | 3.25 | 2.20 | 2.78 | 0.58 | RCP4.5 | برنج دانه بلند مرغوب High quality long grain rice |
| 9.37 | 4.66 | 2.28 | 3.15 | 9.88 | 1.09 | RCP8.5 | |
| 3.52 | 1.61 | -3.14 | 1.34 | 2.92 | 8.81 | RCP2.6 | برنج دانه بلند پر محصول High yield long grain rice |
| -1.74 | 2.84 | -2.08 | 2.23 | 3.06 | 0.70 | RCP4.5 | |
| 9.16 | 4.73 | -2.84 | 3.16 | 6.66 | 1.20 | RCP8.5 | |
| 3.10 | 0.93 | 2.43 | 1.19 | -4.33 | 0.56 | RCP2.6 | |
| 14.43 | 2.86 | 14.70 | 2.29 | -7.15 | 0.51 | RCP4.5 | |
| -3.35 | 5.11 | 9.90 | 3.31 | 2.48 | 0.95 | RCP8.5 | |
| 3.52 | 1.61 | -3.14 | 1.34 | 2.92 | 8.81 | RCP2.6 | |
| -1.74 | 2.84 | -2.08 | 2.23 | 3.06 | 0.70 | RCP4.5 | |
| 9.16 | 4.73 | -2.84 | 3.16 | 6.66 | 1.20 | RCP8.5 | |
| 3.52 | 1.61 | -3.14 | 1.34 | 2.92 | 8.81 | RCP2.6 | |
| -1.74 | 2.84 | -2.08 | 2.23 | 3.06 | 0.70 | RCP4.5 | |
| 9.16 | 4.73 | -2.84 | 3.16 | 6.66 | 1.20 | RCP8.5 | |

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی آثار تغییرات اقلیمی... ۱۵۱

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که با توجه به پیش‌بینی‌های صورت گرفته در دوره زمانی آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰)، و تحت سناریو RCP2.6 در دوره کاشت محصول گندم میزان بارندگی ماهانه نسبت به زمان حال با ۱۴.۵۲ میلی‌متر کاهش و همچنین دمای ماهانه در دوره کاشت نسبت به زمان حال با ۰.۹۰ درجه سلسیوس افزایش همراه خواهد بود.

جدول (۴) تغییرپذیری‌های عملکرد و سود ناخالص بر مبنای تغییرپذیری‌های اقلیمی شهرستان گرگان

Table (4) Changes in yield and gross margin under climate change in Gorgan county

| تغییر عملکرد (%) Change of yield | | | سناریو scenario | عملکرد پایه Basic Yield (Kg/ha) | محصول Crops |
|-------------------------------------|-----------|-----------|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| دوره (period) | | | | | |
| 2081-2100 | 2051-2070 | 2021-2040 | | | |
| 0.10 | 0.07 | 0.08 | RCP2.6 | 3521 | گندم آبی |
| 0.09 | 0.09 | 0.07 | RCP4.5 | | Wheat |
| -0.004 | 0.08 | 0.09 | RCP8.5 | | |
| 0.017 | 0.012 | 0.009 | RCP2.6 | 3326 | جو آبی |
| 0.032 | 0.022 | 0.007 | RCP4.5 | | Barley |
| 0.064 | 0.035 | 0.012 | RCP8.5 | | |
| -0.02 | -0.01 | -0.003 | RCP2.6 | 2374 | پنبه آبی |
| -0.04 | -0.03 | 0.002 | RCP4.5 | | Cotton |
| -0.08 | -0.04 | -0.01 | RCP8.5 | | |
| 0.11 | 0.03 | 0.06 | RCP2.6 | 22742 | سیب‌زمینی آبی |
| 0.17 | 0.13 | 0.04 | RCP4.5 | | Potato |
| 0.27 | 0.17 | 0.09 | RCP8.5 | | |
| 0.003 | 0.005 | 0.001 | RCP2.6 | 35822 | گوجه فرنگی آبی |
| 0.009 | 0.007 | 0.001 | RCP4.5 | | Tomato |
| 0.008 | 0.01 | 0.001 | RCP8.5 | | |
| 0.003 | 0.004 | 0.001 | RCP2.6 | 29742 | ذرت علوفه‌ای آبی |
| 0.008 | 0.006 | 0.001 | RCP4.5 | | Forage Maize |
| 0.01 | 0.009 | 0.001 | RCP8.5 | | |
| 0.06 | 0.04 | 0.03 | RCP2.6 | 2690 | سویا بهاره آبی |
| 0.09 | 0.07 | 0.03 | RCP4.5 | | Spring Soya |
| 0.18 | 0.1 | 0.05 | RCP8.5 | | |
| 0.03 | 0.04 | 0.009 | RCP2.6 | 2964 | سویا تابستانه آبی |
| 0.1 | 0.1 | 0.001 | RCP4.5 | | Summer Soya |
| 0.16 | 0.1 | 0.03 | RCP8.5 | | |
| -0.05 | -0.06 | -0.02 | RCP2.6 | 4637 | برنج‌دانه بلند مرغوب |
| -0.12 | -0.09 | -0.02 | RCP4.5 | | High quality long grain rice |
| -0.17 | -0.14 | -0.03 | RCP8.5 | | |
| -0.05 | -0.06 | -0.02 | RCP2.6 | 7417 | برنج‌دانه بلند پر محصول |
| -0.11 | -0.09 | -0.01 | RCP4.5 | | High yield long grain rice |
| -0.16 | -0.13 | -0.03 | RCP8.5 | | |
| 7.43 | 1.52 | 5.54 | RCP2.6 | 2045050 | سود ناخالص پایه |
| 6.24 | 5.88 | 4.54 | RCP4.5 | | Basic Gross margin |
| 5.21 | 5.55 | 7.39 | RCP8.5 | | |

منبع: یافته‌های تحقیق

بنابر نتایج جدول (۴) سود ناخالص کشاورزان منطقه مورد بررسی در هر سه دوره زمانی مورد بررسی 2021-2040, 2051-2070, 2081-2100 و همچنین تحت هر سه سناریو اقلیمی سری *RCP2.6*, *RCP4.5*, *RCP8.5* افزایش پیدا می‌کند. بیشترین افزایش تحت سناریو *RCP2.6* در دوره 2081-2100 و به میزان 7.43 درصد و همچنین کمترین افزایش تحت سناریو *RCP2.6* در دوره 2051-2070 و به میزان 1.52 درصد رخ خواهد داد.

جدول (۵) تغییرپذیری های سطح زیر کشت بر مبنای تغییرپذیری های اقلیمی شهرستان گرگان

Table (5) Changes in cultivated area under climate change in Gorgan county

| تغییر سطح زیر کشت (%) | | | سناریو scenario | سطح زیر کشت پایه Basic cultivated area (ha) | محصول Crops |
|---------------------------|-----------|-----------|--------------------|---|------------------------------|
| Change of cultivated area | | | | | |
| دوره (period) | | | | | |
| 2081-2100 | 2051-2070 | 2021-2040 | | | |
| 3.3 | 4.7 | 5.7 | RCP2.6 | 25025 | گندم آبی |
| 0.13 | 1.6 | 4.9 | RCP4.5 | | Wheat |
| -13.7 | -0.44 | 4.1 | RCP8.5 | | |
| -18.2 | -0.82 | -59.3 | RCP2.6 | 828 | جو آبی |
| -89.1 | -69.9 | -44.7 | RCP4.5 | | Barley |
| -60.5 | -87.7 | -71.2 | RCP8.5 | | |
| -18.2 | -58.1 | -16.9 | RCP2.6 | 1084 | پنبه آبی |
| -89.1 | -40.1 | -12.1 | RCP4.5 | | Cotton |
| -60.5 | -42.5 | -24.8 | RCP8.5 | | |
| 25.3 | 5.1 | 11.2 | RCP2.6 | 5052 | سیبزمینی آبی |
| 38.5 | 28.7 | 8.8 | RCP4.5 | | Potato |
| 71.7 | 40.5 | 19.2 | RCP8.5 | | |
| -8.97 | -5.1 | -6.05 | RCP2.6 | 1753 | گوجه فرنگی آبی |
| -9.11 | -9.2 | -5.03 | RCP4.5 | | Tomato |
| -6.2 | -9.6 | -7.4 | RCP8.5 | | |
| -8.9 | -5.1 | -5.8 | RCP2.6 | 2822 | ذرت علوفه‌ای آبی |
| -9.1 | -8.5 | -4.8 | RCP4.5 | | Forage Maize |
| -6.2 | -9.3 | -7.2 | RCP8.5 | | |
| -8.7 | 1.02 | -2.3 | RCP2.6 | 3750 | سویا بهاره آبی |
| -10.5 | 0.4 | -1.5 | RCP4.5 | | Spring Soya |
| -6.04 | 4.7 | -0.6 | RCP8.5 | | |
| 0.6 | 0.37 | -9.22 | RCP2.6 | 6963 | سویا تابستانه آبی |
| -23.3 | 7.29 | -9.11 | RCP4.5 | | Summer Soya |
| 22.3 | 11.7 | -5.56 | RCP8.5 | | |
| -9.12 | -8.14 | -4.25 | RCP2.6 | 3497 | برنج‌دانه بلند مرغوب |
| 10.9 | -12.6 | -3.48 | RCP4.5 | | High quality long grain rice |
| 25.4 | -16.8 | -5.23 | RCP8.5 | | |
| -8.04 | -6.50 | -3.26 | RCP2.6 | 5448 | برنج‌دانه بلند پر محصول |
| -15.5 | -9.97 | -2.66 | RCP4.5 | | High yield long grain rice |
| -19.0 | -13.3 | -4.00 | RCP8.5 | | |

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بررسی ابتدا به بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی دما و بارش و تاثیرگذاری های آنها بر میانگین عملکرد محصولات زراعی شهرستان گرگان پرداخته شد، آنگاه تغییرپذیری های متغیر- های اقلیمی، با بهره‌گیری از داده‌های سناریوهای دوره *RCPs*، پیش‌بینی شد. در مرحله بعد با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر الگوی کشت شهرستان گرگان بررسی شد. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که تغییر اقلیم اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب منطقه مورد بررسی دارد که این موضوع با نتایج بررسی های *Mahmoodi & Parhizkari (2016)* همخوانی دارد. در نهایت سناریوهای تغییر اقلیم در دوره کاشت تا برداشت هر محصول در جهت بررسی تغییرپذیری های سطح های کشت تعریف شد که این سناریوها در مورد اغلب محصولات همراه با افزایش دما و بارش بوده است که این امر با مطالعه *Farmanbar et al (2018)* همخوانی کامل دارد، در ادامه اثرات این سناریوها بر عملکرد و الگوی کشت کنونی با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت بررسی شد. نتایج نشان داد که عملکرد محصول گندم آبی تحت تاثیر تغییر اقلیم در همه سناریوها و دوره‌های مورد بررسی به جز در دوره 2081- 2100 و تحت سناریو *RCP8.5* افزایش پیدا می‌کند. این افزایش عملکرد سهم سطح زیر کشت گندم را در الگوی کشت نیز بالا برد. به طوری که در دوره‌ها و سناریوهایی که عملکرد گندم با افزایش همراه بوده، در الگوی بهینه کشت نیز سطح زیر کشت این محصول زیاد شده است. این امر به دلیل آن می‌باشد که افزایش عملکرد سبب بالارفتن بازده برنامه‌ای گندم شده است. در دوره 2081- 2100 و تحت سناریو *RCP8.5* عملکرد گندم و به تبع آن سطح زیر کشت این محصول در الگوی بهینه کشت کاهش یافته است. در دوره 2051- 2070 و تحت سناریو *RCP8.5* با وجود افزایش عملکرد، به دلیل اینکه این افزایش توانایی کافی برای بالا بردن سطح زیر کشت گندم را ندارد، سهم سطح زیر کشت این محصول استراتژیک (راهبردی) با کاهش رو به رو شده است. عملکرد محصول جو آبی تحت هر سه سناریو *RCP2.6, 4.5, 8.5* و در هر سه دوره مورد بررسی افزایش پیدا می‌کند. اما با توجه به این موضوع که جو کمترین بازده ناخالص را در بین محصولات مورد بررسی دارد، افزایش عملکرد رخ داده تحت تاثیر تغییر اقلیم تاثیر و توانایی لازم و کافی برای بالابردن سود ناخالص این محصول را ندارد، بنابراین سهم سطح زیر کشت جو آبی در الگوی بهینه کشت تحت هر سه سناریو و سه دوره مورد بررسی کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند.

با توجه به تغییرپذیری های اقلیمی پیش‌بینی شده در دوره کاشت و همچنین رابطه عملکرد محصول پنبه آبی با دما و بارش، عملکرد این محصول در همه دوره‌ها و سناریوهای بررسی شده به جز سناریو $RCP4.5$ در دوره 2021-2040 کاهش پیدا می‌کند. که این امر سطح زیر کشت پنبه را در الگوی بهینه را در هر سه دوره و سناریو مورد بررسی با کاهش قابل ملاحظه‌ای همراه کرده است. حتی افزایش عملکرد تحت سناریو $RCP4.5$ در دوره 2021-2040 نیز توانایی لازم برای بالابردن سطح زیر کشت محصول پنبه آبی را ندارد. در سه دوره زمانی آینده نزدیک، آینده میانی و آینده دور و تحت سه سناریو اقلیمی پیش‌بینی شده سیب‌زمینی آبی بیشترین تاثیرپذیری مثبت را از تغییرپذیری های اقلیمی دارد به طوری که بیشترین افزایش در عملکرد و سطح زیرکشت به این محصول مربوط می‌شود و این امر به این دلیل است که دما و بارش ارتباط مثبتی با عملکرد سیب‌زمینی دارند و از سویی دیگر سناریوهای تغییر اقلیم پیش‌بینی شده در دوره کاشت این محصول با افزایش همراه است، در نتیجه با تغییرپذیری های اقلیمی، عملکرد محصول سیب‌زمینی افزایش پیدا می‌کند که این امر منجر به بالا رفتن سود در هکتار و همچنین افزایش سطح زیرکشت این محصول در الگوی بهینه خواهد شد. عملکرد محصولات گوجه‌فرنگی آبی و ذرت علوفه‌ای آبی در هر سه دوره و تحت هر سه سناریو بررسی شده افزایش پیدا می‌کند، اما این افزایش عملکرد اتفاق افتاده تحت تاثیر تغییر اقلیم نمی‌تواند بازده ناخالص این دو محصول را به اندازه کافی بالا ببرد که در الگوی بهینه سهم بیشتری را به خود اختصاص دهند و سطح زیر کشت این دو محصول تحت هر سه سناریو $RCP2.6, 4.5, 8.5$ و در هر سه دوره آینده نزدیک، میانی و دور کاهش پیدا می‌کند. با توجه به تغییرپذیری های اقلیمی پیش‌بینی شده در دوره کاشت و همچنین رابطه عملکرد محصولات سویا بهاره و تابستانه آبی با دما و بارش، عملکرد این محصولات در همه دوره‌ها و سناریوهای بررسی شده افزایش پیدا می‌کند. اما این میزان افزایش توانایی لازم برای بالا بردن سطح زیر کشت این دو محصول در الگوی بهینه را در دوره‌های 2021-2040 و 2081-2100 ندارد و تنها در دوره 2051-2070 افزایش عملکرد این محصولات منجر به بالا رفتن سهم سطح زیر کشت سویا بهاره و تابستانه آبی در الگوی بهینه خواهد شد.

بیشترین کاهش در عملکرد مربوط به محصولات برنج دانه بلند مرغوب است. با توجه به نتایج جدول (۱) بارش تاثیر مثبت و دما تاثیر منفی بر عملکرد محصول برنج دانه بلند مرغوب دارد و همچنین ضریب دما از ضریب بارش در تابع عملکرد این محصول بزرگتر است و با توجه به نتایج سناریوهای پیش‌بینی شده، تاثیر منفی افزایش دما از تاثیر مثبت افزایش بارش بیشتر است

بررسی آثار تغییرات اقلیمی... ۱۵۵

بنابراین پدیده تغییر اقلیم باعث کاهش عملکرد برنج دانه بلند مرغوب خواهد شد. بررسی سود ناخالص کشاورزان نشان می‌دهد که در سه دوره زمانی مورد بررسی و تحت سه سناریو اقلیمی پیش‌بینی شده، سود ناخالص کشاورزان افزایش می‌یابد که با نتایج بررسی های Soleymani (2017) Nejad همخوانی دارد و این افزایش در بدترین حالت به میزان 1.52 درصد و در بهترین حالت به میزان 7.43 درصد است. با توجه به نتایج به دست آمده در این بررسی و اثبات تاثیرگذاری پارامترهای اقلیمی بر عملکرد محصولات و همچنین پرهیز ناپذیر بودن رخدادهای تغییرپذیری های اقلیمی ضرورت دارد سیاست گذاران و تصمیم‌گیران بخش کشاورزی برای استفاده از اثرگذاری های مثبت و کاهش و رویارویی با اثر گذاری های منفی این پدیده از پیش‌بینی‌های کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت اقلیمی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های خود استفاده کنند.

با توجه به نتایج این پژوهش سطح زیر کشت محصولات جو و پنبه آبی با روند کاهشی قابل ملاحظه‌ای رو به رو خواهد بود، بنابراین برای حذف نشدن این محصولات از الگوی کشت شهرستان گرگان تاکید می‌شود که با اتخاذ سیاست‌های مناسب، کشاورزان منطقه ترغیب و تشویق به کشت جو و پنبه شوند.

برای استفاده بهینه از افزایش عملکرد رخ داده برای محصولات ذرت علوفه‌ای، گوجه فرنگی، سویا بهار و تابستانه تاکید می‌شود رقم‌های پربازده‌تری از این محصولات استفاده شود.

با توجه به اهمیت محصول برنج و کاهش عملکرد و سطح زیر کشت رخ داده در مورد این محصول استراتژیک در آغاز به عامل بهبود تولید در واحد سطح پرداخته شود و با توجه به نیاز آبی بالای این محصول توسعه سطح زیر کشت در اولویت بعدی قرار گیرد. از سوی دیگر با توجه به نیاز آبی بالای این محصولات و همچنین واکنش زیاد آن به تغییرات اقلیمی، اتخاذ راهبردهای کم‌آبیاری، به منظور رفع نیاز آبی گیاهان، راه حلی مناسب است.

سهم بیش از ۴۱ درصدی گندم در الگوی کشت شهرستان گرگان، اهمیت هرگونه تغییر در عملکرد و سطح زیر کشت این محصول را دوچندان می‌کند. بنابراین ضرورت دارد برای کاهش خطر پذیری (ریسک) عملکرد گندم از ارقام مقاوم و سازگار با تغییر اقلیم استفاده شود.

همچنین یافته‌های این بررسی نشان داد که تاثیر تغییر اقلیم بر عملکرد همه محصولات منفی نیست و سود ناخالص کشاورزان نیز در دوره‌های بررسی شده افزایش مناسبی پیدا می‌کند،

بنابراین می‌توان به جنبه‌های مثبت تغییر اقلیم نیز توجه داشت و از آن در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح و بهره‌برداری بهینه از منبع‌ها و امکانات منطقه استفاده کرد.

منابع

- Ashraf, B., Mousavi Baygi, M., Kamali, G.A. & Davari, K. (2011) Prediction of Seasonal Variations of Climatological Parameters over Next 20 Years by Using Statistical Downscaling Method of HADCM3 Data: The Case of the Khorasan Razavi Province, *Water and Soil*. 4: 945-975.
- Bakhshai, Sh., Ghaffari, G. & Khodamorad Pour, M. (2017) Assessment of Climate Change Using Dynamical Downscaling of GCM in Gheshlagh Dam Basin During the Coming Decades, *Natural Environmental Hazards*. 13:15-30. (In Farsi).
- Collins, W.J., Bellouin, N., Doutriaux-Boucher, M., Gedney, N., Halloran, P., Hinton. & T., Woodward, S. (2011) Development and evaluation of an Earth-System model-HadGEM2. *Geoscientific Model Development*, 4(4): 1051-1075.
- Connor, J., Kirby, M., Schwabe, K., Liukasiewics, A. & Kaczan, D. (2008) Impacts of Reduced Water Availability on Lower Murray Irrigation, Australia, *Socio-Economics and the Environment in Discussion*, CSIRO working paper series ISSN: 1834-5638.
- Farmanbar, Z., Delavar, M. & Imani Amirabadi, S. (2018) The Effects of Climate Change on Water Resources and Agricultural Systems in the Context of Regional Risk Assessment (Case Study: Lake Zarebar Basin), *Iran-Water Resources Research*, 13(4): 75-88. (In Farsi).
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2013) <www.fao.org>.
- Ghorbani, Kh. & Soltani, A. (2014) The effect of climate change on soybean yield in Gorgan. *J. Plant Prod. Res.* 21(2): 67-85. (In Farsi).
- Huong, N., Bo, Y. & Fahad, SH. (2018) Economic impact of climate change on agriculture using Ricardian approach: A case of northwest Vietnam. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Retrieve from www.sciencedirect.com on May. 24, 9:30 pm: 9 pages.
- Intergovernmental panel of climate change (IPCC). (2007). *Climate change-Synthesis report*. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Rome.

بررسی آثار تغییرات اقلیمی... ۱۵۷

- Intergovernmental panel of climate change (IPCC). (2011) <www.climate-change.com>.
- Kouchaki, A. (2015) Adaptation Approaches & Reduce the Dangers of Climate Change in Agriculture. *Oral Collections Delivered at the Workshop on Climate Change and Low Carbon Technologies*. (In Farsi).
- Koudahe, K., Koffi, D., Kayode, JA., Awokola, SO. & Adebola, AA. (2018) Impact of Climate Variability on Crop Yields in Southern Togo. *Environment Pollution and Climate Change*. 2(1): 1-9.
- Mahalati, M., Kouchaki, A., Kamali, GH. & Marashi, H. (2006) Investigating the effects of climate change on Iran's agricultural climate indexes. *Journal of Food Science and Technology*. 2(7): 71-82. (In Farsi).
- Mahmoodi, A. & Parhizkari, A. (2016) Economic Analysis of the Climate Change Impacts on Products Yield, Cropping Pattern and Farmer's Gross Margin (Case Study: Qazvin Plain). *Growth and Development of Rural & Agricultural Economics*. 1(2): 25-40. (In Farsi).
- Moradi, R., Kouchaki, A. and Nasiri, M. (2013) The effect of climate change on corn production and assessment of planting change as an adaptation strategy in Mashhad weather conditions. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*. 23: 111-130. (In Farsi).
- Morid, S. and Abdolmanafi, N. (2013) Investigating of the latest climate change situation in the Middle East region (with emphasis on Iran). *Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of IRAN*. (In Farsi).
- Mozaffari, M.M., Parhizkari, A., Khodadadi, M.H. and Parhizkari, R. (2015) Economic Analysis of the Effects of Climate Change Induced by Greenhouse Gas Emissions on Agricultural Productions and Available Water Resources (Case Study: Down Lands of the Taleghan Dam). *Agricultural Economics and Development*, 1:68-85. (In Farsi).
- Noferesti, M. (1999) *The Root and Coexistence in Econometrics*, Resa Publication, First Edition, Tehran. (In Farsi).
- Parhizkari, A. (2017) Evaluate the Effects of Climate Change Impertinence on Agricultural Production and Farmer's Income Situation in Down Lands of Taleghan Dam. *Agricultural Economics Research*, 4: 125-152. (In Farsi).

- Salinger, M. J., Stiger, C. J. and Dasc, H. P. (2000) Agro meteorological adaption strategies to increasing climate variability and climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 103: 167-184.
- Schönhart, M., Schauppenlehner, T., Kuttner, M., Kirchner, M., Schmid, E. (2016) Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment: Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria, *Agricultural Systems*, 145: 39–50.
- Semenov, M.A. and Barrow, A. (2002) LARS-WG: A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies. User`s manual, Version3.0.
- Soleymani Nejad, S. (2017) The effects of climate change on crop pattern in Khorasan Razavi province (Case Study: Mashhad plain). Thesis of the Masters Agricultural Economics. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi).
- Soltani, SH. & Mousavi, H. (2015) Evaluation of potential impacts of climate change on yield and value added of agricultural sector in Hamedan-Bahar plain. *Agricultural Economics*. 9(1): 95-115. (In Farsi).
- Taghadosian, H. and Minapour, S. (2003) Climate change and what we need to know. Environmental Protection Research Center of the EPA, Office of the National Weather Plan, TEHRAN. (In Farsi).
- Third National Climate Change Report. Office of the National Climate Change Project (2011) <www.climate-change.ir>.



Investigating the Effects of Climate Change on the Yield, Gross Margin and Cropping Pattern of Gorgan county

Abolfazl Deylami, Ramtin Joolaie, Azam Rezaee, Ali Keramatzadeh ¹

Received: 21 July.2019

Accepted:16 Sept.2019

Abstract

Introduction: Considering that the agricultural sector is strongly dependent on climate parameters of temperature and precipitation, it reacts rapidly related to climate change. Farmers are not able to control the climatic conditions, but management and optimization of the cropping pattern according to the region's climate can reduce the effects of climate change on the yield of agricultural products.

Materials and Method: In this research, the effects of climate change on the yield, gross margin and Cropping Pattern of Gorgan County were investigated. For this purpose, at first, by using the regression analysis, the effects of climate variables on temperature and annual precipitation on the yield of selected products during the period of 1367-1396 were investigated. Then, the climate change of the study area was predicted for the upcoming periods (2021-2040), the near future (2051-2070) and the far future (2081-2100) by General Circulation Model HadGEM2. in the end, the region's cultivated area was stimulated by the application of Positive Mathematical Programming (PMP) and the effects of climate change on the cultivated area in the mentioned periods were investigated.

Results and discussion: The results showed that climate parameters such as temperature and precipitation have a significant effect on the yield of selected products. Also, by applying predictions of climate change in the cropping pattern model, Potato with 0.27 and 71.7 percent increase, the highest increase in yield and cultivated area respectively, and High-quality long-grain rice with 0.17 percent reduction have the highest decrease in yield and barley

¹Respectively: Ms.C student, Associate Professor, Assistant Professor and Assistant Professor of Agricultural Economics, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Email: r_joolaie@yahoo.com

with 89.1 percent reduction have the highest decrease in the cultivated area. and the gross margins of farmers were increased in all three periods.

Suggestion: As a result, it could be mentioned that consideration of the effects of climate change and improving the productivity of agricultural products, can decrease the negative effects of this event.

JEL Classification: C22, C02, Q25, Q54

Keyword: Climate change, positive mathematical programming, regression analysis, Crop pattern, Gorgan county

