DOI: 10.22034/IAES.2019.111696.1712

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۳/شماره۲/صفحه های ۱۶۰-۱۳۷

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

ابوالفضل دیلمی، رامتین جولایی، اعظم رضایی، علی کرامت زاده[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰٤/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٦/۲۵

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 1396-1367 بررسی شد. آنگاه با استفاده از مدل گردش عمومی *HadGEM2* تغییرپذیرهای اقلیم شهرستان گرگان برای دوره‌های آینده نزدیک (2040-2021)، آینده میانی (2070-2051) و آینده دور (2081-2100) 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، سیب‌زمینی آبی با 0.27 و71.7 درصد افزایش، به ترتیب بیشترین افزایش در عملکرد و سطح زیر کشت را دارد. بیشترین کاهش در عملکرد با 0.17 درصد کاهش مربوط به برنج دانه بلند مرغوب و بیشترین کاهش در سطح زیر کشت با 89.1 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

Email: r_joolaie@yahoo.com

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 عامل ها 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. تغییرپذیری های اقلیمی از جمله مسئله های مهم و مطرح جهانی در دهه‌های اخیر است زیرا این تغییرپذیری ها به یکی از چالش های عمده زیست محیطی تبدیل شده است که می‌تواند اثر گذاری های 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 تاثیرگذاری های زیانبار انسان در امان نمانده و دستخوش تغییرپذیری های 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 آن ها عوامل موجب تغییرپذیری های آب و هوایی می‌شود که پیامد آن زندگی انسان‌ها را نیز تغییر می‌دهد (Taghadosian et al., 2003). برجسته ترین پیامد فعالیت‌های صنعتی بشر در دو سده اخیر، افزایش گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق موجود در جو و نیز تغییرپذیری های 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 تغییرپذیری های 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

می‌باشد، تغییر اقلیم می‌تواند این امنیت را با مخاطره های جدی رو به رو سازد (FAO[1], 2012). ایران در پهنه‌بندی اقلیمی جهان، جزء منطقه های خشک و نیمه خشک به شمار می آید. پیش‌بینی وضعیت اقلیمی کشور، بیانگر رخداد پدیدهٔ تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر و ادامهٔ این روند در آینده است، نتایج تحقیقات هیات بین دول تغییر اقلیم (IPCC[2]) در گزارش سال 2007، بیانگر آن است که در ایران سناریوهای تغییر اقلیم، با افزایش میانگین دما تا دو درجهٔ سلسیوس در 30 سال آینده همراه خواهد بود که در این صورت، بارندگی افت محسوسی خواهد داشت. با توجه به وابستگی شدید کشاورزی به اقلیم، این بخش با شدت بیشتر و سرعت بالاتر نسبت به تغییرات پذیری های اقلیمی واکنش نشان می‌دهد. برابر آمار و اطلاعات بانک مرکزی در سال 1396، سهم 10 درصدی کشاورزی در ارزش افزوده کشور، حساسیت نسبت به تغییرپذیری های در این بخش را دو چندان می‌کند. تغییرپذیری های اقلیم، تحقیقات گسترده‌ای در مقیاس جهانی، ناحیه‌ای و محلی را به خود اختصاص داده است. این بررسی ها 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 دارنده های اقلیمی آینده در تولید محصولات زراعی فراهم سازند (Mahalati et al., 2006). در ادامه به شمار چندی از این بررسی ها اشاره خواهد شد. در کشور استرالیا اثرگذاری های 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 گذاری های 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 اثرگذاری های تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی و منابع آب دردسترس 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[1] در کشور ویتنام، به بررسی تاثیرگذاری های اقتصادی تغییر اقلیم برکشاورزی 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 هوائی و خاک مناسب باعث شده تا حدود ۵۶ درصد جمعیت استان

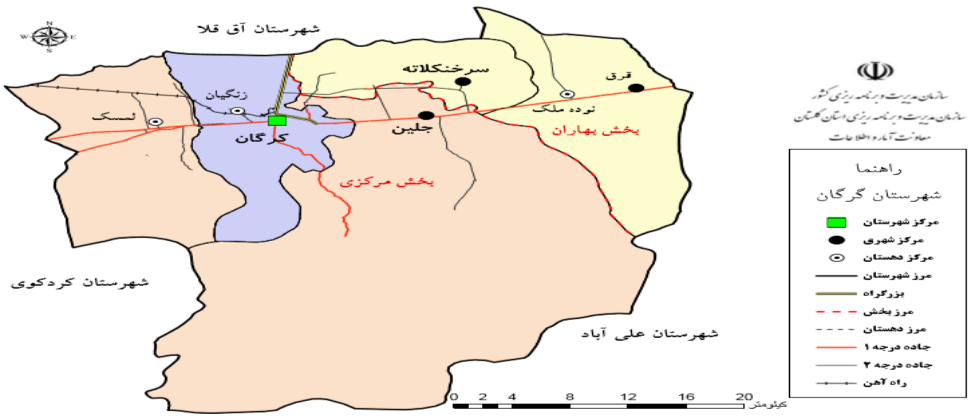
[1] Ricardian

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 1396 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 20 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، چغندرقند، 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 96-95 نسبت به میانگین بلند مدت (30 ساله) به ترتیب 25 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 ی فصل ها 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 تغییرپذیری ها منظم نیستند. به طوری که در فصل هایی از سال افزایش بارش و در فصل هایی دیگر کاهش بارش رخ داده است (Ghorbani & Soltani, 2014). بنابراین شرایط اقلیمی آتی تفاوت محسوسی 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، اثرگذاری های 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 13.3 متر از سطح دریا می‌باشد. این منطقه با میانگین بارش سالانه 600 میلی‌متر و میانگین دمای سالانه 17 درجه سلسیوس،

بر مبنای سامانه(سیستم) اقلیمی دومارتن[1] 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 96-1395 حدود 60000 هکتار می‌باشد که محصولات گندم، جو، سویا، برنج، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، ذرت علوفه‌ای و پنبه بیش از 93 درصد از این سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند و در این تحقیق بررسی شوند. 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) *RCPs*[2]، موجود درگزارش پنجم (*AR5*[3]) که جدیدترین گزارش هیات بین‌دولی تغییر اقلیم می‌باشد، پیش‌بینی شد. سناریوهای جدید انتشار دارای چهار خط سیر کلیدی با نام‌های *RCP8.5* و *RCP6*، *RCP4.5* ،

[1]De Martonne
[2]Representative Concentration Pathways
[3]Fifth Assessment Report

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 خوانواده، 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، بدبینانه ترین سناریو می‌باشد. در مرحله بعد با استفاده از نتایج تغییرپذیری های اقلیمی پیش‌بینی شده و با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، اثرگذاری های سناریوهای تغییر اقلیم بر عملکرد، سود ناخالص و الگوی کشت شهرستان گرگان بررسی شد.

تحلیل رگرسیونی

در این مرحله، با استفاده از روش‌حداقل 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:

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

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.

[2] 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).

مدل‌های اقلیمی

مدل‌های گردش عمومی جو (*GCM*[1])، مدل‌های ریاضی پیچیده‌ای هستند که می توانند ویژگی های اقلیمی آینده و پارامترهای جوی ـ اقیانوسی را بر مبنای چرخه‌های آب و هوایی جهان و با استفاده از سناریوهای تایید شده *IPCC* مدل‌سازی 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). داده‌های اقلیمی در مقیاس واقعی بدون وضوح کافی و مشمول محدودیت‌های جدی می‌باشند، به همین جهت برای دستیابی به وضوح و دقت کافی نیازمند ریزمقیاس نمایی داده‌ها هستیم (Bakhshai, 2017)، از این رو در این تحقیق از مدل *LARS-WG*[3] استفاده شده است. در این مدل، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو به روش‌های آماری به گونه‌ای ریزمقیاس می‌شوند که به مقدار واقعی بسیار نزدیک باشند. از این مدل برای تولید و شبیه‌سازی داده‌های روزانه بارندگی، ساعت آفتابی، دماهای بیشینه و کمینه در یک ایستگاه در شرایط اقلیم کنونی و آینده استفاده می‌شود (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 می‌گیرد (Ashraf et al., 2011) و سپس به تولید داده‌های اقلیمی توسط مدل *HadGEM2* تحت سناریوهای سری 8.5 و 4.5، 2.6 RCP موجود در گزارش پنجم *IPCC* برای دوره‌های 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

آینده دور (2100-2081) 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 دولی 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 دولی 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 درنظرگرفتن 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.

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

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

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

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

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

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

[۱] سناریوهای انتشار در گزارش‌های سوم و چهارم کمیته بین دولی تغییر اقلیم به ترتیب در سال های 2001 و 2007 چاپ شدند. از این سناریوها برای پیش‌بینی غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو استفاده می‌شود.

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

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

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

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

در این مدل z ارزش تابع هدف؛ P بردار (n × 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 × 1) غیر منفی از سطح های 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 ضریب های w و $k، p، f، l، m$ به ترتیب بیانگر میزان استفاده از منبع های سرمایه (هزار تومان)، سم های شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، کودهای شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، نیروی کار (نفر–روز–کار)، ماشین ها (ساعت در هکتار) و آب (مترمکعب در هکتار) برای تولید محصول i در یک هکتار زمین زراعی هستند و نیز $T، T\ Fertilizer، T\ Labor، T\ Machinery، T\ Water_m$ *به ترتیب مقدار کل منبع های سرمایه (هزار تومان)، زمین (هکتار)، سم های 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 منبع ها تخصیص یافته بین فعالیت‌های تولیدی نمی‌تواند بیشتر از کل منبع ها موجود که شامل سرمایه، زمین، سم های شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی‌کار، ماشین‌ها و منبع های آب موجود در منطقه باشد. قید مرتبط با سم ها و کودهای شیمیایی به ترتیب برای هر یک از سم ها علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش و کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس تکرار می‌شود. رابطه (10) بیان کننده این موضوع می‌باشد که سطح های فعالیت- های 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

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 ویژگی های 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 طبقه ها 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 رابطه های بالا L شمار طبقه ها، 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 طبقه ها، σ انحراف معیار جامعه، B کران خطای برآورد، n حجم نمونه و D دامنه تغییرپذیری ها می‌باشند. با استفاده از رابطه های 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 تأثیرپذیری های آن‌ها بر میانگین عملکـرد محصـولات منتخب شهرستان گرگان، طی دوره 30 ساله (1396-1367) 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 برازش الگو و برازندگی ضریب تعیین تعدیل شده ($\bar{R}^2$ و R^2) در جدول (۲) گزارش شده است. مقدار Prob آماره F نشان می‌دهد که کل تابع های رگرسیونی انجام شده معنی‌دار می‌باشند. بـالا بـودن 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***	گندم‌آبی Wheat
0.051***	0.99***	ns	0.005***	2.3***	جوآبی Barley
-0.006***	-0.01**	0.00001***	-0.002***	0.7***	پنبه‌آبی Cotton
ns	0.05***	-0.00002***	0.005***	3.02***	سیب زمینی‌آبی Potato
ns	0.93***	0.0018***	-0.132***	22.9***	گوجه فرنگی آبی Tomato
ns	0.99***	ns	-0.8***	32.1***	ذرت علوفه‌ای‌آبی Forage Maize
ns	0.036***	ns	0.002***	0.8***	سویا بهاره‌آبی Spring Soya
ns	0.034***	-0.000014**	0.0021***	0.9***	سویا تابستانه‌آبی Summer Soya
0.0082**	-0.04***	-0.000013**	0.0028***	1.4***	برنج‌دانه‌بلند مرغوب High quality long grain rice
0.0074**	-0.04***	-0.000013**	0.0027***	1.5***	برنج‌دانه بلندپرمحصول 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 2017-1996 اجرا

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 هریک از پارامترهای اقلیمی در سال‌های یاد شده نسبت به سال2017 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 فرنگی آبی 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	برنج‌دانه‌بلند مرغوب High quality long grain rice
18.04*** (0.00)	0.70	0.74	برنج‌دانه بلندپرمحصول 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 زیرکشت 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 سیب‌زمینی 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 می‌باشد و همچنین در جدول (۵) مشاهده می‌شود که بیشترین افزایش سطح زیر کشت مربوط به محصول سیب‌زمینی 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 می‌باشد. 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 می‌شوند.

جدول (۳) پیش‌بینی 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	
-13.96	1.57	0.27	1.31	-14.52	0.90	RCP2.6	جو آبی Barley
-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	
-1.52	1.48	-0.62	1.28	-4.57	0.85	RCP2.6	پنبه آبی Cotton
-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	
10.80	1.22	-4.17	1.01	6.36	0.54	RCP2.6	سیب زمینی آبی Potato
5.23	2.64	4.27	2.06	4.97	0.45	RCP4.5	
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	گوجه فرنگی آبی Tomato
-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	
3.30	1.43	-1.92	1.26	2.73	0.66	RCP2.6	ذرت علوفه‌ای آبی Forage Maize
4.52	2.79	3.25	2.20	2.78	0.58	RCP4.5	
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	سویا بهاره آبی Spring Soya
-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	سویا تابستانه‌آبی Summer Soya
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	برنج‌دانه‌بلند مرغوب High quality 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	
3.52	1.61	-3.14	1.34	2.92	8.81	RCP2.6	برنج‌دانه بلندپرمحصول 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	

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که با توجه به پیش‌بینی‌های صورت گرفته در دوره زمانی آینده نزدیک (2021-2040)، و تحت سناریو *RCP2.6* در دوره کاشت محصول گندم میزان بارندگی ماهانه نسبت به زمان حال با 14.52 میلی‌متر کاهش و همچنین دمای ماهانه در دوره کاشت نسبت به زمان حال با 0.90 درجه سلسیوس افزایش همراه خواهد بود.

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

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

تغییرعملکرد(٪) 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 Wheat
0.09	0.09	0.07	RCP4.5		
-0.004	0.08	0.09	RCP8.5		
0.017	0.012	0.009	RCP2.6	3326	جو آبی Barley
0.032	0.022	0.007	RCP4.5		
0.064	0.035	0.012	RCP8.5		
-0.02	-0.01	-0.003	RCP2.6	2374	پنبه آبی Cotton
-0.04	-0.03	0.002	RCP4.5		
-0.08	-0.04	-0.01	RCP8.5		
0.11	0.03	0.06	RCP2.6	22742	سیب‌زمینی آبی Potato
0.17	0.13	0.04	RCP4.5		
0.27	0.17	0.09	RCP8.5		
0.003	0.005	0.001	RCP2.6	35822	گوجه فرنگی آبی Tomato
0.009	0.007	0.001	RCP4.5		
0.008	0.01	0.001	RCP8.5		
0.003	0.004	0.001	RCP2.6	29742	ذرت علوفه‌ای آبی Forage Maize
0.008	0.006	0.001	RCP4.5		
0.01	0.009	0.001	RCP8.5		
0.06	0.04	0.03	RCP2.6	2690	سویا بهاره آبی Spring Soya
0.09	0.07	0.03	RCP4.5		
0.18	0.1	0.05	RCP8.5		
0.03	0.04	0.009	RCP2.6	2964	سویا تابستانه‌آبی Summer Soya
0.1	0.1	0.001	RCP4.5		
0.16	0.1	0.03	RCP8.5		
-0.05	-0.06	-0.02	RCP2.6	4637	برنج‌دانه‌بلند مرغوب High quality long grain rice
-0.12	-0.09	-0.02	RCP4.5		
-0.17	-0.14	-0.03	RCP8.5		
-0.05	-0.06	-0.02	RCP2.6	7417	برنج‌دانه بلندپرمحصول High yield long grain rice
-0.11	-0.09	-0.01	RCP4.5		
-0.16	-0.13	-0.03	RCP8.5		
7.43	1.52	5.54	RCP2.6	2045050	سود ناخالص پایه Basic Gross margin
6.24	5.88	4.54	RCP4.5		
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, 2081-210 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

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

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 Nejad (2017) 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 بـه نتایج به دست آمده در این بررسی و اثبات تاثیرگذاری پارامترهای اقلیمی بر عملکرد محصولات و همچنین پرهیز ناپذیر بودن رخداد 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 تصمیم گیری های 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 می شود 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 بهاره و تابستانه تاکید می‌شود رقم های 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 زیرکشت 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 کم آبیاری، 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 منبع ها 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.

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>.

DOI: 10.22034/IAES.2019.111696.1712

Agricultural Economics/Volume 13/Issue 2/1398

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

[1]Respectively: 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