University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

The effects of climate change on the income of Iranian farmers: DSSAT approach

Mahsa Sayahi[1] | Mahmood Hashemitabar[2]✉ | Ahmad Akbari[3]

1. Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics and Managment, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. E-mail: mahsasy@pgs.usb.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics and Managment, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. E-mail: mhashemi@hamoon.usb.ac.ir
3. Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics and Managment, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. aakbari@hamoon.usb.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 05 March 2023

Received in revised form 14 April 2023

Accepted 30 April 2023

Published online 23 September 2023

Keywords:

Climate change,

Irrigated wheat,

Income.

ABSTRACT

According to the Global Risks Report, climate change was the fifth global risk in 2018 in terms of probability of occurrence. According to the same report, this phenomenon ranked second among other risks in terms of its effects on the world and the environment. It emphasizes the importance of investigating the effects of climate change. In this research, the economic analysis of the effects of climate change on the income of wheat farmers in the country during (2052-2022) has been done. DSSAT simulation program has been used to simulate the yield of irrigated wheat and economic analysis under climate change scenarios. The meteorological data required under different scenarios are taken from MarkSim software. The results show that the income of irrigated wheat farmers will decrease under climate change scenarios. Also, in some regions of Iran, irrigated wheat planting is dominant in conditions without climate change and under climate change scenarios, and it seems that these areas can be considered as favorable areas for creating irrigated wheat cultivation ports.

Cite this article: Sayahi, M., Hashemitabar, M., & Akbari, A. (2023). The effects of climate change on the income of Iranian farmers: DSSAT approach. *Journal of Natural Environment*, 76 (3), 539-551. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.356366.2535

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.356366.2535

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

اثرات تغییر اقلیم بر درآمد کشاورزان ایران با استفاده از رویکرد DSSAT

مهسا سیاحی[۱] | محمود هاشمی تبار[۲]✉ | احمد اکبری[۳]

۱. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و مدیریت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. رایانامه: mahsasy@pgs.usb.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و مدیریت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. رایانامه: mhashemi@hamoon.usb.ac.ir
۳. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ اقتصاد و مدیریت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. aakbari@hamoon.usb.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تغییر اقلیم،
درآمد،
گندم آبی.

چکیده

براساس گزارش ریسک‌های جهانی، تغییر اقلیم در سال ۲۰۱۸ پنجمین ریسک جهانی از نظر احتمال وقوع بود و براساس همین گزارش این پدیده از لحاظ میزان اثرات آن بر جهان و محیط‌زیست، رتبهٔ دوم را در بین سایر ریسک‌ها به‌خود اختصاص داده است. همین امر بر اهمیت بررسی اثرات تغییر اقلیم تأکید دارد. در این تحقیق به تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم بر درآمد گندم کاران در کشور در طول (۲۰۵۲-۲۰۲۲) پرداخته شده است. برای شبیه‌سازی عملکرد گندم آبی و تحلیل اقتصادی تحت سناریوهای تغییر اقلیم از برنامه شبیه‌سازی DSSAT استفاده شد. داده‌های هواشناسی مورد نیاز تحت سناریوهای مختلف از نرم‌افزار MarkSim استخراج شد. نتایج نشان داد که درآمد گندم‌کاران آبی تحت سناریوهای تغییر اقلیم کاهش خواهد یافت. همچنین در بعضی از مناطق ایران کاشت گندم آبی در شرایط بدون تغییر اقلیم و تحت سناریوهای تغییر اقلیم برتری بیش‌تری دارد و به‌نظر می‌رسد این مناطق را می‌توان به‌عنوان مناطق مطلوب برای ایجاد جایگاه‌های کشت گندم آبی در نظر گرفت.

استناد: سیاحی، مهسا؛ هاشمی تبار، محمود؛ و اکبری، احمد (۱۴۰۲). اثرات تغییر اقلیم بر درآمد کشاورزان ایران با استفاده از رویکرد DSSAT. *محیط زیست طبیعی*، ۷۶ (۳)، ۵۵۱-۵۳۹.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.356366.2535

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

امروزه با اوج‌گیری فعالیت‌های انسانی، غلظت گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته و باعث گرم شدن کرهٔ زمین و در نهایت، منجر به تغییراتی گسترده در آب و هوای جهان شده است. این تغییرات ممکن است با توجه به هر منطقه اثرات مثبت، خنثی و حتی منفی نیز داشته باشد (Janjoa, 2014). تقریباً همهٔ بخش‌های اقتصادی تحت تأثیر اقلیم قرار دارد، اما در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش به‌شمار می‌آید (Rosgrant *et al*., 2008). وابستگی شدید اقتصادی به فعالیت‌های کشاورزی، برخورداری از اقلیم گرم و خشک و ناتوانی در سازگاری با تغییرهای اقلیمی، کشورهای در حال توسعه را به میزان زیادی در برابر دگرگونی‌های اقلیمی آسیب‌پذیر ساخته است (Kerami, 2015).

اغلب مطالعات صورت گرفته در زمینهٔ تغییرات اقلیمی در ایران بیانگر کاهش بارندگی، افزایش میانگین دما، افزایش میانگین دمای بیشینه، افزایش میانگین دمای کمینه، تغییر شروع و خاتمهٔ یخبندان، افزایش تعداد روزها و شب‌های گرم و کاهش منابع آب است (Sarabian and Khodarahmi, 2010; Nazari, 2010; Hashemi Tabar, 2013). اهمیت این موضوع زمانی بیش‌تر آشکار می‌گردد که بدانیم میانگین بارش در ایران (۲۵۰ میلی‌متر) کم‌تر از یک سوم میانگین جهانی است. این میزان بارندگی با توجه به زمان و مکان آن بسیار نامساعد است، به‌طوری‌که اکثر بخش‌های کشور کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر در سال آب حاصل از بارندگی دریافت می‌کنند (Madani *et al*., 2016; Berati *et al*., 2019). این مسئله موجب شده است تا حدود ۸۵ درصد از سرزمین ایران که دارای اقلیم خشک است، با کمبود شدید آب مواجه گردد (Karimi *et al*., 2018). لازم به توضیح است که اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک که کشور ایران نیز در گروه آن‌ها قرار دارد، نسبت به تغییرات اقلیمی حساس و آسیب‌پذیرتر هستند. همان‌طور که ذکر شد، در ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر دما و بارش در کشور مشخص شده است که در آینده میانگین دمای حداکثر و حداقل ماهانه در همهٔ ماه‌های سال تقریباً به‌صورت یکسان افزایش خواهد یافت (Yaqoubzadeh *et al*., 2016; Hasirchian *et al*., 2017; Nodeh Farahani *et al*., 2017; Zarei *et al*., 2017; Davoudi and Moradjani, 2017). این امر موجب تغییر در عملکرد محصولات کشاورزی خواهد شد و به‌تبع آن درآمد زارعین را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Nazari, 2011; Hashemi Tabar, 2013; Karimi *et al*., 2018).

گندم، یکی از محصولات کشاورزی کلیدی است که بر اساس نقشهٔ فائو در بیش‌تر مناطق ایران کشت می‌شود. این محصول کلیدی همانند سایر محصولات کشاورزی تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار دارد. مطالعات زیادی به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر این محصول پرداختند که هر کدام از این مطالعات از روش‌هایی برای بررسی این مورد استفاده کرده‌اند اما مطالعات اندکی در کشور به شبیه‌سازی این محصول با استفاده از مدل DSSAT پرداخته‌اند. Delqandi و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای کارایی مدل DSSAT برای شبیه‌سازی گندم در شهرستان اهواز را تأیید کردند. همچنین Tofigh و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعهٔ خود بیان داشتند که مدل DSSAT توانایی بالایی برای شبیه‌سازی عملکرد گندم در شهرکرد دارد. کارایی مدل همچنین برای شبیه‌سازی گندم در استان گلستان بر طبق مطالعهٔ Kashani و همکاران (۲۰۰۹) تأیید شده است. به‌نظر می‌رسد در تمامی مطالعات موجود کارایی این مدل برای شبیه‌سازی گندم تأیید شده می‌باشد. Abbasi Ali Kemer و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی روند تغییرات دمای ۱۸ شهر از چهار ناحیهٔ اقلیمی در طی سال‌های (۱۳۹۱-۱۳۷۱) را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعهٔ آن‌ها نشان داد که در مناطق گرم و مرطوب خزری افزایش دمای میانگین سالانه، با شدت کمی طول دورهٔ پر شدن و عملکرد دانه را افزایش داده است. اما در مناطق گرم و خشک جنوب و مرکز ایران افزایش دما به‌تدریج با ایجاد تنش در دورهٔ رسیدگی دانه منجر به کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه و کاهش عملکرد گندم شده است. با توجه به نوع مدل‌های مورد استفاده در شبیه‌سازی رشد گیاهان و همچنین سال‌های مورد مطالعه نتایج متفاوتی در مورد عملکرد گندم گزارش شده است. اگرچه گزارش‌هایی مبنی بر افزایش عملکرد گندم در اثر تغییر اقلیم ارائه شده است (Burkart *et al*., 2004; Halesworth *et al*., 2014; Kochchi *et al*., 2001). همچنین مطالعهٔ Saber Ali و همکاران (۲۰۱۸) که با استفاده از مدل شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی DSSAT در تربت جام برای گندم آبی به این نتیجه رسیدند که این گیاه کاهش دورهٔ رشد، افزایش تولید مادهٔ خشک و عملکرد را در دورهٔ ۲۰ سالهٔ اخیر تجربه کرده است. همچنین افزایش دما در طول فصل سرد سال و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در آیندهٔ نزدیک تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم افزایش حدود ۲۰ تا ۲۵ درصدی تولید گندم را باعث خواهند شد. اما این مطالعات عمدتاً اثرات

افزایش CO_2 را بررسی کرده‌اند. به‌نظر می‌رسد افزایش درجهٔ حرارت و کاهش بارش‌ها اثرات مطلوب افزایش CO_2را خنثی می‌کند. بنابراین اثرات ترکیبی تغییر اقلیم عمدتاً منجر به کاهش عملکرد گندم شده است (Kochchi *et al*., 2001). QU و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعهٔ خود به تفکیک اثرات افزایش CO_2، دما، بارندگی و تشعشع خورشیدی در غالب مدل DSSAT برای کشور چین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد گندم با افزایش بارندگی و CO_2 و تشعشع خورشیدی افزایش می‌یابد اما با افزایش دما کاهش عملکرد را تجربه خواهد کرد. Mereu و همکاران (۲۰۲۱) نیز در تأیید این موضوع در مطالعهٔ خود به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش CO_2 اثرات منفی تغییر اقلیم را در ایتالیا بر عملکرد گندم بهبود می‌بخشد. همچنین Nouri و همکاران (۲۰۱۶) نیز در مطالعهٔ خود اثرات تغییر اقلیم را در منطقهٔ شمال غرب بر روی گندم دیم با استفاده از مدل شبیه‌سازی گیاهی در DSSAT و داده‌های هواشناسی حاصل از MarkSim تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم در طول دورهٔ ۲۰۹۹–۲۰۷۰ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد محصول دیم در این منطقه به‌علت خشکسالی‌های آینده کاهش خواهد یافت.

همان‌طور که بیان شد مطالعات اندکی در کشور به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم با استفاده از مدل DSSAT پرداخته‌اند. در هیچ کدام از این مطالعات انجام شده به تحلیل اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم در غالب مدل DSSAT پرداخته نشده است. بیشتر این مطالعات به بررسی عملکرد گندم محدود بوده و اثرات اقتصادی آن را بررسی نکرده‌اند. نوآوری مطالعهٔ حاضر تحلیل اقتصادی و پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم و درآمد گندم کاران در سی سال آینده (۲۰۵۲–۲۰۲۲) می‌باشد.

روش‌شناسی پژوهش

برای شبیه‌سازی عملکرد گندم آبی برای دورهٔ سی ساله (۲۰۵۲–۲۰۲۲) از مدل رشد و نمو گیاه در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای انتقال فناوری زیستی[1] (DSSAT) استفاده شده است. این مدل رشد و نمو گیاه را به‌عنوان تابعی از آب و هوای روزانه و شرایط خاک و مدیریت گیاه شبیه‌سازی می‌کند. رشد و نمو گیاه به‌صورت روزانه محاسبه می‌شود (Ritchie *et al*., 1998). اختصاص مادهٔ خشک تابعی از مرحلهٔ رشد و نمو گیاه بوده و به مقدار زی‌توده فراهم برای رشد نیز بستگی دارد. تمامی فرآیندهای رشد و نمو پویا بوده و متأثر از عوامل محیطی و خصوصیات رقم گیاه می‌باشند. شرایط اقلیم در فایل آب و هوا با فراهم نمودن داده‌های روزانه در دسترس خواهد بود. رشد بالقوه در گیاه تابعی از تشعشع قابل رویت بوده و جذب تشعشع به شاخص سطح برگ بستگی دارد. عواملی چون فواصل ردیف، تراکم کاشت و بازدهی مصرف نور نیز بر تولید بالقوه، اثر مستقیم می‌گذارند. در این مدل معادلات تجربی برای فرآیندهای نمو فنولوژیک، گسترش کانوپی، تشکیل اندام‌ها، فتوسنتز، تخصیص مواد فتوسنتزی و میزان آب خاک بکار گرفته شده است. بدین‌ترتیب مدل قادر است اثرات آب و هوا را بر رطوبت و نیتروژن خاک و رشد و عملکرد شبیه‌سازی کند. توصیف کامل اثرات دما و دی‌اکسیدکربن بر رشد و نمو غلات را می‌توان در بررسی Ritchie و همکاران (۱۹۹۸) یافت.

نرم‌افزار DSSAT به اطلاعات ورودی مربوط به هوا، خاک، مدیریت زراعی و رقم زراعی نیاز دارد. قبل از اجرای مدل، لازم است این ورودی‌ها در اختیار مدل قرار گیرند که شامل اطلاعات هواشناسی مانند داده‌های روزانه مربوط به دمای حداقل و حداکثر، تشعشع خورشیدی و مقدار بارندگی، اطلاعات خاکشناسی و اطلاعات زراعی مانند نوع رقم، تیپ، تاریخ‌های کاشت، تراکم کاشت، عمق کاشت، آبیاری و ... می‌باشند. داده‌های آب و هوایی روزانه مورد استفاده در این تحقیق برای اجرای مدل شبیه‌سازی رشد گیاهی شامل دمای حداقل و حداکثر، بارندگی و تشعشع خورشیدی است، که داده‌های مربوطه از یک برنامهٔ تولید داده‌های اقلیمی MarkSim به‌دست آمده است. کارایی مدل اقلیمی MarkSim در تولید داده‌های اقلیمی در مناطق مختلف دنیا از جمله ایران به اثبات رسیده است (Nouri *et al*., 2016). داده‌های اطلاعات خاکشناسی مورد استفاده نیز از نرم‌افزار MarkSim با دقت تقریبی یک کیلومتر تولید شده است (Johnson and Trenton, 2000). در این تحقیق از مدل CERES-Wheat در غالب برنامهٔ شبیه‌سازی DSSAT استفاده شده است. ارقام مورد استفاده شامل چهار رقم گندم تجن، پیشتاز، شهریار و چمران می‌باشد که

[1]Decision Support System for Agrotechnology Transfer

جدول ۱. ضرایب ژنتیکی واسنجی‌شده برای ارقام مختلف گندم

چمران	تجن	پیشتاز	شهریار	پارامتر	واحد	تعریف پارامتر
۱	۱	۱	۲/۰۵	VSEN	–	حساسیت به بهاره‌سازی
۴/۸	۴/۹	۵/۲	۵/۷	PPSEN	–	حساسیت به فتوپریود
۲۵۰	۲۷۰	۲۸۰	۳۰۰	P1	˚C	درجه روز مورد نیاز از جوانه‌زنی تا آغازش گل
۷۲۰	۷۰۰	۷۸۰	۷۲۰	P5	˚C	درجه روز مورد نیاز از شروع پر شدن دانه تا رسیدگی
۸۰	۸۲	۸۳	۸۵	PHINT	˚C	فاصلهٔ فیلوکرون
۳۴	۲۸	۳۶	۳۷	GRNO	(kernels*stem) /weight	تعداد دانه بر وزن ساقه در زمان شروع پر شدن دانه
۲/۴	۲/۴	۲/۶	۱/۸	MXFIL	(mg/kernel) /day	حداکثر سرعت رشد دانه
۳	۳	۳	۳	STMMX	g	پتانسیل وزن خشک نهایی تک ساقه

جدول ۲. متوسط بازدهی آبیاری در پهنه‌های زراعی اکولوژیک کشور

	شمال غرب	ساحل شمال	زاگرس میانی	مرکزی	خراسان	خشک مرکزی	خوزستان	زاگرس جنوبی	خشک جنوب	ساحلی جنوب
بازدهی	۳۵	۵۵	۳۵	۳۷	۳۶	۳۶	۳۳	۳۵	۳۶	۳۵

ضرایب ژنتیکی واسنجی شده این ارقام از مطالعهٔ Fallah و همکاران (۲۰۱۸) در مناطق مختلف اکولوژیک استخراج شده است (جدول ۱).

تاریخ کاشت این ارقام اغلب در آبان ماه، تراکم کاشت ۴۵۰ و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. آبیاری در مدل به‌صورت اتوماتیک و براساس بازدهی آبیاری گزارش‌شده طرح مطالعات برنامهٔ جامع سازگاری با اقلیم منابع آب کشور (JAMAB, 2005) (جدول ۲) در نظر گرفته شده است همچنین فرض شد که این بازدهی تغییری نخواهد کرد.

برآوردهای وضعیت اقلیمی تحت سناریوهای مختلف انتشار گازها و توسط مدل‌های اقلیمی و بیش از همه به‌وسیلهٔ مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) انجام می‌شود. در این مطالعه از آخرین سناریوهای ارائه‌شده در پنجمین گزارش ارزیابی (AR5) هیأت بین دولت‌ها تغییرات اقلیم در سال ۲۰۱۳ استفاده شده است (IPCC, 2013). سناریوهای دورهٔ (سری) RCPS، موجود در گزارش پنجم (AR5) که جدیدترین گزارش هیأت بین دولت‌ها تغییر اقلیم می‌باشد. سناریوهای جدید انتشار دارای چهار خط سیر کلیدی با نام‌های RCP8.5، RCP6، RCP4.5 و RCP2.6 می‌باشند که بر مبنای میزان واداشت تابشی آن‌ها در سال ۲۱۰۰ نامگذاری شده‌اند. با توجه به گزارش‌های منتشر شده توسط IPCC در سال ۲۰۱۰ در سناریو RCP2.6 به‌دلیل پیشرفت فناوری بالا و استفاده از انرژی‌های نو و کاهش گازهای گلخانه‌ای، میزان واداشت تابشی در سال ۲۱۰۰ به کمترین مقدار در بین سناریوهای خانوادهٔ RCPS ،یعنی ۲/۶ وات بر متر مربع می‌رسد و جمعیت در سال ۲۱۰۰ در این سناریو ۷ میلیارد نفر برآورد شده است. رشد جمعیت در سناریوی RCP4.5 از سناریوی RCP2.6 کمتر برآورد شده است ولی به‌دلیل پیشرفت فناوری پایین، واداشت تابشی در این سناریو ۴/۵ وات بر متر مربع برآورد شده است. در سناریوی RCP6 جمعیت تا سال ۲۱۰۰ به ۹ میلیارد نفر و واداشت تابشی نیز به ۶ وات بر متر مربع خواهد رسید. پیشرفت فناوری در این سناریو به‌صورت منطقه‌ای رخ خواهد داد. RCP8.5 در میان سناریوهای این خانواده، به‌دلیل پیشرفت فناوری پایین، جمعیت ۱۲ میلیاردی، عدم وضع قوانین رویارویی و سازگاری با تغییر اقلیم و واداشت تابشی ۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ ، بدبینانه‌ترین سناریو می‌باشد. در این تحقیق از مدل گردش جوی و اقیانوسی MIROC و سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شده است.

به‌منظور تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم بر درآمد کشاورزان از آنالیز اقتصادی برنامهٔ DSSAT دربخش آنالیز فصلی استفاده شده است که نیاز به داده‌های اقتصادی دارد. بدین‌منظور قیمت تولیدکنندهٔ گندم در طی سال‌های ۲۰۲۰-۱۹۹۱ (برگرفته از سایت فائو) در نظر گرفته شده و میانگین و واریانس آن به‌عنوان متغیرهای اقتصادی وارد آنالیز اقتصادی شده است. البته لازم به ذکر است که در این تحقیق فرض شده که قیمت تولیدکننده با همین روند ادامه خواهد داشت و دچار شوک اقتصادی نخواهد شد.

یکی از نتایج حاصل از آنالیز اقتصادی، آنالیز راهبرد براساس برتری میانگین-جینی (MG) می‌باشد که برای ۹ منطقهٔ زراعی اکولوژیک ایران (به‌غیر از منطقهٔ ساحل جنوب) محاسبه شده است. Shalit و Yitzhaki (۱۹۸۴، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۵) کاربرد MG را

در آنالیز ریسک و انتخاب معرفی کردند. آن‌ها نشان دادند که این نگرش نسبت نگرش سنتی میانگین واریانس محدودیت کمتر دارد و نگرشMG بستگی به فرضیه مطلوبیت درجه دو یا توزیع نرمال ندارد.

بازدهٔ انتظاری یک انتخاب مجموع کل بازده‌های انتظاری پروژه‌های پذیرفته شده است. اگر $x_i \in \{0,1\}$ نشان‌دهندهٔ تصمیم پذیرفتن یا رد کردن یک پروژه i باشد و R_i بازدهٔ انتظاری پروژه باشد، بازدهٔ انتظاری یک انتخاب R_p به‌صورت زیر تعریف می‌شود که N پروژه‌های پذیرفته شده است:

$$R_p = \sum_{i=1}^{N} x_i . R_i$$

آمارهٔ جینی به‌عنوان فاصلهٔ انتظاری بین دو مقدار واقعی از یک متغیر تصادفی تعریف می‌شود. Shalit و Yitzhaki (۱۹۸۴) یک بیان تجربی برای محاسبهٔ پیشنهاد کردند که به‌صورت دو برابر کوواریانس بین بازدهٔ R_p و تابع توزیع تجمعی $F(R_p)$ است:

$$\Gamma_p = 2.cov[R_p, F(R_p)]$$

برای ساخت یک حد کارا، Ringuest و همکاران (۲۰۰۴) یک روش بر پایهٔ الگوریتم شاخه و کران پیشنهاد کردند. این نگرش نیاز به داده‌های پایهٔ توزیع بازدهٔ هر پروژه دارد. با استفاده از ضرایب میانگین و جینی برای انتخاب‌ها، نگرش شاخه و کران، همهٔ ترکیب‌های ممکن از پروژه‌های موجود را با شروع از پذیرفتن همهٔ پروژه‌های موجود گسترش می‌دهد. کران بالا و پایین محاسبه شده و درخت انتخاب هرس می‌شود. در MG یک انتخاب برتر است اگر هر انتخاب دیگر بازدهٔ میانگین بالاتر با جینی یکسان یا پایین‌تر داشته باشد یا یک جینی کمتر با بازدهٔ میانگین یکسان یا بالاتر داشته باشد. بر پایهٔ این فرضیهٔ برتری، برای هر شاخه در نگرش شاخه و کران، می‌توان تعیین کرد که کدام شاخه‌ها می‌توانند از آنالیز هرس شوند.

یافته‌های پژوهش و بحث

براساس سیستم پهنه‌بندی زراعی–اکولوژیک (AEZ[۲]) فائو که به‌عنوان ابزار اصلی ارزیابی‌های فائو از پتانسیل تولید اراضی کشاورزی و ویژگی‌های آن‌ها در سطح جهانی، منطقه‌ای، ملی و محلی محسوب می شود؛ کشور ایران، به ۱۰ منطقهٔ زراعی–اکولوژیک گسترده بر مبنای شباهت‌های اقلیمی (بارش و دما)، نوع خاک، نوع محصولات کشت شده و همچنین قرابت‌های جغرافیایی تقسیم شده است. با وارد کردن داده‌های هواشناسی حاصل از MarkSim برای ۱۰ منطقه و همچنین اطلاعات ورودی در مدل DSSAT نتایج حاصل از شبیه‌سازی رشد گیاهی و آنالیز اقتصادی برای سه شرایط بدون در نظر گرفتن تغییر اقلیم و مدل MIROC برای دوسناریوی RCP4.5 و RCP8.5 به‌دست آورده شده است (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که میانگین سی ساله آینده (۲۰۵۲–۲۰۲۲) درآمد زارعین در شرایط بدون تغییر اقلیم برای تقریباً تمامی شهرهای در نظر گرفته‌شده بیش‌تر از دو شرایط تغییر اقلیم می‌باشد. البته در این مورد استثناهایی وجود دارد که شامل شهرهای بجنورد، سمنان، زنجان، آستارا، ارومیه، اردبیل و شهرکرد می‌باشد در این شهرها که در نیمهٔ شمالی کشور قرار دارند و میانگین درآمد سی‌ساله در شرایط وجود تغییر اقلیم بیش‌تر است. در منطقهٔ ساحل جنوب (بندر لنگه، بندر عباس و میناب) میانگین منفی است و به‌نظر می‌رسد کاشت گندم در این مناطق منطقی نیست. نتایج حاصل از آنالیز راهبردی بر پایهٔ میانگین–جینی نشان می‌دهد که کاشت گندم در شهرهای اصفهان و یزد در هر سه شرایط کارایی دارد و باتوجه به اینکه بیش‌ترین میانگین درآمدی گندم کاران آبی در اصفهان است می‌توان گفت که کاشت گندم در اصفهان برتری بیش‌تری دارد (جدول ۴).

در منطقهٔ خراسان (جدول ۵) در شرایط بدون تغییر اقلیم کاشت گندم در بجنورد، مشهد و سبزوار کارایی دارد اما با در نظر گرفتن تغییر اقلیم کاشت گندم در سبزوار دیگر کارایی نخواهد داشت. در بیرجند تنها در شرایط تغییر اقلیم تحت سناریوی RCP4.5 کارایی وجود دارد و این درصورتی است که کمترین میانگین درآمدی مربوط به‌همین سناریو است. پس می‌توان گفت که کاشت گندم در بیرجند برتری ندارد. برای شهر بجنورد نیز به‌همین گونه است. بیش‌ترین میانگین درآمدی مربوط به شرایط تغییر اقلیم RCP4.5 است و این در صورتی است که در این شرایط کاشت گندم کارایی نخواهد داشت. به‌عبارتی می‌توان گفت که در این شهر

[2]Agro-Ecological Zoning system (AEZ)

جدول ۳. نتایج حاصل از شبیه‌سازی رشد گیاهی و آنالیز اقتصادی

	شهر	بدون تغییر اقلیم		مدل MIROC سناریوی RCP4.5		مدل MIROC سناریوی RCP8.5	
		میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف
خشک مرکزی	اصفهان	۹۱۲۵۲۷	۲۴۵۴۰۳۸	۶۶۸۰۲۹	۲۰۲۰۷۵۷	۷۷۰۱۴۳	۲۲۰۴۷۱۴
	کاشان	۳۱۱۲۴۱	۱۲۴۱۳۶۱	۱۵۱۹۹۷	۸۷۹۴۲۱	۲۰۵۶۹۵	۱۰۵۰۶۷۱
	یزد	۳۶۰۶۷۹	۱۳۲۲۶۴۹	۱۲۰۰۸۸	۸۱۵۱۴۱	۲۲۴۱۴۷	۱۰۵۵۷۱۴
خراسان	بجنورد	۶۹۵۷۰۲	۲۱۰۲۹۱۵	۸۴۷۸۴۵	۲۴۴۶۳۳۳	۸۰۳۹۰۶	۲۳۴۰۲۸۲
	مشهد	۱۰۵۶۰۹۶	۲۸۱۹۴۵۲	۱۰۴۹۲۱۷	۲۸۰۴۰۴۷	۱۰۲۴۴۱۶	۲۷۶۷۸۵۹
	سبزوار	۸۸۴۵۲۶	۲۵۰۱۹۰۸	۶۸۴۹۶۳	۲۱۸۳۲۶۰	۶۹۳۰۱۶	۲۱۵۴۲۷۱
	بیرجند	۹۸۰۹۱۳	۲۶۸۷۱۶۴۴	۵۹۹۱۳۹	۱۹۱۰۷۰۷	۷۴۰۳۶۹	۲۲۸۰۶۲۵
مرکزی	تهران	۹۹۸۵۶۴	۲۷۶۲۴۲۰	۶۲۵۱۴۰	۱۹۹۵۵۲۰	۷۶۸۵۸۱	۲۲۶۵۷۱۷
	قزوین	۱۰۶۰۲۱۸	۲۸۵۰۲۷۴	۱۰۳۸۹۵۱	۲۸۰۴۳۲۰	۹۴۱۳۱۶	۲۶۰۰۲۷۰
	اراک	۸۴۲۸۸۷	۲۴۲۶۹۲۲	۷۲۴۸۸۰	۲۲۰۵۲۶۴	۶۴۷۰۲۳	۲۰۱۰۹۵۲
	سمنان	۶۶۲۷۳۰	۲۰۳۶۹۴۹	۵۳۵۱۴۵	۱۷۹۰۱۴۳	۸۶۵۵۰۶	۲۵۰۳۱۲۳
	بوشهر	۱۶۷۷۲۰	۱۰۴۶۴۶۵	۱۲۳۷۵۲	۹۹۹۸۹۴	۳۶۱۶۹۲	۱۴۱۹۱۳۲
ساحلی جنوب	بندر لنگه	-۱۲۸۷۵	۷۴۰۸۴۴	-۷۹۲۹۷	۵۰۸۷۰۱	-۳۴۳۰۵	۶۰۹۴۲۴
	بندر عباس	-۸۶۶۰۴	۴۹۱۳۹۶	-۷۱۳۱۲	۵۲۹۲۰۶	-۶۵۵۵۶	۵۳۴۹۴۱
	میناب	-۸۹۰۹۹	۵۰۰۱۷۲	-۵۵۹۵۱	۵۵۲۸۳۶	-۸۱۵۹۱	۵۰۲۷۷۸
ساحل شمال	آستارا	۲۶۵۲۵	۷۳۰۱۱۰	۴۲۱۷۰	۷۵۵۰۹۷	۴۹۳۱۲	۸۰۴۶۰۱
	رشت	۲۰۱۶۷	۷۱۹۲۵۰	۶۷۹۱	۷۰۷۳۰۶	۱۸۴۲۵	۷۳۲۷۷۷
	رامسر	۲۷۵۶۲	۷۶۹۸۹۲	-۸۰۵۶	۶۷۸۴۳۵	-۱۷۲۴۷	۶۵۹۹۱۷
	نوشهر	۲۰۶۶۷	۷۳۵۴۴۶	-۲۸۴۲۷	۶۴۳۱۴۵	-۱۲۷۲۳	۶۸۳۰۹۵
	بابلسر	-۴۹۱۴۵	۵۸۶۲۶۱	-۲۸۵۰۰	۶۱۷۹۴۲	-۴۱۶۴۸	۵۹۷۷۱۳
	گرگان	-۱۱۳۹۱	۶۶۲۰۴۷	-۶۱۴۶۶	۵۶۰۷۱۸	-۵۲۰۸۸	۵۷۵۲۲۶
زاگرس جنوبی	شیراز	۸۶۰۵۸۹	۲۴۵۹۶۷۵	۶۴۷۴۴۷	۲۰۱۱۹۲۳	۸۳۸۷۰۹	۲۳۸۳۰۱۰
	اقلید–آباده	۱۱۱۴۸۹۳	۲۹۳۸۶۸۰	۹۸۷۸۵۱	۲۶۹۷۸۲۳	۹۳۳۷۸۲	۲۶۰۲۴۷۲
	یاسوج	۷۹۶۱۸۳	۲۳۰۶۵۸۱	۵۹۲۶۲۳	۱۸۹۵۹۱۵	۶۵۹۱۱۴	۲۰۲۷۲۷۲
	شهرکرد	۱۰۲۲۶۱۹	۲۷۵۳۴۳۶	۱۰۶۳۷۷۸	۲۸۵۲۲۳۱	۹۳۳۹۲۰	۲۵۸۴۴۱۵
زاگرس میانی	کرمانشاه	۱۱۰۸۶۸۲	۲۹۲۳۴۴۴	۱۰۱۸۳۸۱	۲۷۶۵۴۸۸	۹۷۹۰۹۰	۲۶۸۶۹۸۱
	ایلام	۱۰۴۱۹۲۶	۲۸۲۰۲۵۱	۹۰۵۰۰۱	۲۵۲۸۷۸۲	۱۰۱۱۰۷۷	۲۷۴۴۴۹۲
	همدان	۹۹۲۶۹۹	۲۶۷۸۴۱۹	۹۵۸۸۴۰	۲۶۱۹۱۹۷	۹۸۹۵۳۷	۲۶۹۲۹۷۲
	خرم آباد	۱۰۶۰۶۸۷	۲۸۲۷۷۰۳	۸۹۷۰۲۷	۲۵۲۹۴۰۲	۸۰۴۲۱۷	۲۳۴۶۱۸۰
شمال غربی	ارومیه	۹۶۱۷۶۴	۲۶۵۳۴۹۶	۹۴۱۰۹۷	۲۹۱۹۱۵۸	۹۹۴۵۵۶	۲۷۱۲۱۸۱
	تبریز	۹۸۱۱۲۶	۲۶۷۲۸۷۰	۹۳۱۰۹۱	۲۵۹۴۸۰۳	۸۲۶۳۵۲	۲۳۸۵۴۳۲
	اردبیل	۹۳۶۱۹۱	۲۵۷۸۶۰۸	۹۲۴۴۰۰	۲۵۵۶۶۹۱	۹۴۹۴۸۱	۲۶۲۳۴۹۷
	زنجان	۱۰۴۸۶۰۲	۲۸۲۸۵۸۴	۱۰۲۴۶۷۹	۲۷۶۶۴۴۹	۱۰۷۵۲۲۶	۲۸۶۴۶۳۱
	سنندج	۹۰۰۹۵۶	۲۵۲۱۲۷۰	۷۶۷۲۹۸	۲۲۶۰۸۵۷	۸۳۵۹۲۸	۲۴۰۰۳۳۶
خشک جنوب	جیرفت	۳۰۱۶۴	۷۳۱۴۵۳	-۷۹۴۰۴	۵۳۵۶۶۰	-۴۰۸۰	۶۵۱۶۵۴
	کرمان	۳۶۸۱۴۸	۸۰۰۱۰۴	۱۷۶۶۱۵	۶۲۸۰۹۴	۲۹۲۸۹۹	۶۹۸۶۳۶
	سیرجان	۳۱۲۴۹۶	۷۳۳۷۹۰	۳۰۹۷۹۶	۶۰۱۴۰۰	۲۸۳۷۱۵	۶۶۶۴۵۵
	زابل	۲۹۰۳۷۶	۶۱۰۲۹۶	۲۴۵۲۲۲	۵۱۱۱۱۸	۲۴۸۰۶۲	۵۱۵۰۸۵
	زاهدان	۲۶۲۱۳۱	۶۰۹۰۵۹	۲۵۴۶۸۱	۶۱۹۱۲۱	۲۳۹۱۱۶	۶۷۸۵۴۸
خوزستان	دزفول	۱۳۲۸۵۴	۹۴۰۲۹۸	۹۱۴۶۰	۸۵۱۳۷۵	۸۹۶۸۳	۸۴۲۵۶۹
	اهواز	۴۹۴۳۹	۸۰۶۳۱۴	۶۱۲۴۳	۷۹۲۷۲۵	۴۹۴۳۹	۷۶۷۹۶۵

جدول ٤. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ خشک مرکزی

	بدون تغییر اقلیم		مدل MIROC سناریوی RCP4.5			مدل MIROC سناریوی RCP8.5		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
اصفهان	۹۱۲۵۲۷	-۴۹۲۱۲۶	yes	۶۶۸۰۲۹	-۴۸۰۴۴۹	yes	۷۷۰۱۴۳	-۴۸۷۶۴۱	yes
کاشان	۳۱۱۲۴۱	-۳۹۷۵۴۴	no	۱۵۱۹۹۷	-۳۵۲۱۶۸	yes	۲۰۵۶۹۵	-۳۸۵۰۲۳	no
یزد	۳۶۰۶۷۹	-۳۹۷۲۳۹	yes	۱۲۰۰۸۸	-۳۴۶۸۹۳	yes	۲۲۴۱۴۷	-۳۷۷۴۴۲	yes

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۵. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ خراسان

	بدون تغییر اقلیم		مدل MIROC سناریوی RCP4.5			مدل MIROC سناریوی RCP8.5		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
بجنورد	۶۹۵۷۰۲	-۵۰۹۴۴۱	yes	۸۴۷۸۴۵	-۵۵۲۵۶۳	no	۸۰۳۹۰۶	-۵۳۷۴۲۴	yes
مشهد	۱۰۵۶۰۹۶	-۵۵۴۱۵۵	yes	۱۰۴۹۲۱۷	-۵۵۳۷۷۱	yes	۱۰۲۴۴۱۶	-۵۵۹۷۵۳	no
سبزوار	۸۸۴۵۲۶	-۵۴۶۶۹۲	yes	۶۸۴۹۶۳	-۵۵۰۸۲۵	no	۶۹۳۰۱۶	-۵۳۸۳۸۶	no
بیرجند	۹۸۰۹۱۳	-۵۵۸۳۸۷	no	۵۹۹۱۳۹	-۴۹۵۶۵۲	yes	۷۴۰۳۶۹	-۵۵۶۵۹۶	no

منبع: محاسبات پژوهش

نیز کاشت گندم برتری ندارد. اما برای مشهد شرایط بدین‌گونه است که بیش‌ترین میانگین درآمدی را داراست و علاوه بر آن در شرایط بدون تغییر اقلیم و شرایط بدبینانه تغییر اقلیم کارایی وجود دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که کاشت گندم آبی در مشهد برتری دارد. در منطقهٔ مرکزی (جدول ۶) کاشت گندم در اراک و تهران تنها در شرایط بدون تغییر اقلیم کاراست. از سوی دیگر، همان‌طور که قبلاً ذکر شد در سمنان در شرایط بدبینانه تغییر اقلیم میانگین درآمدی بیش‌تر از شرایط بدون تغییر اقلیم است درحالی‌که بر اساس نتایج حاصل از آنالیز راهبردی، کاشت گندم در شرایط بدبینانه تغییر اقلیم کارایی ندارد. پس می‌توان نتیجه‌گیری حاصل از جدول ۳ را به این گونه اصلاح کرد که در شهر سمنان نیز میانگین درآمدی در شرایط بدون تغییر اقلیم بیش‌تر از شرایط تغییر اقلیم است و شهر سمنان جزء استثناها محسوب نمی‌شود. در این منطقه بیش‌ترین میانگین درآمدی گندم کاران آبی مربوط به قزوین است و این شهر در شرایط مختلف در نظر گرفته شده، کارایی دارد. به‌نظر می‌رسد که کاشت گندم در شهر قزوین برتری بیش‌تری دارد. در منطقهٔ ساحل شمال کاشت گندم در رشت، رامسر و نوشهر کارایی نداشته است. در بابلسر و گرگان نیز میانگین درآمدی گندم‌کاران منفی است. در نتیجه می‌توان گفت که کاشت گندم آبی در شهر آستارا برتری بیش‌تری دارد (جدول ۷).

در منطقهٔ زاگرس جنوبی (جدول ۸) کاشت گندم آبی در شهرهای شیراز و یاسوج تنها در شرایط بدون تغییر اقلیم کارایی ندارد و با تغییر اقلیم این کارایی ایجاد می‌شود. در حالی‌که بیش‌ترین میانگین درآمد برای گندم‌کاران آبی در این دو شهر در شرایط بدون تغییر اقلیم است. پس می‌توان گفت که در این دو شهر کاشت گندم آبی برتری ندارد. برعکس، در منطقهٔ بین اقلید و آباده تنها در شرایط بدون تغییر اقلیم کارایی وجود دارد و با تغییر اقلیم این کارایی از بین خواهد رفت. به‌نظر می‌رسد در منطقهٔ زاگرس جنوبی شهرکرد با توجه به نتایج میانگین–جینی و تحلیل میانگین برتری بیشتری برای کاشت گندم آبی داشته باشد. در منطقهٔ زاگرس میانی (جدول ۹) کاشت گندم در شهرهای کرمانشاه، همدان و خرم‌آباد تنها تحت شرایط بدون تغییر اقلیم کارایی دارد و در شهر ایلام در هیچ شرایط مفروض کارایی وجود ندارد. در این منطقه به‌نظر می‌رسد که با تغییر اقلیم کارایی کاشت گندم از بین می‌رود. بیش‌ترین میانگین درآمدی در این منطقه مربوط به کاشت گندم در کرمانشاه می‌باشد و از این لحاظ این شهر در کاشت گندم برتری دارد.

در منطقهٔ شمال غربی (جدول ۱۰) در شهرهای ارومیه، سنندج و زنجان در شرایط بدون تغییر اقلیم کاشت گندم کارایی نداشته و با تغییر اقلیم این کارایی ایجاد می‌شود. در اردبیل با وجود این‌که بیش‌ترین میانگین درآمدی مربوط به شرایط بدبینانهٔ تغییر اقلیم

جدول ٦. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ مرکزی

	بدون تغییر اقلیم			مدل MIROC سناریوی RCP4.5			مدل MIROC سناریوی RCP8.5		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
تهران	۹۸۹۵۶۴	-۵۹۰۹۹۷	no	۶۲۵۱۴۰	-۵۱۴۸۱۷	no	۷۶۸۵۸۱	-۵۲۹۴۴۴۰	yes
قزوین	۱۰۶۰۲۱۸	-۵۶۹۷۰۷	yes	۱۰۳۸۹۵۱	-۵۶۷۰۰۸	yes	۹۴۱۳۱۶	-۵۴۷۶۷۰	yes
اراک	۸۴۲۸۸۷	-۵۴۶۰۳۶	yes	۷۲۴۸۸۰	-۵۳۷۱۶۹	no	۶۴۷۰۲۳	-۵۰۵۳۱۸	no
سمنان	۶۶۲۷۳۰	-۵۰۳۲۷۳	yes	۵۳۵۱۴۵	-۴۸۸۶۶۰	yes	۸۶۵۵۰۶	-۵۶۵۷۳۹	no

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۷. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ ساحل شمال

	بدون تغییر اقلیم			مدل MIROC سناریوی RCP4.5			مدل MIROC سناریوی RCP8.5		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
آستارا	۲۶۵۲۵	-۳۹۱۸۷۸	no	۴۲۱۷۰	-۳۹۰۴۶۸	yes	۴۹۳۱۲	-۴۰۹۰۴۰	yes
رشت	۲۰۱۶۷	-۳۹۱۴۴۱	no	۶۷۹۱	-۳۹۵۵۱۱	no	۱۸۴۲۵	-۳۹۸۴۴۲	no
رامسر	۲۷۵۶۲	-۴۰۹۲۳۱	no	-۸۰۵۶	-۳۹۴۳۸۴	no	-۱۷۲۴۷	-۳۹۲۳۱۶	no
نوشهر	۲۰۶۶۷	-۳۹۸۶۰۸	no	-۲۸۴۲۷	-۳۹۱۷۲۲	no	-۱۲۷۲۳	-۳۹۸۱۱۱	no
بابلسر	-۴۹۱۴۵	-۳۸۳۵۰۴	no	-۲۸۵۰۰	-۳۸۲۱۰۶	yes	-۴۱۶۴۸	-۳۸۳۰۲۸	no
گرگان	-۱۱۳۹۱	-۳۸۹۹۵۲	yes	-۶۱۴۶۶	-۳۸۱۰۹۴	no	-۵۲۰۸۸	-۳۸۱۰۰۵	yes

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۸. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ زاگرس جنوبی

	بدون تغییر اقلیم			مدل MIROC سناریوی RCP4.5			مدل MIROC سناریوی RCP8.5		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
شیراز	۸۶۰۵۸۹	-۵۴۸۸۸۱	no	۶۴۷۴۴۷	-۵۰۳۹۲۲	no	۸۳۸۷۰۹	-۵۲۵۲۴۲	yes
اقلید-آباده	۱۱۱۴۸۹۳	-۵۶۷۲۸۴	yes	۹۸۷۸۵۱	-۵۵۵۸۹۹	no	۹۳۳۷۸۲	-۵۵۶۹۱۹	no
یاسوج	۷۹۶۱۸۳	-۵۲۵۴۲۷	no	۵۹۲۶۲۳	-۴۹۱۹۱۵	yes	۶۵۹۱۱۴	-۵۰۲۶۸۸	yes
شهرکرد	۱۰۲۲۶۱۹	-۵۵۰۹۹۴	yes	۱۰۶۳۷۷۸	-۵۶۹۸۶۲	no	۹۳۳۹۲۰	-۵۴۵۴۷۰	yes

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۹. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ زاگرس میانی

	بدون تغییر اقلیم			مدلMIROC سناریوی RCP4.5			مدلMIROC سناریوی RCP8.5		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
کرمانشاه	۱۱۰۸۶۸۲	-۵۵۹۴۲۳	yes	۱۰۱۸۳۸۱	-۵۶۶۱۹۱	no	۹۷۹۰۹۰	-۵۵۹۸۷۹	no
ایلام	۱۰۴۱۹۲۶	-۵۷۲۹۵۷	no	۹۰۵۰۰۱	۵۴۳۲۴۹	no	۱۰۱۱۰۷۷	-۵۵۸۲۰۸	no
همدان	۹۹۲۶۹۹	-۵۳۴۶۹۱	yes	۹۵۸۸۴۰	-۵۴۰۰۳۵	no	۹۸۹۵۳۷	-۵۵۲۵۵۷	no
خرم آباد	۱۰۶۰۶۸۷	-۵۵۶۰۶۳	yes	۸۹۷۰۲۷	-۵۵۰۵۷۵	no	۸۰۴۲۱۷	-۵۳۹۳۹۷	no

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۱۰. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ شمال غربی

	بدون تغییر اقلیم			مدل MIROC سناریوی RCP4.5			مدل MIROC سناریوی		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
ارومیه	۹۶۱۷۶۴	-۵۵۴۷۸۹	no	۹۴۱۰۹۷	-۵۵۸۵۵۷	no	۹۹۴۵۵۶	-	yes
تبریز	۹۸۱۱۲۶	-۵۴۵۲۱۸	yes	۹۳۱۰۹۱	-۵۵۳۵۱۸	no	۸۲۶۳۵۲	-	no
اردبیل	۹۳۶۱۹۱	-۵۳۸۹۶۱	yes	۹۲۴۴۰۰	-۵۳۷۷۳۷	yes	۹۴۹۴۸۱	-	no
زنجان	۱۰۴۸۶۰۲	-۵۶۷۴۶۱	no	۱۰۲۴۶۷۹	-۵۵۸۶۰۵	yes	۱۰۷۵۲۲۶	-	yes
سنندج	۹۰۰۹۵۶	-۵۴۳۳۵۷	no	۷۶۷۲۹۸	-۵۲۷۳۶۵	yes	۸۳۵۹۲۸	-	yes

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۱۱. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ خشک جنوب

	بدون تغییر اقلیم			مدل MIROC سناریوی RCP4.5			مدل MIROC سناریوی RCP8.5		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
جیرفت	۳۰۱۶۴	-۳۸۸۷۲۱	yes	-۷۹۴۰۴	-۳۸۵۵۹۴	no	-۴۰۸۰	-۳۷۷۳۳۰	yes
کرمان	۳۶۸۱۴۸	-۴۵۳۰۶۵	no	۱۷۶۶۱۵	-۴۳۴۳۲۴	no	۲۹۲۸۹۹	-۴۷۰۲۰۶	yes
سیرجان	۳۱۲۴۹۶	-۴۵۰۹۶۷	yes	۳۰۹۷۹۶	-۴۵۹۹۵۷	no	۲۸۳۷۱۵	-۴۱۴۹۲۱	yes
زابل	۲۹۰۳۷۶	-۳۷۷۹۷۶	no	۲۴۵۲۲۲	-۳۶۶۶۷۱	no	۲۴۸۰۶۲	-۳۶۶۳۲۵	yes
زاهدان	۲۶۲۱۳۱	-۴۵۱۳۰۴	no	۲۵۴۶۸۱	-۴۰۱۸۶۴	yes	۲۳۹۱۱۶	-۳۹۳۹۵۲	yes

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۱۲. جدول تعیین راهبرد منطقهٔ خوزستان

	بدون تغییر اقلیم			مدل MIROC سناریوی RCP4.5			مدل MIROC سناریوی RCP8.5		
شهر	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی	میانگین	میانگین منهای ضریب جینی	کارایی
دزفول	۱۳۳۰۹۴	-۴۰۵۹۱۵	yes	۹۱۷۰۰	-۳۹۵۶۹۱	no	۸۹۹۲۳	-۳۹۱۱۹۸	yes
اهواز	۶۷۶۸۱	-۳۹۳۶۳۰	no	۶۱۲۴۳	-۳۹۲۴۳۶	no	۴۹۴۳۹	-۳۹۰۱۰۰	yes

منبع: محاسبات پژوهش

است اما با توجه به نتایج حاصل از میانگین–جینی در این شرایط کاشت گندم کارایی ندارد. پس می‌توان بیان کرد که در اردبیل نیز میانگین درآمدی در شرایط بدون تغییر اقلیم بیش‌تر از شرایط تغییر اقلیم بوده و اردبیل جزء استثناها محسوب نمی‌شود. در تبریز با تغییر اقلیم کارایی کاشت گندم در این شهر از بین خواهد رفت. نتایج نشان می دهد که در این منطقه زنجان برتری بیش‌تری برای کاشت گندم دارد. در منطقهٔ خشک جنوب (جدول ۱۱) در شهرهای زاهدان، زابل و کرمان تنها با تغییر اقلیم کاشت گندم کارایی خواهد داشت. در جیرفت نیز میانگین درآمدی منفی خواهد شد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که در این منطقه کاشت گندم آبی در سیرجان برتری بیشتری دارد. در منطقهٔ خوزستان (جدول ۱۲) در اهوازکاشت گندم آبی تنها با تغییر اقلیم کارایی خواهد داشت و این در صورتی است که در این شرایط کمترین میانگین درآمدی را خواهد داشت. اما در دزفول در شرایط بدون تغییر اقلیم و شرایط تغییر اقلیم کاشت گندم آبی کارایی داشته و بیش‌ترین میانگین درآمدی را داراست. پس می‌توان بیان کرد دراین منطقه کاشت گندم آبی در دزفول برتری بیشتر دارد.

نتیجه‌گیری

در مطالعهٔ حاضر با استفاده از مدل شبیه‌سازی رشد DSSAT ابتدا به شبیه‌سازی عملکرد و در نهایت به بررسی درآمد حاصل از کشت گندم آبی در ایران در سی سال آینده (۲۰۵۲-۲۰۲۲) تحت تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم پرداخته شده است. به‌طور کلی نتایج نشان داد که کاشت گندم آبی در شهرهای اصفهان، قزوین، زنجان، شهرکرد، مشهد، سیرجان، دزفول و کرمانشاه از برتری بیشتری نسبت به شهرهای دیگر برخوردار است. البته این در شرایطی است که بتوان آب مورد نیاز آبیاری را با توجه به بازدهی آبیاری در نظر گرفته‌شده تأمین کرد. این امر می‌تواند راهنمایی برای سیاستگذاران در ارتباط با نقشهٔ کاشت گندم در سال‌های آینده باشد. همچنین این مناطق را می‌توان به‌عنوان مناطق مطلوب برای ایجاد جایگاه‌های کشت گندم آبی در نظر گرفت. البته نکته‌ای که وجود دارد این است که در شهری مانند اصفهان درست است که براساس نتایج، کاشت گندم در این منطقه برتری دارد اما به‌دلیل کاهش بارندگی که منجر به کاهش بیلان رودخانه‌ها خواهد شد (Nazari, 2011)، تأمین آب آبیاری با توجه به بازدهی دور از انتظار نیست. علاوه بر این، نتایج حاصل از تحلیل میانگین-واریانس نشان می‌دهد که میانگین سی سالهٔ آینده (۲۰۵۲-۲۰۲۲) درآمد زارعین در شرایط بدون تغییر اقلیم برای تقریباً تمامی شهرهای در نظر گرفته‌شده بیش‌تر از شرایط تغییر اقلیم می‌باشد. همان‌طور که ذکر شد تقریباً تمامی مطالعات انجام شده در ارتباط با تغییر اقلیم، افزایش میانگین دمای حداکثر و حداقل ماهانه در آینده تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم را نشان می‌دهند (Nazari, 2011; Hashemi Tabar, 2013; Yaqoubzadeh *et al*., 2016; Hasirchian *et al*., 2017; Node Farahani *et al*., 2017; Zarei *et al*., 2017; Davoudi and Moradjani, 2017). این افزایش دما به‌تدریج با ایجاد تنش در دورهٔ رسیدگی دانه منجر به کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه و کاهش عملکرد گندم خواهد شد. بدین‌ترتیب میانگین درآمد کشاورزان در شرایط بدون تغییر اقلیم بیش‌تر از شرایط تغییر اقلیم خواهد شد. نتایج همچنین نشان داد که در بعضی از مناطق ایران کاشت گندم آبی تنها با تغییر اقلیم کارایی پیدا می‌کند و در شرایط بدون تغییر اقلیم این کارایی وجود ندارد (اهواز، بیرجند، کرمان، ارومیه، زنجان، سنندج، شیراز و یاسوج). افزایش دما در طول فصل سرد سال و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در آینده تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم را می‌توان علت این موضوع دانست.

پیشنهادها

به هر حال آنچه محتمل است وقوع تغییرات اقلیمی به مراتب شدیدتر از اوضاع کنونی در آینده است و این امر عملکرد محصولات کشاورزی از جمله گندم و به‌تبع آن درآمد کشاورزان تحت تأثیر قرار خواهد داد. براساس یافته‌های مطالعهٔ حاضر این اثرات برای کل کشور به‌صورت یکسان نمی‌باشد. در بعضی از مناطق این اثرات کمتر دیده خواهد شد که می‌توان این مناطق را به‌عنوان جایگاه‌های تولید گندم در نظر گرفت. همچنین درست است که کشت گندم برای کشور و همچنین برای امنیت غذایی اهمیت بالایی دارد اما بهتر است در مناطقی که کاشت گندم دارای برتری نیست، گندم کشت نشود و برای تأمین این محصول کلیدی راهکارهای متفاوتی سنجیده شود. البته این مطلب می‌تواند موضوع تحقیقات آینده باشد. توانایی مدل DSSAT برای شبیه‌سازی عملکرد گندم در کشور یک امر تأییدشده است و این مدل در جهان هر روز به‌مراتب بیشتر استفاده می‌شود. این مدل امکانات بسیاری دارد که پیشنهاد می‌شود به‌عنوان یک ابزار در اختیار دست‌اندرکاران بخش کشاورزی قرار گیرد.

References

Abbasi Ali Kemer, R., Nasiri Mahalati, M., Kochaki, A., 2019. Investigating the trend of temperature changes and its effects on the length of the grain filling period and the yield potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) in different regions of Iran during a 20-year period (1371-91). Journal of Agricultural Ecology 12(2), 319 -343. (in Persian)

Amiri, M.J., Eslamian, S.S., 2010. Investigation of climate change in Iran. Journal Environmental Science & Technology 3(4), 208-216.

Barati, A.A., Azadi, H., Scheffran, J., 2019. A system dynamics model of smart groundwater governance. Agricultural Water Management 221, 502-518.

Dalqandi, M., Anderzian, B., Broumand Nesab, S., Masah Boani, A. and Javaheri, A., 2013. Evaluation of the CERES-Wheat model DSSAT4.5 version in simulating the growth, yield and phenology stages

of wheat under the conditions of different management of water allocation in the field (case study: Ahvaz city). Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries) 28(1), 82-9. (In Persian)

Davoudi, A. and Muradjani, S., 2017. Spatial analysis of climate changes in Iran during recent decades. Geographical Sciences (Applied Geography) 14(29), 82-90. (in Persian)

Fallah, M.H., Nezami, A., Khazaei, H., Nasiri Mahalati, M., 2019. Comprehensive evaluation of DSSAT-Nwheat model in a wide range of climatic regions of Iran. Journal of Agricultural Ecology 12(4), 561-580. (in Persian)

Hasirchian, M., Zahabiun, B., Khazaei, M., 2017. Performance evaluation of SDSM model in investigating the effect of climate change on precipitation and temperature. Iran Irrigation and Water Engineering 9(34),108-120. (in Persian)

Holzworth, D.P., Huth, N.I., Devoil, P.G., Zurcher, E.J., Herrmann, N.I., McLean, G., Chenu, K., Van Oosterom, E.J., Snow, V., Murphy, C., Moore, A.D., Brown, H., Whish, J.P.M., Verrall, S., Fainges, J., Bell, L.W., Peake, A.S., Poulton, P.L., Hochman, Z., Thorburn, P.J., Gaydon, D.S., Dalgliesh, N.P., Rodriguez, D., Cox, H., Chapman, S., Doherty, A., Teixeira, E., Sharp, J., Cichota, R., Vogeler, I., Li, F.Y., Wang, E.L., Hammer, G.L., Robertson, M.J., Dimes, J.P., Whitbread, A.M., Hunt, J., van Rees, H., McClelland, T., Carberry, P.S., Hargreaves, J.N.G., MacLeod, N., McDonald, C., Harsdorf, J., Wedgwood, S., and Keating, B.A., 2014. APSIM–evolution towards a new generation of agricultural systems simulation. Environmental Modelling and Software 62, 327-350.

IPCC, 2007. Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations. Middle East Water Commission, World bank. Available from http://www.scidev.net/en/climate-change-and energy/greenhouse gases/news/un-climatedanger- for middle-east-north-africa.html.

IPCC, 2013. Summary for policymakers. Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

Janjua, P.Z., Samad, G., Khan, N., 2014. Climate Change and Wheat Production in Pakistan; autoregressive distributed lag approach. NJAS Wageningen Journal of Life Sciences 68, 13-19.

Jones, P.G., Thornton, P.K., 2003. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. Global Environment Change 13(1), 51-59.

Karami, E., 2012. Climate change, resilience and poverty in the developing world. Paper presented in a Conference on Culture. Politics and Climate Change, 13-15.

Karimi, V., Karami, E., Keshavarz, M., 2018. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. Journal of Integrative Agriculture 17(1), 1-15.

Kashani, A., Soltani, A., Galashi, S., Kalate Arabi, M., 2009. Estimation of genetic coefficients and evaluation of DSSAT model for Golestan cultivars. Electronic Journal of Crop Production 3(2), 229-253. (In Persian)

Koochaki, A, Nasiri Mahallati,M., Sharifi, H., Zand, A., Kamali, G.H., 2001. Growth simulation, phenology and production of wheat cultivars due to climate change in Mashhad. Wildlife Magazine 6(2), 117-128.

Madani, K., Agha Kouchak, A., Mirchi, A., 2016. Iran's socioeconomic drought: Challenges of a water-bankrupt nation. Iranian Studies 49, 997–1016.

Mereu, V., Gallo, A., Trabucco, A., Carboni, G., Spano, D., 2021. Modeling high-resolution climate change impacts on wheat and maize in Italy. Climate Risk Management 33, 100339.

Nazari, M., 2011. Investigating the economic effects of climate change on the agricultural sub-sector of Iran. PhD thesis. Tehran University of Agriculture and Natural Resources Campus. Tehran, Iran, 354 p. (In Persian)

Nodeh Farahani, M., Rashki, A., Permas, B., Kashiri, A., 2017. Investigating the effects of climate change on temperature, precipitation and future droughts in the Shadgan Basin. Iran Water Resources Research 14(3), 160-173. (in Persian)

Nouri, M., Homaee, M., Bannayan, M., Hoogenboom, G., 2016. Towards modeling soil texture specific sensitivity of wheat yield andwater balance to climatic changes. Agricultural Water Management 177, 248-263.

QU, C., Li, X., Ju, H., Liu, Q., 2019. The impacts of climate change on wheat yield in the Huang-Huai-Hai Plain of China using DSSAT-CERES-Wheat model under different climate scenarios. Journal of Integrative Agriculture 18(6), 1379-1391.

Redsma, P., Lansink, A.O., Ewert, F., 2009. Economic impacts of climatic variability and subsidies on European agriculture and observed adaptation strategies. Meeting Adapt Strategy Glob Change 14, 35-59.

Ringuest, J.L., Graves, S.B., Case, R.H., 2004. Mean-Gini analysis in R&D portfolio selection. European Journal of Operational Research 154(1), 157–169.

Ritchie, J.T., Singh, U., Godwin, D., Bowen, W.T., 1998. Cereal growth, development, and yield. Understanding Options for Agricultural Production, 79-98.

Rosegrant, M., Ewing, M., Yohe, G., Burton, I., Huq, S., Valmonte-Santos, R., 2008. Climate Change and Agriculture Threats and Opportunities. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, 1–36.

Saber Ali, F., Nastri Nasrabadi, H., Dostkhah Ahmadi, M., 2018. Investigating the impact of climate change in the near future on the production of irrigated wheat in Torbat Jam region: a case study. Iranian Agricultural Research Journal 17(1), 169-186. (in Persian)

Sarabian, L., Khodarahmi, R., 2010. The need to examine the importance of climate change in fisheries Sonbole, 218.

Shalit, H., Yitzhaki, S., 1984. Mean-Gini, portfolio theory, and the pricing of risky assets. The Journal of Finance 39(5), 1449-1468.

Shalit, H., Yitzhaki, S., 1989. Evaluating the mean-Gini approach to portfolio selection. The International Journal of Finance 1(2), 15-31.

Shalit, H., Yitzhaki, S., 2005. The mean-Gini efficient portfolio frontier. The Journal of Finance Research 28(1), 59–75.

Tofigh, S., Rahimi, D., Yazdan Panah, H., 2019. Simulation of yield, evapotranspiration, water demand and water efficiency of wheat using CERES-WHEAT-DSSAT model in Shahrekord. Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries) 34(3), 579-592. (in Persian)

Yaqubzadeh, M., Amir Abadizadeh, M., Ramezani, Y., Pourreza Bilandi, M., 2016. Investigating the uncertainty of climate change propagation scenarios in estimating soil moisture during the weeks of wheat growth. Iran Irrigation and Drainage Journal 11(4), 586-596. (in Persian)

Zarei, A., Asadi, A., Ebrahimi, A., Jafari, M., Malekian, A., 2017. Investigating the changes of precipitation and temperature parameters under climatic scenarios in pastures of Chaharmahal and Bakhtiari province. Marta 12(4), 426-436. (in Persian)