DOI: 10.22034/IAES.2019.112167.1713

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۳/شماره۳/صفحه های ۱۱۰-۸۷

تحلیل ارتباط بین تغییرپذیری‌های اقلیم، عملکرد و ریسک تولید محصولات کشاورزی؛ مطالعه گندم دیم استان فارس

زهره رفیعی، سید حبیب الله موسوی، صادق خلیلیان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲٤

چکیده

این بررسی با هدف پاسخگویی به این پرسش بود که آیا پدیده تغییرپذیری اقلیم افزون بر عملکرد محصولات کشاورزی بر خطرپذیری (ریسک) عملکرد نیز تاثیرگذار است یا خیر، طرح‌ریزی شد. بدین منظور محصول گندم دیم به عنوان یک کالای اساسی و نیز تأثیرپذیر از اقلیم در استان فارس گزینش شد. با استفاده از تابع تولید تصادفی جاست و پاپ و رهیافت کمینه مربعات تعمیم‌یافته قابل دسترس، اثرگذاری متغیرهای اقلیمی و غیراقلیمی در شش شهرستان آباده، اقلید، مرودشت، شیراز، لارستان و لامرد در سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۹۵بر میانگین و ریسک عملکرد ارزیابی شد. نتایج نشان داد که بارندگی به عنوان یکی از عامل‌های اصلی پدیده تغییر اقلیم رابطه‌ی مستقیم با عملکرد گندم دیم دارد، طوریکه این متغیر ۱/۶۱ درصد از تغییرپذیری عملکرد را پیش‌بینی کرده‌است. افزون بر این، بارندگی و دما به عنوان نهاده‌های ریسک‌کاهنده در تولید محصول گندم دیم استان فارس اثرگذار بوده‌اند. در نهایت، تغییراقلیم، شرایطی را فراهم می‌آورد تا میانگین دما توانمندی لازم برای جبران زیان ناشی از کاهش بارندگی را دارا باشد. با توجه به یافته‌های پژوهش، تاکید می‌شود تا سیاست‌های لازم، تامین و استفاده از بذرهای گندم مقاوم به گرما و مکانیزه کردن کشت، برای سازگاری با تغییراقلیم صورت پذیرد.

طبقه‌بندی JEL: C23, C53, C87, Q57

واژه‌های کلیدی: گندم‌دیم، تغییرات‌اقلیم، ریسک، جاست و پاپ، استان فارس

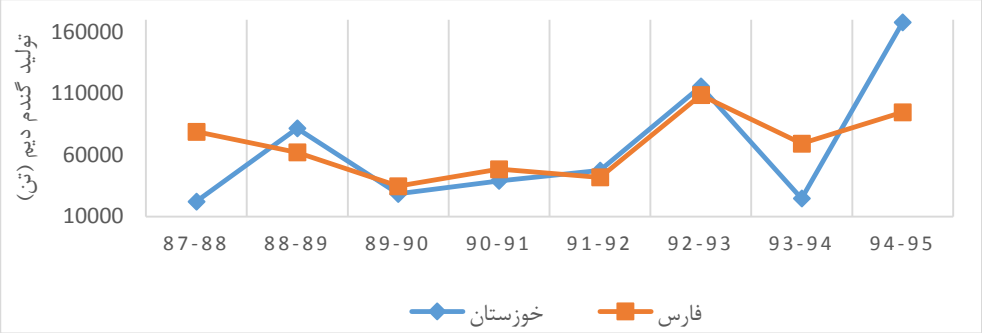
[۱] به ترتیب؛ دانش‌آموخته، استادیار (نویسنده مسئول) و دانشیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
Email: shamosavi@modares.ac.ir

مقدمه

گندم از لحاظ ارزش غذایی، ایجاد اشتغال و امنیت غذایی محصولی راهبردی (استراتژیک) است. همچنین سه چهارم از کل اراضی زراعی جهان زیر کشت دیم است و نزدیک به ۷۰ درصد از کل مواد غذایی را تولید می کند (محمود و همکاران، ۲۰۱۹). در این میان کشت گندم بیش از ۵۰ درصد از سطح زیرکشت کل غلات ایران را به خود اختصاص داده‌است (وزارت جهادکشاورزی، ۱۳۹۶). از آنجا که گندم دیم به آبیاری نیاز ندارد و آب مورد نیاز خود را از بارش‌های جوی تامین می‌کند، نسبت به تغییرپذیری عامل‌های اقلیمی حساس‌تر است (محمود و همکاران، ۲۰۱۹). از سوی دیگر کشت گندم دیم تأثیر مثبتی بر عوامل مرتبط با انرژی به ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک مانند ایران دارد (قربانی و همکاران، ۲۰۱۱). لذا، کشاورزان گرایش به کاشت این محصول دارند.

در حال حاضر استان فارس دومین استان از لحاظ تولید گندم در ایران است، طوری‌که، در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ سطح زیرکشت گندم آبی ۲۴۸ هزار هکتار با عملکرد ۴۳۵۰/۳۰ و سطح زیرکشت گندم دیم ۹۵ هزار هکتار با عملکردی حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم در واحد سطح بوده‌است (وزارت جهادکشاورزی، ۱۳۹۶). نکته‌ی با اهمیت آنکه حدود ۲۰۰۰ نفر از کل گندم‌کاران استان فارس مشغول به کشت دیم هستند و این شمار ۲۵ درصد بهربرداران گندم را شامل می‌شود. نگاهی بر روند میزان تولید گندم دیم در این استان نشان از نوسان سطح تولید گندم در فارس در بازه‌ی ۸ ساله دارد (نمودار ۱). این استان با وجود قابلیت و ظرفیت بالای تولید گندم در ایران به دلیل نوسان‌های سالیانه (تولید) دارای تغییرهایی در جایگاه تولید گندم بوده‌است. این تغییرها درعمل روندی در برای کاهش تولید گندم داشته است. این مسئله می‌تواند منجر به وابستگی بیشتر به واردات و در نهایت بیکاری جمعیت بالای کشاورزان خرده مالک استان شود (فتحی و همکاران، ۱۳۹۳).

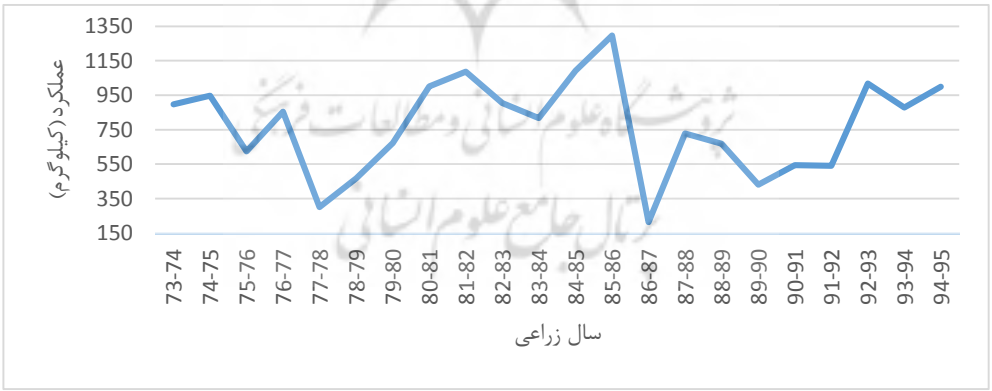
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۱. مقایسه تولید گندم دیم در دو استان فارس و خوزستان بین سال‌های زراعی ۹۵-۸۷ (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶)

Graph 1. Comparison of Rain-fed Wheat Production in Fars and Khuzestan Provinces in 2008-2016 (Ministry of Agriculture, 2017)

بنابر آمارهای منتشر شده‌ی وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۶) بین سال‌های زراعی ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۵ میانگین عملکرد محصول گندم دیم در استان فارس حدود ۷۸۰ کیلوگرم در هکتار بوده‌است (کمینه ۲۱۴ کیلوگرم، بیشینه ۱۲۹۶). همان‌طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، روند تغییرپذیری‌های عملکرد گندم دیم در استان فارس به پیوسته مداوم دچار نوسان بوده‌است. به عبارت دیگر، عامل‌هایی عملکرد محصول گندم را سالانه تحت تاثیر قرار داده‌است. لذا، نوسان در تولید (نمودار ۱) و عملکرد گندم دیم (نمودار ۲) شرایط تولید را برای دیمکاران سخت و دشوار می‌کند. بنابراین، بررسی و پیش‌بینی حساسیت گندم به عنوان یک محصول راهبردی نسبت به تغییرپذیری اقلیم، در جهت تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بهتر، ضرورت دارد.



نمودار ۲. تغییرپذیری‌های عملکرد گندم دیم استان فارس بین سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۷۳ (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶)

Graph 2. Yield Fluctuation of rain-fed wheat in Fars province in 1994-2016 (Ministry of Agriculture, 2017)

شواهد تجربی نشان می‌دهد در کنار عامل‌های غیراقلیمی، تغییر در الگوهای بارندگی و دما، عامل اصلی بروز تغییرهای قابل توجه بر عملکرد گندم دیم در این استان بوده‌است (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین، بارندگی و دما به عنوان دو متغییر اصلی اقلیمی می‌تواند بر عملکرد سالانه گندم دیم به‌ویژه در استان فارس نقش آفرین باشد. نوسان‌های عملکرد تحت تاثیر عامل‌های مختلف در طول یک دوره زمانی مشخص می‌تواند به عنوان ریسک عملکرد محصول معرفی شود (Just & Pope, 1978, 1979). ارزیابی ریسک عملکرد و عامل‌های موثر بر آن در برنامه‌ریزی‌های کاهش فقر، نوسان قیمت محصولات، اشتغال و ناامنی غذایی در میان کشاورزان و شهروندان دارای اهمیت ویژه‌ای است (رول[1] و همکاران، ۲۰۰۶؛ توماس[2] و همکاران، ۲۰۰۸؛ امینی و اسلامیان، ۲۰۱۰؛ ماپونیا[3]، ۲۰۱۲).

تحقیقات مختلفی برای بررسی ریسک عملکرد محصولات کشاورزی انجام شده‌است. اما عمده بررسی‌های پیشین تنها به ارزیابی رابطه متغیرهایی مانند نیروی‌کار (وی و همکاران، ۲۰۱۴؛ کوان[4] و همکاران، ۲۰۱۹؛ رازا و همکاران، ۲۰۱۹)، کود (وی و همکاران، ۲۰۱۴؛ یانگ[5] و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۹)، بذر مصرفی (کوان[6] و همکاران، ۲۰۱۹) با عملکرد و ریسک عملکرد پرداخته‌اند. این بررسی‌ها به طور کلی به تشریح اثر (فزاینده، کاهنده و یا خنثی بودن) متغیرهای یادشده بر عملکرد و ریسک عملکرد محصولات کشاورزی متنوع پرداخته‌اند. به عنوان مثال بیشتر نهاده‌های به‌کار رفته در تولید سبب کاهش ریسک تولید شده‌اند (جنت‌صادقی و همکاران، ۱۳۹۷). شواهدی موجود است مبنی بر نقش مثبت نهاده‌های سم‌های شیمیایی و بذر بر عملکرد محصول‌هایی مانند گندم و جو که سبب کاهش در ریسک تولید این محصولات شده است (همان منبع). نتایج کاباس[7] و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که نهاده‌های زراعی همزمان با متغیرهای اقلیمی سبب افزایش ریسک عملکرد محصول گندم در کانادا شده‌است. در حالی که سطح زیرکشت و فناوری سبب کاهش ریسک عملکرد محصول ذرت و سویا شدند. رول و همکاران (۲۰۰۶) از نتایج بررسی‌ها نشان دادند اگرچه نهاده‌ها تولید را افزایش می‌دهند، اما کود، سطح

[1] Roll
[2] Thomas
[3] Maponya
[4] Quan
[5] Yang
[6] Quan
[7] Cabas

زیرکشت و میزان کاربرد سم‌های شیمیایی نهاده‌هایی ریسک‌افزا هستند. همچنین کازوکا[1] (۲۰۱۳) در نتایج بررسی خود، نیز نهاده کود مصرفی را در تولید محصولات گندم، جو، باقلا و نخودسبز ریسک‌افزا بیان کرد. از سوی دیگر پژوهشگرانی چون (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶؛ کاباس و همکاران، ۲۰۱۰؛ ماپونیا، ۲۰۱۲؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۹؛ سیناروگ[2] و همکاران، ۲۰۱۹؛ کوان[3] و همکاران، ۲۰۱۹) در بررسی‌های خود، عامل‌های اقلیمی شامل دما و بارندگی را بر ریسک عملکرد محصولات کشاورزی عاملی تاثیرگذار ارزیابی کرده‌اند. سیناروگ و همکاران (۲۰۱۹)، در نتایج بررسی خود افزایش دما و کاهش بارندگی را عامل کاهش عملکرد برنج معرفی کردند و نیز ریسک تولید برنج تحت تاثیر این دو متغیر اقلیمی را فزاینده می‌دانند. در مقابل، ژو و همکاران (۲۰۱۹)، دما و بارندگی را عواملی موثر در تولید محصول ذرت عنوان داشتند. ایشان بیان کردند، اگرچه نحوه‌ی اثرگذاری این دو متغیر موجب افزایش عملکرد ذرت در لامبتون کانادا شده‌است، اما در دیگر منطقه‌های کانادا، تاثیر دما، منفی گزارش شده‌است. در مجموع مرور بررسی‌های پیشین گویای از تاثیر ریسک فزاینده متغیرهای کود و نیروی کار (عامل‌های غیراقلیمی) در فرآیند تولید محصولات کشاورزی است. با این حال بسته به نوع محصول و شرایط خاص حاکم بر تحقیق (اعم از کمّیت و کیفیت اطلاعات مورد استفاده برای دستیابی به نتایج) تاثیر نهاده‌های اقلیمی و غیراقلیمی بر عملکرد و ریسک محصولات زراعی، متفاوت گزارش شده‌است.

به نظر می‌رسد، بررسی عامل‌های اثرگذار بر نوسان‌های عملکرد و ریسک گندم دیم (به عنوان محصولی اشتغال‌آفرین و حساس به پدیده‌ی تغییر اقلیم) در استان فارس (به عنوان استانی مهم در تولید گندم ایران) با غفلت روبه‌رو شده‌است. بنابراین، در بررسی تلاش شده‌است، تا اثرگذاری متغیرهای اقلیمی و غیر اقلیمی (در صورت وجود)، بر عملکرد و ریسک عملکرد گندم دیم تعیین و سمت این اثرگذاری‌ها (ریسک کاهنده، فزاینده و یا خنثی بودن) ارزیابی شود. بدین منظور عامل‌های تاثیرگذار بر عملکرد و واریانس عملکرد در یک دسته بندی کلی به دو گروه مولفه‌های اقلیمی (بارندگی و دما) و مولفه‌های غیراقلیمی (بذر، نیروی‌کار، کود، سم و فناوری) تقسیم‌بندی شدند. در ادامه روند تغییرپذیری‌های اقلیمی منطقه در سناریوها و افق‌های مختلف اقلیمی شبیه سازی و ریزمقیاس شد. همچنین تحت هر سناریو عملکرد گندم و ریسک آن شبیه‌سازی و تحلیل شد.

---

[1] Kazoka
[2] Sinnarong
[3] Quan

روش تحقیق

در این بررسی به منظور ارزیابی هدف پژوهش تابع تولید تصادفی جاست و پاپ (۱۹۷۸، ۱۹۷۹) برای برآورد میانگین و واریانس عملکرد گندم دیم استان فارس استفاده شد (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶؛ رول و همکاران، ۲۰۰۶؛ کیم و پانگ، ۲۰۰۹؛ کاباس و همکاران، ۲۰۱۰). این تابع در قالب دو قسمت قابل بررسی است، میانگین شرطی به اضافه جمله واریانس شرطی. جمله اول تابع برای تعیین سطح ستانده و جمله دوم برای بررسی تغییرها در ستانده است. در واقع این رابطه اثرگذاری یک عامل مانند بارندگی (متغیر اقلیمی) را بر میانگین عملکرد محاسبه کند. بنابراین اثرگذاری متغیر مستقل بر میانگین انتظاری ستانده و ریسک شرطی آن قابل محاسبه خواهد بود (جاست و پاپ، ۱۹۷۸، ۱۹۷۹).

شکل عمومی تابع تولید جاست و پاپ به صورت زیر است:

$$Y = f(X.\beta) + \mu = f(X.\beta) + h(X.\alpha)^{0.5}\varepsilon \qquad (۱)$$

که در این تابع Y میزان ستانده یا عملکرد محصول مورد نظر، X بردار متغیرهای توضیحی، $f(X.\beta)$ تابع میانگین عملکرد یا جزء قطعی[1] عملکرد، β بردار فراسنجه‌های برآوردی، μ جزء اخلال با توزیع نرمال و میانگین صفر است. در این رابطه $h(X.\alpha)$ نیز تابع ریسک یا جزء تصادفی[2] عملکرد است. α بردار فراسنجه‌های برآوردشده و ε میزان خطای تصادفی با میانگین صفر و واریانس σ^2 است. در رابطه (۱) فاکتورهای اقلیمی و فنی به عنوان متغیرهای مستقل بر عملکرد انتظاری $E(Y) = f(X.\beta)$ و ریسک آن $h(X.\alpha)\sigma^2 = var(\mu) = var(Y)$ تاثیر گذار خواهند بود (جاست و پاپ، ۱۹۷۸، ۱۹۷۹).

تابع تولید تصادفی یادشده در رابطه (۱) با روش بیشینه درستنمایی[3] (MLE) یا یک روش تخمین سه مرحله‌ای مانند کمینه مربعات تعمیم یافته[4] (FGLS) قابل تخمین خواهد بود. روش تخمین سه مرحله‌ای FGLS مبتنی بر فرض توزیع یکنواخت اجزاء اخلال است. بر مبنای تحقیقات صورت گرفته برای برآورد تابع تصادفی جاست و پاپ در نمونه‌های کوچک از روش MLE استفاده می‌شود زیرا این رهیافت نسبت به روش FGLS کاراتر و بهینه‌تر است (ساها[5] و همکاران، ۱۹۹۷؛ چن و همکاران، ۲۰۰۱؛ رول و همکاران، ۲۰۰۶؛ ایسیک و دیوادوس، ۲۰۰۶؛ کیم و پانگ، ۲۰۰۹؛

---

[1] Deterministic component of production
[2] Stochastic component of output
[3] Maximum likelihood Estimate (MLE)
[4] Feasible Generalized Least Squares (FGLS)
[5] Saha

کاباس و همکاران، ۲۰۱۰). اما در بیشتر بررسی‌های تجربی به دلیل بزرگ بودن حجم نمونه از روش FGLS استفاده شده‌است. لذا در این بررسی به دلیل بزرگ بودن حجم نمونه از روش سه مرحله جاج[1] و همکاران (۱۹۸۲) استفاده شد. در نخستین مرحله متغیر Y به شکل تابعی $f(X.\beta)$ با روش کمینه مربعات معمولی[2] برآورد شد. در این مرحله $\hat{\mu} = Y - f(X.\beta)$ یک برآوردکننده ثابت از μ ولی همچنین σ^2 غیرقابل مشاهده است. به عبارت دیگر شکل تابع به شکل عمومی معادله (۱) به صورت معمولی برآورد شد. پس از برآورد تابع، آزمون واریانس ناهمسانی برای کشف وجود ریسک تولید انجام شد. وجود واریانس ناهمسانی (جزء تصادفی) دلیلی برای وجود ریسک در تابع تولید است. در مرحله دوم برای برآورد تاثیر متغیر توضیحی بر واریانس تولید (α) از مربعات باقی‌مانده‌ها در مرحله اول استفاده شد. در مرحله دوم $\hat{\mu}^2$ بر میزان تقریبی انتظاری آن یعنی $h(X.\alpha)$ برازش شد. درسومین و آخرین مرحله، خطای پیش‌بینی‌شده از مرحله دوم ($\hat{Y}$) به عنوان وزن برای تولید برآوردهای FGLS برای معادله عملکرد استفاده شد. لذا نتایج، برآوردی برای برآوردگر β در مرحله نهایی، سازگار و مناسب خواهند بود (جاست و پاپ ۱۹۷۸). داده‌های مورد استفاده در این بررسی شامل عملکرد محصول و نهاده‌های نیروی‌کار، بذر، کود و میزان سم‌های مصرف شده در دوره تولید طی ۲۲ سال زراعی (۱۳۷۳-۱۳۹۵) در سطح شش شهرستان اقلید، آباده، شیراز، مرودشت، لار و لامرد، برمبنای آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۶) بوده‌است. همچنین اطلاعات مربوط به میزان بارندگی و دما در دوره رشد گیاه بر مبنای داده‌های موجود در سازمان هواشناسی استان فارس گردآوری شد. شش شهرستان نام‌برده، بر مبنای تنوع اقلیمی و اهمیت گندم تولیدی به عنوان نمایندگان استان فارس انتخاب شدند. دوره رشد گیاه گندم دیم در منطقه‌های منتخب با آغاز مهر ماه آغاز و تا پایان تیر ماه که محصول برداشت می‌شود، در نظر گرفته شد. از آنجا که آمار، مربوط به شش شهرستان استان فارس و در طول زمان ۲۲ سال زراعی است؛ مدل به صورت ترکیبی برآورد شد. داده‌های ترکیبی به دلیل ترکیب داده‌های مقطعی و زمانی امکان محاسبه‌ی دقیق‌تر بارندگی و دما (به عنوان مولفه‌های اقلیمی محاسبه‌شده در مدل) را فراهم می‌سازد (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶؛ لوبل و بورک[3]، ۲۰۱۰).

[1] Judge
[2] Ordinary Least Square
[3] Lobell & Burke

پس از برآورد تابع‌های میانگین و واریانس عملکرد گندم دیم به پیش‌بینی تغییرات دما و بارش منطقه‌ی مورد بررسی در چهار دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۳۱-۲۰۵۰، ۲۰۵۱-۲۰۷۰ و ۲۰۷۱-۲۰۹۰ پرداخته شد. در این بررسی با استفاده از مدل LARS_WG در غالب سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 تحت مدل GFDL – CM3 به عنوان بهترین و سازگارترین مدل اقلیمی، به پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی پرداخته‌شد. در سناریو RCP 8.5 فرض بر این است که به‌رغم افزایش کربن-دی‌اکسید، برای کنترل آن دخالتی نخواهد شد. در سناریو RCP 4.5 هرچند کربن‌دی‌اکسید افزایش می‌یابد اما دخالت و مهار انسان مانع از افزایش بی‌رویه‌ی آن در جو می‌شود. مدل LARS_WG در سه مرحله به تولید داده می‌پردازد. درآغاز یک سناریو حالت پایه برای دوره‌ی ۱۹۹۵-۲۰۱۶ (برابر با طول داده‌های موجود یا همان ۱۳۷۳-۱۳۹۵) برای اطمینان از درستی مدل واسنجی شد. بدین منظور میانگین و انحراف معیار خروجی‌های مدل شامل تابش، بارندگی، دمای کمینه و دمای بیشینه، با داده‌های مشاهده‌ای در دوره‌ی پایه مقایسه شد. نتایج آزمون‌های t و F، همچنین میزان P-value مربوط به هر آماره، درستی مدل را تایید کردند. پس از آن اقدام به شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در دوره‌های نام‌برده شد.

نتایج و بحث

چنانچه پیشتر نیز بیان شد در این بررسی از دو گروه متغیر مستقل بهره گرفته‌شد. گروه اول متغیرهای غیراقلیمی شامل نیروی‌کار، بذر، کود و میزان سم‌های مصرف‌شده در دوره تولید است. جدول ۱ همه‌ی متغیرهای به کارگرفته شده در تحلیل را به همراه نشانه اختصاری آن ارائه کرده‌است. همچنین گروه دوم متغیرهای مستقل مربوط به عامل‌های اقلیمی مانند میزان بارش و میانگین دما در دوره رشد گیاه است. تغییر میانگین دما از مینگین سالانه (انحراف استاندارد از میانگین دمای ماهانه) و نیز تغییر میانگین بارندگی از میانگین سالانه (انحراف استاندارد بارش‌های ماهانه) به عنوان دو متغیر توضیحی دیگر برای پوشش اثراگذاری رویدادهای شدید اقلیمی بر عملکرد و واریانس عملکرد در مدل لحاظ شدند (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶؛ کاباس و همکاران، ۲۰۱۰).

جدول(۱) معرفی متغیرهای وابسته و توضیحی

Table 1- Dependents and independents components in article

متغیرها variables	علامت اختصاری Abbreviation
عملکرد (کیلوگرم در هکتار) (Yield)	Y
کود (شامل مجموع کود شیمیایی و حیوانی به صورت کیلوگرم در هکتار) (Fertilizers)	F
بذر (کیلوگرم در هکتار) (Seed)	S
نیروکار (نفر در هر هکتار) (Labor)	L
سم‌های شیمیایی (کیلوگرم در هکتار) (Pesticides)	P
بارندگی (میلی متر) ((Rainfall ratio (precipitation))	R
میانگین دما (درجه سلسیوس) (Temperature)	T
برهمکنش بارندگی و دما (Interaction of temperature and precipitation)	TR
انحراف استاندارد از بارش (Standard deviation of precipitation)	RCV
انحراف استاندارد از دما (Standard deviation of temperature)	TCV
اثرگذاری فناوری (Technology's impact)	$Time\ Trend$

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Ministry of Agriculture

بنابراین، اثرگذاری متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی برعملکرد و ریسک محصول گندم قابلیت سنجش و محاسبه پیدا کردند.

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای وابسته و توضیحی به شرح جدول شماره ۲ بیان شده‌است. مشاهده می‌شود که میزان میانگین عملکرد دیمکاران منطقه ۷۷۹/۲۴ کیلوگرم در هکتار با انحراف از معیار ۳۵۰/۸۶ می‌باشد. کمینه میزان عملکرد منطقه ۱۳۵/۸۸ کیلوگرم و بیشینه حدود ۲۰۰۶/۵ کیلوگرم در هکتار است. نهاده کود نیز با میزان کمینه ۴۸/۹۲ و بیشینه ۱۸۶/۹۸ کیلوگرم، به طور مینگین ۹۷/۵۶ در هکتار توسط کشاورزان استفاده می‌شود. همچنین انحراف از معیار این متغیر ۴۴/۶۳ است که به‌نسبت عدد بزرگی است. این موضوع گویای تنوع در میزان کابرد کودهای شیمیایی مختلف توسط کشاورزان است. شاخص نیروی کار نیز با میزان تقریبی بیشینه، ۲۸ نفر و میانگین ۱۵ نفر در هکتار نشان از کاربر بودن این کشت در منطقه دارد. این موضوع بیانگر کوچکی و سنتی بودن واحدهای کشت است.

جدول (۲) آماره‌های بارندگی و دما را به عنوان متغیرهای اقلیمی توصیف می‌کند. بارندگی با کمینه ۱۹ و بیشینه ۷۵۵/۸ میلی‌متر دارای میانگینی معادل با ۲۵۶/۶۷ میلی‌متر در منطقه مورد بررسی است. شاخص انحراف معیار بارندگی برابر با ۱۶۱/۲۲ است، که بزرگ بودن این شاخص

به نوعی بیانگر پراکندگی بارش در منطقه است. میانگین دما با کمینه ۸/۸ و بیشینه ۲۳/۸۳ درجه سانتی‌گراد به‌طور میانگین ۱۴/۵ است.

جدول(۲) آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد استفاده در مدل

Table 2- Descriptive statistics of variables used in the model

انحراف از میانگین Standard Deviation	میانگین Mean	بیشینه Max	کمینه Min	متغیر variable
350.86	779.24	2006.49	135.88	Y
44.63	97.56	186.98	48.92	F
17.99	133.84	161.6	94.64	S
5.7	14.74	28.38	6.5	L
0.16	0.26	0.61	0.03	P
161.22	256.67	755.8	19.1	R
4.2	14.5	23.83	8.8	T
20.21	33.48	94.81	2.82	RCV
0.55	8.4	9.73	6.94	TCV

Source: Research findings منبع: یافته‌های تحقیق

لازم به یادآوری است که متغیرهای دما و بارندگی برای ماه‌های دوره‌ی رشد گیاه اندازه‌گیری شده‌اند، اما متغیرهای انحراف استاندارد از بارش و دما برای کل سال زراعی محاسبه شده‌است. میزان میانگین این دو متغیر نیز به ترتیب برابر با ۳۳/۴۸ و ۸/۴ است.

داده‌های مورد بررسی در این بررسی به وسیله‌ی چند شکل تابعی برآورد و تجزیه و تحلیل شدند. از بین مدل‌های مورد نظر تابع کاب‌داگلاس بهترین برازش را از میانگین و واریانس عملکرد ارائه نمود. بدین منظور درآغاز ایستایی متغیرهای مدل بررسی شد. همچنین برای انتخاب الگوی مناسب داده‌های ترکیبی، از آزمون‌های تشخیصی چاو و هاسمن بهره گرفته‌شد. نتایج به‌دست-آمده از هر دو آزمون بر انتخاب اثرهای ثابت به عنوان بهترین الگو تأکید داشتند. نتایج به‌دست-آمده از آزمون ایستایی برینگتون و مایر (BM)، ایم و همکاران (IPS) و فیشر به شرح جدول (۳) و انتخاب بهترین مدل در جدول (۴) قابل مشاهده است.

جدول (۳) نتایج آزمون ایستایی

Table 3- Result of static test

فیشر Fisher Chi-square	ایم، پسران و شین Im, Pesaran and Shin W-stat	برینگتون Breitung t-stat	متغیر Variable
(39.4)***	(-4.32)***	(-3.42)***	Y
(58.63)***	(-6.58)***	(-9.58)***	F
(36.74)***	(-4.04)***	(-5.84)***	S
(49.75)***	(-5.57)***	(-7.03)***	L
(57.79)***	(-6.48)***	(-9.22)***	P
(35.09)***	(-3.81)***	(-3.99)***	T

ادامه جدول (۳) نتایج آزمون ایستایی

Table 3- Result of static test

فیشر Fisher Chi-square	ایم، پسران و شین Im, Pesaran and Shin W-stat	برینگتون Breitung t-stat	متغیر Variable
(29.19)***	(-3.09)***	(-4.8)***	R
(28.97)***	(-3.05)***	(-2.73)***	TCV
(29.82)***	(-3.11)***	(-5.43)***	RCV

*** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۵ درصد و * معنی‌داری در سطح ۱۰ را نشان می‌دهد.

***significant at level 0.01, **significant at level 0.05, *significant at level 0.1.

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

جدول (۴) نتایج آزمون‌های انتخاب مدل برای کشت دیم

Table 4- The best model test

آزمون Test	آماره Statistics	سطح معنی‌داری Probabilities	الگوی مناسب Selected Model
چاو Chow	$F_{(5,117)} = 4.42$	0.00	پذیرش الگوی اثرات ثابت Accept Fixed Effects Model
هاسمن Hausman	$\chi^2_{(9)} = 16.29$	0.05	پذیرش الگوی اثرات ثابت Accept Fixed Effects Model

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

در نهایت نتایج به‌دست‌آمده از تخمین توابع میانگین و واریانس عملکرد گندم دیم به شرح جدول (۵) ارائه شد.

جدول (۵) میانگین و ریسک عملکرد گندم دیم تحت تاثیر متغیرهای اقلیمی و غیراقلیمی

Table 5- Mean and risk of rain-fed wheat yield affected by climatic and non-climatic variables

تابع ریسک **risk**		تابع عملکرد **Mean**		
آماره t t-statistic	ضریب coefficient	آماره t t-statistic	ضریب coefficient	متغیر variables
2.41	(67.34)**	1.99	(0.21)**	C
0.36	-0.26	4.55	(0.32)***	F
2.22	(4.97)**	-2.85	(-1.55)**	S
1.31	0.77	-4.71	(-0.47)**	L
0.01	0.3	-3.63	(0.15)**	P
-3.48	(-25.49)***	5.63	(3.23)***	T
-3.55	(-12.56)***	5.75	(1.61)***	R
3.24	(3.96)**	-2.47	(-0.71)***	$T \times R$
-2.47	(-9.9)***	-1.21	1.5	TCV
1.3	1.2	-.06	(-0.35)**	RCV
-0.19	-0.01	4.93	(0.01)**	$Time\ trend$
	0.07		0.46	$Adjust\ R^2$
1.74	0.05	299.03	0.00	$F_statistic$
2.03		1.83		Durbin-Watson stat

*** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۵ درصد و * معنی‌داری در سطح ۱۰ را نشان می‌دهد.

***significant at level 0.01, **significant at level 0.05, *significant at level 0.1.

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

برابر با یافته‌های برآوردی در جدول (۵) میزان R^2 تعمیم یافته در تابع عملکرد حدود ۴۶ درصد است. بنابراین متغیرهای توضیحی منظورشده تا ۴۶ درصد تغییرپذیری‌های متغیر وابسته را پیش‌بینی می‌کنند. در برخی بررسی‌ها میزان آماره‌ی R^2 تعمیم‌یافته برای برآورد ریسک کمتر از ۰/۱ پیش‌بینی شده‌است و یا به دلیل پایین بودن این آماره گزارش نشده‌است (رول و همکاران، ۲۰۰۶؛ کاباس و همکاران، ۲۰۱۰). اما میزان R^2 تعمیم‌یافته در این بررسی تا ۷ درصد پیش‌بینی شده‌است.

همان‌طور که جدول (۵) نشان می‌دهد که تابع عملکرد و ریسک گندم در منطقه‌ی مورد بررسی هر دو دارای جزء عرض از مبدأ هستند. چرا که متغیر ضریب ثابت در هر دو تابع معنی‌دار شده‌است. هر چند وجود عرض از مبدا تعبیر اقتصادی خاصی ندارد، اما مبین اثرگذاری‌های متوسط و غیرتصادفی عامل‌های لحاظ نشده در مدل بر تابع‌هاست زیرا اثر تصادفی در جزء اخلال بازتاب می‌یابند.

میزان کود مصرفی در هکتار اثری مثبت بر عملکرد گندم دیم دارد. براین مبنا یک درصد افزایش استفاده از این نهاده، عملکرد گندم دیم منطقه را تا ۰/۳۲ درصد افزایش خواهد داد. با این حال دیگر نهاده‌های غیراقلیمی مانند متغیرهای بذر مصرفی و نیروی‌کار تاثیری کاهشی بر عملکرد گندم دیم داشته‌اند. این موضوع به نوعی بیان‌کننده‌ی مصرف این دو نهاده در ناحیه‌ی سوم تولید و همچنین استفاده‌ی نامناسب از بذر و نیروی‌کار غیرماهر و ناکارآمد است. از سوی دیگر بر مبنای مستندهای جدول (۲) شمار میانگین ۱۵ نفر-روزکار گویای کشت سنتی و کاربر بوده، لذا اثر منفی نیروی کار بر عملکرد توجیه‌پذیر است (جی و همکاران، ۲۰۱۸). اثر منفی بذر بر عملکرد دور از انتظار نبود چرا که بر مبنای بررسی‌های پیشین و اطلاعات میدانی و نظر کارشناسان مرتبط در استان فارس، میزان منطقی مصرف بذر برای کشت گندم دیم، در هر هکتار ۱۰۰ کیلوگرم قابل توصیه است. جدول (۲) نشان داد که بذر مصرفی کشاورزان منطقه به میزان ۱۳۴ کیلوگرم در هر هکتار و بیش از بهینه‌ی قابل توصیه‌ی کارشناسان است. مرور بررسی‌های پیشین نشان داد که مصرف زیاد بذر منجر به رقابت بین بوته‌ها برای پنجه‌زنی شده و در نهایت عملکرد کاهش خواهد یافت (فتحی و همکاران، ۱۳۹۳). این یافته در مورد گندم دیم استان فارس نیز تایید شد. از آنجا که، برای مبارزه با آفات و بیماری‌ها می‌بایست با توجه به آستانه‌ی اقتصادی، سمپاشی صورت پذیرد، اثر مثبت سم‌های شیمیایی بر عملکرد نشان از توجه دیمکاران منطقه به این موضوع است.

جدول (۵) نشان می‌دهد، که دیگر متغیرهای غیراقلیمی به لحاظ آماری ارتباط معنی‌داری با ریسک عملکرد ندارند. این مسئله بدین معنی است که متغیرهایی مانند کود، نیروی‌کار و سم‌های شیمیایی نتوانسته‌اند تغییرپذیری‌های ریسک عملکرد محصول گندم دیم منطقه را پیش‌بینی کنند، این موضوع می‌تواند گویای از کاربرد بسیار کم نهاده‌های نام برده توسط کشاورزان در کشت دیم باشد.

میزان بذر مصرفی در شرایط کنونی کاهنده‌ی عملکرد و فزاینده‌ی ریسک است. این مطلب با تحلیل پیشین در مورد استفاده‌ی بیش از حد آن توسط کشاورزان توجیه‌پذیر است. متغیر دما اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد گندم دیم دارد. بنابراین افزایش یک درصد میانگین دما، سبب افزایش ۳/۲۳ درصدی عملکرد محصول منطقه می‌شود. معنی‌داری این ضریب به نوعی بیان-کننده‌ی تنوع دمایی منطقه است که توانسته عملکرد گندم دیم را به شدت تحت تاثیر خود قرار دهد. نتایج بررسی‌های چن و همکاران (۲۰۰۱)، ایسیک و دیوادوس (۲۰۰۶) و همچنین کاباس و همکاران (۲۰۱۰) تایید کردند که اثر متغیرهای اقلیمی (دما) بر عملکرد گندم در مقایسه با دیگر متغیرهای مورد بررسی ضریب بزرگتری داشت. همچنین علی‌پور (۱۳۹۸) در نتایج بررسی-های خود ضریب اثر دما بر عملکرد محصولات زراعی ایران را به طور همسان برابر با ۳/۲ به‌دست آورد. بارندگی نیز رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد گندم دیم منطقه دارد و با افزایش یک درصد بارندگی، عملکرد محصول منطقه بیش از یک درصد افزایش می‌یابد. بنابراین بارندگی به عنوان نهاده‌ای اقلیمی عاملی برای افزایش عملکرد گندم دیم منطقه است. متغیرهای میانگین دما و میزان بارندگی به‌طور هم‌جهت تابع ریسک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. این دو متغیر سبب کاهش ریسک عملکرد می‌شوند. از آنجا که تاثیر این دو متغیر اقلیمی، تاثیری فزاینده بر عملکرد داشتند، ریسک کاهنده بودن تاثیر آنها بر ریسک نیز توجیه‌پذیر است.

متغیر انحراف استاندارد دما از میانگین (TCV) رابطه مثبت و غیر معنی‌داری با عملکرد گندم دیم در این ارزیابی دارد. این متغیر همچنین رابطه‌ی منفی و معنی‌داری با ریسک عملکرد دارد و عامل کاهش ریسک است. بنابراین متغیر انحراف استاندارد از دما همسوی با انتظار، توانسته است ریسک عملکرد گندم دیم را تحت تاثیر خود کاهش دهد. نتایج این بررسی با بررسی‌های کاباس و همکاران (۲۰۱۰) همراستاست اما نتایج بررسی شهرکی و همکاران (۱۳۹۶) را که بیان می‌کنند این متغیر ریسک‌فزاینده است را تأیید نمی‌کند.

متغیر انحراف استاندارد بارندگی از میانگین (RCV) رابطه منفی و معنی‌داری با عملکرد گندم دیم دارد و سبب کاهش عملکرد شده‌است. هر چند متغیر انحراف استاندارد از بارش به لحاظ آماری معنی دار نشده‌است، به عنوان متغیری ریسک‌فزاینده در مدل متجلی شده‌است. این یافته، یافته‌های پیشین شهرکی و همکاران (۱۳۹۶) را تأیید می‌کند.

تاثیر همزمان متغیرهایی چون بارندگی و دما را بر عملکرد و ریسک نیز در جدول قابل مشاهده است. تاثیر توأم بارندگی و میانگین دما رابطه‌ای منفی با عملکرد گندم دیم منطقه داشته‌اند. این متغیر تا ۰/۷ درصد عملکرد گندم را کاهش می‌دهد. تاثیر همزمان بارندگی و دما می‌تواند به دلیل ایجاد رطوبت بالا که عاملی برای طغیان آفات و بیماری‌هاست، سبب کاهش عملکرد شود (همت و اسکندری، ۲۰۰۵؛ زرافشانی و همکاران ۲۰۱۲). همچنین دو سنجه‌ی اقلیمی بارندگی و دما به صورت همزمان نهاده‌ای ریسک‌فزاینده در جریان تولید گندم دیم است.

آخرین متغیر مورد بررسی، روند زمانی به عنوان جانشینی از تغییر در فناوری‌هاست که رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با عملکرد دارد. اگرچه این متغیر به لحاظ آماری در تابع ریسک معنی‌دار نیست، اما در گروه کاهندگان ریسک جای خواهد گرفت.

در مرحله‌ی بعد، فراسنجه‌های اقلیمی منطقه‌ی مورد بررسی شامل دمای کمینه و بیشینه، تابش و بارندگی با استفاده از مدل LARS_WG پیش‌بینی شدند. این شبیه‌سازی در قالب دو سناریو RCP 4.5 و RCP 8.5 تحت مدل $GFDL-CM3$ در چهار دوره برابر با جدول (۶) انجام شد. آنگاه درصد تغییرپذیری‌های دو متغیر بارندگی و دما (میانگین دمای کمینه و بیشینه) نسبت به سال ۲۰۱۶ میلادی محاسبه شد.

جدول (۶) پیش‌بینی میزان تغییرپذیری‌های بارش و دمای میانگین در استان فارس

Table 6- Precipitation and temperature changes forecasting in Fars province

مدل Model	GFDL-CM3			
سناریو scenario	RCP 8.5		RCP 4.5	
	بارندگی precipitation	دما temperature	بارندگی precipitation	دما temperature
2011-30	-12.03	0.73	-1.3	0.72
2031-50	-18.58	1.97	0.98	1.53
2051-70	-15.38	2.96	-16.92	2.33
2071-90	-37.02	4.66	-18.28	2.83

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

نتایج به‌دست آمده ناظر بر این واقعیت است که، تحت مدل گردش عمومی جو GFDL-CM3، بارندگی در طول دوره‌های مورد پیش‌بینی کاهش خواهد یافت. همچنین بیشترین میزان تغییرپذیری‌های این متغیر (بارندگی) در دوره‌ی ۲۰۹۰-۲۰۷۱ پیش‌بینی شده‌است. از سوی دیگر دمای میانگین طی این سال‌ها افزایش می‌یابد و به‌احتمال تا ۴/۵ درجه سلسیوس تا سال ۲۰۹۰ افزایش خواهد یافت. در آخرین مرحله از این بررسی، به منظور دستیابی به هدف‌های تحقیق، حساسیت تابع عملکرد و ریسک تحت تغییر دو مولفه‌ی اقلیمی (دما و بارندگی) در افق‌های آتی نسبت به سال ۲۰۱۶ میلادی به عنوان سال پایه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی در جدول (۷) قابل مشاهده است.

جدول(۷) پیش‌بینی عملکرد و ریسک تولید گندم دیم تحت تاثیر متغیرهای اقلیمی

Table 7- The prediction of rain-fed wheat yield and risk influenced by climatic variables

سناریو (scenario)	RCP 8.5		RCP 4.5	
	عملکرد yield	ریسک risk	عملکرد yield	ریسک risk
2011-30	772.24	0.0006	835.28	0.0022
2031-50	941.56	0.001	1005.88	0.0006
2051-70	1162.32	0.0001	1022.64	0.0004
2071-90	1304.8	0.0	1110.69	0.0002

منبع: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

همان‌گونه که در جدول (۷) ملاحظه می‌شود، عملکرد گندم دیم تحت هر دو الگو و سناریو، تا افق ۲۰۹۰-۲۰۷۱ روندی افزایشی را طی می‌کند. همچنین ریسک عملکرد گندم روندی کاهشی دارد. لازم به یادآوری است که میزان عملکرد گندم دیم حدود ۷۷۰ کیلوگرم در هکتار و ریسک عملکرد ۰/۰۳ محاسبه شد. بنابر نتایج به‌دست‌آمده این‌گونه برداشت می‌شود که نوسان‌های فراسنجه‌های اقلیمی (دما و بارندگی) نه‌تنها توانسته است ریسک تولید گندم دیم منطقه‌ی مورد بررسی را کاهش دهد، بلکه به سود افزایش عملکرد محصول تغییرکرده‌است. اثرگذاری مثبت بارندگی و دما در جدول (۵) که به تحلیل و تشریح عملکرد و ریسک گندم دیم اشاره داشت، پیش‌بینی این نتیجه را منطقی جلوه می‌دهد. اما نکته‌ی جالب توجه آن است که بارندگی در جدول (۶) تحت مدل GFDL-CM3 و همچنین سناریوهای RCP 8.5 و RCP 4.5 روندی کاهشی را طی می‌کند به‌طوری‌که تا دوره‌ی ۲۰۹۰-۲۰۷۱ این مولفه‌ی اقلیمی تا حدود ۳۷ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین انتظار آن می‌رفت که عملکرد کاهش و ریسک آن افزایش یابد. با

نگاهی دوباره به جدول (۵) نتیجه‌ی به‌دست‌آمده توجیه‌پذیر می‌شود. چراکه در این جدول ضریب شاخص دما بسیار بزرگتر از ضریب متغیر بارندگی است. بنابراین شدت تاثیر آن بر عملکرد و ریسک نیز بزرگتر و موثرتر است. لذا نیاز است تا واکنش عملکرد و ریسک تولید محصول منطقه در نتیجه تغییرپذیری متغیرهای اقلیمی به‌صورت جدا مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. بر این مبنا تأثیر پدیده‌ی تغییر اقلیم بر عملکرد گندم دیم، تحت تغییرپذیری‌های دو مولفه‌ی بارندگی و دما به عنوان فراسنجه‌های اقلیمی تحت بررسی در این ارزیابی به شرح جدول (۸) ارائه شد.

همان‌طور که در جدول (۸) قابل مشاهده است روند تغییرپذیری‌های عملکرد گندم دیم تحت تاثیر بارندگی تا افق ۲۰۹۰-۲۰۷۱ روندی کاهشی را طی کرده‌است. در این میان، عملکرد تحت مدل GFDL-CM3 و سناریوهای RCP 8.5 و RCP 4.5 در دوره‌های ۲۰۵۰-۲۰۳۱ تا ۲۰۷۰-۲۰۵۱ افزایش یافته‌است. ریسک تولید نیز تنها متاثر از بارندگی در دوره‌ی یادشده افزایش یافته‌است.

جدول (۸) پیش‌بینی حساسیت عملکرد و ریسک در نتیجه‌ی تغییرپذیری‌های بارندگی و دما

Table 8- The prediction of yield and risk sensitivity relying on precipitation and temperature changes

متغیر variable	بارندگی precipitation				دما temperature			
سناریو scenario	RCP 8.5		RCP 4.5		RCP 8.5		RCP 4.5	
	عملکرد yield	ریسک risk	عملکرد yield	ریسک risk	عملکرد yield	ریسک risk	عملکرد yield	ریسک risk
2011-30	662.81	0.02	719.88	0.01	892.34	0.003	892.34	0.004
2031-50	628.16	0.02	731.87	0.009	1148	0.0005	1052.63	0.001
2051-70	646.59	0.02	638.63	0.02	1388.19	0.0001	1231.5	0.0003
2071-90	536.93	0.05	630.76	0.02	1861.23	0.00002	1348.64	0.0002

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول (۸) شاهدی بر افزایش عملکرد گندم دیم تحت تاثیر تغییرپذیری دمای پیش‌بینی شده در منطقه، در هر دو الگو و سناریوهای مورد ارزیابی، تا افق ۲۰۹۰-۲۰۷۱ است. همچنین ریسک عملکرد گندم روندی کاهشی دارد. بنابراین با افزایش دما، سطح کربن دی‌اکسید در خاک منطقه افزایش یافته و موجب بهبود عملکرد محصولات مورد نظر می‌شود (وی و همکاران، ۲۰۱۴). این مسئله شرایطی را فراهم می‌آورد تا میانگین دما توانمندی لازم برای جبران زیان ناشی از کاهش بارندگی را داشته‌باشد، اگرچه شواهد گویای آن است که تغییرپذیری‌های اقلیمی مانعی هستند

تا عملکرد گندم منطقه‌ی مورد بررسی به بیشینه پتانسیل خود برسد، اما افزایش دما تا حد ممکن اقلیم را به سود افزایش عملکرد و کاهش ریسک تغییر داده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این بررسی نشان داد که میانگین و ریسک عملکرد نه تنها تابعی از عامل‌های غیراقلیمی است بلکه از عامل‌های اقلیمی نیز تاثیر پذیر است. همچنین شدت (اندازه) و جهت (کاهنده، خنثی، فزاینده بودن) اثر همه‌ی متغیرها بر عملکرد و ریسک عملکرد بررسی و تحلیل شد. اگرچه برخی نتایج به‌دست‌آمده با نتایج و بررسی‌های رول و همکاران (۲۰۰۶)، دی‌فالکو و همکاران (۲۰۰۶) و کومباهاکار و تشیوناس (۲۰۱۰) مغایر بود، اما با نتایج بررسی شهرکی و همکاران (۱۳۹۶)، کیم و پانگ (۲۰۰۹) و کاباس و همکاران (۲۰۱۰) همراستا بود.

همان‌طور که پیشتر نیز گفته‌شد، عملکرد و تولید گندم دیم در استان فارس دچار نوسان‌هایی شده‌است، طوری که منجر به از دست رفتن جایگاه تولیدی گندم فارس در مقایسه با استان رقیب (خوزستان) شده‌است. از آنجا که پدیده‌ی تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر موضوع بررسی‌های بسیاری شده‌است، در این بررسی نقش تغییرپذیری‌های اقلیم بر نوسان جایگاه عملکرد گندم استان فارس در ایران، بررسی شد. بر این مبنا با به‌کارگیری رهیافت جاست و پاپ و مدل داده‌های ترکیبی به بررسی اثرگذاری پدیده تغییر اقلیم بر عملکرد و ریسک گندم دیم پرداخته‌شد. آنگاه با پیش‌بینی روند تغییرپذیری‌های دما و بارندگی در آینده، اثر پدیده‌ی تغییر اقلیم بر عملکرد و ریسک محصول یادشده، پیش‌بینی شد.

یافته‌ها همچنین نشان داد که تغییرپذیری دو مولفه‌ی اصلی پدیده‌ی تغییر اقلیمی شامل بارندگی و دما به گونه‌ای بوده که درنهایت بر عملکرد و ریسک گندم دیم تأثیر زیانباری نخواهد داشت. لذا، اگرچه فرض می‌شود عامل‌های اقلیمی عاملی تهدید آمیز باشند (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶؛ بنایان و همکاران، ۲۰۱۰؛ تول[1]، ۲۰۱۰؛ کالزادیلا[2] و همکاران، ۲۰۱۴؛ وی و همکاران، ۲۰۱۴؛ گوهر[3] و کاشمن، ۲۰۱۶؛ هانگ[4] و همکاران، ۲۰۱۸). اما تغییرپذیری‌های این مولفه‌ها در صورتی منجر به زیان می‌شوند که از آستانه آسیب در زیان رسانی به محصول عبور کنند. درحالی که در این بررسی تغییرپذیری‌های اقلیمی، شرایطی را فراهم می‌آورد تا میانگین دما توانمندی لازم

[1] Tol
[2] Calzadilla
[3] Gohar
[4] Huong

برای جبران زیان ناشی از کاهش بارندگی را داشته‌باشد. چراکه با افزایش دما، سطح کربن‌دی-اکسید در خاک منطقه افزایش یافته و موجب بهبود عملکرد محصولات مورد نظر می‌شود (وی و همکاران، ۲۰۱۴). از سوی دیگر بر مبنای یافته‌های حسینی و همکاران (۲۰۱۲) و رازا[1] و همکاران (۲۰۱۹) دمای مناسب رشد گندم را تا ۲۲ درجه سلسیوس تخمین زده‌اند. این مهم در حالی است که تحت بدبینانه‌ترین مدل اقلیمی و سناریو گردش عمومی جو، دما ۴/۶۶ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد و بیشینه‌ی دما تا سال ۲۰۹۰ به ۱۹ درجه سلسیوس می‌رسد (جدول ۶). بنابراین دما بدلیل اینکه از آستانه‌ی تحمل گیاه فراتر نرفته‌است، اثرگذاری‌های مخرب ناشی از کاهش بارندگی را نیز جبران کرده و اقلیم را به سود افزایش عملکرد و کاهش ریسک تغییر داده است.

اما از آنجایی که تغییرپذیری‌های بارندگی نقش منفی بر ریسک دارد ولی روند این متغیر تا دوره‌ی ۲۰۹۰-۲۰۷۱ کاهشی پیش‌بینی شده‌است، به عبارتی کاهش بارندگی طی سال‌های آتی ریسک عملکرد گندم را در استان فارس افزایش می‌دهد. به منظور جلوگیری از این احتمال تاکید بر این می‌شود کشاورزان از رقم‌های مقاوم یا متحمل به خشکی استفاده کنند که تا حد امکان تنش ناشی از کاهش بارندگی به طور بهینه مدیریت شود.

بذر به عنوان دیگر عامل غیراقلیمی نقشی منفی بر عملکرد و فزاینده بر ریسک گندم دیم دارد. بنابراین، استفاده از بذرهای اصلاح شده با کارایی بالا (مقاوم یا متحمل به خشکی و گرما در کنار مقاومت به آفات و بیماری‌ها) می‌تواند سبب افزایش عملکرد و کاهش ریسک شود. استفاده از بذر مناسب همچنین ریسک ناشی از کاربرد سم‌های شیمیایی را نیز کاهش دهد. از سوی دیگر ناآگاهی از زمان دقیق آغاز بارش منجر به از دست دادن نخستین باران پاییزه می‌شود، که این موضوع خود عاملی برای کاهش قوه‌ی نامیه‌ی بذر و در نهایت کاهش عملکرد گندم است. بنابراین، کاشت به‌هنگام و استفاده از رقم‌های مقاوم و متحمل به خشکی می‌تواند در کنار اثر افزایشی دما بر عملکرد گندم، کشاورزان را قادر به مدیریت اثر مولفه‌های اقلیمی بر عملکرد محصول خود کند.

از سوی دیگر ضرورت دارد کشاورزان تولید گندم خود را به سمت مکانیزه شدن و ارتقا سطح فناوری پیش‌برده تا میزان استفاده از نیروی کار را در واحد سطح کاهش دهند و درعمل از ریسک ناشی از نیروی‌کار بالا جلوگیری شود.

---

[1] Raza

شواهد گویای آن است که دست‌کم تا سال ۲۰۹۰ تغییرپذیری‌های اقلیمی نمی‌توانند مانعی برای خودکفایی و سیاست‌های توسعه‌ی کشت گندم در استان فارس باشند. اما از آنجا که همواره در زمینه‌ی تولید گندم شاهد نوسان‌های سالانه هستیم، همچنین این بررسی نشان داد که نوسان در عملکرد و تولید محصول گندم که منجر به از دست دادن جایگاه تولیدی استان فارس در ایران شده‌است، به دلیل تغییرپذیری‌های اقلیمی نمی‌باشد، بنابراین عامل‌هایی مانند فناوری و یا ترویج و آموزش کشاورزی ممکن است بر این مهم موثر باشند. لذا این بررسی تاکید دارد تا نقش عامل‌های یادشده نیز بر عملکرد گندم دیم استان فارس بررسی و ارزیابی شوند.

منبع‌ها

Alipour, A. (2019) Evaluating the Effectiveness of Support Policies on Stabiliti of Wheat Production in Iran. Ph.D., Agricultural Economics, Tarbiat Modarres University. (In Farsi)

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

Bannayan, M., Lotfabadi, S. S., Sanjani, S., Mohamadian, A., & Aghaalikhani, M. (2011) Effects of precipitation and temperature on crop production variability in northeast Iran. *International journal of Biometeorology*, *55*(3): 387-401.

Cabas, J., Weersink, A., & Olale, E. (2010) Crop yield response to economic, site and climatic variables. *Climatic change*, 101(3): 599-616.

Calzadilla, A., Zhu, T., Rehdanz, K., Tol, R. S., & Ringler, C. (2014) Climate change and agriculture: Impacts and adaptation options in South Africa. *Water Resources and Economics*, (5): 24-48.

Chen, C. C., & McCarl, B. A. (2001). An investigation of the relationship between pesticide usage and climate change. *Climatic Change*, 50(4): 475-487.

Croissant, Y., & Millo, G. (2018) *Panel Data Econometrics with R*. John Wiley & Sons.

Di Falco, S., Chavas, J. P., & Smale, M. (2007) Farmer management of production risk on degraded lands: the role of wheat variety diversity in the Tigray region, Ethiopia. *Agricultural Economics*, *36*(2): 147-156.

Fars Meterological Bureau (FMB) (2017). Climatic data in Fars province (1994-2016).

Fathi, F., Zareemhahjerdi, M., Honesty, R. and the prophets, p. (2014) Impact of inputs on production volatility and risk management of Rafsanjan Pistachio Crop. *Iranian Pistachio Magazine*, Volume 1, (1): 39-48. (In Farsi)

Ge, D., Long, H., Zhang, Y., & Tu, S. (2018). Analysis of the coupled relationship between grain yields and agricultural labor changes in China. Journal of Geographical Sciences, 28(1), 93-108.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., & Aghel, H. (2011). A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy*, *88*(1), 283-288.
Gohar, A. A., & Cashman, A. (2016) A methodology to assess the impact of climate variability and change on water resources, food security and economic welfare. *Agricultural Systems*, (*147*): 51-64.
Hemmat, A., & Eskandari, I. (2006) Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran. *Soil and Tillage Research*, *86*(1): 99-109.
Hossain, A., da Silva, J. A. T., Lozovskaya, M. V., & Zvolinsky, V. P. (2012) The effect of high temperature stress on the phenology, growth and yield of five wheat (Triticum aestivum L.) Varieties. *Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, *6*(1): 14-23.
Huong, N. T. L., Bo, Y. S., & Fahad, S. (2018) Economic impact of climate change on agriculture using Ricardian approach: A case of northwest Vietnam. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
Isik, M., & Devadoss, S. (2006). An analysis of the impact of climate change on crop yields and yield variability. *Applied Economics*, 38(7): 835-844.
Janatsadeghi, M., Shahnooshifrooshani, N., Daneshvarkakhaki, M., Doorandish, A. & Mohammadi, H. (2018). Investigating the Factors Affecting the Performance of Strategic Agricultural Products (Wheat and Barley) in Khorasan Razavi Province. *Agricultural Economics*, 12 (2): 111-134. (In Farsi)
Judge, G. G., Hill, R. C., Griffiths, W., Lutkepohl, H., & Lee, T. C. (1982) Introduction to the Theory and Practice of Econometrics.
Just, R. E., & Pope, R. D. (1978). Stochastic specification of production functions and economic implications. *Journal of econometrics*, 7(1): 67-86.
Just, R. E., & Pope, R. D. (1979) Production function estimation and related risk considerations. American *Journal of Agricultural Economics*, 61(2): 276-284.
Kazoka, H. M. (2013) *Farmers' adaptations to rainfall related climate variability risks and their implications on food security in the Semi-Arid Sikonge District, Tanzania* (Doctoral dissertation, Sokoine University of Agriculture).
Kim, M. K., & Pang, A. (2009) Climate change impact on rice yield and production risk. *Journal of Rural Development*, 32(2): 17-29.
Kumbhakar, S. C., & Tsionas, E. G. (2010) Estimation of production risk and risk preference function: a nonparametric approach. *Annals of Operations Research*, *176*(1): 369-378.
Lobell, D. B., & Burke, M. B. (2010) On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and forest meteorology*, *150*(11): 1443-1452.
Mahmood, N., Arshad, M., Kächele, H., Ma, H., Ullah, A., & Müller, K. (2019). Wheat yield response to input and socioeconomic factors under changing climate:

Evidence from rainfed environments of Pakistan. *Science of the Total Environment*, *688*, 1275-1285

Maponya, P., & Mpandeli, S. (2012) Climate change and agricultural production in South Africa: Impacts and adaptation options. *Journal of Agricultural Science*, *4*(10): 48.

Ministry of Agriculture Jihad. (2016) Survey of harvested and yield data for 36 years of crop production (1979 to 2015). Deputy of Planning and Economics, Center for Information and Communication Technology, Tehran, Iran.

Quan, S., Li, Y., Song, J., Zhang, T., & Wang, M. (2019). Adaptation to Climate Change and its Impacts on Wheat Yield: Perspective of Farmers in Henan of China. *Sustainability*, *11*(7), 1928.

Raza, M. H., Bakhsh, A., & Kamran, M. (2019). Managing Climate Change for Wheat Production: An Evidence from Southern Punjab, Pakistan. *Journal of Economic Impact*, *1*(2), 48-58.

Roll, K. H., Guttormsen, A. G., & Asche, F. (2006) Modelling production risk in small scale subsistence agriculture. In Contributed Paper Prepared for Presentation at the *International Association of Agricultural Economists Conference*, Gold Coast, 12-18.

Saha, A., Havenner, A., Talpaz, H. (1997). Stochastic production function estimation: small sample properties of ML versus FGLS. *Applied Economics*, 29(4): 459-469.

Shahraki, J., Sabouhi, M. and Yaqubi, M. (2017) The Impacts of Climate Change on Wheat Production: A Stochastic Production Function Approach. *Journal of Natural Environmental Hazards*, Vol.06, (11): 69-84. (In Farsi)

Sinnarong, N., Chen, C. C., McCarl, B., & Tran, B. L. (2019). Estimating the potential effects of climate change on rice production in Thailand. *Paddy and Water Environment*, 1-9.

Tol, R. S. (2010). The economic impact of climate change. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, *11*(Supplement), 13-37.

Thomas, A. D., Hoon, S. R., Linton, P. E. (2008). Carbon Dioxide Fluxes From Cyanobacteria Cruted Soil in The Kalahari. *Applied Soil Ecology*, (39): 254-263.

Wei, T., Cherry, T. L., Glomrød, S., & Zhang, T. (2014) Climate change impacts on crop yield: Evidence from China. *Science of the Total Environment*, (499): 133-140.

Xu, Q., Sarker, R., Fox, G., & McKenney, D. (2019). Effects Of Climatic And Economic Factors On Corn And Soybean Yields In Ontario: A County Level Analysis. International Journal of Food and Agricultural Economics (IJFAEC), 7(1128-2019-560), 1-17.

Yang, Z., Mugera, A., & Zhang, F. (2016). Investigating yield variability and inefficiency in rice production: A case study in Central China. Sustainability, 8(8), 787.

Zarafshani, K., Sharafi, L., Azadi, H., Hosseininia, G., De Maeyer, P., & Witlox, F. (2012) Drought vulnerability assessment: the case of wheat farmers in western Iran. *Global and Planetary Change*, (98): 122-130.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

DOI: 10.22034/IAES.2019.112167.1713

Agricultural Economics/Volume 13/Issue 3/1398

The Investigation of Climate Change Effect on Agricultural Production Risk; the Case of Wheat in Fars Province

Zohreh Rafiee, Seyed Habibollah Mosavi, Sadegh Khalilian [1]

Received: 29 July.2019 **Accepted:15 Dec.2019**

Introduction

Wheat is presented as strategic agricultural product because it is the main human food source affecting on food security. Wheat farming covers more than half cereals farmlands in Iran. Accordingly, wheat is also the core cereal in Iran. This study intents to investigate the raised question "how does climate change affects wheat yield?" Rain-fed wheat farming as a sensitive crop to climatic aspects was investigated regarding the study purpose.

Materials and Method

Utilizing the random function of the Just and Pope (1978, 1979), and Feasible Generalize List Square approach (FGLS), the role of climatic and non-climatic factors were evaluated in the mean and variance of yield in six regions including Abadeh, Eqlid, Marvdasht, Shiraz, Larestan and Lamerd (1374_1395). The data of temperature and precipitation were predicted through four-time period contains 2011-2030, 2031-2050, 2051-2070, and 2071-2090. Four scenarios including RCP 4.5 and RCP 8.5 relying on GFDL-CM3 model in order to forecast climate's variables. Finally yield and its risk were analyzed.

Results and discussion

The results demonstrated that the precipitation as one of the most important factors, climate change phenomenon has positive significance on rain-fed wheat yield, thus the precipitation can predict 1.61 percent of variation of rain-fed wheat yield. Moreover, the precipitation and temperature as a reducing risk inputs are effective factors to rain-fed wheat yield of Fars province. Findings illustrated that climate change provides the condition for temperature to be able to compensate loss due to reduced precipitation, because of both positive effect of temperature and precipitation.

Suggestion

According to study findings, some suggestions were presented to policy makers in designing mitigation and adaptation strategies for rain-fed wheat farmers in response

[1] Respectively: M.Sc. graduate student, assistant professor and associate professor of Agricultural Economics, Tarbiat Modares University.
Email: shamosavi@modares.ac.ir

to climate change like using heat and drought resistant seed and mechanizing cultivation of rain-fed wheat due to the negative effects of some inputs such as seed and labor on yield at the recent climate of the area.

JEL Classification: C23, C53, C87, Q57
Keywords: Rain-fed wheat, Climate Change, Risk, Just and Pope Model, Fars province

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی