

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

زهرة رفیعی، سید حبیب الله موسوی، صادق خلیلیان<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۷

### 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، طرح ریزی 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 تعمیم یافته قابل دسترس، اثرگذاری متغیرهای اقلیمی و غیراقلیمی در شش شهرستان آباده، اقلید، مرودشت، شیراز، لارستان و لامرد در سال های ۱۳۷۴-۱۳۹۵ بر میانگین و ریسک عملکرد ارزیابی شد. نتایج نشان داد که بارندگی به عنوان یکی از عامل های اصلی پدیده تغییر اقلیم رابطه مستقیم با عملکرد گندم دیم دارد، طوریکه این متغیر ۱/۶۱ درصد از تغییرپذیری عملکرد را پیش بینی کرده است. افزون بر این، بارندگی و دما به عنوان نهاده های ریسک کاهنده در تولید محصول گندم دیم استان فارس اثرگذار بوده اند. در نهایت، تغییر اقلیم، شرایطی را فراهم می آورد تا میانگین دما توانمندی لازم برای جبران زیان ناشی از کاهش بارندگی را دارا باشد. با توجه به یافته های پژوهش، تاکید می شود تا سیاست های لازم، تامین و استفاده از بذرهای گندم مقاوم به گرما و مکانیزه کردن کشت، برای سازگاری با تغییر اقلیم صورت پذیرد.

طبقه بندی JEL: C23, C53, C87, Q57

واژه های کلیدی: گندم دیم، تغییرات اقلیم، ریسک، جاست و پاپ، استان فارس

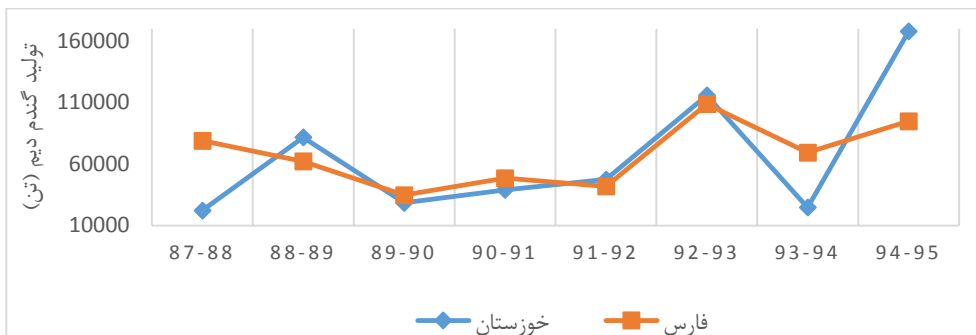
<sup>۱</sup> به ترتیب: دانش آموخته، استادیار (نویسنده مسئول) و دانشیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

## 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 داده است (وزارت جهادکشاورزی، ۱۳۹۶). از آنجا که گندم دیم به آبیاری نیاز ندارد و آب مورد نیاز خود را از بارش های جوی تامین می کند، نسبت به تغییرپذیری عامل های اقلیمی حساس تر است (محمود و همکاران، ۲۰۱۹). از سوی دیگر کشت گندم دیم تأثیر مثبتی بر عوامل مرتبط با انرژی به ویژه در اقلیم های 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، طوری که، 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 بوده است (وزارت جهادکشاورزی، ۱۳۹۶). نکته ی با اهمیت آنکه حدود ۲۰۰۰ نفر از کل گندم کاران استان فارس مشغول به کشت دیم هستند و این شمار ۲۵ درصد بهره برداران گندم را شامل می شود. نگاهی بر روند میزان تولید گندم دیم در این استان نشان از نوسان سطح تولید گندم در فارس در بازه ی ۸ ساله دارد (نمودار ۱). این استان با وجود قابلیت و ظرفیت بالای تولید گندم در ایران به دلیل نوسان های سالیانه (تولید) دارای تغییرهایی در جایگاه تولید گندم بوده است. این تغییرها در عمل روندی در برای کاهش تولید گندم داشته است. این مسئله می تواند منجر به وابستگی بیشتر به واردات و در نهایت بیکاری جمعیت بالای کشاورزان خرده مالک استان شود (فتحی و همکاران، ۱۳۹۳).

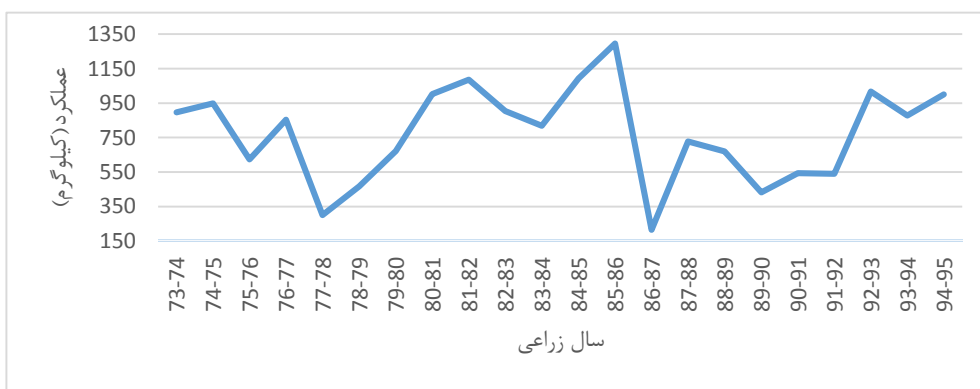
## تحلیل ارتباط بین... ۸۹



نمودار (۱) مقایسه تولید گندم دیم در دو استان فارس و خوزستان بین سال‌های زراعی ۸۷-۹۵ (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 ۱۳۷۳-۱۳۹۵ (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 در این استان بوده‌است (شهرکی و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین، بارندگی و دما به عنوان دو متغیر اصلی اقلیمی می‌تواند بر عملکرد سالانه گندم 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<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶؛ توماس<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸؛ امینی و اسلامیان، ۲۰۱۰؛ ماپونیا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۲).

تحقیقات مختلفی برای بررسی ریسک عملکرد محصولات کشاورزی انجام شده‌است. اما عمده بررسی‌های پیشین تنها به ارزیابی رابطه متغیرهایی مانند نیروی کار (وی و همکاران، ۲۰۱۴؛ کوان<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ رازا و همکاران، ۲۰۱۹)، کود (وی و همکاران، ۲۰۱۴؛ یانگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۹)، بذر مصرفی (کوان<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) با عملکرد و ریسک عملکرد پرداخته‌اند. این بررسی‌ها به طور کلی به تشریح اثر (فزاینده، کاهشنده و یا خنثی بودن) متغیرهای یادشده بر عملکرد و ریسک عملکرد محصولات کشاورزی متنوع پرداخته‌اند. به عنوان مثال بیشتر نهاده‌های به کار 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<sup>۷</sup> 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

<sup>1</sup> Roll

<sup>2</sup> Thomas

<sup>3</sup> Maponya

<sup>4</sup> Quan

<sup>5</sup> Yang

<sup>6</sup> Quan

<sup>7</sup> Cabas

## تحلیل ارتباط بین... ۹۱

زیرکشت و میزان کاربرد سم‌های شیمیایی نهاده‌هایی ریسک‌افزا هستند. همچنین کازوکا<sup>۱</sup> (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؛ مایونیا، ۲۰۱۲؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۹؛ سیناروگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ کوان<sup>۳</sup> 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 کمیت 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، نیروی کار، 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.

---

<sup>1</sup> Kazoka

<sup>2</sup> Sinarong

<sup>3</sup> 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:

$$Y = f(X, \beta) + \mu = f(X, \beta) + h(X, \alpha)^{0.5} \varepsilon \quad (1)$$

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<sup>۱</sup> عملکرد،  $\beta$  بردار فراسنجه‌های برآوردی،  $\mu$  جزء اخلال با توزیع نرمال و میانگین صفر است. در این رابطه  $h(X, \alpha)$  نیز تابع ریسک یا جزء تصادفی<sup>۲</sup> عملکرد است.  $\alpha$  بردار فراسنجه‌های برآورد شده و  $\varepsilon$  میزان خطای تصادفی با میانگین صفر و واریانس  $\sigma^2$  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 یاد شده در رابطه (۱) با روش بیشینه درست‌نمایی<sup>۳</sup> (MLE) یا یک روش تخمین سه مرحله‌ای مانند کمینه مربعات تعمیم یافته<sup>۴</sup> (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 (سها<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۹۷؛ چن و همکاران، ۲۰۰۱؛ رول و همکاران، ۲۰۰۶؛ ایسیک و دیوادوس، ۲۰۰۶؛ کیم و پانگ، ۲۰۰۹؛

<sup>1</sup> Deterministic component of production

<sup>2</sup> Stochastic component of output

<sup>3</sup> Maximum likelihood Estimate (MLE)

<sup>4</sup> Feasible Generalized Least Squares (FGLS)

<sup>5</sup> Saha

## تحلیل ارتباط بین... ۹۳

کاباس و همکاران، ۲۰۱۰). اما در بیشتر بررسی‌های تجربی به دلیل بزرگ بودن حجم نمونه از روش FGLS استفاده شده است. لذا در این بررسی به دلیل بزرگ بودن حجم نمونه از روش سه مرحله جاج<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۸۲) استفاده شد. در نخستین مرحله متغیر  $Y$  به شکل تابعی  $f(X, \beta)$  با روش کمینه مربعات معمولی<sup>۲</sup> برآورد شد. در این مرحله  $\hat{\mu} = Y - f(X, \beta)$  یک برآوردکننده ثابت از  $\mu$  ولی همچنین  $\sigma^2$  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 ( $\alpha$ ) 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  $\beta$  در مرحله نهایی، سازگار و مناسب خواهند بود (جاست و پاپ ۱۹۷۸). داده‌های مورد استفاده در این بررسی شامل عملکرد محصول و نهاده‌های نیروی کار، بذر، کود و میزان سم‌های مصرف شده در دوره تولید طی ۲۲ سال زراعی (۱۳۷۳-۱۳۹۵) در سطح شش شهرستان اقلید، آباد، شیراز، مرودشت، لار و لامرد، برمبنای آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۶) بوده است. 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<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰).

---

<sup>1</sup> Judge

<sup>2</sup> Ordinary Least Square

<sup>3</sup> 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 پرداخته شد. 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. در آغاز 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 گرفته شد. گروه اول متغیرهای غیراقلیمی شامل نیروی کار، 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 کرده است. 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).



## تحلیل ارتباط بین... ۹۵

### جدول (۱) معرفی متغیرهای وابسته و توضیحی

Table 1- Dependents and independents components in article

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

Source: Research finding

منبع: یافته‌های تحقیق

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

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای وابسته و توضیحی به شرح جدول شماره ۲ بیان شده است. 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 به نسبت عدد بزرگی است. این موضوع گویای تنوع در میزان کاربرد کودهای شیمیایی مختلف توسط کشاورزان است. شاخص نیروی کار نیز با میزان تقریبی بیشینه، ۲۸ نفر و میانگین ۱۵ نفر در هکتار نشان از کاربرد 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

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

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 در آغاز ایستایی متغیرهای مدل بررسی شد. همچنین برای انتخاب الگوی مناسب داده‌های ترکیبی، از آزمون‌های تشخیصی چاو و هاسمن بهره گرفته شد. 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

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

## تحلیل ارتباط بین... ۹۷

### ادامه جدول (۳) نتایج آزمون ایستایی

**Table 3- Result of static test**

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

\*\*\*معنی داری در سطح ۱ درصد، \*\*معنی داری در سطح ۵ درصد و \*معنی داری در سطح ۱۰ را نشان می دهد.  
\*\*\*significant at level 0.01, \*\*significant at level 0.05, \*significant at level 0.1.

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

### جدول (۴) نتایج آزمون های انتخاب مدل برای کشت دیم

**Table 4- The best model test**

آزمون Test	آماره Statistics	سطح معنی داری 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

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

در نهایت نتایج به دست آمده 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		متغیر variables
آماره t t-statistic	ضریب coefficient	آماره t t-statistic	ضریب coefficient	
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 × R
-2.47	(-9.9)***	-1.21	1.5	TCV
1.3	1.2	-0.06	(-0.35)**	RCV
-0.19	-0.01	4.93	(0.01)**	Time trend
	0.07		0.46	Adjust R <sup>2</sup>
1.74	0.05	299.03	0.00	F_statistic
2.03		1.83		Durbin-Watson stat

\*\*\*معنی داری در سطح ۱ درصد، \*\*معنی داری در سطح ۵ درصد و \*معنی داری در سطح ۱۰ را نشان می دهد.  
\*\*\*significant at level 0.01, \*\*significant at level 0.05, \*significant at level 0.1.

Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

برابر با یافته‌های برآوردی در جدول (۵) میزان  $R^2$  تعمیم یافته در تابع عملکرد حدود ۴۶ درصد است. بنابراین متغیرهای توضیحی منظور شده 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 مبدأ تعبیر اقتصادی خاصی ندارد، اما مبین اثرگذاری‌های متوسط و غیرتصادفی عامل‌های لحاظ نشده در مدل بر تابع‌هاست زیرا اثر تصادفی در جزء اخلاص بازتاب می‌یابد.

میزان کود مصرفی در هکتار اثری مثبت بر عملکرد گندم داریم دارد. براین مبنا یک درصد افزایش استفاده از این نهاده، عملکرد گندم در منطقه را تا ۰/۳۲ درصد افزایش خواهد داد. با این حال دیگر نهاده‌های غیراقلیمی مانند متغیرهای بذر مصرفی و نیروی کار تأثیری کاهشی بر عملکرد گندم داریم داشته‌اند. این موضوع به نوعی بیان‌کننده‌ی مصرف این دو نهاده در ناحیه‌ی سوم تولید و همچنین استفاده‌ی نامناسب از بذر و نیروی کار غیرماهر و ناکارآمد است. از سوی دیگر بر مبنای مستندهای جدول (۲) شمار میانگین ۱۵ نفر-روز کار 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 داریم، 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 داریم 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.

## تحلیل ارتباط بین... ۹۹

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، نیروی کار و سم‌های شیمیایی نتوانسته‌اند تغییرپذیری‌های ریسک عملکرد محصول گندم در 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 بیان‌کننده‌ی 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 بررسی‌های خود ضریب اثر دما بر عملکرد محصولات زراعی ایران را به طور همسان برابر با ۳/۲ به دست 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 داریم دارد و سبب کاهش عملکرد شده‌است. هر چند متغیر انحراف استاندارد از بارش به لحاظ آماری معنی‌دار نشده‌است، به عنوان متغیری ریسک‌فزاینده در مدل متجلی شده‌است. این یافته، یافته‌های پیشین شهرکی و همکاران (۱۳۹۶) را تأیید می‌کند.

تأثیر همزمان متغیرهایی چون بارندگی و دما را بر عملکرد و ریسک نیز در جدول قابل مشاهده است. تأثیر توأم بارندگی و میانگین دما رابطه‌ای منفی با عملکرد گندم داریم منطقه داشته‌اند. این متغیر تا ۰/۷ درصد عملکرد گندم را کاهش می‌دهد. تأثیر 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 داریم 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**

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

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

## تحلیل ارتباط بین... ۱۰۱

نتایج به دست 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 ۲۰۷۱-۲۰۹۰ پیش‌بینی شده‌است. از سوی دیگر دمای میانگین طی این سال‌ها افزایش می‌یابد و به احتمال 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 به دست آمده 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 4.5	RCP 8.5	
عملکرد	ریسک	عملکرد	ریسک	
yield	risk	yield	risk	
772.24	0.0006	835.28	0.0022	2011-30
941.56	0.001	1005.88	0.0006	2031-50
1162.32	0.0001	1022.64	0.0004	2051-70
1304.8	0.0	1110.69	0.0002	2071-90

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که در جدول (۷) ملاحظه می‌شود، عملکرد گندم دیم تحت هر دو الگو و سناریو، تا افق ۲۰۷۱-۲۰۹۰ 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 ۰/۳ محاسبه شد. بنابر نتایج به دست آمده این‌گونه برداشت می‌شود که نوسان‌های فراسنجه‌های اقلیمی (دما و بارندگی) نه تنها توانسته است ریسک تولید گندم دیم منطقه‌ی مورد بررسی را کاهش دهد، بلکه به سود افزایش عملکرد محصول تغییر کرده‌است. 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 4.5 و RCP 8.5 روندی کاهشی را طی می‌کند به طوری که تا دوره‌ی ۲۰۷۱-۲۰۹۰ 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 متأثر 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**

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

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۸) شاهدهی 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



## تحلیل ارتباط بین...۱۰۳

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 در نهایت 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<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰؛ کالزادیللا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ وی و همکاران، ۲۰۱۴؛ گوهر<sup>۳</sup> و کاشمن، ۲۰۱۶؛ هانگ<sup>۴</sup> 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

<sup>1</sup> Tol

<sup>2</sup> Calzadilla

<sup>3</sup> Gohar

<sup>4</sup> 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<sup>۱</sup> 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 ۲۰۷۱-۲۰۹۰ کاهش 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 نیروی کار بالا جلوگیری شود.

---

<sup>1</sup> Raza

## تحلیل ارتباط بین... ۱۰۵

شواهد گویای آن است که دست کم 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 در استان فارس بررسی و ارزیابی شوند.

## منبع‌ها

- Alipour, A. (2019) Evaluating the Effectiveness of Support Policies on Stability 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 Meteorological Bureau (FMB) (2017). Climatic data in Fars province (1994-2016).
- Fathi, F., Zareemhajerdi, 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:

## تحليل ارتباط بين...١٠٧

- 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 Crusted 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., Mugeru, A., & Zhang, F. (2016). Investigating yield variability and inefficiency in rice production: A case study in Central China. *Sustainability*, 8(8), 787.

۱۰۸ اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۳/شماره ۳/۱۳۹۸

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.



---

## 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

---

### Abstract

#### Introduction

Wheat is one of the main strategic agricultural product. It is common human food source in developing countries such as Iran. Therefore, wheat production has indispensable role on food security in Iran. More than half cereals' farms have been dedicated to wheat farming in Iran. This study intends to investigate the raised question "how does climate change affect wheat yield?" particularly in rain-fed wheat's farms as a sensitive crop to climatic aspects as the study purpose.

#### Materials and Method

Random function of the Just and Pope (1978, 1979) base on Feasible Generalize List Square approach (FGLS) was utilized to examine the role of climatic and non-climatic factors on variance of rain-fed wheat yield in six regions including Abadeh, Eqlid, Marvdasht, Shiraz, Larestan and Lamerd through a period of 22 years (1995\_2015). 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 were developed to forecast climatic variables. Finally yield and its risk were analyzed.

#### Results and discussion

The results demonstrated precipitation as one of the most important factors with significance positive effect on rain-fed wheat's yield, it predicted 1.61 percent of variation of rain-fed wheat's yield. Moreover, the precipitation and temperature were found as reducing risk inputs on rain-fed wheat's yield of Fars province. Findings illustrated that climate change will change temperature to be able to compensate loss due to reduced precipitation effect, because of both positive effect of temperature and precipitation.

---

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

**Suggestion**

According to study findings, some suggestions were presented to policy makers in designing mitigation and adaptation strategies for rain-fed wheat's farmers in response to climate change. Our suggestions contain using heat resistant seed and using mechanical machines during wheat cultivation in order to cope negative effects of seed and labor on yield in recently years.

***JEL Classification:*** C23, C53, C87, Q57

***Keywords:*** Rain-fed wheat, Climate Change, Risk, Just and Pope Model, Fars province