



بررسی ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گندم دیم (مورد مطالعه: استان اصفهان)

نیلوفر دادگستر دارانی^۱، اعظم رضایی^{*}، رامتین جولایی^۱، فرشید اشراقی^۱

^۱*- گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	مقدمه: با توجه به محدودیت منابع و افزایش جمعیت و نیاز به حصول حداکثر ستانده با لحاظ نمودن نیاز نسل‌های آینده و دستیابی به توسعه پایدار، بر اهمیت توجه به بهره‌وری بخش کشاورزی می‌افزاید. تغییرات اقلیم پیامدهای جدی بر بهره‌وری کشاورزی و ثبات اقتصادی کشورهای در حال توسعه دارد. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گندم دیم در اقلیم‌های مختلف استان اصفهان انجام شد.
تاریخچه مقاله:	مواد و روش‌ها: آمار و اطلاعات مورد نیاز زراعی شامل میزان کود مصرف‌شده، میزان سموم مصرف‌شده (مجموع علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش و سایر)، متوسط تعداد نفر-روز کار، هزینه تولید و میزان تولید به تفکیک شهرستان‌های استان اصفهان از جهاد کشاورزی استان و نرخ سود بانکی یک‌ساله از بانک مرکزی طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۸۳ جمع‌آوری شد. داده‌های اقلیمی شامل متغیرهای بارش ماهانه، متوسط دمای سالانه، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالانه، از سازمان هواشناسی کل دریافت گردید. جهت تعیین مقدار رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گندم دیم به عنوان یکی از مهمترین محصولات منطقه، از روش مانده‌سولو و برای تخمین تابع تولید از تکنیک داده‌های تلفیقی به روش اثرات ثابت استفاده گردید. جهت بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گندم دیم به تفکیک اقلیم‌های موجود در استان اصفهان (۱- اقلیم گرم و خشک و بیابانی، ۲- اقلیم نیمه خشک، ۳- اقلیم‌های کوهستانی و سرد و ۴- نیمه‌کوهستانی و نیمه‌سرد و نیمه‌خشک) از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.
دریافت:	
۱۴۰۳/۰۷/۰۴	
پذیرش:	
۱۴۰۴/۰۷/۳۰	
کلمات کلیدی:	
تکنیک داده‌های تلفیقی، شدت بارش، گندم دیم، روش مانده‌سولو	
	نتایج: براساس معنی‌داری ضرایب، خوبی برازش مدل و تعداد ضرایب معنی‌دار تابع تولید کاب-داگلاس به عنوان تابع ارجح تولید گندم دیم در استان اصفهان انتخاب گردید. شیب خط روند، حاکی از رشد بهره‌وری کل عوامل تولید منفی گندم دیم در شهرستان چادگان، نماینده اقلیم کوهستانی و سرد است. به‌طور کلی بیشترین روند رشد بهره‌وری برای محصول گندم دیم، مربوط به شهرستان سمیرم با ۰/۰۸۵۵ واحد، نماینده اقلیم نیمه‌کوهستانی و نیمه‌سرد و کمترین میزان رشد مثبت نیز مربوط به شهرستان فریدن، نماینده اقلیم کوهستانی و سرد است. به علاوه، ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید نشان داد که متغیرهای میانگین حداقل دما و شدت بارش، تأثیر منفی و معنی‌دار و متغیر میانگین دما تأثیر مثبت و معنی‌دار بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گندم دیم در استان اصفهان داشته است.
	بحث: عوامل اقلیمی با رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گندم دیم در استان اصفهان ارتباط معنادار دارند. در این راستا اگرچه عوامل جغرافیایی و اقلیمی به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در بهره‌وری کشاورزی است که کنترل آن

به طور مستقیم از دسترس سیاست‌گذاران خارج است؛ اما با بررسی تاثیرات این عوامل می‌توان اثرات سو آن را بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی مدیریت کرد.

مقدمه

اقلیم توصیف آماری میانگین متغیرهای آب و هوایی همچون دما، بارندگی و باد طی یک دوره زمانی مشخص می‌باشد (IPCC, 2018). گرمایش جهانی از دهه‌های پایانی قرن بیستم جزو مهم‌ترین تهدیدات محیط‌زیستی و در اقتصاد جهانی موثر بوده است (Basiri-sadr *et al.*, 2021). در پیش‌بینی IPCC¹ برای ایران، افزایش متوسط دما تا ۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد تا ۲۵ سال آینده و ۳/۵ تا ۴ درجه سانتی‌گراد تا حدود ۱۰۰ سال آینده محتمل است (Basiri-sadr *et al.*, 2021). در این میان، نواحی مرکزی ایران از جمله استان اصفهان، به دلیل شرایط خشک آب و هوایی پتانسیل بالایی در آسیب‌پذیری نسبت به تغییر اقلیم دارد (Soltani Mohammadi *et al.*, 2019). طی یک دوره ۴۰ ساله ۱۹۷۹-۲۰۱۸ متوسط درجه حرارت شهر اصفهان و نواحی پیرامون آن بین ۲/۵ تا ۴ درجه افزایش یافته‌است. پژوهش‌ها مبین همسویی افزایش دما و کاهش بارش در اغلب ایستگاه‌های استان اصفهان با روند کلی افزایش دمای ایران می‌باشد.

کاهش بهره‌وری کشاورزی، کاهش درآمد کشاورزان و در نهایت تحت خطر قرار گرفتن امنیت غذایی از نتایج تغییرات آب و هوایی می‌باشد (Deylami *et al.*, 2019). بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP²) بخش کشاورزی، بخشی از تولید است که با مقدار نهاده به کار رفته در فرآیند تولید قابل توضیح نیست. رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به طور مستقیم بر رشد اقتصادی تأثیر می‌گذارد و می‌تواند تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی قرار گیرد. از این رو بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی و رشد بهره‌وری بخش کشاورزی می‌تواند راه را برای پیش‌بینی‌های آتی و مدیریت رشد اقتصادی هموارتر سازد (Mozafari *et al.*, 2023).

بیان آماری متوسط متغیرهای مرتبط با اقلیم، مانند دما، بارندگی و باد، طی یک دوره زمانی مشخص (به‌طور کلاسیک ۳۰ ساله)، یا به عبارتی توصیف آماری سیستم آب و هوایی را اقلیم و اختلاف طولانی‌مدت از میانگین در متغیرهای اقلیمی که در اثر فعالیت‌های انسانی باشد را نیز

تغییر اقلیم گویند (IPCC, 2018). دما و بارش و شاخص‌های حدی برگرفته از این دو عنصر اقلیمی از جمله میانگین دمای سالانه، طول دوره رشد گیاه، طول دوره و تعداد روزهای یخبندان، میانگین بارش سالانه، ضریب تغییرات بارش سالانه، بارش‌های شدید (بیش از ۱۰ میلی‌متر) و تعداد روزها همراه با بارش بیشترین تأثیر را بر بخش کشاورزی دارند (Esmaeili *et al.*, 2012). بهره‌وری به معنی نسبت ستانده واقعی به نهاده واقعی است. افزایش بهره‌وری به معنی تولید بیشتر با مقادیر معین و ثابتی از نهاده‌ها یا به دست آوردن همان سطح تولید با مقادیر کمتری از نهاده‌هاست (امینی، ۱۳۸۴). در کشورهای در حال توسعه، سنتی بودن شیوه تولید در بخش کشاورزی یکی از ویژگی‌های خاص این بخش است که موجب شده است بهره‌وری کشاورزی در این کشورها از جمله ایران در سطح مناسبی قرار نداشته‌باشد (بنی‌اسدی و جلایی اسفندآبادی، ۱۳۹۵).

مطالعات مختلفی به بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی و بهره‌وری کشاورزی پرداخته‌اند که به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود:

Letta و Tol (۲۰۱۹) با هدف بررسی مستقیم ماهیت رابطه بین شوک‌های دمایی سالانه و نرخ‌های رشد TFP طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۶ دریافته‌اند که برای کشورهای فقیر، افزایش سالانه یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما، باعث کاهش نرخ رشد TFP تا حدود ۱/۱ تا ۱/۸ درصد می‌گردد. Zhong و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی همچون بارش تجمعی سالانه، متوسط دما در فصل رشد و شدت تبخیر دریافته‌اند این عوامل تأثیر منفی و معنی‌دار بر TFP منطقه‌ای در چین دارند. Iheonu و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه خود به بررسی تأثیر افزایش دما بر TFP کشاورزی در ده کشور غرب آفریقا، طی دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰ پرداختند. یافته‌ها نشان داد تأثیر افزایش دما بر TFP کشاورزی در غرب آفریقا ناهمگون است. بر این اساس، آن‌ها کشت ارقام مقاوم به خشکی، بهبود راندمان آبیاری، تغییر الگوهای کشت و تنوع محصولات را پیشنهاد دادند. Akbari و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی

1 Intergovernmental Panel on Climate Change

2 Total Factor Productivity

رشد سالانه TFP کشاورزی را ۲/۱۴ درصد برآورد کردند. پس از تخمین تأثیر بلندمدت متغیرهای اقلیمی، نتایج نشان داد که حداقل و حداکثر دما بر TFP اثرات مثبت و معنی‌دار دارد. همچنین بارش تأثیر مثبت و معنی‌دار بر رشد TFP داشته‌است و با افزایش یک درصد بارندگی، TFP ۰/۲۲ درصد افزایش می‌یابد. Mayorga و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر گرمای شدید را بر TFP در نیجریه مورد سنجش قرار داده و نشان دادند که افزایش دما در طول فصل رشد باعث کاهش TFP می‌شود. همچنین افزایش سهم ساعات فصل رشد با دمای بالای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، باعث کاهش عملکرد می‌شود اما ارزش تولیدات کشاورزی را کاهش نمی‌دهد؛ زیرا در پاسخ به افزایش شدید دما، کشاورزان سطح زیرکشت را خود را افزایش می‌دهند. حاجی رحیمی و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از داده‌های سالانه سری زمانی طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ جهت بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روند تولید غلات در ایران با برآورد یک مدل خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی دریافتند که متغیر افزایش دما هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تأثیر منفی و معنی‌داری بر تولید غلات در ایران داشته‌است. Zhu و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی تأثیر تغییرات دمایی بر بهره‌وری کشاورزی طی سال‌های ۱۹۶۱-۲۰۱۸ نتیجه گرفتند افزایش یک واحد افزایش دما به صورت ماهانه TFP محصولات کشاورزی را تا ۲ درصد کاهش می‌دهد. همچنین دریافتند به طور کلی بارش کل اثر حاشیه‌ای مثبت بر TFP کشاورزی و شدت بارندگی اثر منفی بر آن دارد.

بررسی مطالعات ارتباط اقلیم و رشد TFP کشاورزی نشان می‌دهد که اثر دما بر رشد TFP در برخی مطالعات مثبت و در برخی منفی و وابسته به عوامل مختلفی است. اما در عموم مطالعات اثر بارش بر رشد TFP کشاورزی مثبت است. با توجه به اهمیت اقلیم در بخش کشاورزی، مطالعه‌ای با موضوع بررسی ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در استان اصفهان، به ویژه به تفکیک اقلیم یافت نشد که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

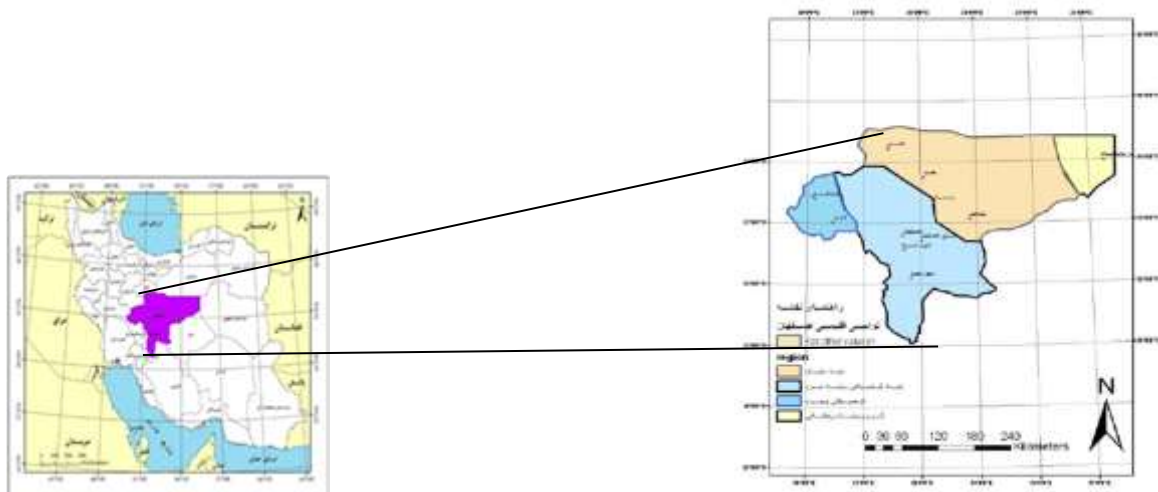
رابطه تغییر اقلیم و رشد TFP جو دیم در ایران طی دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ دریافتند که براساس شاخص SPI، میزان رشد TFP جو دیم در اثر تغییرات اقلیم به‌طور متوسط ۰/۰۸- کاهش می‌یابد. Joshi و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تنوع آب و هوایی بر TFP در ۱۶ ایالت جنوب ایالات متحده پرداختند. نتایج نشان داد که بارش متوسط بر TFP تأثیر مثبت و معنی‌دار دارد. یافته‌ها نشان داد که پیشرفت فناوری محرک اصلی رشد TFP بوده‌است. Rahman و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از داده‌های پانل ۱۰۴ کشور طی یک دوره ۴۵ ساله (۱۹۶۹ تا ۲۰۲۳)، به‌طور کلی عوامل تأثیرگذار بر رشد بهره‌وری کشاورزی را ناشی از تغییرات آب و هوایی و عوامل توپوگرافی می‌دانند. مثلاً کشورهای در ارتفاعات بالاتر، TFP نسبتاً بالاتری را نشان دادند. همچنین به‌طور کلی عامل دما دارای رابطه منفی و تهدیدی بر این شاخص است. Song و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از داده‌های پانل استان‌های چین از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ و مدل مال‌کوئیست نشان دادند که تغییرات شدید متغیرهای اقلیمی از جمله بارش، دما و رطوبت تأثیر منفی قابل توجهی بر بهره‌وری کل عوامل در مناطق شدیداً آسیب‌دیده داشته‌است. Xiang و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی طی سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۶۱ نتیجه گرفتند که تغییرات آب و هوایی تأثیر منفی بر TFP کشاورزی داشته‌است. به‌طوری‌که یک واحد افزایش دما و یک واحد کاهش بارندگی، TFP کشاورزی را به ترتیب ۰/۴۹۴ و ۰/۵۳۰ واحد کاهش می‌دهد. همچنین دریافتند تأثیر تغییر اقلیم بر TFP کشاورزی کشورهای در حال توسعه منفی و در کشورهای توسعه‌یافته مثبت است. Bernard و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از پانلی متشکل از ۴۲ کشور آفریقایی از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۹ و تکنیک مال‌کوئیست، نشان دادند که میانگین نرخ رشد TFP ناشی از تغییر اقلیم ۲/۴ درصد بود. در شمال آفریقا، نرخ رشد TFP ناشی از افزایش متوسط دما در منطقه منفی بود. آن‌ها دریافتند، بهبود فناوری برای کاهش اثرات تغییرات شدید آب و هوایی بر رشد TFP در کشاورزی آفریقا کمک‌کننده است. Faraz و همکاران (۲۰۲۳) رشد TFP کشاورزی برای سیزده محصول و چهار دسته دام در پاکستان را با استفاده از رویکرد ترنکوئیست برای دوره ۲۰۱۹-۱۹۹۰، متوسط

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان دارای ۲۸ شهرستان با مرکزیت شهرستان اصفهان می‌باشد. این استان با مساحتی حدود ۱۰۷۰۲۹ کیلومتر مربع ششمین استان پهناور کشور است (مرکز ملی آمار-۱۴۰۱). در سال ۱۴۰۱، میزان تولید گندم دیم در استان اصفهان ۳۴۷۹۷/۰۵ تن (بالاترین سطح زیرکشت محصولات زراعی) بوده است. طبق آخرین سال زراعی، سهم گندم دیم برابر با ۹۱/۸ درصد (۱۴۰۱) بوده است. در مطالعه حاضر از تقسیم‌بندی اقلیمی (Amirahmadi & Abbasnia, 2022) استفاده شد. این تقسیم‌بندی بر اساس پنج عامل بارش، دما، آسمان صاف و آفتابی، عامل باد و غبار و عامل گرما و رطوبت انجام گرفته است. در این راستا

چهار ناحیه اقلیمی شامل ۱- ناحیه گرم و خشک و بیابانی شامل شهرستان خور و بیابانک، ۲- ناحیه نیمه‌خشک شامل شهرستان‌های آران و بیدگل، اردستان، کاشان، نائین و نطنز، ۳- ناحیه نیمه‌کوهستانی و نیمه‌سرد شامل شهرستان‌های اصفهان، برخوار، تیران و کرون، جرقویه، خمینی‌شهر، دهاقان، سمیرم، شاهین‌شهر و میمه، شهرضا، فلاورجان، کوهپایه، لنجان، مبارکه، نجف‌آباد، هرد و ورزنه و ۴- ناحیه کوهستانی و سرد شامل شهرستان‌های بوئین و میاندشت، چادگان، خوانسار، فریدن، فریدون‌شهر و گلپایگان در نظر گرفته شد. موقعیت استان اصفهان در کشور و نواحی اقلیمی تفکیک‌شده در استان، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت استان اصفهان در کشور و نواحی اقلیمی تفکیک‌شده

کشور دریافت گردید. نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به هر شهرستان جهت تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شده است. همچنین متغیر شدت بارش به پیروی از مطالعه Zhong و همکاران (۲۰۱۹)، با استفاده از داده‌های بارش تجمعی و حداکثر بارش ماهانه، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\text{شدت بارش} = \frac{\text{حداکثر بارش ماهانه}}{\text{بارش تجمعی}} \quad (1)$$

روش تحقیق

روش‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری TFP وجود دارد. یکی از آن‌ها "روش‌های مستقیم محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید" است که بدون استفاده صریح از تابع تولید، شاخص

داده‌های زراعی: میزان کود مصرف‌شده، میزان سموم مصرف‌شده (مجموع علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش و سایر)، متوسط تعداد نفر-روزکار، هزینه تولید و میزان تولید به تفکیک شهرستان‌های استان اصفهان با مراجعه به سامانه اطلاعات آماری جهاد کشاورزی کشور و نرخ سود بانکی یک‌ساله از سایت بانک مرکزی دریافت شد. با استفاده از نرخ سود بانکی یک‌ساله، ارزش حال متوسط هزینه تولید به سال ۱۴۰۱ محاسبه گردید و به‌عنوان جانشین سرمایه در نظر گرفته شد.

داده‌های اقلیمی: داده‌های هواشناسی متغیرهای بارش ماهانه، متوسط دمای سالانه، متوسط حداقل دمای سالانه و متوسط حداکثر دمای سالانه، از سازمان هواشناسی کل

که همان کشش متغیر می‌باشد، ضرب شده، سپس از مقدار ستانده کسر می‌شود (Mozafari et al., 2023). در مطالعه حاضر جهت محاسبه رشد TFP گندم دیم از این روش، ابتدا نیاز به تخمین توابع تولید محصولات مورد نظر می‌باشد. جهت برآورد تابع تولید از تکنیک داده‌های تلفیقی استفاده شد.

مدل تجربی تحقیق: جهت تصریح مدل تجربی، ابتدا انواع توابع تولید از جمله تابع تولید ترانسلوگ، ترانسندنتال، کاب-داگلاس و درجه دوم تخمین زده می‌شود که فرم ریاضی آن، با فرض متغیر وابسته y و دو متغیر مستقل x_1 و x_2 به ترتیب در معادلات (۶) تا (۹) آمده‌است:

$$\ln y = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_3 \ln x_1^2 + \beta_4 \ln x_2^2 + \beta_5 (\ln x_1)(\ln x_2) \quad (6)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 \ln x_1 + \beta_4 \ln x_2 \quad (7)$$

$$\ln y = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 \quad (8)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_1^2 + \beta_4 x_2^2 + \beta_5 (x_1)(x_2) \quad (9)$$

جهت تخمین مدل، متغیر وابسته، تولید کل و متغیرهای مستقل شامل کودشیمیایی، متوسط کل مجموع سموم، متوسط نفر روز کار و سرمایه در نظر گرفته شده و با توجه به معنی‌داری ضرایب فنی، معنی‌داری کل رگرسیون، ضریب تعیین و غیره بهترین مدل جهت تخمین تابع تولید انتخاب می‌گردد. سپس، میزان رشد بهره‌وری کل عوامل تولید با استفاده از روش مانده‌سولو محاسبه و ارتباط آن با متغیرهای اقلیمی بررسی می‌شود. براساس مطالعات صورت گرفته انتظار می‌رود ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و رشد TFP به صورت جدول ۱ باشد:

لازم به ذکر است ماخذ تمامی جداول این بخش یافته‌های تحقیق می‌باشد.

جدول ۱ - ارتباط مورد انتظار متغیرهای اقلیمی و رشد TFP

ارتباط مورد انتظار با رشد TFP	متغیرهای اقلیمی
نامشخص	متوسط دما
منفی	متوسط حداکثر دما
مثبت	متوسط حداقل دما
منفی	شدت بارش
مثبت	بارش تجمعی

TFP را برآورد می‌کند. این روش‌ها، به دلیل متفاوت بودن واحدهای اندازه‌گیری نهاده‌های به‌کاررفته در فرآیند تولیدشان (نظیر نیروی کار و سرمایه)، عمل تجمیع نهاده‌ها را با استفاده از تکنیک‌های خاصی انجام می‌دهند و یک شاخص از کل نهاده‌ها می‌سازند. در دومین روش با نظر گرفتن فرم تابعی معین و انجام عملیات ریاضی بر روی تابع تولید، شاخص TFP را به دست می‌آورد. این روش‌ها، نرخ رشد سالانه و میانگین سالانه بهره‌وری کل عوامل را تخمین می‌زنند (Jahangard et al., 2012). انتخاب روش مناسب بستگی به اهداف مطالعه و در دسترس بودن آمار لازم دارد. در مطالعه حاضر جهت محاسبه رشد TFP از روش مانده سولو استفاده شد. ابتدا محاسبه رشد TFP گندم دیم انجام گرفت. سپس با استفاده از ضریب همبستگی ارتباط بین متغیرهای اقلیمی موجود و رشد TFP به تفکیک اقلیم بررسی شد.

روش مانده سولو: رشد TFP معمولاً با مانده سولو اندازه‌گیری می‌شود. اگر g_Y نشان‌دهنده رشد تولید، g_L نشان‌دهنده رشد نیروی کار و g_K نشان‌دهنده رشد سرمایه باشد و α سهم سرمایه در تولید در نظر گرفته شود عبارت $g_Y - \alpha g_K - (1 - \alpha)g_L$ به عنوان مانده سولو تعریف می‌شود (رابطه (۲)):

$$\text{Log TFP} = \log \left[\frac{Y_t}{\pi x_t^{\alpha}} \right] \quad (2)$$

$$(3)$$

$$\log TFP = \log Y_t - (\alpha_1 \log x_1 + \alpha_2 \log x_2 + \dots + \alpha_n \log x_n)$$

حال اگر از طرفین رابطه (۳) دیفرانسیل‌گیری شود:

$$\frac{dTFP}{TFP} = \frac{dY_t}{Y_t} - \left[\frac{\alpha_1 dx_1}{x_1} + \frac{\alpha_2 dx_2}{x_2} + \dots + \frac{\alpha_n dx_n}{x_n} \right] \quad (4)$$

$$TFP_{AG} = \dot{y}_t - \alpha_1 \dot{x}_1 - \alpha_2 \dot{x}_2 - \dots - \alpha_n \dot{x}_n \quad (5)$$

رابطه نهایی (۵) همان مانده سولو است.

به عبارت ساده‌تر اگر رشد نهاده‌ها از رشد ستانده کم شود، میزان رشد TFP محاسبه می‌شود. برای این منظور ابتدا رشد داده‌های هر متغیر طی هر سال را محاسبه کرده و پس از تخمین تابع تولید مناسب، مقدار بدست آمده از محاسبه رشد، در ضرایب فنی متغیر مربوطه

در جدول ۲ میزان تولید، سطح زیرکشت و نوع اقلیم به تفکیک شهرستان‌های استان اصفهان برای محصول گندم دیم قابل مشاهده می‌باشد. از میان شهرستان‌های

تولیدکننده گندم دیم برخی از شهرستان‌ها به علت عدم وجود آمار و اطلاعات زراعی و اقلیمی کافی از مطالعه حذف شدند.

جدول ۲- میزان تولید و سطح زیرکشت (سال زراعی ۱۴۰۱) و نوع اقلیم گندم دیم در استان اصفهان

نام شهرستان	سطح زیر کشت (هکتار)	میزان تولید (تن)	سهم از کل تولید (درصد)	نوع اقلیم
برخوار	۴	۱۷	۰/۰۴۸۸۵	نیمه کوهستانی و نیمه سرد
بوئین و میاندشت	۵۱۹۱/۹	۴۰۹۱/۸	۱۱/۷۵۹۰	کوهستانی و سرد
تیران و کرون	۱۰۵/۴۴	۲۴۷/۵	۰/۷۱۱۲۶	نیمه کوهستانی و نیمه سرد
چادگان	۶۵۱۸/۵۱	۴۲۲۲/۳۳	۱۲/۱۳۴۱۶	کوهستانی و سرد
خوانسار	۷۹/۱	۵۷/۴۱	۰/۱۶۴۹۸۵	کوهستانی و سرد
دهاقان	۶	۲۲/۵	۰/۰۶۴۶۶۱	نیمه کوهستانی و نیمه سرد
سمیرم	۲۲۰۴۸/۲۳	۲۰۵۹۲/۲۱	۵۹/۱۷۸۰۳	نیمه کوهستانی و نیمه سرد
فریدن	۱۳۸۰/۴	۱۵۳۰/۳	۴/۳۹۷۷۸۷	کوهستانی و سرد
فریدون شهر	۳۶۹۱/۵۳	۳۹۹۰	۱۱/۴۶۶۵	کوهستانی و سرد
کوهپایه	۰/۸	۴	۰/۰۱۱۵	نیمه کوهستانی و نیمه سرد
لنجان	۱۷/۲	۲۲	۰/۰۶۳۲۲۴	نیمه کوهستانی و نیمه سرد

نتایج

با توجه به این که جمله پسماند حاصل از برآورد، ایستا می‌باشد، بین متغیرهای مورد مطالعه رابطه تعادلی بلند-مدت وجود دارد (جدول ۸).

محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید: نتایج حاصل از تخمین تابع تولید کاب داگلاس در جدول ۹ نشان داده شده است.

به دلیل انتخاب مدل اثرات ثابت عرض از مبدا کلی مدل قابل تفسیر نیست و عرض از مبدا مقاطع به صورت جداگانه در جدول ۱۰ آمده است.

آمار توصیفی متغیرهای تحقیق در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

جهت بررسی مانایی داده‌های پانل از آزمون ریشه واحد مشترک LLC^4 و ریشه واحد انفرادی IPS^5 استفاده و نتایج حاصل در جدول ۵ گزارش شده است.

با توجه به نتایج آزمون IPS و LLC در گندم دیم متغیرهای سموم، نیروی کار و کودشیمیایی در سطح و متغیر تولید کل و سرمایه با یک مرتبه تفاضل‌گیری ایستا هستند.

تصریح مدل: جهت انتخاب بهترین تابع تولید، براساس معنی‌داری ضرایب، خوبی برازش مدل و تعداد ضرایب معنی‌دار تابع ارجح انتخاب گردید (جدول ۶). نتایج جدول مذکور مبین برتری تابع کاب-داگلاس به عنوان تابع برتر است.

بر اساس نتایج آمده در جدول ۷، در تکنیک داده‌های تلفیقی مدل اثرات ثابت انتخاب شد.

4 Levin-Lin-Chu Unit-Root Test

5 Im-Pesaran-Shin Unit-Root Test

جدول ۳- آمار توصیفی گندم دیم

نام متغیر-واجد	نماد متغیر	مشاهدات	میانگین	حداکثر	حداقل
تولید کل (کیلوگرم)	Y	۱۱۴	۲۴۹۲/۷۲۹	۲۰۵۹۲/۲۱	۱۱
کودشیمیایی (کیلوگرم)	chf	۱۱۴	۹۷/۵۳۳	۳۲۶/۲۱۶	۱۲
سموم (کیلوگرم)	poi	۱۱۴	۰/۳۹۱	۲/۵	۰/۰۱۶
نیروی کار (نفر روز کار)	ppd	۱۱۴	۷/۱۵۳	۲۶/۸۸	۰/۱
سرمایه (ده میلیون ریال)	cpt	۱۱۴	۰/۲	۱/۲۳	۰/۰۰۸

جدول ۴- آمار توصیفی متغیرهای اقلیمی

نام متغیر	نماد متغیر	مشاهدات	میانگین	حداکثر	حداقل
متوسط دما	tm_m	۳۲۰	۱۶/۸۳۵۴	۲۳/۰۳۰۱	۱۰/۴۳۶۹
متوسط حداکثر دما	tmax_m	۳۲۰	۲۲/۷۷۲۳	۳۰/۱۳۴۲	۱۵/۰۴۱۳
متوسط حداقل دما	tmin_m	۳۲۰	۹/۰۰۸۰	۱۶/۰۴۹۵	۳/۴۴۵۱
شدت بارش	prec_int	۳۲۰	۰/۳۲۶۵	۰/۷۶۱۱	۰/۱۷۰۷
بارش تجمعی	rrr24	۳۲۰	۱۸۷/۹۴۰۵	۹۴۰/۷۹	۱۶/۳۱

جدول ۵- آزمون مانایی داده‌های پانل

متغیرها	لوین لین چو		ایم پسران شین	
	Statistics	P-value	Statistics	P-value
Y	-۹/۸۰۱	۰/۰۰۰	۷/۶۰۰	۰/۰۰۰
Poi	-۷/۸۹۳	۰/۰۰۰	۴/۸۱۹	۰/۰۰۰
Chf	-۴/۲۴	۰/۰۰۰	۳/۴۴۳	۰/۰۰۰
Ppd	-۴/۰۶۹	۰/۰۰۰	۲/۲۵۶	۰/۰۱۲
cpt	-۴/۹۸۹	۰/۰۰۰	۴/۳۱۷	۰/۰۰۰

جدول ۶- مقایسه انواع توابع تولید به تفکیک گندم دیم

نام تابع	تعداد کل ضرایب (با عرض از مبدا)	تعداد ضرایب معنی‌دار (با عرض از مبدا)	آماره F	R ²	adjusted R ²
ترانسندنتال	۹	۵	۰/۰۰۰	۰/۹۱۹۹	۰/۹۱۳۸
ترانسلوگ	۱۵	۴	۰/۰۰۰	۰/۹۷۰۳	۰/۹۶۶۵
کاب-داگلاس	۵	۵	۰/۰۰۰	۰/۹۵۹۰	۰/۹۶۷۵
درجه دوم	۱۵	۴	۰/۰۰۰	۰/۹۵۳۳	۰/۹۴۷۲

جدول ۷- نتایج آزمون‌های انتخاب نوع تخمین مدل

آزمون	آماره	مقدار آماره	P-value	نتیجه
چاو	F لیمر	۱۹/۳۶	۰/۰۰۰۰	فرضیه صفر مبنی بر رگرسیون تجمیعی در مقابل اثرات ثابت رد می‌شود.
بروش پاگان (LM test)	Chi ²	۲۵/۶۴	۰/۰۰۰۰	فرضیه صفر مبنی بر رگرسیون تجمیعی در مقابل اثرات تصادفی رد می‌شود.
هاسمن	Chi ²	۲۲/۵۲	۰/۰۰۰۲	فرض صفر مبنی بر وجود اثرات تصادفی رد می‌شود.

جدول ۸- نتایج آزمون ایستایی جملات پسماند

Im, Pesaran, Shin			Levin, lin, Chu			پارامتر
نتایج آزمون	P-value	Statistic	نتایج آزمون	P-value	Statistic	
مانا در سطح	۰/۰۰۰	-۴/۳۷۴	مانا در سطح	۰/۰۰۰	-۵/۶۳۶	جملات پسماند گندم دیم

جدول ۹- نتایج حاصل از تخمین تابع تولید گندم دیم - روش اثرات ثابت

گندم دیم - Cross-Sectional Time-Series FGLS regression						
نام متغیر	علامت اختصاری	Coef.	Std. err.	Z	p> z	[95% conf. interval]
لگاریتم کودشیمیایی	Lchf	۰/۹۰۸	۰/۹۰۸	۱۰/۰۱	۰/۰۰۰	۱/۰۸۵۷
لگاریتم نیروی کار	Lppd	۰/۰۹۰	۰/۰۴۴	۲/۰۴	۰/۰۴۱	۰/۱۷۷۳
لگاریتم سرمایه	Lcpt	۰/۵۶۳	۰/۰۶۶	۸/۴۴	۰/۰۰۰	۰/۶۹۴۲
لگاریتم سموم	Lpoi	۰/۱۷۶	۰/۰۵۷	۳/۰۹	۰/۰۰۲	۰/۲۸۸۲
عرض از مبدأ	_cons	-۱۰/۳۳۹	۰/۹۹۲	-۱۰/۴۲	۰/۰۰۰	-۸/۳۹۳۶
۰/۰۰۰	Prob(F)=	۰/۹۴۷۶	Adjusted R ² =	۰/۹۴۹۴	R ² =	

جدول ۱۰- عرض از مبدأ مقاطع در مدل تخمینی گندم دیم

نام شهرستان	تیران و کرون	چادگان	خوانسار	سمیرم	فریدن	فریدون‌شهر
عرض از مبدأ	-۰/۱۴۵۴	۰/۸۳۶۰	-۱/۵۷۴۵	۰/۶۳۳۷	۰/۳۷۲۴	-۰/۱۲۲۲

کلاسیک پرداخته شده‌است. با توجه به جدول ۱۱ و نتایج آزمون VIF در مدل همخطی مشاهده نشد. بر اساس جدول ۱۲ در مدل برآورد شده برای گندم دیم ناهمسانی واریانس را نشان داد. لذا مدل برآورد شده برای گندم دیم به روش FGLS تخمین زده شد.

جدول ۱۱- آزمون همخطی

متغیر	VIF	1/VIF
Lchf	۸/۵۴	۰/۱۱۷
Lcpt	۵/۱۷	۰/۱۹۳
Lpoi	۳/۹۱	۰/۲۵۵
Lppd	۳/۱۹	۰/۳۱۳

طبق ضرایب حاصل از برازش تابع تولید گندم دیم، تمام متغیرها تأثیر مثبت و معنی‌دار بر تولید دارند. از میان این متغیرها، کودشیمیایی بیشترین و سرمایه کمترین اثر را دارد. در تابع کاب-داگلاس، ضرایب متغیرها نشان‌دهنده کشش می‌باشند؛ لذا افزایش یک درصدی در مصرف کودشیمیایی، سموم، نیروی کار و سرمایه، به ترتیب باعث افزایش ۱/۵۹، ۰/۲۱۹، ۰/۱۶۸ و ۰/۰۴۰ درصدی در تولید گندم دیم می‌شود. مجموع کشش‌ها برابر با ۲/۰۱۷ و بیانگر وجود بازده صعودی نسبت به مقیاس است. آماره R² ضریب تعیین یا معیار خوبی برازش مدل برابر با ۰/۹۴۹۴ و مبین این است که متغیرهای مستقل تقریباً ۹۴/۹۴ درصد از تغییرات تولید را توضیح می‌دهند. مقدار احتمال آماره F نیز معنی‌داری کل مدل را نشان می‌دهد. پس از برآورد تابع عملکرد، به ارزیابی مهم‌ترین فروض

جدول ۱۲- آزمون‌های ناهمسانی واریانس

آماره	محصول	مقدار	P-value	نتیجه آزمون
	آزمون وایت	۷/۶۱	۰/۰۰۵۸	
Chi ²	آزمون بروش پاگان	۸/۷۹	۰/۰۰۳۰	همسانی واریانس رد می‌شود
	آزمون بروش پاگان	۱/۶۹	۰/۱۹۳۳	

بر نرمال بودن و همچنین مقادیر آماره کمتر از ۵/۹۹، لذا نمی‌توان فرض نرمال بودن را رد کرد. نتایج ارزیابی فروض کلاسیک به اختصار در جدول ۱۵ آمده‌است. نتایج حاصل از تخمین رشد TFP به روش مانده‌سولو در جدول ۱۶ آمده‌است.

جدول ۱۳ نتایج آزمون خودهمبستگی وولدریج را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، مدل برآوردشده برای محصول گندم دیم فاقد خودهمبستگی می‌باشد.

جدول ۱۳- آزمون خودهمبستگی

گندم دیم

$$F(1, 5) = 2/181$$

$$P\text{-value} > F = 0/1998$$

بر اساس جدول ۱۴، جهت بررسی نرمال بودن اجزا اخلال از آزمون جارکو- برا استفاده شد. باتوجه فرض صفر مبنی

جدول ۱۴- آزمون نرمال بودن-جارک برا

مقدار	P-value	نتیجه آزمون	محصول
۰/۳۶۳۱	۰/۸۳۳۹	فرضیه نرمال بودن رد نمی‌شود.	گندم دیم

جدول ۱۵- خلاصه نتایج آزمون‌های فروض کلاسیک

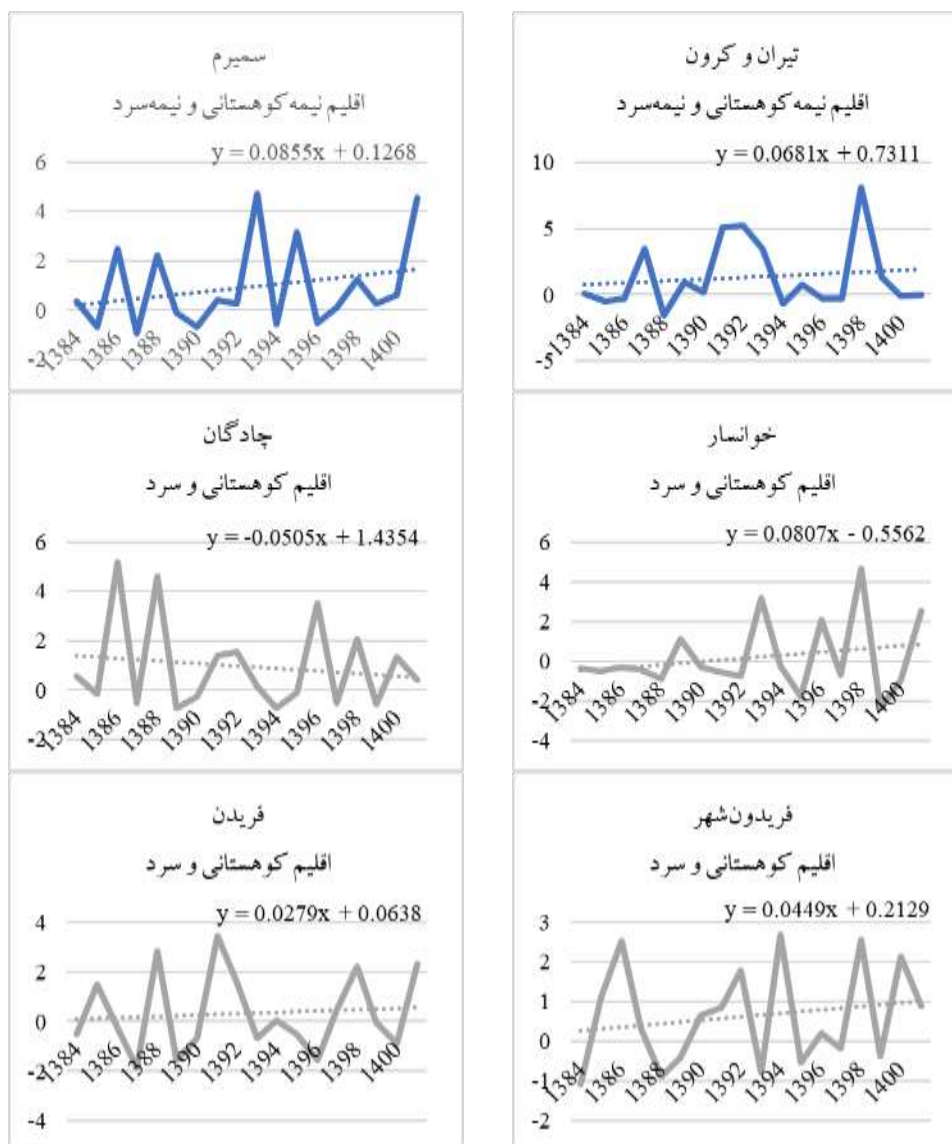
تفسیر	p-value	نوع آزمون	فروض کلاسیک
متغیرهای مدل با یکدیگر همخطی ندارد.	Mean = ۵/۲۰	VIF	همخطی
فرض عدم وجود خودهمبستگی رد نمی‌شود.	۰/۱۹۹۸	Wooldridge Test	خودهمبستگی
فرض همسانی واریانس رد می‌شود.	۰/۰۰۳۰	Breusch-Pagan	واریانس ناهمسانی
	۰/۰۰۵۸	White	
فرض نرمال بودن رد نمی‌شود.	۰/۸۳۳۹	Jarque-bera	نرمال بودن
فرض درست بودن فرم تابعی رد نمی‌شود.	۰/۱۵۸۴	Ramsey RESET Test	خطای تصریح

جدول ۱۶- نتایج محاسبه رشد TFP برای گندم دیم در دوره (۱۴۰۱-۱۳۸۳)

سال	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	شهرستان
تیران و کرون	۰/۰۸۱	-۰/۵۱۰	-۰/۳۱۲	۳/۴۲۶	-۱/۵۸۵	۰/۹۱۹	۰/۱۵۵	۵/۰۸۲	۵/۱۶۳	
چادگان	۰/۵۸۱	-۰/۱۸۳	۵/۱۶۴	-۰/۵۳۹	۴/۵۸۲	-۰/۷۲۰	-۰/۲۴۴	۱/۴۱۸	۱/۵۴۶	
خوانسار	-۰/۳۸۲	-۰/۴۶۰	-۰/۲۹۲	-۰/۴۳۰	-۰/۸۴۴	۱/۱۵۰	-۰/۳۱۶	-۰/۵۲۷	-۰/۷۲۱	
سمیرم	۰/۳۷۰	-۰/۶۵۶	۲/۴۹۰	-۰/۹۱۹	۲/۲۰۶	-۰/۰۸۴	۱/۱۵	-۰/۳۱۶	-۰/۵۲۷	
فریدن	-۰/۵۲۰	۱/۵۱۳	-۰/۲۴۶	-۱/۸۶۴	۲/۸۱۶	-۱/۵۴۲	-۰/۶۸۶	۳/۴۶۵	۱/۶۰۳	
فریدون‌شهر	-۱/۰۷۱	۱/۱۰۵	۲/۵۱۰	۰/۳۳۲	-۰/۸۷۹	-۰/۴۰۷	۰/۶۶۷	۰/۸۶۴	۱/۷۸۹	

ادامه جدول ۱۶- نتایج محاسبه رشد TFP برای گندم دیم در دوره (۱۴۰۱-۱۳۸۳)

سال	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	شهرستان
تیران و کرون	۳/۴۳۰	-۰/۶۶۱	۰/۷۸۳	-۰/۲۶۲	-۰/۲۷۶	۲/۰۸۲	۱/۳۴۷	-۰/۰۶۵	۰/۰۱۶	
چادگان	۰/۱۷۵	-۰/۷۲۲	-۰/۱۲۰	۳/۵۲۰	-۰/۵۳۲	۲/۰۴۹	-۰/۵۷۳	۱/۳۶۳	۰/۴۳۳	
خوانسار	۳/۱۹۱	-۰/۲۲۳	-۱/۷۵۸	۲/۱۲۱	-۰/۶۵۸	۴/۶۳۹	-۲/۳۳۹	-۰/۹۰۴	۲/۵۳۳	
سمیرم	۴/۷۲۸	-۰/۵۶۱	۳/۱۷۶	-۰/۵۴۴	۰/۱۰۱	۱/۲۳۷	۰/۲۵۰	۰/۵۹۳	۴/۵۳۹	
فریدن	-۰/۶۸۳	۰/۰۳۸	-۰/۵۲۳	-۱/۵۲۳	۰/۴۶۶	۲/۲۱۴	-۰/۰۵۳	-۰/۸۷۱	۲/۳۱۶	
فریدون‌شهر	-۰/۷۹۹	۲/۶۸۶	-۰/۵۴۱	۰/۲۰۳	-۰/۱۶۴	۲/۵۴۴	-۰/۳۶۴	۲/۱۵۱	۰/۸۹۰	



شکل ۲- روند رشد TFP محصول گندم دیم به تفکیک شهرستانی

اقلیم نیمه کوهستانی و نیمه سرد و کمترین میزان رشد مثبت نیز مربوط به شهرستان فریدن، نماینده اقلیم کوهستانی و سرد است.

شیب خط روند در شکل ۲، حاکی از رشد منفی TFP گندم دیم در شهرستان چادگان، نماینده اقلیم کوهستانی و سرد است. به طور کلی بیشترین روند رشد TFP برای محصول گندم دیم، مربوط به شهرستان سمیرم، نماینده

جدول ۱۷- خلاصه روند رشد TFP (کم به زیاد در هر اقلیم) محصول گندم دیم به تفکیک شهرستانی

شهرستان	نوع اقلیم	روند رشد TFP
تیران و کرون	نیمه کوهستانی و نیمه سرد	مثبت
سمیرم	نیمه کوهستانی و نیمه سرد	مثبت
چادگان	کوهستانی و سرد	منفی
فریدن	کوهستانی و سرد	مثبت
فریدون شهر	کوهستانی و سرد	مثبت
خوانسار	کوهستانی و سرد	مثبت

بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی با رشد بهره‌وری:

نتایج بررسی همبستگی پیرسون بین متغیرهای اقلیمی شامل میانگین دما، میانگین دمای حداکثر، میانگین دمای حداقل، بارش تجمعی و شدت بارش و رشد TFP گندم دیم در جدول ۱۸ آمده‌است. متغیرهای میانگین حداقل

دما و شدت بارش، تأثیر منفی و معنی‌دار و متغیر میانگین دما تأثیر مثبت و معنی‌دار بر رشد TFP گندم دیم در استان اصفهان داشته‌است. متغیرهای میانگین دمای حداکثر و بارش تجمعی به لحاظ آماری معنی‌دار نشده‌است.

جدول ۱۸- همبستگی میان متغیرهای اقلیمی و رشد TFP گندم دیم در استان اصفهان

رشد TFP	میانگین دمای حداکثر	میانگین دمای حداقل	بارش تجمعی	میانگین دما	شدت بارش
رشد TFP	۱/۰۰۰				
میانگین دمای حداکثر	۰/۳۱۵۲ (۰/۴۱۲۰)	۱/۰۰۰			
میانگین دمای حداقل	-۰/۳۰۱۴ (۰/۰۳۲۵)	۰/۲۰۶۴ (۰/۰۵۰۹)	۱/۰۰۰		
بارش تجمعی	۰/۱۶۳۴ (۰/۲۶۱۴)	-۰/۶۳۱۷ (۰/۰۰۰۰)	-۰/۱۷۴۷ (۰/۰۹۹۶)	۱/۰۰۰	
میانگین دما	۰/۴۳۲۵ (۰/۰۴۱۲)	۰/۶۰۷۸ (۰/۰۰۰۰)	۰/۷۳۶۷ (۰/۰۰۰۰)	-۰/۱۵۷۲ (۰/۱۳۹۰)	۱/۰۰۰
شدت بارش	-۰/۲۹۶۳ (۰/۰۲۵۳)	۰/۲۰۵۱ (۰/۰۵۲۵)	۰/۱۹۵۰ (۰/۰۶۵۵)	-۰/۱۴۷۹ (۰/۱۶۴۳)	۰/۲۷۷۵ (۰/۰۰۸۱)

نتایج تأثیر متغیرهای اقلیمی بر محصول گندم دیم، به تفکیک اقلیم نیز چنان که در جدول ۱۹ آمده‌است، میانگین دما و میانگین حداکثر دما اثر مثبت و معنی‌دار در شهرستان‌های خوانسار، فریدن، چادگان و فریدون‌شهر

از اقلیم کوهستانی و سرد و متغیر میانگین حداقل دما در شهرستان‌های تیران و سمیرم از اقلیم نیمه‌کوهستانی و نیمه‌سرد، اثر منفی و معنی‌دار بر رشد TFP گندم دیم داشته‌است.

جدول ۱۹- تأثیر متغیرهای اقلیمی بر رشد بهره‌وری گندم دیم در استان اصفهان به تفکیک نوع اقلیم

اقلیم	نماینده اقلیم	متغیر اقلیمی	تأثیر	Statistics	P-value
کوهستانی و سرد	خوانسار، فریدن، چادگان، فریدون‌شهر	میانگین دما	مثبت و معنی‌دار	۰/۶۲۳۵	۰/۰۳۰۳
نیمه‌کوهستانی و نیمه‌سرد	تیران، سمیرم	میانگین حداکثر دما	مثبت و معنی‌دار	۰/۴۹۲۳	۰/۰۴۲۷
نیمه‌خشک	-	میانگین حداقل دما	منفی و معنی‌دار	-۰/۴۰۰۳	۰/۰۴۱۵
گرم و خشک و بیابانی	-	-	-	-	-
کل استان		میانگین دما	مثبت و معنی‌دار	۰/۴۳۲۵	۰/۰۴۱۲
		میانگین حداقل دما	منفی و معنی‌دار	-۰/۳۰۱۴	۰/۰۳۲۵
		شدت بارش	منفی و معنی‌دار	-۰/۲۹۶۳	۰/۰۲۵۳

بحث

کشاورزی داشته باشد. کنترل عوامل جغرافیایی و اقلیمی، به‌طور عمده از عهده سیاست‌گذاران خارج است. اما می‌توان با بررسی تأثیرات این عوامل بنیادین، به کمک روش‌هایی اثرات سو این عوامل را بر TFP بخش کشاورزی کاهش و یا میزان سازگاری کشاورزان با این عوامل را افزایش داد. با توجه به اثر منفی دما بر رشد بهره‌وری گندم دیم، به‌عنوان محصولی که نقش عمده‌ای در تامین غذایی دارد، پیشنهاد می‌شود تا بهره‌وری این محصول با راهکارهای مختلف از جمله استفاده از ارقام مقاوم به دما، افزایش یابد. علاوه بر استفاده از ارقام مقاوم به دما، توصیه می‌شود که توسعه و ترویج شیوه‌های مدیریت آب بهینه، مانند آبیاری قطره‌ای یا نوبتی، به منظور کاهش تنش‌های آبی ناشی از تغییرات اقلیمی در مزارع گندم دیم صورت گیرد. این روش‌ها می‌توانند با حفظ رطوبت خاک و بهبود شرایط محیطی کشت، تا حد زیادی بهره‌وری گندم را افزایش داده و اثرات منفی دما و بارش نامناسب را کاهش دهند.

منابع

1. Akbari, M., Rezaee, A., Shirani bidabadi, F. and eshraghi, F., 2022. 'Investigating the relationship between climate change and Total Factor productivity growth of rainfed barley in Iran', *Agricultural Economics*, 16(1), pp. 81-97. doi: 10.22034/iaes.2022.540042.1877
2. Amirahmadi, A. and Abbasnia, M., 2022. 'Regionalization of Climate at Isfahan Province by Using New Statistical Techniques', *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 1(1), pp. 53-68.
3. Amini, A., 2006. Measuring and Analyzing productivity trend by economic sectors of Iran. *Planning and Budgeting Journal*. Volume 10, Num. 4, pp 73-110.
4. Baniasadi, M. and Jalaei Esfandabadi, A., 2015. Analysis of the effect of technology spillovers on the growth of Total Factor Productivity in the agricultural economy and development. 27(107). pp 133-163
5. Basiri sadr, M., Akhbari, M., Farajrad, A. and Borna, R., 2021. 'Mapping the regions of the country of Iran based on geopolitical indicators of climate change impacts', *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(27), pp. 123-144. doi: 10.22111/jneh.2020.33474.1629

در این مطالعه، براساس ضرایب به‌دست‌آمده از مدل برازش شده برای تابع تولید گندم دیم، تمامی متغیرهای مورد بررسی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید گندم دیم داشته‌اند. در میان عوامل مؤثر، کود شیمیایی بیشترین و سرمایه کمترین اثر را بر تولید این محصول ایفا کرده‌اند. تحلیل همبستگی بین متغیرهای اقلیمی و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) نشان داد که میانگین حداقل دما و شدت بارش به صورت منفی و معنادار و میانگین دما به طور مثبت و معناداری بر رشد TFP گندم دیم در استان اصفهان تأثیر می‌گذارند. به عبارت دیگر، افزایش میانگین حداقل دما و شدت بارش باعث کاهش رشد TFP شده و در مقابل، افزایش میانگین دما موجب رشد مثبت بهره‌وری کل عوامل تولید شده است.

بررسی اثر متغیرهای اقلیمی بر رشد TFP در اقلیم‌های مختلف بیانگر آن است که در اقلیم کوهستانی و سرد، میانگین دما و میانگین حداکثر دما تأثیر مثبت و معنی‌داری دارند؛ اما در اقلیم نیمه‌کوهستانی و نیمه‌سرد، میانگین حداقل دما اثر منفی و معناداری بر رشد TFP نشان داده است. یافته‌های آماری شهرستان سمیرم، نماینده اقلیم نیمه‌کوهستانی و نیمه‌سرد، بیشترین نرخ رشد TFP محصول گندم دیم را نشان می‌دهد، در حالی که شهرستان چادگان، که نماینده اقلیم کوهستانی و سرد است، با مقدار منفی، پایین‌ترین روند رشد را دارا می‌باشد. این نتایج با مطالعات پیشین نیز همسو است؛ به‌طوری که مطالعه Zhong و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده است که شدت بارش به‌صورت منفی بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید گندم دیم در چین تأثیرگذار بوده است. همچنین، پژوهش Faraz و همکاران، با اشاره به تأثیر مثبت میانگین حداکثر دما بر رشد TFP محصول گندم دیم در اقلیم‌های کوهستانی و سرد و نیمه‌کوهستانی و نیمه‌سرد، نتایج مشابهی با یافته‌های این مطالعه گزارش کرده‌اند. بدین ترتیب، نتایج حاضر تأییدی بر نقش مهم متغیرهای اقلیمی در تعیین بهره‌وری تولید گندم دیم در مناطق مختلف اقلیمی است.

به‌طور کلی براساس شرایط اقلیمی، توپوگرافی و نوع کشت هر منطقه و نوع محصول، تغییر در متغیرهای اقلیمی می‌تواند اثرگذاری‌های منفی و مثبت بر بهره‌وری

- Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 541-562.
13. **Jahangard, E., Taei, H. and Naderi, M., 2012.** 'Analysis of total factor productivity in Iran: an intersectoral linkage approach', *Iranian Journal of Trade Studies*, 16(63), pp. 51-85.
 14. **Joshi, K., Lachaud, M.A. and Solís, D., Alvarez, S., 2022.** Impacts of Climatic Variability on Agricultural Total Factor Productivity Growth in the Southern United States. *Environments*. 9, 129. <https://doi.org/10.3390/environments9100129>
 15. **Letta, M. and Tol, R., 2019.** Weather Climate and Total Factor Productivity. *Environmental and Resource Economics*. Vol. 73(1), pp. 283-305.
 16. **Mayorga, J., Villacis, A. and Mishra, A.K., 2023.** Feeling the Heat: High Temperatures and Farm-level Agricultural Productivity.
 17. **Mozafari, S., Rezaee, A., Shirani Bidabadi, F. and Eshraghi, F., 2023.** Analysis of Total Factor Productivity Growth of the Agricultural Sector in Selected Member Countries of the Organization of the Islamic Conference. *Economic Growth and Development Research*, 13(52), 118-107.
 18. **Mozaffari, S.S., Rezaee, A., Shirani Bidabadi, F., Eshraghi, F. and Zamani, O., 2024.** Assessing climate change impacts on agricultural total factor productivity in selected organization of islamic cooperation (OIC) countries. *Environment, Development and Sustainability*, 1-19.
 19. **Rahman, S., Anik, A.R. and Sarker, J.R., 2022.** Climate, Environment and Socio-Economic Drivers of Global Agricultural Productivity Growth. *Land* 11(4), 512. <https://doi.org/10.3390/land11040512>
 20. **Soltani Mohammadi, A., Mollaienia, M.R. and Ajam Zadeh, A., 2019.** 'Assesment of Climate Change Effect on Temperature and Precipitation Based on Fourth and Fifth IPCC reports (Case study: Isfahan Province)', *Irrigation Sciences and Engineering*, 42(2), pp. 1-16. doi: 10.22055/jise.2017.19075.1373.
 21. **Song, Y., Zhang, B., Wang, J. and Kwek, K., 2022.** The impact of climate change on china's agricultural green total factor productivity. *Technological Forecasting and Social change*, 185, 122054.
 6. **Bernard, B., Song, Y., Mulinga, N., Hena, S. and Wang, X., 2023.** A nonparametric analysis of climate change nexus on agricultural productivity in Africa: implications on food security. *Renewable Agriculture and Food Systems*, Volume 38, 2023, e9; <https://doi.org/10.1017/S1742170522000424>
 7. **Deylami, A., Joolaie, R., rezaee, A. and Keramatzadeh, A., 2019.** Investigating the Effects of Climate Change on the Yield, Gross Margin and Cropping Pattern of Gorgan County', *Agricultural Economics*, 13(2), pp. 137-160. doi: 10.22034/iaes.2019.111696.1712
 8. **Esmaeili, R., Gandomkar, A. and Ghayour, H., 2012.** Zoning the amount of climatic changes from the perspective of the future climatic period (A case study of Razavi Khorasan Province). *Scientific-research journal of geography and environmental planning*. 2012. SNN 41.1.2013. pp 35-52.
 9. **Faraz, M., Nadeem, N., Mehmood, H. Z. and Ahsan, M.B., 2023.** Impact of Climate Change on Total Factor Productivity of Agriculture in District Multan. *Pakistan Journal of Humanities and Social Sciences*, 11(2), 2532-2546. <https://doi.org/10.52131/pjhss.2023.1102.0545>
 10. **Haji Rahimi, M., Sharifii, F. and Asaadi, M.A., 2024.** The Impact of Climate Change on Cereal Production and Food Security in Iran. *Journal of the Climate Change research*, 5 (20), pp 65-78
 11. **Iheonu, C., Asongu, S., Emeka, E.T. and Orjiakor, E., 2022.** Climate Change and Agricultural Productivity in West Africa. *European Xtramile Centre of African Studies*, WP/22/065.
 12. **IPCC, 2018:** Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press,

- Total Factor Productivity Based on Spatial Panel Data Model: Evidence from China. Sustainability. 11, 1516; doi:10.3390/su11061516.
24. **Zou, Z., Li, C., Wu, X., Meng, Z. and Cheng, C., 2024.** The effect of day-to-day temperature variability on agricultural productivity. Environmental Research-Letters, Volume 19, Number 12. 10.1088/1748-9326/ad8ede
- <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.12.2054>
22. **Xiang, T., Malik, T.H., Hou, J.W. and Ma, J., 2022.** The Impact of Climate Change on Agricultural Total Factor Productivity: A Cross-Country Panel Data Analysis. Agriculture. 12, 2123, pp 1961–2013. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122123>
23. **Zhong Zh., Hu, Y. and Jiang I., 2019.** Impact of Climate Change on Agricultural





Investigating The Relationship Between Climatic Variables and Total Factor Productivity of Irrigated Wheat in Isfahan Province

Niloofer Dadgostar Darani¹, Azam Rezaee^{*1}, Ramtin Joolaie¹, Farshid Eshraghi¹

^{1*} - Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Original Article

Received:
2024.09.25

Accepted:
2025.10.22

Keywords:
Cobb-Douglas
Production
Function,
Panel Data
Technique,
Precipitation
Intensity,
Rainfed Wheat,
Solow Residual
Method

Abstract

Introduction: Given the constraints of resources and population growth, alongside the need to maximize productivity while preserving water, soil, and the environment for future generations, the importance of focusing on agricultural sector productivity is increasing. This study aims to investigate the relationship between climatic variables and the growth of total factor productivity of rainfed wheat in Isfahan province.

Materials and Methods: Data on precipitation, minimum temperature, maximum temperature, mean temperature, precipitation intensity, annual interest rate, total fertilizer consumption, total pesticide consumption (including herbicides, insecticides, fungicides, etc.), total labor, production cost, and yield were collected from the Central Bank of Iran, the National Meteorological Organization, the Agricultural Jihad Organization, and the Agricultural Jihad Organization of Isfahan province. These data were categorized by district for the period 2002–2024. The total factor productivity (TFP) of rainfed wheat, selected based on the largest cultivated area and highest production levels over the past 10 agricultural years, was estimated using the Solow Residual Method, panel data analysis, and a fixed effects model. Furthermore, the correlation coefficient was calculated to examine the relationship between climatic variables—precipitation intensity, mean temperature, maximum temperature, minimum temperature, and cumulative precipitation—and the growth of overall productivity of rainfed wheat. This analysis was conducted according to the climatic zones of Isfahan province: (1) warm and rainfed desert climate, (2) semi-arid climate, (3) cold mountainous climate, and (4) semi-cold and semi-arid climate.

Results: The Cobb-Douglas production function was identified as the most suitable model for rainfed wheat production in Isfahan province, based on significant coefficients and a strong R-squared value. The highest and lowest variations in rainfed wheat productivity growth were observed in Faridan district (cold mountainous climate) with 0.009 units and Khansar district (cold mountainous climate) with -0.067 units, respectively. Correlation analysis showed that mean temperature and precipitation intensity have a significant negative relationship with total factor productivity growth, while minimum temperature has a significant positive relationship with the total factor productivity of rainfed wheat.

Discussion: The results of this study demonstrate a significant relationship between climatic factors and total factor productivity growth of rainfed wheat across different districts of Isfahan province. Although geographical and climatic factors are beyond the direct control of policymakers, understanding their impacts allows for better management of their adverse effects on agricultural productivity growth.

