

بررسی تأثیر تغییر اقلیم در نوسان های بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم در استان‌های مهم تولیدکننده در ایران

الهام باریکانی، افشین امجدی، سید محمد جعفر اصفهانی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۵

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی عامل‌های موثر در نوسان‌های بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم با تأکید بر نقش تغییر اقلیم در استان‌های مهم تولیدکننده این محصول در ایران انجام شد. در این راستا از مدل تولید مرزی تصادفی و داده‌های استان‌های مهم تولیدکننده گندم دیم در فاصله سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ استفاده شد. نتایج برآورد مدل تولید مرزی تصادفی با لحاظ متغیرهای نماینده اثرگذاری‌های اقلیمی مبین آن است که متغیرهای بذر، سم‌ها، نیروی کار، سطح زیرکشت، پیشرفت فناوری، مجذور دمای هوا، بارندگی موثر و مجذور بارندگی موثر تأثیر معنادار و مثبت بر میزان تولید گندم دیم داشته در حالی که دمای هوا تأثیر منفی و معنادار بر تولید گندم دیم نشان دادند. نتایج محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم مبین وجود نوسان‌هایی در شاخص بهره‌وری کل عامل‌های تولید تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی در استان‌های مهم تولیدکننده این محصول است. کمترین مقدار شاخص بهره‌وری کل عامل‌های تولید تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی مربوط به استان‌های تهران و خراسان جنوبی و بیشترین مقدار آن مربوط به استان گلستان است. تحلیل سهم عامل‌های موثر بر تغییرپذیری‌های شاخص CATFP نشان داد که این شاخص به طور عمده تحت تأثیر تغییرپذیری‌های فناورانه و پس از آن تغییرپذیری‌های اقلیمی قرار دارد. پس از آن، کارایی مقیاس و کارایی فنی در رده سوم و چهارم اثرگذاری بر شاخص CATFP قرار دارند.

طبقه‌بندی JEL: O47, C14, D33

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، کارایی فنی، ایران، گندم دیم، شاخص بهره‌وری کل

^۱ به ترتیب: استادیار (نویسنده مسئول) و استادیاران موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی،

تهران، ایران

مقدمه

کمبود آب و مواد غذایی بزرگترین مسئله و چالش در سطح جهانی بوده که با شدت بیشتری منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Misra, 2014). افزون بر اینها افزایش جمعیت به بیش از ۹ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ و کاهش زمین‌های کشاورزی، امنیت غذایی جمعیت آینده نزدیک را با چالش روبه رو ساخته است (Altinsoy et al., 2013). تغییر اقلیم بخش‌های مختلف جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد که از بین آنها اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر امنیت آبی و تولید محصول‌های کشاورزی بسیار با اهمیت است (Wang et al., 2013). تغییر اقلیم و به طور مشخص تغییر الگوهای توزیع دمایی و بارش، تولید محصول‌های زراعی از جمله تولید گندم را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Shokouhi et al., 2019). طی سالیان اخیر، تغییرپذیری‌های اقلیم و تاثیر آن بر تولید بخش کشاورزی و به ویژه تولیدهای دیم بسیار زیاد بوده است؛ به طوری که موضوع بررسی تأثیر پدیده‌های جوئی مانند دما، بارش، خشکسالی و غیره و پیامدهای اقتصادی آنها در کانون توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است.

اقلیم تعیین‌کننده اصلی مکان، منبع‌های تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی بوده (Reilly, 1999) و عملکرد تولید محصول‌های کشاورزی تا حد زیادی به شرایط محیطی و آب و هوایی مانند نوع خاک، پستی و بلندی یا عوارض، دما و الگوهای بارندگی بستگی دارد. انتظار می‌رود تغییر پذیری‌های جوئی در تصمیم‌گیری‌های کشت و تولید، انتخاب و استفاده از نهاده‌ها و بهره‌وری کشاورزی تاثیر قابل توجهی داشته باشد (Lachaud et al., 2015). کاهش تولید و بهره‌وری قیمت مواد غذایی را افزایش می‌دهد و بر همه ابعاد امنیت غذایی تأثیر منفی دارد که به نوبه خود بر رفاه اجتماعی نیز تأثیر می‌گذارد (Baldos and Hertel, 2014). بر مبنای پیش‌بینی‌ها، تا سال ۲۰۳۰ منطقه‌های کشت گندم در جهان که با خطر رخداد دماهای بسیار بالا طی مرحله‌های حساس رشد و نمو تهدید می‌شوند به دو برابر افزایش می‌یابد و تا سال ۲۰۵۰ به سه برابر افزایش خواهد یافت. از این‌رو، به منظور طراحی ابزار سیاستی در راستای افزایش تاب‌آوری کشاورزی، کمی‌سازی اثرگذاری‌ها و پیامدهای متغیرهای آب و هوایی در تولید و رشد بهره‌وری دارای اهمیت است (Chambers and Pieralli, 2020).

بررسی تاثیر تغییر... ۱۳۹

با توجه به هدف این پژوهش و اهمیت محصول گندم در سبد غذایی خانوارها، پرداختن به مسئله بهره‌وری عامل‌های تولید گندم به علت سطح زیرکشت قابل توجه این محصول در کشور و نقش راهبردی آن در تغذیه مردم دارای اهمیت ویژه‌ای است (Shirani Bidabadi et al., 2015). به طور کلی تولید محصول‌های دیم بر ویژگی‌های اقلیمی و آب و هوایی متکی است و از این رو بروز تغییرپذیری‌های اقلیمی تولید محصول‌های دیم را به میزان بیشتری نسبت به محصول‌های آبی تحت تاثیر قرار خواهد داد (Koocheki and Kamali, 2010). از آنجا که بخش عمده‌ای از اراضی کشاورزی کشور به تولید محصول‌های دیم اختصاص دارد، در نتیجه بخش قابل ملاحظه‌ای از تولیدهای غذایی نیز از طریق تولید محصول‌های دیم تأمین می‌شود که در این میان نقش و جایگاه غلات دیم و به طور مشخص گندم دیم در مقایسه با دیگر محصول‌های کشاورزی برجسته‌تر است (Zarea Feizabadi et al., 2006).

تحقیقات زیادی در سال‌های اخیر در داخل و خارج از ایران در زمینه تغییر اقلیم و پیامدهای آن بر بخش کشاورزی انجام شده است. (Ghorbani and Hosseini 2005) تحقیقی با هدف برآورد رشد بهره‌وری کل، پیشرفت فنی و تغییر کارایی در تولید گندم دیم ایران با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۸۱-۱۳۷۷ انجام دادند. برای محاسبه شاخص بهره‌وری مالم کوئیست از تحلیل فراگیر داده استفاده شد، بهره‌وری به دو مولفه تغییر فنی و تغییر کارایی تجزیه شده است. نتایج نشان داد که بهبودی در رشد بهره‌وری کل (رشد مثبت) وجود ندارد و تغییر در بهره‌وری کل عامل‌های تولید به طور عمده توسط تغییر کارایی توضیح داده می‌شود.

(Kiani Harchgani et al. 2014) در پژوهشی بهره‌وری کل عامل‌های تولید، کارایی فنی و تغییر پذیری‌های فناوری‌ها در محصول‌های زراعی را با استفاده از شاخص مالم-کوئیست و روش تحلیل پوششی داده‌ها برای دوره ۷۹-۱۳۷۸ الی ۸۸-۱۳۸۷ اندازه‌گیری کردند. نتایج تحقیق نشان داد که بهره‌وری کل عامل‌های تولید برای بیشتر محصول‌های زراعی افزایش یافته و تغییرپذیری‌های بهره‌وری بیشتر متأثر از تغییرپذیری‌های فناوری بوده است.

(Shirani Bidabadi et al. 2015), (Kavoosi and Khaligh Khiyavi 2016) و (Zanganeh and Rafee 2019) به ترتیب بررسی‌ها و ارزیابی‌هایی در زمینه بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم، زیر بخش زراعت و ذرت انجام داده‌اند. نتایج این بررسی‌ها نشان داد

که روند تغییرپذیری‌های بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم برای کل کشور نوسان‌های زیادی دارد و این تغییرپذیری‌ها هم ناشی از تغییرپذیری‌های کارایی فنی و هم تغییرپذیری‌های فناوریانه‌ای می‌باشد. میانگین رشد بهره‌وری کل عامل‌های تولید در زراعت ذرت در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ ۴/۵ - درصد بوده و در استان‌های مختلف متفاوت بوده است. همچنین در دوره ۱۳۶۸-۶۹ تا ۱۳۸۶-۸۷، میانگین رشد بهره‌وری کل عامل‌های تولید محصول‌های عمده زراعی ایران به میزان ۲/۶ درصد در سال محاسبه شده است.

تغییر شرایط اقلیمی نیز در سال‌های اخیر بخش کشاورزی را به شدت تحت تاثیر قرار داده است. به همین جهت بررسی میزان تاثیر و چگونگی اثرگذاری‌ها و پیامدهای آن بر بخش کشاورزی در کانون توجه محققان قرار گرفته است. به عنوان مثال، *Khaleghi et al. (2015)* پژوهشی با موضوع تاثیر تغییر اقلیم بر تولید بخش کشاورزی و بر اقتصاد ایران (رویکرد ماتریس حسابداری اجتماعی) انجام دادند. بدین منظور تابع تولید بخش کشاورزی که در آن اقلیم (دما و بارش) به عنوان یکی از عامل‌های تاثیرگذار است، با استفاده از روش خودتوزیع با وقفه‌های گسترده (ARDL) برآورد شد. بر مبنای نتایج این تحقیق، در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی‌شده برای دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵، تولید کشاورزی ۵/۳۷ درصد کاهش خواهد یافت.

Barani and Karami (2019) در پژوهشی به بررسی تأثیر تغییرپذیری‌های اقلیمی بر تولیدهای کل زراعی در ناحیه‌های دهگانه زراعی - بوم شناختی ایران پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که متغیرهای دما (تاثیر منفی)، میزان تبخیر و تعرق (تاثیر منفی) و سرعت باد (تاثیر منفی) در سطح ۵ درصد و متغیر بارش (تاثیر مثبت) در سطح ده درصد بر تولیدهای کل زراعی اثرگذارند.

Mozafari et al. (2023) تحقیقی با هدف تحلیل رشد بهره‌وری کل عامل‌های تولید کشاورزی کشورهای اسلامی در دوره ۲۰۱۹-۱۹۹۵ با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس انجام دادند. تغییرپذیری‌های رشد بهره‌وری کشاورزی کشورها در سه گروه (۱) با کمترین درجه توسعه‌یافتگی، (۲) با درآمد میانگین (۳) صادرکننده نفت بررسی شد. بنابر نتایج، میانگین تغییرپذیری‌های رشد بهره‌وری کشاورزی گروه اول تا سوم به ترتیب، ۰/۴٪، ۰/۸٪ و ۰/۱۶٪ می‌باشد.

بررسی تاثیر تغییر... ۱۴۱

Calzadilla et al. (2013) در پژوهشی با عنوان بررسی تأثیرگذاری‌های اقتصادی تغییرپذیری‌های آب و هوایی بر کشاورزی در جنوب صحرای آفریقا نشان دادند که تغییرپذیری‌های اقلیمی تا سال ۲۰۵۰ منجر به کاهش ۱/۶ درصدی تولید غذا و محصول‌های کشاورزی و نیز کاهش ۰/۲ درصدی تولید ناخالص داخلی در منطقه مورد نظر می‌شود.

Lachaud et al. (2015) ارزیابی بهره‌وری کل عامل‌های تولید را با لحاظ متغیرهای اقلیمی (CATFP)^۱ برای فعالیت‌های کشاورزی در کشورهای آمریکای لاتین و حوزه منطقه کارائیب (LAC)^۲ محاسبه کردند. در این پژوهش تنوع آب و هوایی در مدل‌های مرز تولید تصادفی^۳ با در نظر گرفتن متغیرهایی مانند میانگین بیشینه دمای سالانه، بارندگی و انحراف استاندارد ماهانه آن در هر سال و شمار روزهای بارانی معرفی شده است. لازم به یادآوری است که شکل تابع مورد استفاده در این تحقیق مدل کاب-داگلاس بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که تنوع آب و هوایی باعث کاهش قابل توجه بهره‌وری طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۴۰ شده است.

Lachaud and Bravo-Ureta (2020) در تحقیقی همگرایی بهره‌وری کل عامل‌های تعدیل شده توسط متغیرهای اقلیمی (CATFP) در کشورهای آمریکای لاتین و کارائیب (LAC) را بررسی کردند. برای این منظور در آغاز فراسنجه‌های تصادفی مدل‌های تولید مرزی تصادفی برای محاسبه CATFP در قالب مدل کاب-داگلاس برآورد شد و آن گاه از رگرسیون-های مقطعی و یک مدل تصحیح خطا برای تجزیه و تحلیل همگرایی CATFP در کشورهای منطقه استفاده شد. نتایج این بررسی و ارزیابی بیانگر آن است که محرک اصلی رشد CATFP در منطقه، پیشرفت فناوری است. همچنین بنابر یافته‌ها، پیشرفت فناورانه‌ها تاثیر به‌سزایی در بالا بردن سطح پایدار CATFP دارد.

Xu et al. (2023) پژوهشی با هدف بررسی تاثیر تجارت کشاورزی بر بهبود بهره‌وری کل عامل‌های در کشورهای G20 انجام دادند. نتایج نشان داد که منبع اصلی رشد TFP کشاورزی در کشورهای G20 پیشرفت فناوری است، در حالی که تاثیر کارایی فنی بر TFP در بخش کشاورزی مشاهده نشد. همچنین تجارت کشاورزی می‌تواند به طور قابل توجهی رشد TFP

¹ Climate Adjusted Total Factor Productivity (CATFP)

² Latin America and Caribbean (LAC) countries

³ Stochastic Production Frontier (SPF)

کشاورزی را در کشورهای G20 بهبود بخشد به طوری که تأثیر آن در کشورهای توسعه یافته آشکارتر است.

در بررسی و ارزیابی‌های پیشین در ایران تمرکز ارزیابی‌ها کمتر بر روی بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر بهره‌وری و کارایی تولید بوده است. این در حالی است که پرداختن به این مسئله برای شناخت ابزار و ارائه سیاست‌های موثر برای سازگاری و به کمینه رساندن اثرگذاری‌ها و پیامدهای تغییر اقلیم بر روی تولید و بهره‌وری عامل‌های تولید دارای اهمیت است. از سوی دیگر، تاکنون بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم در کل استان‌های تولیدکننده این محصول با در نظر گرفتن آثار تغییر شرایط اقلیمی بر تولید مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به مطالب بیان شده، هدف این پژوهش بررسی عامل‌های موثر در نوسان‌های بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم در استان‌های مهم تولیدکننده این محصول در ایران است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور دستیابی به هدف‌های مورد نظر، در آغاز تابع تولید مرزی تصادفی، با منظور کردن متغیرهای اقلیمی برآورد شد و بر مبنای آن کارایی فنی تولیدکنندگان گندم در استان‌های مهم تولیدکننده این محصول محاسبه شد. ضریب‌های به دست آمده از تابع تولید یاد شده برای محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی استفاده شد. پس از محاسبه بهره‌وری، شکاف بهره‌وری کل عامل‌های تولید تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی در استان‌های تولیدکننده بررسی شد. در نهایت، اجزای موثر بر رشد بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم برحسب کارایی فنی، پیشرفت فناوری، کارایی مقیاس و اثرگذاری‌های اقلیمی بررسی و تحلیل شد و روند تأثیرگذاری هر کدام از عامل‌های یاد شده در رشد بهره‌وری گندم در بررسی و ارزیابی شد.

توضیح‌های لازم در زمینه برآورد تابع تولید گندم و محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید تحت تأثیر تغییر شرایط اقلیمی در ادامه ارائه می‌شود.

برآورد تابع تولید گندم در استان‌های تولیدکننده تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی

برآورد تابع تولید و محاسبه کارایی فنی تولیدکنندگان گندم با استفاده از مدل مرزی تصادفی تولید با فراسنجه‌های تصادفی واقعی (TRP-SPF)^۱ با توجه به نتایج بررسی‌های

¹ True Random Parameter Stochastic Production Frontier (TRP-SPF) Model

بررسی تاثیر تغییر... ۱۴۳

لاچاد و براوو اورتا (۲۰۲۰)، صورت گرفت. مزیت محاسبه کارایی از طریق برآورد تابع مرزی آن است که در این روش بیش از یک نهاده مد نظر قرار می‌گیرد و بنابراین نسبت به روش‌های اولیه اطمینان بیشتری داشته است (Coelli, 1995). روش تابع تولید مرزی تصادفی (SPF) توسط آیگنر و همکاران (Aigner et al., 1977) و میوسن و وان‌دن‌روک (Meeusen & VanDen Broeck, 1977) معرفی شد. محاسبه کارایی فنی با استفاده از تابع تولید مرزی تصادفی (رابطه ۱) با بهره‌گیری از رابطه ۳ انجام می‌شود (Battese & Coelli, 1992):

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^4 \beta_j \ln(X_{ij}) + \epsilon_i \quad (1)$$

$$\epsilon_i = v_i - u_i \quad (2)$$

$$TE = \exp[-E(u_i | \epsilon_i)] \quad (3)$$

در رابطه بالا، Y نشان دهنده میزان تولید، X مقدار نهاده‌های مورد استفاده، β ضریب‌های نهاده‌های مورد استفاده و ϵ جمله خطاست. لازم به یادآوری است که در مدل استاندارد مرز تولید تصادفی (SPF)، ناکارایی با توجه به مرزی که در همه واحدهای تصمیم‌گیری نمونه مشترک است، قابل اندازه‌گیری است. این در حالی است که مدل TRP-SPF این امکان را فراهم می‌کند که بتوان ناکارایی واحد را از تفاوت‌های فناورانه‌ای در واحدها متمایز کرد. اختلاف بین منطقه‌ها که در فراسنجه‌های تصادفی در مرز تولید نهفته است، تمرکز اصلی تحلیل تصریح مدل مرز تولید تصادفی با فراسنجه‌های تصادفی واقعی (TRP-SPF) است (Lachaud and Bravo-Ureta, 2020). نتایج برآورد مدل TRP-SPF برای محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید تحت تاثیر متغیرهای اقلیمی (CATFP) استفاده شود. با توجه به نتایج پژوهش (Lachaud and Bravo-Ureta, 2020)، مدل مرزی تصادفی تولید با فراسنجه‌های تصادفی واقعی به صورت رابطه ۴ است:

$$y_{it} = \mu_i + \sum_{k=1}^K \beta_{ik} x_{kit} + \lambda_i T_i + \sum_{j=1}^J \eta_j z_{jit} + v_{it} - u_{it} \quad (4)$$

به طوری که y_{it} لگاریتم طبیعی میزان تولید محصول‌های کشاورزی استان i در سال t و x_{kit} بردار $(1 \times k)$ نهاده‌های تولید (زمین، نیروی کار، ماشین‌ها و ادوات، بذر، کود، سم‌ها) را نشان

می‌دهد. Z_{jit} نیز نشان‌دهنده مجموعه متغیرهای اقلیمی و μ_{jit} ضریب ثابت تصادفی نشان‌دهنده منطقه‌های مورد بررسی بوده که ناهمگنی غیر قابل مشاهده را در زمان نشان می‌دهد (اختلاف بین استان‌های تولیدکننده در استفاده از نهاده‌ها و همچنین تفاوت‌های اقلیمی در استان‌های مختلف). β_{ik} ماتریس $(i \times k)$ از فراسنجه‌های شیب تصادفی است که نشان‌دهنده ناهمگنی در نهاده‌های تولید می‌باشد. T_i نیز متغیر روند زمانی است که پیشرفت‌های فناورانه‌ای را نشان می‌دهد. عبارت v_{it} جزء خطای تصادفی است که فرض بر این است که دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت است. u_{it} جزء تصادفی غیر قابل مشاهده و غیرمنفی است که نشان‌دهنده ناکارایی منطقه i ام در سال t و دارای توزیع نیمه نرمال است. متغیرهای اقلیمی مدل ۴ شامل دما و بارش است که به ترتیب برحسب درجه سلسیوس و میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. این متغیرها شامل میانگین بارندگی موثر ماهانه در طول سال (PER)، انحراف بارندگی موثر از میانگین بلندمدت (PERD)، توان دوم بارندگی موثر ماهانه (PER2D)، میانگین دمای ماهانه در طول سال (TEM)، انحراف دما از میانگین بلندمدت (TEMD) و توان دوم دمای ماهانه در طول سال (TEM2D) می‌باشند.

با توجه به مطالب گفته شده، در این پژوهش الگوی زیر در قالب تصریح کاب-داگلاس برآورد شد:

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \text{constant} + \alpha_1 \ln LAN_{it} + \alpha_2 \ln LAB_{it} + \alpha_3 \ln FER_{it} + \alpha_4 \ln MAC_{it} + \alpha_5 \ln \\ & nSeed_{it} + \alpha_6 \ln PES_{it} + \alpha_7 \ln TEM_{it} + \alpha_8 \ln TEM_{Dit} + \alpha_9 \ln TEM^2_{Dit} + \alpha_{10} \ln P \\ & ER_{it} + \alpha_{11} \ln PER_{Dit} + \alpha_{12} \ln PER^2_{Dit} + \alpha_{13} T_i + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

در رابطه بالا، y_{it} میزان تولید گندم را در استان‌های تولیدکننده این محصول (بر حسب تن) نشان می‌دهد. همچنین LAN_{it} سطح زیرکشت گندم (بر حسب هکتار)، LAB_{it} شمار نفر روز کار، FER_{it} میزان استفاده از انواع کود شیمیایی (بر حسب تن)، MAC_{it} میزان استفاده از ماشین‌ها و ادوات در فعالیت‌های مختلف شامل دیسک، تسطیح، کرت‌بندی، کودپاشی، بذرپاشی، بذرکاری، آبیاری، سله‌شکنی، سم‌پاشی، درو و خرمن‌کوبی (بر حسب درصد در سطح)، $Seed_{it}$ میزان استفاده از بذر گندم (بر حسب تن)، PES_{it} میزان استفاده از انواع سم‌ها در تولید گندم (بر حسب تن)، TEM_{it} میانگین دمای هوا در طول سال (درجه سلسیوس)، $TEMD_{it}$ انحراف دما از میانگین بلندمدت (درجه سلسیوس) در استان‌های تولیدکننده، TEM^2_{Dit} مجذور دمای هوا در طول سال در استان‌های تولیدکننده،

بررسی تاثیر تغییر... ۱۴۵

PER_{it} میانگین بارندگی موثر^۱ در طول سال (بر حسب میلی‌متر) ، PERD_{it} انحراف بارندگی موثر از میانگین بلندمدت (بر حسب میلی‌متر) ، PER²D_{it} مجذور بارندگی موثر در طول سال طی سال‌های مورد بررسی و T روند پیشرفت فناوری در استان‌های تولیدکننده گندم داریم در طول زمان است.

شکل ورود متغیرهای اقلیمی در تابع تولید در بررسی‌های مختلف بسته به هدف‌های آنها متفاوت است (Lachaud et al., 2015). در این پژوهش مشابه پژوهش‌های Bruckner and Ciccone (2011)؛ Dell et al. (2012)؛ Maccini and Yang (2009) و Lachaud and Bravo-Ureta (2020) ، لگاریتم طبیعی متغیرهای دما و بارش در تابع لحاظ شد.

لازم به یادآوری است که در این پژوهش به منظور انتخاب مدل نهایی در فرایند محاسبه کارایی و برآورد ضریب‌های مورد نیاز برای محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم داریم، فرض‌های مختلفی به شرح زیر در زمینه ضریب‌های تابع تولید مرزی در نظر گرفته شد و با بهره‌گیری از آزمون نسبت بیشینه راستنمایی تعمیم یافته آزمون شد.

۱. مدل با فراسنجه‌های تصادفی مناسب است (کارایی فنی قابل محاسبه نیست).
۲. مدل بدون لحاظ متغیرهای اقلیمی مناسب است.
۳. مجذور بارندگی موثر بر تولید تاثیر ندارد.
۴. مجذور دما بر تولید تاثیر ندارد.
۵. کارایی فنی در طول زمان ثابت است.

آزمون فرضیه نخست بیانگر آن است که آیا کارایی فنی قابل محاسبه بوده و یا تغییرپذیری‌های تولید به عامل‌های غیرمدیریتی (تصادفی) بر می‌گردد. عدم پذیرش فرضیه یاد شده به معنای آن است که کارایی فنی قابل محاسبه بوده و باید مدل با روش بیشینه راستنمایی برآورد شود. با بهره‌گیری از آزمون نسبت بیشینه راستنمایی تعمیم یافته، مدل‌های برآورد شده پس از

^۱ مقدار بارندگی است که برای تامین نیاز آبی گیاه سودمند واقع می‌شود و یا برای تولید محصول در دوران بعد در خاک ذخیره می‌شود.

اعمال فرض‌های بالا با یکدیگر مقایسه شد. نتیجه آزمون یاد شده، بهترین مدل را با توجه به متغیرهای مورد استفاده به منظور محاسبه کارایی فنی و همچنین استفاده از ضریب‌های مدل برای محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم مشخص می‌کند. پس از انجام آزمون یاد شده، مشخص می‌شود که آیا کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم قابل محاسبه است یا خیر و بر این مبنا روش مناسب برآورد تابع تولید گندم دیم مشخص می‌شود. پس از انتخاب روش برآورد تابع تولید گندم دیم، فرض‌های ۲ تا ۵ آزمون شده و با توجه به نتایج به دست آمده، مدل نهایی مناسب برای محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم مشخص می‌شود.

نحوه محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم و اجزای موثر بر آن

پس از انتخاب مدل مناسب با بهره‌گیری از آزمون نسبت بیشینه راستنمایی تعمیم یافته برای محاسبه کارایی فنی و ضریب‌های تابع تولید، محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم با بهره‌گیری از شاخص بهره‌وری پیشنهادی ادانل (۲۰۱۶ و ۲۰۱۸) به شکل زیر صورت گرفت (Lachaud and Bravo-Ureta, 2020):

$$CATFPI_{msit} = \frac{CATFP_{it}}{CATFP_{ms}} = \frac{Y_{it}(X_{it})}{Y_{ms}(X_{ms})} \quad (6)$$

شاخص بهره‌وری بالا، بهره‌وری کل تولید تحت تاثیر متغیرهای اقلیمی (CATFP) در منطقه i در زمان t با منطقه m در زمان s را مقایسه می‌کند. در رابطه بالا، Y_{it} و X_{it} تابع‌های تولید و نهاده‌های مورد استفاده در تولید را نشان می‌دهند که فرض بر این است که غیرمنفی و به صورت خطی همگن می‌باشند. با بهره‌گیری از ضریب‌های ناشی از برآورد الگوی TRP-SPF، رابطه ۶ به صورت زیر قابل ارائه است (Lachaud and Bravo-Ureta, 2020):

$$CATFPI_{msit} = \prod_{m=1}^M \left(\frac{x_{mit}}{x_{mks}} \right)^{\beta_m \left(\frac{r-1}{r} \right)} \times \prod_{j=2}^J \left(\frac{z_{jit}}{z_{jks}} \right)^{\eta_j} \times \left(\frac{T_{it}}{T_{ks}} \right)^{\xi} T \times \frac{\exp(-u_{it})}{\exp(-u_{ks})} \quad (7)$$

اجزای تابع بهره‌وری برابر رابطه ۷ عبارت‌اند از: ۱- نخستین عبارت در سمت راست معادله، نشان‌دهنده تغییرهای نسبی در کارایی مقیاس است، ۲- دومین عبارت رابطه ۷ نشان‌دهنده تغییر در اثرات اقلیمی است که تحت تاثیر شرایط آب و هوایی قرار دارد. ۳- سومین عبارت،

بررسی تاثیر تغییر... ۱۴۷

تغییرهای نسبی در پیشرفت فناوری را نشان می‌دهد. ۴- چهارمین بخش، نشان‌دهنده تغییرهای نسبی در کارایی فنی است.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، ترکیبی از داده‌های مقطعی و دوره زمانی (داده‌های تابلویی یا پنل) است. این پژوهش با استفاده از داده‌های مربوط به استان‌های مهم تولیدکننده گندم دیم در ایران شامل اردبیل، اصفهان، ایلام، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، سمنان، فارس، قزوین، کردستان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان، لرستان، مازندران، مرکزی و همدان در دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ انجام شد. برای دسترسی به هدف‌های آن، داده‌های مورد نیاز بررسی‌ها مشتمل بر مقدار تولید گندم دیم، سطح زیرکشت، مقدار مصرف بذر، کود شیمیایی، سم‌ها، ماشین‌ها و ادوات و نیروی کار برای دوره ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ از وزارت جهاد کشاورزی گرفته شد. همچنین داده‌های مربوط به متغیرهای اقلیمی (دما و بارندگی) از سازمان هواشناسی گرفته شد.

نتایج و بحث

به منظور انتخاب بهترین مدل برای محاسبه کارایی فنی و بهره‌وری کل عامل‌های تولید، فرض‌های مختلفی با استفاده از آزمون نسبت بیشینه راستنمایی تعمیم یافته آزمون شد. که نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که نتایج ردیف نخست جدول یاد شده نشان می‌دهد، کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم قابل محاسبه است و بنابراین مدل با روش بیشینه راستنمایی برآورد شد. آماره آزمون نسبت بیشینه راستنمایی برای فرضیه نخست برابر با ۱۳۲/۹۲ محاسبه شده است. ردیف دوم جدول ۱ نیز نشان‌دهنده نتیجه آزمون فرضیه دوم مبنی بر مناسب بودن مدل بدون لحاظ متغیرهای اقلیمی است. آماره آزمون فرضیه یاد شده $(\alpha_7 = \alpha_8 = \alpha_9 = \alpha_{10} = \alpha_{11} = \alpha_{12} = 0)$ برابر ۱۵/۸ به دست آمده است که مبین نبود پذیرش فرضیه یاد شده بوده و بنابراین مدل با لحاظ متغیرهای اقلیمی برای محاسبه بهره‌وری عامل-های تولید گندم دیم استفاده شد. از دیگر فرضیه‌هایی که آزمون شد، بررسی تاثیر مجذور متغیرهای بارندگی موثر و دما بر تولید گندم دیم است. نتایج آزمون بیشینه راستنمایی در زمینه این دو آزمون به ترتیب برابر با ۴/۱ و ۳/۹۶ به دست آمد که بر این مبنا تاثیر مجذور متغیرهای بارندگی موثر و دما بر تولید گندم دیم نیز تایید شد. آماره بیشینه درستنمایی آزمون ثابت بودن کارایی فنی در طول زمان (طی دوره ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷) در استان‌های مهم

تولیدکننده گندم دیم نیز برابر با ۱۳/۱ محاسبه شده است که مبین نبود پذیرش این فرضیه بوده و از این رو، کارایی فنی در طول زمان ثابت نبوده و در طول زمان تغییرهای معناداری را تجربه کرده است.

جدول (۱) نتایج آزمون نسبت حداکثر راست‌نمایی تعمیم یافته

Table (1) The results of Generalized Maximum Likelihood test

نتیجه آزمون Test result	λ بحرانی Critical λ (در سطح ۵ درصد)	λ محاسباتی Computational λ	فرضیه صفر H ₀ Hypothesis
عدم پذیرش Not accepted	3.84	132.92	کارایی فنی غیر قابل محاسبه است ($\gamma = 0$)
عدم پذیرش Not accepted	11.07	15.8	مدل بدون لحاظ متغیرهای اقلیمی مناسب است ($\alpha_7 = \alpha_8 = \alpha_9 = \alpha_{10} = \alpha_{11} = \alpha_{12} = 0$) a model without climate change is appropriate ($\alpha_7 = \alpha_8 = \alpha_9 = \alpha_{10} = \alpha_{11} = \alpha_{12} = 0$)
عدم پذیرش Not accepted	3.84	4.1	مجذور بارندگی موثر بر تولید تاثیر ندارد The square of effective rainfall does not affect the production
عدم پذیرش Not accepted	3.84	3.96	مجذور دما بر تولید تاثیر ندارد The square of temperature does not affect production
عدم پذیرش Not accepted	3.84	13.1	کارایی فنی در طول زمان ثابت است ($\eta = 0$) technical efficiency is constant over the time ($\eta = 0$)

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۲ نشان‌دهنده نتایج برآورد تابع تولید مرزی گندم دیم با استفاده روش بیشینه راست‌نمایی در دو حالت است؛ در حالت نخست، مدل بدون لحاظ متغیرهای اقلیمی برآورد شد و سپس مدل با لحاظ متغیرهای اقلیمی برآورد شد. بنا بر نتایج، در مدل برآورد شده با متغیرهای

بررسی تاثیر تغییر...۱۴۹

اقلیمی، متغیرهای بذر، سم ها، نیروی کار، سطح زیرکشت، پیشرفت فناوری، دمای هوا، مجذور دمای هوا، بارندگی موثر و مجذور بارندگی موثر تاثیر معنادار بر سطح تولید گندم دیم دارند. ضریب‌های متغیرهای بذر، سم‌ها، سطح زیرکشت، دمای هوا و مجذور دمای هوا در سطح ۱ درصد و ضریب‌های متغیرهای فناوری، بارندگی موثر و مجذور بارندگی موثر در سطح ۵ درصد بر تولید گندم دیم معنادار می‌باشند. ضریب نیروی کار نیز در سطح ۱۰ درصد بر تولید گندم دیم اثر معنادار نشان داده است. این در حالی است که متغیرهای کود شیمیایی، ماشین‌ها و ادوات، انحراف دما از میانگین بلندمدت و انحراف بارندگی موثر از میانگین بلندمدت بدون اثر معنادار بر تولید گندم دیم می‌باشند. نشانه مثبت ضریب متغیر فناوری بیانگر آن است که این متغیر تاثیر مثبت و معنادار بر سطح تولید گندم دیم دارد.

جدول (۲) نتایج برآورد مدل TRP-SPF با و بدون متغیرهای اقلیمی

Table (2) The results of estimating the TRP-SPF model with and without climatic variables

مدل با متغیرهای اقلیمی		مدل بدون متغیرهای اقلیمی		متغیر Variable
model with climatic variables	model without climatic variables	model with climatic variables	model without climatic variables	
t	ضریب	t	ضریب	
1.06	0.979	1.34	0.874	constant ضریب ثابت
3.02	0.406***	2.67	0.386**	Seed بذر
3.2	0.091***	3.2	0.106***	PES سم ها
1.266	0.051	1.68	0.086*	FER کود شیمیایی
2.169	0.049*	2.54	0.068**	LAB نیروی کار
1.24	0.132	0.65	0.085	MAC ماشین ها و ادوات
3.399	0.377***	3.14	0.366***	LAN سطح زیر کشت
2.55	0.032**	3.22	0.042***	T فناوری
-6.522	-0.584***	-	-	TEM دمای هوا

ادامه جدول (۲) نتایج برآورد مدل TRP-SPF با و بدون متغیرهای اقلیمی

Table (2) The results of estimating the TRP-SPF model with and without climatic variables

مدل با متغیرهای اقلیمی		مدل بدون متغیرهای اقلیمی		متغیر	
model with climatic variables		model without climatic variables		Variable	
t	ضریب	t	ضریب		
1.151	0.221	-	-	TEM _D	انحراف دما از میانگین بلندمدت
6.462	0.292***	-	-	TEM ² _D	مجذور دمای هوا
2.848	0.255**	-	-	PER	بارندگی موثر
-0.787	-0.112	-	-	PER _D	انحراف بارندگی موثر از میانگین بلندمدت
2.847	0.127**	-	-	PER ² _D	مجذور بارندگی موثر
7.625	0.629***	1.12	0.31	σ ²	sigma-squared
38.602	0.902***	2.4	0.00002**	γ	gamma
-208.416		-274.878		likelihood-Log	
0.615		0.998		میانگین کارایی فنی	
Average technical efficiency					

Source: Research Findings

منبع: یافته‌های تحقیق

نشانه همه متغیرهای منظور شده در مدل نیز به استثنای دمای هوا و انحراف بارندگی موثر از میانگین بلندمدت مثبت است که بیانگر تاثیر مثبت بذر، سم‌ها، نیروی کار، سطح زیرکشت، پیشرفت فناوری، مجذور دمای هوا، بارندگی موثر و مجذور بارندگی بر تولید گندم دیم است. این نتیجه مبین آن است که افزایش میانگین دمای هوا تاثیر معنادار و منفی بر تولید گندم دیم دارد در حالی که افزایش میانگین بارندگی موثر، تاثیر معنادار و مثبت بر تولید گندم دیم نشان داده است. به عبارت دیگر، نتیجه بدست آمده آثار منفی تغییر اقلیم و فاصله گرفتن از شرایط نرمال بر تولید گندم دیم را نشان می‌دهد. متغیرهای اقلیمی مجذور دمای هوا و مجذور بارندگی موثر بر تولید گندم دیم تاثیر مثبت و معنادار نشان داده‌اند. به طور کلی، کشش تولید

بررسی تاثیر تغییر... ۱۵۱

گندم دیم نسبت به تغییرپذیری‌های دما^۱ برابر با ۰/۱۲۵ به دست آمد که بیانگر آن است که با افزایش ۱ درجه‌ای دمای هوا به شرط ثابت بودن سایر شرایط، تولید گندم دیم به میزان ۰/۱۲۵ تن (۱۲۵ کیلوگرم) کاهش پیدا خواهد کرد. کشش تولید گندم دیم نسبت به تغییرپذیری‌های بارندگی موثر نیز برابر با ۰/۶۰۴ به دست آمد که بیانگر آن است که با افزایش ۱ میلی‌متری بارندگی موثر (به شرط ثابت بودن دیگر شرایط)، تولید گندم دیم به میزان ۶۰۴ کیلوگرم افزایش نشان خواهد داد.

مقایسه نتایج مدل نهایی یعنی مدل با متغیرهای اقلیمی با مدل بدون متغیرهای اقلیمی در زمینه میانگین کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم در استان‌های مهم تولیدکننده این محصول بیانگر تفاوت ۳۸ درصدی بین این دو است که تاثیر معنادار متغیرهای اقلیمی را بر کارایی فنی تولیدکنندگان گندم نشان می‌دهد. بنا بر نتایج، میانگین کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم در مدل با متغیرهای اقلیمی حدود ۶۱ درصد و در مدل بدون متغیرهای اقلیمی حدود ۹۹ درصد به دست آمده است؛ به عبارت دیگر، این اختلاف به تاثیر متغیرهای اقلیمی بر کارایی فنی تولیدکنندگان گندم بر می‌گردد.

پس از انتخاب مدل با لحاظ متغیرهای اقلیمی به عنوان مدل مناسب برای برآورد تابع تولید مرزی گندم دیم، کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم به تفکیک در استان‌های مهم تولیدکننده این محصول در فاصله سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ محاسبه شد که نتایج در جدول ۳ قابل مشاهده است.

^۱ برای محاسبه کشش از رابطه زیر استفاده شد:

$$\hat{\eta}_{ij} = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln X} = \beta_1 + 2\beta_2 \ln X$$

در این رابطه، β_1 و β_2 به ترتیب ضریب‌های متغیر دمای هوا و مجذور دمای هوا است.

جدول (۳) نتایج محاسبه کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم به تفکیک استان در طول دوره ۹۷-

۱۳۸۸ بر مبنای نتایج مدل TRP-SPF

Table (3) The results of calculating the technical efficiency of rainfed wheat producers by province according to the TRP-SPF model

میانگین (Average)	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	۱۳۸۸	استان
۰.۶۹۵	۰.۶۸۵	۰.۶۶۷	۰.۷۸۶	۰.۸۰۴	۰.۴۷۳	۰.۵۶۱	۰.۶۷۵	۰.۶۳۱	۰.۸۱۳	۰.۸۵۳	اردبیل Ardabil
۰.۶۴۳	۰.۵۶۶	۰.۵۸۸	۰.۶۷۳	۰.۷۰۱	۰.۷۷۱	۰.۵۲۶	۰.۵۰۶	۰.۵۱۱	۰.۷۴	۰.۸۵	اصفهان Isfahan
۰.۵۷۳	۰.۴۶۶	۰.۶۸۷	۰.۸۱۲	۰.۴۶۴	۰.۶۳۶	۰.۴۳۵	۰.۵۴۳	۰.۴۵۹	۰.۶۲۹	۰.۵۹۶	ایلام Ilam
۰.۵۷۷	۰.۷۹	۰.۴۴۴	۰.۸۰۷	۰.۷۹۲	۰.۵۳۶	۰.۳۶۲	۰.۴۲۷	۰.۴۳۴	۰.۶۵۸	۰.۵۱۷	آذربایجان شرقی East Azarbaijan
۰.۶۱۵	۰.۷۴۶	۰.۵۲۴	۰.۷۴۲	۰.۷۲۴	۰.۵۸۳	۰.۴۴۳	۰.۵۰۲	۰.۴۵۲	۰.۶۹۴	۰.۷۴۳	آذربایجان غربی West Azarbaijan
۰.۳۸۹	۰.۳۰۵	۰.۲۸۷	۰.۸۷۱	۰.۱۴۵	۰.۸۵	۰.۲۴۲	۰.۴۳۱	۰.۱۵۵	۰.۵۳۲	۰.۰۶۹	بوشهر Bushehr
۰.۷۳۸	۰.۶۹۱	۰.۷۲۶	۰.۶۲۷	۰.۷۸	۰.۵۳۷	۰.۸۵۷	۰.۷۴۳	۰.۹۰۲	۰.۸۲	۰.۶۹۴	تهران Tehran
۰.۵۹۱	۰.۴۵۸	۰.۵۲۲	۰.۵۸۵	۰.۵۹۲	۰.۷۳۴	۰.۴۸۳	۰.۵۴۸	۰.۴۸۴	۰.۶۶۶	۰.۸۳۵	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal and Bakhtiari
۰.۴۹۸	۰.۴۶۵	۰.۳۳۷	۰.۴۸۳	۰.۸۱۱	۰.۹۲۴	۰.۳۳۴	۰.۵۰۳	۰.۴۸۲	۰.۳۷۳	۰.۲۷	خراسان جنوبی Khorasan Razavi
۰.۶۴۶	۰.۴۶	۰.۴۹۶	۰.۹۰۵	۰.۷۳۶	۰.۵۷۲	۰.۵۰۴	۰.۵۰۵	۰.۸۵	۰.۶۵۹	۰.۷۷۴	خراسان رضوی South Khorasan
۰.۵۶۲	۰.۴۰۳	۰.۴۱۷	۰.۷۴۱	۰.۵۲۷	۰.۵۵۱	۰.۵۱۳	۰.۵۴۶	۰.۴۶۱	۰.۶۹۳	۰.۷۶۷	خراسان شمالی North Khorasan
۰.۵۴	۰.۸۱۱	۰.۸۲	۰.۷۲۳	۰.۵۶۲	۰.۶۸۵	۰.۲۹۴	۰.۲۸۴	۰.۲۴۴	۰.۴۰۳	۰.۵۷۸	خوزستان Khuzestan
۰.۶۶	۰.۸۰۶	۰.۵۱۶	۰.۷۶۶	۰.۵۸	۰.۸۳	۰.۵۳۶	۰.۵۲۲	۰.۴۵	۰.۸۳۷	۰.۷۵۹	زنجان Zanzan
۰.۵۷۴	۰.۷۵۴	۰.۳۹۷	۰.۵۸۱	۰.۴۹	۰.۴۴۶	۰.۴۷۵	۰.۵۲۷	۰.۴۴	۰.۸۳	۰.۸۰۳	سمنان Semnan
۰.۵۹۴	۰.۴۴۷	۰.۷۸	۰.۶۸۵	۰.۶۵۴	۰.۷۹۹	۰.۴۲	۰.۴۷۸	۰.۴۰۷	۰.۶۱۳	۰.۶۵۵	فارس Fars
۰.۶۱۶	۰.۵۳	۰.۴۹۴	۰.۷۴۹	۰.۶۶۳	۰.۶۲۹	۰.۴۷	۰.۵۶۳	۰.۵۶۳	۰.۷۲۶	۰.۷۷۵	قزوین Qazvin
۰.۶۰۲	۰.۸۴۹	۰.۶۲۱	۰.۸۲۴	۰.۶۵	۰.۶۰۱	۰.۵۱۴	۰.۵۰۲	۰.۵۸۵	۰.۷۸	۰.۰۹۳	کردستان Kurdistan
۰.۶۱۶	۰.۵۷۲	۰.۶۱۹	۰.۷۵۴	۰.۴۵۸	۰.۷۱۲	۰.۵۳۷	۰.۴۹۲	۰.۵۴۴	۰.۷۸۳	۰.۶۸۹	کرمانشاه Kermanshah
۰.۵۵۲	۰.۶۹	۰.۶۴۹	۰.۵۷	۰.۲۳۳	۰.۶۷۴	۰.۴۹۵	۰.۴۷۸	۰.۳۴۱	۰.۶۹۲	۰.۷۰۱	کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad
۰.۷۹۱	۰.۸۶۳	۰.۸۸	۰.۹۰۶	۰.۸۸۱	۰.۸۱	۰.۶۶۶	۰.۷۸۸	۰.۴۰۸	۰.۸۲۵	۰.۸۸۲	گلستان Golestan
۰.۶۷	۰.۶۳۸	۰.۸۰۶	۰.۸۳	۰.۷۷۲	۰.۶۳۵	۰.۶۳۳	۰.۵۳۵	۰.۵۹۱	۰.۳۸۲	۰.۸۸	گیلان Gilan
۰.۷۰۹	۰.۶۲۶	۰.۶۱۸	۰.۷۶۵	۰.۷۳۸	۰.۵۸	۰.۶۴۵	۰.۶۱۸	۱	۰.۷۸۳	۰.۷۲۱	لرستان Lorestan
۰.۷۹۲	۰.۸۱۷	۰.۷۲۳	۰.۷۹۸	۰.۷۱۸	۰.۸۵۳	۰.۷۷۷	۰.۷۲	۰.۸۱۸	۰.۷۹۸	۰.۸۹۳	مازندران Mazandaran
۰.۵۰۸	۰.۶۸۳	۰.۵۵۸	۰.۵۷۷	۰.۵۹۱	۰.۴۴۹	۰.۴۳۲	۰.۴۶۵	۰.۴۶۸	۰.۱۱۱	۰.۷۴۵	مرکزی Markazi
۰.۶۲۳	۰.۷۰۵	۰.۵۵۲	۰.۶۰۵	۰.۴۵۱	۰.۶۳۳	۰.۶۰۶	۰.۵۷۷	۰.۶۳	۰.۸۱۲	۰.۶۶۳	همدان Hamedan

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی تاثیر تغییر... ۱۵۳

میانگین کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم در استان‌های مازندران، گلستان، تهران و لرستان بیشتر از ۷۰ درصد محاسبه شده است. میانگین کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم در استان‌های اردبیل، اصفهان، ایلام، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، سمنان، فارس، قزوین، کردستان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان، مرکزی و همدان بین ۵۰ تا ۷۰ درصد محاسبه شده است. میانگین کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم در استان‌های بوشهر و خراسان جنوبی کمتر از ۵۰ درصد به دست آمده است.

محاسبه شاخص بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم تحت تاثیر متغیرهای اقلیمی

جدول ۴ نشان‌دهنده نتایج محاسبه شاخص بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم با استفاده از رابطه ۷ است. اعداد این جدول، بهره‌وری گندم دیم را تحت تاثیر متغیرهای اقلیمی (بارندگی و دما) نشان می‌دهد. فرایند محاسبه شاخص بهره‌وری کل عامل‌های تولید در روش مورد استفاده در این پژوهش به گونه‌ای است که باید یکی از استان‌های مورد بررسی را به عنوان استان مرجع در نظر گرفت. همچنین در این روش لازم است که یک سال به عنوان سال مبنا در نظر گرفته شود. بر این مبنا پر واضح است که با تغییر استان مرجع و سال مبنا، مقدار عددی شاخص بهره‌وری محاسبه شده متفاوت خواهد بود، ولیکن در نتیجه کلی به دست آمده از تحلیل یافته‌ها تغییری ایجاد نخواهد شد. با توجه به آنچه گفته شد، در این پژوهش استان اردبیل به عنوان استان مرجع و سال ۱۳۸۸ به عنوان سال مبنا برای محاسبه بهره‌وری در نظر گرفته شد.

جدول (۴) شاخص بهره‌وری CATFP تولید گندم دیم در طول دوره ۹۷-۱۳۸۸

Table (4) CATFP productivity index for rainfed wheat production

استان	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397
اردبیل Ardabil	1	1.62	1.28	1.46	1.35	1.13	1.91	1.93	1.58	1.43
اصفهان Isfahan	0.25	0.25	0.17	0.21	0.22	0.39	0.22	0.24	0.31	0.18
ایلام Ilam	0.57	0.56	0.64	0.49	0.71	0.76	0.67	0.89	0.76	0.67
آذربایجان شرقی East Azarbaijan	1.28	2.09	1.39	0.83	1.12	1.36	1.74	1.89	1.11	2.35
آذربایجان غربی West Azarbaijan	1.47	1.47	1.49	1.32	1.45	1.73	1.66	1.9	1.26	1.93

ادامه جدول (۴) شاخص بهره‌وری CATFP تولید گندم دیم در طول دوره ۹۷-۱۳۸۸

Table (4) CATFP productivity index for rainfed wheat production

1397	1396	1395	1394	1393	1392	1391	1390	1389	1388	استان
0.08	0.1	0.25	0.1	0.36	0.31	0.23	0.14	0.19	0.07	بوشهر Bushehr
0.04	0.07	0.04	0.04	0.04	0.16	0.08	0.08	0.01	0.03	تهران Tehran
0.53	0.56	0.49	0.54	0.54	0.53	0.43	0.39	0.5	0.52	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal and Bakhtiari
0.05	0.03	0.02	0.02	0.04	0.16	0.08	0.07	0.04	0.12	خراسان جنوبی Khorasan Razavi
0.36	0.22	0.52	0.52	0.27	0.32	0.58	0.62	0.59	0.94	خراسان رضوی South Khorasan
0.47	0.47	1.09	0.68	0.75	0.49	0.54	0.39	0.77	0.85	خراسان شمالی North Khorasan
0.72	0.65	0.99	0.33	0.81	0.59	0.53	0.45	0.84	0.36	خوزستان Khuzestan
1.75	1.06	1.34	1.15	1.23	1.43	1.47	1.48	1.48	1.85	زنجان Zanzan
0.27	0.17	0.27	0.12	0.13	0.25	0.16	0.19	0.17	0.22	سمنان Semnan
0.25	0.56	0.61	0.48	0.76	0.48	0.43	0.35	0.5	0.72	فارس Fars
0.76	0.55	0.75	0.53	0.6	0.57	0.47	0.62	0.53	0.44	قزوین Qazvin
2.85	2.72	2.25	2.05	2.21	1.72	1.89	1.64	1.87	1.05	کردستان Kurdistan
2.22	2.09	2.63	1.6	1.86	1.71	1.6	1.79	1.9	2.08	کرمانشاه Kermanshah
0.25	0.74	0.83	0.6	0.88	0.69	0.66	0.45	0.8	0.77	کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad
2.59	2.24	3.02	2.35	2.24	2.29	1.97	2.15	2.19	2.39	گلستان Golestan
0.5	0.66	0.33	0.24	0.2	0.15	0.12	0.2	0.29	0.15	گیلان Gilan
1.64	1.6	2.1	1.33	1.5	1.19	1.41	2.42	2.18	1.64	لرستان Lorestan
0.76	0.59	0.8	0.79	1.17	1.03	1	1.24	0.67	0.98	مازندران Mazandaran
1.15	0.9	0.85	0.95	1.1	1.15	1.13	1.16	0.49	1.3	مرکزی Markazi
2.05	1.36	1.64	1.08	1.6	1.25	1.44	1.43	1.37	1.71	همدان Hamedan

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق (استان مرجع: اردبیل، سال مبدا: ۱۳۸۸)

بررسی تاثیر تغییر... ۱۵۵

جدول ۴ نشان‌دهنده روند تغییرپذیری‌های شاخص بهره‌وری CATFP گندم دیم در بین استان‌های مهم تولیدکننده این محصول در طول دوره نسبت به استان مرجع است. بر مبنای یافته‌ها، شاخص بهره‌وری CATFP در استان‌های مختلف نوسان‌هایی را نشان می‌دهد که بیانگر شکاف معنادار تغییرپذیری‌های شاخص بهره‌وری در بین استان‌های مختلف تولیدکننده گندم دیم است.

بنا بر نتایج، شاخص بهره‌وری CATFP گندم دیم طی دوره ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ در اغلب استان‌های مورد بررسی افزایش همراه با نوسان نشان می‌دهد. سرعت افزایش شاخص بهره‌وری در استان‌های کرمانشاه، کردستان، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، کردستان، همدان و گلستان نسبت به سایر استان‌ها در دوره یاد شده بیشتر بوده است. شاخص یاد شده در دوره مورد بررسی در استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، زنجان، کردستان، کرمانشاه، گلستان، لرستان، مرکزی و همدان به طور معناداری بیشتر از دیگر استان‌ها است. تغییرپذیری‌های شاخص بهره‌وری CATFP گندم دیم در استان‌های ایلام، چهارمحال و بختیاری، اصفهان، بوشهر، خراسان جنوبی، سمنان، فارس، قزوین، خوزستان، خراسان شمالی، خراسان رضوی، زنجان، گیلان، کهگیلویه و بویراحمد، مرکزی، مازندران، همدان، لرستان و تهران روندی افزایشی ملایم همراه با نوسان را طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۸ نشان می‌دهد.

مقدار کمی شاخص بهره‌وری CATFP محاسبه شده برای استان‌های تهران و خراسان جنوبی بسیار کمتر از دیگر استان‌های تولیدکننده گندم دیم است. بیشترین مقدار کمی شاخص بهره‌وری CATFP در طول دوره مورد بررسی مربوط به استان گلستان است. کمترین شاخص CATFP در استان گلستان در سال ۱۳۹۱ و بیشترین مقدار آن در سال ۱۳۹۷ مشاهده می‌شود. نتایج نشان داد که استان تهران از جمله استان‌هایی است که دارای میانگین کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم بیشتر از ۷۰ درصد است. این در حالی است که شاخص بهره‌وری CATFP در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۷ در استان تهران کمتر از دیگر استان‌های تولیدکننده گندم دیم است. از جمله عامل‌های موثر بر تنزل جایگاه استان تهران در شاخص بهره‌وری، عامل‌های اقلیمی است. برابر انتظار، نوسان‌های آب و هوایی تأثیرگذاری‌های مطلوبی بر تولید گندم دیم ندارد. به عنوان مثال، افزایش دمای هوای سالانه تأثیرگذاری‌های نامطلوبی بر تولید دارد و این تأثیرها در استان‌های مختلف سبب تفاوت در تولید، کارایی و بهره‌وری تولید در استان‌ها می‌-

شود. همچنین رخدادهای بارش‌های غیرموثر که برای تامین نیاز آبی گیاه سودمند نیست، می‌تواند بر تولید محصول تاثیر منفی نشان دهد.

تعیین سهم عوامل موثر بر بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم

جدول ۵ سهم کارایی فنی، پیشرفت فناوری، کارایی مقیاس و اثرگذاری‌های اقلیمی را در تغییرپذیری‌های CATFP تجمعی نشان می‌دهد. بنابر نتایج، میانگین سهم پیشرفت‌های فناورانه‌ای حدود ۲۸ درصد به دست آمده که بیشتر از دیگر عامل‌ها بوده و بنابراین بیانگر تاثیر بیشتر این عامل در تغییرپذیری‌های شاخص بهره‌وری CATFP است. پس از آن میانگین شاخص اثرگذاری‌های اقلیمی برابر با ۲۴/۷ است که در جایگاه دوم اثرگذار بر شاخص بهره‌وری CATFP قرار دارد. این نتیجه مبین آن است که حدود ۲۵ درصد تغییرپذیری‌های شاخص بهره‌وری به تغییرپذیری‌های اقلیمی بر می‌گردد. کارایی مقیاس نیز عامل تغییرپذیری‌های حدود ۲۴ درصد تغییرپذیری‌های شاخص بهره‌وری CATFP در دوره ۹۷-۱۳۸۹ بوده است. کارایی فنی نیز با سهمی حدود ۲۳ درصد، کمترین نقش را در تغییرپذیری‌های شاخص بهره‌وری در دوره مورد بررسی داشته است.

جدول (۵) سهم کارایی فنی، پیشرفت فناوری، کارایی مقیاس و اثرگذاری‌های اقلیمی در تغییرپذیری‌های CATFP تجمعی

Table (۵) Contribution of technical efficiency, technological progress, scale efficiency and climate effects in cumulative CATFP changes

میانگین سهم	1397	1396	1395	1394	1393	1392	1391	1390	1389		
22.70	23.11	22.30	25.71	23.50	24.23	19.54	20.81	20.22	24.84	technical efficiency	کارایی فنی
24.73	24.97	24.74	22.65	25.24	25.02	25.18	25.80	25.73	23.27	climate effects	اثرات اقلیمی
28.29	28.86	29.70	27.53	29.19	27.99	28.82	28.61	27.58	26.32	technological progress	پیشرفت فناوری
24.28	23.06	23.27	24.11	22.07	22.76	26.47	24.78	26.48	25.56	scale efficiency	کارایی مقیاس

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

جمع‌بندی و پیشنهادها

هدف کلی این پژوهش تعیین سهم تغییرپذیری‌های اقلیمی در نوسان‌های بهره‌وری کل عامل‌های تولید گندم دیم در استان‌های مهم تولیدکننده این محصول در ایران بود. به منظور

بررسی تاثیر تغییر... ۱۵۷

ارزبابی چگونگی تاثیرگذاري تغييرپذيري‌هاي اقليمي (تغيير پذيري‌هاي الگوهاي دما و بارش) بر توليد و بهره‌وري گندم ديم، اثر شاخص‌هاي آب و هوايي بر توليد اين محصول برآورد شد و سپس شاخص بهره‌وري کل عامل‌هاي تعديل شده اقليمي (CATFP) محاسبه شد. از فراسنجه‌هاي مدل‌هاي توليد مرزي تصادفي برآورد شده براي محاسبه و تحليل بهره‌وري کل عامل‌هاي تعديل شده توسط متغيرهاي اقليمي (CATFP) استفاده شد.

نتايج برآورد مدل TRP-SPF با لحاظ متغيرهاي نماينده اثرگذاري‌هاي اقليمي مابين آن است که متغيرهاي بذر، سم‌ها، نيروي کار، سطح زيرکشت، پيشرفت فناوري، دماي هوا، مجذور دماي هوا، بارندگي موثر و مجذور بارندگي موثر تاثير معنادار بر سطح توليد گندم ديم دارند. متغير فناوري تاثير مثبت و معنادار بر سطح توليد گندم ديم نشان داده است که اين نتيجه همانند يافته‌هاي پژوهش Lachaud and Bravo-Ureta (2020) و Lachaud et al. (2015) مي‌باشد. بنابر نتايج، افزايش ميانگين دماي هوا تاثير منفي بر توليد گندم ديم دارد، اما بارندگي موثر، مجذور دماي هوا و مجذور بارندگي موثر بر توليد گندم ديم تاثير مثبت و معنادار دارند.

نتايج محاسبه شاخص بهره‌وري کل عامل‌هاي توليد گندم ديم مابين روند افزايشي همراه با وجود نوسان‌هايي در شاخص بهره‌وري CATFP در استان‌هاي مهم توليدکننده است. سرعت افزايش شاخص بهره‌وري در استان‌هاي کرمانشاه، کردستان، آذربايجان شرقي، آذربايجان غربي، اردبيل، کردستان، همدان و گلستان نسبت به استان‌هاي ديگر (ايلام، چهارمحال و بختياري، اصفهان، بوشهر، خراسان جنوبي، سمنان، فارس، قزوین، خوزستان، خراسان شمالي، خراسان رضوي، زنجان، گيلان، کهگیلويه و بویراحمد، مرکزي، مازندران، همدان، لرستان و تهران) در دوره ياد شده بيشتر بوده است. بيشترين مقدار شاخص بهره‌وري CATFP در طول دوره مورد بررسي مربوط به استان گلستان و کمترین مقدار نیز به استان‌هاي تهران و خراسان جنوبي تعلق دارد.

تغييرپذيري‌هاي و نوسان‌هاي شاخص CATFP به طور عمده تحت تاثير تغييرپذيري‌هاي فناورانه‌اي و پس از آن تغييرپذيري‌هاي اقليمي قرار دارد. کارايي فني کمترین سهم را در تغيير شاخص بهره‌وري دارد. اثر شاخص کارايي مقياس نیز نزديک به تغيير اقليمي بوده و در رده سوم اثرگذاري بر شاخص CATFP قرار دارد. اين نتيجه بيانگر نقش مهم تغييرپذيري‌هاي اقليمي در شاخص بهره‌وري در طول دوره مورد بررسي است. همچنين مقايسه نتايج برآورد مدل با

متغیرهای اقلیمی با مدل بدون متغیرهای اقلیمی در زمینه میانگین کارایی فنی تولیدکنندگان گندم دیم بیانگر تفاوت ۳۸ درصدی بین این دو است که تاثیر معنادار متغیرهای اقلیمی را بر کارایی فنی تولیدکنندگان گندم نشان می‌دهد. در این راستا به نظر می‌رسد که گسترش ابزار و اقدام‌های مناسب در جهت سازگاری^۱ و تطابق^۲ با شرایط اقلیم اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین، مدیریت مناسب آب باران و گردآوری و ذخیره‌سازی آن برای استفاده در فرایند تولید محصول-های دیم به ویژه گندم قابل توجه و تاکید است که در این راستا حمایت مالی و فنی دولت نیز ضروری است.

منبع‌ها:

- Altinsoy, H., Kurt, C., and Kurnaz, M. L. (2013). Analysis of the Effect of Climate Change on the Yield of Crops in Turkey Using a Statistical Approach. In C. G. Helmis and P. T. Nastos (Eds.), *Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics SE*, 53: 379–384.
- Aigner, D.J., Lovell, C.A.K., and Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models, *Journal of Econometrics*, 6(1): 21 - 37.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3: 153-169.
- Baldos, U.L.C., and Hertel, T.W. (2014). Global food security in 2050: the role of agricultural productivity and climate change, *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 58: 554–570.
- Barani, N., and Karami, A. (2019). The impacts of climate change on total agronomical production in tenfold agro-ecological zones of Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 33(1): 95-107. doi: 10.22067/jead2.v0i0.79259. (In Farsi)
- Bruckner, M., and Ciccone, A. (2011). Rain and the democratic window of opportunity. *Econometrica*, 79 (3): 923–47.
- Calzadilla, A., Zhu, T., Rehdanz, K., Tol, R.S. and Ringler, C. (2013). Economy-wide impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa. *Ecological Economics*, 93: 150-165.

¹ Mitigation

² Adaptation

بررسی تاثیر تغییر... ۱۵۹

- Chambers, R.G. and Pieralli, S. (2020). The sources of measured US agricultural productivity growth: weather, technological change, and adaptation. *American Journal of Agricultural Economics*, 102(4): 1198–1226. <https://doi.org/10.1002/ajae.12090>
- Coelli, T.J. (1994). A guide to FRONTIER version 4.1: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation, CEPA Working Paper 96/7, Department of Econometrics, University of New England, Armidale NSW Australia.
- Dell M., Jones B. F., and Olken B. A. (2012). Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half-century. *American Economic Journal Macroeconomics* 4(3): 66-95.
- Ghorbani, M. and Hosseini, S.S. (2005). Growth of total productivity of biological production factors, technical progress, and efficiency change in rainfed wheat production. The 5th Conference of Iran Agricultural Economics.
- Kavoosi, M., and Khaligh Khiyavi, P. (2016). Analysis of total factors productivity growth in Iran's agronomy sub-sector. *Agricultural Economics Research*, 8(30): 157-172. (In Farsi)
- Khaleghi, S., Bazazan F., and Madani Sh. (2015). The effects of climate change on agricultural production and the Iranian economy. *Agricultural Economics Research*, 7(25): 113-135. (In Farsi)
- Kiani Harchgani, Z., Kiani Rad, A. and Mohammadinejad, A. (2014). Measuring changes in total factors productivity of Iran's crops using the Malmquist index. The 6th International Conference on Data Envelopment Analysis, Lahijan, <https://civilica.com/doc/351706>.
- Koocheki, A., & Kamali, G. (2010). Climate change and rainfed wheat production in Iran. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(3): 508-520. doi: 10.22067/gsc.v8i3.7770.
- Lachaud, M.A., and Bravo-Ureta, B.E. (2020). Agricultural productivity growth in Latin America and the Caribbean: an analysis of climatic effects, catch-up, and convergence. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 65: 143–170.
- Lachaud, M.A., Bravo-Ureta, B.E., and Ludena, C.E. (2015). Agricultural productivity growth in LAC and other world regions: an analysis of climatic effects, convergence, and catch-up. Inter-American Development Bank Working Paper No. 607 (IDB-WP-607), Washington DC.

- Maccini, S., and Yang, D. (2009). Under the weather: health, schooling, and economic consequences of early-life rainfall. *The American Economic Review*, 99(3): 1006-1026.
- Malakootikhah, Z., and Farajzadeh, Z. (2020). Climate change impact on agriculture value added. *Agricultural Economics and Development*, 28(3): 1-30. doi: 10.30490/aead.2020.305725.1093. (In Farsi)
- Misra, A. K. (2014). Climate change and challenges of water and food security. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1): 153-165.
- Mozafari, S., Rezaee, A., Shirani, F., & Eshraghi, F. (2023). Analysis of total factors productivity growth of agricultural sector in selected member countries of the Organization of the Islamic Conference. *Economic Growth and Development Research*, (paper accepted for publication), doi: 10.30473/egdr.2023.65931.6618. (In Farsi)
- Meeusen, W., and Van Den Broek, J. (1977), Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error, *International Economic Review*, 18: 437-444.
- Reilly, J. (1999). What does climate change mean for agriculture in developing countries? A comment on Mendelsohn and Dinar. *The World Bank Research Observer*, 14(2): 295-305.
- Shirani Bidabadi, F., Ahmadi, S., and Amin Ravan, M. (2015). Application of the Malmquist index to investigate the total factor productivity of wheat in the Northern area of Iran. *Agricultural Economics Research*, 7(25), 137-155. (In Farsi)
- Shokouhi, M., Sanaei-Nejad, S. H., & Bannayan Aval, M. (2019). The Effect of Climate Change on Main Areas of Rainfed Wheat Production in Iran. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(6), 1293-1305. (In Persian) doi: 10.22059/ijswr.2019.269808.668060
- Wang, J., Huang, J. and Yan, T. (2013). Impacts of Climate Change on Water and Agricultural Production in Ten Large River Basins in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(7): 1267-1278 .
- Xu J, Wang Y, Zhao X, Etuah S, Liu Z and Zhu H (2023) Can agricultural trade improve total factor productivity? Empirical evidence from G20 countries. *Front. Sustain. Food Syst.* 7:1100038. doi: 10.3389/fsufs.2023.1100038
- Zanganeh, M., and Rafee, H. (2019). Survey on convergence in the growth of total factor ityproductiv in the agricultural sector of Iran: A case study

بررسی تاثیر تغییر... ۱۶۱

of corn farming. *Agricultural Economics Research*, 11(43): 111-126. (In Farsi)

Zarea Feizabadi, A., Koocheki, A., & Nasiri mahalati, M. (2006). Trend analysis of yield, production and cultivated area of cereal in Iran during the last 50 years and prediction of future situation. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4(1): 49-70. doi: 10.22067/gsc.v4i1.1318. (In Farsi)



Investigating the Impact of Climate Change on Fluctuations of Total Factor Productivity of Rainfed Wheat Production in Important Producing Provinces in Iran

Elham Barikani, AfshinAmjadi, Seyed Mohammad Jafar Esfahani¹

Received: 26 April.2023

Accepted: 26 Nov.2023

Extended Abstract

Introduction

This study was conducted to investigate the effective components in the fluctuations of the total factor productivity of rainfed wheat production with emphasizing the role of climate change in the important provinces that produce rainfed wheat in Iran.

Materials and Methods

For this purpose, a True Random Parameter Stochastic Production Frontier (TRP-SPF) Model was estimated using panel data and the obtained coefficients were used for calculating the proposed productivity index .

Results and Discussion

The results of estimation of True Random Parameter Stochastic Production Frontier (TRP-SPF) Model show that the variables of seed, pesticides, labor force, cultivated area, technological progress, square of air temperature, effective rainfall and square of effective rainfall have a significant and positive effect on the production of rainfed wheat while the air temperature has a negative and significant effect on the production of rainfed wheat. The results of calculating CATFP index of rainfed wheat show the existence of fluctuations in it. The analysis of the contribution of factors affecting changing the CATFP index showed that this index is mainly influenced by technological changes and then climate changes. After that, scale efficiency and technical efficiency are in the third and fourth places of influencing the CATFP index.

Suggestion

Based on the results, the technical efficiency gap is 38% as a result of the influence of climatic variables. Therefore, the development of appropriate measures to adapt and mitigation to climate change is particularly important.

¹Respectively: Assistant Professor (Corresponding Author) & Assistant Professors of Agricultural Planning, Economics and Rural Development Research Institute (APERDRI), Tehran, Iran.

Email: barikani_e@yahoo.com

Also, the proper management of rainwater and its storage for use in the production process of rainfed wheat, can be suggested, and in this regard, the financial and technical support of the government will be inevitable.

JEL Classification: O47,C14,D33

Keywords: Climate Change, Technical Efficiency, Iran, Rainfed Wheat, Total Productivity Index