



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۱۲ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۱

صفحه‌های ۸۷-۹۸

DOI: 10.22059/jwim.2022.330585.921

مقاله پژوهشی:

کارایی فنی مصرف آب در زیربخش زراعت ایران با استفاده از مدل ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها

سمیه شیرزادی لسکوکالایه^{۱*}، پروین قادری‌نژاد^۲، زهرا نعمت‌الهی^۳

۱. استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
 ۲. دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
 ۳. دانش‌آموخته دکتری، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
- تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۰۷

چکیده

از مهم‌ترین ابزارهای اقتصادی در ارتقای بخش کشاورزی، استفاده بهینه از میزان نهاده‌ها به‌ویژه نهاده آب می‌باشد. کمبود آب و هزینه‌های سنگین تأمین آن، افزایش کارایی و ارزش مصرف آب را به یکی از مهم‌ترین هدف‌های ملی مطرح نموده است. لذا این پژوهش با هدف بررسی کارایی مصرف آب در زیربخش زراعت کشور صورت گرفته است. بدین منظور، از مدل ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED) استفاده شده است. داده‌های پژوهش شامل تولید ناخالص محصولات زراعی آبی، میزان مصرف آب، نیروی کار و نهاده‌های واسطه در زیربخش زراعت ۳۰ استان کشور طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۴ می‌باشند که از سایت وزارت جهاد کشاورزی جمع‌آوری شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین کارایی کل نهاده‌های تولیدی در زیربخش زراعت، برابر با ۹۳/۳۶ درصد و میانگین کارایی آب آبیاری طی دوره موردبررسی در این زیربخش برابر با ۸۳/۰۲ درصد بوده است (میانگین دوره‌ای). کارایی آب آبیاری در تمام سال‌های موردبررسی، کم‌تر از کارایی کل نهاده‌های تولید بوده است. بنابراین با توجه به پایین‌بودن کارایی مصرف نهاده آب نسبت به دیگر نهاده‌های مصرفی، پیشنهاد می‌شود، کلاس‌های ترویجی در راستای آگاه‌سازی کشاورزان جهت استفاده درست و بهینه این نهاده صورت گیرد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داده است که میانگین کارایی آب استان‌های کشور در زیربخش زراعت برابر با ۸۳/۱۴ درصد بوده است (میانگین مقطعی) که استان‌های گیلان و قم به‌ترتیب بیش‌ترین (۸۷/۷۶ درصد) و کم‌ترین (۸۱/۸۵ درصد) میزان کارایی آب را طی دوره موردبررسی داشته‌اند. لذا در راستای بهبود کارایی مصرف آب، پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌ریزی کشت استان‌های با کارایی پایین آب شامل قم، ایلام، خراسان جنوبی، اردبیل، هرمزگان، سیستان و بلوچستان، بوشهر، کردستان، سمنان و خراسان شمالی، اقداماتی هم‌چون بهبود سیستم آبیاری محصولات زراعی و اصلاح الگوی کشت به سمت کشت محصولات کم‌آب‌بر و بهینه‌سازی آن انجام گیرد.

کلیدواژه‌ها: آب، زیربخش زراعت، کارایی فنی، مدل ناپارامتریک تصادفی.

Evaluation of water consumption technical efficiency in Iran's agriculture sub-sector using Stochastic Nonparametric Envelopment of Data (StoNED)

Somayeh Shirzadi Laskookalayeh^{1*}, Parvin Ghaderi Nejad², Zahra Nematollahi³

1. Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari, Iran.
2. Ph.D. Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari, Iran.
3. Ph.D. Graduated, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari, Iran.

Received: September 13, 2021

Accepted: March 27, 2022

Abstract

One of the most important economic tools in promoting the agricultural sector is the optimal use of inputs, especially water inputs. Water scarcity and the high costs of providing it have made increasing the efficiency and value of water consumption one of the most important national goals. Therefore, this study was conducted to investigate the water use efficiency in the country's agriculture sub-sector. For this purpose, the non-parametric stochastic data model (StoNED) has been used. The research data include gross crop production, water consumption, labor and intermediate inputs in the agricultural sub-sector of 30 provinces of the country during the years 2005-2015, which has been collected from the website of the Ministry of Jihad Agriculture. Based on the results, the average efficiency of total production inputs in the agricultural sub-sector was equal to 93.36 percent and the average efficiency of irrigation water during the period under study in this sub-sector was equal to 83.02 percent (periodic average). Irrigation water efficiency in all years under study was less than the efficiency of total production inputs. Therefore, due to the low efficiency of water input consumption compared to other used inputs, it is suggested that extension courses be held to inform farmers in the field of correct and optimal use of water input. Also, the results of this study have shown that the average water efficiency of the provinces in the agricultural sub-sector has been equal to 83.14 percent (cross-sectional average) that the provinces of Gilan and Qom have the highest (87.76 percent) and the lowest (81.85 percent), respectively. Therefore, in order to improve water use efficiency, it is suggested that in the cultivation planning of provinces with low water efficiency, including Qom, Ilam, South Khorasan, Ardabil, Hormozgan, Sistan and Baluchestan, Bushehr, Kurdistan, Semnan and North Khorasan, Take actions such as Improving the irrigation system of crops and modifying the cultivation pattern towards cultivating low-water crops and optimizing it.

Keywords: Cultivation, Nonparametric stochastic model, Technical efficiency, Water.

مقدمه

آب یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن حاضر است که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان باشد. ایران با متوسط بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر، جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید که این مقدار در مقایسه با متوسط جهانی که ۸۰۰ میلی‌متر است، کم‌تر از یک سوم می‌باشد. از سوی دیگر، متوسط تبخیر در کشور ۲۱۰۰ میلی‌متر بوده که در مقایسه با متوسط جهانی که ۷۰۰ میلی‌متر است، سه برابر می‌باشد. هم‌چنین توزیع نامناسب مکانی و زمانی بارندگی در کشور به گونه‌ای است که ۷۰ درصد از بارندگی در ۲۵ درصد از سطح کشور و ۳۰ درصد آن در ۷۵ درصد مناطق دیگر کشور صورت می‌پذیرد و هم‌چنین اکثراً فصل بارندگی بر زمان آبیاری منطبق نیست (Nematollahi, 2018). مقایسه کشورهای واقع در مناطق معتدله با کشورهای مستقر در نواحی خشک و نیمه‌خشک زمین نشان‌دهنده آن است که کمبود آب، یکی از عوامل مهم بازدارنده توسعه کشاورزی، در اکثر کشورهای در حال توسعه به‌ویژه کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (Davar Panah, 2001). با وجود کمبود منابع آبی، رشد جمعیت و گسترش سطح زیر کشت آبی در سه دهه اخیر، بهره‌برداری از منابع آب در سراسر جهان افزایش یافته و موجب پیشی‌گرفتن تقاضا بر عرضه جهانی و درنهایت کمیابی منابع آب شده است. به‌طوری‌که برخی معتقدند در آینده‌ای نزدیک، رفاه جمعیت جهان به‌طور قابل‌توجهی به بهره‌برداری بهینه و پایدار منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی بستگی خواهد داشت. در ایران نیز طی سال‌های گذشته به دلایل متعددی نظیر استحصال بی‌رویه و غیرمنطقی از منابع آب موجود، به‌ویژه آب‌های زیرزمینی، بروز مشکلاتی نظیر خشک‌سالی و عدم رعایت اصول حفاظت در بهره‌برداری از منابع آب، برخی از این

منابع کشور نابود شدند و یا در معرض خطر نابودی قرار گرفتند (Tehran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture, 2016). کمبود آب در ایران یکی از عوامل محدودکننده اصلی توسعه فعالیت‌های اقتصادی در دهه‌های آینده به‌شمار می‌رود، به همین جهت دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و مصرف آب، یک اصل اساسی و ضروری است (Tajrishii & Abrishamchi, 2004). در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، روزبه‌روز بر اهمیت و ارزش آب به‌عنوان منبعی کمیاب افزوده می‌شود و بر همین اساس نیاز به مدیریت کارآتر و مؤثرتر از این منابع کمیاب، در حال افزایش است. با توجه به آن‌که سهم عمده‌ای از منابع محدود آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، سیاست‌گذاری برای مدیریت بهینه مصرف آب امری ضروری است و به همین دلیل، بررسی‌های اخیر پژوهش‌گران به سمت صرفه‌جویی در مصرف آب و نیز افزایش بازده آبیاری و کارایی مصرف آب سوق پیدا کرده است (Dehghani et al., 2014). کارایی در مصرف آب یک مفهوم وسیع است که می‌تواند با روش‌های مختلفی تعریف شود محاسبه کارایی نشان می‌دهد که واحدهای تولیدی چگونه می‌توانند از منابع در راستای بهترین کارکرد استفاده کنند. حال با توجه به این‌که ۹۲ درصد منابع آبی کشور در بخش کشاورزی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Tehran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture, 2016) و از طرفی نهاده آب نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی دارد، بهره‌برداری بهینه و استفاده کارآتر از آن، هم می‌تواند به افزایش درآمد در بخش کشاورزی منجر شود و هم در رفع محدودیت‌های این منبع با ارزش مؤثر خواهد بود. بخش کشاورزی در ایران یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی است که نزدیک به نه درصد تولید ناخالص

استفاده از مدل تعادل عمومی انجام داده است. نتایج مطالعه وی نشان داد که پس از افزایش کارایی هیچ کاهش مصرفی در استفاده از آب صورت نگرفته است و حتی در سطح جهانی، استفاده از آب، به مقدار کمی، افزایش یافته است. Esfanjari Kenari *et al.* (2019) کارایی فنی و اندازه بهینه مزارع برنج در شهرستان فریدونکنار استان مازندران را با استفاده از مدل ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED)^۱ تعیین نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که اندازه اقتصادی بهینه مزارع در منطقه مورد مطالعه برابر ۱/۹۴۹ هکتار و ۴۳ درصد بیشتر از متوسط سطح کشت منطقه است. هم‌چنین نتایج کارایی فنی با استفاده از مدل مذکور نیز نشان داد که اندازه مزارع با کارایی واحدها رابطه مستقیمی دارد و تولید در مزارع بزرگ‌تر، اقتصادی‌تر و کاراتر می‌باشد. Alipour & Mousavi (2018) الگوی بهینه تولید محصولات زراعی با تأکید بر افزایش بهره‌وری آب را بررسی کرده‌اند که براساس نتایج به‌دست‌آمده، با تدوین الگوی بهینه تولید محصولات زراعی، بهره‌وری آب به میزان ۱۵ درصد، بازده ناخالص به میزان نه درصد و خالص انرژی به میزان ۲۰ درصد افزایش داشتند. Ganji *et al.* (2018) به شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی نهاده آب در تولید گندم استان البرز با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند. براساس نتایج ارائه‌شده، میانگین کارایی فنی در واحدهای موردبررسی در حالت بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب ۷۴ و ۷۸ درصد و میانگین کارایی آب مصرفی نیز در این دو حالت به ترتیب ۸۸ و ۹۰ درصد می‌باشند. Esfanjari Kenari (2016) شاخص‌های کارایی انرژی و کارایی فنی گندم‌کاران در استان مازندران را با استفاده از مدل ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED) محاسبه کرده است و میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس را به ترتیب ۰/۴۶، ۰/۴۵ و ۰/۴۳ گزارش

داخلی، ۱۹ درصد اشتغال و ۱۷/۸ درصد از صادرات غیرنفتی را به خود اختصاص می‌دهد. در این میان، سهم زیربخش زراعت از ارزش‌افزوده بخش کشاورزی بسیار قابل‌توجه می‌باشد (Kavousi & Khaliq, 2016) و براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۸، از ۱۰۶ میلیون تن محصولات کشاورزی ۸۳ میلیون تن مربوط به محصولات زراعی است که عمده محصولات استراتژیک (گندم، جو، ذرت دانه‌ای و غیره) مربوط به این زیربخش می‌باشند. آمار بیان‌شده، نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که رشد زیربخش زراعت، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد بخش کشاورزی دارد.

کمبایی آب از یک طرف و هزینه‌های هنگفت تأمین آن از طرف دیگر، افزایش کارایی و ارزش مصرف آب را به‌صورت یکی از مهم‌ترین هدف‌های ملی مطرح کرده است. با توجه به مشکلات عدیده بخش آب در ایران، پایین‌بودن بهره‌وری مصرف آب و تقاضای بالای آن، وضعیت نامناسب منابع آبی، برداشت‌های بی‌رویه، کاهش سفره‌های آب زیرزمینی و ...، مدیریت بهینه و استفاده صحیح از منابع آب در دسترس ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. بنابر ضرورت و اهمیت موضوع کارایی آب و اهمیت این نهاده در بخش کشاورزی، مطالعات متعددی در این زمینه صورت گرفته است. برای مثال Shahnavaizi (2019) در مطالعه خود با استفاده از الگوی MIP-DEA به تعیین رتبه کارایی مصرف آب محصولات غله‌ای در استان آذربایجان شرقی پرداخته است. نتایج مطالعه وی نشان داد، در شاخص عملکرد به آب، ذرت دانه‌ای، گندم، جو و برنج به ترتیب در رتبه‌های نخست تا چهارم و براساس شاخص درآمد به آب، برنج، گندم، ذرت دانه‌ای و جو، رتبه‌های نخست تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. Jaume Freire (2019)، با هدف بررسی تأثیر افزایش کارایی بر استفاده از آب در کشور اسپانیا مطالعه‌ای را با

بهبود روش حمل و نقل می‌تواند ۶۲/۱ درصد از کل صرفه‌جویی در آب را در بخش کشاورزی ایجاد کند. Chebil *et al.* (2013) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و محاسبه کارایی نهاده آب مصرفی مزارع در تونس نشان دادند که سطح تحصیلات زارعین، میزان دسترسی به اعتبارات و خدمات کشاورزی، رابطه مثبت و معنی‌داری با کارایی آب مصرفی مزارع دارند.

بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه محاسبه کارایی، نشان می‌دهد که مبحث کارایی و استفاده از روش تحلیل پوششی داده در محاسبه کارایی فنی (کل نهاده‌ها) در بخش کشاورزی به‌طور گسترده به‌کار گرفته شده است، اما در زمینه صرفاً نهاده آب گستردگی کم‌تری وجود دارد. ضمن این‌که استفاده از مدل ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED) در ایران مغفول مانده است. با توجه به این‌که یکی از مهم‌ترین ابزارهای اقتصادی در ارتقای بخش کشاورزی، استفاده بهینه از میزان نهاده‌ها و به‌ویژه نهاده آب می‌باشد، این پژوهش با هدف بررسی کارایی آب در زیربخش زراعت کشور صورت گرفته است و بدین منظور از مدل StoNED استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، برای محاسبه کارایی فنی از مدل ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED) استفاده شده است. این مدل تلفیقی از مدل ناپارامتریک تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA)^۳ که دارای قیود یکنواختی و تقعر است با مدل پارامتریک مرزی تصادفی^۴ می‌باشد. با توجه به فرایند تولید با چند نهاده و چند ستانده، تکنولوژی تولید می‌تواند از طریق تولید مرزی $F(x)$ (رابطه ۱) نشان داده شود (Shen & Lin, 2017). در رابطه (۱)، x یک بردار m بعدی از نهاده‌ها و ε_{ii} جز خطا است و i معرف

نموده است. Sirajuddin *et al.* (2016) کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) و کارایی کل نهاده‌های مصرفی در تولید محصول نیشکر در شرکت‌های کشت و صنعت فعال در استان خوزستان را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه کرده‌اند. میانگین کارایی استفاده از آب آبیاری برای کشت نیشکر حدود ۷۰ درصد و میانگین کارایی کل نهاده‌ها برای تولید این محصول، حدود ۸۰ درصد بوده است. در پژوهش Yaghoubi *et al.* (2015) شاخص کارایی مصرف آب برای کل زیست‌توده و دانه تولیدی گندم به‌ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۳۶ کیلوگرم در مترمکعب و برای کل زیست‌توده و کلاله تولیدی زعفران ۰/۳۶ و ۰/۰۲ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست‌آمده است. براساس نتایج پژوهش Riahi Farsani *et al.* (2014) بهره‌وری مصرف آب آبیاری با محاسبه‌کردن وزن خشک محصول، به‌طور متوسط برای دشت‌های بروجن، خان‌میرزا و شهرکرد به‌ترتیب برابر با ۰/۵۱، ۲/۵۷ و ۲ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. Dehghani *et al.* (2014) نقش آبیاری دقیق در مصرف آب و کارایی آب را بررسی کرده‌اند و نتایج آن‌ها حاکی از کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب با مدیریت آبیاری دقیق در مزرعه براساس داده‌های هواشناسی بوده است. در پژوهش Shen & Lin (2017) کارایی همه استان‌های موردبررسی بین ۸۰ تا ۹۰ درصد به‌دست‌آمده است و تنها یک استان دارای کارایی کم‌تر از ۸۰ درصد در استفاده از آب کشاورزی در کشور چین بوده است. Hu *et al.* (2016) نشان دادند که مقامات حوضه رودخانه گوجیانگ^۲ در چین، باید تدابیری را برای کاهش میزان اتلاف آب و افزایش آب موجود برای افزایش کارایی تخصیص آب و برابری در نظر گیرند. نتایج پژوهش Geo *et al.* (2016) نیز نشان داده است، بخش کشاورزی اولویت بیش‌تری برای صرفه‌جویی در آب نسبت به سایر بخش‌ها داشته است و

تکنیک رگرسیون ناپارامتریک جایگزین رگرسیون حداقل مربعات معمولی شده و به‌عنوان حداقل مربعات ناپارامتریک مقعر (CNLS)، معرفی شده است (EsfanjariKenari, 2016). بنابراین، روابط غیرخطی به شکل رابطه (۴) به‌دست می‌آید:

$$\min \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \vartheta_{it}^2 \quad (4)$$

Subject to

$$\vartheta_{it} = \ln(y_{it}) - \ln(\alpha_i + \beta_i x_{it})$$

$$\forall i = 1, \dots, n, t = 1, \dots, T$$

$$\alpha_i + \beta_i x_{it} \leq \alpha_h + \beta_h x_{it}$$

$$\forall i, h = 1, \dots, n, t = 1, \dots, T$$

$$\beta_i \geq 0, \forall i, h = 1, \dots, n$$

رابطه غیرخطی (۴)، یک تابع تولید را از تمام توابع تولیدی که خواص پیوستگی، یکنواختی و تقارن برای به حداقل رساندن مجموع مربعات اخلاص را دارند، متمایز می‌کند. در این رابطه میزان تولید (y) و نهاده‌ها (x)، متغیرهای ورودی را تشکیل می‌دهند و کارایی واحدها، متغیر تصمیم مدل می‌باشد h نیز واحدهای تولیدی می‌باشند. با استفاده از $\hat{\vartheta}_{it}$ در رابطه (۴)، می‌توان ناکارایی فنی را از جزء اخلاص جدا نمود. از گشتاورهای نوع دوم و سوم (رابطه ۵)، می‌توان جهت تخمین واریانس ناکارایی ($\hat{\sigma}_{ut}$) و واریانس جز اخلاص ($\hat{\sigma}_{vt}$) استفاده نمود (Shen & Lin, 2017):

$$\hat{\sigma}_{ut} = \sqrt[3]{\frac{\hat{M}_3}{\left(\frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{4}{\pi}\right]\right)}} \quad (5)$$

$$\hat{\sigma}_{vt} = \sqrt{\hat{M}_2 - \left(\frac{\pi-2}{\pi}\right) \hat{\sigma}_{ut}^2}$$

در رابطه (۵)، M2 و M3 از رابطه (۶) به‌دست می‌آیند

(Shen & Lin, 2017):

$$\hat{M}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\hat{\vartheta}_{it} - E(\hat{\vartheta}_{it}) \right)^2 \quad (6)$$

$$\hat{M}_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\hat{\vartheta}_{it} - E(\hat{\vartheta}_{it}) \right)^3$$

با حل رابطه (۴)، به جای تابع تولید مرزی $f(x_{it})$ تابع تولید میانگین $g(x_{it})$ به شکل رابطه (۷) حاصل می‌شود (Shen & Lin, 2017):

واحدهای موردبررسی و t معرف سال است. مرز تولید $f(x_{it})$ حداکثر میزان تولید با استفاده از نهاده‌ها را نشان می‌دهد. با فرض وجود تنها یک ستانده، عملکرد تولید می‌تواند به‌صورت رابطه (۱) بیان شود:

$$y_i = f(x_i) \exp(\varepsilon_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

با استفاده از لگاریتم هر دو طرف رابطه‌های (۱) و (۲)

به‌دست می‌آید:

$$\varepsilon_{it} = \ln(y_{it}) - \ln(f(x_{it})) \quad (2)$$

در مدل مرزی تصادفی (SFA)، سعی می‌شود در کنار سنجش میزان عدم کارایی، تأثیر عوامل تصادفی نیز مدنظر قرار گیرد. مشخصه اصلی این مدل، ترکیبی بودن جزء اخلاص آن است که نشان می‌دهد، بخشی از انحراف نقاط مشاهده‌شده از تابع مرزی ناشی از عدم کارایی و بخش دیگر ناشی از عوامل تصادفی است (EsfanjariKenari, 2016).

بنابراین جزء اخلاص به شکل رابطه (۳)، تعریف می‌شود:

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

در رابطه (۳)، $u_{it} \geq 0$ نشان‌دهنده ناکارایی فنی

واحد نام و v_{it} جز خطای تصادفی است.

روش ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED)، ویژگی‌های هر دو روش ناپارامتریک تحلیل فراگیر داده‌ها و پارامتریک مرز تصادفی را دارد. در واقع در این روش، مرز ناپارامتریک و جزء خطای ترکیبی تصادفی می‌توانند به‌طور هم‌زمان به‌دست آیند. مزیت این روش این است که فرض وجود فرم تابعی خاص را برای تابع تولید در روش پارامتریک مرز تصادفی حذف کرده و فرم تابعی انعطاف‌پذیر با ویژگی‌های تقعر، یکنواختی و همگنی را معرفی می‌کند. همچنین، در این روش جزء خطای تصادفی در داده‌ها در نظر گرفته می‌شود (Esfanjari Kenari, 2016). به‌منظور تخمین تابع تولید مرزی با استفاده از روش حداقل مربعات غیرپارامتری، مجموع مربعات جزء خطا به حداقل می‌رسد (Kuosmanen & Kortelainen, 2012). در این روش،

گرفته است. لازم به ذکر است که میزان آب مصرفی در بخش زراعی استان‌های مختلف، از آمارنامه‌های منتشرشده توسط مرکز آمار ایران در سال‌های مورد مطالعه جمع‌آوری شده است. جهت برآورد مدل و نمرات کارایی فنی از نرم‌افزار GAMS استفاده شده است.

نتایج و بحث

چنانچه بیان شد، کارایی آب در زیربخش زراعت در ۳۰ استان کشور (با توجه به تقسیمات کشوری طی سال‌های مورد بررسی) طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۴ محاسبه شده است. ویژگی‌های آماری داده‌های استفاده‌شده در پژوهش حاضر، در جدول (۱) بیان شده است.

براساس اطلاعات منتشرشده توسط وزارت جهاد کشاورزی، استان گیلان بیش‌ترین میزان تولید محصولات زراعی طی دوره مورد بررسی را به خود اختصاص داده است و کم‌ترین میزان تولید محصولات زراعی مربوط به استان قم بوده است. هم‌چنین براساس اطلاعات به‌دست‌آمده، استان‌های فارس و اردبیل به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان مصرف آب، طی دوره مورد بررسی را داشته‌اند. بیش‌ترین نیروی شاغل در بخش زراعت، مربوط به استان خراسان رضوی بوده است و استان قم نیز کم‌ترین تعداد شاغلین در زیربخش زراعت را داشته است. از نظر هزینه‌های واسطه نیز استان‌های گیلان و قم به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان هزینه واسطه تولید در زیربخش زراعت را به خود اختصاص داده‌اند.

کارایی استفاده از آب آبیاری و کارایی کل نهاده‌های استفاده‌شده در کشت محصولات زراعی به تفکیک سال‌های مورد بررسی در جدول (۲) نشان داده شده است.

$$\left(\hat{g}(x_{it}) = \ln(\hat{f}(x_{it})) \right) - \hat{\mu} = \ln(\hat{f}(x_{it} \exp(-\hat{\mu}))) \quad (7)$$

بنابراین تابع تولید مرزی از طریق رابطه (۸) برآورد می‌شود (Shen & Lin, 2017):

$$\hat{f}(x_{it}) = \hat{g}(x_{it}) \exp(\hat{\mu}) \quad (8)$$

که در رابطه (۸)، $\hat{\mu} = \hat{\sigma}_{ut} \sqrt{\frac{2}{\pi}}$ متوسط ناکارایی فنی است. با استفاده از $\hat{\sigma}_{ut}$ و $\hat{\sigma}_{vt}$ می‌توان ناکارایی هر واحد را به شکل رابطه (۹)، محاسبه نمود (Shen & Lin, 2017):

$$E(u_{it} | \hat{\varepsilon}_{it}) = \frac{\hat{\varepsilon}_{it} \hat{\sigma}_{ut}^2}{\hat{\sigma}_{ut}^2 + \hat{\sigma}_{vt}^2} + \frac{\hat{\sigma}_{u}^2 \hat{\sigma}_{v}^2}{\hat{\sigma}_{u}^2 + \hat{\sigma}_{v}^2} \left[\frac{\phi\left(\frac{\hat{\varepsilon}_{it}}{\hat{\sigma}_{vt}}\right)}{1 - \phi\left(\frac{\hat{\varepsilon}_{it}}{\hat{\sigma}_{vt}}\right)} \right] \quad (9)$$

در رابطه (۹)، $\hat{\varepsilon}_{it} = \hat{g}_{it} - \hat{\mu}$ تابع چگالی توزیع نرمال استاندارد و ϕ تابع توزیع نرمال تجمعی است.

کارایی آب آبیاری براساس مفهوم کارایی زیربرداري (Speelman et al., 2008; Sirajuddin et al., 2016)

محاسبه شده است. به‌منظور محاسبه کارایی زیربرداري نهاده آب، محدودیت دوم در رابطه (۴)، یک‌بار برای همه نهاده‌های مورد استفاده در فرایند تولید به‌استثنای نهاده آب و یک‌بار مختص نهاده آب تعریف شده است.

به‌منظور تخمین کارایی آب در زیربخش زراعت در این پژوهش از داده‌های وزارت جهاد کشاورزی طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۴^۵ استفاده شده است و اطلاعات کلیه محصولات زراعی آبی ۳۰ استان کشور مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به ناهم‌خوانی و متفاوت بودن محصولات زراعی در استان‌های مختلف از نظر رقم و نوع محصول و ... ارزش تولید ناخالص زراعی استان‌ها به‌عنوان ستانده مورد استفاده قرار گرفته است. نهاده‌های پژوهش نیز عبارتند از نیروی کار، آب و هزینه سایر نهاده‌های واسطه (شامل کودهای شیمیایی و حیوانی، سموم و علف‌کش‌ها، بذر). به‌منظور حذف اثر تورم قیمت‌ها بر داده‌های مربوط به ارزش تولید ناخالص زراعی و هزینه‌های واسطه، داده‌های مربوطه براساس سال پایه ۱۳۹۰ تورمزدایی شده و مورد استفاده قرار

Table 1. Statistical Characteristic of Data Used in this Research

Variable	GDP Value (Million Rials)	Water (Million m ³)	Labor (Person-Day)	Intermediary Costs (Million Rials)
Mean	94747790.26	2465.25	7005474.65	49717471.24
Std	116686615.47	2344.12	5469118.04	61982391.71
Max	505563485.33	9232.61	25266005.46	266268924.78
Min	11058500.67	378.97	879747.78	9204081.67

Source: Ministry of Agricultural Jihad and Research Calculation

علل مهم افزایش کارایی آب آبیاری می‌توان به تجهیز و نوسازی اراضی، افزایش میزان آگاهی و دانش بهره‌برداران به مسائل آب و خاک، گسترش شبکه‌های آبیاری، توسعه سامانه‌های نوین آبیاری، ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی به بهره‌برداران اشاره نمود. بررسی روند کارایی کل نهاده‌های تولید طی دوره موردبررسی نشان می‌دهد که میزان کارایی فنی تولید در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ نسبت به سال‌های ماقبل، کاهش یافته است و در کل دوره موردبررسی روند نزولی داشته است. درحالی‌که بررسی روند کارایی آب در زیربخش زراعت نشان می‌دهد، میزان کارایی آب در دوره موردبررسی از روند ثابتی برخوردار بوده است و حول میانگین، نوسانات بسیار اندکی داشته است.

براساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۲)، کارایی آب آبیاری در تمام سال‌های موردبررسی، کم‌تر از کارایی کل نهاده‌های تولید بوده است. به‌عبارت دیگر، امکان دستیابی به سطح کنونی تولید محصولات زراعی با استفاده از نهاده کم‌تر در مورد آب نسبت به دیگر نهاده‌ها، وجود دارد. مصرف بیش از حد آب می‌تواند نشان‌دهنده ضعیف‌بودن دانش و سامانه آبیاری در بخش کشاورزی ایران باشد. لذا از طریق بهبود کارایی آب در بخش کشاورزی، در مصرف آب به مقدار قابل توجهی صرفه‌جویی خواهد شد. براساس نتایج Ganji et al. (2018) میانگین کارایی فنی در تولید گندم استان البرز در حالت بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به‌ترتیب ۷۴ و ۷۸ درصد و میانگین کارایی آب مصرفی نیز در این

Table 2. Water Efficiency and the Efficiency of all Input

Water Efficiency	Total Efficiency	Efficiency/Year
0.8294	0.9812	1384
0.8291	0.9578	1385
0.8298	0.9617	1386
0.8300	0.9628	1387
0.8302	0.9627	1388
0.8201	0.8340	1389
0.8292	0.9730	1390
0.8305	0.9586	1391
0.8437	0.8749	1392
0.8306	0.9364	1393
0.8302	0.8796	1394
0.8302	0.9336	Mean

Source: Research findings

براساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین کارایی کل نهاده‌های تولیدی طی دوره موردبررسی در زیربخش زراعت برابر با ۹۳/۳۶ درصد می‌باشد. بیش‌ترین میزان کارایی کل نهاده‌های تولید مربوط به سال ۱۳۹۰ (۹۷/۳۰ درصد) بوده است و کم‌ترین میزان کارایی در سال ۱۳۸۹ (۸۳/۴۰ درصد) به‌دست‌آمده است. همچنین، میانگین کارایی آب آبیاری در زیربخش زراعت طی دوره موردبررسی برابر با ۸۳/۰۲ درصد بوده است. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کارایی آب در زیربخش زراعت نیز به‌ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۹۳ (۸۴/۳۷ درصد) و ۱۳۸۹ (۸۲/۰۱ درصد) می‌باشند. میانگین کارایی آب طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۰، برابر با ۸۲/۸۳ درصد و کارایی آب طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۴ برابر با ۸۳/۳۸ درصد بوده است. این نتیجه همراستا با مطالعه Agricultural Research, Education and Extension Organization (2015) می‌باشد که در مطالعه خود نشان داده است، راندمان آبیاری طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۴ بیش از سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۰ بوده است و سالانه حدود یک درصد رشد داشته است. از

کشت زراعی در این دو استان نشان می‌دهد، در استان گیلان ترکیبی از انواع مختلف محصولات زراعی کشت می‌شود. از جمله مهم‌ترین محصولات زراعی این استان، گندم، جو، برنج، ذرت، نخود، عدس، پنبه، چغندر قند، هندوانه، خیار، سیب زمینی، پیاز، گوجه فرنگی، یونجه، شبدر، کلزا، لوبیا سفید و لوبیا چیتی را می‌توان نام برد؛ در حالی که گندم، جو و پنبه، کشت غالب در استان قم را طی دوره مورد بررسی به خود اختصاص داده‌اند. این محصولات در مقایسه با محصولات زراعی استان گیلان، به لحاظ سودآوری در سطح بسیار پایین‌تری قرار دارند. مقایسه این دو استان با میزان مصرف آب یکسان و کارایی متفاوت در مصرف آب و ثبات سایر شرایط غیرقابل کنترل، به خوبی اهمیت توجه به الگوی کشت محصولات زراعی را نشان می‌دهد. Heydari (2010)، متوسط بهره‌وری مصرف آب برای مناطق کرمان، گلستان و خوزستان را به ترتیب ۰/۴۵، ۱/۴۳ و ۱/۱۳ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی گزارش و بیان نموده است که کارایی مصرف آب غلات در مقایسه با محصولات دیگر، بسیار پایین بوده و در برنامه‌ریزی‌های کشت محصولات از لحاظ مزیت نسبی کشت محصولات با توجه به منابع آبی محدود، باید بازنگری‌های لازم به عمل آید.

مقایسه کارایی کل نهاده‌های تولید با کارایی آب در استان‌های مختلف نشان می‌دهد، در استان‌های اردبیل، ایلام، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، خوزستان، سمنان، سیستان و بلوچستان، قم، کردستان، کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان، کارایی آب در سطح بالاتری نسبت به کارایی کل نهاده‌های تولید قرار داشته است که نشان‌دهنده بالابودن سطح دانش کشاورزان و سامانه آبیاری است.

دو حالت به ترتیب ۸۸ و ۹۰ درصد بوده است. در پژوهش Sirajuddin *et al.* (2016) میانگین کارایی مصرف آب و کارایی کل نهاده‌های تولیدی در مزارع نیشکر خوزستان طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۳، به ترتیب ۷۰ و ۸۰ درصد به دست آمده است که بیش‌ترین کارایی آب مربوط به سال ۱۳۸۳-۱۳۸۲ بوده است. Babaei *et al.* (2014) نیز کارایی آب در شهرستان زابل را برابر با ۷۷ درصد به دست آورده‌اند. Shen & Lin (2017) نیز کارایی آب در بخش کشاورزی چین طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۲ را ۸۵/۱۷ درصد گزارش نموده‌اند. براساس پژوهش Farija *et al.* (2009) در گلخانه‌های تونس، کارایی آب ۴۷ درصد بوده است.

میانگین کارایی کل نهاده‌ها و کارایی آب مصرفی در زیربخش زراعت طی سال‌های مورد بررسی، به تفکیک استان در نمودار (۱) نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، میانگین کارایی کل نهاده‌های تولیدی در بین ۳۰ استان مورد بررسی ۸۴/۰۸ درصد بوده است. بیش‌ترین میزان کارایی نهاده‌های تولیدی مربوط به استان آذربایجان شرقی بوده است (۹۶ درصد) و استان قم نیز با کارایی ۵۳/۲۳ درصد، کم‌ترین کارایی فنی را داشته است. هم‌چنین میانگین کارایی آب در زیربخش زراعت استان‌های کشور برابر با ۸۳/۱۴ درصد به دست آمده است که استان‌های گیلان و قم به ترتیب بیش‌ترین (۸۷/۷۶ درصد) و کم‌ترین (۸۱/۸۵ درصد) میزان کارایی آب را طی دوره مورد بررسی داشته‌اند. در استان گیلان طی دوره مورد بررسی برای تولید ۵۰۵ میلیارد ریال محصولات زراعی، به‌طور میانگین ۸۲۲ میلیون مترمکعب آب استفاده شده است و این در حالی است که در استان قم با استفاده از همین میزان آب، ۱۱ میلیارد ریال محصولات زراعی تولید شده است. بررسی الگوی

کارایی فنی مصرف آب در زیربخش زراعت ایران با استفاده از مدل ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها

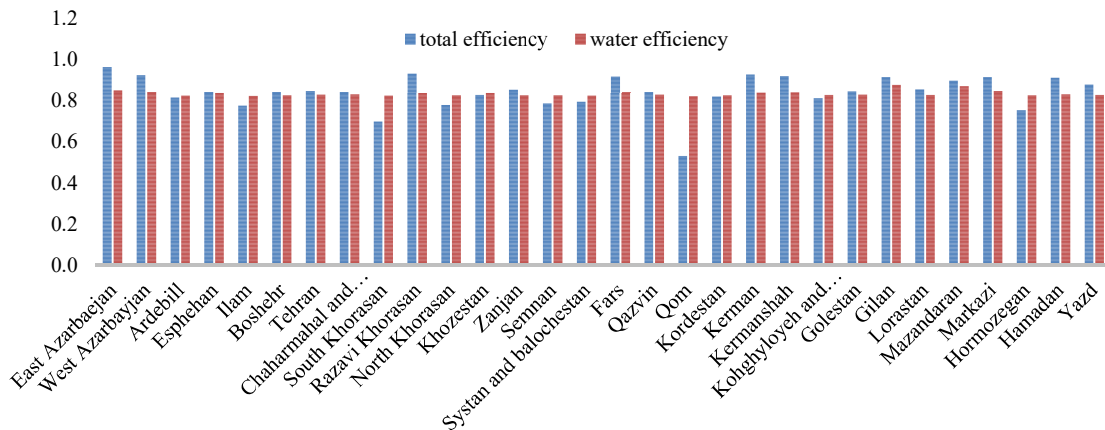


Figure 1. Water Efficiency and Efficiency of Total Production Inputs in Agriculture Subdivision by Province

نهاده‌های تولیدی و هم نهاده آب، دارای کم‌ترین کارایی بوده‌اند. در هر سه استان یادشده، کارایی آبیاری بیش‌تر از کارایی کل نهاده‌های تولیدی می‌باشد. چنان‌چه پیش‌تر نیز بیان شد، به‌منظور افزایش کارایی کل نهاده‌ها، مدیریت سایر نهاده‌های تولید از اولویت بیش‌تری برخوردار می‌باشد.

رتبه‌بندی استان‌های کشور به لحاظ کارایی کل نهاده‌های تولید و کارایی آب، در جدول (۴) نشان داده شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۴)، کارایی کل نهاده‌های تولید، تنها در استان آذربایجان شرقی بیش از ۹۵ درصد می‌باشد. در هشت استان (آذربایجان غربی، خراسان رضوی، فارس، کرمان، کرمانشاه، گیلان، مرکزی، همدان) کارایی کل نهاده‌های تولیدی در محدوده بین ۹۰ تا ۹۵ درصد قرار داشته است و در چهار استان (زنجان، لرستان، مازندران و یزد)، کارایی کل نهاده‌ها بین ۸۵ تا ۹۰ درصد قرار داشته است و کارایی کل در سایر استان‌ها کم‌تر از ۹۰ درصد بوده است. هم‌چنین، در کلیه استان‌های کشور به‌جز استان‌های آذربایجان شرقی، گیلان و مازندران، میزان کارایی آب زراعی، بین ۸۰ تا ۸۵ درصد می‌باشد و در سه استان نام‌برده، کارایی آب در زیربخش زراعت بین ۸۵ تا ۹۰ درصد به‌دست‌آمده است.

به‌عبارتی دیگر در این استان‌ها، آب مشکل عمده و اصلی تولید محصولات زراعی نبوده و امکان افزایش سطح تولید محصولات زراعی با همین میزان آب در دسترس، از طریق افزایش کارایی سایر نهاده‌های تولید وجود دارد. در سایر استان‌های کشور، کارایی آب در سطح پایین‌تری نسبت به کارایی کل نهاده‌های تولیدی قرار داشته است که این امر بدین معنا است که در این استان‌ها با مدیریت بهتر مصرف آب، امکان افزایش تولید محصولات زراعی با استفاده از همین میزان مصرف آب وجود دارد.

میزان کارایی کل نهاده‌ها و کارایی آب در پنج استان با بیش‌ترین کارایی و پنج استان با کم‌ترین کارایی در جدول (۳) نشان داده شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۳)، استان‌های آذربایجان شرقی، خراسان رضوی، کرمان، آذربایجان غربی و فارس، بیش‌ترین میزان کارایی کل نهاده‌های تولیدی را به‌خود اختصاص داده‌اند که از این بین استان‌های آذربایجان شرقی و فارس جزو پنج استان برتر به لحاظ کارایی آب نیز محسوب می‌شوند. به‌عبارتی دیگر، دو استان آذربایجان شرقی و فارس به مدیریت صحیح هم در استفاده از آب آبیاری و هم سایر نهاده‌های کشاورزی دست یافته‌اند. استان‌های قم، خراسان جنوبی و ایلام نیز، سه استانی می‌باشند که هم به لحاظ کل

Table 3. Water efficiency and the efficiency of all inputs in the top 5 provinces and the 5 weaker provinces

Minimum Efficiency		Maximum Efficiency		Province/Efficiency
0.5323	Qom	0.9628	East Azarbaejan	Total Efficiency
0.6959	South Khorasan	0.9322	Razavi Khorasan	
0.7516	Hormozgan	0.9273	Kerman	
0.7233	Ilam	0.9228	West Azarbayjan	
0.7760	North Khorasan	0.9190	Fars	
0.8185	Qom	0.8776	Gilan	Water Efficiency
0.8200	Ilam	0.8709	Mazandaran	
0.8204	South Khorasan	0.8500	East Azarbaejan	
0.8206	Ardebil	0.8472	Markazi	
0.8216	Systan and Balochestan	0.8448	Fars	

Source: Research findings

Table 4. Ranking of the Provinces in Terms of Total Efficiency and Water Efficiency

Province/Efficiency	Efficiency of all Inputs		Water Efficiency	
	Province	Frequency	Province	Frequency
More than 95%	East Azarbayjan	1	-	0
Between 90 - 95%	West Azarbayjan, Razavi Khorasan, Fars, Kerman, Kermanshah, Gilan, Markazi, Hamadan	8	-	0
Between 85% - 90%	Zanjan, Lorastan, Mazandaran, Yazd	4	East Azarbayjan, Gilan, Mazandaran	3
Between 80 and 85%	Ardebil, Esphehan, Boshahr, Tehran, Chaharmahal and bakhtyari, Khozestan, Qazvin, Kordestan, Kohghyloeh and boyerahmad, Golestan	10	Other provinces	27
Less than 80%	Ilam, South Khorasan, North Khorasan, Semnan, Systan and balochestan, Hormozegan, Qom	7	-	0

Source: Research findings

نتیجه گیری

موردبررسی، وزارت جهاد کشاورزی در زمینه ترویج روش‌های نوین آبیاری و بهینه‌سازی مصرف آب، برنامه‌های متعددی اجرا نموده است. ثابت‌بودن کارایی آب در زیربخش زراعی کشور، نشان می‌دهد که تلاش‌ها و اقدامات انجام‌شده، اثربخش نبوده است و با وجود کمبود آب در کشور و اجرای سیاست‌های مختلف در ترویج استفاده بهینه از آب، هنوز انگیزه مؤثری برای زارعین فراهم نشده که آنان را در استفاده بهینه‌تر از نهاده آب نسبت به دیگر نهاده‌ها ترغیب نماید. بنابراین پیشنهاد می‌شود، نظام قیمت‌گذاری آب آبیاری به گونه‌ای تنظیم شود که زارعین را به افزایش کارایی آب تشویق نماید. هم‌چنین باید کشت گیاهانی که به آب کم‌تری نیاز دارند، مدنظر قرار گیرد. برای افزایش تولید محصولات به‌منظور تأمین بخش بیش‌تری از نیازهای داخلی به دست کشاورزان داخلی، سیاست‌های تشویقی و ترغیبی دولت در این زمینه نیز باید براساس محصولات با کارایی بالا باشد. هم‌چنین بنابراین با توجه به پایین‌بودن کارایی مصرف نهاده آب نسبت به دیگر نهاده‌های مصرفی در تمام سال‌های موردبررسی، پیشنهاد می‌شود، کلاس‌های ترویجی در راستای آگاه‌سازی کشاورزان جهت استفاده درست و بهینه این نهاده

در پژوهش حاضر جهت دستیابی به هدف بررسی کارایی آب در زیربخش زراعت کشور از مدل ناپارامتریک تصادفی فراگیر داده‌ها (StoNED) استفاده گردید. داده‌های پژوهش شامل تولید ناخالص محصولات زراعی، میزان مصرف آب، نیروی کار و نهاده‌های واسطه در زیربخش زراعت ۳۰ استان کشور طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۴ می‌باشند که از سایت وزارت جهاد کشاورزی جمع‌آوری شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین کارایی کل نهاده‌های تولیدی در زیربخش زراعت برابر با ۹۳/۳۶ درصد و میانگین کارایی آب آبیاری در زیربخش زراعت طی دوره موردبررسی برابر با ۸۳/۰۲ درصد بوده است. پایین‌بودن کارایی آب به عوامل و پارامترهای زیادی از جمله کیفیت آب و خاک، شرایط اقلیمی، نوع منبع آب و سیستم آبیاری، مسائل مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی، ارقام گیاهی، مالکیت و مساحت اراضی و میزان و نوع عملیات و نهاده‌های کشاورزی بستگی دارد. بررسی روند کارایی آب در زیربخش زراعت نیز نشان داد، میزان کارایی آب در دوره موردبررسی از روند ثابتی برخوردار بوده است. این در حالی است که طی سال‌های

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Alipour, A., & Mosavi, H. (2018). Optimal model of crop production with emphasis on increasing water use efficiency (case study: Gorgan sample farm company). *Iran Water Resources Research*, 14(4), 96-107. (In Persian)
2. Babaei, M., Paknejad, H., Mardani, M., & Salapor, M. (2014). Investigating the efficiency of crops in jahrom city using envelopment analysis of periodic data. *Journal of Operations Research in its Applications*, 9(4), 43-53. (In Persian)
3. Chebil, A., Frijia, A., & Abdelkafi, B. (2013). Irrigation water use efficiency in collective irrigated schemes of Tunisia: determinants and potential irrigation cost reduction. *Agricultural Economics Review*, 13(1), 39-48.
4. DavarPanah, GH. (2001). Investigating the most important economic and social, political and drought effects and methods of government assistance in reducing these effects. Proceedings of the First National Conference on Strategies for Dealing with the Water Crisis. University of Zabol. (In Persian)
5. Dehghani, H., KHazay, A., Zakerinya, M. 2014. The role of accurate irrigation in water consumption and water use efficiency. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 1(8), 180-186. (In Persian)
6. Esfanjari Kenari, R. (2016). Using stochastic nonparametric envelopment of data (StoNED) to calculate energy inputs efficiency of wheat production in Mazandaran province. *Journal of Operations Research in its Applications*, 13, 4(51), 141-154. (In Persian)
7. Esfanjari Kenari, R., Ahmadpour Borazjani, M., Kaikha, A., Ziaei, S., & Salarpour, M. (2019). Determination of technical efficiency and optimum size of rice farms in Mazandaran province (case study: Fereydunkenar county). *International Journal of Agricultural Management and Development*, 10(3), 257-265.
8. Farija, A., Chebil, A., Speelman, S., Buysse, J., & Van Huylenbroeck, G. (2009). Water use and technical efficiencies in horticultural green houses in Tunisia. *AGWAT*, 28(08), 1-8.
9. Ganji, N., Yazdani, S., & Saleh, A. (2018). Identifying factors affecting the efficiency of water input in wheat production in Alborz province (data envelopment analysis approach). *Iranian Journal of Economic Research and Agricultural Development*, 49(1), 13-22. (In Persian)

صورت گیرد و کاربرد درست و بهینه از نهاده‌های تولید، از لحاظ دورنمای اقتصادی و مدیریتی، سیاست‌های حمایتی در خصوص بازار نهاده و فروش محصول برای کاستن از هدر رفت عوامل تولید و در نتیجه افزایش سطح دانش مدیران و عوامل دخیل در تولید محصولات زراعی، به‌منظور بهبود کارایی اقتصادی و افزایش درآمد زارعین آموزش داده شود. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داده است که میانگین کارایی آب در زیربخش زراعت استان‌های کشور برابر با ۸۳/۱۴ درصد بوده است که استان‌های گیلان و قم به ترتیب بیش‌ترین (۸۷/۷۶ درصد) و کم‌ترین (۸۱/۸۵ درصد) میزان کارایی آب را طی دوره موردبررسی داشته‌اند. لذا در راستای بهبود کارایی مصرف آب، پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌ریزی کشت استان‌های با کارایی پایین آب شامل قم، ایلام، خراسان جنوبی، اردبیل، هرمزگان، سیستان و بلوچستان، بوشهر، کردستان، سمنان و خراسان شمالی، اقداماتی هم‌چون بهبود سیستم آبیاری محصولات زراعی و اصلاح الگوی کشت به سمت کشت محصولات کم آب بر و بهینه‌سازی آن انجام گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با کد ۱۰-۱۳۹۹-۰۲ می‌باشد که با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شده است، که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت‌ها

1. Stochastic Nonparametric Envelopment of Data Model
2. Qujiang
3. Data Envelopment Analysis
4. Stochastic Frontier Analysis
5. به دلیل فقدان داده‌های منسجم، پژوهش تا سال ۱۳۹۴ انجام شده است.

10. Geo, H., wei, T., Lou, I., Yang, Z., Shen, Z., & Li, Y. (2016). Water saving effect on integrated water resource management. *Resource Conservation Recycle*, 93, 50-58.
11. Heydari, N. (2010). Determining and evaluating the water consumption efficiency index of crops under the management of farmers in the country. *Water and Irrigation Management*, 1(2), 43-57.
12. Hu, Z., Chen, Y., Yao, I., Wei, C., & Li, C. (2016). Optimal allocation of regional water resources: from perspective of equity-efficiency trade-off. *Resource on service Recycle*, 109, 102-113.
13. Jaume Freire, G. (2019). Does water efficiency reduce water consumption the economy-wide water rebound effect, 33, 2191-2202.
14. Kavousi, M., & Khaligh, P. (2016). Productivity growth analysis of total factors of production under the Iranian agricultural sector. *Journal of Agricultural Economics Research*, 8(2), 157-172. (In Persian)
15. Kuosmanen, T., & Kortelainen, M. (2012). Stochastic non-smooth envelopment of data: semiparametric frontier estimation subject to shape constraints. *Journal of Production Analysis*, 38, 11-28.
16. Nematolahi, Z. (2018). Climate change risk management in agriculture using meteorological index derivatives (case study: Shiraz county). Ph.D. Thesis in Agricultural Economics Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
17. Riahi Farsani, H., Zirdast, S., Noriemamzadehey, M.R. 2014. Economic efficiency of water consumption of corn and potato products in current management of Chaharmahal and Bakhtiari province. *Iranian Journal of Water Research*, 15, 207-216. (In Persian)
18. Sirajuddin, A., Fatahi, A., Fehrest, Sani, M., & Neshat, A. (2016). Dynamic analysis of technical efficiency of water consumption in sugarcane (data envelopment analysis approach). *Agricultural Economics*, 10(4), 177-188. (In Persian)
19. Shahnavazi, A. (2019). Determining the water use efficiency of cereal crops in East Azerbaijan province using the MIP-DEA model. *Agricultural Economics Research*, 11(4), 59-70. (In Persian)
20. Shen, X., & Lin, B. (2017). The shadow prices and demand elasticities of agricultural water in China: A StoNED-based analysis. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 21-28.
21. Singh, K. (2007). Rational pricing of water as an instrument of improving water use efficiency in the agricultural sector: A case study in Gujarat. *Indian International Journal of Water Recourse Development*, 23, 679-690.
22. Speelman, S., D'Haese, M., Buysse, J., & D'haese, L. (2008). A measure for the efficiency of water use and its determinants, study at small-scale irrigation schemes in North-West province. *South Africa, Agricultural Systems*, 98(1), 31 -39.
23. Tajrishi, M., & Abrishamchi, A. (2004). Water resources demand management in the country. The First Conference on Methods to Prevent the Waste of National Resources. 24-39. (In Persian)
24. Tehran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture. Water Situation in Agriculture. June 2016. (In Persian)
25. Yaghoubi, F., Jamiolahmadi, M., Bakhshi, M.R., & Sayari Zohan, M.H. (2015). Comparison of technical and economic efficiency indicators of water consumption in wheat and saffron production in Ghainat city. *Journal of Agriculture and Saffron Technology*, 3(4), 225-236. (In Persian)