تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هفدهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰
Volume 17, No. 3, Fall 2021 (IR-WRR)
۳۱۷-۳۲۹

برآورد کارایی فنی و کارایی هزینه آب آبیاری در تولید چغندرقند در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

مرتضی مولائی[۱*]

چکیده

برآورد کارایی فنی آب آبیاری یکی از ابزارهای اساسی مدیریت منابع آب است. در این تحقیق، با استفاده از داده‌های ۱۰۰ کشاورز تولیدکننده چغندرقند در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، کارایی فنی آب آبیاری، کارایی فنی هزینه آب آبیاری، کارایی فنی ستاده- محور و کارایی فنی نهاده- محور با استفاده از تابع مرز تصادفی برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که سهم هزینه آب آبیاری کمتر از سایر نهاده بوده و برابر با ۷/۵۷ درصد است. میانگین کارایی فنی آبیاری، کارایی فنی هزینه آب آبیاری، کارایی فنی ستاده- محور و کارایی فنی نهاده- محور به‌ترتیب ۵۶/۶۵، ۹۶/۵۳، ۹۸/۷۷ و ۵۲/۸۷ درصد برآورد شده است. این نتایج بیانگر آن است که با ثابت نگه‌داشتن مقدار مصرف سایر نهاده‌ها و کاهش آب آبیاری به اندازه ۴۳/۳۵ درصد و مصرف ۳۶۰۷ مترمکعب در هکتار می‌توان مقدار ثابت محصول (۶۲/۹۱ تن در هکتار) را تولید نمود. کارایی فنی هزینه آب آبیاری نیز نشان‌دهنده این است که درصورت حداکثر کردن کارایی فنی آب آبیاری، هزینه آب آبیاری به اندازه ۳/۴۷ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. ضریب همبستگی بین کارایی فنی آب آبیاری و کارایی فنی هزینه آب آبیاری (۶۷/۲۰)، کارایی فنی نهاده- محور (۳۱/۱۴) و کارایی فنی ستاده- محور (۱۶/۴۴) است و افزایش کارایی فنی آب آبیاری منجر به افزایش آن کارایی‌ها می‌شود. در صورتی که قیمت آب آبیاری در تولید چغندرقند در حوضه مورد مطالعه ۳۹/۸۸ درصد (از ۱۲۱۰ به ۱۷۰۰ ریال بر مترمکعب) افزایش یابد مقدار آب مصرفی و هزینه‌های آب در تولید چغندرقند به‌ترتیب ۴۳/۳۵ و ۳/۴۷ درصد کاهش خواهد یافت. توصیه می‌شود با توسعه تکنولوژی‌های آبیاری و سیاست‌های قیمتی کارایی فنی آبیاری افزایش داده شود.

کلمات کلیدی: کارایی فنی آب آبیاری، کارایی فنی هزینه آب آبیاری، چغندرقند، حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۵/۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۸/۱۳

Estimating Technical Efficiency and Cost Efficiency of the Irrigation Water for Sugar Beet Production in Urmia Lake Basin

*M. Molaei[1]**

Abstract

Estimating irrigation water technical efficiency (IWTE) is one of the basic measures to manage water resources. In this study, using data from 100 sugar beet farms in Urmia Lake basin, Irrigation Water Technical Efficiency (IWTE), Irrigation Water Technical Cost Efficiency (ITCE), Output-oriented Technical Efficiency (OTE) and Input-oriented Technical Efficiency (ITE) are estimated using Stochastic Frontier function. The results showed that the share of irrigation water cost is less than all other inputs and is equal to 7.57%. The average IWTE, ITCE, OTE and ITE were estimated to be 56.65, 96.53, 98.77 and 52.87%, respectively. These results imply that the observed quantity of sugar beet (62.91 tons) could be maintained by using the observed values of other inputs while using 43.35% less irrigation water (3607 m^3/ha). The average ITCE, which is equal to 96.53%, suggests a potential reduction of 3.47% of the total cost if irrigation water is adjusted to its efficient level. Correlation coefficient between IWTE and ITCE (67.20), ITE (31.14) and OTE (16.44) indicates that ITCE, OTE and ITE would increase by improving IWTE. If the price of irrigation water in sugar beet production increases by 39.88%, the amount of water used and the cost of irrigation water will decrease by 43.35% and 3.47%, respectively. It is suggested to increase IWTE by developing irrigation technologies and water pricing policies.

Keywords: Irrigation Water Technical Efficiency, Irrigation Water Technical Cost Efficiency, Sugar beet, Urmia Lake Basin.

Received: July 29, 2021

Accepted: November 4, 2021

۱- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
*- نویسنده مسئول

1- Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Urmia University. Email: m.molaei@urmia.ac.ir
*- Corresponding Author

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۴۰۰ امکانپذیر است.

Dor: 20.1001.1.17352347.1400.17.3.18.3

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

آب به یک منبع کمیاب برای بخش کشاورزی در بسیاری از کشورها تبدیل شده و این کمیابی روز به روز در حال افزایش است. به همین دلیل برای پاسخگویی به تقاضای افزایش یافته برای محصولات کشاورزی و در نتیجه افزایش تقاضا برای آب، زیرساخت‌های آبی از جمله سدها و شبکه‌های توزیع آب توسعه یافته‌اند. توسعه این زیرساخت‌ها به مرور زمان به استفاده بی‌رویه از آب و کمیاب شدن آن منجر شده است. این موضوع نگرانی‌های اجتماعی و اقتصادی زیادی را در بین سیاست‌گذاران و مصرف‌کنندگان آب (بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات) ایجاد کرده است؛ به‌ویژه بخش کشاورزی که بخش اعظم آب را مصرف می‌کند به هسته اصلی مشکل آب تبدیل شده است.

افزایش بهره‌وری آب یکی از راه‌های پاسخگویی به تقاضای افزایش‌یافته برای آب با وجود کمیابی آن است. بهره‌وری آب به «تولید مقادیر بیشتری از محصول با مصرف آب کمتر از طریق مدیریت بهتر» اشاره دارد (Allan, 1999). مدیریت بهتر معمولاً به بهبود کارایی تخصیصی آب (AE)[۱] و یا کارایی آب آبیاری[۲] اشاره دارد (Omezzine and Zaibet, 1998). کارایی تخصیصی آب ارتباط نزدیکی با قیمت‌گذاری مناسب آب برای مقاصد کشاورزی دارد؛ در حالی که کارایی مصرف آب به نوع فناوری آبیاری، شرایط محیطی، ویژگی‌های زمین و زمان‌بندی استفاده از آب بستگی دارد (Tang et al., 2015; Heydari, 2013). بهبود کارایی تخصیصی یکی از مهم‌ترین عوامل در افزایش درآمد مزرعه و کاهش تلفات آبیاری می‌باشد. اما تمرکز صرف بر کارایی تخصیصی آب به تعریفی از کارایی آب آبیاری اشاره دارد که فقط در ادبیات مهندسی به آن پرداخته شده است (McGuckin et al., 1987).

کارایی آب آبیاری به‌صورت نسبت مقدار آب واقعی مصرف شده توسط گیاه به مقدار آب داده شده به گیاه تعریف شده است (McGuckin et al., 1992; Omezzine and Zaibet, 1998). بر اساس این تعریف، سیستم آبیاری بارانی می‌تواند مصرف آب را کاهش دهد و کارایی آبیاری را نسبت به آبیاری غرقابی یا شیاری افزایش دهد، اما نیاز به سرمایه بیشتری دارد. از سوی دیگر آبیاری قطره‌ای، بسته به ویژگی‌های زمین، می‌تواند در استفاده از آب کاراتر از آبیاری بارانی عمل کند. براساس تعریف بالا، کارایی آب آبیاری یک اندازه‌گیری فیزیکی یا مهندسی از فناوری آبیاری مشخصی است که در آن مدیریت نقشی ندارد و به این ترتیب به طور مستقیم قابل مقایسه با کارایی فنی نیست (McGuckin et al., 1987). چون واحد اندازه‌گیری کارایی مصرف آب در تعریف فیزیکی و مهندسی (کارایی مصرف آب) کیلوگرم بر مترمکعب است؛ در حالی که واحد آن براساس تعریف فارل (Farrel, 1957) از کارایی مصرف آب درصد می‌باشد. براساس این تعریف از کارایی، نسبت حداقل آب مصرفی ممکن به مقدار آب واقعی استفاده شده برای آبیاری، به شرطی که تکنولوژی مشخص و مقدار مصرف سایر نهاده‌ها و مقدار تولید محصول ثابت باشد، محاسبه و به‌صورت درصد بیان می‌شود. از این دیدگاه کارایی فنی نهاده‌گرا[۳] محاسبه می‌شود (Karagiannis et al., 2003). از دیدگاه کارایی فنی ستاده‌گرا[۴]، کارایی فنی آب آبیاری درصد مقدار محصول تولید شده به ازای هر مترمکعب آب به حداکثر مقدار محصول قابل تولید به ازای همان مقدار آب مصرفی است. در تعریف کارایی فنی (TE)[۵] ، ناکارایی به دلیل عدم توانایی مدیریت است (Farrel, 1957)؛ در حالی که در تعریف مهندسی، مدیریت نقشی در کارایی یا ناکارایی آب آبیاری بازی نمی‌کند (Karagiannis et al., 2003). بنابراین، هر تکنولوژی آبیاری (برای مثال آبیاری قطره‌ای) براساس تعریف فارل از کارایی، می‌تواند میزان مشخصی ناکارایی به دلیل عدم مدیریت صحیح داشته باشد. در نتیجه، با توجه به تعریف فارل، ممکن است آبیاری غرقابی با مدیریت صحیح، کاراتر از آبیاری قطره‌ای با مدیریت ناصحیح باشد و آب کمتری را مصرف نماید (McGuckin et al., 1992).

برای بررسی بهینه بودن تولید محصول با استفاده از نهاده‌ها در مزرعه، کارایی فنی، کارایی تخصیصی (AE)، کارایی اقتصادی[۶] (EE)[۷]، کارایی فنی کل (OTE)[۸] ، کارایی فنی خالص (PTE)[۹] ، کارایی مقیاس (SE)[۱۰] ، کارایی زیر- بردار[۱۱]، کارایی مصرف آب (WUE)[۱۲] ، کارایی فنی مصرف آب آبیاری (IWTE)[۱۳] و کارایی فنی هزینه آب آبیاری (ITCE)[۱۴] قابل محاسبه و برآورد است. کارایی فنی می‌تواند ستاده- محور (OTE)[۱۵] یا نهاده- محور (ITE)[۱۶] باشد؛ که در ستاده- محور مقدار تولید محصول نسبت به سطح ثابتی از نهاده‌ها حداکثر می‌شود و در نهاده- محور مقدار مصرف نهاده‌ها نسبت به سطح ثابتی از تولید محصول حداقل می‌شود (Farrel, 1957; Molaei and Sani, 2015).

کارایی فنی مصرف آب به میزان کاهش بالقوه در مقدار آب مصرفی برای تولید سطح ثابتی از محصول گفته می‌شود و در صورتی که از آب آبیاری برای تولید محصول استفاده شود کارایی فنی مصرف آب آبیاری نامیده می‌شود (Frija et al., 2009). کارایی فنی هزینه آب آبیاری نیز به کاهش بالقوه در هزینه‌های آبیاری در نتیجه حداکثر کردن کارایی فنی مصرف آب آبیاری در سطح ثابتی از مقدار تولید محصول و مقدار مصرف سایر نهاده‌ها گفته می‌شود

(Karagiannis et al., 2003; Wang, 2010). در این پژوهش، به دلیل اینکه تولید چغندرقند با استفاده از آب آبیاری صورت می‌گیرد، کارایی فنی مصرف آب آبیاری برآورد شده است.

مطالعات مختلفی در ارتباط با برآورد کارایی مصرف آب صورت گرفته است. در برخی از این مطالعات کارایی فیزیکی آب محاسبه شده است. در پژوهش Yaghobi et al. (2015) شاخص کارایی مصرف آب برای کل زیست‌توده و دانه تولیدی گندم به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۳۶ کیلوگرم در مترمکعب و برای کل زیست‌توده و کلاله تولیدی زعفران ۰/۳۶ و ۰/۰۰۲ کیلوگرم در مترمکعب به دست آمده است. Heydari (2012) در مطالعه‌ای به تعیین مقدار کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی عمده و در شرایط مدیریت کشاورزان و همچنین شناخت عوامل و مسائل تأثیرگذار بر مقدار آن، در مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان پرداخت. این تحقیق ضمن مرور کامل سایر نتایج موجود، مقدار شاخص کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی عمده در مناطق انتخابی را تعیین و دلایل و منابع کاهش آن را نیز بررسی و تحلیل نموده است. براساس نتایج حاصل، متوسط مقدار شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی گندم (دانه)، چغندرقند (غده)، سیب زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه (وش)، یونجه (خشک شده در هوا)، جو (دانه)، نخود آبی و نیشکر (نی) به ترتیب ۰/۷۳، ۴/۵۶، ۲/۱۸، ۰/۵،۷۱/۵۸، ۱/۴۶، ۰/۵۶، ۰/۱۸ و ۲/۹۴ کیلوگرم محصول بر متر مکعب آب مصرفی اندازه‌گیری شد.

کارایی فنی آب مصرفی از دید اقتصادی با دو روش انجام شده است. برخی از این مطالعات از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[17] استفاده کرده‌اند. Sabouhi et al. (2010) (کارایی مصرف آب در گلخانه‌های سیستان)، Serajodding et al. (2016) (کارایی استفاده از آب آبیاری و کارایی کل نهاده‌های مصرفی در تولید محصول نیشکر در شرکت‌های کشت و صنعت فعال در استان خوزستان)، Alipour and Mousavi (2018) (الگوی بهینه تولید محصولات زراعی با تاکید بر افزایش بهره‌وری آب)، Ganji et al. (2018) (شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی نهاده آب در تولید گندم استان البرز)، Speelman et al. (2008) (مصرف آب آبیاری کشتزارهای آفریقای جنوبی و عامل‌های مؤثر بر آن)، Frija et al. (2009) (کارایی مصرف آب و کارایی فنی گلخانه‌ها در تونس)، Wang (2010) (برآورد کارایی فنی آبیاری در چین در تولید گندم) و Watkins et al. (2021) (برآورد کارایی آب مصرفی و سایر نهاده‌ها در تولید برنج در آرکانزاس). مطالعات دیگری نیز با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی مصرف آب را برآورد کرده‌اند (Lilienfeld and Asmild, 2007; Watto and Mugera, 2014; Chebil et al., 2015; Gadanakis et al., 2015).

گرچه از روش تابع مرز تصادفی (SFA)[18] برای برآورد OTE و ITE و همچنین برآورد کارایی زیست‌محیطی[19] در مطالعات مختلف در داخل کشور استفاده شده است (Dashti et al., 2012; Molaei et al., 2017; Norouzian et al., 2019; Dashti et al., 2021). در خارج از کشور مطالعات محدودی با استفاده از روش تابع مرز تصادفی برای برآورد IWTE صورت گرفته است. Karagiannis et al. (2003) کارایی فنی آب آبیاری را با استفاده از روش تابع مرز تصادفی در یونان برای سبزیجات برآورد کرده و به این نتیجه رسیدند که IWTE (۴۷/۲۰ درصد) بسیار پایین‌تر از OTE (۷۰/۱۷ درصد) بوده و ارتباط آشکاری بین IWTE و OTE وجود ندارد. ITCE در این مطالعه ۹۲/۴۹ درصد برآورد شد که نشان می‌دهد می‌توان با حداکثر کردن IWTE، ۷/۵۱ درصد از هزینه‌های آبیاری کاست. Dhehibi et al. (2007) نیز با استفاده از روش تابع مرز تصادفی IWTE را در تولید مرکبات در تونس برابر با ۵۳ درصد برآورد کردند که پایین‌تر از OTE تولید مرکبات (۶۷/۷۳ درصد) می‌باشد و ITCE برابر با ۷۰/۸۱ درصد به‌دست آمد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سن کشاورز، میزان تحصیلات، آموزش‌های کشاورزی و اندازه مزرعه از عوامل موثر بر کارایی فنی و کارایی مصرف آب هستند. Yigezu et al. (2013) در مطالعه‌ای، تأثیر سیستم آبیاری را بر کارایی در سوریه نشان داد که کارایی سیستم آبیاری تحت فشار بیشتر از کارایی سیستم آبیاری سنتی و غرقابی است. در این مطالعه، کارایی فنی، کارایی فنی آب آبیاری و کارایی فنی هزینه آب آبیاری برای سیستم آبیاری سنتی و غرقابی به‌ترتیب ۷۰، ۶۶ و ۸۹ درصد و برای سیستم آبیاری تحت فشار به‌ترتیب ۸۹، ۷۵ و ۹۱ درصد به‌دست آمده است. Tang et al. (2015) با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از ۳۴۷ کشاورز گندمکار توسط پرسشنامه در دشت گوانگژو در چین، کارایی فنی، کارایی تخصیصی و کارایی کل[20] آب آبیاری را به‌ترتیب ۰/۳۵، ۰/۸۶ و ۰/۸۰ به‌دست آوردند. آنها برای برآورد کارایی‌های ذکر شده از روش تابع مرز تصادفی استفاده کردند. در بخش دیگری از پژوهش، این نتیجه حاصل شد که کمیابی آب، قیمت آب و توسعه زیرساخت‌های آبیاری تأثیر مثبت و پراکندگی اراضی زراعی تأثیر منفی بر کارایی تخصیصی آب آبیاری دارند. همچنین، آنها به این نتیجه رسیدند که کاهش درآمد به دلیل افزایش قیمت آب، می‌تواند با افزایش کارایی آب و در نتیجه کاهش مصرف آب جبران شود. Njuki and Bravo-Ureta (2017) با استفاده از داده‌های مربوط به سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۲، ۱۹۹۷، ۲۰۰۲، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۲ ۳۵۰ دشت در آمریکا کارایی مصرف آب آبیاری و کارایی فنی را به‌ترتیب ۷۲/۶ و ۸۳/۶ درصد به‌دست آوردند.

روش SFA نسبت به DEA مزایایی دارد (Reinhard, 1999; Molaei and Sani, 2015)، که باعث شده است در این مطالعه مورد استفاده قرار گیرد. DEA یک روش غیرپارامتری و SFA روش پارامتری است؛ با این توضیح که نقش مدیریت در کارایی آب آبیاری در روش SFA از عوامل تصادفی (مثل عوامل اقلیمی) جدا می‌شود؛ ولی در روش DEA این امکان وجود ندارد. در SFA امکان آزمون فرضیه وجود دارد؛ در حالی‌که با استفاده از DEA نمی‌توان آزمون فرضیه در مورد ساختار تولید محصول انجام داد. حساسیت SFA در مورد خطای اندازه‌گیری داده‌ها کمتر از DEA است.

چغندرقند به‌عنوان یکی از کشاورزی در گروه صنعتی، ۲۰ درصد سطح زیرکشت کل چغندرقند کشور را در استان آذربایجان غربی به خود اختصاص داده است. سطح زیرکشت و مقدار تولید چغندرقند در استان آذربایجان غربی به‌ترتیب ۲۶۹۸۵ هکتار و ۱/۱۶ میلیون تن می‌باشد؛ و در شهرستان ارومیه این مقادیر به‌ترتیب ۴۷۳ هکتار و ۱۸/۵۰ هزار تن است (Agriculture Statistics Yearbook, 2019). به‌دلیل نیاز آبی بالای این محصول (۸۱۷۲ مترمکعب در هکتار) (Montaseri et al., 2018)، براساس سیاست‌های ستاد احیای دریاچه ارومیه، کشت این محصول بایستی محدود شود و محصولات با نیاز آبی کمتر جایگزین کشت آن شوند. مرور منابع نشان می‌دهد که مطالعه‌ای در ارتباط با برآورد کارایی فنی آبیاری در داخل کشور با استفاده از روش تابع مرز تصادفی انجام نشده است. این تحقیق با هدف برآورد کارایی فنی مصرف آب آبیاری در تولید چغندرقند با استفاده از روش SFA انجام شده است. در این نوع از کارایی، حداقل مقدار آب مورد نیاز برای تولید سطح ثابتی از چغندرقند که در آن مقدار مصرف سایر نهاده‌ها و تکنولوژی تولید نیز ثابت است، برآورد می‌شود. این یک تعریف اقتصادی از کارایی مصرف آب است نه تعریف مهندسی (Karagiannis et al., 2003). به بیان بهتر، برآورد کارایی به این‌صورت نشان می‌دهد که چه میزان می‌توان مصرف آب آبیاری را با ثابت نگه داشتن مصرف سایر نهاده‌ها برای تولید سطح ثابتی از چغندرقند کاهش داد. در این شیوه از برآورد کارایی، هر سیستم آبیاری به دلایل مختلفی ممکن است ناکارا عمل نماید. برای مثال، هم سیستم آبیاری غرقابی و هم سیستم آبیاری تحت فشار می‌توانند ناکارا باشند. در حالی که در تعریف مهندسی از کارایی آب، سیستم آبیاری تحت فشار کاراتر از سیستم آبیاری غرقابی است. علاوه بر برآورد کارایی فنی مصرف آب آبیاری، کارایی فنی هزینه آب آبیاری، کارایی فنی ستاده- محور و کارایی فنی نهاده- محور نیز در این مطالعه برآورد شده‌اند.

۲- روش تحقیق

فرآیند انجام این مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود پس از مرور مطالعات گذشته و طراحی پرسشنامه، حجم نمونه تعیین و داده‌های مورد نیاز با استفاده از پرسشنامه و مصحبه حضوری جمع‌آوری شد. سپس این داده‌ها تمیز (غربال) شدند و داده‌های پرت حذف گردید. در ادامه، با استفاده از این داده‌ها آمار توصیفی متغیرها استخراج و تابع مرز تصادفی با استفاده از نرم‌افزار NLOGIT 6.0 برآورد شد. در نهایت با استفاده از تابع مرز تصادفی برآورد شده مقادیر کارایی فنی و هزینه آب آبیاری محاسبه شد.

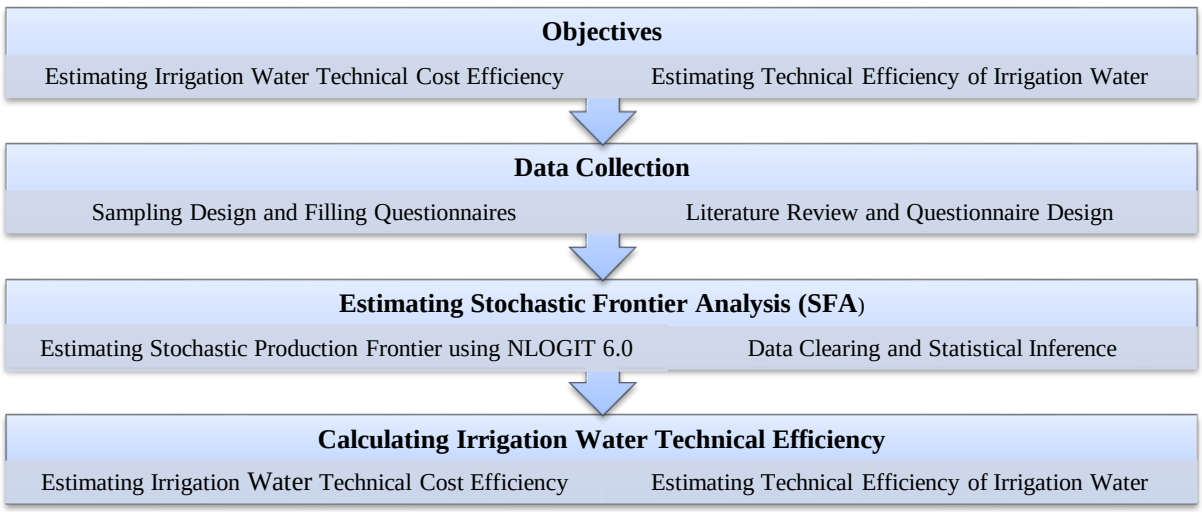

Fig. 1- Algorithm of research steps
شکل ۱- الگوریتم مراحل انجام پژوهش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در بخش‌های مرکزی و نازلو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه انجام شده است. شهرستان ارومیه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه از پنج بخش تشکیل شده است که عمده تولید چغندرقند در بخش‌های مرکزی و نازلو می‌باشد و داده‌های مورد نیاز از این بخش‌ها جمع‌آوری شده‌اند. موقعیت این بخش‌ها در شکل ۲ب نشان داده شده است. در حوضه غرب دریاچه ارومیه (شهرستان ارومیه) چهار زیرحوضه نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای وجود دارد؛ که محدوده مورد مطالعه پایین‌دست هر چهار زیرحوضه را شامل می‌شود (شکل ۲ الف). برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز، پرسشنامه‌ای طراحی شد که در آن داده‌های مربوط به تولید چغندرقند و مقدار نهاده‌های مصرف شده (آب، نیروی کار، بذر، ماشین‌آلات، کودها و سموم شیمیایی) برای تولید آن از کشاورزان با مصاحبه حضوری و چهره-به-چهره (Face-to-Face) با کشاورزان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ دریافت شد. تعداد کشاورزانی که بایستی مصاحبه با آنها صورت می‌گرفت، با استفاده از فرمول کوکران (رابطه ۷) محاسبه شد.

۲-۲- روش برآورد کارایی فنی آب آبیاری و کارایی فنی هزینه آب

تکنولوژی تولید با استفاده از تابع مرز تصادفی زیر تعریف شود (Karagiannis et al., 2003):

$$y_i=f(x_i,w_i;a)\exp(\varepsilon_i) \qquad (۱)$$

که $i=1,2,\ldots,N$ به تعداد مزارع، y مقدار محصول تولید شده، x بردار مقدار نهاده‌های مصرف شده، w مقدار آب مصرفی و ε_i جزء خطای مرکب مدل می‌باشد. $\varepsilon_i=v_i-u_i$ که v_i خطای تصادفی با توزیع نرمال دو طرفه متقارن است و نشان‌دهنده اثرات احتمالی خارج از کنترل کشاورز (بعنوان مثال شرایط نامساعد آب و هوایی، بلایای طبیعی)، خطاهای اندازه‌گیری و دیگر اختلالات آماری می‌باشد و به‌صورت مستقل و نرمال $N(0,\sigma^2_v)$ توزیع شده است. U_i جزء یک‌طرفه کارایی است $(u_i>0)$، که کارایی فنی مزرعه iام را در برمی‌گیرد. با برآورد تابع مرز تصادفی فوق با شکل تابعی مناسب، کارایی فنی ستاده- محور مزرعه iام با استفاده از رابطه $TE_i^o=\exp(-u_i)$ (Kumbhakar and Lovell, 2000) و کارایی فنی نهاده- محور با استفاده از رابطه ۶ (Atkinson and Cornwell, 1994; Reinhard et al., 1999) به‌دست می‌آید. در صورتی که بازدهی نسبت به مقیاس نزولی، ثابت یا صعودی باشد، کارایی فنی ستاده- محور به ترتیب بزرگتر، مساوی و کوچکتر از کارایی فنی نهاده- محور خواهد بود (Fare and Lovell, 1978). در بازدهی نسبت به مقیاس نزولی، ثابت و صعودی با افزایش مقیاس تولید (مساحت مزرعه) مقدار تولید در هر هکتار به‌ترتیب کاهش، ثابت و افزایش پیدا می‌کند؛ همچنین هزینه‌های تولید در هر هکتار به‌ترتیب افزایش، ثابت و کاهش خواهد یافت.

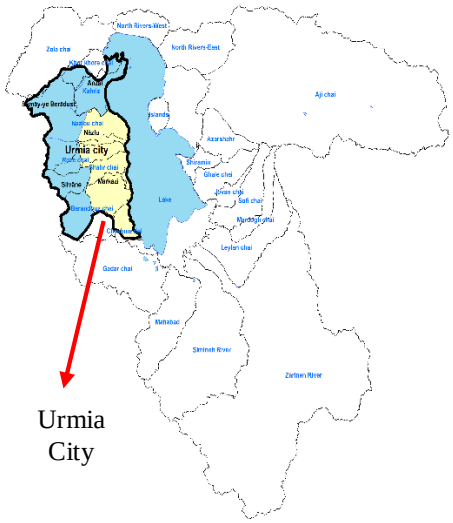

Fig. 2a- Subbasins of Urmia Lake Basin

شکل ۲ الف- نقشه زیرحوضه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه

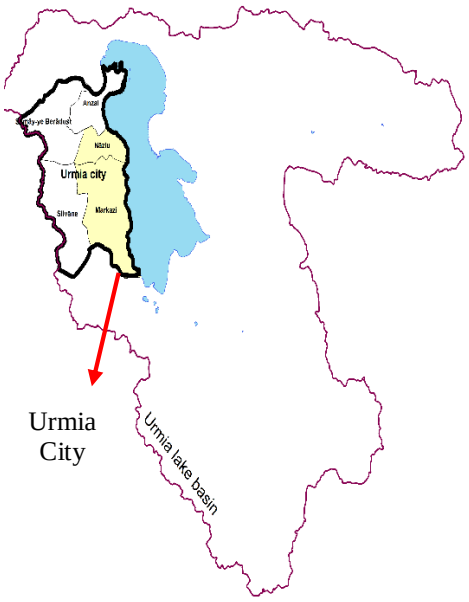

Fig. 2b- Location of central and Nazlu Districts in Urmia County

شکل ۲ ب- موقعیت بخش‌های مرکزی و نازلو روی نقشه شهرستان ارومیه

برآورد کارایی به شکل بالا، استفاده کارا از نهاده‌ها را به‌صورت جداگانه مشخص نمی‌کند. به همین دلیل در این مقاله تلاش شده است که کارایی فنی یک نهاده (مصرف آب آبیاری) به صورت جداگانه محاسبه شود. کارایی فنی مصرف آب آبیاری به صورت نسبت حداقل آب مصرفی ممکن به مقدار آب واقعی استفاده شده برای آبیاری، به شرطی که تکنولوژی مشخص و مقدار مصرف سایر نهاده‌ها و مقدار تولید محصول ثابت باشد، تعریف می‌شود (Karagiannis et al., 2003). در نتیجه کارایی فنی مصرف آب، کارایی فنی نهاده- محور برای یک نهاده می‌باشد و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$IE^{I}=[\min\{\lambda:f(x,\lambda w;\alpha)\geq y\}]\rightarrow(0,1)] \qquad (۲)$$

پس از برآورد کارایی فنی مصرف آب آبیاری، می‌توان کارایی فنی هزینه آب را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود (Akridge, 1989):

$$ITCE_i=S_{wi}IE_i^{I}+\sum_{j=1}^{J}S_{ji} \qquad (۳)$$

که S_{wi} و S_{ji} سهم هزینه نهاده آب آبیاری و نهاده jام را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه $0<IE_i^{I}\leq 1$ و $S_{wi}IE_i^{I}+\sum_{j=1}^{J}S_{ji}=1$ می‌باشد، $0<ITCE_i\leq 1$ خواهد بود.

برای برآورد تابع مرز تصادفی فرض شد که ساختار تولید چغندرقند توسط تابع تولید به شکل ترانسلوگ به‌صورت زیر مشخص شود:

(۴)

$$\begin{aligned}Iny_i=\alpha&+\sum_{j=1}^{J}\alpha_j Inx_{ji}\\&+\frac{1}{2}\Big(\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{J}\alpha_{jk}Inx_{ji}Inx_{ki}\Big)\alpha_w Inw_i\\&+\frac{1}{2}\Big(\alpha_{ww}Inw_i^2\\&+\sum_{j=1}^{J}\alpha_{jw}Inx_{ji}Inw_i\Big)+v_i-u_i\end{aligned}$$

که y_i مقدار تولید چغندرقند در هر هکتار، x_{ji} مقدار مصرف نهاده jام استفاده شده در هر هکتار از مزرعه iام، w_i مقدار مصرف آب در هر هکتار از مزرعه iام، α پارامترهای مدل را نشان می‌دهند.

پس از برآورد تابع ترانسلوگ، می‌توان IWTE و ITE را به‌ترتیب با استفاده از روابط ۵ و ۶ محاسبه نمود (Reinhard et al., 1999; Atkinson and Cornwell, 1994):

$$\begin{aligned}IE_i^{I}&=\exp[\{-\xi_i\pm(\sqrt{\xi_i^2-2\alpha_{ww}u_i})\}/\alpha_{ww}]\\\xi_i&=\frac{\partial \ln y_i}{\partial \ln w_i}=\alpha_w+\sum_{j=1}^{J}\alpha_{jw}\ln x_{ji}+\alpha_{ww}\ln w_i\end{aligned} \qquad (۵)$$

$$\begin{aligned}ITE_i&=(-\zeta_i+\sqrt{\zeta_i^2-4\omega u_i})/2\omega\\\zeta_i&=\sum_j\alpha_j+\alpha_w+\sum_j(\sum_k\alpha_{jk}\ln x_k))+\sum_k\alpha_{wk}\ln x_k\\\omega&=0.5(\sum_j\sum_k\alpha_{jk}+\sum_j\alpha_{jw})\end{aligned} \qquad (۶)$$

۳-۲- روش برآورد حجم نمونه

داده‌های موردنیاز در این مطالعه، به‌صورت تصادفی جمع‌آوری که حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران (رابطه ۷) برابر با ۱۰۰ به‌دست آمد، جمع‌آوری گردید.

$$n=\frac{\frac{z^2\times p\times q}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{z^2\times p\times q}{d^2}-1\right)} \qquad (۷)$$

که n حجم نمونه آماری، N حجم جامعه آماری، d اشتباه مجاز (معمولاً برابر ۰/۰۵ درنظر گرفته می‌شود)، z مقدار متغیر نرمال با سطح اطمینان (α−1) برای سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶، p نسبت برخورداری از صفت موردنظر (کارایی) و q=(1-p) نسبت عدم برخورداری از صفت موردنظر (ناکارایی) (p=q برابر با ۰/۵) است.

۳- نتایج و تحلیل

۳-۱- آمار توصیفی متغیرها

برای برآورد کارایی فنی، ابتدا لازم است ستاده و نهاده‌ها مشخص شوند. در این پژوهش، نهاده‌ها شامل نیروی کار، ماشین‌آلات، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی، آب و بذر و ستاده مقدار تولید چغندرقند می‌باشد. برای به‌دست آوردن شمایی کلی از ساختار تولید چغندرقند در محدوده مورد مطالعه، آماره‌های توصیفی مقدار مصرف نهاده‌ها برای تولید چغندرقند بررسی می‌شود.

همانطور که از جدول ۱ مشخص است میانگین سطح زیرکشت چغندرقند در منطقه مورد مطالعه ۲/۲۹ هکتار است که از هر هکتار ۶۲/۹۱ تن محصول برداشت می‌شود. برای تولید این مقدار محصول به طور متوسط ۸۳۲۱ مترمکعب[۲۱] آب مصرف می‌شود. میانگین هزینه تولید در هر هکتار چغندرقند ۹۳ میلیون ریال در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بوده که سهم هزینه آب از هزینه کل تولید در هر هکتار ۷/۵۷ درصد می‌باشد. مقایسه سهم هزینه آب با سهم هزینه سایر نهاده‌ها بیانگر این است که کشاورزان منطقه مبلغ کمتری را در مقایسه با سایر نهاده‌ها برای آب پرداخت می‌کنند. اطلاعات مربوط به مصرف سایر نهاده‌ها و سهم هزینه آنها در جدول ۱ آمده است.

Table 1- Descriptive statistics of the variables

جدول ۱- آماره‌های توصیفی متغیرها

Variables	Unit	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Output	Kg	62913.33	21742.69	10000	140000
Labor	Hour	701.59	5996.12	11.25	60051.5
Machinery	Hour	38.77	28.60	7.87	196
Pesticide	Liter	6.21	6.75	0.02	60
Fertilizer	Kg	597.70	322.82	0.01	1752
Irrigation Water	m^3	8321.19	4475.57	1575.26	19296.98
Seed	Kg	2.09	0.77	1	9
Cultivated Area	ha	2.29	2.96	0.5	27
Total Cost	Million Rials	93.4	28.84	49.07	185.96
Share of Labor Cost	%	25	13	4.99	63.47
Share of Machinery Cost	%	33.82	10.98	17.91	71.96
Share of Pesticide Cost	%	9.30	9.16	0.21	48.13
Share of Fertilizer Cost	%	9.49	4.49	2.24	30.28
Share of Irrigation Water Cost	%	7.57	5.27	0.07	34.76
Share of Seed Cost	%	9.67	3.88	2.34	32.56

Source: Research findings

۲-۳- نتایج برآورد کارایی فنی آب آبیاری و کارایی هزینه آب

برای برآورد کارایی آب لازم است ساختار تولید آن با استفاده از تابع تولید مشخص شود. به همین دلیل، تابع تولید مرزی تصادفی به شکل تابعی ترانسلوگ به روش حداکثر درستنمایی با توزیع نیمه‌نرمال تعمیم یافته برای اثرات عدم کارایی تخمین زده شد؛ که نتایج حاصله در جدول ۲ گزارش شده است. آماره Mu[۲۲] برابر با ۱۴/۳۳- برآورد شده است. این آماره برای آزمون توزیع نیمه نرمال در مقابل توزیع نرمال بریده شده برای مقادیر ناکارایی استفاده می‌شود. فرضیه صفر برای این آزمون توزیع نیمه-نرمال برای مقادیر ناکارایی (Mu=0) و فرضیه جایگزین توزیع نرمال بریده شده (Mu>0) است. همان‌طور که در انتهای جدول ۲ مشاهده می‌شود آماره z (مقدار بحرانی[۲۳] آماره توزیع نرمال استاندارد) برای انجام این آزمون آماری ۰/۱۷- به‌دست آمده است؛ که سطح معنی‌داری برآورد شده برای آن ۰/۸۶ می‌باشد. در نتیجه فرضیه عدم رد نشده و توزیع مقادیر ناکارایی نیمه-نرمال بوده و برای برآورد تابع مرز تصادفی از این توزیع استفاده شده است.

با استفاده از تابع مرز تصادفی برآورد شده، متوسط مقادیر IWTE و ITCE، OTE و ITE محاسبه و به‌ترتیب ۵۶/۶۵، ۳/۴۷، ۹۸/۷۷ و ۵۲/۸۷ درصد به‌دست آمدند. با توجه به کارایی فنی ستاده- محور (۹۸/۷۷ درصد) و نهاده- محور (۵۲/۸۷ درصد) می‌توان ۱/۲۳ درصد مقدار تولید چغندرقند را با مصرف سطح ثابتی از نهاده‌ها افزایش داد و از طرف دیگر با کاهش ۴۷/۱۳ درصد در مصرف نهاده‌ها، مقدار ثابتی از محصول چغندرقند را تولید نمود. این نتیجه بیانگر آن است که از نهاده‌های تولید به‌صورت بهینه استفاده نشده و ۴۷/۱۳ درصد آنها اتلاف می‌شود. بنابراین، پتانسیل بالایی برای صرفه‌جویی در استفاده از نهاده‌ها و افزایش سود کشاورزان تولیدکننده چغندرقند با افزایش کارایی فنی استفاده از نهاده‌ها وجود دارد. کارایی فنی ستاده- محور تمامی مزارع بالاتر از ۹۰ درصد است؛ در حالی‌که کارایی فنی نهاده- محور بین صفر و ۹۹/۶۰ درصد در نوسان است. ۴۸ درصد مزارع کارایی فنی نهاده- محور کمتر از ۵۰ درصد دارند؛ که نشان می‌دهد در ۴۸ درصد مزارع چغندرقند ۵۰ درصد از منابع به‌صورت ناکارا مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از نهاده‌هایی که به‌صورت ناکارا مورد استفاده قرار می‌گیرد، آب آبیاری است.

نتایج برآورد IWTE نشان می‌دهند که در ارتباط با مصرف آب آبیاری در تولید چغندرقند ۴۳/۳۵ درصد ناکارایی وجود دارد و بایستی کارایی فنی مصرف آب آبیاری به اندازه ۴۳/۳۵ درصد بالا رود تا حداکثر کارایی در مصرف آب آبیاری حاصل شود. به بیان دیگر، کشاورزان تولیدکننده چغندرقند در مصرف آب کارا عمل نمی‌کنند و می‌توانند با ثابت نگه‌داشتن مقدار مصرف سایر نهاده‌ها و تکنولوژی تولید و کاهش مصرف آب به اندازه ۴۳/۳۵ درصد همان مقدار محصول را تولید نمایند. از طرف دیگر، ITCE (۹۶/۵۳ درصد) نیز بیانگر این است که چنانچه حداکثر کارایی فنی در مصرف آب به‌دست آید، هزینه آب آبیاری به میزان ۳/۴۷ درصد کاهش خواهد یافت. از آنجایی که سهم هزینه آب از هزینه‌های کل تولید رقم بسیار کمی است، کاهش در هزینه آب برای دست‌یابی به حداکثر کارایی فنی مصرف آب آبیاری نیز رقم پایینی می‌باشد.

Table 2- Estimated parameter of the stochastic frontier function

جدول ۲- نتایج برآورد پارامترهای تابع تولید مرزی تصادفی

Variable		Coefficient	Standard Deviation	Z
LL	Log(labor)	-1.81*	1.08	-1.68
LM	Log(machinery)	2.12	1.85	1.15
LP	Log(Pesticide)	3.07***	1.004	3.06
LF	Log(Fertilizer)	-2.48*	1.37	-1.81
LW	Log(Irrigation Water)	1.40	1.77	0.79
LS	Log(Seed)	-4.27	6.02	-0.71
LL×LL		2.02	0.08	0.24
LM× LM		-0.45**	0.20	-2.25
LH×LH		-0.08**	0.03	-2.12
LF×LF		-0.009	0.02	-0.35
LW×LW		-0.30	0.19	-1.53
LS×LS		-0.07	0.81	-0.09
LL ×LM		-0.10	0.10	0.93
LL ×LP		-0.02	0.04	-0.49
LL ×LF		-0.03	0.07	-0.05
LL ×LW		0.17*	0.10	1.60
LL ×LS		-0.11	0.27	-0.42
LM ×LP		-0.12**	0.05	-2.31
LM×LF		0.31**	0.12	2.57
LM ×LW		-0.24	0.16	-1.48
LM ×LS		-0.86*	0.49	-1.76
LP ×LCH		-0.13*	0.07	-1.82
LP ×LW		-0.20**	0.08	-2.38
LP×LS		0.26	0.37	0.70
LF ×LW		0.17	0.12	1.43
LF ×LS		0.08	0.76	0.12
LW ×LS		0.75*	0.40	1.85
Intercept		12.56	12.22	1.03
Mu		-14.33	82.12	-0.17

Source: Research findings

Table 3- Distribution of estimated technical efficiencies

جدول ۳- توزیع مقادیر کارایی‌های فنی برآورد شده

	IWTE	ITCE	OTE	ITE
Efficiency < 10%	14	0	0	30
10<Efficiency <=20%	11	0	0	5
20<Efficiency <=30%	4	0	0	4
30<Efficiency <=40%	8	0	0	5
40<Efficiency <=50%	7	0	0	4
50<Efficiency <=60%	5	0	0	6
60<Efficiency <=70%	7	0	0	1
70<Efficiency <=80%	7	0	0	3
80<Efficiency <=90%	5	7	0	2
90<Efficiency <=100%	32	93	100	40
Mean	56.65	96.53	98.77	52.87
Min	0	3.80	98.57	0
Max	99.67	83.44	99.55	99.60

Source: Research findings

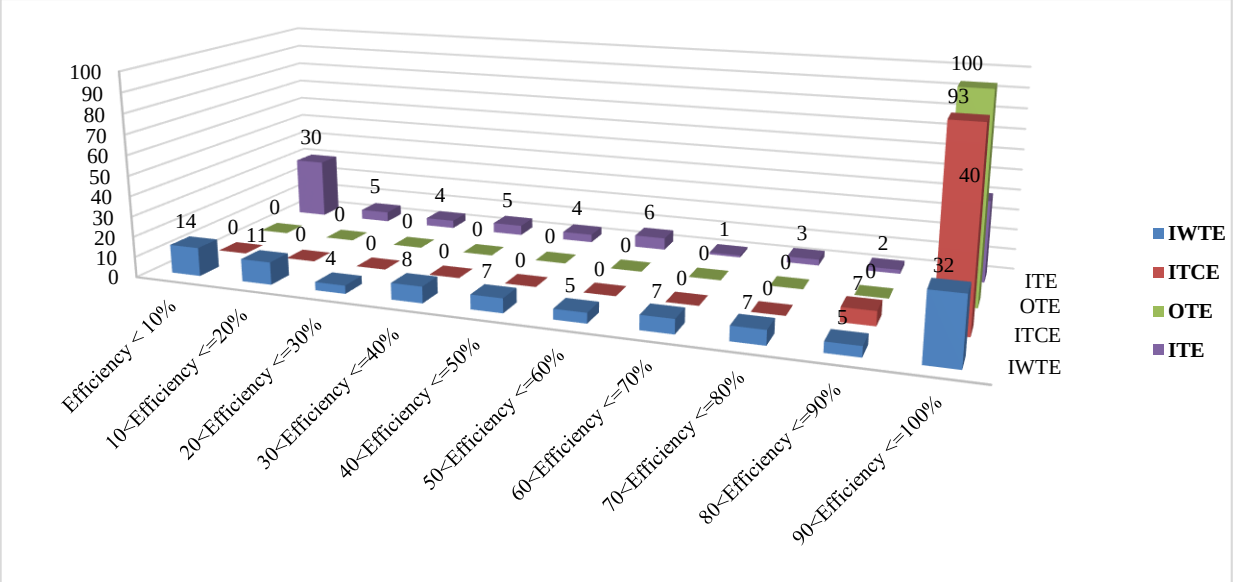

Fig. 3- Distribution of the estimated technical efficiencies

شکل ۳- توزیع کارایی‌های فنی برآورد شده

با ترکیب IWTE و ITCE می‌توان گفت که با بالا بردن کارایی فنی مصرف آب در تولید چغندرقند به اندازه ۴۳/۳۵ درصد هزینه‌های آبیاری به اندازه ۳/۴۷ درصد کاهش خواهد یافت. کارایی فنی آب آبیاری بین صفر و ۹۹/۶۷ درصد متغیر است و ۴۴ درصد مزارع کارایی فنی آب آبیاری کمتر از ۵۰ درصد دارند؛ که در این مزارع می‌توان با نصف آب آبیاری استفاده شده در شرایط موجود و ثابت نگه‌داشتن مقدار استفاده از سایر نهاده‌ها، به اندازه ۶۲/۹۱ تن چغندرقند از هر هکتار برداشت نمود.

در جدول ۴ ضریب همبستگی نشان می‌دهد که بین مقادیر مختلف کارایی فنی برآورد شده همبستگی مثبتی وجود دارد و افزایش کارایی فنی مصرف آب آبیاری باعث افزایش کارایی فنی هزینه آب آبیاری، کارایی فنی ستاده- محور و کارایی فنی نهاده- محور می‌شود.

اقدامات مدیریتی که کارایی فنی مصرف آب را افزایش دهد (نظیر مدیریت آب توسط کشاورزان، تنش خشکی، اصلاح نژاد گیاهان برای تحمل به خشکی، راه‌کارهای مدیریت جامع تنش خشکی، عکس‌العمل گیاهان به کمبود رطوبتی خاک، راهکارهای ارتقاء ژنتیکی گیاهان، تولید ارقام جدید گیاهی متناسب با شرایط آب و هوایی هر منطقه، راهکارهای افزایش کارایی مصرف آب سطح گیاه با مدیریت آبهای شور، تناوب زراعی، مدیریت سطح ایستایی در مناطقی که سطح آب زیرزمینی در عمق کمی قرار دارد، ملاحظات ویژه برای استفاده از آب شور برای گیاهان، فصل مناسب کاشت، جایگزینی گیاه، افزایش آب قابل استفاده توسط گیاه، افزایش ظرفیت جذب آب گیاهان، الگوی کشت و مدیریت‌های زراعی (Heydari, 2013)، کشت زودهنگام چغندرقند، تغییر آرایش کشت چغندرقند، کم آبیاری در مراحل رشدی مقاوم به کم آبی، استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، توسعه کشت پاییزه چغندرقند، استفاده از ارقام توصیه شده برای شرایط کمبود آب، کاشت چغندرقند با استفاده از سیستم کاشت نشائی و کشت چغندرقند بعد از برداشت و یا آخرین آب‌گیری غلات پاییزه (Mohammadian, 2019)) می‌تواند باعث بالا رفتن کارایی فنی تولید شود.

Table 4- Correlation coefficient between estimated technical efficiencies

جدول ۴- ضریب همبستگی بین کارایی‌های فنی برآورد شده

	IWTE	ITCE	OTE	ITE
IWTE	1			
ITCE	67.20	1		
OTE	16.44	17.35	1	
ITE	31.14	24.67	11.15	1

Source: Research findings

در مطالعات Karagiannis et al. (2003) و Dhehibi et al. (2007) مقدار IWTE بسیار پایین‌تر از OTE بوده و در مطالعه Karagiannis et al. (2003) ارتباط آشکاری بین IWTE و OTE وجود نداشت. پیشنهاد می‌شود با استفاده از مدیریت مصرف آب و استفاده از تکنولوژی‌های جدید آبیاری (آبیاری تحت فشار به‌جای آبیاری غرقابی) کارایی مصرف آب را بالا برد.

وجود همبستگی مثبت بین مقادیر کارایی‌های برآورد شده (IWTE، ITCE، OTE و ITE) نشان‌می‌دهد که با افزایش IWTE می‌توان سایر کارایی‌ها را نیز بالا برد. نتیجه مطالعات Yigezu et al. (2013) و Tang et al. (2015) تأییدی بر استفاده از سیستم‌های آبیاری مدرن برای بالابردن کارایی مصرف آب است.

پیشنهاد دیگر برای کاهش مصرف آب، استفاده از ابزار قیمت می‌باشد. با این توضیح که با بالا رفتن قیمت آب، کمیابی واقعی آب از طرف کشاورزان حس شده و آنها به مدیریت مصرف آب و استفاده کارا از آن خواهند پرداخت. با توجه به اینکه درصد تغییر در هزینه آب برابر با درصد تغییر در مقدار آب مصرفی به اضافه درصد تغییر در قیمت آب است[۲۴]. اگر درصد تغییر در هزینه آب برابر با ۳/۴۷- و درصد تغییر در مقدار آب مصرفی برابر با ۴۳/۳۵- باشد، درصد تغییر در قیمت برابر با ۳۹/۸۸ درصد خواهد بود. به عبارت دیگر، بایستی قیمت آب ۳۹/۸۸ درصد افزایش یابد تا مقدار آب مصرفی و هزینه‌های آب در تولید چغندرقند به‌ترتیب ۴۳/۳۵ و ۳/۴۷ درصد کاهش یابد.

سیاست‌های مبتنی بر قیمت (کاهش یا افزایش قیمت) نسبت به سیاست‌های مبتنی بر کنترل و دستور[۲۵] از کارایی بالاتری برخوردارند؛ ولی اجرای آنها بسیار سخت (به‌دلیل اصلاح قوانین مربوط به تعیین قیمت آب کشاورزی) می‌باشد. سیاست افزایش قیمت آب در بلندمدت به نفع کشاورز است؛ گرچه شاید در کوتاه‌مدت به دلیل بالا رفتن هزینه‌های تولید، به ضرر او باشد. اما به مرور زمان افزایش هزینه تولید (در نتیجه افزایش قیمت آب) به افزایش قیمت محصول منجر خواهد شد. البته افزایش قیمت آب نسبت به قیمت سایر نهاده (که قیمت آنها یا ثابت مانده و یا افزایش کمتری نسبت به قیمت آب داشته است) منجر به استفاده کاراتر از آب خواهد شد. این پیشنهاد با نتیجه تحقیق Tang et al. (2015) نیز سازگار است.

۴- خلاصه و جمع‌بندی

چغندرقند یکی از محصولات آب‌بر در حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. Heydari (2015) راه‌کارهای اولویت‌دار و محوری برای بهبود کارایی مصرف آب در مزارع کشور را در بهبود مدیریت کنترل منابع آب، افزایش بازده آبیاری در مزرعه، ارتقاء شاخص‌های مکانیزاسیون، افزایش کارایی مصرف آب در کشاورزی دیم، توسعه پایدار سامانه‌های آبیاری تحت فشار، مدیریت بهبود کیفیت منابع آب و خاک و توجه به مسائل کشاورزی سنتی و حل مسائل کشاورزی سنتی خلاصه نموده است.

شاید از دید سیاست‌گذاران بخش آب، افزایش کارایی مصرف آب با توجه به راه‌کارهای فوق دشوار باشد؛ و به همین دلیل تغییر الگوی کشت را برای بالا بردن کارایی مصرف آب در اولویت قرار می‌دهند و چون این سیاست را به‌صورت دستور و کنترل به اجرا در می‌آورند، معمولاً با موفقیت همراه نمی‌شود. تغییر الگوی کشت محصولات کشاورزی و کاشت محصولات با نیاز آبی کم و محدود کردن کشت محصولات با نیاز آبی بالا (برای مثال گندم، جو، نخود، انگور، گردو و بادام (Montaseri et al., 2018) و کلزا (Rezaei Chianeh et al., 2017) به‌جای چغندرقند) هم در همان راستا برای احیای دریاچه ارومیه پیشنهاد شده است.

در این مطالعه سعی شده است تا با برآورد کارایی فنی مصرف آب در تولید چغندرقند به این سؤال پاسخ داده شود که کارایی فنی مصرف آب در تولید چغندرقند چقدر است و آیا با بالا بردن این کارایی، ITCE، OTE و ITE افزایش پیدا می‌کند یا خیر. نتایج نشان می‌دهد که همبستگی مثبت بین IWTE و سایر مقادیر کارایی (ITCE، OTE و ITE) وجود دارد و با افزایش IWTE مقادیر کارایی‌های دیگر نیز افزایش خواهد یافت. نتایج این تحقیق می‌تواند به سیاست‌گذاران بخش آب کشور کمک نماید تا در راستای افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی تصمیماتی اتخاذ نمایند که در نهایت منجر به استفاده بهینه از آب در این بخش شود.

یکی از این سیاست‌ها می‌تواند اصلاح شیوه قیمت‌گذاری آب کشاورزی (۳ درصد درآمد حاصل از هر هکتار از محصول در اراضی پایاب شبکه‌های توزیع آب) باشد. قیمت آب بر این اساس رقم بسیار پایینی است و استفاده ناکارا از آب در این شرایط حتماً اتفاق می‌افتد (با توجه به نتایج این مطالعه، بیش از ۴۳ درصد آب هدر می‌رود).

محدودیت اصلی در انجام این تحقیق، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، به‌ویژه داده‌های مربوط به مصرف آب بود؛ که امید می‌رود وزارت جهاد کشاورزی اقدامات اساسی در راستای تولید این داده‌ها و قراردادن آنها در دسترس محققین انجام دهد.

۵- تشکر

در این مقاله از داده‌های طرح تحقیقاتی به شماره ۵۳/۲۴ و کد طرح ۹۶/أ/۰۰۹ که توسط پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه تأمین مالی شده است، استخراج شده است. از پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه برای تأمین مالی این طرح سپاسگذاری می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1- Allocative Efficiency
2- Irrigation Water Efficiency
3- Input-Oriented Technical Efficiency
4- Output-Oriented Technical Efficiency
5- Technical Efficiency
۶- به کارایی اقتصادی کارایی هزینه نیز گفته می‌شود.
7- Economic Efficiency (Cost Efficiency)
8- Overall Technical Efficiency
9- Pure Technical Efficiency
10- Scale Efficiency
11- Sub-Vector Efficiency
12- Water Use Efficiency
13- Irrigation Water Technical Efficiency
14- Irrigation Water Technical Cost Efficiency
15- Output Oriented Technical Efficiency
16- Input Oriented Technical Efficiency
17- Data Envelopment Analysis
18- Stochastic Frontier Production
19- Environmental Efficiency
20- Overall Irrigation Water Technical Efficiency
۲۱- Karimi (2018) میزان آب مصرفی آبیاری در مزارع چغندرقند انتخاب شده در استان خراسان رضوی را بین ۸۶۹۵ تا ۱۵۳۶۰ مترمکعب در هکتار و با میانگین ۱۱۵۰۴ مترمکعب در هکتار بدست آورد. تغییرات آب مصرفی در تولید چغندرقند در استان‌های مورد مطالعه در این طرح از ۴۴۵۸ تا ۲۰۲۷۹ مترمکعب در هکتار متغیر است.
۲۲- میانگین جزئ ناکارایی (u) است.
23- Critical Value
24- $TC=W.Pw \rightarrow \Delta TC=\Delta W.Pw+W.\Delta Pw \rightarrow \frac{\Delta TC}{TC}\times 100=\frac{\Delta W.Pw}{TC}\times 100+\frac{W.\Delta Pw}{TC}\times 100 \rightarrow \frac{\Delta TC}{TC}\times 100=\frac{\Delta W.Pw}{W.Pw}\times 100+\frac{W.\Delta Pw}{W.Pw}\times 100 \rightarrow \frac{\Delta TC}{TC}\times 100=\frac{\Delta W}{W}\times 100+\frac{\Delta Pw}{Pw}\times 100 \rightarrow \Delta TC\%=\Delta W\%+\Delta Pw\%$
که هزینه آب آبیاری (TC)، مقدار آب آبیاری مصرفی (W) و قیمت آب (Pw) می‌باشد.
25- Command and Control

۶- مراجع

Agricultural Statistics Yearbook (2019) Online, Available at: amar.org.ir

Akridge JT (1989) Measuring productive efficiency in multiple product agribusiness firms: A dual approach. American Journal of Agricultural Economics 71:116–125

Alipour A, Mosavi S (2018) Optimal crop production pattern with emphasis on improving water use efficiency (A case study of Gorgan Mazrae Nemoone Company). Iran-Water Resources Research 14(4):92-101 (In Persian)

Allan T (1999) Productive efficiency and allocative efficiency: Why better water management may not solve the problem. Agricultural Water Management 40:71-75

Atkinson SE and Cornwell C (1994) Estimation of output and input technical efficiency using a flexible functional form and panel data. International Economic Review 35:245–55

Chebil A, Frija A, and Abdelkafi B (2012) Irrigation water use efficiency in collective irrigated schemes of Tunisia: Determinants and potential irrigation cost reduction. Agricultural Economics Review 13(1):39-48

Dashti G, Yavari S, Pishbahar E, and Hayati B (2012) Effective factors on the broiler firms' technical efficiency of the Sonqor-Kolyaee County. Animal Science Researches 21(3):83-95 (In Persian)

Dashti Gh, Mohammadpour Z, and Ghahremanzadeh M (2021) Evaluating the relationship between economic and environmental efficiency in Iranian agriculture sector. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 30(4):199-211 (In Persian)

Molaei M, Hesari N, and Javanbakht O (2017) The estimation of input-oriented environmental efficiency of agricultural products (Case study: Environmental efficiency of rice production). Agricultural Economics 11(2):157-172 (In Persian)

Dhehibi B, Lachaal L, and Elloumi M (2007) Measuring irrigation water use efficiency using stochastic production frontier: An application on citrus producing farms in Tunisia. Journal of Agricultural and Resource Economics 1:1-15

Fare R, Lovell CAK (1978) Measuring the technical efficiency of production. Journal of Economic Theory 19:150–162

Farrell MJ (1957) The measurement of productive efficiency. Journal of Royal Statistics Society: Series A 120(III):253–281

Frija A, Chebil A, Speelman S, Buysse J, and Van Huylenbroeck G (2009) Water use and technical efficiencies in horticultural green houses in Tunisia. Agricultural Water Management 28(08):1-8

Gadanakis Y, Bennett R, Park J, Areal FJ (2015) Improving productivity and water use efficiency: A case study of farms in England. Agricultural Water Management 160:22–32

Ganji N, Yazdani S, Saleh I (2018) Identifying factor affecting efficiency of water use in wheat production, Alborz Province (Data envelopment analysis approach). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 49(1):13-22 (In Persian)

Heydari N (2012) Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmer's management in Iran. Water and Irrigation Management 1(2):43-57 (In Persian)

Heydari N (2013) Challenges and approaches for enhancing of water use efficiency in field crops in Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 2(1):25-51

Heydari N (2015) Problems and measures of improving water use efficiency at fields in Iran. Water Management in Agriculture 2(1):33-48 (In Persian)

Karagiannis G, Tzouvelekas V, Xepapadeas A (2003) Measuring irrigation water efficiency with a stochastic production frontier. Environmental and Resource Economics 26:52-72

Karimi M (2018) Determining water consumption of sugarbeet in country report. Ministry of Agriculture-Jahad, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) 54633 (In Persian)

Kumbhakar SC and Lovell CAK (2000) Stochastic frontier analysis. New York: Cambridge University Press

Lilienfeld A and Asmild M (2007) Estimation of excess water use in irrigated agriculture: A data envelopment analysis approach. Agricultural Water Management 94(1-3):73-82

McGuckin JT, Mapel C, Lansford R, and Sammis T (1987) Optimal control of irrigation scheduling using a random time frame. American Journal of Agricultural Economics 69(1):123-133

McGuckin JT, Gollehon N, and Ghosh S (1992) Water conservation in irrigated agriculture: A stochastic

production frontier model. Water Resources Research 28(2):305–312

Mohammadian R (2019) Management package to reduce Irrigation water and increase water use productivity in sugar beet cultivation. Water Management in Agriculture 6(2):103-114 (In Persian)

Montaseri M, Amir Ataei B, and Rasouli Majd N (2018) Water resources planning report. In " Study and present solutions to implement the decision to reduce agricultural water consumption by 40% in Nazlu, Baranduz, Shahrchai and Rouzeh Chay River Basins". Technical Report, Urmia University (In Persian)

Njuki E and Bravo-Ureta BE (2018) Irrigation water use and technical efficiencies: Accounting for technological and environmental heterogeneity in US agriculture using random parameters. Water Resources and Economics 24:1-12

Norouzian M, Esfandiari M, Hoseyni SM, and Musapour Sh (2019) Evaluating the environmental efficiency of cotton workers in the country. Natural Environment Journal 72(3):389-402 (In Persian)

Omezzine A and Zaibet I (1998) Management of modern irrigation systems in Oman: Allocative vs. irrigation efficiency. Agricultural Water Management 37(2):99-107

Reinhard S, Lovell CAK, and Thijssen GJ (1999) Econometric estimation of technical and environmental efficiency: An application to Dutch dairy farms. American Journal of Agricultural Economics 81(1):44–60

Rezaei Chianeh S, Hasanpour H, and Taghizadeh Y (2017) Study and preparation of agricultural extension and cultivation program in the catchment area of Lake Urmia Report. In " Study and present solutions to implement the decision to reduce agricultural water consumption by 40% in Nazlu, Baranduz, Shahrchai and Rouzeh Chay River Basins". Technical Report, Urmia University (In Persian)

Sabouhi M, Khanjari S, and Keykha A (2010) Studying efficiency of water use in Sistan Greenhouses. Agricultural Economics 4(3):91-102 (In Persian)

Serajoddin A, Fatahiardakani A, Fehresti M, and Neshat A (2017) Dynamic analysis of technical efficiency of water use in crop (DEA approach). Agricultural Economics 10(4):177-188 (In Persian)

Speelman S, D'Haese M, Buysse J, and 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

Tang J, Folmer H, and Xue J (2015) Technical and allocative efficiency of irrigation water use in the Guanzhong Plain, China. Food Policy 50:43-52

Wang X (2010) Irrigation water use efficiency of farmers and its determinants: Evidence from a survey in Northwestern China. Agricultural Sciences in China 9(9):1326-1337

Watkins KB, Henry CG, Hardke JT, Mane RU, Mazzanti R, Baker R (2021) Non-radial technical efficiency measurement of irrigation water relative to other inputs used in Arkansas Rice Production. Agricultural Water Management 244:106441

Watto MA and Mugera AW (2015) Econometric estimation of groundwater irrigation efficiency of cotton cultivation farms in Pakistan. Journal of Hydrology: Regional Studies 4:193-211

Yaghobi F, Jami Al-Ahmadi M, Bakhshi M, Hassan Sayyari M (2016) Comparison of indicators of technical and economic water use efficiency in saffron and wheat production systems in the Qaenat Region. Saffron Agronomy and Technology 3(4):225-236 (In Persian)

Yigezu YA, Ahmed MA, Shideed K, Aw-Hassan A, El-Shater T, Al-Atwan S (2013) Implications of a shift in irrigation technology on resource use efficiency: A Syrian Case. Agricultural Systems 118:14–22