

## تحلیل پویای کارایی فنی مصرف آب در محصول نیشکر (رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها)

افسانه سراج‌الدین، احمد فتاحی، مسعود فه‌رستی ثانی، اکرم نشاط<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۲

### چکیده

بروز خشکسالی‌های اخیر در کنار افزایش تقاضای آب در بخش‌های مختلف اقتصادی، ضرورت توجه به بهبود کارایی مصرف منابع آب و ارتقای سطح بهره‌وری آن را به‌ویژه در بخش کشاورزی نسبت به گذشته افزایش داده است. برنامه‌ریزی برای بهبود کارایی بدون تعیین وضع موجود و بررسی روند آن در گذشته ممکن نیست. بنابراین در این پژوهش با استفاده از آمار و اطلاعات مصرف‌نهاد و تولید محصول مربوط به شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر فعال در استان خوزستان، کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) و کارایی کل‌نهاده‌های مصرفی در تولید محصول نیشکر در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۴ با به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها بررسی و مقایسه شد. نتایج نشان داد، شرکت امام خمینی به لحاظ استفاده از آب، منابع آب، عملکرد بهتری نسبت به دیگر شرکت‌ها داشته است. همچنین میانگین کارایی استفاده از آب آبیاری در دوره مورد بررسی برای کشت نیشکر حدود ۷۰ درصد و میانگین کارایی کل‌نهاده‌ها برای تولید این محصول، حدود ۸۰ درصد است. این بدان معنی است که در حال حاضر، با مدیریت بهتر مصرف منابع آب، ظرفیت دستیابی به سطح موجود تولید نیشکر با مصرف کمتر واحدهای فعال در تولید نیشکر می‌تواند، به تولید نیشکر در سطح موجود با مصرف کمتر آب دست یابند.

طبقه‌بندی JEL: Q12 Q13 Q18 Q60 C60

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب آبیاری، نیشکر، کارایی کل‌نهاده‌ها، استان خوزستان

## مقدمه

امروزه آب به‌عنوان یک کالای اقتصادی نقش اساسی در تولیدات کشاورزی و صنعتی و تأمین نیازهای بهداشتی و شرب جهان دارد. در این میان، بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب به‌شمار می‌آید؛ بنابراین، توجه جدی به مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی دارای اهمیت بالایی است (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۹). ایران در یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است و منبع اصلی تأمین آب آن، نزولات جوی به‌صورت برف و باران است که حدود ۴۲۹ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود. همچنین در کشور ما آب مهم‌ترین عامل محدودکننده در کشاورزی است و این در حالی است که بخش کشاورزی مصرف بیش از ۹۰ درصد آب استحصال‌شده کشور را به خود اختصاص می‌دهد و بازده آبیاری در روش‌های مورد استفاده کنونی حدود ۳۵ درصد برآورد شده است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به تقاضای در حال افزایش محصولات کشاورزی، استفاده‌ی کارا تر از منابع کمیاب به‌ویژه آب، ضرورتی انکارناپذیر است. بهره‌برداری بهینه از این منابع افزون بر تأمین تقاضای جامعه به‌عنوان یک هدف کلان، می‌تواند افزایش درآمد بهره‌برداران را که برای آنان فعالیت کشاورزی جدا از فعالیتی اقتصادی به‌عنوان شیوه‌هایی از زندگی نیز به‌شمار می‌آید، نیز در پی داشته باشد. هم‌اکنون از میان منابع مورد استفاده در کشاورزی، جدیدترین مشکل کمیابی مربوط به نهاده پراهمیت آب است (فتحی و همکاران، ۱۳۸۷).

نیشکر در ایران به‌طور عمده در استان خوزستان تولید می‌شود. استان خوزستان در جنوب غرب ایران با مساحتی حدود ۶۴۲۳۶ کیلومتر مربع در کنار خلیج فارس واروند رود قرار دارد. این استان از شمال به استان لرستان، از شمال شرقی و شرق به استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از شمال غربی به استان ایلام، از جنوب به خلیج فارس و از غرب به کشور عراق محدود می‌شود. محصول نیشکر به‌عنوان یک ماده خام اساسی در صنایع قند و شکر به‌شمار می‌رود. بررسی کارایی مصرف آب برای کشت و تولید نیشکر و تلاش در جهت افزایش آن، افزایش کارایی زنجیره تأمین شکر در کشور را در پی خواهد داشت.

اما نکته‌ای که باید در نظر داشت، برنامه‌ریزی برای بهبود کارایی بدون تعیین وضع موجود و بررسی روند آن در گذشته ممکن نیست. بر این اساس گام نخست محاسبه کارایی مصرف آب و مقایسه آن با مصرف دیگر نهاده‌ها در فرایند تولید نیشکر است. کارایی استفاده از نهاده‌ها به‌طور معمول به دو روش فراسنجه‌ای یا نافراسنجه‌ای اندازه‌گیری می‌شود که عمده‌ترین روش اندازه‌گیری آن با روش تحلیل پوششی داده‌ها

## تحلیل پویای کارایی فنی...۱۷۹

(DEA) یا همان روش نافرسانجه‌ای است. روش تحلیل پوششی داده‌ها یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای (DMU) است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. اندازه‌گیری کارایی به دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققان قرار داشته است. (مهرگان، ۱۳۸۸).

کارایی را می‌توان، توانایی یک بنگاه در به دست آوردن بیشینه ستاده از یک مجموعه نهاده معین با فرض فناوری مشخص و بهینه و یا توانایی یک بنگاه برای تولید بازده معین با کمینه مجموعه نهاده‌های در دسترس تعریف کرد، از سوی دیگر بهره‌وری مفهومی است که میزان کارایی بنگاه‌ها نسبت به یکدیگر را در طول یک دوره زمانی مشخص نشان می‌دهد (پاکروان و همکاران، ۱۳۸۸).

در مورد اندازه‌گیری کارایی در داخل و خارج از کشور بررسی‌های چندی انجام شده که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. فریجا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۹)، در پژوهشی کارایی مصرف آب در گلخانه‌های تونس و عامل‌های مؤثر بر آن را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بررسی کردند. نتایج نشان داد، میانگین کارایی آب در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب ۴۲ و ۵۲ درصد است. همچنین آموزش، سرمایه‌گذاری در استفاده از فناوری‌های آبیاری اثرگذاری مثبت و اندازه‌ی زمین اثرگذاری منفی بر کارایی آب دارد. یلماز و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۹)، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی آب مصرفی یکی از حوزه‌های آبریز ترکیه را بررسی کردند. در این پژوهش کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با توجه به محدودیت‌های وزنی ارزیابی شد. اسپیلمن و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۸)، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی مصرف آب آبیاری کشتزارهای آفریقای جنوبی و عامل‌های مؤثر بر آن را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که میانگین کارایی آب در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب ۴۳ و ۶۷ درصد است. عامل‌هایی چون شیوه‌های آبیاری، مالکیت زمین، اندازه‌ی زمین و انتخاب محصول بر کارایی آب آبیاری مؤثر بودند. صبوچی و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی کارایی مصرف آب در گلخانه‌های سیستان، با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند، نتایج نشان داد، میانگین کارایی آب آبیاری در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس در

---

<sup>1</sup> Data Envelopment Analysis

<sup>2</sup> farija et al., 2009

<sup>3</sup> Yilmaz et al., 2009

<sup>4</sup> spilman et al., 2008

واحد‌های گلخانه‌ای به ترتیب ۴۹ و ۷۱ درصد بود و همچنین میانگین کارایی در واحد‌های گلخانه‌ای مورد پژوهش در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب ۶۳ و ۸۷ درصد است.

از مرور بررسی‌های انجام شده در داخل کشور این گونه نتیجه‌گیری می‌شود که در مورد اندازه‌گیری کارایی آب آبیاری کشت نیشکر تاکنون پژوهش جامعی در داخل کشور انجام نشده است. همچنین تاکنون در زمینه محاسبه کارایی آب آبیاری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی (بسط داده شده مدل تحلیل پوششی داده‌ها به صورتی که در بخش مواد و روش‌ها آمده است) نیز انجام نشده است؛ بنابراین در پژوهش پیش رو هدف اندازه‌گیری پویای کارایی استفاده از آب آبیاری و مقایسه آن با کارایی کل نهاده‌ها در فرایند تولید نیشکر در استان خوزستان است.

### مواد و روش‌ها

کاربرد روش تحلیل پوششی داده‌ها در اندازه‌گیری کارایی مصرف نهاده‌ها نخستین بار توسط چارلز و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۷۸) پیشنهاد شد. روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) حالت چند محصولی و چند عامل تولیدی را به صورت ابتکاری، به حالت ساده یک عاملی و یک محصولی تبدیل می‌کند. اگر اطلاعات در مورد  $K$  عامل تولید و  $M$  محصول برای هر کدام از  $N$  بنگاه وجود داشته باشد، فرایند محاسبه به صورت الگوی (۱) خواهد بود:

$$\text{Max} \frac{u'y_i}{v'x_i} \quad (1)$$

s.t.

$$\frac{u'y_j}{v'x_j} \leq 1 \quad j = 1, \dots, N$$

$$u \geq 0, v \geq 0$$

که  $U$  یک بردار  $M \times 1$  شامل وزن‌های محصولات و  $V$  یک بردار  $K \times 1$  شامل وزن‌های عامل‌های تولید و  $U', V'$  ترانسپوز  $U$  و  $V$  است. ماتریس  $X$  یک ماتریس  $K \times N$  از عامل‌های تولید و ماتریس  $Y$  یک ماتریس  $M \times N$  از محصولات است. این دو ماتریس نشان‌دهنده همه اطلاعات مربوط به  $N$  بنگاه خواهد بود.

<sup>1</sup> Charnes et al, 1987

### تحلیل پویای کارایی فنی... ۱۸۱

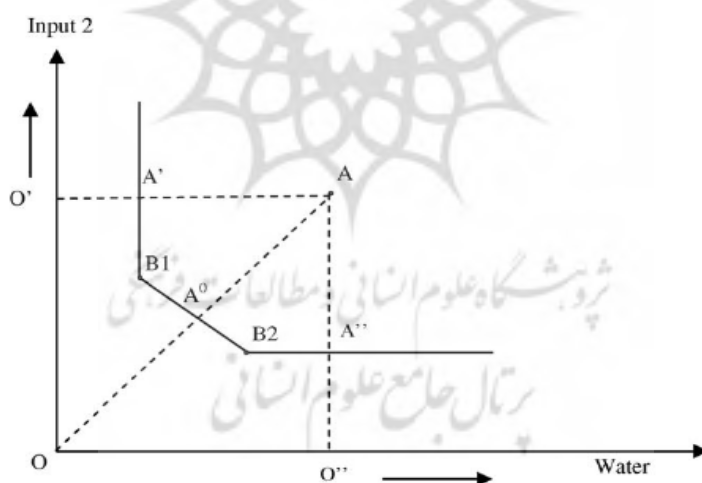
در رابطه بالا، هدف به دست آوردن مقادیر بهینه  $U$  و  $V$  است به گونه‌ای که نسبت کل مجموع وزنی محصولات به مجموع وزنی عامل‌های تولید (میزان کارایی هر بنگاه) بیشینه شود، مشروط بر اینکه، اندازه کارایی هر بنگاه بایستی کوچک‌تر و یا برابر واحد باشد. رابطه کسری بالا چندین راه‌حل بهینه دارد، برای مثال اگر  $U^*, V^*$  مقادیر بهینه باشند آن‌گاه  $\alpha U^*, \alpha V^*$  نیز برای مقادیر  $\alpha > 0$  بهینه خواهد بود. همچنین این مدل غیرخطی و غیر محدب است. این مشکل بدین صورت برطرف شد که با قرار دادن مخرج کسر برابر یک به مدل برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌شود و در ضمن این محدودیت اخیر ( $v'X_i = 1$ ) نیز به‌عنوان قید دیگری به مدل اضافه شد. این تبدیل، ابتکار عمل CCR بود. در این روش مسئله به‌صورت بیشینه کردن مجموع وزن‌های محصول در شرایط نرمالیزه شدن کل مجموع وزن‌های عامل‌های تولید و حفظ دیگر قیود تبدیل می‌شود (الگوی (۲)):

$$\begin{aligned} \max \quad & \mu'Y_i & (2) \\ \text{s.t.} \quad & v'X_i = 1 \\ & j = 1, 2, \dots, N \\ & \mu'X_j - v'X_j \leq 0 \\ & \mu \geq 0, v \geq 0 \end{aligned}$$

به خاطر تبدیل خطی به‌جای  $U$  و  $V$  نمایه‌های  $\mu$  و  $v$  به‌کار برده شده‌اند. می‌دانیم که مسئله اخیر را می‌توان با استفاده از روش‌های متداول برنامه‌ریزی خطی حل کرد، به‌طوری‌که از برتری‌های تبدیل دوگان و محاسبات آن بهره‌جست. استفاده از برنامه‌ریزی خطی برای حل مسئله دوگان به معنی نیاز به قیود کمتر نسبت به روش اولیه (رابطه پیشین) است. چراکه  $K + M < N + 1$  است، به همین دلیل شکل دوگان (رابطه زیر) برای حل مسئله بالا برتری دارد. در برنامه‌ریزی خطی، تحمیل قیود کمتر، حل مسئله را آسان‌تر می‌کند. نکته جالب‌تر آنکه، مدل به شکل دوگان درواقع میزان کارایی فنی ( $\theta$ ) برای هر بنگاه را جداگانه ارائه می‌کند:

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta & (3) \\ \text{s.t.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta X_i - X\lambda \geq 0 \end{aligned}$$

$\lambda$  یک بردار  $N \times 1$  شامل اعداد ثابت است، که وزن‌های مجموعه مرجع را نشان می‌دهد. مقادیر اسکالر به دست آمده برای  $\theta$  کارایی بنگاه‌ها خواهد بود که شرط  $\theta \leq 1$  را تأمین می‌کند. در رابطه بالا نخستین قید بیان می‌کند که آیا مقادیر واقعی محصول تولید شده توسط بنگاه  $i$  ام با استفاده از عامل‌های تولید مورد استفاده می‌تواند بیشتر از این میزان باشد؟ محدودیت دوم دلالت بر این دارد که عامل‌های تولیدی که توسط بنگاه  $i$  ام به کار می‌روند، دست کم بایستی به اندازه عامل‌های به کار رفته توسط بنگاه مرجع باشند. مدل برنامه‌ریزی خطی لازم است  $N$  بار و هر مرتبه برای یکی از بنگاه‌ها حل شود. در نتیجه میزان کارایی ( $\theta$ ) برای هر بنگاه به دست خواهد آمد. اگر  $\theta = 1$  باشد، نشان‌دهنده نقطه‌ای روی منحنی هم‌مقداری تولید و یا تابع تولید مرزی است و بنابراین بر پایه نظریه فارل بنگاه دارای کارایی نسبی صد درصد است. مفهوم «کارایی زیربرداری ۱» به منظور محاسبه کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE<sup>۲</sup>) برای بنگاه مورد بررسی معرفی شد (اسپیلمن و همکاران، ۲۰۰۸). نمودار ۱ به لحاظ نگاره‌ای تفاوت بین کارایی فنی کل نهاده‌ها و کارایی زیربرداری را بر پایه راهبرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها نشان می‌دهد.



نمودار ۱- تفاوت‌های بین کارایی فنی کل نهاده‌ها و کارایی زیربرداری (منبع: فریجی و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹)

<sup>1</sup> Sub-vector efficiency  
<sup>2</sup> irrigation water use efficiency  
<sup>3</sup> Frija et al, 2009

### تحلیل پویای کارایی فنی... ۱۸۳

در نمودار ۱ فرض شده نهاده آب از دیگر نهاده ها در فرایند تولید جدا شده است. سه بنگاه A، B1 و B2 با استفاده از مصرف دو نوع نهاده یک محصول را تولید می کنند. بنگاه های B1 و B2 عملکرد بهتری در مصرف نهاده نسبت به بنگاه A داشته و روی منحنی امکانات تولید قرار می گیرند. در این حالت بنگاه A نسبت به بنگاه های B1 و B2 ناکاراست. کارایی فنی کل نهاده های به کار گرفته شده بنگاه A نسبت به بنگاه های B1 و B2 توسط نسبت  $\theta^t = OA^0/OA$  و کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) بنگاه A نسبت به بنگاه های B1 و B2 توسط نسبت  $\theta^t = O'A'/O'A$  محاسبه می شود.

بر پایه مدل تحلیل پوششی داده ها، کارایی استفاده از آب آبیاری به صورت الگوی ۴ قابل محاسبه است:

$$\begin{aligned} \min \theta \\ \text{s.t.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & X_{i,(w)} - X_{(w)}\lambda \geq 0 \\ & \theta W_i - W\lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

که در آن محدودیت دوم مربوط به نهاده های مورد استفاده در فرایند تولید به استثنای نهاده آب و محدودیت سوم مختص نهاده آب در بنگاه مورد بررسی و بنگاه های موجود است. در الگوی بالای کارایی آب می تواند عددی بین صفر و یک به خود بگیرد. ارزش یک نشان می دهد، بنگاه مورد بررسی، روی منحنی امکانات تولیدی واقع شده است و امکان کاهش آب مصرفی بدون کاهش سطح تولید وجود ندارد. کسب عددی کمتر از یک بیانگر وجود میزانی ناکارایی در بنگاه مورد بررسی است و بدین معنی است که می توان سطح آب مصرفی را بدون تاثیر بر سطح تولید کاهش داد.

در این پژوهش، داده های مصرف نهاده های تولید و میزان محصول تولیدی در فرایند تولید نیشکر شش واحد کشت و صنعت نیشکر در شمال و جنوب اهواز (بنام های، امیرکبیر، فارابی، میرزا کوچک خان، امام خمینی، سلمان فارسی و دعبل خزائی) که همگی زیرمجموعه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی هستند، برای سال های زراعی ۸۳-۱۳۸۲ تا ۹۴-۱۳۹۳ دریافت شد. با استفاده از آمار کسب شده و به کارگیری نرم افزار GAMS، کارایی کل عامل های تولید و کارایی استفاده از آب آبیاری (IWUE) برپایه راهبرد تحلیل پوششی داده ها، در زمینه محصول نیشکر استان خوزستان محاسبه و مقایسه شد.

<sup>1</sup> irrigation water use efficiency

## نتایج و یافته‌های تحقیق

ویژگی‌های آماری داده‌های مرتبط با تولید و میزان مصرف نهاده‌های نیشکر بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ در جدول ۱ گزارش شده است. میانگین میزان آب مصرفی ۲۲۲۷۸۲ مترمکعب که بیشترین میزان مصرف آب را شرکت امام خمینی در سال ۸۳-۸۴ و کمترین میزان مصرف آب را شرکت سلمان فارسی در سال ۸۲-۸۳ داشته است. میانگین سم مصرفی ۳۲۴۹۴ کیلوگرم بر لیتر که بیشترین میزان مصرف سم مربوط به شرکت امام خمینی در سال ۸۲-۸۳ و کمترین میزان مصرف سم مربوط به شرکت سلمان فارسی در سال ۸۲-۸۳ است. میانگین کودمصرفی ۴۸۳۰ تن که بیشترین مصرف کود را شرکت امام خمینی در سال ۸۲-۸۳ و کمترین میزان مصرف کود را سلمان فارسی در سال ۸۲-۸۳ است. میانگین نیروی به‌کار گرفته شده در تولید نیشکر معادل ۸۸۸ نفر است که بیشترین آن مربوط به شرکت سلمان فارسی در سال ۸۵-۸۶ و کمترین مربوط به شرکت امام خمینی در سال ۹۰-۸۹ است.

جدول (۱) ویژگی‌های آماری داده‌های مرتبط با ارزش‌گذاری میزان آب مصرفی در تولید نیشکر

سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۴

انحراف معیار	واریانس	بیشینه	کمینه	میانگین	
۱۵۷۹۲۴/۲	۲۵۳۶۲۷۷۰۶۳۹	۱۰۰۶۱۶۲	۲۴۴۳۹۰	۵۶۲۷۹۷	تولید (kg)
۶۰۴۲۴/۷	۳۷۱۳۰۳۴۱۸۳	۳۴۱۱۴۸	۸۲۲۱۶	۲۲۲۷۸۲	آب مصرفی (m <sup>3</sup> )
۸۳۷۸/۷	۷۱۳۹۳۵۶۲	۱۷۷۶۵	۵۲۸۶۵	۳۲۴۹۴	سم مصرفی (litr)
۱۰۹۶/۲	۱۲۲۲۰۳۵	۲۱۳۳	۶۳۴۴	۴۸۳۰	کودمصرفی (kg)
۱۴۵/۵	۲۱۵۵۴	۱۱۰۱	۵۴۹	۸۸۸	نیروی کار (نفر)

منبع: یافته‌های تحقیق بنا بر آمار اداریافته شده از شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر و صنایع جانبی میانگین میزان تولید نیشکر معادل ۵۶۲۷۹۷ تن که بیشترین تولید مربوط به شرکت امام خمینی در سال ۸۲-۸۳ و کمترین تولید مربوط به شرکت فارابی در سال ۸۳-۸۴ است. توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت شرکت امام خمینی در سال‌های ۸۲-۸۳ و ۹۰-۸۹ بالاترین کارایی فنی آب را در ۱۰ سال تولید محصول نیشکر در بین شش شرکت موردبررسی در این پژوهش دارد که به دلیل مصرف کمتر آب و رسیدن به تولید بیشتر توانسته به کارایی بالایی در مصرف آب دست یابد. شرکت امیرکبیر در سال‌های ۸۲-۸۳، ۸۳-۸۴ و ۸۵-۸۶ کارایی بالایی در مصرف آب که ناشی از مصرف کمتر آب و تولید بیشتر محصول است شرکت سلمان فارسی در سال‌های ۸۲-۸۳ و ۸۵-۸۶ توانسته بالاترین کارایی آب طی ده سال تولید محصول



## تحلیل پویای کارایی فنی... ۱۸۵

نیشکر را داشته است. با توجه به نتایج شرکت سلمان فارسی در سال‌های یاد شده بالاترین کارایی کل نهاده‌ها را نیز داشته است. شرکت میرزا کوچک خان هم در سال‌های ۸۳-۸۲ و ۸۶-۸۵ بالاترین کارایی آب را دارد. همچنین در سال‌های ۸۳-۸۲، ۸۶-۸۵ و ۸۷-۸۶ کارایی بالایی در مصرف کل نهاده‌های خود دارد. شرکت فارابی نیز در سال‌های ۸۳-۸۲، ۹۰-۸۹ و ۹۲-۹۱ کارایی بالایی در مصرف آب داشته است. از بین سال‌های مورد بررسی، سال‌های زراعی ۸۳-۸۲ و ۹۲-۸۹، کارایی بالایی در مصرف کل نهاده‌های خود را داشته است.

شرکت دعبل خزائی که تنها در سال ۸۳-۸۲ بالاترین کارایی مصرف آب و کارایی کل نهاده‌ها را داشته است. بررسی روند کارایی نشان می‌دهد که کارایی فنی آب از سال ۹۰ تا ۹۴ به کمترین میزان خود رسیده است.

میانگین کارایی استفاده از آب آبیاری و کارایی کل نهاده‌های مورد استفاده در کشت نیشکر در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۴ در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه در این جدول ملاحظه می‌شود، بالاترین میانگین هر دو نوع کارایی مربوط به نخستین سال مورد بررسی است.

جدول (۲) میانگین کارایی مصرف آب و کارایی کل نهاده‌های مربوط به واحدهای تولید نیشکر در

سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۴

۹۳-۹۴	۹۲-۹۳	۹۱-۹۲	۹۰-۹۱	۸۹-۹۰	۸۶-۸۷	۸۵-۸۶	۸۴-۸۵	۸۳-۸۴	۸۲-۸۳	
۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۵۵	۰/۶۶	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۸۵	۰/۵۴	۰/۷۵	۰/۹۳	کارایی مصرف آب
۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۷۹	۰/۸۹	۰/۶۵	۰/۸۳	۰/۹۸	کارایی کل نهاده‌ها

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی روند کارایی استفاده از نهاده‌ها به ویژه استفاده از آب آبیاری از آغاز دوره تا سال زراعی ۹۰-۹۱ به استثنای سال زراعی ۸۴-۸۵ و نوسان‌های کوچک، روند کلی کاهشی داشته است. پس از آن تا انتهای دوره مورد بررسی روند افزایشی به خود می‌گیرد ولی با این وجود، میزان کارایی محاسبه شده در انتهای دوره از کارایی سال ۸۳-۸۲ کمتر است. کارایی مصرف آب و کارایی کل نهاده‌های مصرفی در تولید نیشکر کاملاً هماهنگ با یکدیگر در سال زراعی ۹۰-۹۱ در جایگاه کمترین و در سال زراعی ۸۳-۸۲ در جایگاه بیشترین در طول دوره مورد بررسی قرار دارد. بنابراین به طور کلی روند تغییر کارایی با وجود نوسان‌هایی که در دوره مورد بررسی داشته، روندی کاهشی به خود گرفته است. میانگین کارایی آب مورد استفاده در کل دوره مورد بررسی،

حدود ۷۰ درصد و میانگین کارایی کل نهاده‌ها در فرایند تولید نیشکر در دوره مورد بررسی، حدود ۸۰ درصد بوده است. بدلیل نبود انگیزه در واحدهای تولید نیشکر، سطح کارایی آب مصرفی از سطح کارایی کل نهاده‌ها پایین تر است. در واقع ظرفیت دستیابی به میزان‌های تولید کنونی با استفاده از نهاده کمتر در مورد آب نسبت به دیگر نهاده‌ها بیشتر وجود دارد. همچنین نتایج گویای آن است، با وجود کمبود آب در کشور و اجرای سیاست‌های مختلف در ترویج استفاده بهینه از آب، هنوز انگیزه موثری برای واحدهای تولید نیشکر فراهم نشده که آنان را در استفاده بهینه تر از نهاده آب نسبت به دیگر نهاده‌ها ترغیب کند.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادهای

برنامه‌ریزی برای بهبود کارایی بدون تعیین وضع موجود و بررسی روند آن در گذشته ممکن نیست. بر این اساس گام نخست محاسبه کارایی مصرف آب و مقایسه آن با مصرف دیگر نهاده‌ها در فرایند تولید نیشکر است. کارایی استفاده از نهاده‌ها به‌طور معمول به دو روش فراسنجه‌ای یا نافرسانجه‌ای اندازه‌گیری می‌شود که عمده‌ترین روش اندازه‌گیری آن با روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA<sup>۱</sup>) یا همان روش نافرسانجه‌ای است. روش تحلیل پوششی داده‌ها یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای (DMU) است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. هدف از انجام این پژوهش، محاسبه و مقایسه کارایی استفاده از آب آبیاری و دیگر نهاده‌ها در تولید نیشکر در استان خوزستان است. نتایج نشان داد، میانگین کارایی آب مورد استفاده در کل دوره مورد بررسی، حدود ۷۰ درصد و میانگین کارایی کل نهاده‌ها در فرایند تولید نیشکر در دوره مورد بررسی، حدود ۸۰ درصد بوده است. با توجه به نتایج شرکت امام خمینی در کارایی فنی آب عملکرد بهتری نسبت به دیگر شرکت‌ها دارد و پس از شرکت امام خمینی شرکت‌های فارابی سلمان فارسی، امیرگیر، میرزا کوچک خان و دعبل خزائی رتبه‌های بعدی کارایی آب را به خود اختصاص دادند. در واقع شرکت‌هایی که در انتهای رتبه بندی قرار گرفتند، که در عمل دارای ناکارایی در تخصیص آب هستند. این بدان معنی است که آن‌ها می‌توانند با مدیریت بهتر مصرف آب، با همین میزان مصرف آب، به میزان‌های بالاتر تولید نسبت به وضعیت کنونی دست یابند.

<sup>1</sup> Data Envelopment Analysis

## تحلیل پویای کارایی فنی... ۱۸۷

همچنین با توجه به میانگین کارایی شرکت‌ها در ۱۰ سال تولید نیشکر می‌توان گفت شرکت‌های مورد بررسی در این پژوهش در سال ۸۳-۸۲ بالاترین کارایی را دارند. نتایج مقایسه سطوح محاسبه شده کارایی استفاده از آب آبیاری و کل نهاده‌ها در تولید نیشکر نشان می‌دهد، به طور کلی با وجود نوسان‌هایی در دوره مورد بررسی روند کارایی‌های آب مصرفی و کل نهاده‌ها بسیار همانگ و دارای روند کاهشی است. همچنین بدلیل نبود انگیزه در واحدهای تولید نیشکر، سطح کارایی آب مصرفی از سطح کارایی کل نهاده‌ها پایین‌تر است. در واقع ظرفیت دستیابی به میزان تولید کنونی با استفاده از نهاده کمتر در مورد آب نسبت به دیگر نهاده‌ها بیشتر وجود دارد. همچنین نتایج گویای آن است با وجود کمبود آب در کشور و اجرای سیاست‌های مختلف در ترویج استفاده بهینه از آب، هنوز انگیزه موثری برای واحدهای تولید نیشکر فراهم نشده که آن‌ها را در استفاده بهینه‌تر از نهاده آب نسبت به دیگر نهاده‌ها ترغیب کند.

همان‌گونه که در نتایج پژوهش مشاهده شد، بدلیل بالاتر بودن میانگین سطح کارایی کل نهاده‌ها در برابر کارایی استفاده از آب آبیاری، نوسان روش مدیریت تخصیص آب برای تولید نیشکر نسبت به مدیریت تخصیص کل نهاده‌ها بیشتر است. بنابراین ضرورت دارد کارگاه‌های آموزشی در زمینه نحوه کشت و مدیریت مصرف آب توسط شرکت‌ها پیش‌تاز در کارایی (شرکت امام خمینی) به منظور انتقال آموزه‌ها و افزایش کارایی مصرف آب آبیاری انجام شود.

همچنین نتایج به‌دست آمده از پژوهش نشان داد سیاست‌های کاهش مصرف آب و حساس‌سازی تولیدکننده نسبت به افزایش کارایی آب در زمینه کشت نیشکر خیلی موثر نبوده است. بنابراین تاکید بر این می‌شود، نظام قیمت‌گذاری برای آب آبیاری به گونه‌ای تنظیم شود که تولیدکننده نیشکر را تشویق به افزایش کارایی آب بیشتر از افزایش کارایی دیگر نهاده‌ها کند.

وزارت جهاد کشاورزی با تخصیص بودجه در زمینه انجام تحقیقات به‌زراعی و بهبود مصرف آب در کشور می‌تواند روش‌های کشت آب‌اندوز را در بین تولیدکنندگان نیشکر ترویج کند. همچنین بررسی عامل‌های موثر بر کارایی استفاده از آب آبیاری تولید نیشکر و اندازه‌گیری کارایی آب آبیاری تولید چغندر قند در کشور در قالب پژوهش‌های دیگر به منظور آسانگری در سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری از دست‌آوردهای شایان توجه و اعمال این پژوهش به شمار می‌ورد.

## منابع

پاکروان، م. ر.، مهرابی بشرآبادی، ح. و شکیبایی، ع. ر. (۱۳۸۸). تعیین کارایی برای تولیدکنندگان کلزا در شهرستان ساری. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی. جلد ۴ شماره ۱: ۷۷-۹۲.

- صبحی، م. خنجری، س. و کیخا، ا. ع. (۱۳۸۹). بررسی کارایی مصرف آب در گلخانه‌های سیستان. اقتصاد کشاورزی و توسعه جلد ۴ شماره ۳: ۹۱-۱۰۲.
- فتحی، ه. دهقان، ا. و فراهانی، ع. (۱۳۸۷). موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. مدیریت امور پردازش و تنظیم یافته‌های تحقیقاتی، تهران.
- کریمی، ف. پیراسته، ح. و زاهدی کیوان، م. (۱۳۸۷). تعیین کارایی زراعت گندم با توجه به دو عامل زمان و ریسک با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های بازهای و تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای. اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره ۶۴: ۱۳۹-۱۵۹.
- مهرگان، م. ر. (۱۳۸۸). ارزیابی عملکرد سازمان‌ها با رویکردی کمی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.

Frija, A., Chebil, A., Speelman, S., Buysse, J. and Van Huylenbroeck, G. (2009).

Water use and technical efficiencies in horticultural green houses in Tunisia. AGWAT. 28(08):1-8.

Yilmaz, B. Yurduse, M. and Harmancioglu, N. (2009). The Assessment of irrigation efficiency in Buyuk Menderes basin. Water. Resour. Manage., 23:1081-1095.

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. Agric. Syst. 98(1):31-39.

Charnes, A., Cooper, W.W and Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of DMUs, European Journal of Operational Research, 2, p. 429-444.