نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۱۸-۱۵۱۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1511-1518

# بررسی بهره‌وری فیزیکی مصرف آب کشاورزی در استان‌های منتخب ایران
## مطالعه موردی: محصول گندم

مهدی بهرامی[۱]، صادق خلیلیان[۲*]، سیدابوالقاسم مرتضوی[۳]، محمدعلی اسعدی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۵

## چکیده

موضوع ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسایل اساسی در کشورهای مختلف جهان و به‌خصوص کشورهای کم آب نظیر ایران است. از طرفی در میان محصولات کشاورزی، گندم به‌عنوان محصولی استراتژیک می‌باشد و سطح زیرکشت قابل‌توجهی را به خود اختصاص داده است و در تغذیه مردم نقش اساسی دارد. بر اساس آن‌چه ذکر شد و با توجه به این‌که یکی از راهکارهای توصیه شده جهت مقابله با کمبود آب، پیاده‌سازی نظام بهره‌وری آب کشاورزی در ساختار مدیریت آب کشور می‌باشد در مطالعه حاضر با استفاده از رهیافت تخمین توابع تولید و انتخاب تابع تولید برتر و داده-های ترکیبی ۱۳۹۳-۱۳۸۴، به برآورد اثرات بهره‌وری فیزیکی آب بر تولید گندم در استان‌های عمده تولیدکننده گندم (اصفهان، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و فارس) پرداخته شد. نتایج بهره‌وری فیزیکی آب بین استان‌های منتخب نشان داد، بهره‌وری فیزیکی نهاده آب مصرفی در دوره‌های مورد بررسی ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. این بدین معنی است که به‌طور متوسط به ازای افزایش یک مترمکعب آب، حدود دو کیلوگرم در هکتار محصول گندم آبی در این دوره‌ها افزایش داشت.

**واژه‌های کلیدی:** آب، بهره‌وری فیزیکی، تابع تولید، ترانسندنتال، گندم

## مقدمه

گندم به‌عنوان ضروری‌ترین و حیاتی‌ترین محصول کشاورزی جهان، ارزش راهبردی ویژه‌ای داشته و به‌عنوان ابزاری سیاستی در روابط بین‌المللی بکار می‌رود. حتی می‌توان از آن برای اعمال فشارهای سیاسی بر کشورهای نیازمند جهان سوم بهره‌برداری نمود. گندم مهم‌ترین غله‌ای است که در سطح جهان کشت می‌شود و از سازگارترین غلات است به‌گونه‌ای که در محدوده گسترده از شرایط آب و هوایی قابل‌کشت است. این گیاه بالاترین سهم را در کل سطح اراضی زیرکشت کشور به خود اختصاص داده است هم‌چنین گندم کالای تجاری بین‌المللی به شمار می‌آید، زیرا بالغ بر یک پنجم تولید آن در جهان مبادله می‌شود (حیات غیبی و همکاران، ۱۳۸۸).

گندم ازجمله محصولات مهم و استراتژیک کشور می‌باشد که سهم قابل‌توجهی از تولیدات محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است. گندم به‌عنوان محصولی که بیش‌ترین سطح زیرکشت غلات را به خود اختصاص داده است از اهمیت خاصی برخوردار است، از طرف دیگر طی چند سال اخیر، کمبود آب به‌صورت یک تهدید واقعی برای زندگی انسان بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک در کشورهای در حال توسعه درآمده است. رشد جمعیت و از طرفی بالا رفتن استانداردهای زندگی، مصرف آب را افزایش داده است. مقدار آب مورد استفاده در کشاورزی مهم و قابل‌توجه است و صرفه‌جویی در بخشی از آب استفاده شده در کشاورزی ممکن است به‌عنوان راهکاری برای کمبود آب موثر باشد (Droogers et al., 2000). طی دو دهه گذشته، تغییرات ساختاری متعددی و سیاست‌های مختلفی در بخش کشاورزی مانند پرداخت یارانه نهاده‌ها و سیاست تثبیت قیمت برای افزایش تولید و بهره‌وری مورداستفاده قرارگرفته است. برنامه پرداخت یارانه‌ها با این مشکل مواجه است که در آن حساسیت کمی برای نگهداری منابع طبیعی وجود دارد و برنامه تثبیت قیمت نهاده‌ها باعث اختلال در بازار محصولات کشاورزی و عدم تخصیص بهینه منابع شده است. برای فاصله گرفتن از این دو سیاست امروزه برافزایش بهره‌وری در کشاورزی تاکید شده است (Mirotchi and Taylor., 1993).

از چالش‌های موجود در بخش کشاورزی در هر کشوری ازجمله

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۴- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول (Email: Khalil_s@modares.ac.ir

ایران، کم بودن میزان بهره‌وری نهاده‌ها و منابع تولیدی است. این مسئله از یک سو منجر به افزایش هزینه‌های تولید و به‌تبع آن افزایش قیمت تمام شده محصولات شده و از طرف دیگر میزان تولید محصولات را کاهش داده. در بین منابع و نهاده‌های تولیدی آب همیشه جایگاه ویژه و مهمی داشته است، در واقع شاید بتوان آب را یکی از مهم‌ترین منابع تولید در کشاورزی محسوب نمود. اهمیت این نهاده در کشور ما به دلایل محدودیت منابع آب ازیک‌طرف و کم بودن راندمان آبیاری و هدر رفت بخش عمده از منابع آب، از طرف دیگر دوچندان می‌شود. البته مسئله راندمان مصرف نهاده‌های تولیدی از منظر فیزیکی و اقتصادی می‌تواند موردبررسی قرار گیرد (اشراقی و قاسمیان، ۱۳۹۱). موضوع ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسایل اساسی در کشورهای مختلف جهان و بخصوص کشورهای کم‌آب نظیر ایران است. اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در ایران به علت محدودیت کمی و کیفی این ماده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است (زمانی و همکاران، ۱۳۹۳). از منظری در میان محصولات کشاورزی گندم به‌عنوان محصولی استراتژیک می‌باشد و سطح زیر کشت قابل‌توجهی را به خود اختصاص داده است و در تغذیه مردم نقش اساسی دارد. بنابراین، پرداختن به مساله بهره‌وری عوامل تولید در تولید گندم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (اکبری و رنجکش، ۱۳۸۲).

آن‌چه از مرور مطالعات داخلی و خارجی حاصل‌شده است به‌صورت زیر است: سلطانی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای در منطقه مرودشت از هر دو شاخص فیزیکی و اقتصادی برای محاسبه بهره‌وری آب برخی محصولات زراعی استفاده کرده‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان مداد که هر ۱۰۰۰ لیتر آب مصرفی برای محصولات گوجه‌فرنگی، گندم، جو، ذرت، چغندرقند به ترتیب ۲۳۴۵، ۷۴۰، ۳۹۶، ۳۴۸ و ۸۳ ریال ارزش خالص ایجاد کرده است. زمانی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب در زیر بخش زراعت دشت همدان - بهار برای ۱۲ محصول در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ مورد بررسی قرار دادند. در پژوهش مذکور میزان عملکرد، توابع هزینه به‌ویژه تابع هزینه بهره‌برداری و استحصال منابع آب زیرزمینی، بازده ناخالص و بهره‌وری آب در تولید محصولات زراعی با استفاده از شاخص‌های فیزیکی و مالی بهره‌وری آب به انجام رساندند. نتایج تحقیق نشان داد که با اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب، بهره‌وری مصرف آب برای محصول گندم افزایش یافت.

زوارت و باستیانسن بهره‌وری فیزیکی آب محصولات گندم، برنج، پنبه و ذرت کشورهای مختلف را محاسبه و گزارش کردند. بر اساس نتایج این پژوهش، بهره‌وری فیزیکی آب به‌طور متوسط برای محصولات مذکور برابر با ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب است (Zart and Bastiaansse., 2004). سینگ و همکاران به بررسی بهره‌وری فیزیکی آب برای محصولات گندم، برنج و پنبه در کشور هند پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که بهره‌وری محصولات مذکور به ترتیب ۱/۰۴، ۰/۸۴ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب داشتند (Singh et al., 2006). در مطالعه‌ای دیگری، لیو و همکاران بهره‌وری فیزیکی آب در محصول ذرت را برای ۱۲۴ کشور مختلف محاسبه و گزارش کرده‌اند. طبق نتایج این تحقیق، کشورهای آمریکا و چین با بیش از ۱/۵ و کشورهای آفریقایی با کم‌تر از ۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین بهره‌وری فیزیکی آب را داشتند (Liu et al, 2008). با وجود مطالعات زیادی که در این زمینه انجام‌شده است و با بررسی که توسط محققین صورت پذیرفته، در معدود مطالعاتی به بررسی بهره‌وری فیزیکی آب برای استان‌های منتخب ایران که بیش‌ترین سهم سطح زیرکشت محصول گندم را به خود اختصاص داده‌اند، پرداخته شده است. با توجه به این‌که مقدار متوسط عملکرد و سهم مقدار تولید در استان های منتخب (اصفهان، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و فارس) نسبت به سایر استان‌های کشور بالا است، بنابراین مطالعه برای ۵ استان فوق مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۱ مقدار تولید، سطح زیرکشت و عملکرد استان‌های منتخب ایران مقایسه و گزارش شده است.

**جدول ۱- مقایسه سطح زیرکشت، تولید و عملکرد استان‌های منتخب کشور**

| | استان‌های منتخب | ایران | جهان |
|---|---|---|---|
| سطح زیرکشت (میلیون هکتار) | ۱/۰۴۸ | ۷/۳ | ۲۴۴/۵ |
| متوسط عملکرد (کیلوگرم در هکتار) | ۲۲۵۶ | ۱۴۵۲ | ۳۲۸۷ |
| مقدار تولید (میلیون تن) | ۴/۵ | ۱۰/۶ | ۸۵۵/۲ |

ماخذ: فائو، ۲۰۱۴؛ وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳

با توجه به مطالب بیان‌شده، مطالعه حاضر به دنبال بررسی تعیین بهره‌وری فیزیکی آب بر تولید گندم در بعد کلان در استان‌های عمده تولید کننده گندم با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### معرفی مدل پانل دیتا[1]

روش ترکیب داده‌های سری زمانی و مقطعی (پنل دیتا) تجزیه و

1- Panel data

تحلیل پانل دیتا از موضوعات جدید و کاربردی در اقتصادسنجی می‌باشد چرا که این روش یک محیط بسیار غنی از اطلاعات، برای گسترش روش‌ها و فنون برآورد و نتایج تئوریک آن فراهم می‌آورد. در بسیاری از موارد محققان می‌توانند از داده‌های تابلویی برای مواردی که نمی‌توان فقط بصورت سری‌زمانی و یا فقط بصورت مقطعی بررسی کرد، استفاده کنند. فرم استاندارد مدل پانل دیتا بصورت رابطه ۱ است.

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

که در آن K متغیر توضیحی (بدون احتساب عرض از مبدا) در $X_{it}$ وجود دارد. اختلاف بین مقطع‌ها (بنگاه‌ها، کشورها، مسیرها و...) در عرض مبدا $(\alpha_i)$ نشان داده می‌شود که در طول زمان ثابت فرض می‌شود (پورپرتوی و همکاران، ۱۳۸۵). در آن □ یک بردار k*1 از پارامترها، $X_{it}$ یک بردار k*1 از مشاهدات مربوط به متغیرهای توضیحی مدل (سطح زیر کشت آبیاری تحت‌فشار، میزان بارندگی، نیروی کار) و $Y_{it}$ عملکرد محصول موردنظر در استان‌های منتخب می‌باشد.

اولین گام در تخمین‌های پانل دیتا تعیین نمودن قیود وارد شده بر مدل اقتصادسنجی است. به‌عبارت دیگر ابتدا باید مشخص کرد که رابطه رگرسیونی در نمونه مورد بررسی دارای عرض از مبداهای ناهمگن و شیب همگن است یا این‌که فرضیه عرض از مبداهای مشترک و شیب مشترک در بین مقاطع (مدل داده‌های تلفیقی) پذیرفته می‌شود. بدین منظور آزمون F مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی‌که مقدار F محاسبه شده از F جدول با درجات آزادی مشخص‌شده بزرگ‌تر باشد فرضیه $H_0$ مبنی بر همگنی مقاطع و عرض از مبداهای یکسان رد می‌شود بنابراین اثرات گروه پذیرفته‌شده و می‌بایستی عرض از مبداهای مختلفی را در برآورد لحاظ نمود در نتیجه می‌توان از روش پانل جهت برآورد استفاده کرد. فروض مدل به‌قرار زیر می‌باشد:

(۲) $H_0$ : عرض از مبدا در تمام مقاطع برابر هستند (داده‌های تلفیقی)
H1: عرض از مبدا در تمام مقاطع برابر نیستند (داده‌های تابلویی)

برای آن‌که بتوان بین مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی از نظر قدرت توضیح دهندگی متغیر وابسته مقایسه‌ای انجام داد، باید از آزمون هاسمن استفاده کرد. از آن‌جا که برای انجام مقایسه بین این دو مدل باید وجود همبستگی بین اثرات تصادفی (□ᵢ) و رگرسورها را مورد آزمون قرار داد. در آزمون هاسمن فرضیه صفر این است که هیچ همبستگی میان اثرات تصادفی و رگرسورها وجود ندارد. تحت این فرضیه، تخمین زن‌هایOLS و GLS هر دو سازگار هستند ولی تخمین‌زن OLS ناکارا است. در شرایطی که تحت فرضیه مقابل، تخمین‌زن OLS کارا و سازگار ولی تخمین‌زن GLS ناسازگار است. آماره این آزمون که دارای توزیع چی – دو می‌باشد بر اساس رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$H = (b_f - b_r)' (Var_f - Var_r)^{-1} (b_f - b_r) \quad (۳)$$

که در آن b و $b_r$ به ترتیب ضرایب معادلات اثرات تصادفی و اثرات ثابت می‌باشد. $Var_f$ و$Var_r$ نیز ماتریس واریانس – کوواریانس معادله‌های اثرات تصادفی و ثابت را نشان می‌دهد (فطرس و همکاران، ۱۳۸۹). چنان‌چه آماره آزمون محاسبه‌شده بزرگ‌تر از مقدار جدول باشد، فرضیه H0 رد شده و همبستگی وجود داشته و درنتیجه باید از روش اثرات ثابت استفاده کرد.

## تابع تولید متعالی یا ترانسندنتال[1]

عدم سازگاری بین تابع تولید "کاب – داگلاس"، CES و سه مرحله تولید نوکلاسیک‌ها، اقتصاددانان را به بررسی بیش‌تر ترغیب نمود و در اواسط دهه ۱۹۵۰ اقتصاددانانی هم‌چون هاتلر[2]، کارتر[3] و هاکینگ[4] برای تعیین سه مرحله تولید نوکلاسیک‌ها سعی وافری نمودند. نتیجه آن، عدم سازگاری بین تابع تولید کاب – داگلاس و تابع تولید سه ناحیه‌ای نئوکلاسیک که صورت تغییریافته ساده‌ای از "کاب – داگلاس" می‌باشد و به نام تابع تولید متعالی می‌باشد، را مورد توجه قرار دادند. تابعی را که هاتلر و همکارانش در ۱۹۵۷ معرفی کردند، تابعی تعدیل‌شده جزیی از کاب – داگلاس بود. بنای لگاریتم طبیعی e، به توان تابعی از مقدار نهاده‌ها به‌صورت حاصل‌ضرب به تابع کاب – داگلاس اضافه شد. آن تابع در حالت دو نهاده‌ای مطابق رابطه ۴ است.

$$Y = \alpha X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} e^{\gamma_1 X_1 + \gamma_2 X_2} \quad (۴)$$

که در آن $\beta_1$، $\beta_2$، $\gamma_1$ و $\gamma_2$ ضرایب ثابت رابطه هستند.

تولید نهایی برای $X_1$ بصورت رابطه ۵ است:

$$MPX_1 = \frac{\partial Y}{\partial X_1} = \left(\frac{\beta_1}{X_1} + \gamma_1\right) Y \quad (۵)$$

همچنین تولید نهایی برای $X_2$ برابر است با:

$$MPX_2 = \frac{\partial Y}{\partial X_2} = \left(\frac{\beta_2}{X_2} + \gamma_2\right) Y \quad (۶)$$

$APX_1$ برابر $\frac{Y}{X_1}$ و$APX_2$ برابر $\frac{Y}{X_2}$ است. بنابراین کشش جزیی تولید نسبت به $X_1$ بصورت رابطه ۷ است.

$$EX_1 = \frac{MPX_1}{APX_1} = \alpha_1 + \gamma_1 X_1 \quad (۷)$$

کشش جزیی تولید نسبت به $X_2$ برابر است با رابطه ۸.

$$EX_2 = \frac{MPX_2}{APX_2} = \beta_2 + \gamma_2 X_2 \quad (۸)$$

1- Transcendental
2- Halter
3- Carter

4- Hocking

## نتایج و بحث

در ابتدای پژوهش به برآورد آزمون ریشه واحد پرداخته شد. نتایج حاکی از این است که، با توجه به مقدار آماره Z و احتمالات مشاهده شده، متغیرها در سطح مانا دچار رگرسیون کاذب نشده است. سپس با توجه به برآیند آزمون F لیمر، آماره‌های F و X سطح معنی‌داری، ناهمگنی برای تابع ترانسندنتال تایید شد، بنابراین باید از رهیافت داده‌های تابلویی استفاده گردد. در مرحله بعد، پس از مشخص شدن روش داده‌های تابلویی به بررسی اثرات ثابت و تصادفی پرداخته شد. نتایج حاصل از آزمون هاسمن با آماره $X^2$ در سطح اطمینان ۹۵ درصد حاکی از پذیرش فرضیه $H_0$ آزمون هاسمن که بیانگر وجود اثرات تصادفی است، می‌باشد. در بررسی توابع تخمین‌زده شده، با استناد به ملاک‌ها و آزمون‌های صورت گرفته (تعداد ضرایب معنی‌دار، ضریب تعیین، ضریب تعیین، دوربین واتسون و آماره جارک‌برا)، فرم تابع ترانسندنتال مناسب‌تر از سایر فرم‌های تابعی روابط تولید گندم را، در منطقه مورد مطالعه توضیح دهد. بنابراین به‌عنوان الگوی برتر انتخاب گردید. لازم به ذکر است که در این مطالعه فقط نتایج تابع برتر گزارش شده است. نتایج تخمین تابع ترانسندنتال در جدول ۲ گزارش شده است.

**جدول ۲- نتایج تخمین تابع ترانسندنتال**

| متغیر | ضرایب | آماره t | احتمال (prob) |
|---|---|---|---|
| عرض از مبدا | ۴/۲۴ | ۵/۱۸ | ۰/۰۰۰ |
| نیروی‌کار (L) | $-۶*۱۰^{-۴}$ | -۰/۶۷۶ | ۰/۳۸۸ |
| بذر مصرفی (S) | ۰/۰۰۴ | ۲/۲۲ | ۰/۰۰۳ |
| ماشین‌آلات (M) | ۰/۰۱ | ۴/۳۷ | ۰/۰۰۰ |
| کود مصرفی (F) | ۰/۰۰۳ | ۲/۰۲ | ۰/۰۴۳ |
| مصرف آب (W) | ۰/۰۳ | ۲/۸۹ | ۰/۰۰۰ |
| بارش (P) | ۰/۰۰۸ | ۱/۸۹ | ۰/۰۶ |
| لگاریتم نیروی‌کار (LL) | $۲*۱۰^{-۴}$ | ۱/۸۴ | ۰/۰۷۱ |
| لگاریتم بذر مصرفی (LS) | ۰/۰۶ | ۱/۴۵ | ۰/۱۲۷ |
| لگاریتم ماشین‌آلات (LM) | ۰/۰۷ | ۲/۹۴ | ۰/۰۰۰ |
| لگاریتم کود مصرفی (LF) | ۰/۰۳۲ | ۱/۷۲ | ۰/۰۷۷ |
| لگاریتم مصرف آب (LW) | ۰/۱۲ | ۲/۴۷ | ۰/۰۰۱ |
| لگاریتم بارش (LP) | ۰/۰۲ | ۲/۲۴ | ۰/۰۲۸ |
| $R^2$= ۰/۸۸ | $\bar{R}^2$= ۰/۸۹ | D.W = ۱/۸۵ | |

در این تابع برآورد شده، تمام ضرایب متغیرهای توضیحی به‌جز متغیر نیروی‌کار و لگاریتم بذر مصرفی ازلحاظ آماری معنی‌دار شدند که در جدول ۲ ضرایب نشان داده شده است. هم‌چنین ضرایب متغیرهای لگاریتم نیروی‌کار و لگاریتم کود مصرفی در سطح ۱۰ درصد، متغیرهای بذر، کود مصرفی و لگاریتم مقدار آب مصرفی برای یک هکتار کشت گندم در سطح ۵ درصد و متغیرهای ماشین‌آلات، مصرف آب و لگاریتم ماشین‌آلات در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند. از طرفی دیگر باتوجه به عدم معنی‌داری دو متغیر ذکر شده، این دو متغیر در مدل تابع تولید گندم حذف شدند. از دلایل عدم معنی‌داری متغیر نیروی‌کار می‌توان بیان کرد که تقریبا همه کشاورزان برای عملیات مشخص به یک میزان از نهاده نیروی‌کار در واحد سطح استفاده می‌کنند و اختلاف زیادی میان کشاورزان در استفاده از این نهاده در تولید گندم وجود ندارد. به این ترتیب معنی‌دار نبودن این عامل دور از انتظار نیست. تخمین تابع تولید گندم و بررسی آن درنهایت نهاده نیروی‌کار و لگاریتم بذر مصرفی به علت عدم معنی‌داری آن‌ها در تابع فوق از مدل حذف و در ادامه، تابع تولید با پنج نهاده بذر، ساعات کارکرد ماشین‌آلات، کود، مقدار آب مصرفی و بارش سالیانه تخمین زده شد. در نهایت فرم این تابع پس از حذف ضرایب بی‌معنی به‌صورت رابطه ۹ می‌باشد.

$$LnY= ۴/۲۴+۰/۰۰۴S+ ۰/۰۱M+ ۰/۰۰۳F+ ۰/۰۳W+ ۰/۰۰۸P+ ۲*۱۰^{-۴}L+ ۰/۰۷LM+ ۰/۰۳۲LF+ ۰/۱۲LW+ ۰/۰۲LP \quad (۹)$$

$$۰/۸۸R^2= ۰/۸۹ \qquad \bar{R}^2= ۱/۸۵ \qquad D.W =$$

بر اساس مقدار به‌دست‌آمده $R^2$، متغیرهای توضیحی ۸۸ درصد از تغییرات متغیر وابسته (Y) را توضیح می‌دهند.

بعد از تخمین تابع برتر (تابع ترانسندنتال)، به بررسی کشش نهاده‌ها نسبت به تولید پرداخته شد. نتایج کشش تولید نهاده آب در تابع ترانسندنتال در جدول ۳ گزارش شده است.

**جدول ۳- نتایج حاصل از کشش نهاده آب تابع ترانسندنتال**

| استان | | ۱۳۸٤ | ۱۳۸٥ | ۱۳۸٦ | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **اصفهان** | $\eta_w$ | ۰/۸۸ | ۰/۸۳ | ۰/۷۷ | ۰/۷۴ | ۰/۷۹ | ۰/۷۴ | ۰/۷۷ | ۰/۶۹ | ۰/۶۸ | ۰/۷۶ |
| **خراسان** | $\eta_w$ | ۰/۷۷ | ۰/۷ | ۰/۷۴ | ۰/۶۶ | ۰/۶۸ | ۰/۶۸ | ۰/۶۶ | ۰/۶۹ | ۰/۶۴ | ۰/۷۴ |
| **خوزستان** | $\eta_w$ | ۰/۷۲ | ۰/۷۱ | ۰/۷۳ | ۰/۶۹ | ۰/۶۸ | ۰/۷۶ | ۰/۷۴ | ۰/۷۸ | ۰/۸۸ | ۰/۹۱ |
| **گلستان** | $\eta_w$ | ۰/۸۷ | ۰/۸۷ | ۰/۸۴ | ۰/۸۵ | ۰/۸ | ۰/۸۶ | ۰/۹۴ | ۰/۹۲ | ۰/۷۸ | ۰/۸۹ |
| **فارس** | $\eta_w$ | ۰/۸۹ | ۰/۸۳ | ۰/۸۱ | ۰/۷۵ | ۰/۸۱ | ۰/۸۵ | ۰/۹ | ۰/۹۲ | ۰/۹۲ | ۰/۸۸ |

با توجه به نتایج جدول فوق، کشش نهاده آب در این تابع برای استان‌های منتخب و طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۴ مثبت به دست آمد که بیانگر آن است که زارعین مناطق مورد مطالعه از نهاده آب در ناحیه دوم اقتصادی که ناحیه منطقی تولید است، استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثال، کشش تولید نهاده آب بیانگر این است که اگر مصرف آب به‌طور متوسط یک درصد افزایش یابد میزان عملکرد گندم در سال ۱۳۹۳ در استان اصفهان ۷۶ درصد افزایش خواهد یافت. که درنهایت افزایش بازده آبیاری را به دنبال خواهد داشت.

محاسبه بهره‌وری بر اساس دو معیار فیزیکی و ارزشی صورت می‌گیرد که در حالت فیزیکی عوامل تولید برحسب مقادیر وزن، حجم، تعداد و طول بیان می‌شود و محصول نیز به‌صورت فیزیکی اندازه‌گیری می‌شود. به عبارتی بهره‌وری فیزیکی یک نهاده به‌صورت نسبت مقدار فیزیکی محصول به کمیت نهاده موردنیاز برای تولید آن محصول تعریف می‌شود. در بهره‌وری ارزشی محصول جایگزین مقدار فیزیکی آن می‌شود، به عبارت دیگر، نسبت ارزش‌افزوده مزرعه تولیدی به مقدار ارزش نهاده‌ها مورد استفاده می‌باشد.

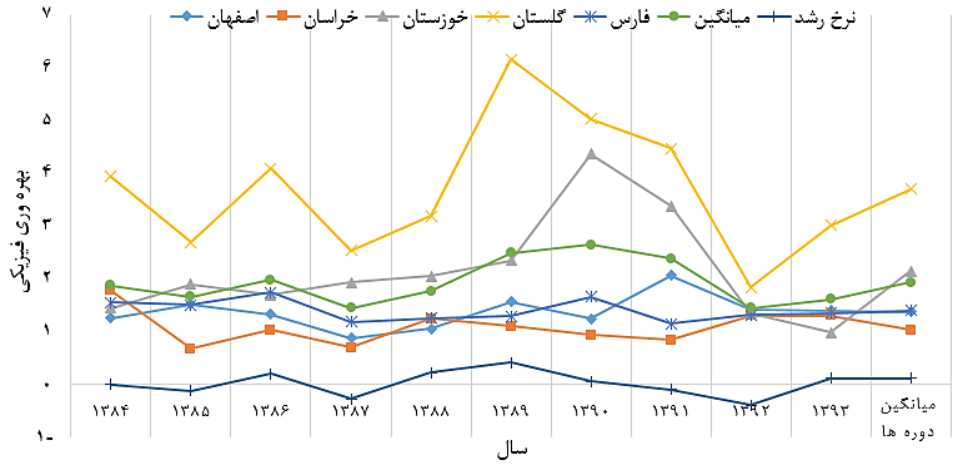
با توجه به جدول ۴ بهره‌وری فیزیکی نهاده آب مصرفی در دوره‌های مورد بررسی ۱/۹۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است و این بدان معنی است که به‌طور متوسط به ازای افزایش یک مترمکعب آب افزایش حدود دو کیلوگرم در هکتار محصول گندم آبی شده است.

هم‌چنین ازنظر وزنی نیز استان گلستان دارای بالاترین میانگین دوره‌ها (۳/۷) و در سال ۱۳۸۹ به نقطه عطف رشد بهره‌وری فیزیکی (۶/۱) رسیده است و هم‌چنین به ترتیب خوزستان، فارس، اصفهان و خراسان در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند که نشان‌دهنده مقدار محصول تولید شده به ازای مقدار مصرف نهاده آب در این استان‌ها می‌باشد. هم‌چنین بالاترین نرخ رشد سالانه بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در سال ۱۳۸۹ با نرخ ۰/۴۱ بود ضمن این‌که بالاترین میانگین سالانه بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در سال ۱۳۹۰ با رقم ۲/۷ است.

**جدول ٤- نتایج محاسبه بهره‌وری فیزیکی آب (۱۳۹۳-۱۳۸٤)**

| | ۱۳۸٤ | ۱۳۸٥ | ۱۳۸٦ | ۱۳۸۷ | ۱۳۸۸ | ۱۳۸۹ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۱ | ۱۳۹۲ | ۱۳۹۳ | میانگین دوره‌ها |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **اصفهان** | ۱/۲۵ | ۱/۵۲ | ۱/۳۲۲ | ۰/۸۷۸ | ۱/۰۵۶ | ۱/۵۵۹ | ۱/۲۴۲ | ۲/۰۶۲ | ۱/۴۲۵ | ۱/۴ | ۱/۳۷۲ |
| **خراسان** | ۱/۷۷۶ | ۰/۶۷۲ | ۱/۰۳۱ | ۰/۶۹۵ | ۱/۲۵۴ | ۱/۰۹۹ | ۰/۹۳۸ | ۰/۸۴۳ | ۱/۳۰۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۰۳۱ |
| **خوزستان** | ۱/۴۴۷ | ۱/۸۹۳ | ۱/۶۹۴ | ۱/۹۲۵ | ۲/۰۴۸ | ۲/۳۴۳ | ۴/۳۶۵ | ۳/۳۷۹ | ۱/۳۴۵ | ۰/۹۸۶ | ۲/۱۴۲ |
| **گلستان** | ۳/۹۳۳ | ۲/۶۹۲ | ۴/۰۹۱ | ۲/۵۳۶ | ۳/۱۹ | ۶/۱۴۷ | ۵/۰۲۳ | ۴/۴۷۳ | ۱/۸۳۶ | ۳/۰۱۳ | ۳/۶۹۳ |
| **فارس** | ۱/۵۵۷ | ۱/۵۰۴ | ۱/۷۴۷ | ۱/۱۷۹ | ۱/۲۵۷ | ۱/۲۸۵ | ۱/۶۵۸ | ۱/۱۴۳ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۴۹ | ۱/۴۰۲ |
| **میانگن** | ۱/۸۷۷ | ۱/۶۵۵ | ۱/۹۷۷ | ۱/۴۴۳ | ۱/۷۵۹ | ۲/۴۸۷ | ۲/۶۴۵ | ۲/۳۸ | ۱/۴۴۴ | ۱/۶۱ | ۱/۹۲۸ |
| **نرخ رشد** | ۰ | ۰/۱۱۹ | ۰/۱۹۴ | -۰/۲۷ | ۰/۲۱۹ | ۰/۴۱۳ | ۰/۰۶۳ | -۰/۱ | -۰/۳۹ | ۰/۱۱۴ | ۰/۱۱۴ |

روند رشد بهره‌وری فیزیکی آب طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۴ بر اساس تابع تولید ترانسندنتال در نمودار ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، روند رشد بهره‌وری فیزیکی نهاده آب بین استان‌های منتخب بصورت تناوبی بوده و دارای نوسانات است. از طرفی دیگر، استان گلستان با بالاترین روند رشد بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در بین استان‌های منتخب همراه است که در سال ۱۳۸۹ یک روند شتابان افزایشی را طی کرده است. هم‌چنین استان خوزستان در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ روند شتابان افزایشی داشت. استان‌های فارس و اصفهان تقریبا دارای روند ثابتی بودند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، پایین‌ترین روند رشد مربوط به استان خراسان رضوی است.




**شکل ۱- روند رشد بهره‌وری فیزیکی آب (۱۳۹۳-۱۳۸۴)**

نتایج بهره‌وری فیزیکی آب بین استان‌های منتخب طی دوره نشان داد که بهره‌وری فیزیکی نهاده آب مصرفی در دوره‌های مورد بررسی ۱/۹۲۸ کیلوگرم برمترمکعب به‌دست‌آمد. این بدین معنی است که به‌طور متوسط به ازای استفاده یک مترمکعب آب منجر به افزایش دو کیلوگرم در هکتار محصول گندم آبی در این دوره‌ها شده است. هم‌چنین ازنظر وزنی نیز استان گلستان دارای بالاترین میانگین دوره‌ها (۳/۷) و در سال ۱۳۸۹ به نقطه عطف رشد بهره‌وری فیزیکی (۶/۱) رسید و هم‌چنین استان‌های خوزستان، فارس، اصفهان و خراسان در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند که نشان‌دهنده مقدار محصول تولید شده به ازای مقدار مصرف نهاده آب در این استان‌ها می‌باشد.

بالاترین روند رشد بهره‌وری فیزیکی نهاده آب بین استان‌های منتخب مربوط به استان گلستان می‌باشد. هم‌چنین بالاترین نرخ رشد سالانه بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در سال ۱۳۸۹ با نرخ ۰/۴۱ است، ضمن این‌که بالاترین میانگین سالانه بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در سال ۱۳۹۰ با رقم ۲/۷ است که از سال ۱۳۸۸ تا سال ۱۳۸۹ روند افزایشی داشت. استان خوزستان نیز در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ روند شتابان افزایشی داشت.

## نتیجه‌گیری

آب از مهم‌ترین منابع تولید در کشاورزی محسوب می‌شود و یکی از موثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های مناسب می‌باشد. از این رو بهره‌وری آب کشاورزی یکی از شاخص‌های مهم برای کشورهای با منابع محدود آب و از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه جدی مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرارگرفته است.

با توجه به این مهم، هدف پژوهش حاضر، تعیین و بررسی اثرات بهره‌وری فیزیکی آب در تولید گندم ایران (استان‌های منتخب) در دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۴ است. در این تحقیق جهت اندازه‌گیری بهره‌وری آب و عوامل تاثیرگذار بر تولید محصول گندم از رهیافت پانل دیتا و روش تابع تولید به‌عنوان ابزاری مناسب جهت مدیریت بهتر منابع آب استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل از تخمین توابع تولید، بهترین شکل تابع، تابع تولید ترانسندنتال تشخیص داده شد. نتایج آزمون F لیمر در انتخاب بین Pooling data یا Panel data نشان داد که روش داده‌های ترکیبی برای برآورد مدل مدنظر مناسب می‌باشد. هم‌چنین در روش داده‌های ترکیبی در انتخاب بین دو اثر ثابت و تصادفی طبق آزمون هاسمن، روش اثرات تصادفی انتخاب شد. بعد از تخمین توابع تولید کاب – داگلاس، ترانسندنتال، دبرتین، ترانسلوگ، درجه دوم تعمیم یافته و کشش جانشینی ثابت با داده‌های پنل (ترکیب داده‌های مقطعی و سری زمانی) مناسب‌ترین تابع بر اساس مشخصات (تعداد ضرایب معنی‌دار، ضریب تعیین، ضریب تعیین، دوربین واتسون و آماره جارک‌برا)، تابع تولید ترانسندنتال که $R^2$ بیش‌تر، تعداد ضرایب معنی‌داری بیش‌تر و سازگاری ضرایب با مدل را داشت، انتخاب گردید. نتایج بهره‌وری فیزیکی آب بین استان‌های منتخب طی دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۹۳ نشان داد، بهره‌وری فیزیکی نهاده آب مصرفی در دوره‌های مورد بررسی، ۱/۹۲۸ کیلوگرم برمترمکعب آب به‌دست‌آمد. این عدد بیانگر این است که به‌طور متوسط به ازای افزایش یک مترمکعب آب، حدود دو کیلوگرم در هکتار محصول گندم آبی در این دوره‌ها افزایش داشت. با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌گردد:

در زمینه سیاست‌های مرتبط با افزایش بهره‌وری نهاده‌های دیگر مرتبط با تولید گندم، تحقیقات به روز توسط محققین صورت گیرد. از طرفی دیگر، اتخاذ سیاست‌های مناسب برای افزایش بهره‌وری نهاده-

های اثرگذار دیگر تولید با توجه به این موضوع که افزایش بهره‌وری فیزیکی مصرف آب لزوما ناشی از نهاده آب نمی‌باشد، در واقع ارتقا بهره‌وری فیزیکی آب ناشی از شرایط و بسترهای مطلوب و مناسب رشد بهره‌وری کل عوامل تولید می‌باشد که نهایتا به رشد اقتصادی منتج می‌شود و از مباحث مهمی است که موردتوجه برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران قرار گرفته است.

با توجه به این‌که کشاورزان مناطق مورد مطالعه در ناحیه دوم اقتصادی که ناحیه منطقی تولید محسوب می‌گردد، نهاده آب را مصرف می‌نمایند و در واقع حاکی از آن است که اثر مثبت و مستقیم بر عملکرد گندم دارد، پیشنهاد می‌گردد هم‌چنان بر پیشروی به سوی بهره‌وری مصرف آب در تولید گندم تاکید گردد تا از این طریق عملکرد به‌ازای مصرف آب افزایش یابد.

با توجه به این‌که بالاترین نرخ رشد سالانه بهره‌وری فیزیکی مصرف آب در سال ۱۳۸۹ اتفاق افتاده است، پیشنهاد می‌شود که محققین جوانب این افزایش رشد را از جهات گوناگون مورد مطالعه قرار دهند، تا عوامل موثر این رشد به شکل هم‌افزا و مستمر ادامه پیدا کند.

## منابع


اشراقی،ف.، قاسمیان،س.د. ۱۳۹۱. بررسی بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در استان گلستان. مجله پژوهش آب در ایران. ۲۶. ۳: ۳۲۲–۳۱۷.

اکبری،ن.ا.، رنجکش،م. ۱۳۸۲. بررسی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی ایران طی دوره ۷۵–۱۳۴۵. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۴۴: ۱۴۲–۱۱۷.

اکبری،ن.، رنجکش،م. ۱۳۸۲. بررسی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی ایران ۷۵–۱۳۴۵. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۱۱. ۴۳ : ۱۱۷–۱۴۲.

پورپرتوی،آ.م.ط.، رنجبرفلاح،م.ف.، برقی اسکویی،م.م. ۱۳۸۵. بررسی اثرات تغییر نرخ مکالمه روی تابع تقاضای مکالمات تلفن ثابت و درآمد شرکت مخابرات استان تهران. مجله پژوهش های اقتصادی.۶. ۲: ۱۰۲–۸۲.

حیات غیبی،ف.، شاه‌نوشی فروشانی،ن.، محمدزاده،ر.، آذین‌فر،ی. ۱۳۸۸. مطالعه الگوی واکنش عرضه گندم در ایران. نشریه تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۱. ۲: ۱۰۵–۹۱.

زمانی،ا.، مرتضوی،س.ا.، بلالی،ح. ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸. ۱: ۶۱–۵۱.

سلطانی،غ.، اکبری،س.م.ر.، محمدی،ح. ۱۳۸۸. بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در مناطق دچار خشک‌سالی؛ مطالعه موردی: مرودشت – کربال. ششمین کنفرانس بین‌المللی اقتصاد کشاورزی ایران. مشهد. ایران.

فطرس،م.ح.، غفاری،ه.، شهبازی،آ. ۱۳۸۸. مطالعه رابطه آلودگی هوا و رشد اقتصادی کشورهای صادر کننده نفت. پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی. ۱. ۱: ۷۷–۵۹.

وزارت جهاد کشاورزی، سال‌های مختلف، آمارنامه کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات، تهران.

Droogers,P., Salemi,H.R and Mamanpoush,A. 2000. Exploring basin scale salinity problems using Handbook no. 60. US Government Printing Office, Washington D.C.

Liu,J., Zehnder,A.J.B and Yang,H. 2008. Drops for crops: modelling crop water productivity on a global scale. Global Network of Environmental Science and Technology Journal. 10.3: 295-300.

Mirotchi,M and Taylor,D.B. 1993. Resource Allocation and Productivity of Cereal State Farms in Ethiopia. Agricultural Economics. 8.3: 187-197.

Singh,R., van Dam,J.C and Feddes,R.A. 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa District, Indian. Agricultural Water Management. 82.3: 253-278.

World Bank. 2006. World Development Indicators, Available at: www.worldbank.org.

Zwart,S.J and Bastiaanssen,W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated Wheat, Rice, Cotton and Maize. Agricultural Water Management. 69.2: 115-13

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1511-1518

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۱۸-۱۵۱۱

# Evaluation of Physical Productivity of Water Agricultural in Selected Provinces in Iran (Case Study: Wheat Crop)

**M. Bahrami[1], S. Khalilian[*2], S.A. Mortazavi[3], M.A. Asaadi[4]**
Recived: May.31, 2018 Accepted: Aug.27, 2018

## Abstract

Improving water productivity in food production has been a basic global issue, especially in countries with limited water resources like in Iran. On the other hand, among agricultural crops, wheat is a strategic product and has a significant cropping area and plays an important role in feeding people. Based on the above, and also considering that one of the recommended strategies for coping with water scarcity is the implementation of agricultural water productivity system in the country's water management structure, In the present study, using the method of estimating the production functions and choosing the superior production function and panel data of 2005-2014, to estimate the effects of Physical water productivity on wheat production in the major provinces of wheat (Isfahan, Khorasan Razavi, Khuzestan, Golestan and Fars). The results of Physical water productivity between selected provinces showed that the index in the studied periods was 1.9 kg / m3. this means that on average, an increase of one cubic meter of water will increase about two kilograms per hectare of wheat production in these periods.

**Keywords:** Physical Productivity, Production Function, Transcendental, Wheat, Water

1- Ms.C. Graduated Student of Agricultural Economics in Tarbiat Modares University
2- Associate Professor of Agricultural Economics in Tarbiat Modares University
3- Assistant Professor of Agricultural Economics in Tarbiat Modares University
4- PH. D Student of Agricultural Economics in Tarbiat Modares University
(*- Corresponding Author Email: khalil_s@modares.ac.ir)