

## بررسی کارایی انرژی محصول گندم به روش تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی دشت مهبیار شهرستان شهرضا<sup>۱</sup>)

عباس عبدشاهی، مرتضی تاکی، محمدرضا گلابی، میثم حداد<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۹

### چکیده

در این تحقیق کارایی انرژی محصول گندم در دشت مهبیار شهرستان شهرضا، با کمک رویکرد تحلیل پوششی داده (DEA) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، نهاده آب مصرفی با ۷۹/۵٪ بیشترین و نیروی انسانی با ۲۴/۰٪ کمترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. بهره‌وری انرژی، خالص افزوده انرژی و نسبت انرژی ستانده به نهاده در این کشت به ترتیب ۰/۰۴۸، ۷۹/۳۴ و ۱/۶۳ برآورد شد. نتایج بدست آمده از تحلیل پوششی داده‌های انرژی گویای این بود، در مدل بازگشت به مقیاس ثابت، ۲۳٪ و در مدل بازگشت به مقیاس متغیر، ۳۶٪ از کل واحدها، کارایی ۱۰۰ درصد داشته و دیگر واحدها با درجه‌ها مختلفی از ناکارایی روبرو بوده‌اند. میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به ترتیب ۹۰/۲۶، ۹۵/۱۴ و ۹۴/۴۳ برآورد شد. همچنین میانگین کارایی فنی واحدهای ناکارا بر پایه مدل بازگشت به مقیاس ثابت ۸۷٪ محاسبه شد، به این معنا که ۱۳٪ از منابع می‌تواند با بالا بردن کارایی این واحدها ذخیره شود.

طبقه‌بندی JEL: Q10، C61

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده (DEA)، کارایی انرژی، واحدهای کارا، کارایی فنی، دشت مهبیار شهرضا.

<sup>۱</sup> این مقاله برگرفته شده از پروژه کارشناسی آقای میثم حداد است که در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان با راهنمایی جناب آقای دکتر عبدشاهی و مشاوره جناب آقایان مرتضی تاکی و محمدرضا گلابی به انجام رسیده است.  
<sup>۲</sup> به ترتیب استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، پژوهشگران جوان باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا، دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانش آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی.

Email: meisam.haddad66@yahoo.com

## مقدمه

تولید مواد غذایی به ویژه گندم، رابطه بسیار نزدیکی با توان و موقعیت سیاسی و اقتصادی کشورها دارد. افزایش روزافزون جمعیت و بهره‌گیری نکردن از روش‌های بهینه تولید در کشورهای در حال توسعه، وابستگی این کشورها را بیشتر کرده است. با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی، تلاش شده مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در بیشتر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارده برای تولید محصولات مختلف کشاورزی در واحد سطح، بررسی و سعی شده است تا با محاسبه شاخص کارایی انرژی، نظام کشاورزی از نظر مصرف انرژی بهینه شود (پیمان و همکاران، ۱۳۸۴). تجزیه انرژی برای مدیریت بهینه منابع کمیاب به منظور بهبود تولید کشاورزی ضروری بوده و از این راه فعالیت‌های تولیدی کارآمد و اقتصادی، مشخص می‌شود. از دیگر برتری‌های تجزیه انرژی، تعیین انرژی مصرفی در هر مرحله از فرآیند تولید و در واقع تعیین مراحل که کمترین انرژی نهاده را نیاز داشته و همچنین فراهم آوردن مبنایی برای محافظت از منابع و همچنین کمک در زمینه مدیریت پایدار و سیاست‌گذاری‌های مربوطه می‌باشد (چادهری و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶).

گندم یکی از اساسی‌ترین نیازهای غذایی کشور می‌باشد و استان اصفهان یکی از مراکز بزرگ تولید گندم در سطح کشور است که در مناطقی مانند دشت مهیار شهرستان شهرضا عملکرد گندم آبی تا حدود ۶ تن بر هکتار گزارش شده است. کشت گندم در این منطقه بعلت خشکسالی - های پرشمار و دوره‌ای با تنگناهای زیادی روبرو بوده و سطح منابع آب‌های زیرزمینی نیز در چند سال اخیر به علت استفاده فراوان کشاورزان به شدت کاهش داشته است. در رابطه با ارزیابی میزان کارایی هریک از زمین‌های زیر کشت و میزان و چگونگی مصرف انرژی در این واحدهای تولیدی تاکنون بررسی دقیقی صورت نگرفته به همین دلیل این تحقیق به بررسی میزان مصرف انرژی، کارایی کشتزارها گندم، تفکیک کشتزارها کارا و ناکارا، درصد ناکارایی کشتزارها غیرکارا و تعیین نهاده‌های پرمصرف و میزان مصرف آن‌ها پرداخته است.

در این تحقیق از تحلیل پوششی داده‌ها به منظور تجزیه داده‌های مربوط به کشت گندم در دشت مهیار استان اصفهان و همچنین تعیین میزان مصرف انرژی و کشتزارها کارا و ناکارا و ارائه روشی به منظور کاهش انرژی نهاده و افزایش انرژی، استفاده شد. در این زمینه بررسی‌های بسیاری در

---

1 Chaudhary et al.

## بررسی کارایی انرژی محصول گندم...۵۹

سراسر جهان انجام شده است. برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: بررسی بهبود مصرف انرژی در تولید سیر (سماواتیان و همکاران، ۱۳۸۹)، ارزیابی و بهبود مصرف بهینه منابع انرژی در کشت گلخانه‌ای در استان تهران (غچه بیگ و همکاران، ۱۳۸۹). بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم دیم در منطقه سیلاخور استان لرستان با روش تحلیل پوششی داده‌ها (عجب‌شیرچی و همکاران، ۱۳۹۰)، تجزیه و تحلیل کارایی انرژی محصول خیار گلخانه‌ای در منطقه شهرستان شهرضا (تاکی و همکاران، ۱۳۹۱)، بررسی میزان منابع ناکارای مورد استفاده در تولید کتان در پنجاب پاکستان (شفیق و رحمان<sup>۱</sup>، ۲۰۰)، بررسی کارایی انرژی مورد استفاده در کشت برنج (نصیری و ساین<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹)، بررسی کارایی و بازگشت به مقیاس برنج‌کاران در چهار منطقه ایالت پنجاب هند با استفاده از روش نامشخصه‌ای تحلیل پوششی داده (نصیری و ساین، ۲۰۱۰)، تعیین میزان مصرف انرژی در کشت گندم استان فارس با رویکرد تحلیل پوششی داده (هشیار و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰). بررسی الگوی مصرف و بهینه‌سازی میزان انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت گوجه فرنگی گلخانه‌ای (عبدی و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳)، بررسی جریان ورودی-خروجی انرژی و بهینه‌سازی میزان انرژی مصرفی در کشت گندم در منطقه قروه استان کردستان (مقیمی و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۳).

### روش تحقیق

شهرستان شهرضا به عنوان یکی از ۲۸ شهرستان استان اصفهان در ۸۰ کیلومتری جنوب شهر اصفهان و در طول جغرافیایی ۴۵ درجه قرار گرفته است. دشت مهیار یکی از دهستان‌های شهرستان شهرضا است که در شمال این شهر و ۲۵ کیلومتری جنوب شهر اصفهان واقع شده و دارای گستره‌ای برابر ۱۱۰۰ کیلومتر مربع و ارتفاع میانگین ۱۶۵۰ متر از سطح دریاست. کشت سالانه این دشت بیش از ۱۰۰۷۰ هکتار است. به عبارتی حدود ۶۰٪ از کشت سالانه شهرستان در این دشت صورت می‌گیرد که گندم و جو محصولات غالب این منطقه به شمار می‌آیند (بی‌نام، ۱۳۸۵).

---

<sup>1</sup> Shafiq and Rehman.

<sup>2</sup> Nassiri and Singh.

<sup>3</sup> Houshyar *et al.*

<sup>4</sup> Abdi *et al.*

<sup>5</sup> Moghimi *et al.*

به منظور به دست آوردن حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شد (کوکران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷). بدین- ترتیب حجم نمونه برای گندمکاران دشت یاد شده، ۸۹ کشاورز به دست آمد. اما به منظور افزایش دقت به ۱۰۰ کشاورز افزایش یافت.

انرژی‌های ورودی در تولید گندم شامل انرژی مصرفی در عملیات و انرژی مصرف شده در تولید ماشین‌های کشاورزی، کود، سم، بذر، نیروی انسانی، سوخت مصرفی، آبیاری و حمل و نقل بودند. محاسبه انرژی مصرفی با استفاده از معادل انرژی مربوط به هر واحد از نهاده یا ستانده و ضرب آن در میزان نهاده مصرف شده یا ستانده تولید شده انجام گرفت. البته، در بررسی‌ها، با توجه به شرایط حاکم، از ضرایب متفاوتی استفاده شده که در جدول (۱) به برخی از آنها اشاره شده است. سهم هریک از نهاده‌های ورودی در میزان مصرف انرژی نیز در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۱) معادل نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی در تولیدات کشاورزی

منبع	انرژی بر هر واحد (MJ)	واحد	الف- نهاده‌های انرژی
			۱- نیروی کارگری
Mandal, 2002	۱/۹۶	ساعت	مرد
			۲- کودهای شیمیایی
Kaltschmitt, 1997	۴۷/۱	کیلوگرم	N
Kaltschmitt, 1997	۱۵/۸	کیلوگرم	P2O5
			۳- سموم شیمیایی
Kaltschmitt, 1997	۱۰۱/۲	کیلوگرم	حشره کش
Kaltschmitt, 1997	۲۳۸	کیلوگرم	علف کش
			۴- ماشین‌های کشاورزی
Karkacier, 2005	۹۳/۶۱	کیلوگرم	تراکتور
Karkacier, 2005	۸۷/۶۳	کیلوگرم	کمباین
Mandal, 2002	۶۲/۷	کیلوگرم	ادوات و ماشین‌ها
			۵- بذر
Yaldiz, 1993	۲۵	کیلوگرم	گندم (اصلاح شده)
			ب- ستانده‌های انرژی
Yaldiz, 1993	۱۴/۷	کیلوگرم	۱- دانه
Yaldiz, 1993	۱۲/۵	کیلوگرم	۲- کاه

مأخذ: منابع بیان شده در جدول

۱ - Cochran.

بررسی کارایی انرژی محصول گندم... ۶۱

جدول (۲) میزان نهاده‌های مصرفی برای کشت یک هکتار گندم

درصد از کل انرژی مصرفی	انرژی معادل (MJ/ha)	نهاده مصرفی
۱/۸	۲۰۷۸/۲۶	ساخت و استهلاک ماشین‌ها
۶	۷۲۳۹/۳۹	سوخت مصرفی
۱۲	۱۴۳۶۷/۸۴	بذر، کود و سموم شیمیایی
۰/۲۴	۲۹۳/۲۶	نیروی انسانی
۰/۴۶	۵۱۹/۹۴	حمل و نقل
۷۹/۵	۹۴۵۶۳/۲۳	آبیاری
۱۰۰	۱۱۹۰۶۱/۹۲	مجموع

مأخذ: یافته‌های تحقیق

به منظور تعیین روابط بین انرژی ستانده و نهاده، شاخص‌هایی تعریف و به کار برده می‌شوند که با استفاده از آن‌ها می‌توان وضعیت انرژی محصولات مختلف و نیز همانند را در سامانه‌های زراعی مختلف مقایسه کرد. این شاخص‌ها به صورت روابط (۱)، (۲) و (۳) نشان داده شده‌اند (محمدی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸):

(۱) نسبت انرژی<sup>۲</sup> (ER): عددی بی‌بعد برابر با نسبت انرژی ستانده به نهاده

(۲) بهره‌وری انرژی<sup>۳</sup> (EP): برابر با نسبت عملکرد وزنی محصول به انرژی نهاده بر حسب  $KgMJ^{-1}$

(۳) افزوده انرژی خالص<sup>۴</sup> (NEG): برابر با انرژی ستانده منهای انرژی نهاده بر حسب  $MJha^{-1}$  برای محاسبه شاخص‌های انرژی، مقادیر مصرف هر نهاده در هم‌ارزهای انرژی هر مرحله از عملیات، ضرب شده و انرژی آن نهاده محاسبه شد. با استفاده از انرژی خروجی و با داشتن انرژی‌های ورودی، شاخص نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده انرژی خالص تعیین شد که نتایج آن در جدول (۳) در بخش نتایج و بحث آمده است.

به منظور ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی فنی واحدهای تولیدی، روش‌های مختلفی وجود دارد که به دو گروه روش‌های مشخصه‌ای و نا مشخصه‌ای تقسیم می‌شوند. در روش‌های مشخصه‌ای با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، تابع تولید مشخصی برآورد می‌شود. سپس

<sup>1</sup> Mohammadi et al.

<sup>2</sup> Energy Ratio

<sup>3</sup> Energy Productivity.

<sup>4</sup> Net Energy Gain

با به کارگیری این تابع، نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌شود. مهم‌ترین ویژگی روش‌های نامشخصه‌ای این است که نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی ندارند. از مهم‌ترین روش‌های نامشخصه‌ای، تحلیل پوششی داده‌هاست (چارنس<sup>۱</sup>، ۱۹۸۴). تحلیل پوششی داده<sup>۲</sup> یا *DEA* نوعی مدل برنامه ریزی خطی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری<sup>۳</sup> یا *DMU* را اندازه‌گیری می‌کند. به عبارت دیگر *DEA* یک روش برنامه ریزی کمی برای اندازه‌گیری عملکرد نسبی واحدهای سازمانی می‌باشد که چون دارای نهاده و ستانده‌های مختلف هستند، در مقایسه و سنجش کارایی نارسایی دارند. در روش *DEA* نیاز به هیچ گونه فرض یا شکل ریاضی خاص نمی‌باشد، یعنی نیازی به شناخت تابع تولید نیست. همچنین در اختیار داشتن قیمت عامل‌های تولید نیز ضرورت ندارد.

در این تحقیق، به منظور تعیین میزان انرژی نهاده‌های مصرفی در کشت گندم و ارزیابی کشتزارها، تعداد ۱۰۰ پرسشنامه تهیه شد. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها با انجام مصاحبه و پرسش حضوری، داده‌های بدست آمده وارد نرم‌افزار اکسل شد و سپس با روش تحلیل پوششی، داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همه‌ی واحدهای تولیدی از نظر مصرف انرژی و عملکرد، مورد بررسی قرار گرفته و از بین آن‌ها واحدهای کارا و ناکارا و همچنین میزان مصرف نهاده و تولید ستانده در آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس میزان مصرف انرژی هر یک از نهاده‌ها به دست آمده و با در نظر گرفتن مقدار انرژی برای هر نهاده جدول (۱)، مقدار مصرف انرژی کل در کشتزارهای مورد بررسی، به دست آمد.

تجزیه و تحلیل اطلاعات با دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت (*CCR*<sup>۴</sup>) و بازگشت به مقیاس متغیر (*BCC*<sup>۵</sup>) انجام شد. انتخاب مدل *DEA* مناسب، بستگی به میزان کنترل روی نهاده‌ها و ستانده‌ها دارد؛ به این ترتیب که هر کدام بیشتر کنترل پذیر باشند، مدل مناسب بر همان پایه‌گزینش می‌شود. در این بررسی چون دستکاری و کم و زیاد کردن نهاده‌ها عملی‌تر است، از مدل *CCR* و *BCC* نهاده محور استفاده شد (روابط ۴ و ۵). در هر دو مدل واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و انواع کارایی‌های فنی، مقیاس و فنی خالص محاسبه شد.

<sup>1</sup> Charnes *et al.*

<sup>2</sup> Data Envelopment Analysis.

<sup>3</sup> Decision Making Unit.

<sup>4</sup> Charns, Cooper and Rhodes.

<sup>5</sup> Banker, Charns and Cooper.

بررسی کارایی انرژی محصول گندم... ۶۳

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} \quad (۴)$$

$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} \leq o, j = 1, 2, \dots, n$$

$$V_i \geq \varepsilon, U_r \geq \varepsilon$$

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} + w \quad (۵)$$

$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} + w \leq o, j = 1, 2, \dots, n$$

$$U_r \geq \varepsilon, V_i \geq \varepsilon, w \text{ free}$$

در فرمول‌های بالا  $E_p$  نرخ کارایی واحد  $i$  ام،  $U_r$  وزن ورودی‌ها،  $Y_{rp}$  مقدار خروجی  $r$  ام برای  $DMU_p$  و  $V_i$  وزن ورودی‌ها،  $X_{ip}$  مقدار ورودی  $i$  ام برای  $DMU_p$ ،  $Y_{rj}$  مقدار خروجی  $r$  ام برای  $DMU_j$ ،  $X_{ij}$  مقدار ورودی  $i$  ام برای  $DMU_j$ ،  $j = 1, 2, \dots, n$ ،  $s$  شمار خروجی‌ها و  $m$  شمار ورودی‌ها می‌باشد (بانکر و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۸۴). گفتنی است برای اینکه بتوان به نتایج به دست آمده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها اعتماد کرد، باید حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری مورد بررسی از رابطه (۶) محاسبه شود (یانگ و چونگی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳):

$$(I+O) \geq 3 \quad (۶)$$

در رابطه (۶)،  $I$  تعداد نهاده‌ها و  $O$  شمار ستانده‌هاست. در این تحقیق شش نهاده تولید یعنی انرژی مربوط به ماشین‌ها، انرژی سوخت مصرفی، انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی، انرژی کارگری، انرژی آب مصرفی و انرژی حمل و نقل به عنوان نهاده و انرژی محصول (عملکرد) به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. بنابراین کمینه شمار واحدهای تصمیم‌گیری برای تجزیه و تحلیل برابر است با:

$$3(6+1) = ۲۱ \quad (۷)$$

<sup>۱</sup> Banker et al.

<sup>۲</sup> Yong and Chunweki.

با توجه به اینکه شمار نمونه‌های گزینش شده ۱۰۰ واحد است، لذا از حجم نمونه بالا شمار ۳۰ واحد به‌طور تصادفی گزینش شد و چون شمار واحدهای گزینش شده از کمینه شمار واحدهای تصمیم‌گیری بیشتر است قابلیت استخراج نتایج مورد اطمینان وجود دارد (محمدی، ۱۳۸۷). رابطه بین کارایی فنی، کارایی فنی خالص (کارایی مدیریتی) و کارایی مقیاس به‌صورت رابطه (۸) تعریف شده است (امامی میبدی، ۱۳۷۹):

$$(۸) \quad \text{کارایی مقیاس} = \frac{\text{کارایی فنی}}{\text{کارایی فنی خالص}}$$

مقدار کارایی مقیاس بیش از یک نخواهد بود. کارایی مدل  $CCR$  کارایی فنی کل نامیده می‌شود، زیرا تحت تاثیر مقیاس و اندازه نیست. از سوی دیگر  $BCC$ ، کارایی فنی خالص را تحت بازده به مقیاس متغیر نشان می‌دهد. رابطه بالا تجزیه کارایی را نشان می‌دهد که این رابطه منابع کارایی را به نمایش می‌گذارد. یعنی مشخص می‌کند که ناکارایی به علت ناکارایی مدیریتی است یا ناشی از شرایطی است که کارایی مقیاس را نشان می‌دهد و یا از هر دو عامل (قیصری و همکاران، ۱۳۸۶).

### نتایج و بحث

بنابر نتایج به دست آمده در جدول (۲)، نهاده‌ای که بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده مربوط به آب مصرفی است، که به علت عمیق بودن چاه‌های منطقه در اثر افت سطح آب زیرزمینی است، که به ناچار برای پمپاژ آب انرژی الکتریکی زیادی مصرف می‌شود. بی‌شک چنانچه قیمت غیرواقعی (غیریارانه‌ای) برق مصرفی از کشاورزان اخذ شود، ادامه کار آنها با نارسایی روبرو خواهد شد. پس از آب، مجموع نهاده‌های حاصل از کود شیمیایی و بذر مصرفی بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند و نهاده نیروی انسانی دارای کمترین میزان انرژی مصرفی است. جدول (۳) شاخص‌های انرژی در کشت گندم در دشت مهیار را نشان می‌دهد.



بررسی کارایی انرژی محصول گندم... ۶۵

جدول (۳) شاخص‌های انرژی در کشت گندم در دشت مهبیار استان اصفهان

مقدار	واحد	شاخص
۰/۰۴۸	kgMJ <sup>-1</sup>	بهره‌وری انرژی (دانه)
-۳۵/۵۷	GJ	خالص افزوده انرژی (دانه)
۷۹/۳۴	GJ	خالص افزوده انرژی (کاه و دانه)
۰/۷۱۷	-	نسبت انرژی ستانده به نهاده (دانه)
۱/۶۳	-	نسبت انرژی ستانده به نهاده (کاه و دانه)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ولدیانی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی، نسبت انرژی ستانده به نهاده برای عملکرد زیستی گندم دیم را ۰/۷۸۸ و به‌طور جداگانه برای محصول دانه و کاه به‌ترتیب ۰/۴۲۴ و ۰/۳۶۴ محاسبه کرده‌اند که نسبت به نتایج این تحقیق کمتر است. این نشان می‌دهد، اگرچه در کشت گندم آبی در دشت مهبیار مصرف انرژی به ویژه برای پمپاژ آب بسیار بالاتر از گندم دیم در آذربایجان شرقی است ولی به خاطر عملکرد بالای محصول در این دشت که البته وابسته به آبیاری است، نسبت انرژی ستانده به نهاده بالاتری به‌دست آمده است. همچنین میسمی و همکاران (۱۳۸۷) نسبت انرژی ستانده به نهاده برای گندم در شهر بناب را بدون در نظر گرفتن انرژی آبیاری ۲/۹ بدست آورده‌اند. در این تحقیق این نسبت ۰/۷۱۷ برآورد شده که بدون در نظر گرفتن انرژی آبیاری ۳/۱۳ و بیشتر از تحقیقات یاد شده خواهد بود که به خاطر عملکرد نسبتاً زیاد گندم در دشت مهبیار است. در مجموع اختلاف نتایج این پژوهش با پژوهش‌های انجام شده در دیگر مناطق بیشتر به انرژی پمپاژ آب برمی‌گردد. این مسئله به‌خاطر عمق زیاد چاه‌ها نه تنها باعث هدر رفتن مقادیر انرژی زیادی می‌شود، بلکه اثرگذاری‌های زیست محیطی فراوانی در نتیجه پایین رفتن سطح سفره‌های آب زیرزمینی دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۴)، میانگین کارایی فنی کشتزارهای ناکارا در کشت گندم با مدل  $CCR$  ورودی محور، ۸۷٪ است یعنی با استفاده از ۸۷٪ نهاده‌ها و با ثابت ماندن همان میزان خروجی، واحدهای ناکارا می‌توانند به مرز کارایی رسیده و مقدار ۱۳٪ نهاده‌ها را با افزایش کارایی خود ذخیره کنند. بنابر نتایج این جدول کشتزارهای ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۱۷ و ۲۱ و ۲۷ کارا هستند. میزان کارایی واحدهای تولیدی به این مفهوم است که هر کدام از واحدها باید بتوانند میزان مصرف خود را از همهی نهاده‌ها به میزان  $(1-\theta)$ ٪ کاهش دهند بدون اینکه میزان تولید کاهش یابد (غچه بیگ و همکاران، ۱۳۸۹). کارایی ۸۲/۸۱ درصد کشتزار شماره ۱۲ به معنای آن است که این واحد باید ۱۷/۱۹ درصد مصرف خود را از همهی عامل‌های تولید کاهش

دهد (بدون اینکه از میزان تولیدش کاسته شود) تا بتواند به یک واحد تولید کارا تبدیل شود. از سوی دیگر با توجه به اینکه الگوی آن، کشتزار شماره ۴ است و با توجه به ضریب متغیر تصمیم کشتزار ۱۲ در جدول (۴) که ۷۸/۳۴ درصد است، می‌توان مقادیر عامل‌های تولید لازم برای یک سطح معین ستانده را به این ترتیب محاسبه کرد که برای کارا شدن مزرعه شماره ۱۲، این واحد باید به میزان ۷۸/۳۴ درصد از نهاده‌های واحد ۴ را مصرف کند بدون اینکه میزان تولیدش کاسته شود.

جدول (۴) ارزیابی کشتزارهای گندم با مجموعه‌های مرجع آن‌ها با استفاده از مدل CCR نهاده محور

واحد تولیدی (کشتزار گندم)	درصد کارایی	واحد‌های مرجع (الگو) و ضرایب متغیر تصمیم تصمیم
۱	۸۹/۵۱	واحد ۴ (۷۸/۲۴)، واحد ۲۱ (۵۶/۳۴)
۲	۹۶/۶۳	واحد ۲۱ (۷۴/۶۷)، واحد ۱۷ (۷۶/۴۵)
۳	۱۰۰	-
۴	۱۰۰	-
۵	۹۳/۳۱	واحد ۴ (۴۵/۲۳)، واحد ۷ (۸۹/۳۴)
۶	۹۵/۴۳	واحد ۴ (۶۷/۳۴)، واحد ۱۷ (۵۸/۶۵)
۷	۱۰۰	-
۸	۹۲/۸۲	واحد ۴ (۵۶/۳۴)، واحد ۷ (۴۸/۱۲)
۹	۹۲/۳۷	واحد ۴ (۳۴/۸۹)، واحد ۲۷ (۸۹/۱۲)
۱۰	۱۰۰	-
۱۱	۹۰/۵۷	واحد ۴ (۳۵/۶۸)، واحد ۲۷ (۵۶/۱۸)
۱۲	۸۲/۸۱	واحد ۴ (۷۸/۳۴)
۱۳	۷۶/۲۳	واحد ۴ (۷۱/۴۶)، واحد ۷ (۳۷/۱۲)
۱۴	۸۵/۱۲	واحد ۲۱ (۳۴/۵۶)، واحد ۱۷ (۶۷/۹)
۱۵	۸۱/۳۵	واحد ۴ (۵۶/۶۷)
۱۶	۹۱/۴۷	واحد ۱۷ (۴۵/۲۳)، واحد ۷ (۴۹/۱۸)
۱۷	۱۰۰	-
۱۸	۹۲/۱۵	واحد ۷ (۵۷/۲۳)
۱۹	۷۹/۹	واحد ۴ (۸۷/۵۷)، واحد ۳ (۸۶/۱۲)
۲۰	۸۳/۶۹	واحد ۱۷ (۶۷/۴۵)، واحد ۳ (۴۸/۱۸)
۲۱	۱۰۰	-
۲۲	۸۷/۵۹	واحد ۷ (۸۶/۱۵)، واحد ۱۰ (۹۱۹/۲۸)
۲۳	۸۵/۵۶	واحد ۴ (۳۵/۷۶)، واحد ۱۰ (۶۷/۱۴)
۲۴	۷۹/۴۹	واحد ۴ (۷۹/۴۷)، واحد ۱۰ (۴۸/۱۹)

بررسی کارایی انرژی محصول گندم... ۶۷

ادامه جدول (۴) ارزیابی کشتزارهای گندم با مجموعه‌های مرجع آن‌ها با استفاده از مدل *CCR* نهاده

محور

واحد تولیدی (کشتزار گندم)	درصد کارایی	واحدهای مرجع (الگو) و ضرایب متغیر تصمیم تصمیم
۲۵	۸۳/۳۹	واحد ۲۱ (۲۴/۹)
۲۶	۹۱/۳۴	واحد ۲۱ (۴۶/۱۸)، واحد ۳ (۷۸/۱۴)
۲۷	۱۰۰	واحد ۱۰ (۴۳/۱۹)
۲۸	۷۹/۷	واحد ۱۷ (۳۵/۱۶)، واحد ۲۷ (۲۷/۱۸)
۲۹	۹۲/۲۳	واحد ۳ (۴۸/۱۹)، واحد ۱۰ (۴۰/۲۴)
۳۰	۸۵/۴۳	واحد ۲۷ (۶۵/۳)، واحد ۳ (۶۰/۲۹)
میانگین کارایی واحدهای ناکار		۸۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اگر یک واحد تولیدی از نظر مدل *BCC* به طور کامل کارا، ولی میزان کارایی پایینی از نظر مدل *CRR* داشته باشد، آن گاه به طور موقت کاراست ولی کارایی کل ندارد (در این حالت ناکارایی کل ناشی از ناکارایی مقیاس است) اما اگر کارایی در هر دو مدل *CRR* و *BCC* کمتر از ۱۰۰٪ باشد در این حالت ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا ناکارایی شرایط واحد تولیدی و همچنین ناکارایی مدیریتی است. بنابراین در اصل منطقی است ناکارایی مقیاس یک واحد تولیدی را به وسیله این دو کارایی مشخص کنیم (غچه بیگ و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۵)، در مدل *CCR* شمار ۷ کشتزار و در مدل *BCC* شمار ۱۱ کشتزار دارای کارایی ۱۰۰٪ هستند و دیگر کشتزارها به درجه‌های مختلف، ناکارا محسوب می‌شوند. همچنین کشتزارهای ۵، ۶، ۱۸ و ۲۶ به طور موضعی کارا عمل می‌کنند. یعنی در آنها کارایی فنی خالص برابر یک است ولی کارایی کلی آن‌ها کوچکتر از یک می‌باشد که این ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا مدیریتی است. ناکارایی دیگر کشتزارها، ناشی از ناکارایی مدیریتی و همچنین شرایط کشتزار (ناکارایی مقیاس) است. هنگامی که یک واحد تولیدی کارای *BCC* است، وضعیت بازده به مقیاس از راه وزن خروجی مشخص می‌شود. اگر کوچکتر از صفر باشد بازده به مقیاس افزایشی است، اگر بزرگتر از صفر باشد بازده به مقیاس کاهش می‌یابد و اگر برابر صفر باشد بازده به مقیاس ثابت است. در بازده به مقیاس افزایشی نمی‌توان مقیاس واحد تولیدی را کاهش داد ولی می‌توان آن را تا بی‌نهایت افزایش داد. نسبت خروجی به ورودی برای هر نقطه روی مرز کارا نسبت به ورودی، غیر کاهش می‌یابد. یعنی افزایش در خروجی همواره دست کم به اندازه‌ای متناسب با ورودی است.

جدول (۵) تجزیه انواع کارایی‌ها و بازده به مقیاس در کشت گندم

واحد تولیدی	کارایی فنی (درصد)	کارایی فنی خالص (درصد)	کارایی مقیاس (درصد)	بازده به مقیاس
۱	۸۹/۵۱	۹۲/۲۳	۹۷	افزایشی
۲	۹۶/۶۳	۹۷/۷	۹۸	افزایشی
۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	ثابت
۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	ثابت
۵	۹۳/۳۱	۱۰۰	۹۳/۳۱	افزایشی
۶	۹۵/۴۳	۱۰۰	۹۵/۴۳	افزایشی
۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	ثابت
۸	۹۲/۸۲	۹۴/۳۵	۹۸	افزایشی
۹	۹۲/۳۷	۹۳/۲	۹۹	افزایشی
۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	ثابت
۱۱	۹۰/۵۷	۹۷/۵۹	۹۲	افزایشی
۱۲	۸۲/۸۱	۸۹/۷	۹۲	افزایشی
۱۳	۷۶/۲۳	۸۸/۹	۸۵	افزایشی
۱۴	۸۵/۱۲	۹۲/۷	۹۱	افزایشی
۱۵	۸۱/۳۵	۹۳/۴	۸۷	افزایشی
۱۶	۹۱/۴۷	۹۶/۱	۹۵	افزایشی
۱۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	ثابت
۱۸	۹۲/۱۵	۱۰۰	۹۲/۱۵	افزایشی
۱۹	۷۹/۹	۸۷/۴۳	۹۱	افزایشی
۲۰	۸۳/۶۹	۹۰/۱۲	۹۲	افزایشی
۲۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	ثابت
۲۲	۸۷/۵۹	۹۲/۱۵	۹۵	افزایشی
۲۳	۸۵/۵۶	۸۷/۳۴	۹۷	افزایشی
۲۴	۷۹/۴۹	۹۱/۳۸	۸۶	افزایشی
۲۵	۸۳/۳۹	۹۳/۱۹	۸۹	افزایشی
۲۶	۹۱/۳۴	۱۰۰	۹۱/۳۴	افزایشی
۲۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	ثابت
۲۸	۷۹/۷	۸۹/۱۳	۸۹	افزایشی
۲۹	۹۲/۲۳	۹۶/۹	۹۵	افزایشی
۳۰	۸۵/۴۳	۹۰/۷	۹۴	افزایشی
میانگین	۹۰/۲۶	۹۵/۱۴	۹۴/۴۳	-

مأخذ: یافته‌های تحقیق

## بررسی کارایی انرژی محصول گندم... ۶۹

بنابر نتایج جدول (۶)، کشتزارهای ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۱۷، ۲۱ و ۲۷ بازده به مقیاس ثابت و دیگران بازده به مقیاس افزایشی دارند.

پرسشی که پس از ارزیابی کارایی واحدهای مورد بررسی مطرح می‌شود این است که از بین واحدهایی که به‌طور نسبی دارای کارایی واحد شده‌اند، کدام واحد نسبت به دیگران دارای رتبه بالاتری برخوردار است؟ یک پاسخ به این پرسش این است که مجموع وزن‌های این واحدها در مجموعه مرجع را حساب کنیم، هر واحدی که وزن بیشتری داشت، رتبه آن بالاتر است. بر این پایه در مدل بازگشت به مقیاس ثابت واحد چهارم و در مدل بازگشت به مقیاس متغیر واحد سوم کاراترین واحدها به شمار می‌آیند (جدول ۶). البته روش‌های دیگری (از جمله روش رتبه بندی یا تاکسونومی) نیز برای این کار پیشنهاد شده است که به دلیل اختصار از ذکر نام آن‌ها خودداری می‌کنیم (پور کاظمی و حیدری، ۱۳۸۱).

جدول (۷) نتایج به دست آمده از تحلیل کشتزارهای گندم با مدل بازگشت به مقیاس ثابت ورودی محور برای تعیین مازاد نهاده‌ها و کمبود عملکرد را نشان می‌دهد. برای هر کدام از واحدهای ناکارا تعیین شده که به چه میزان باید از مصرف نهاده‌های مازاد را کم کنند تا کارا شوند. برای مثال کشتزار شماره ۱۱ با کارایی ۵۷/۹۰٪ باید ۱۹۲۴۰ واحد از نهاده آب مصرفی، ۱۲۹ واحد از نهاده حمل و نقل، ۱۶۷ واحد از نهاده نیروی انسانی و ۳۷۸۰ واحد از نهاده کود شیمیایی، بذر و سم مصرفی را کاهش دهد تا بر روی مرز کارایی قرار گیرد. میانگین سهم هر یک از نهاده‌ها در کاهش مصرف انرژی کشتزارهای گندم در شکل (۱) نشان داده شده است. (چون سهم نیروی انسانی و حمل و نقل کمتر از یک درصد بود از آنها صرفه نظر شده است).

جدول (۶) رتبه‌بندی کشتزارهای کارا در دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت و متغیر

مدل بازگشت به مقیاس ثابت		مدل بازگشت به مقیاس متغیر	
شماره واحد	مجموع وزن‌ها	شماره واحد	مجموع وزن‌ها
۴	۴/۵۲	۳	۳/۱۲
۳	۴/۰۲	۴	۳/۰۲
۲۷	۳/۷۹	۵	۲/۹۶
۱۷	۳/۵	۶	۲/۶۳
۱۰	۲/۹	۷	۲/۲
۷	۱/۹۱	۱۰	۲/۱۷
۲۱	۱/۶۵	۱۷	۱/۸۹
-	-	۱۸	۱/۷۶
-	-	۲۱	۱/۶۵
-	-	۲۶	۱/۵۷
-	-	۲۷	۱/۲۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۷) مازاد و کمبود مصرف انرژی در هر یک از کشتزارهای گندم با مدل CCR نهاده محور

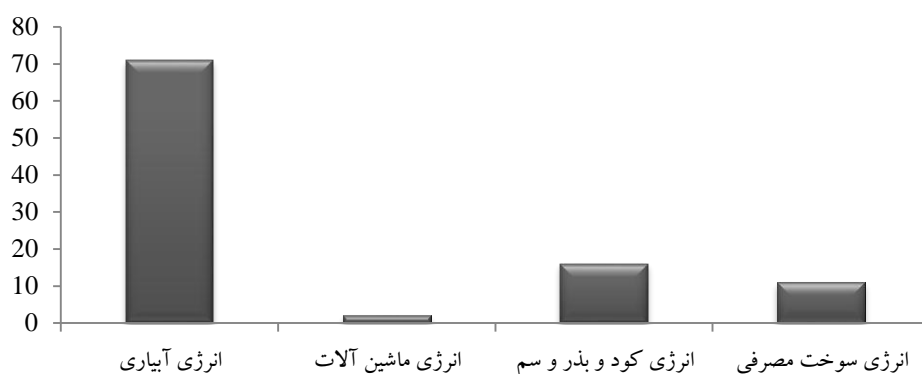
عملکرد	سوخت	ادوات و ماشین‌آلات	کود، سم و بذر	نیروی انسانی	حمل و نقل	آب مصرفی	کارایی (درصد)	(مزرعه)
.	۴۸۷۰	.	۸۸۶۵	.	.	۲۳۷۵۶	۸۹/۵۱	۱
.	۲۴۵۶	.	.	.	۲۵۴	۱۲۵۶۷	۹۶/۶۳	۲
.	.	.	.	.	.	.	۱۰۰	۳
.	.	.	.	.	.	.	۱۰۰	۴
.	.	.	۲۶۷۸	۱۵۶	.	۲۴۱۵۶	۹۳/۳۱	۵
.	۵۹۱۲	۱۶۷۳	.	.	.	۱۲۷۸۹	۹۵/۴۳	۶
.	.	.	.	.	.	.	۱۰۰	۷
.	۶۱۲۰	۱۹۰	.	.	۲۷۸	۱۳۲۱۱	۹۲/۸۲	۸
.	۳۸۵۹	۱۸۱	.	.	۲۹۰	.	۹۲/۳۷	۹
.	.	.	.	.	.	.	۱۰۰	۱۰
.	.	.	۳۷۸۰	۱۶۷	۱۲۹	۱۹۲۴۰	۹۰/۵۷	۱۱
.	.	.	۱۲۸۹۰	۲۸۰	.	۳۷۸۹۰	۸۲/۸۱	۱۲
.	۲۸۹۰	.	۱۲۸۹	.	۳۷۹	۴۵۱۷۸	۷۶/۳۳	۱۳
.	۵۶۷۰	.	۲۷۸۰	.	۳۴۱	۱۴۲۳۶	۸۵/۱۲	۱۴
.	۵۲۸۰	۱۴۵۰	۱۹۰۷	.	۲۵۱	۱۲۷۹۰	۸۱/۳۵	۱۵
.	.	.	۱۱۲۸۹	۲۰۰	.	.	۹۱/۴۷	۱۶
.	.	.	.	.	.	.	۱۰۰	۱۷

## بررسی کارایی انرژی محصول گندم... ۷۱

ادامه جدول (۷) مازاد و کمبود مصرف انرژی در هر یک از کشتزارهای گندم با مدل CCR نهاده

محور								(مزرعه)
عملکرد	سوخت	ادوات و ماشین- م	کود، سم و بذر	نیروی انسانی	حمل و نقل	آب مصرفی	کارایی (درصد)	
.	.	.	۱۲۸۰۹	.	۱۲۴	.	۹۲/۱۵	۱۸
.	۵۸۱۰	۱۱۲۹	.	۱۹۰	.	۳۲۹۱۰	۷۹/۹	۱۹
.	۱۲۰۰	۱۲۸۰	۲۲۸۰	.	۳۱۰	۱۶۲۸۰	۸۳/۶۹	۲۰
.	.	.	.	.	.	.	۱۰۰	۲۱
.	۱۷۹۰	.	۷۱۰۱	۱۰۹	۱۲۰	۱۷۲۰۰	۸۷/۵۹	۲۲
.	۴۵۰۰	.	۱۲۷۰۰	.	.	۱۴۸۰۹	۸۵/۵۶	۲۳
.	.	.	۲۰۸۰	۱۲۰	.	۳۹۷۰۸	۷۹/۴۹	۲۴
.	۴۱۳۰	۱۶۷۰	۱۰۷۰۹	.	۱۲۳	۱۹۰۰۷	۸۳/۳۹	۲۵
.	۲۶۸۰	.	۲۷۰۱	.	۲۸۹	۱۷۸۹۰	۹۱/۳۴	۲۶
.	.	.	.	.	.	.	۱۰۰	۲۷
.	۲۸۰۰	۱۲۰۰	۳۷۸۰	.	۱۰۸	۲۷۹۰۸	۷۹/۷	۲۸
.	۴۷۰۰	۱۰۳۰	.	۱۰۳	.	۱۸۹۰۰	۹۲/۲۳	۲۹
.	۵۱۲۰	۱۶۰۰	.	.	۱۸۹	۲۰۳۴۷	۸۵/۴۳	۳۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق



نگاره (۱) انرژی ذخیره شده توسط هر یک از کشتزارهای گندم دشت مهبیار استان اصفهان

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بهبود کارایی و بهره‌وری یکی از هدف‌های اساسی واحدهای تولیدی کشاورزی است. دستیابی به این مهم، با تخصیص بهینه عامل‌های تولید در این بخش امکان‌پذیر است.

نتایج به دست آمده از بررسی میزان انرژی در کشت گندم منطقه مهیار شهرستان شهرضا نشان داد که تلفات حاصل از آب آبیاری بیش از ۷۰٪ می‌باشد. نتایج به دست آمده از تحلیل نامشخصه- ای داده‌های انرژی گویای آن است که با استفاده از بهینه‌سازی واحدهای تولیدی کشت گندم (کشتزارهای گندم) می‌توان حدود ۱۳٪ از میزان انرژی مصرفی (۱۵۴۷۷ مگاژول بر هکتار) صرفه- جویی داشت که این کاهش میزان مصرف انرژی علاوه بر کاهش قیمت تمام شده محصول باعث کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه بیشترین نهاده ورودی مربوط به آب مصرفی است و با عنایت به اینکه بسیاری از کشتزارها از کانال زاینده‌رود سهم‌آبه (حق آبه) دارند و کیفیت بالای این آب محدودیت شوری آب چاه‌های منطقه را ندارد، بررسی امکان اجرای طرح‌های آبیاری بارانی ضروری به نظر می‌رسد. امکان اجرای این طرح علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی و هزینه‌ها باعث جلوگیری از شوری زود هنگام خاک این منطقه خواهد شد.

## منابع

- امامی میبدی، ع. (۱۳۷۹). اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی و کاربردی)، چاپ اول، انتشارات موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران.
- بی‌نام. (۱۳۸۵). گزارش جامع مکانیزاسیون شهرستان شهرضا، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان شهرضا.
- پور کاظمی، م. ح. و حیدری، ک. (۱۳۸۱). استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارایی نیروگاه‌های حرارتی تولید برق کشور، *مجله تربیت مدرس*، ۶(۱): ۵۴-۳۵.
- پیمان، م. روحی، ر. و علیزاده، م. (۱۳۸۴). تعیین انرژی مصرفی در دو روش سنتی و نیمه مکانیزه برای تولید برنج (بررسی موردی استان گیلان)، *مجله تحقیقات کشاورزی*، ۶(۲۲): ۸۰-۶۷.
- تاکلی، م. عجب شیرچی، ی. عبدی، ر. و اکبرپور، م. (۱۳۹۱). تجزیه و تحلیل کارایی انرژی محصول خیار گلخانه‌ای به روش تحلیل پوششی داده‌ها، مطالعه موردی (شهرستان شهرضا - استان اصفهان). *نشریه ماشین‌های کشاورزی*، ۲(۱): ۲۸ - ۳۷.
- سماواتیان، ن. رفیعی، ش. و مبلی، م. (۱۳۸۹). بررسی بهبود مصرف انرژی در تولید سیر با روش تحلیل پوششی داده‌ها. *ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون*، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران.



### بررسی کارایی انرژی محصول گندم... ۲۳

عجب شیرچی، ی. تاکی، م. عبدی، ر. قبادی فر، ا. ورنجبر، ا. (۱۳۹۰). بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم دیم توسط تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، (مطالعه موردی: دشت سیلاخور)، نشریه ماشین‌های کشاورزی، ۱(۲): ۱۲۲ - ۱۳۲.

غچه بیگ، ف. م. امید، ح. احمدی و دلشاد، د. (۱۳۸۹). ارزیابی و بهبود مصرف بهینه منابع انرژی در تولید محصول خیار در گلخانه‌های تهران با استفاده از تحلیل پوششی داده، ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران.

قیصری، ک. مهرنو، ح. و جعفری، ا. (۱۳۸۶). کلیاتی بر تحلیل پوششی داده‌های فازی، چاپ اول، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

محمدی، ع. (۱۳۸۷). اندازه‌گیری واحدهای تولیدی طیور با رویکرد تحلیل پوششی داده (مطالعه موردی استان فارس)، مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۶(۶۳): ۱۱۶-۸۹.

میسمی، م. رنجبر، ا. و عجب شیرچی، ی. (۱۳۸۷). الگوی مصرف انرژی در تولید برخی محصولات کشاورزی و برآورد شاخص‌های انرژی (مطالعه موردی در سطح شهرستان بناب)، مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.

ولدیانی، ع. حسن زاده قورت تپه، ع. و ولدیانی، ر. (۱۳۸۴). ارزیابی بیلان انرژی در مزارع تکثیر بذر ارقام دیم گندم آذربایجان شرقی و تاثیر آن بر محیط‌زیست، مجله دانش کشاورزی، ۱۵(۲): ۱-۱۲.

Abdi, R. Taki, M. and Jalali, A. (2013) Study on energy use pattern, optimization of energy consumption and CO<sub>2</sub> emission for greenhouse tomato production, *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 7 (1): 01-04.

Banker, R.D. Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984) Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management Science*, 30(3):1078-1092.

Charnes, A.W. Copper, W. and Rhodes, E. (1984) Measuring the efficiency of decision marking units, *European Journal of Operational Research*, 2(1): 429-444.

Chaudhary, V.P. Gangwar, B. and Pandey, D.K. (2006) Auditing of energy use and output of different cropping systems in India, *Agricultural Engineering international*, the CIGR journal EE 05001, Vol 8.

Cochran, W. G. (1977) Sampling Techniques, Third Edition.

- Houshyar, E. Sheikh Davoodi, M.J. and Nassiri, S.M. (2010) Energy efficiency for wheat production using data envelopment analysis (DEA) technique, *Journal of Agricultural Technology*, 6(4): 663-672.
- Kaltschmitt, M. Reinhardt, G.A. and Stelzer, T. (1997) Life cycle analysis of befouls under different environmental aspects, *Biomass and Bio energy*, 12(2):121-134.
- Karkacier, O. and Goktolga, Z.G. (2005) Input-output analysis of energy use in agriculture, *Energy Conversion and Management*, 46(9-10):1513- 1521.
- Mandal, K.G. Saha, K. P. Ghosh, P.K. Hati, K. M and Bandyopadhyay, K. K. (2002) Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India, *Biomass Bio energy*, 23(5): 337-345.
- Moghimi, M.R. Mohammadi Alasti, B. and Hadad Drafshi, M.A. (2013) Energy input-output and study on energy use efficiency for wheat production using DEA technique, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(13): 2064-2070.
- Mohammadi, A. Tabatabaefar, A. Shahin, Sh. Rafiee, Sh. and Keyhani, A. (2008) Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province, *Energy Conversion and Management*, 49: 3566-3570.
- Nassiri, S.M. and Singh, S. (2009) Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique, *Applied Energy*, 86:1320-1325.
- Nassiri, S.M. and Singh, S. (2010) A comparative study of parametric and non-parametric energy efficiency in paddy production, *Journal of agricultural science and technology*, 12: 379-389.
- Shafiq, M. and Rehman, T. (2000) The extent of resource use inefficiencies in cotton production in Pakistan's Punjab: an application of Data Envelopment Analysis, *Agricultural Economics*, 22:321-330.
- Yaldiz, O. H. Ozkan, H. Zeren, Y. and Bascetincelik , A. (1993) Energy usage in production of field crops in Turkey, *5<sup>th</sup> International Congress on Mechanization and Energy Use in Agriculture*, 11 – 14-Oct. Kusadasi, Turkey.
- Yong, T. and Chunweki, K. (2003) A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, *European Journal of Operational Research*, 147(2): 128-136.