سیزدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران
(مکانیک بیوسیستم ۱۴۰۰)
۲۴-۲۶ شهریور ۱۴۰۰

# بررسی تجزیه و تحلیل مصرف انرژی تولید گندم آبی با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده ها، مطالعه موردی؛ شهرستان اهواز، استان خوزستان

عباس حمودی [۱]، ابراهیم تقی‌نژاد [۲]

۱. دانشجوی کارشناسی مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی (abbashamoodi3642@gmail.com)
۲. گروه مهندسی فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل (e.taghinezhad@uma.ac.ir)

## چکیده

مصرف انرژی و استفاده صحیح از نهاده‌های کشاورزی تاثیر زیادی بر اقتصاد و حفظ محیط زیست دارد. در پژوهش حاضر الگو و کارایی مصرف انرژی تولید گندم آبی به کمک رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها در شهرستان اهواز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. اطلاعات موردنیاز مطالعه از طریق تکمیل ۱۲۰ پرسشنامه توسط کشاورزان اهواز که کشت گندم آبی داشته‌اند، تکمیل گردید. با توجه به داده‌های گردآوری شده از مطالعه میدانی در خصوص نحوه انجام عملیات زراعی در مورد این محصول، مقادیر انرژی‌های نهاده (ماشین ها، سم و کودهای شیمیایی، نیروی انسانی، سوخت، بذر) و ستاده (دانه گندم) محاسبه و کارایی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که انرژی دو نهاده‌ی الکتریسیته (جهت استحصال آب) و کود ازته به ترتیب بیش‌ترین درصد انرژی با ۳۴٪ و ۲۶٪ پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید بودند. متوسط تولید گندم آبی در استان اهواز ۴۰۵۰ کیلوگرم و کل انرژی مصرفی در کشت گندم آبی ۳۵۷۴۴/۱۹ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. هم‌چنین شاخص بهره‌وری انرژی ۱۴ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد. در تحلیل پوشش داده ها مقادیر کم کارایی نشان از مصرف بی رویه‌ی نهاده‌های کشاورزی است. بنابراین می تواند از طریق مقایسه کارایی واحدهای تولیدی ناکارا با واحدهای کارا و کاهش یا افزایش میزان نهاده‌های واحد ناکارا، کارایی را افزایش داد.

## کلمات کلیدی:

گندم آبی، انرژی مصرفی، کارایی انرژی، افزوده خالص انرژی، شهرستان اهواز

* عباس حمودی: abbashamoodi3642@gmail.com

## مقدمه

تولید مواد غذایی به ویژه گندم ، رابطه بسیار نزدیکی با توان و موقعیت سیاسی و اقتصادی کشورها دارد. بخش کشاورزی به‌عنوان مهم‌ترین بخش تولیدکننده مواد غذایی کشور نه‌تنها مصرف‌کننده انرژی است بلکه مهم‌ترین عرضه‌کننده انرژی نیز محسوب می‌شود در دهه‌های گذشته به‌دلیل رشد روزافزون جمعیت، افزایش تقاضا برایی محصولات کشاورزی، ایجاد اشکال نوین انرژی در بخش کشاورزی و کاربرد نامناسب آنها به‌دلیل عدم مدیریت صحیح این بخش اقتصادی به یک بخش انرژی محور تبدیل شده و الگوی مصرف انرژی در این بخش اعم از منابع زنده و غیر زنده به شدت افزایش یافته است. نظر به اینکه بخش کشاورزی از یک طرف با محدودیت منابع تولید روبرو بوده و از سوی دیگر تامین‌کننده امنیت غذایی جمعیت در حال رشد می‌باشد، باید تعادل و توازنی بین جریان برداشت و بهره‌برداری از منابع تولید و تولید محصولات کشاورزی و پایداری تولید در نواحی مختلف کشاورزی استفاده از روش ارزیابی جریان انرژی است (۱). امروزه برای تولید محصولات کشاورزی نهاده‌هایی مانند سوخت، الکتریسیته، ماشین‌ها، بذر، کود شیمیایی و سموم شیمیایی سهم قابل ملاحظه‌ای در تامین منابع انرژی دارند این تنوع نهاده‌ها تغییر قابل ملاحظه‌ای در الگوی مصرف انرژی بخش کشاورزی ایجاد کرده و موجب وابستگی بیش‌تر به منابع انرژی سوخت‌های فسیلی شده است (۶). این امر می تواند اثرات منفی بر محیط زیست و سلامت عمومی ایجاد کند و منجر به استفاده مازاد از منابع‌طبیعی شود. لذا این مسئله اهمیت و ضرورت بررسی الگوی مصرف انرژی به‌منظور استفاده موثر آن در بخش کشاورزی را آشکار می‌سازد (۹). تجزیه منابع کمیاب به‌منظور بهبود تولید کشاورزی ضروری بوده و از این فعالیت راه‌های تولیدی کارآمد و اقتصادی، مشخص می‌شود. از دیگر برتری‌های تجزیه انرژی، تعیین انرژی مصرفی در هر مرحله از فرآیند تولید و در واقع تعیین مراحلی 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 (۵). در این تحقیق از تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور تجزیه داده‌های مربوط به کشت گندم در استان اهواز 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 سراسر جهان و ایران انجام شده است که به چند مورد اشاره می‌شود.

فتحی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی الگو و کارایی مصرف انرژی تولید گندم دیم به کمک رویکرد تحلیل پوششی داده شهرستان چرداول، استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که انرژی سوخت، بذر و کود اته به‌ترتیب با ۴۸، ۲۲ و ۱۹ درصد بیش‌ترین و انرژی کارگری و حشره‌کش و روغن به ترتیب با ۲۴، ۴۵ و ۶۴ درصد کم‌ترین سهم را در میان انرژی‌های ورودی، به خود اختصاص دادند. میانگین کل انرژی ورودی برای تولید گندم دیم در منطقه ۱۰۵۳۲/۹۰ مگاژول بر هکتار و انرژی خروجی ۳۱۵۶۸/۹۸ مگاژول بر هکتار به دست آمده و متوسط نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افژوده خالص انرژی به ترتیب با ۳/۰۴، ۱۳، ۸/۲۱ و ۲۱۰۳۶/۰۷ مگاژول بر هکتار است.

در تحقیقی دیگر تقی‌نزاد و همکاران (۱۳۹۸)، به تحلیل و ارزیابی اقتصادی الگوی مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانهای در تولید گندم آبی استان اردبیل پرداختند. نتایج نشان داد پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ۱۴/۲۰۱۶۱۶ $kg\ Co_2\ eq\ ha^{-1}$ تخمین زده شد. سود خالص حاصل از تولید گندم آبی نیز ۲۳۶۹۱۲۹۹ ریال بود که نشان دهنده توجیه اقتصادی تولید گندم آبی در استان اردبیل بود. با توجه به نتایج و به‌منظور کاهش اثرهای محیط زیستی نظام تولید گندم به نظر می‌رسد که می‌توان از روش‌های مختلف مدیریت نظام زراعی همچون کاربرد نهاده‌های آلی، تناوب، کم خاکورزی و بی خاکورزی بر مبنای بهره‌گیری از اصول کم نهاده برای کاهش این اثرهای محیط زیستی بهره جست.

عبدشاهی و همکاران (۱۳۹۲) نیز بررسی کارایی انرژی محصول گندم به روش تحلیل پوششی داده‌ها در شهررضا را انجام دادند. 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.

مرتضوی نیا و همکاران (۱۳۹۹)، الگوی مصرف انرژی و بررسی کارایی آن در باغات انار شهرستان مهولات را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از سناریوبندی کارایی باغات انار نشان داد که سناریوی کاهش ۵۰ درصد کود شیمیایی با ۷۰/۲۱ بایش‌ترین میانگین و کاهش ۵۰ درصد ماشین آلات با ۷۰/۲۱ کم‌ترین میانگین را در بین تمامی سناریوها داشته است کاهش مصارف کود شیمیایی و افزایش استفاده از ماشین آلات در باغ انار میزان میانگین کارایی افزایش می‌یابد لذا پیشنهاد می‌شود که از کودهای شیمیایی در باغ انار کم‌تر استفاده شود هم‌چنین افزایش کاربرد ماشین‌های کشاورزی جهت صرفه‌جویی در وقت و افزایش کارایی پیشنهاد می گرد.

## موارد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب غربی استان خوزستان در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع شده است. شهرستان اهواز از نظر اقلیمی با توجه به شرایط توپوگرافیکی دارای اقلیم خشکی می باشد. بارندگی متوسط سالیانه ۲۱۳ میلی متر ، میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه ۲ و ۵۰/۴ درجه سلسیوس می باشد. داده های این تحقیق از طریق پرسش نامه از بین کشاورزان گندم آبی در منطقه مورد نظر جمع آوری گردید. برای تعیین اندازه نمونه گیری تصادفی ساده استفاده شد. برای تعیین حجم نمونه از رابطه آماری پیشنهاد شده توسط کوکران استفاده شد و در نهایت بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل صفات مورد نظر و رابطه پیشنهادی کوکران، حجم نمونه ۱۲۰ عدد برآورد گردید (۱۴). داده های مورد استفاده در پرسش نامه حاوی اطلاعات در مورد نهاده های ورودی شامل ماشین ها، سم و کودهای شیمیایی، نیروی انسانی، سوخت، بذر و ستاده ها شامل دانه گندم بودند. هم ارز انرژی که بیان کننده میزان محتوای انرژی معادل هر نهاده یا ستاده است، در جدول (۱) برای محاسبه انرژی ورودی و خروجی آورده شده است. انرژی معادل هر نهاده یا ستاده از ضرب میزان مصرف آن در ضریب هم ارز انرژی محاسبه شد.

به منظور محاسبه انرژی ماشین های استفاده شده از رابطه (۱) استفاده شد (۲۵).

$$ME = \frac{G\times Mp\times t}{T} \quad (۱)$$

که در آن ME انرژی ماشین در واحد سطح ($mg/ha^{-1}$)، G وزن ماشین (kg)، t زمان استفاده از ماشین (hr) و T عمر مفید ماشین بر حسب سال (h) می باشد.

در بخشی از این پژوهش شاخص های انرژی در تولید گندم مورد مطالعه قرار گرفت. این شاخص ها نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی می باشد که با استفاده از روابط(۲) تا (۵) محاسبه شدند (۱۵).

.

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad (۲)$$

$$\text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد (کیلو گرم بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad (۳)$$

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{عملکرد (کیلو گرم بر هکتار)}} \quad (۴)$$

$$\text{افزوده خالص انرژی} = \text{انرژی خروجی} - \text{انرژی ورودی} \quad (۵)$$

نسبت انرژی بیانگر نسبت بین کالری گرمایی محصولات خروجی کل انرژی صرف شده در عوامل تولید است. این شاخص فاقد واحد می باشد و مقدار انرژی به دست آمده به ازای هر واحد مصرف انرژی برای تولید را نشان می دهد. شدت انرژی برای تولید یک واحد از محصول است. این شاخص بسته به نوع محصول کشاورزی، موقعیت و زمان متفاوت است و می تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی

کارایی مصرف انرژی در سامانه های مختلف تولید مورد نظر باشد. بهره وری انرژی عکس شدت انرژی می باشد و از تقسیم مقدار محصول تولید شده و انرژی مصرف شده به دست می آید. در حقیقت، بیان کننده مقدار تولید محصول به ازای هر واحد انرژی مصرف شده است (۱). انرژی مستقیم شامل انرژی سوخت دیزل و کارگر و انرژی غیرمستقیم شامل بذر، کودهای شیمیایی، علف کش ها و ماشین ها می باشد. (۲۶). یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در زمینه ارتقای بهره وری، تحلیل پوششی داده ها می باشد که به عنوان یک روش ناپارامتری به منظور محاسبه کارایی واحدهای تصمیم گیرنده استفاده می شود. به عبارت دیگر، تحلیل پوششی داده ها روشی برای تخمین توابع تولید مبتنی بر یک سری بهینه سازی با استفاده از برنامه ریزی خطی است. در این روش هر واحد یا سازمان تحت برسی، واحد تصمیم گیرنده (DMU) نامیده می شود. به طور کلی یک DMU، واحد یا سازمانی است که یک سری ورودی ها را به خروجی تبدیل می کند (۲۴).

در این مطالعه از جامع ترین مدل های DEA که مدل CCR و مدل BCR می باشند برای محاسبه کارایی تولید کنندگان از نقطه نظر مصرف انرژی استفاده شده است. مدل CCR بر پایه بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) و مدل BCC بر پایه بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) می‌باشد. هر کدام از این مدل ها دارای دو جهت مطالعه (خروجی محور – ورودی محور) می باشند. بدین معنی که یک DMU ناکارا توانند به واسطه کاهش سطوح نهاده های ورودی در حالی که خروجی ثابت است. (ورودی محور)، به یک واحد کارا تبدیل شود، یا برعکس با ثابت نگه داشتن سطوح ورودی های و افزایش مقادیر خروجی (خروجی محور)، به یک واحد کارا تبدیل شود. (۱۴)

**جدول ۱. محتوای انرژی نهاده و ستانده‌ها در تولید گندم**

| عنوان | واحد | ضریب انرژی (MJ/Unit) | مرجع |
|---|---|---|---|
| نهاد ها | | | |
| سوخت | | | |
| دیزل | l | 56/31 | (اوناکیتان و همکاران ، ۲۰۱۰) |
| روغن | l | 47/8 | (کیتانی،۱۹۹۹) |
| نیروی کارگری | h | 1/96 | (محمد شیرازی و همکاران، ۲۰۱۵) |
| ماشین ها و ادوات | | | |
| کمباین خود گردان | h | 87/63 | (اوناکیتان و همکاران ، ۲۰۱۰) |
| سایر ماشین های کشاورزی | h | 62/5 | (مبتکر و همکاران، ۲۰۱۰) |
| سموم شیمیایی | | | |
| قارچ کش | Kg | 92 | (اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴ b) |
| علف کش | Kg | 102 | (اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴ b) |
| کود شیمیایی | | | |
| کودازت(اوره) | Kg | 50/14 | (مبتکر و همکاران، ۲۰۱۳) |
| فسفر | Kg | 9/44 | (مبتکر و همکاران، ۲۰۱۳) |
| پتاسیم | Kg | 11/15 | (رمدانی و همکاران، ۲۰۱۱) |
| کود حیوانی | Kg | 0/3 | (محمد شیرازی و همکاران، ۲۰۱۵) |
| الکتریسته | Kwh | 10/91 | (مبتکر و همکاران، ۲۰۱۰) |
| بذر | Kg | 15 | (ملانی و همکاران، ۱۳۷۸) |
| ستانده ها | | | |
| دانه | Kg | 14/7 | Ghorbani et al , 2001 |
| کاه و کلش | kg | 12/7 | (محمدی و همکاران ، ۲۰۱۴) |

روش های محاسبه انرژی مصرفی هر کدام از عوامل تولید بصورت زیر بود:

برای بر آورد مقدار انرژی مصرف شده توسط ماشین در مزرعه با واحد مگاژول بر هکتار( MJ/ha ) باید انرژی معادل هر واحد ماشین ( MJ/ha ) را در جرم ماشین (kg) و نیز ساعات استفاده از ماشین (hr/kg) ضرب کرده و در نهایت بر عمر مفید ماشین (hr) تقسیم نمود.

$$EM = ( E. M. T )/ N \qquad (۶)$$

که در آن:

EM: انرژی ناشی از بکار گیری ماشین با واحد مگاژول بر هکتار(MJ/kg)

E: انرژی هر واحد ماشین با واحد مگاژول بر کیلوگرم (MJ/kg)

T: ساعات استفاده از ماشین با واحد ساعت بر هکتار (hr/ha)

M: جرم ماشین بر حسب کیلو گرم (kg)

N: عمر مفید ماشین بر حسب ساعت (hr)

میانگین سوخت مصرفی موتور دیزل (تراکتور یا کمباین) در ساعت با استفاده از رابطه ذیل محاسبه می شود.

میانگین سوخت مصرفی دیزل (لیتر برساعت) = ۰/۲۲۳ × $P_{pto}$ (۷)

که در آن:

$P_{pto}$: توان پی تو او معادل استفاده شده در عملیات با واحد کیلووات (kw)

بنابراین ساعات کار کرد ماشین بر هکتار، ضرب در عدد حاصل شده از رابطه مذکور، سوخت مصرف شده با واحد لیتر بر هکتار بدست می آید که با ضرب در انرژی معادل سوخت، انرژی مصرف ده با واحد مگاژول بر هکتار بدست می آید.

با مشخص بودن نوع و مقدار کود، سم و بذر مصرف شده بر هکتار با واحد کیلوگرم بر هکتار (kg/ha) و ضرب مقدار ماده موثر در انرژی معادل آن با واحد (MJ/ha)، مقدار مصرف انرژی در این قسمت با واحد مگاژول بر هکتار (MJ/ha) بدست می آید. همچنین انرژی نیروی انسانی از ضرب تعداد کارگر، ساعات کاری و معادل انرژی نیروی انسانی بر حسب (MJ/ha) به دست آمد.

برای تأمین آب مورد نیاز گیاه انرژی بصورت مستقیم و غیر مستقیم مصرف می شود. انرژی مستقیم شامل انرژی ای است که برای پمپاژ آب مصرف می شود. توان لازم برای پمپاژ آب از رابطه ذیل محاسبه می شود.

$$P = yQ.h/ 1000. E_m.e_p \quad (۸)$$

که در آن:

P : توان بکار رفته بر حسب (kw)

Y : وزن مخصوص آب بر حسب متر مکعب بر ثانیه (N/m3)

Q : دبی پمپ بر حسب متر مکعب بر ثانیه ($m^3/s$)

h: بار کل دینامیکی بر حسب متر (m)

$e_m$ : راندمان موتور (اعشاری)

$e_p$: راندمان پمپ (اعشاری)

با ضرب تعداد کل ساعات آبیاری بر هکتار در کیلووات محاسبه شده ، انرژی مصرفی پمپاژ با واحد کیلووات بر هکتار (kw/ha) بدست می آید، که باضرب در عدد ۳/۶ به مگاژول در هکتار (MJ/ha) تبدیل می گردد. انرژی غیر مستقیم مصرف شده برای تأمین آب مورد نیاز گیاه با نام انرژی آبیاری شناخته می شود و شامل انرژی ساخت سدها، تولید مواد خام، ساخت و انتقال کلیه عواملی است که در آبیاری دخالت دارند و چون تعیین این مقادیر مشکل است، ۲۰٪ از انرژی مستقیم را به عنوان انرژی غیر مستقیم در نظر می گیرند.

انتخاب بین ورودی محور و خروجی محور به مشخصه های متمایز واحدهای DMU تحت مطالعه بستگی دارد. در این مطالعه روش ورودی محور بیش تر مناسب به نظر می رسد چون فقط یک خروجی (عملکرد محصول) موجود می باشد، در حالی که چندین ورودی برای تولید محصول کشاورزی استفاده می شود (۳۰).

کارایی فنی یک شاخص برای تعیین کارایی واحدها بر اساس مدل CCR می باشد. مقادیر کارایی فنی می تواند بین صفر و یک باشد که مقادیر یک به معنای این است که واحد DMU از نظر عملکرد بهترین می باشند و هیچ پتانسیلی برای کاهش سطوح ورودی ندارد ولی مقادیر کم تر از یک نشان می دهد که DMU مقادیر ورودی را به صورت ناکارا استفاده می کند. کارایی فنی به صورت رابطه زیر تعریف می شود (۲۵):

$$\text{Efficiency} = \frac{u_1 y_1^{j^*} + u_2 y_2^{j^*} + \cdots + u_N y_N^{j^*}}{v_1 x_1^{j^*} + v_2 x_2^{j^*} + \cdots + v_M x_M^{j^*}} \qquad (۹)$$

که در رابطه (۹) $u_1$، $u_2$ و... وزن های داده شده به خروجی n ‏(n=1,2…N) و $y_1^{j^*}, y_2^{j^*}, \ldots, y_N^{j^*}$ مقدار خروجی n ‏(n=1,2,…N) از $j^*$امین DMU، $v_1, v_2, \ldots$ وزن های داده شده به ورودی m ‏(m=1,2,…M) و $x_1^{j^*}, x_2^{j^*}, \ldots, x_M^{j^*}$ مقدار ورودی (m=1,2,..M) m برای $j^*$امین DMU می باشد.

رابطه (۹) یک رابطه ریاضی میباشد. چارنز و همکاران این رابطه را یک برنامه ریزی خطی همانند رابطه (۱۰) تبدیل کردند. این رابطه ریزی خطی بهینه کردن شرایط بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهد. در حالتی که $\sum_{m=1}^{M} v_m x_m^{j^*}$ برابر یک است، به آن مدل ورودی محور می گویند(۲۱).

(۱۰)

$$\text{Max} \ \ \theta = \sum_{n=1^{u}\,n^{y}\,{}^{j}{}_{n}}^{N}$$

Subjected to

$$\sum_{n\,=\,1^{u}\,n^{y}\,{}^{j}n}^{N} - \sum_{m\,=\,1^{v}\,m^{x}\,{}^{j}m}^{M} \le 0$$

$$\sum_{m=\,1^{v}\,m^{x}\,{}^{j}m}^{M} = 1 \text{ for all } j = 1, 2, \ldots J$$

$u_n \geq 0, v_m \geq 0 \ for \ all \ \ n = 1, \ldots, N$

and m = 1, … , M

که در رابطه (۱۰)، θ کارایی فنی می باشد. N کل تعداد خروجی ها و M تعداد کل ورودی ها است. $u_n$ ضریب ورودی n ام و $v_m$ ضریب خروجی m ام است. u و v متغیر های مسئله و محدودیت آن ها بزرگ تر از صفر بودن است. کارایی فنی خالص یک مدل دیگر از DEA می باشد. این مدل همان BCC می باشد که می تواند به صورت برنامه ریزی خطی دو گانه زیر فرمول (۱۱) تعریف شود *(۳۲)*.

(۱۱)

Max $Z = uy_i - u_i$

Subjected to $Vx_i = 1$

$- vX + uY - u_0 \ \ e < 0$

$v_0$, $u_0$ and $u_0$ free in sign

که $z$ و $u_0$ متغیر های عددی و از لحاظ علامت آزاد، $u$ و $v$ به ترتیب ماتریس های وزنی خروجی و ورودی، $Y$ و $X$ به ترتیب ماتریس هاس خروجی و ورودی و $x_i$ و $y_i$ مربوط به ورودی و خروجی DMU $i$ام می باشد.

کارایی مقیاس نسبت کارایی در مدل CCR به کارایی در مدل BCC است (۳۲).

(۱۲)

$$\text{کارایی مقیاس} = \frac{\text{کارایی فنی}}{\text{کارای خالص}}$$

به منظور برآورد کارایی واحدها و تمایز بین کشاورزان کارا و ناکارا از نرم افزار SPSS13 استفاده شده و نمودار به وسیله نرم افزار EXCEL ترسیم گردید.

## نتایج و بحث

مقدار مصرف انرژی در تولید گندم آبی در جدول(۲) آورده شده است.

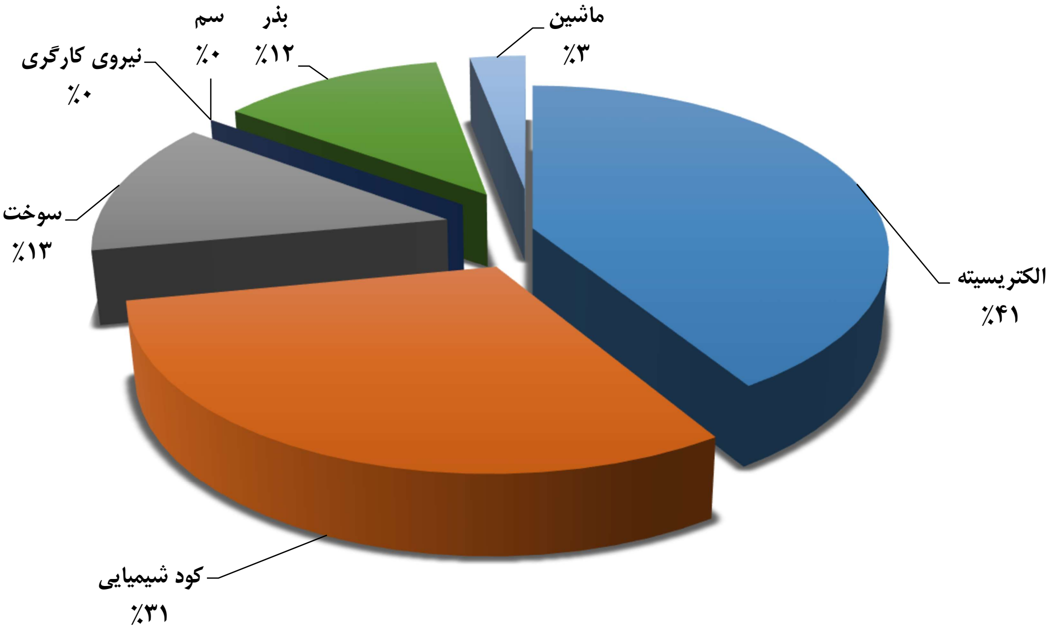
**جدول ۲- جریان ورودی و خروجی انرژی برای یک هکتار از محصول گندم آبی بر حسب مگاژول در هکتار**

| نوع انرژی | محتوای انرژی | واحد | گندم آبی | |
|---|---|---|---|---|
| | | | مقدار | انرژی کل (مگاژول برهکتار) |
| نیروی کارگری | ۱/۹۶ | h | ۴۲ | ۸۲/۳۲ |
| سوخت | ۵۶/۳ | lit | ۹۹ | ۵۵۷۳/۳۷ |
| اوره | ۵۰/۱۴ | kg | ۱۵۲ | ۹۸۳۵/۴۵ |
| فسفر | ۹/۱۴ | kg | ۷۵ | ۷۳۹/۲۵ |
| پتاسیم | ۱۰/۱۵ | kg | ۱۵/۵ | ۹۵/۸۶ |
| بذر گندم | ۱۲/۵ | kg | ۲۵۰ | ۴۰۵۹ |
| علف کش | ۲۳۸ | lit | ۱ | ۵۴/۷۴ |
| ماشین ها | ۶۲/۵ | h | ۱۸ | ۱۱۲۵ |
| الکتریسیته | ۱۰/۸۵ | kwh | ۱۰۵۰ | ۱۴۱۷۹/۲ |
| جمع (ورودی) | – | – | – | ۳۵۷۴۴/۱۹ |
| گندم (خروجی) | ۹/۵ | kg | ۴۰۵۰ | ۵۵۲۰۰ |

جدول (۲) میزان نهاده‌های مصرفی که بطور متوسط در یک هکتار مزرعه گندم آبی در طول دوره رشد مصرف شده، مقدار متوسط عملکرد و مقدار انرژی آنها را نشان می دهد. متوسط تولید این محصول ۴۰۵۰ کیلو گرم در هکتار می باشد. در بین نهاده‌ها، الکتریسیته بیشترین درصد مصرف انرژی را دارا می باشد (۴۱/–۰ ۳۴٪). و در بیشترین موارد برای استحصال آب از نیروی الکتریسیته استفاده می شود. با توجه به خشک بودن منطقه توصیه می‌گردد تا از روش های فعلی آبیاری گردد و یا از ارقامی که نیاز آبی کمتری دارند استفاده گردد. بعد از آن کود شیمیایی (۳۱/۲۶٪) مهمترین عامل انرژی بر در تولید گندم آبی بود. این نکته بیانگر این واقغیت است که کشاورزان منطقه برای بالا بردن عملکرد خود اقدام به مصرف زیاد کود شیمیایی خصوصاً اوره در مقایسه با مناطق مورد مطالعه سایر محققین می نمایند (۳و۵)، این امر علاوه بر زبان های اقتصادی اثرات زیست محیطی را نیز به دنبال دارد. پس از کود شیمیایی، سوخت دیزل (۱۳/۱۱٪) رتبه سوم را به خود اختصاص داده بود. سوخت دیزل به طور عمده برای آماده کردن زمین به کار برده می شود. با توجه به اینکه بیشتر عملیات کاشت، داشت و برداشت این محصول ماشینی می باشد، انرژی حاصل از مصرف نیروی کارگری بسیار پایین بود (۰/۱۹٪). مواد شیمیایی استفاده در کشت

این محصول علف کش می باشد که مقدار انرژی مصرف شده از این بابت ۵۴/۴۸ مگاژول بر هکتار معادل (۰/۱۲٪) از کل انرژی نهاده می باشد.

با توجه به نتایجی که در جدول (۲) مشاهده می شود، کل انرژی ورودی مصرفی ۳۵۷۴۴/۱۹ (مگاژول بر هکتار) و میانگین عملکرد گندم آبی ۴۰۵۰ کیلوگرم می باشد. بیشترین مصرف انرژی مربوط به الکتریسیته، کود شیمیایی و سوخت می باشد که سهم هر کدام به ترتیب ۳۴,۴۱ ٪، ۲۶,۳۱ ٪ و ۱۱,۱۳ ٪ از کل انرژی ورودی تولید گندم را به خود اختصاص داده اند (شکل ۱).



**شکل ۱- سهم نهاده های مختلف در میزان انرژی مصرف شده در تولید گندم**

در تحقیقی که ملائی و همکاران (۱۳۸۷) بر روی نسبت انرژی گندم آبی در شهرستان هویزه انجام دادند نیز کود شیمیایی و سوخت بیش ترین مصرف انرژی را در بین نهاده ها دارا بودند. همچنین آنان میانگین کل انرژی مصرفی در شهرستان هویزه را ۲۶۰۳۲ (مگاژول بر هکتار) بر آورده کردند. دلیل افزایش انرژی ورودی شهرستان اهواز نسبت به شهرستان هویزه، ناشی از مصرف زیاد نیروی الکتریسیته بود. از طرفی جهان بخش و همکاران (۱۳۸۹) مقدار کل انرژی ورودی برای کشت گندم آبی در شهرستان رامهرمز را ۴۲۴۸۱/۵۶ (مگاژول بر هکتار) بر آورد نمودند که نسبت به شهرستان اهواز رقم بالایی است که این موضوع اختلاف بالا در مصرف نهاده ها در مناطق مختلف را نشان می‌دهد. ( ملائی و همکاران، ۱۳۸۷). شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص در جدول (۳) بیان شده است.

شاخص های انرژی را در تولید محصول گندم آبی در منطقه مورد مطالعه نسبت انرژی برای گندم آبی برابر ۲/۷۶ برآورد شد. متوسط بهره‌وری انرژی گندم آبی ۱۳ kg/MJ ٪ به دست آمد یعنی به ازای ۰/۱۳ kg تولید گندم آبی ۱ MJ انرژی مصرف می شود. شدت انرژی ۷/۶۵ MJ/kg ارزیابی گردید یعنی به ازای ۱ kg تولید گندم آبی ۷/۶۵ MJ انرژی مصرف می شود.افزوده خالص انرژی ۲۴۱۷۹/۰۲ $MJ/ha^{-1}$ به دست آمد. در پژوهشی که جهانبخش و همکاران(۱۳۹۵) در منطقه رامهرمز انجام دادند شاخص نسبت انرژی را ۱/۵۶،متوسط بهره‌وری انرژی را ۱۴ kg/mg ٪ و همچنین شدت انرژی را ۷/۸۴ mg/kg به دست آوردند. مقایسه تحقیق انجام شده نشان می دهد که میزان کل انرژی ورودی در منطقه رامهرمز بیشتر از شهرستان اهواز بود که این امر سبب پایین آمدن نسبت انرژی در منطقه رامهرمز گردیده بود.

**جدول ۳-شاخص های انرژی در تولید گندم**

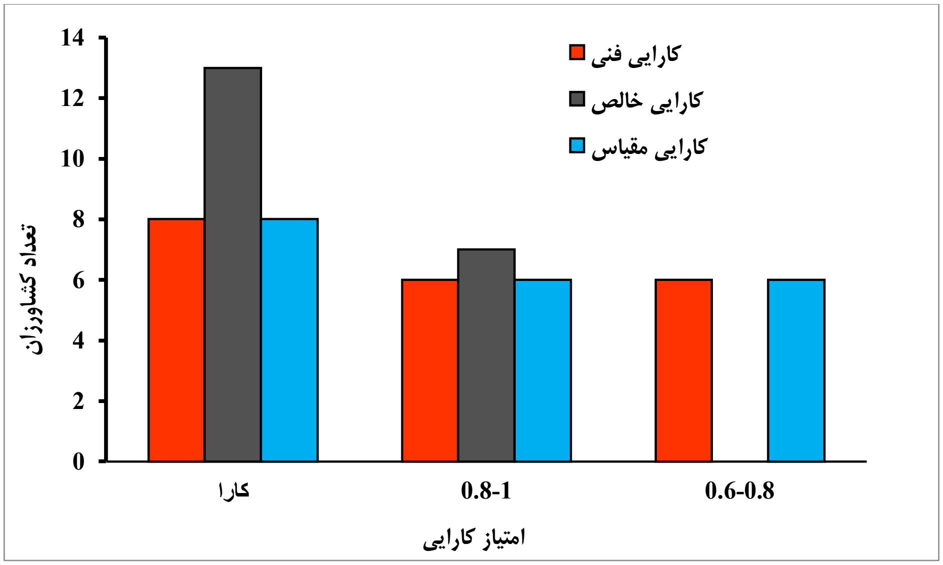
| نوع شاخص | واحد | مقدار شاخص |
|---|---|---|
| نسبت انرژی | - | ۲/۷۶ |
| بهره وری انرژی | $Kg/MJ^{-1}$ | ٪۱۲ |
| شدت انرژی | $MJ/kg^{-1}$ | ۸/۳۲ |
| انرژی خالص | $MJ/ha^{-1}$ | ۲۴۱۷۹/۰۲ |

**جدول ٤- اشکال مختلف انرژی تولید گندم شهرستان اهواز**

| اشکال انرژی | مقدار | واحد | درصد |
|---|---|---|---|
| انرژی مستقیم | ۶۷۲۵/۹۶ | $MJ/ha^{-1}$ | ٪۶۷/۸۶ |
| انرژی غیر مستقیم | ۴۳۷۶/۹۳ | $MJ/ha^{-1}$ | ٪۳۲/۱۴ |

سهم انرژی مستقیم و غیر مستقیم از کل انرژی مصرفی برای تولید یک هکتار گندم آبی در شهرستان چرداول به ترتیب ۶۷/۸۶ ٪ و ۳۲/۱۴٪ برآورده شد. جهانبخش و همکاران مقدار انرژی مستقیم و غیر مستقیم در رامهرمز را به ترتیب ۵۱/۳۲ ٪ و ۴۸/۶۸ ٪ به دست آوردند. در شهرستان اهواز به دلیل سهم بالای الکتریسته در کل انرژی ورودی، مقدار انرژی های مستقیم نسبت به شهرستان رامهرمز بیشتر شده است. سهم انرژی الکتریسته از کل انرژی ورودی برای شهرستان اهواز ۴۱ ٪ و برای شهرستان رامهرمز ۳۶ ٪ بود که این امر نشان دهنده استفاده بیشتر از پمپ های آب در عملیات ابیاری شهرستان اهواز می باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده سهم انرژی های مستقیم در تولید برخی محصولات کشاورزی بیش تر از انرژی غیر مستقیم بود (۱۵).

نتایج مدل های BCC و CCR در شکل (۲) نشان داده شده است.



**شکل ۲- نمودار فراوانی کشاورزان تولید گندم آبی از لحاظ کارایی**

از مجموع ۲۰ واحد بررسی شده جهت ارزیابی تحلیل پوششی داده ها در شهرستان اهواز، بر اساس مدل CCR، ۸ کشاورز دارای فنی ۱ بوده و این در حالی است که براساس مدل BCC ۱۳ کشاورز دارایی فنی خالص ۱ شناخته شدند. همچنین مقدار کارایی مقیاس برای ۸ عدد از واحدها برابر ۱ به دست آمد. دلیل تساوی تعداد واحدهای کارا در کارایی فنی و کارایی مقیاس آن است که ۸ واحدی که بر اساس مدل CCR کارا معرفی شده اند قطعاً در مدل BCC نیز کارا هستند. اختلاف بین تعداد واحدهای با کارایی فنی و کارایی فنی خالص به دلیل نامناسب بودن مقیاس تولید برای واحدها بوده است. همچنین از کشاورزان ناکارا به ترتیب ۶ و ۷ کشاورز دارای کارایی فنی و کارایی فنی خالص در محدوده ۰/۸-۱ بودند. مقادیر میانگین کارایی های مختلف برای کشاورزان در جدول (۵) ارائه شده است. همچنین مقادیر انحراف معیار کارایی در بین کشاورزان ارائه گردیده است.

**جدول ۵- مقادیر میانگین کارایی مختلف کشاورزان در تولید گندم**

| عنوان | حداقل | میانگین | حداکثر | انحراف معیار |
|---|---|---|---|---|
| کارایی فنی | ۶۵٪ | ۸۸٪ | ۱ | ۱۳٪ |
| کارایی فنی خالص | ۸۶٪ | ۹۷٪ | ۱ | ۰۵٪ |
| کارایی مقیاس | ۶۶٪ | ۹۱٪ | ۱ | ۱۱٪ |

همانطور که مشاهده می شود مقادیر کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای کشاورزان به ترتیب برابر ۸۸ ٪، ۹۷ ٪ و ۹۱ ٪ به دست آمد. نتایج گویای آن است که کارایی فنی دارای بیشترین انحراف و بازه تغییر بوده که سطح تحصیلات پایین و عدم آگاهی کشاورزان از روش های صحیح تولید از دلایل اصلی آن می باشد.

قاسم خاکی (۱۳۹۴) در مطالعه ارزیابی کارایی انرژی در مزارع گندم اردبیل با تحلیل پوششی داده ها نیز کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای مزارع را به ترتیب ۸۷/۵ ٪، ۹۵/۲ ٪ و ۹۱/۹۵ ٪ بر آورد نمود که با نتایج حاصل از این پژوهش مشابه بوده و از نظر کارایی تقریباً در وضعیت یکسانی قرار دارند.

محمدی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیق به بررسی کارایی انرژی تولید کنند گان کیوی به روش تحلیل پوششی داده ها پرداختند که کارایی فنی، فنی خالص و مقیاس را به ترتیب ۹۴ ٪، ۹۹ ٪ و ۹۴ ٪ بر آورد کردند.

مقدار بهینه سازی انرژی و میزان صرفه جویی هر کدام از نهاده به منظور تولید گندم آبی در شهرستان کارون در جدول (۶) نشان داده شده است. این مقادیر بر حسب مدل بازگشت به مقیاس متغیر محاسبه شده اند.

**جدول ٦- مقادیر نهاده های بهینه برای تولید گندم بر اساس مدل BCC**

| نهاد | مقدار بهینه $(MJ/ha^{-1})$ | انرژی ذخیره $(MJ/ha^{-1})$ | انرژی ذخیره (٪) |
|---|---|---|---|
| کارگر | ۴۰/۳۵ | ۲/۰۳ | ۴/۷۹ |
| ماشین | ۱۴۷/۵۸ | ۴۲/۰۴ | ۲۲/۱۷ |
| الکتریسیته | ۵۲۴۳/۲۴ | ۷۲۶/۵۴ | ۱۴/۹۱ |
| سوخت | ۴۲۷۱/۲۶ | ۶۵۳/۵۸ | ۱۳/۶۴ |
| کود اوره | ۱۶۴۱/۲۳ | ۴۹۸/۷۹ | ۲۴/۸۱ |
| پتاسیم | ۱۶۳/۰۹ | ۲۴/۵۳ | ۱۳/۶۱ |
| سموم شیمیایی | ۱۱۶/۹۱ | ۱/۰۸ | ۹۲٪ |
| بذر | ۲۴۰۵ | ۶۴۵/۷۹ | ۲۳/۳۸ |
| کل | ۱۴۰۲۸/۶۶ | ۲۵۹۴/۳۸ | ۱۹/۹۸ |

نتایج نشان می دهد که ۱۹/۹۸ ٪ از کل انرژی ورودی می تواند بدون تغییر در تولید گندم آبی ذخیره شود. یعنی با استفاده بهینه از نهاده‌های مصرفی و جلوگیری از مصرف اضافی به مقداری که در جدول (۶) آماده است می تواند ۱۹/۹۸ ٪ در انرژی مصرفی یا ورودی صرفه جویی نمود. بدهی است با این مقدار صرفه جویی که در واقع ناشی از مصرف بهینه نهاده ها خواهد بود، شاخص های انرژی بهبود خواهند یافت. علاوه بر این اثرات سوء کاربرد پیش از اندازه نهاده های شیمیایی بر سلامت محصولات کشاورزی کاسته خواهد شد و از طرفی نیز انتشار آلایندگی های ناشی از مصرف نهاده ها که اثرات زیست محیطی نامطلوب بر جای می گزارند کمتر خواهد شد. در این تحقیق، مصرف انرژی مربوط به کل نهاده ها در حالت بهینه برابر ۱۴۰۲۸/۶۶$MJ/ha^{-1}$ به دست آماده که کود اوره، بذر و ماشین به ترتیب با ۲۴/۸۱ ٪، ۲۳/۳۸ ٪ و ۲۲/۱۷ ٪ بالاترین سهم ذخیره انرژی نسبت به شرایط عادی را به خود اختصاص داده‌اند. عجب شیرچی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای کارایی مصرفی انرژی در کشت گندم آبی توسط رویکرد تحلیل پوشش داده ها بررسی کرده اند. آن ها برای سطوح ۰/۱ تا ۲ هکتاری، کل انرژی را که از طریق بهینه سازی می‌توان ذخیره نمود را ۰/۲ ۲ ٪ درصد به دست آوردند. همچنین گزارش دادند که بیشترین سهم از کل انرژی قابل ذخیره، مربوط به نهاده‌های کود، و بذر و سموم شیمیایی و سپس سوخت است که با نتایج حاصل از پژوهش همخوانی داشت.
بهبود کارایی و بهره‌وری یکی از اهداف اساسی واحدهای تولیدی کشاورزی است. دستیابی به این مهم از طریق تخصیص بهینه عوامل تولید در این بخش امکان پذیر است. در این مطالعه از طریق روش تحلیل پوشش داده ها، کارایی مزارع گندم شهرستان اهواز اندازه گیری شد. در تحلیل پوشش داده ها مقادیر کم کارایی نشان از مصرف بی رویه ی نهاده های کشاورزی است. بنابراین می تواند از طریق مقایسه کارایی واحدهای تولیدی ناکارا با واحدهای کارا و کاهش یا افزایش میزان نهاده های واحد ناکارا، کارایی از افزایش داد. با توجه به پژوهش، موارد زیر نتیجه گیری شد.

## نتیجه گیری

بهبود کارایی و بهره‌وری یکی از هدف‌های اساسی واحدهای تولیدی کشاورزی است. دستیابی به این مهم، با تخصیص بهینه‌های عامل تولید در این بخش امکان پذیر است. نتایج ارزیابی میزان مصرف انرژی در تولید گندم آبی استان اهواز نتایج گویای آن است که کارایی فنی دارای بیشترین انحراف و بازه تغییر بوده که سطح تحصیلات پایین و عدم آگاهی کشاورزان از روش‌های صحیح تولید از دلایل اصلی آن می باشد. در بین نهاده‌های مصرفی، نهاده الکتیریسیته به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید به‌دست آمد، که دلیل بالا بودن مصرف این نهاده به‌دلیل افزایش برداشت و استحصال آب و هم‌چنین با توجه به خشک بودن منطقه توصیه می‌گردد تا از روش های فعلی آبیاری گردد و یا از ارقامی که نیاز آبی کمتری دارند استفاده گردد. پس از سوخت دومین نهاده پرمصرف کود شیمیایی ازته بود که دومین سهم انرژی مصارفی را در تولید گندم آبی داشت انجام نشدن نمونه‌برداری از خاک و برگ برای تعیین مقدار مصرف بهینه‌ی کود شیمیایی و استفاده بی‌رویه از آن باعث افزایش سهم این نهاده در انرژی کل شده است. شاخص بهره‌وری گندم آبی ۱۴ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد و هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی می‌باشد.

## پیشنهادها

۱-تسطیح مناسب زمین های کشاورزی ترویج سیستم های نوین آبیاری در کاهش مصرف آبی منطقه موثر می باشد.
۲- بهبود فناوری ساخت کود های شیمیایی در کارخانه، کاهش یارانه به کود شیمیایی و در عوض تخصیص یارانه به استفاده از کود دامی موثر ترین عامل کاهش مصرف انرژی در بخش کود شیمیایی می باشد.
۳- تغییر در سیستم خاک ورزی سنتی به خاک ورزی حفاظتی، عامل موثر در کاهش انرژی ناشی از سوخت مصرفی در منطقه می باشد.

## منابع

۱) الماسی، مرتضی؛ شهرام کیا نی و نعیم لویمی . ۴۸۳۱. مبا نی مکانیزاسیون کشاورزی. چاپ سوم، تهران: انتشارات حضرت معصومه

۲) تبار، ابهشتی . ع. کیهانی . ۱۳۸۶ .آنالیز انرژی نهاده و ستانده یک مزرعه نمونه گندم آبی در شهرستان خاتم استان یزد. چکیده مقالات سومین کنفرانس دانشجویی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون صفحه . ۱۰۲-۱۰۸

۳) تقی‌نژاد، ج.، واحدی، ع، رنجبر، ف. ۱۳۹۹. تحلیل و ارزیابی اقتصادی الگوی مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم آبی استان اردبیل، فصلنامه علوم محیطی، ۱۷ (۲): ۱۳۸-۱۵۰.

۴) آذر، ممشهوری .، و. مهاجر دوست و ا. اکرم . ۱۳۸۷ .آنالیز انرژی مصرفی و هزینه های تولید محصولات زراعی شهرستان مراغه. مجموعه مقالات کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون ایران صفحه .۲۸۷-۲۹۴

۵) عبدشاهی، ع.، تاکی، م، گلابی، م، حداد، م، ۱۳۹۲. بررسی کارایی انرژی محصول گندم به روش تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی دشت مهیار شهرستان شهررضا)، اقتصاد کشاورزی، ۷ (۴): ۵۷-۷۴.

۶) فتحی، ر.، امجدپور، ف، کوچک‌زاده، الف، عزیزپناه، ۱۳۹۷. الگو و کارایی مصرف انرژی تولید گندم دیم به کمک رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، مطالعه موردی: شهرستان چرداول، استان ایلام، نشریه زراعت دیم ایران، ۷ (۱): ۳۳-۱۰۶.

۷) منصورفر، ك ۱۳۷۶ ، .روشهای آماری، انتشارات دانشگاه تهران . رادیاپ یزرواشک هب ییایتسد یاهدربهار یلم شیامه نیلوا د ۱۳۹۰ دادرخ - ناتسزوخ ناتسا رون مایپ هاگشناد

۸) میسمی، م.، ی. عجب شیرچی و رنجبر، ا . ۱۳۸۷ .الگوی مصرف انرژی در تولید برخی محصولات کشاورزی و برآورد شاخصهای انرژی: مطالعه موردی در شهرستان بناب. . مجموعه مقالات کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون ایران صفحه ۲۹۹-۳۰۵.

۹) مرتضوی‌نیا، ت، رستگاری‌پور، ف، ۱۳۹۹. الگوی مصرف انرژی و بررسی کارایی آن در باغات انار مطالعه موردی: روستای دوغ‌آباد، شهرستان مه‌ولات، ۷ (۲): ۱۸۵-۱۹۸.

۱۰) کمیل ملائی، علیرضا کیهانی، محمود کریمی، کامران خیرعلی پور و مهد ی قاسمی ورنامخواستی .۱۳۸۷ .نسبت انرژی گندم آبی-مطالعه موردی: شهرستان هویزه. مجله مهندسی بیوسیستم ایران

۱۱) ملائی، ك. کیهانی، ع. کریمی، م. خیرعلیپور، ك. و قاسمی ورنامخواستی، م. ۷۸۳۱. نسبت انرژی گندم آبی. مطالعه موردی: شهرستان هویزه. مجله مهندسی بیوسیستم ایران.

۱۲) جهانبخشی، احمد؛ فرهاد امجدپور و کبری حیدربیگی. ۵۹۳۱. بررسی شاخصهای مصرف انرژی در تولیدگندم آبی در شهرستان رامهرمز، دهمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (بیوسیستم ) و مکانیزاسیون ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد .

۱۳) خاکی، قاسم. ۴۹۳۱. آنالیز کارایی انرژی در مزارع گندم شهرستان اردبیل، با تکنیک تحلیل پوششی داده ها ، پایاننامه کارشناسی ارشد در رشته مکانیزاسیون کشاورزی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام-ایران.

14) Alam, M. S. Alam, M. R. and Islam, K. K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Sciences, 1 (3): 213- 220.Uzunoz, M., Y. Akcay and K. Esengun. 2008. Energy input-output analysis of sunflower seed oil in Turkey. Energy Sources, 3: 215-223.

15) Balli, E. H. 2005. Energy balance of wheat production in Morocco. Conference on International Agricultural Research for Development Stuttgart Hohenheim.October 11-13.

16) Bockari – Gevao , S. M. , W. I. Wan ishak, Y. Azmi, and C.W. Chan. 2005. Analysis of energy consumption in lowland Rice- based cropping system of Malaysia. Songklannakarin Journal of Science and Technology, 7(4) : 819-826.

17) Chaudhary, V.P., Gangwar and D.K. Pandey. 2006. Auditing of energy use and output of different regions of Thailand.CIGR Electronic journal, Vol. VIII:13pp.

18) Grisso, R.D., M.F. Kocher and D.H. Vaughan.2004. predicting tractor fuel consumption. Applied Engineering in agriculture, 20(5): 553-561.
19) Kitani,O. 1998. CIGR, Handbook of agricultural engineering volume 5, Energy & Biomass Engineering. ASAE publication.
20) Sayin, C., M. N. Mecenet and B. Ozkan 2005. Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: Current Status and some implications. Energy policy. 2373-2361.
21) Singh, J. M. 2002. Onfarm energy use patterm in different cropping systems in Haryana, India. Master of science thesis. Management university of Fllensburg, Germany.
22) Ajabshirchi Ouscuiee Y, Taki M, Abdi R, Ghobadifar A, Ranjbar A. 2011. Evaluation of Energy efficiency in dryland Wheat By DEA technique (Case Study: Silakhor Plain). Journal of Agricultural Machinery.2 (1), 122-132.
23) Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of Decision Making units. European Journal of Operational Research. (2) 429-444.
24) Liu J S, Lu L Y, Lu W M, Lin B J. 2013. Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. Omega, 41(1), 3-15.
25) Mousavi Avval S H, Rafiee SH, Jafari A, Mohammadi A. 2011. Optimization of energy Consumption for Soybean Production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Applied Energy. 88(11) 3765-3772.
26) Nabavi Pelesaraei A, Abdi R, Rafiee SH, Mobtaker HG. 2014. Optimization of energy required and Greenhouse Gas Emissions analysis for Orange Producers using data envelopment analysis approach. Journal of Cleaner Production. (65) 311-317.
27) Ghorbani R, Mondani F, Amirmoradi S, Feizi H, Khorramdel S, Teimouri M, Aghel H. 2011. A case Study of energy use and Economical analysis of Irrigated and dryland Wheat Production Systems. Applied Energy, 88(1), 283-288.
28) Soltani G R. 1387. Economic in Engineering, Shiraz University Press. (pp. 85-95).
29) Safa M, Tabatabaeefar A. 2002. Energy Consumption in Wheat Production in Irrigated and dry land Farming. In Proc. Intl. Agric. Engg. Conf., Wuxi, China. 28-30.
30) Moghimi, M. R., Alasti, B. M., & Drafshi, M. A. H. 2013. Energy input-output and study on energy use efficiency for wheat production using DEA.
31) Moghimi M R, Alasti B M, Drafshi M A H.2013. Energy input-output and Study on energy use efficiency for Wheat Production using DEA.
32) Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi S S, Mousavi Avval S H M, Rafiee S H. 2011. Energy efficiency Improvement and input Cost Saving in Kiwifruit Production using Data Envelopment Analysis approach. Renewable Energy, 36(9), 2573-2579.
33) Rafiee, S., Avval, S. H. M., & Mohammadi, A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35(8), 3301–3306.
34) Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S., Jafari, A., & Mohammadi, A. 2011b. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy, 36, 2765–2772.
35) Ramedani Z, Rafiee S, Heidari M D. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy, 36(11), 6340–6344.
36) Sefeedpari P, Shokoohi Z, Behzadifar Y. 2014. Energy use and Carbon Dioxide emission analysis in sugarcane farms: a survey on Haft-Tappeh Sugarcane Agro-Industrial Company in Iran. Journal of Cleaner Production, 83, 212-219.