نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

الگو و کارایی مصرف انرژی تولید گندم دیم به کمک رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها،مطالعه موردی: شهرستان چرداول، استان ایلام

کامران خیرعلی پور[۱]، فرهاد امجدپور[۲]*، حمید جعفری ثمرین[۲]، حسن همتی[۳]

۱و۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

پست الکترونیک نویسنده مسئول:kamrankheiralipour@gmail.com

چکیده

در این تحقیق الگوی مصرف انرژی و کارایی آن برای تولید گندم در شهرستان چرداول، استان ایلام، توسط رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها بررسی گردید. نتایج نشان داد که انرژی سوخت، بذر و کود نیتروژن به ترتیب٤٧/٦، ٢٧/٧٦ و ١٩/٦٤ ٪ بیش‌ترین سهم را درمیان انرژی‌های ورودی به خود اختصاص دادند. میانگین کل انرژی ورودی برای تولید گندم دیم در منطقه$MJ\ ha^{-1}$ ١٠٢٣٢/١ به دست آمد. متوسط نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی به ترتیب ٢/٥٥،$kg\ MJ^{-1}$ ٠/١٨ و$MJ\ kg^{-1}$ ٥/٦٧ و$MJ\ ha^{-1}$١٥٨٨٦/٢٢محاسبه گردید. کارایی فنی، خالص و مقیاس به ترتیب برابر ٠/٨٨، ٠/٩٧ و ٠/٩١ به دست آمد. مقدار انرژی ورودی بهینه‌سازی شده توسط مدل بازگشت به مقیاس متغیر $MJ\ ha^{-1}$ ٨٤٠٢/٥٦ مشخص گردید. میزان انرژی قابل ذخیره در شرایط کنونی منطقه مورد مطالعه ١٧/٩٩ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تولید گندم، انرژی، کارایی، تحلیل پوشش داده‌ها.

مقدمه

کشاورزی در نیم قرن اخیر به علت وابستگی شدید به نهاده‌های متعدد، بیش از پیش یکی از بخش‌های پرمصرف انرژی می‌باشد (Sefeedpari et al., 2014). امروزه برای تولید محصولات کشاورزی نهاده‌هایی مانند، سوخت، الکتریسیته، ماشین‌ها، بذر، کود شیمیایی و سموم شیمیایی سهم قابل ملاحظه‌ای در تامین منابع انرژی دارند (Hamedani et al., 2014). این تنوع نهاده‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای در الگوی مصرف انرژی بخش کشاورزی ایجاد کرده و موجب وابستگی بیشتر به منابع انرژی سوخت‌های فسیلی شده است (Mousavi-Avval et al., 2011b). این امر می‌تواند اثراتی منفی بر محیط زیست و سلامت عمومی ایجاد کند و منجر به استفاده مازاد از منابع طبیعی شود. لذا این مساله اهمیت و ضرورت بررسی الگوی مصرف انرژی به منظور استفاده موثر از آن در بخش کشاورزی را آشکار می‌سازد (Rafiee et al., 2010).

محدودیت زمین‌های زراعی، افزایش جمعیت، تغییر در زیر ساخت‌ها و تمایل به استانداردهای بالای زندگی عواملی هستند که مصرف انرژی در بخش کشاورزی را افزایش داده‌اند. استفاده موثر از انرژی در کشاورزی یکی از مهم‌ترین نیازهای توسعه پایدار در کشاورزی می‌باشد (Mohammadi et al., 2011).

عرضه‌ی انرژی در کشاورزی می‌تواند به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر طبقه بندی می‌شود. ممیزی انرژی یکی از رایج‌ترین روش‌ها به منظور بررسی کارایی انرژی و اثرات زیست محیطی سامانه تولید می‌باشد (Hamedani et al., 2014). تجزیه و تحلیل انرژی نشان خواهد داد که چه مقدار انرژی به صورت موثر استفاده شده است. بنابراین کشاورزی و انرژی دارای یک ساختار مکمل هستند و بر یکدیگر اثر می‌گذارند (Moghimi et al., 2011).

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه الگوی مصرف انرژی و کارآیی مصرف انرژی انجام شده است. صفا و طباطبایی‌فر طی بررسی انرژی مصرفی در تولید گندم آبی و دیم در منطقه ساوه، نسبت انرژی را درگندم آبی۰/٦۸–۱/۱۷ و در گندم دیم ۰/۹۹ به دست آوردند. بیش‌ترین انرژی مصرفی در گندم آبی مربوط به آبیاری و در گندم دیم مربوط به کود شیمیایی گزارش شد (safa et al., 2002). ملائی و همکاران به بررسی انرژی گندم دیم در سه منطقه شهرستان اقلید استان فارس پرداختند. نسبت انرژی در مناطق خسروشیرین، سده و دژکرد به ترتیب ۱/۰٦۸، ۱/۱۹ و ۰/۹۱ به دست آمد که کود و سوخت بیشترین سهم انرژی مصرفی در هر سه منطقه را دارا بودند (ملائی و همکاران، ۱۳۸۷). قربانی و همکاران به تحلیل اقتصادی و انرژی مصرفی گندم دیم و آبی در خراسان شمالی پرداختند. نسبت انرژی برای گندم دیم ۳/۳۸ و برای گندم آبی ۱/٤٤ به دست آوردند (Ghorbani et al., 2011). در سال‌های اخیر تحلیل پوششی داده‌ها کاربردوسیعی در طرح‌های کشاورزی به دست آورده است. محمدی و همکاران در تحقیقی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها واحدهای کارا و ناکارا از لحاظ مصرف انرژی و میزان انرژی غیرمفید در تولید کیوی را مطالعه نمودند. ایشان مشخص نمودند که ٦۲/۷۹ ٪ واحدها با روش بازگشت به مقیاس متغیر و ۲۳/۲٦ ٪ واحدها با روش بازگشت به مقیاس ثابت کارا تشخیص داده شدند (Mohammadi et al., 2011). در طی دو دهه اخیر در ایران تولید محصولات مزرعه‌ای از ۳۸/۲٦ میلیون تن در سال ۱۹۸٦ به ۷۱/۲٦ میلیون تن در سال ۲۰۰٦ رسیده که بیش‌تر روی کشت محصولات دانه‌ای متمرکز شده است، مخصوصا گندم و جو که ٦۵ ٪ کل سطح زراعی را در کشور به خود اختصاص داده‌اند (Ghorbani et al., 2011).

هدف این مطالعه بررسی روند مصرف انرژی و تعیین کارایی فنی مزارع تولید گندم دیم شهرستان چرداول، استان ایلام، به روش تحلیل پوششی داده‌ها[1] (DEA) می‌باشد. با استفاده از این روش مقدار بهینه مصرف انرژی برای مزارع گندم دیم پیشنهاد شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شمال شرقی استان ایلام در موقعیت جغرافیایی ٤٦ درجه و ۳٦ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ٤٦ دقیقه عرض شمالی و با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. شهرستان چرداول از نظر اقلیمی با توجه به

[1]. Data Envelopment Analysis

شرایط توپوگرافیکی دارای اقلیم کوهپایه‌ای و معتدل می‌باشد. بارندگی متوسط سالیانه ۵۲۳ میلی‌متر،میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه۵ /۵ و ۲۸ درجه سلسیوس می‌باشد. داده‌های این تحقیق از طریق پرسش‌نامه در سال ۱۳۹۳ از بین ۲۰ کشاورز گندم دیم در منطقه مورد نظر جمع‌آوری گردید. برای تعیین اندازه نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد (Nabavi-Pelesaraei et al., 2014). داده‌های مورد استفاده در پرسش‌نامه حاوی اطلاعاتی درمورد نهاده‌های ورودی شامل ماشین‌ها، سم و کودهای شیمیایی، نیروی انسانی، سوخت، بذر و ستاده‌ها شامل دانه گندم بودند. هم‌ارز انرژی که بیان کننده میزان محتوای انرژی نهاده یا ستاده است، در جدول (۱) برای محاسبه انرژی ورودی و خروجی آورده شده‌اند. انرژی معادل هر نهاده / ستاده از ضرب میزان مصرف آن در ضریب هم‌ارز انرژی محاسبه شد.

به منظورمحاسبه انرژی ماشین‌های استفاده شده ازرابطه (۱) استفاده شد(Mousavi-Avval et al., 2011a) .

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

که در آن ME انرژی ماشین در واحد سطح ($MJ\ ha^{-}$)، G وزن ماشین (kg)، t زمان استفاده از ماشین (hr) و T عمر مفید ماشین (h) می‌باشد.

شاخص‌های انرژی در تولید گندم مورد مطالعه قرار گرفت. این شاخص‌ها نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی می باشد که با استفاده از روابط (۲) تا (۵) محاسبه گردیدند (Hamedani et al., 2014 و ملائی و همکاران، ۱۳۸۷).

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

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{محصول (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad (۳)$$

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{محصول (کیلوگرم بر هکتار)}} \quad (٤)$$

انرژی ورودی – انرژی خروجی = افزوده خالص انرژی (۵)

جدول ۱. ضرایب انرژی.

مشخصات	واحد	هم ارز انرژی (MJ/Unit)	منبع
الف) نهاده			
کارگر	Hr	۱/۹٦	Sefeedpari et al., 2014
ماشین	Hr	٦۲/۷	Hamedani et al., 2014
سوخت	L	٥٦/۳۱	Nabavi-Pelesaraei et al., 2014
کودهای شیمیایی			
نیتروژن (N)	Kg	٦٦/۱٤	Mohammadi et all., 2011
فسفر (P2O5)	Kg	۱۲/٤٤	Mohammadi et all., 2011
سموم شیمیایی	L	۸٥/٥	ملائی و همکاران، ۱۳۸۷
بذر گندم	Kg	۱٤/۷	ملائی و همکاران، ۱۳۸۷
ب) ستاده			
دانه گندم	Kg	۱٤/٤۷	Ghorbani et al., 2011

نسبت انرژی بیانگر نسبت بین کالری گرمایی محصولات خروجی و کل انرژی صرف شده در عوامل تولید است. این شاخص فاقد واحد می‌باشد. و مقدار انرژی به دست آمده به ازای هر واحد مصرف انرژی برای تولید را نشان می‌دهد. شدت انرژی نشان‌دهنده مصرف انرژی برای تولید یک واحد از محصول است. این شاخص بسته به نوع محصول کشاورزی، موقعیت وزمان متفاوت است و می‌تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی کارایی مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف تولید مورد نظر باشد. بهره‌وری انرژی ($kg\ MJ^{-1}$) عکس شدت انرژی می‌باشد و از تقسیم مقدار محصول تولید شده بر انرژی مصرف شده به دست می‌آید. در حقیقت، بیان کننده مقدار تولید محصول به ازای هر واحد انرژی مصرف شده است (الماسی و همکاران، ۱۳۸٤).

در تحقیق حاضر انرژی مستقیم شامل انرژی سوخت دیزل و کارگر و انرژی غیرمستقیم شامل بذر، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها و ماشین‌ها می‌باشد. انرژی تجدیدپذیر شامل انرژی بذر و انرژی کارگری و انرژی تجدیدناپذیر شامل انرژی سوخت دیزل، الکتریسیته، علف‌کش‌ها، کودهای شیمیایی وماشین‌ها است (Ghorbani et al., 2011).

یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در زمینه ارتقای بهره‌وری، تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد که به عنوان یک روش ناپارامتری به منظور محاسبه کارایی واحدهای تصمیم گیرنده استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، تحلیل پوششی داده‌ها روشی برای تخمین توابع تولید مبتنی بر یکسری بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی است. در این روش هر واحد یا سازمان تحت بررسی، واحد تصمیم گیرنده[2] (DMU) نامیده می‌شود. به طور کلی یک DMU، واحد یا سازمانی است که یک سری ورودی‌ها را به خروجی تبدیل می‌کند (Liu et al., 2013).

در این مطالعه از جامع‌ترین مدل‌های DEA که مدل CCR و مدل BCR می‌باشند برای محاسبه کارایی تولیدکنندگان از نقطه نظر مصرف انرژی استفاده شده است. مدل CCR بر پایه بازگشت به مقیاس ثابت[3] (CRS)و مدل BCC بر پایه بازگشت به مقیاس متغیر[4] (VRS) می‌باشد .هر کدام از این مدل‌هادارای دو جهت مطالعه (خروجی محور-وروی محور) می‌باشند. بدین معنی که یک DMU ناکارا می‌تواند بواسطه کاهش سطوح نهاده‌های ورودی در حالی که خروجی ثابت است (ورودی محور) به یک واحد کارا تبدیل شود، یا برعکس با ثابت نگه داشتن سطوح ورودی‌ها و افزایش مقادیر خروجی (خروجی محور) به یک واحد کارا تبدیل شود (Nabavi-Pelesaraei et al., 2014). انتخاب بین مطالعه ورودی محور و خروجی محور به مشخصه‌های متمایز واحدهای DMU تحت مطالعه بستگی دارد. در این مطالعه روش ورودی محور بیش‌تر مناسب به نظر می‌رسد چون فقط یک خروجی(عملکرد محصول) موجود می‌باشد، در حالی که چندین ورودی برای تولید محصول کشاورزی استفاده می‌شود (Moghimi et a., 2011) .

کارایی فنی یک شاخص برای تعیین کارایی واحدها بر اساس مدل CCR می‌باشد. مقادیرکارایی فنی می‌تواند بین صفر و یک باشد که مقادیر یک به معنای این است که واحد DMU از نظرعملکرد بهترین می‌باشد و هیچ پتانسیلی برای کاهش سطوح ورودی ندارد ولی مقادیر کم‌تر از یک نشان می‌دهد که DMU مقادیر ورودی را به صورت ناکاراستفاده می‌کند. کارایی فنی به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود (Mousavi-Avval et all, 2011b):

$$Efficiency=\frac{u_1 y_1^{j^*}+u_2 y_2^{j^*}+...+u_N y_N^{j^*}}{v_1 x_1^{j^*}+v_2 x_2^{j^*}+...+v_M x_M^{j^*}} \qquad (٦)$$

که دررابطه (٦) u_1، u_2 و... وزن‌های داده شده به خروجی n (n=1,2,…N)و$y_1^{j^*}, y_2^{j^*}, ..., y_N^{j^*}$مقدار خروجی n (n=1,2,…N) ازDMU_j^*امین، $v_1,v_2,...$ وزن‌های داده شده به ورودی m (m=1,2, ... M) و $x_1^{j^*}, x_2^{j^*}, ..., x_M^{j^*}$ مقدار ورودی m (m=1,2, ... M) برایDMU_j^*امین می‌باشد.

[2]. Decision making unit
[3]. Constant return to scale
[4]. Variable return to scale

رابطه (٦) یک رابطه ریاضی می‌باشد. چارنز و همکارن این رابطه را به یک به برنامه‌ریزی خطیهمانند رابه (۷) تبدیل کردند.این برنامه‌ریزی خطی بهینه کردن را در شرایط بازگشت به مقیاس ثابت(CRS) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد.در حالتی که $\sum_{m=1}^{M} v_m x_m^{j*}$ برابر یک است، به آن مدل ورودی محور می‌گویند (Charnes et al, 1978).

$$
\begin{aligned}
&max\ \theta = \Sigma_{n=1}^{N} u_n y_n^j \\
&subjectedto \\
&\Sigma_{n=1}^{N} u_n y_n^j - \Sigma_{m=1}^{M} v_m x_m^j \le 0 \\
&\Sigma_{m=1}^{M} v_m x_m^j = 1 \quad for\ all\ \ j = 1,2,\dots J \\
&u_n \ge 0, v_m \ge 0 \quad for\ \ all\ \ n = 1,\dots,N \\
&\quad and\ \ m = 1,\dots,M
\end{aligned}
\qquad (۷)
$$

که در رابطه (۷)، θ کارایی فنی می‌باشد. N کل تعداد خروجی‌ها و M تعداد کل ورودی‌ها است. u_n ضریب ورودی nام و v_m ضریب خروجیmام است. u و v متغیرهای مسئله و محدودیت آن‌ها بزرگ‌تر از صفر بودن است. کارایی فنی خالص یک مدل دیگر از DEA می‌باشد. این مدل همان BCC می باشد که می‌تواند به صورت برنامه‌ریزی خطی دوگانه زیر تعریف شود (Mohammadi et all., 2011) و (Nabavi-Pelesaraei et al., 2014).

(۸)

$$
\begin{aligned}
&max\ Z = uy_i - u_i \\
&subjetedto\ Vx_i = 1 \\
&-vX + uY - u_0\ e < 0 \\
&v_0\ ,u_0\ and\ u_0 \quad free\ in\ sign
\end{aligned}
$$

که z و u_0 متغیرهای عددی و از لحاظ علامت آزاد، u و vبه ترتیب ماتریس‌های وزنی خروجی و ورودی،Y و X به ترتیب ماتریس‌های خروجی و ورودی وx_i و y_i مربوط به ورودی و خروجی DMUiام می‌باشد.

کارایی مقیاس نسبت کارایی در مدل CCR به کارایی در مدل BCC است (Mohammadi & etall, 2011).

(۹)

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

به منظور برآورد کارایی واحدها و تمایز بین کشاورزان کارا و ناکارا از نرم افزار Excel 2013 و EMS1.4 استفاده گردید.

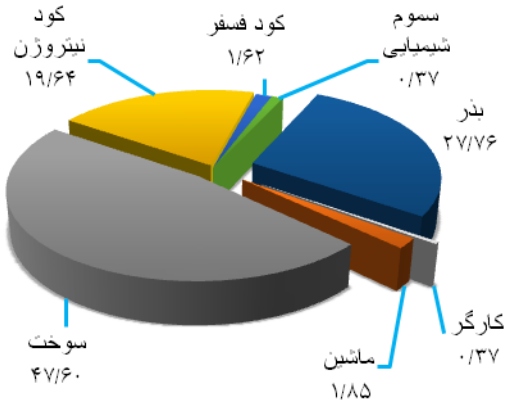
نتایج و بحث

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

جدول ۲. سهم و مقادیرانرژی‌های ورودی وخروجی در تولیدگندم

نهاده/ستاده	مقدار ($Unit\ ha^{-1}$)	انرژی ($MJ\ ha^{-1}$)	سهم انرژی (٪)
الف)نهاده			
کارگر	۹/۷۲	۱۹/۰٦	۰/۳۷
ماشین	۳/۰۲	۱۸۹/٦۲	۱/۸۵
سوخت	۸٦/۵۰	٤۸۷۰/۸۲	٤۷/٦۰
کود نیتروژن	۳۰/۳۹	۲۰۱۰	۱۹/٦٤
کود فسفر	۱۳/۳۱	۱٦۵/۵۷	۱/٦۲
سموم شیمیایی	۱/۳۸	۱۱۷/۹۹	۱/۱۵
بذر	۱۹۳/۲۵	۲۸٤۰/۷۸	۲۷/۷٦
کل انرژی نهاده		۱۰۲۳۲/۱	۱۰۰
ب) ستاده			
گندم	۱۸۰۵	۲٦۱۱۸/۳۵	

با توجه به نتایجی که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، کل انرژی ورودی مصرفی $10232/1\ MJ\ ha^{-1}$ و میانگین عملکرد گندم دیم $1805\ kg\ ha^{-1}$ می‌باشد. بیش‌ترین مصرف انرژی مربوط به سوخت، بذر و کود نیتروژن می‌باشد که سهم هرکدام به ترتیب ٤۷/٦۰، ۲۷/۷٦ و ۱۹/٦٤ ٪ از کل انرژی ورودی در تولید گندم را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱).



شکل ۱. سهم نهاده‌های مختلف در تولید گندم

در تحقیقی که ملائی و همکاران بر روی نسبت انرژی گندم دیم در شهرستان اقلید انجام دادند نیز کودهای شیمیایی و سوخت بیش‌ترین مصرف انرژی را در بین نهاده‌ها دارا بودند. همچنین آنان میانگین کل انرژی مصرفی در شهرستان اقلید را ۷٥٤۰ MJ ha^{-1} برآوردکردند. باتوجه به جدول (۲) متوسط مصرف کود نیتروژن در شهرستان چرداول ۳۰/۳۹ kg ha^{-1} به دست آمد درصورتی که متوسط مصرف کود نیتروژن برای کشت دیم در ایران ٤۱/٤۷ kg می‌باشد (ملائی و همکاران، ۱۳۸۷) که این می‌تواند حاکی از تولید محصول پاک‌تر از لحاظ زیست محیطی و بیولوژیکی در منطقه مورد مطالعه باشد. شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی،شدت انرژی و انرژی خالص در جدول (۳) بیان شده‌است.

جدول۳. شاخص‌های انرژی در تولید گندم.

نسبت انرژی (راندمان انرژی)	۲/٥٥	–
بهره وری انرژی	۰/۱۸	kg MJ^{-1}
شدت انرژی	٥/٦۷	MJ kg^{-1}
انرژی خالص	۱٥۸۸٦/۲۲	MJ ha^{-1}

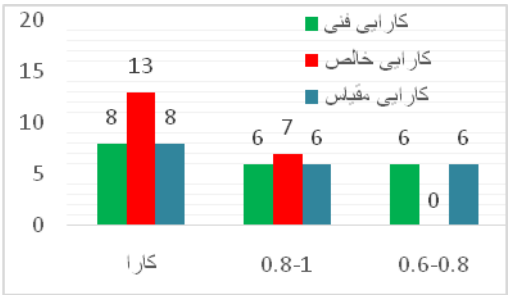
در منطقه مورد مطالعه نسبت انرژی برابر ۲/٥٥ برآورد شد. متوسط بهره‌وری انرژی kgMJ^{-1} ۰/۱۸ به دست آمد یعنی به ازای۰/۱۸ kg تولید گندم دیم1 MJانرژی مصرف می‌شود. شدت انرژی MJ kg^{-1} ٥/٦۷ ارزیابی گردید یعنی به ازای ۱ kg تولید گندم دیم ٥/٦۷MJ انرژی مصرف می‌شود. افزوده خالص انرژی ۱٥۸۸٦/۲۲MJ kg^{-1} به دست آمد. در پژوهشی قربانی و همکاران در سال ۲۰۱۰ الگوی مصرف انرژی گندم دیم و آبی در خراسان‌شمالی انجام دادند که شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی برای گندم دیم را به ترتیب kgMJ^{-1}،۳/۳۸ ۰/۱۱ و MJ kg^{-1} ۸/۹٦ به دست آوردند (Ghorbani et al, 2011). علت بالا بودن نسبت انرژی در تحقیق یاد شده نسبت به تحقیق حاضر در نظرگرفتن انرژی کاه نیز در انرژی خروجی می‌باشد. بهره‌وری انرژی و شدت انرژی زارعین گندم دیم خراسان شمالی بهتر ازمنطقه مورد مطالعه می‌باشد که این مسئلهمی‌تواند به علت بیشتر بودن متوسط اندازه زمین زراعی خراسان‌شمالی نسبت به مطالعه حاضر باشد، به طوری که متوسط اندازه زمین زراعی گندم دیم در خراسان شمالی ۳/۰۹ هکتار و در منطقه مورد مطالعه ۲/۷ هکتار می‌باشد. جدول (٤) اشکال مختلف انرژی مصرف شده در تولید گندم دیم شهرستان چرداول را نشان می‌دهد.

جدول ٤. اشکال مختلف انرژی در تولید گندم

انرژی مستقیم	٤۹۰۸/۱۷	MJ ha^{-1}	٪٤۷/۹۷
انرژی غیرمستقیم	٥۳۲۳/۹٦	MJ ha^{-1}	٪٥۲/۰۳
انرژی تجدیدپذیر	۲۸۷۸/۱۳	MJ ha^{-1}	٪۲۸/۱۳
انرژی تجدیدناپذیر	۷۳٥٤	MJ ha^{-1}	٪۷۱/۸۷

درصد انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب ٤٧/٩٧، ٥٢/٠٣، ٢٨/١٣ و ٧١/٨٧ درصد برآورد شدند. دلیل اینکه سهم انرژی‌های غیرمستقیم بیشتر از مستقیم بوده است می‌تواند مصرف بالای بذر و کود شیمیایی باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده سهم انرژی‌های غیرمستقیم در تولید برخی محصولات کشاورزی بیش‌تر از انرژی‌های مستقیم بود [۲]. همچنین نتایج جدول (٤) نشان می‌دهد نسبت انرژی‌های تجدیدناپذیر در تولید گندم دیم به طور قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر از سهم انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد که نشان دهنده وابستگی زیاد تولید گندم دیم به منابع انرژی فسیلی می‌باشد. نتایج مشابهی در تحقیقات انجام شده گزارش شده است (Ghorbani et al, 2011).

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



شکل ۲. نمودار فراوانی کشاورزان تولید کننده گندم دیم از لحاظ کارایی

بر این اساس از مجموع ۲۰ واحد بررسی شده در شهرستان چرداول بر اساس مدل CCR، ۸ کشاورز دارای کارایی فنی ۱ بوده و این در حالی است که بر اساس مدل BCC ۱۳ کشاورز دارای کارایی فنی خالص ۱ شناخته شدند. همچنین مقدار کارایی مقیاس برای ۸ واحد 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 شده‌اند قطعا در مدل BCC نیز کارا هستند. اختلاف بین تعداد واحد-های باکارایی فنی و کارایی فنی خالص به دلیل نامناسب بودن مقیاس تولید برای واحدها بوده است. همچنین از کشاورزان ناکارا به ترتیب ٦ و ۷ کشاورز دارای کارایی فنی و کارایی فنی خالص در محدوده ۰/۸-۱ بوده‌اند. مقادیر میانگین کارایی-های مختلف برای کشاورزان در جدول (٥) ارائه شده است. همچنین مقادیر انحراف معیار کارایی در بین کشاورزان ارائه شده است.

جدول ٥. مقادیر میانگین کارایی های مختلف کشاورزان در تولید گندم.

عنوان	حداقل	میانگین	حداکثر	انحراف معیار
کارایی فنی	۰/٦٤	۰/۸۸	۱	۰/۱٤
کارایی فنی خالص	۰/۸٦	۰/۹۷	۱	۰/۰٥
کارایی مقیاس	۰/٦٥	۰/۹۱	۱	۰/۱۲

همان‌طور که مشاهده می‌شود مقادیر کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای کشاورزان به ترتیب برابر ۰/۸۸، ۰/۹۷ و ۰/۹۱ به‌دست آمد. 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 می‌باشد.

محمدی و همکاران در تحقیقی به بررسی کارایی انرژی تولیدکنندگان کیوی به روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند که کارایی فنی، فنی خالص و مقیاس را به ترتیب ۰/۹٤۲، ۰/۹۹۳ و ۰/۹٤۸ برآورد کردند (Mohammadi et al., 2011).

مقدار بهینه‌سازی انرژیو میزان صرفه‌جویی هرکدام از نهاده‌ها به منظور تولید گندم دیم در شهرستان چرداول در جدول (٦) نشان داده شده است. این مقادیر بر حسب مدل بازگشت به مقیاس متغیر محاسبه شده‌اند.

جدول ٦. مقادیر نهاده‌های بهینه برای تولید گندم بر اساس مدل BCC.

نهاده‌ها	مقدار بهینه ($MJ\ ha^{-1}$)	ذخیره انرژی ($MJ\ ha^{-1}$)	ذخیره انرژی (٪)
کارگر	۳٤/۲	۳/۱۵	۸/٤۳
ماشین	۱٤۷/۵۸	٤۲/۰٤	۲۲/۱۷
سوخت	٤۲۲۳/۲۵	٦٤۷/۵٦	۱۳/۲۹
کود نیتروژن	۱۵۲۱/۲۲	٤۸۸/۷۸	۲٤/۳۱
کود فسفر	۱٤۳/۰٦	۲۲/۵۱	۱۳/۵۹
سموم شیمیایی	۱۱٦/۹۱	۱/۰۸	۰/۹۲
بذر	۲۲۰۵	٦۳۵/۷۸	۲۲/۳۸
کل	۸٤۰۲/۵٦	۱۸٤۰/۹	۱۷/۹۹

نتایج نشان می‌دهد که ۱۷/۹۹ ٪ از کل انرژی ورودی می‌تواند بدون تغییر در تولید گندم دیم ذخیره شود. در این تحقیق، مصرف انرژی مربوط به کل نهاده‌ها در حالت بهینه برابر ۸٤۰۲/۵٦ $MJ\ ha^{-1}$ به دست آمده که کود نیتروژن، ماشین‌ها و بذر به ترتیب با ۲٤/۳۱، ۲۲/۱۷ و ۲۲/۳۸ ٪ بالاترین سهم ذخیره انرژی نسبت به شرایط عادی به خود اختصاص داده‌اند.

عجب شیرچی و همکاران در سال ۱۳۹۰ در مطالعه‌ای کارایی مصرفی انرژی در کشت گندم دیم توسط رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها را بررسی کردند.ایشان برای سطوح ۰/۱ تا ۲ هکتاری کل درصد ذخیره انرژی را ۲۰/۱ درصد به دست

آوردند.همچنین گزارش دادند که بیش‌ترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای مربوط به نهاده‌های کود، بذر و سموم شیمیایی و سپس سوخت است (AjabshirchiOuscuiee et al., 2011).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه از روش غیر پارامتری تحلیل پوششی داده‌ها به منظور ارزیابی کارایی مصرف انرژی تولید گندم دیم در استان ایلام استفاده گردید که می‌توان نتایج این مطالعه را به شکل زیر بیان کرد:

۱- کود شیمیایی، سوخت، بذر بیش‌تر سهم را در نهاده‌های ورودی تولید گندم دیم منطقه مورد مطالعه دارا بودند.

۲- بیشترین شکل انرژی در تحقیق حاضر به صورت غیر مستقیم و غیر تجدیدپذیر بود.

۳- از کل کشاورزان مورد مطالعه فقط ٤۰ درصد دارای کارایی فنی بودند ولی اگر مقیاس تولید در منطقه در نظر گرفته شود ٦٥ درصد کشاورزان کارا برآورد شدند.

٤- تقریبا ۱۷/۹۹ درصد از الگوی مصرف انرژی فعلی را می توان صرفه جویی کرد که بیشتر باید در مصرف نهاده‌های سوخت، بذر و کود شیمیایی بازبینی کرد.

تقدیر و تشکر

از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان چرداول و کشاورزان عزیز که در جمع آوری اطلاعات مورد نیاز این پژوهش یاری نمودند قدردانی می‌شود.

منابع و مآخذ

۱. الماسی، م. کیانی، ش. لویمی، ن. ۱۳۸٤. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات حضرت معصومه.

۲. کمیل ملائی، ک. کیهانی، ع. کریمی، م. خیرعلی پور، ک. قاسمی ورنامخواستی، م. ۱۳۸۷. نسبت انرژی گندم دیم مطالعه موردی: شهرستان اقلید (فارس). مجله مهندسی بیوسیستم ایران, ۳۹(۱).۱۹-۱۳.

3. Ajabshirchi Ouscuiee, Y., Taki, M., Abdi, R., Ghobadifar, A., &Ranjbar, A. (2011). Evaluation of energy efficiency Indryland wheat By DEA technique (case study: Silakhor Plain). Journal of Agricultural Machinery, 1(2), 122-132.
4. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., 1978. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research 2, 429-444.
5. 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.
6. Hamedani, S. R., Shabani, Z., &Rafiee, S. (2011). Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran. Energy, 36(5), 2367-2371.

7. 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.
8. Moghimi, M. R., Alasti, B. M., &Drafshi, M. A. H. Energy input-output and study on energy use efficiency for wheat production using DEA.
9. Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S., Avval, S. H. M., &Rafiee, H. (2011). Energy efficiency improvement and input cost saving in kiwifruit production using Data Envelopment Analysis approach. Renewable Energy, 36(9), 2573-2579.
10. Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S., Jafari, A., &Mohammadi, A. (2011a). Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Applied Energy, 88(11), 3765-3772.
11. 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(5), 2765-2772.
12. Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee, S., &Mobtaker, H. G. (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.
13. 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.
14. Safa, M., & Tabatabaeefar, A. (2002, November). Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming.In Proc. Intl. Agric. Engg. Conf., Wuxi, China, Nov. 28-30, 2002. 12-Soltani, GR 1387.Economic in Engineering, Shiraz University Press, (pp. 85-95).
15. 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.

The pattern and efficiency of energy use for drylandwheat production using data envelopment analysis approach, case study: Chardavol Township, Ilam Province

Abstract

In this study, the pattern and efficiency of energy consumption for wheat production inChardavol Township, Ilam, was investigated by data envelopment analysis approach. The results showed that fuel, seed and nitrogen fertilizer with 47.6, 27.76 and 19.64%, respectively,had the highest share of energy between the inputs. The average of energy input forproducing wheat was obtained as 10232.1 MJ ha^{-1}. The meanof energy ratio, energy productivity, energy intensity and net gain energy was calculated as2.55, 0.18 kg MJ^{-1}, 5.67 MJ kg^{-1} and 15886.22MJ ha^{-1}. Technical efficiency, net and scale respectively 0/88, 0/97 and 0/91 respectively. The amount of optimizedinput energy approximated by variable return to scalewas specified as 8402.56MJ ha^{-1}. The amount of total savableenergy in the current situation of the studied region was obtained as 17.99%.

Keywords: Wheat production, Energy, Efficiency, Data envelopment analysis.