شناسه دیجیتال (DOI) : 10.22092/IDAJ.2018.116527.189

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

رستم فتحی*[۱]، فرهاد امجدپور[۲]، احمد کوچک‌زاده،[۳]، امیر عزیزپناه[۴]

۱و۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۳و۴- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

در این تحقیق میزان مصرف انرژی و کارایی آن برای تولید گندم در شهرستان چرداول، استان ایلام، توسط رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها بررسی گردید. نتایج تحقیق نشان دادند که انرژی سوخت، بذر و کود ازته به ترتیب با۴۸، ۲۲ و ۱۹ درصد بیشترین و انرژی نیروی کارگری، حشره‌کش و روغن به ترتیب با ۲۴، ۴۵و 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 به‌دست آمد. نتایج مطالعه نشان داد که متوسط نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی به ترتیب ۳/۰۴، kg/MJ^{-1} ۱۳٪، MJ/kg^{-1} ۸/۲۱ و MJ/ha^{-1} ۲۱۰۳۶/۰۷ است. سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم از کل انرژی مصرفی نیز به ترتیب برابر ۴۹ و ۵۱ درصد محاسبه شد. کارایی کشاورزان با کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در مدل‌های CCR و BCC با کمک نرم افزار EMS محاسبه گردیدکه کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به ترتیب برابر ۸۸، ۹۷ و ۹۱ درصد گزارش داده شد. مقدار انرژی ورودی بهینه‌سازی شده توسط مدل بازگشت به مقیاس متغیر MJ/ha^{-1} ۸۳۹۷/۳۷ مشخص گردید. میزان انرژی قابل ذخیره در شرایط کنونی منطقه مورد مطالعه در مدل BCC ۱۷/۹۷ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تولید گندم، انرژی، کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها

* نگارنده مسئول: *rostamfathi63@gmail.com* تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۲

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. در طی دو دهه اخیر در ایران تولید محصولات مزرعه‌ای از ۳۸/۲۶ میلیون تن در سال ۱۹۸۶ به ۷۱/۲۶ میلیون تن در سال ۲۰۰۶ رسیده که بیش‌تر روی کشت محصولات دانه‌ای متمرکز شده است، مخصوصا گندم و جو که ۶۵٪ کل سطح زراعی را در کشور به خود اختصاص داده‌اند .(Ghorbani *et al.,* 2011) لذا 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 شود. ممیزی انرژی یکی از رایج‌ترین روش‌ها به منظور بررسی کارایی انرژی و اثرات زیست محیطی سامانه تولید می‌باشد (Ramedani *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 (۱۳۸۰) طی بررسی انرژی مصرفی در تولید گندم آبی و دیم در منطقه ساوه، نسبت انرژی را در گندم آبی ۱/۱۷ و در گندم دیم ۹۹٪ به دست آوردند. بیش‌ترین انرژی مصرفی در گندم آبی مربوط به آبیاری و در گندم دیم مربوط به کود شیمیایی گزارش شد.

ملائی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی انرژی گندم دیم در سه منطقه شهرستان اقلید استان فارس پرداختند. نسبت انرژی در مناطق خسروشیرین، سده و دژکرد به ترتیب ۱/۰۶۸، ۱/۱۹ و ۹۱ درصد به دست آمد که کود و سوخت بیشترین سهم انرژی مصرفی در هر سه منطقه را دارا بودند. قربانی و همکاران (۱۳۸۹) 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 ۱/۴۴ به دست آوردند.

در سال‌های اخیر تحلیل پوششی داده‌ها کاربرد وسیعی در طرح‌های کشاورزی به دست آورده است. محمدی و همکاران (۱۳۸۹) 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 ۶۲/۷۹ درصد واحدها با روش بازگشت به مقیاس متغیر و ۲۳/۲۶ درصد واحدها با روش بازگشت به مقیاس ثابت کارا تشخیص داده شدند.

هدف از این مطالعه بررسی روند مصرف انرژی و تعیین کارایی فنی مزارع تولید گندم دیم، در شهرستان چرداول استان ایلام، به روش تحلیل پوششی داده‌ها (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 ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. شهرستان چرداول از نظر اقلیمی با توجه به شرایط توپوگرافیکی دارای اقلیم کوهپایه‌ای و معتدل می‌باشد. بارندگی متوسط سالیانه ۵۲۳ میلی‌متر، میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه ۵/۵ و ۲۸ درجه سلسیوس می‌باشد. داده‌های این تحقیق از طریق پرسش‌نامه از بین کشاورزان گندم دیم در منطقه مورد نظر جمع‌آوری گردید. برای تعیین اندازه نمونه از روش نمونه‌گیری 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 (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014). داده‌های مورد استفاده در پرسش‌نامه حاوی اطلاعاتی در مورد 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 شده است. انرژی معادل هر نهاده یا ستاده از ضرب میزان مصرف آن در ضریب هم‌ارز انرژی محاسبه شد.

به منظور محاسبه انرژی ماشین‌های استفاده شده از رابطه (۱) استفاده شد (Mousavi-Avval *et al.*, 2011).

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

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) می‌باشد.

در بخشی از این پژوهش شاخص‌های انرژی در تولید گندم مورد مطالعه قرار گرفت. این

شاخص‌ها نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی می‌باشد که با استفاده از روابط (۲) تا (۵) محاسبه گردیدند (Mousavi Avval *et al.*, 2011 و ملائی و همکاران، ۱۳۸۷).

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

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

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

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

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 و زمان متفاوت است و می‌تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی کارایی مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف تولید مورد نظر باشد. بهره‌وری انرژی 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، ۱۳۸۴). انرژی مستقیم شامل انرژی سوخت دیزل و کارگر و انرژی غیرمستقیم شامل بذر، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها و ماشین‌ها می‌باشد. (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 یک سری بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی است. در این روش هر واحد یا سازمان تحت بررسی، واحد تصمیم گیرنده (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 (CRS) و مدل BCC بر پایه بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) می‌باشد. هر کدام از این مدل‌ها دارای دو جهت مطالعه (خروجی محور - ورودی محور) می‌باشند. بدین معنی که یک DMU ناکارا می‌تواند به واسطه 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).

جدول۱- محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید گندم

عنوان	واحد	ضریب انرژی (MJ/Unit)	مرجع
نهاده‌ها			
سوخت			
دیزل	L	۵۶/۳۱	(اوناکیتان و همکارن، ۲۰۱۰)
روغن	L	۴۷/۸	(کیتانی، ۱۹۹۹)
نیروی کارگری	H	۱/۹۶	(محمدشیرازی و همکاران، ۲۰۱۵)
ماشین‌ها و ادوات			
کمباین خودگردان	H	۸۷/۶۳	(اوناکیتان و همکارن، ۲۰۱۰)
سایرماشین‌های کشاورزی	H	۶۲/۷	(مبتکر و همکاران، ۲۰۱۰)
سموم شیمیایی			
آفت‌کش	Kg	۱۹۹	(اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴ b)
قارچ‌کش	Kg	۹۲	(اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴ b)
علف‌کش	Kg	۲۳۸	(اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴ b)
کود شیمیایی			
نیتروژن	Kg	۶۶/۱۴	(مبتکر و همکاران، ۲۰۱۳)
فسفر	Kg	۱۲/۴۴	(مبتکر و همکاران، ۲۰۱۳)
پتاسیم	Kg	۱۱/۱۵	(رمدانی و همکاران، ۲۰۱۱)
کود حیوانی	Kg	۰/۳	(محمدشیرازی و همکاران، ۲۰۱۵)
الکتریسیته	kWh	۱۱/۹۳	(مبتکر و همکاران، ۲۰۱۰)
بذر	Kg	۱۴/۷	(ملائی و همکاران، ۱۳۸۷)
ستانده‌ها			
دانه	Kg	۱۴/۷	Ghorbani *et al*, 2001
کاه و کلش	Kg	۱۲/۵	(محمدی و همکاران، ۲۰۱۴)

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 al.*, 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 نظر عملکرد بهترین می‌باشند و هیچ پتانسیلی برای کاهش سطوح ورودی ندارد ولی مقادیر کمتر از یک نشان می‌دهد که DMU مقادیر ورودی را به صورت ناکارا استفاده می‌کند. کارایی فنی به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود (Mousavi Avval *et al.*, 2011b):

(۶)

$$Efficiency = \frac{u_1 y_1^{j^*} + u_2 y_2^{j^*} + \ldots + u_N y_N^{j^*}}{v_1 x_1^{j^*} + v_2 x_2^{j^*} + \ldots + v_M x_M^{j^*}}$$

که در رابطه (۶) u_1، u_2 و... وزن‌های 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، $v_1, v_2, \ldots$ وزن‌های داده شده به ورودی m (m=1,2,..M) و $x_1^{j^*}, x_2^{j^*}, \ldots, x_M^{j^*}$ مقدار ورودی m (m=1,2,..M) برای j^*امین DMU می‌باشد. *رابطه (۶) یک رابطه ریاضی می‌باشد. چارنز و همکارن این رابطه را به یک برنامه‌ریزی خطی همانند رابطه (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).*

(۷)

$$\begin{aligned} &max \quad \theta = \sum_{n=1}^{N} u_n y_n^j \\ &subjected \quad to \\ &\sum_{n=1}^{N} u_n y_n^j - \sum_{m=1}^{M} v_m x_m^j \le 0 \\ &\sum_{m=1}^{M} v_m x_m^j = 1 \quad for \quad all \quad j = 1, 2, \ldots J \\ &u_n \ge 0, \; v_m \ge 0 \quad for \quad all \quad n = 1, \ldots, N \\ &and \quad m = 1, \ldots, M \end{aligned}$$

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 خروجی mام 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 می‌باشد که می‌تواند به صورت برنامه‌ریزی خطی دوگانه زیر (فرمول ۸) تعریف شود (Mohammadi *et al.*, 2011 ; Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014).

(۸)

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

که z و u_0 متغیرهای عددی و از لحاظ علامت آزاد، u و v به ترتیب ماتریس‌های وزنی خروجی

و ورودی، Y و X به ترتیب ماتریس‌های خروجی و ورودی و x_i و y_i مربوط به ورودی و خروجی DMU iام می‌باشد.

کارایی مقیاس نسبت کارایی در مدل CCR به کارایی در مدل BCC است (Mohammadi *et al.*, 2011)

$$\text{کارایی مقیاس} = \frac{\text{کارایی فنی}}{\text{کارایی خالص}} \quad (۹)$$

به منظور برآورد کارایی واحدها و تمایز بین کشاورزان کارا و ناکارا از نرم افزار Excel 2013 و EMS 1.4 استفاده گردید.

نتایج و بحث

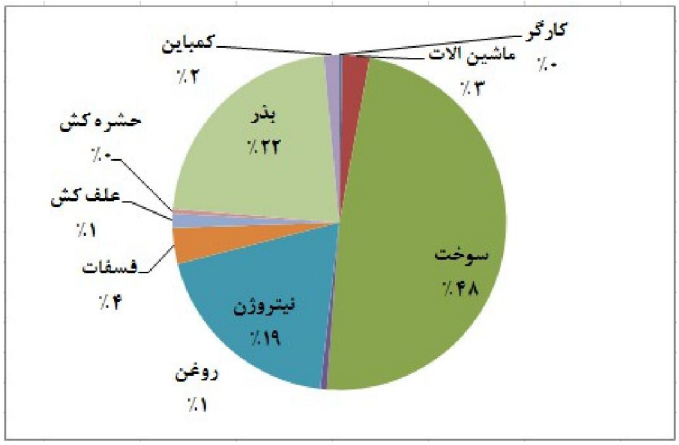
مقدار مصرف انرژی در تولید گندم دیم در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- سهم و مقادیر انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید گندم

نهاده/ستاده	مقدار ($Unit\ ha^{-1}$)	انرژی (MJ/ha^{-1})	سهم انرژی (٪)
الف) نهاده			
کارگر	۱۲/۸۴	۲۵/۱۶	۲۴
کمباین‌خودگردان	۱/۸	۱۵۷/۴۵	۱/۴۹
ماشین	۴/۴۹	۲۸۱/۷۹	۲/۶۸
سوخت	۹۰/۳۱	۵۰۸۵/۲۹	۴۸/۲۸
روغن	۱/۴۱	۶۷/۵	۶۴
کود نیتروژن	۳۰/۵۴	۲۰۱۹/۹۸	۱۹/۱۸
کود فسفر	۲۹/۴۱	۳۶۵/۸۶	۳/۴۷
علف‌کش	۱/۶۸	۱۴۳/۳۴	۱/۳۶
حشره‌کش	۰/۵۶	۴۷/۷۸	۴۵
بذر	۱۵۹/۱	۲۳۳۸/۷۵	۲۲/۲
جمع نهاده‌ها		۱۰۵۳۲/۹	۱۰۰
ب) ستانده‌ها			
گندم	۱۳۸۹/۳۴	۲۰۱۰۳/۸۱	۶۳/۶۸
کاه و کلش	۹۱۷/۲۱	۱۱۴۶۵/۱۶	۳۶/۳۲
جمع ستانده‌ها		۳۱۵۶۸/۹۷	۱۰۰

با توجه به نتایجی که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، کل انرژی ورودی مصرفی MJ/ha^{-1} ۱۰۵۳۲/۹۰ و میانگین عملکرد گندم دیم kg/ha^{-1} ۱۳۸۹ می‌باشد. بیش‌ترین مصرف انرژی مربوط

به سوخت، بذر و کود نیتروژن می‌باشد که سهم هرکدام به ترتیب ۴۸/۲۸٪، ۲۲/۲٪ و ۱۹/۱۸٪ 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 (۱۳۸۷) 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 ۷۵۴۰ MJ/ha^{-1} برآورد کردند. دلیل افزایش انرژی ورودی در شهرستان چرداول نسبت به شهرستان اقلید، ناشی از مصرف سوخت زیاد برای عملیات کشاورزی بود. از طرفی جهانبخش و همکاران (۱۳۸۹) مقدار کل انرژی ورودی برای کشت گندم دیم در اسلام آباد را ۱۴۰۵۳/۷۷ mg/ha^{-1} برآورد نمودند که نسبت به شهرستان چرداول رقم بالایی است که این موضوع اختلاف بالا در مصرف نهاده‌ها در مناطق مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۲) متوسط مصرف کود نیتروژن در شهرستان چرداول ۳۰/۵۴ kg/ha^{-1} به‌دست آمد در صورتی که متوسط مصرف کود نیتروژن برای کشت دیم در ایران ۴۱/۴۷ kg می‌باشد (ملائی و همکاران، ۱۳۸۷). شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص در جدول (۳) بیان شده‌است.

در منطقه مورد مطالعه نسبت انرژی برابر ۳/۰۴ برآورد شد. متوسط بهره‌وری انرژی kg/MJ ۰/۱۳ به دست آمد یعنی به ازای ۰/۱۳ kg تولید گندم دیم ۱ MJ انرژی مصرف می‌شود. شدت انرژی ۸/۲۱ MJ/kg ارزیابی گردید یعنی به ازای ۱ kg تولید گندم دیم ۸/۲۱ MJ انرژی مصرف می‌شود. افزوده خالص انرژی MJ/ha^{-1} ۲۱۰۳۵/۰۷ به دست آمد. در پژوهشی که جهانبخشی و همکاران (۱۳۹۵) در منطقه اسلام آباد کرمانشاه انجام دادند شاخص نسبت انرژی را ۲/۸۴، متوسط بهره‌وری انرژی را kg/mg ۱۲۸٪ و همچنین شدت انرژی را mg/kg ۷/۷۹ به دست

آوردند. مقایسه تحقیق انجام شده نشان می‌دهد که میزان کل انرژی ورودی در منطقه اسلام آباد بیشتر از شهرستان چرداول بود که این امر سبب پایین آمدن نسبت انرژی در منطقه اسلام آباد گردیده بود.

جدول۳- شاخص‌های انرژی در تولید گندم

نسبت انرژی	۳/۰۴	–
بهره وری انرژی	٪۱۳	kg MJ^{-1}
شدت انرژی	۸/۲۱	MJ kg^{-1}
انرژی خالص	۲۱۰۳۵/۰۷	MJ ha^{-1}

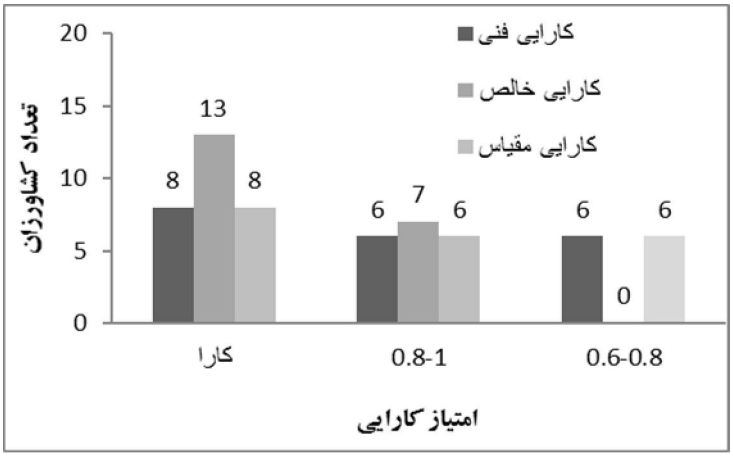
جدول ۴- اشکال مختلف انرژی در تولید گندم شهرستان چرداول

اشکال انرژی	مقدار	واحد	درصد
انرژی مستقیم	۵۱۷۷/۹۶	MJ/ha^{-1}	٪۴۹/۱۵
انرژی غیرمستقیم	۵۳۵۴/۹۴	MJ/ha^{-1}	٪۵۰/۸۵

سهم انرژی مستقیم و غیرمستقیم از کل انرژی مصرفی برای تولید یک هکتار گندم دیم در شهرستان چرداول به ترتیب ۴۹/۱۵ درصد و ۵۰/۸۵ درصد برآورد شد. جهان‌بخشی و همکاران (۱۳۹۵) مقدار انرژی مستقیم و غیرمستقیم در اسلام‌آباد را به ترتیب ۳۲/۳۷ و ۶۷/۶۳ درصد بدست آوردند. در شهرستان چرداول به دلیل سهم بالای سوخت در کل انرژی ورودی، مقدار انرژی‌های مستقیم نسبت به شهرستان اسلام‌آباد بیشتر شده است. سهم انرژی سوخت از کل انرژی ورودی برای شهرستان چرداول ۴۸ و برای شهرستان اسلام‌آباد ۳۱ درصد بود که این امر نشان‌دهنده استفاده بیشتر از ماشین‌آلات در عملیات زراعی شهرستان چرداول می‌باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده سهم انرژی‌های غیرمستقیم در تولید برخی محصولات کشاورزی بیش‌تر از انرژی‌های مستقیم بود (Hamedani *et al.*, 2014).

نتایج مدل‌های BCC و CCR در شکل (۲) نشان داده شده است. از مجموع ۲۰ واحد بررسی شده جهت ارزیابی تحلیل پوششی داده‌ها 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 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 شده‌اند قطعا 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 کارایی‌های مختلف برای کشاورزان در جدول (۵) ارائه شده است. همچنین مقادیر انحراف معیار کارایی در بین کشاورزان ارائه گردیده است.



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

جدول ۵- مقادیر میانگین کارایی‌های 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 می‌شود مقادیر کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای کشاورزان به ترتیب برابر ۸۸، ۹۷ و ۹۱ درصد 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. قاسم خاکی (۱۳۹۴) در مطالعه ارزیابی کارایی انرژی در مزارع گندم اردبیل با تحلیل پوششی داده‌ها نیز کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای مزارع را به ترتیب ۸۷/۵، ۹۵/۲ و ۹۱/۹۵ درصد برآورد نمود که با نتایج حاصل از این پژوهش مشابه بوده و از نظر کارایی تقریبا در وضعیت یکسانی قرار دارند.

محمدی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به بررسی کارایی انرژی تولیدکنندگان کیوی به روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند که کارایی فنی، فنی خالص و مقیاس را به ترتیب ۹۴، ۹۹ و ۹۴ درصد برآورد کردند. مقدار بهینه‌سازی انرژی و میزان صرفه‌جویی هرکدام از نهاده‌ها به منظور

تولید گندم دیم در شهرستان سرابله در جدول (۶) نشان داده شده است. این مقادیر بر حسب مدل بازگشت به مقیاس متغیر محاسبه شده‌اند.

جدول ۶- مقادیر نهاده‌های بهینه برای تولید گندم بر اساس مدل BCC

نهاده‌ها	مقدار بهینه (MJ/ha^{-1})	ذخیره انرژی (MJ/ha^{-1})	ذخیره انرژی (٪)
کارگر	۴۰/۳۵	۲/۰۳	۴/۷۹
ماشین	۱۴۷/۵۸	۴۲/۰۴	۲۲/۱۷
سوخت	۴۲۲۳/۲۵	۶۴۷/۵۶	۱۳/۲۹
کودنیتروژن	۱۵۲۱/۲۲	۴۸۸/۷۸	۲۴/۳۱
کود فسفر	۱۴۳/۰۶	۲۲/۵۱	۱۳/۵۹
سموم شیمیایی	۱۱۶/۹۱	۱/۰۸	٪۹۲
بذر	۲۲۰۵	۶۳۵/۷۸	۲۲/۳۸
کل	۸۳۹۷/۳۷	۱۸۳۹/۷۸	۱۷/۹۷

نتایج نشان می‌دهد که ۱۷/۹۷ درصد از کل انرژی ورودی می‌تواند بدون تغییر در تولید گندم دیم ذخیره شود. یعنی با استفاده بهینه از نهاده‌های مصرفی وجلوگیری از مصرف اضافی به مقداری که در جدول ۶ آمده است، می‌توان ۱۷/۹۷ درصد در انرژی مصرفی یا ورودی صرفه‌جویی نمود. بدیهی است با این مقدار صرفه‌جویی که در واقع ناشی از مصرف بهینه نهاده‌ها خواهد بود، شاخص‌های انرژی بهبود خواهند یافت. علاوه بر این از اثرات سوء کاربرد بیش از اندازه نهاده‌های شیمیایی بر سلامت محصولات کشاورزی کاسته خواهد شد و از طرفی نیز انتشار آلایندگی‌های ناشی از مصرف نهاده‌ها که اثرات زیست محیطی نامطلوب بر جای می‌گذارند کم‌تر خواهد شد. در این تحقیق، مصرف انرژی مربوط به کل نهاده‌ها در حالت بهینه برابر MJ/ha^{-1} ۸۳۹۷/۳۷ به دست آمده که کود نیتروژن، ماشین‌ها و بذر به ترتیب با ۲۴/۳۱، ۲۲/۱۷ و ۲۲/۳۸ درصد بالاترین سهم در ذخیره انرژی نسبت به شرایط عادی را به خود اختصاص داده‌اند. عجب شیرچی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای کارایی مصرفی انرژی در کشت گندم دیم توسط رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها را بررسی کردند. آن‌ها برای سطوح ۰/۱ تا ۲ هکتاری، کل انرژی را که از طریق بهینه‌سازی می‌توان ذخیره نمود را ۲۰/۱ درصد به دست آوردند. همچنین گزارش دادند که بیش‌ترین سهم از کل انرژی قابل ذخیره، مربوط به نهاده‌های کود، بذر و سموم شیمیایی و سپس سوخت است که با نتایج حاصل از این 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 امکان‌پذیر است. در این مطالعه از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی مزارع گندم شهرستان چرداول اندازه‌گیری شد. در تحلیل پوششی داده‌ها مقادیر کم کارایی نشان از مصرف بی‌رویه‌ی نهاده‌های کشاورزی است. بنابراین می‌توان از طریق مقایسه کارایی واحدهای تولیدی ناکارا با واحدهای کارا و کاهش یا افزایش میزان نهاده‌های واحد ناکارا، کارایی را افزایش داد.

نتیجه‌گیری

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

۱- کود شیمیایی، سوخت و بذر بیش‌ترین سهم در نهاده‌های ورودی تولید گندم دیم را دارا بودند.

۲- مقادیر کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای کشاورزان به ترتیب برابر ۸۸، ۹۷ و ۹۱ درصد به‌دست آمد.

۳- در صورت استفاده بهینه از نهاده‌ها ۱۷/۹۷ درصد در مصرف انرژی ورودی صرفه‌جویی می‌گردد که این امر سبب افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های تولید و کاهش اثرات سوء ناشی از مصرف بیش از اندازه انرژی خواهد گردید.

تقدیر و تشکر

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

منابع

الماسی مرتضی، کیانی شهرام، لویمی نعیم. ۱۳۸۴. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. چاپ سوم، تهران: انتشارات حضرت معصومه.

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

جهان‌بخشی احمد، امجدپور فرهاد، حیدربیگی کبری. ۱۳۹۵. بررسی شاخص‌های مصرف انرژی در تولید گندم دیم در شهرستان اسلام آبادغرب، دهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.

خاکی قاسم. ۱۳۹۴. آنالیز کارایی انرژی در مزارع گندم شهرستان اردبیل، با تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مکانیزاسیون کشاورزی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام-ایران.

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.

Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of Decision Making units. European Journal of Operational Research. (2) 429-444.

Liu JS, Lu LY, Lu WM, Lin B J. 2013. Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. Omega, 41(1), 3-15.

Mousavi Avval SH, 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.

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.

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.

Soltani GR. 1387. Economic in Engineering, Shiraz University Press. (pp. 85-95).

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.

Moghimi MR, Alasti BM, Drafshi MAH. 2013. Energy input-output and study on energy use efficiency for wheat production using DEA.

Moghimi MR, Alasti BM, Drafshi MAH.2013. Energy input-output and Study on energy use efficiency for Wheat Production using DEA.

Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi SS, Mousavi Avval SHM, Rafiee SH. 2011. Energy efficiency Improvement and input Cost Saving in Kiwifruit Production using Data Envelopment Analysis approach. Renewable Energy, 36(9), 2573-2579.

Rafiee S, Avval SHM, Mohammadi A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35(8), 3301–3306.

Mousavi-Avval SH, Rafiee S, Jafari A, Mohammadi A. 2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy, 36, 2765–2772.

Ramedani Z, Rafiee S, Heidari MD. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy, 36(11), 6340–6344.

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.

DOI: 10.22092/IDAJ.2018.116527.189

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

R. Fathi[1*], F. Amjadpor[2], A. Kouchakzadeh[3], A. Azizpanah[4]

1,2- MSc Graduate of Agricultural Mechanization Engineering, Agriculture Faculty, Ilam University, Ilam, Iran

3,4- Dept. of Mechanical Biosystems, Agriculture Faculty, Ilam University, Ilam, Iran

Abstract

In this study, the pattern and efficiency of energy consumption for wheat production was investigated through data envelopment analysis in Chardavol Township, Ilam Province. The results showed that fuel energy, seed and Ness fertilizer with respective percent of 48, 22 and 19 had the highest and work force energy, pesticide and oil with respective percent of 24, 45 and 64 had the lowest share among inputs energy. The average of total entranceenergy input and output for producing dry farming wheat in the region were 10532.90 MJ/ha^{-1} and 31568.98 MJ/ha^{-1} respectively. The mean of energy ratio, energy productivity, energy intensity and net surplus energy were 3.04, %13 kg/MJ^{-1}, 8.21 MJ/kg^{-1} and 21036.07 MJ/ha^{-1} respectively. The share of direct and indirect, form the total consuming energy were %49/15 and %51/85 respectively. Farmers efficiency was calculated through data envelopment analysis (DEA) in CCR and BCC models using EMS software. Technical efficiency, pure technical efficiency and scale efficiency were %88, %97 and %91 respectively. The amount of input energy optimized by the return model to the scale variable was 8397.37 MJ/ha^{-1}. The amount of total savable energy in the current condition of the studied region was %17.97 in the BCC model.

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

* *Corresponding author: rostamfathi63@gmail.com* *Received: 2017/12/02 Accepted: 2018/05/23*