

## یادداشت تحقیقاتی

# بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم دیم توسط تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) (مطالعه موردی: دشت سیلاخور)

یحیی عجب شیرچی اسکویی<sup>۱\*</sup> - مرتضی تاکی<sup>۲</sup> - رضا عبدی<sup>۳</sup> - احمد قبادی فر<sup>۴</sup> - ایرج رنجبر<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۴

## چکیده

در این تحقیق کارایی انرژی محصول گندم دیم در سه سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار، ۲/۱ تا ۵ هکتار و ۵ هکتار به بالا در سال زراعی ۸۸-۸۷ برای دشت سیلاخور واقع در شهرستان‌های بروجرد و دورود استان لرستان، توسط رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) بررسی شده است. نتایج نشان داد که انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی در گندم دیم در هر سه سطح به ترتیب با ۶۳/۶۳، ۵۶ و ۵۴/۰۷ درصد بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌های انرژی حاکی از این بود که میانگین کارایی انرژی در سطوح سه گانه زیر کشت به ترتیب ۸۲، ۷۸ و ۶۸ درصد است که از این میان سطح اول با وجود مصرف انرژی بیشتر در نهاده‌ها به علت بالاتر بودن ستانده در این سطح نسبت به دو سطح دیگر کاراتر است. میانگین کارایی فنی واحدهای ناکار بر اساس مدل بازگشت به مقیاس ثابت در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار ۷۹/۷ درصد، در سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار ۷۵/۳ درصد و در سطح ۵ هکتار به بالا ۶۸ درصد می‌باشد. به این معنا که به ترتیب ۲۰/۳، ۲۴/۷ و ۳۲ درصد از همه منابع می‌تواند بوسیله بالا بردن کارایی این واحدها ذخیره شود. بیشترین مصرف نادرست انرژی و همچنین بیشترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای در هر سه سطح مربوط به نهاده کود، بذر و سموم شیمیایی و سپس سوخت مصرفی است.

**واژه‌های کلیدی:** گندم دیم، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، کارایی انرژی، سطوح مختلف زیر کشت

## مقدمه

آبی است. متوسط تولید آن در ایران بیش از ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Anonymous, 2009).

با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در اکثر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند سیستم کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (Nasirian et al, 2006). آنالیز انرژی جهت مدیریت صحیح منابع کمیاب به منظور بهبود تولید کشاورزی ضروری بوده و از این طریق فعالیت‌های تولیدی کارآمد و اقتصادی، مشخص می‌شود. دیگر مزایای آنالیز انرژی، تعیین انرژی مصرف شده در هر مرحله از فرآیند تولید و در واقع تعیین مراحل که کمترین مصرف انرژی نهاده را نیاز دارند، فراهم آوردن مبنای اساسی جهت محافظت از منابع و همچنین مساعدت در زمینه مدیریت پایدار و سیاست‌گذاری‌های مربوطه می-

تولید مواد غذایی به ویژه گندم رابطه بسیار نزدیکی با قدرت سیاسی و اقتصادی کشورهای جهان دارد. افزایش سریع و روزافزون جمعیت و عدم بهره‌گیری از روش‌های بهینه تولید در کشورهای در حال توسعه، وابستگی این کشورها را بیشتر نموده است. سطح زیر کشت گندم در دنیا بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار بوده و تولید کل آن در جهان بیش از ۵۰۰ میلیون تن گزارش شده است. متوسط عملکرد آن در جهان در هر هکتار بیشتر از ۲۰۰۰ کیلوگرم است. متوسط مصرف سرانه گندم در جهان ۱۳۰ کیلوگرم و در ایران ۲۲۰ کیلوگرم می‌باشد. سطح زیر کشت این گیاه در ایران ۶/۵ میلیون هکتار بوده که ۴/۲ میلیون هکتار آن کشت دیم و ۲/۳ میلیون هکتار آن مربوط به کشت

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز

\*- نویسنده مسئول: Email:

yajabshir@tabrizu.ac.ir

۵- دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان

داده است. هدف از این تحقیق تحلیل داده‌هایی است که از مزارع گندم دیم این دشت استخراج شده‌اند. این تحقیق روشی را برای تفکیک واحدهای کارا از ناکاراه، روش استفاده درست از منابع انرژی، تعیین استفاده بی‌رویه از نهاده‌های انرژی در واحدهای ناکاراه و پیشنهاد مقدار ضروری نهاده‌های مختلف که باید به‌وسیله واحدهای ناکاراه از منابع انرژی استفاده شود، می‌باشد. این تحقیق می‌تواند تفاوت‌های بین واحدهای مختلف را در منطقه نشان دهد و استفاده زیاد از انرژی را در واحدهای با کارایی کمتر بیان کند.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، دشت سیلاخور که مابین شهرستان‌های بروجرد و دورود در استان لرستان واقع شده، را مورد بررسی قرار داده است. جامعه آماری مورد مطالعه را کشاورزان گندمکار دیم دشت سیلاخور تشکیل می‌دهند. داده‌ها در قالب طرح طبقه‌بندی شده (نوعی طرح کاملاً تصادفی) جمع‌آوری شدند. به طوری که واحدهای آزمایشی به سه دسته: الف) ۰/۱ تا ۲ هکتار ب) ۲/۱ تا ۵ هکتار و ج) ۵ هکتار به بالا تقسیم شده و در هر بازه نمونه‌گیری به صورت تصادفی به عمل آمد. بدیهی است که چون بازه‌ها مقدار مساوی نداشتند، نمونه‌ها نیز در هر بازه به تناسب تعداد کشاورزان مربوطه انتخاب شدند. به منظور برآورد حجم نمونه از فرمول کوکران (Cochran, 1977) که به صورت ذیل بیان می‌شود، استفاده شد.

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

$n$  = حجم نمونه

$N$  = اندازه جامعه آماری

$t$  = ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع

صفت مورد نظر از جدول  $t$  استیودنت به دست می‌آید

$S^2$  = برآورد واریانس صفت مورد مطالعه

$d$  = دقت احتمالی مطلوب

در پارامترهای بالا به‌خاطر اینکه واریانس صفت مورد مطالعه در ابتدا مشخص نیست، یک بررسی آزمایشی در مقیاس کوچک برای پی بردن به نواقص احتمالی و برآورد تقریبی صفت مورد مطالعه انجام شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های نمونه‌گیری مقدماتی و به دست آوردن تقریبی آماره‌های فوق در صفت مورد مطالعه در جامعه مورد نظر با داشتن مقدار پارامترهای فوق و قرار دادن آن‌ها در فرمول کوکران حجم نمونه‌گیری اصلی بدست آمد. بدین ترتیب حجم نمونه برای گندمکاران دشت سیلاخور ۱۱۴ کشاورز به دست آمد که به منظور افزایش دقت به ۱۲۰ کشاورز افزایش یافت (سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار ۳۰ مزرعه، سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار ۵۰ مزرعه و سطح ۵ هکتار

باشد (Chaudhary et al, 2006).

مصرف انرژی در مزرعه برای تولید محصولات کشاورزی شامل دو بخش مصرف مستقیم و غیرمستقیم انرژی می‌شود. نوع اول شامل انرژی سوخت مصرفی تراکتورها، موتورپمپ‌ها، خشک‌کن‌ها و دیگر ماشین‌ها و نیز انرژی الکتریکی مصرفی الکتروموتورها می‌باشد. مصرف غیر مستقیم انرژی در ساخت تجهیزات مزرعه، کود، آفت‌کش و نیز برای فرآیندسازی و تحویل مواد غذایی است (Alam et al, 2005).

برخی از محققین بر اساس داده‌هایی که از نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید ذرت علوفه‌ای در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵ به دست آمد با تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، عامل بهره‌وری کل را مورد ارزیابی و محاسبه قرار دادند و شاخص‌های مختلفی از جمله تغییر فناوری، استفاده ناصحیح از نهاده‌ها، نرخ رشد سود و غیره را بر بهره‌وری موثر دانستند (Zibaei et al, 2008).

طی پژوهشی به منظور تجزیه و تحلیل میزان انرژی مصرفی و همچنین تعیین میزان کارایی مزارع سویا در استان گلستان از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از این تکنیک می‌تواند باعث صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در میزان نهاده‌ها شود بدون اینکه محصول خروجی کاهش یابد (Mosavi et al 2011). در تحقیقی به بررسی میزان انرژی مصرفی در گلخانه‌های خیار شهر تهران پرداخته شد و میزان کارایی این گلخانه‌ها را با تحلیل پوششی داده‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج کار نشان داد که کارایی فنی گلخانه‌هایی که ناکاراه محسوب می‌شوند حدود ۹۱٪ است یعنی با افزایش کارایی این گلخانه‌ها و الگوگیری آن‌ها از واحدهایی که کارایی ۱۰۰٪ دارند می‌توان ۹٪ از انرژی هدر رفته را صرفه‌جویی کرد (Omid et al, 2011).

به منظور افزایش تولید گندم و غلبه تنش ناشی از کم‌آبی برای آبیاری گندم، پژوهشی را با هدف ارائه راهکارهایی جهت افزایش کارایی تولید گیاه گندم انجام گرفت. در این پژوهش نهاده‌های آب، بذر و کود به عنوان ورودی و گندم تولیدی به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. محققین این پروژه، تحلیل پوششی داده‌ها را ابزاری مناسب برای تجزیه و تحلیل بهره‌وری و محک بازده واحدهای تولیدی عنوان کردند (Malana and Malano, 2006).

در تحقیقی به بررسی کارایی گلخانه‌های توت‌فرنگی در شهر تهران با تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شد. نتایج نشان داد که با بکارگیری این تکنیک می‌توان حدود ۲۷ درصد در نهاده‌ها صرفه‌جویی کرد. نتایج بازگشت به مقیاس این گلخانه‌ها نشان داد که تنها تعداد اندکی از گلخانه‌ها با افزایش مقیاس قادر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها هستند (Banaeian et al, 2011).

این تحقیق دشت سیلاخور استان لرستان را مورد بررسی قرار

به بالا ۴۰ مزرعه).

انرژی‌های ورودی در تولید گندم شامل انرژی مصرفی در عملیات و انرژی مصرف شده در تولید ماشین‌های کشاورزی و کود، سم، بذر، نیروی انسانی، و غیره بودند. محاسبه انرژی مصرفی با استفاده از معادل انرژی مربوط به هر واحد از نهاده یا ستانده و ضرب آن در مقدار نهاده مصرف شده یا ستانده تولید شده، انجام گرفت البته در مطالعات، 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 در سطوح مختلف برای کشت یک هکتار گندم در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. همچنین انرژی ستانده محصول گندم دیم برای سطوح مختلف کشت نیز در جدول شماره ۳ آورده شده است.

به منظور ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی فنی واحدهای تولیدی روش‌های مختلفی وجود دارد که به دو گروه روش‌های پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند. در روش‌های پارامتری با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، تابع تولید مشخصی تخمین زده می‌شود. سپس با به کارگیری این تابع، نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌گردد. گروه دوم روش‌های غیر پارامتری هستند. مهمترین ویژگی روش‌های غیر پارامتری این است که نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی ندارند. از مهمترین روش‌های غیر پارامتری، تحلیل پوششی داده‌هاست (Charnes et al, 1984). تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۱</sup> یا DEA نوعی مدل برنامه ریزی خطی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری<sup>۲</sup> یا DMU را اندازه گیری می‌کند. به عبارت دیگر DEA یک تکنیک برنامه ریزی کمی جهت اندازه گیری عملکرد نسبی واحدهای سازمانی می‌باشد که چون دارای نهاده و ستانده‌های مختلف هستند، در مقایسه و سنجش کارایی مشکل 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 عوامل تولید نیز ضرورت ندارد. کارایی به دست آمده در روش DEA، کارایی نسبی است و مرز کارایی را ترکیب همگرایی از واحدهای کارا ایجاد می‌کنند. در این مدل کارایی از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$(۲) \quad \text{کارایی} = \frac{\text{مجموع موزون ورودی‌ها}}{\text{مجموع موزون خروجی‌ها}}$$

هر واحد که روی مرز کارایی قرار داشته باشد، کارا و در غیر این صورت ناکاراست. جهت کارا شدن یک واحد ناکارا، باید تغییراتی در نهاده‌ها و ستانده‌های این واحد صورت گیرد. شایان ذکر است که پس از اجرای مدل‌های DEA، مجموعه‌ای تحت عنوان مجموعه مرجع شناسایی می‌گردد. در این مجموعه مشخص می‌شود که واحد ناکارا برای رسیدن به مرز کارایی، باید با کدامیک از واحدهای ناکارا مقایسه

شود.

DEA دارای چهار مدل اصلی است که عبارتند از: مدل بازگشت به مقیاس ثابت CRS<sup>۳</sup> (در برخی مواقع CCR نیز نامیده می‌شود)، مدل بازگشت به مقیاس متغیر VRS<sup>۴</sup> (BCC نیز نامیده می‌شود)، مدل بازگشت به مقیاس افزایشی IRS<sup>۵</sup> و مدل بازگشت به مقیاس کاهش DRS<sup>۶</sup>. هر کدام از مدل‌های فوق دارای دو جهت مطالعاتی خروجی محور و ورودی محور هستند. منظور از ورودی محور این است که به چه میزان باید ورودی‌ها را با ثابت نگه‌داشتن میزان خروجی‌ها، کاهش داد تا واحد مورد نظر به مرز کارایی برسد. در اندازه‌گیری‌های خروجی محور سعی بر آن است که با ثابت نگه‌داشتن میزان ورودی به حداکثر مقدار خروجی، دست یافته و واحد به مرز کارایی برسد. مرجعی که برای مقایسه واحدهای غیر کارا استفاده می‌شود، واحدهای هم‌تا هستند. این واحدها روی مرز کارایی یا بهترین مرز عملکردی قرار می‌گیرند (Gheisari et al, 2007).

تحلیل پوششی، کارایی را در سه تعریف متفاوت ارائه می‌دهد که شامل کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس است. کارایی فنی اساساً به وسیله واحدهای ارزیابی شده برای عملکردشان که وابسته به دیگر واحدهاست، اندازه‌گیری می‌شود. کارایی فنی خالص، کارایی فنی است که متاثر از جابجایی کارایی مقیاس<sup>۷</sup> می‌باشد. کارایی مقیاس از تقسیم کارایی فنی بر کارایی فنی خالص حاصل می‌شود. تفاوت این سه کارایی در شکل ۱ توضیح داده شده است. خط MN سیستم پوششی داده‌ها را با بازگشت به مقیاس ثابت نشان می‌دهد. این خط از مبدأ تا نهایت نقاط داده شده، کشیده شده است. بنابراین کارایی مقیاس برای  $P_1$  برابر واحد است، اگرچه برای دیگر واحدها کمتر از یک می‌باشد. واحد  $P_6$  مقدار کم ورودی آن برابر AD و مقدار خروجی آن برابر AM است. نقاط B و C نقاطی هستند که خط AD با خط MN و خط پوششی داده‌ها برخورد کرده است. مقدار AB، ایده‌آل ورودی تفسیر می‌شود که برای تولید مقدار B از خروجی بر روی MN لازم است (چنانچه فرض بازگشت به مقیاس ثابت استوار باشد). اگر سیستم بازگشت به مقیاس کاهش که یک پدیده واقعی‌تر است بررسی شود، در این حالت مقدار ورودی AC قادر به تولید خروجی B در روی MN می‌باشد (Samavatian et al, 2009).

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 اساس انتخاب می‌شود. در مطالعه حاضر چون دستکاری و کم و زیاد کردن نهاده‌ها عملی‌تر است، از مدل CRS و

3- Constant return to scale

4-Variable return to scale

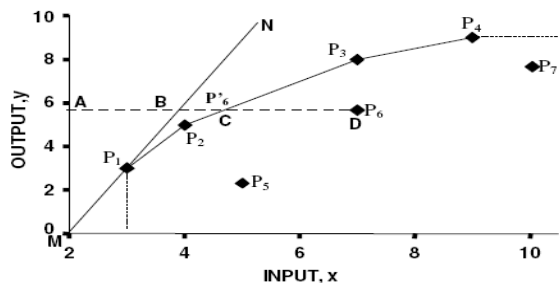
5- Increase return to scale

6- Decrease return to scale

7- Scale efficiency

1- Data envelopment analysis

2- Decision making unit



شکل ۱- مرز کارایی برای واحدها با یک ورودی و یک خروجی (Samavatian et al., 2009)  
Fig 1- Frontier efficiency for units with one input and output (Samavatian et al., 2009)

### نتایج و بحث

همانگونه که از جدول ۲ پیداست، بالاترین انرژی مصرفی در بین کلیه سطوح زیر کشت مربوط به انرژی نهاده بذر، کود و سموم شیمیایی است. بعد از انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی، بیشترین سهم مصرف انرژی مربوط به سوخت مصرفی می‌باشد. نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد که سطح زیر کشت بین ۲/۱ تا ۵ هکتار با ۲۶۲۹۸ مگاژول بر هکتار دارای بیشترین انرژی ستانده دانه بوده و سطح زیر کشت بین ۰/۱ تا ۲ هکتار با ۲۵۴۸۰ مگاژول بر هکتار دارای کمترین انرژی ستانده دانه می‌باشد. همچنین بالاترین انرژی ستانده کاه مربوط به سطح زیر کشت بین ۰/۱ تا ۲ هکتار با ۲۸۲۰۸ مگاژول بر هکتار و کمترین انرژی ستانده کاه مربوط به سطح زیر کشت بالای ۵ هکتار با ۵۲۱۸ مگاژول بر هکتار می‌باشد. دلیل اینکه بیشترین مقدار از سهم انرژی کاه به سطح بین ۰/۱ تا ۲ هکتار اختصاص یافته این است که در این سطح کشت، کشاورزان برای تغذیه دام‌های خود نیاز بیشتری به کاه دارند. ولی در سطوح کشت بالاتر برخی از کشاورزان پس از برداشت، کاه را در زمین رها می‌کنند. بنابراین انرژی ستانده کاه در سطح زیر کشت بالای ۵ هکتار پایین می‌باشد. در نهایت سطح زیر کشت بین ۰/۱ تا ۲ هکتار با ۵۳۶۸۸ مگاژول بر هکتار دارای بیشترین انرژی ستانده و سطوح زیر کشت ۲/۱ تا ۵ هکتار و بالای ۵ هکتار با ۴۵۲۹۸ و ۳۱۲۱۹ مگاژول بر هکتار رده‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. علت ستانده بالای انرژی در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار استفاده بیشتر از کاه و همچنین استفاده از کود شیمیایی بیشتر و انجام به موقع عملیات خصوصاً در زمان کاشت می‌باشد.

در این پژوهش ابتدا از بین داده‌های هر سه سطح، داده‌های پرت با توجه به روش‌های آماری تشخیص و حذف شد. در نهایت از سطح اول ۱۹ مزرعه، از سطح دوم ۳۱ مزرعه و از سطح سوم ۲۵ مزرعه

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp}$$

$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} \leq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

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

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

$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} + w \leq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

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

که در آن  $E_p$  نرخ کارایی واحد  $i$  ام،  $U_r$  وزن ورودی‌ها،  $Y_{rp}$  مقدار خروجی  $r$  ام برای  $DMUp$ ،  $V_i$  وزن ورودی‌ها،  $X_{ip}$  مقدار ورودی  $i$  ام برای  $DMUp$ ،  $Y_{rj}$  مقدار خروجی  $r$  ام برای  $DMUj$ ،  $X_{ij}$  مقدار ورودی  $i$  ام برای  $DMUj$ ،  $j = 1, 2, \dots, n$  تعداد خروجی‌ها و  $m$  تعداد ورودی‌ها می‌باشد (Banker et al., 1984). گفتنی است برای اینکه بتوان به نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها اعتماد کرد، باید حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری مورد مطالعه از رابطه ۵ محاسبه شود (Yong and Chunweki, 2003):

$$(I+O) \geq 3 \quad (5)$$

در رابطه فوق  $I$  تعداد نهاده‌ها و  $O$  تعداد ستانده‌هاست. در تحقیق حاضر پنج نهاده تولید یعنی انرژی مربوط به ساخت و استهلاک ماشین‌آلات، انرژی سوخت مصرفی، انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی (انواع آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها)، انرژی کارگری و انرژی حمل و نقل به عنوان نهاده و انرژی محصول (مجموع کاه و دانه) به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. بنابراین حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری برای تجزیه و تحلیل برابر است با:

$$(5+1) \times 3 = 18 \quad (6)$$

برای انجام تحلیل وارد نرم افزار Frontier Analyst5 شدند.

جدول ۱- معادل نهاده ها و ستانده‌های انرژی در تولیدات کشاورزی  
Table 1- Energy equivalents of inputs and outputs in agricultural production

منبع Reference	انرژی بر هر واحد (MJ) Energy equivalent (MJ)	واحد Unit	الف- نهاده های انرژی Energy inputs
Mandal et al., 2002	1.96	ساعت hr	۱- نیروی کارگری Human labor مرد man
Kaltschmitt et al., 1997	47.1	کیلوگرم kg	۲- کودهای شیمیائی Chemical fertilizer ازت N
Kaltschmitt et al., 1997	15.8	کیلوگرم kg	سوپر فسفات تربیل P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Kaltschmitt et al., 1997	101.2	کیلوگرم kg	۳- سموم شیمیائی Chemical poisons حشره کش Insecticidal
Kaltschmitt et al., 1997	238	کیلوگرم kg	علف کش Herbicide
Karkacier and Goktolga, 2005	93.61	کیلوگرم kg	۴- ماشین های کشاورزی Agricultural machinery تراکتور Tractor
Karkacier and Goktolga, 2005	87.63	کیلوگرم kg	کامبین Combine
Mandal et al., 2002	62.7	کیلوگرم kg	ادوات و ماشین آلات Equipment of machines
Yaldiz et al., 1993	25	کیلوگرم kg	۵- بذر Seed گندم Wheat
Yaldiz et al., 1993	14.7	کیلوگرم kg	ب- ستانده‌های انرژی Energy outputs دانه Grain
Yaldiz et al., 1993	12.5	کیلوگرم kg	کاه Straw

برای هر سه سطح مدل‌های CRS و VRS نهاده محور، تهیه و جواب بهینه هر مدل استخراج گردید. به عنوان نمونه، مدل CRS واحد شماره ۱ در سطح زیر کشت ۰/۱ تا ۲ هکتار به صورت زیر فرمول-

$$MAX = 29400Y$$

$$St: 5515.6X_1 + 18.62X_2 + 3845.51X_3 + 111.75X_4 + 429.87375X_5 = 1$$

$$(واحد ۱) 29400Y - 5515.6X_1 - 18.62X_2 - 3845.51X_3 - 111.75X_4 - 429.87375X_5 \leq 0$$

$$22050 Y - 3801.7X_1 + 12.74X_2 + 4323.51X_3 + 127.5X_4 + 485.6575X_5 \leq 0$$

(واحد ۶۰)

جدول ۲- وضعیت مصرف انرژی در سطوح مختلف کشت گندم دیم (مگاژول بر هکتار)

Table 2- Energy used status for wheat production in different levels of planting (MJ/ha)

۵/۱ هکتار به بالا Over 5.1 ha		۲/۱ تا ۵ هکتار 2.1 up to 5 ha		۰/۱ تا ۲ هکتار 0.1 up to 2 ha		نهاده Input
درصد %	معادل انرژی (MJ) Energy equivalent (MJ)	درصد %	معادل انرژی (MJ) Energy equivalent (MJ)	درصد %	معادل انرژی (MJ) Energy equivalent (MJ)	
4.42	497.58	3.71	426.27	2.63	303.14	ساخت و استهلاک ماشین‌آلات Machinery manufacture and depreciation
40.17	4517.16	38.29	4399.95	31.32	3601.41	سوخت مصرفی Fuel consumption
54.07	6079.97	56	6435.21	63.63	7315.39	بذر، کود و سموم شیمیایی Seed, fertilizer and chemical poisons
0.4	44.83	0.84	96.85	1.32	151.83	نیروی انسانی Human labor
0.93	145.1	1.14	131.58	1.1	123.88	حمل و نقل Transportation
100	11284.63	100	11498.88	100	11495.67	مجموع Total

جدول ۳- انرژی ستانده برای محصول گندم دیم در سطوح مختلف کشت (مگاژول بر هکتار)

Table 3- Energy output for wheat production in different levels of planting (MJ/ha)

۵/۱ هکتار به بالا Over 5.1 ha		بین ۲/۱ تا ۵ هکتار 2.1 up to 5 ha		بین ۰/۱ تا ۲ هکتار 0.1 up to 2.1 ha		محصول output
درصد %	انرژی (MJha <sup>-1</sup> ) Energy (MJha <sup>-1</sup> )	عملکرد (kg ha <sup>-1</sup> ) Yield (kg ha <sup>-1</sup> )	درصد %	انرژی (MJha <sup>-1</sup> ) Energy (MJha <sup>-1</sup> )	عملکرد (kg ha <sup>-1</sup> ) Yield (kg ha <sup>-1</sup> )	
83.28	26000	1768	58.05	26298	1789	دانه Grain
16.72	5218	417	41.95	19000	1520	کاه Straw
100	31218	2185	100	45298	3309	مجموع Total

با استفاده از ۲۰/۳، ۲۴/۷ و ۳۲ درصد از نهاده‌ها و با ثابت ماندن میزان خروجی، واحدهای ناکارا در هر سه سطح می‌توانند به مرز کارایی رسیده و ۷۷٪ از مجموع نهاده‌ها در هر سه سطح را با افزایش کارایی خود ذخیره کنند.

طبق نتایج این جدول، در مدل CRS در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار، ۴ مزرعه، در سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار، ۳ مزرعه و در سطح ۵ هکتار به بالا نیز ۳ مزرعه کارا هستند همچنین در مدل VRS در سطح ۰/۱ تا

بر این اساس برای هر یک از سطوح زیر کشت مورد مطالعه، فرمول CRS و VRS تهیه و از حل آن‌ها مقدار کارایی هر واحد تعیین گردید و نتایج در جدول ۴ خلاصه گشت.

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۴، میانگین کارایی فنی مزارع ناکارا در کشت گندم دیم در سطوح ۰/۱ تا ۲ هکتار، ۲/۱ تا ۵ هکتار و ۵ هکتار به بالا با مدل CRS ورودی محور را می‌توان به ترتیب ۷۹/۷، ۷۵/۳ و ۶۸ درصد محاسبه کرد، یعنی به ترتیب

۲ هکتار ۶ مزرعه، در سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار ۶ مزرعه و در سطح ۵ هکتار به بالا ۵ مزرعه کارا بوده و بقیه مزارع به درجات مختلف، ناکارا محسوب می‌شوند. مقدار کارایی واحدهای تولیدی به این مفهوم است که هر کدام از واحد باید قادر باشند میزان مصرف خود را از کلیه

جدول ۴- انواع کارایی‌های فنی، فنی خالص و مقیاس و بازده به مقیاس در سطوح مختلف کشت گندم دیم

Table 4- Technical, pure technical and scale efficiency with return to scale in different levels of dry wheat

مزارع بالاتر از ۵ هکتار Over 5 ha					مزارع بین ۲/۱ تا ۵ هکتار 2.1 up to 5 ha					مزارع بین ۰/۱ تا ۲ هکتار 0.1 up to 2 ha				
SE	ES	EVRS	ECRS	Dmu	SE	ES	EVRS	ECRS	Dmu	SE <sup>4</sup>	ES	EVRS <sup>3</sup>	ECRS <sup>2</sup>	Dmu <sup>1</sup>
(IRS) افزایشی	96%	87%	84%	3	(IRS) افزایشی	97%	75%	73%	3	(IRS <sup>5</sup> ) افزایشی	98%	89%	88%	2
(IRS) افزایشی	97%	92%	90%	4	(IRS) افزایشی	95%	100%	95%	4	ثابت (CRS <sup>6</sup> )	100	100%	100%	3
(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	5	(IRS) افزایشی	95%	72%	69%	6	ثابت (CRS)	100	100%	100%	5
(IRS) افزایشی	88%	63%	56%	7	(IRS) افزایشی	95%	100%	95%	9	(IRS) افزایشی	95%	85%	81%	6
(IRS) افزایشی	94%	57%	54%	8	(IRS) افزایشی	94%	78%	74%	11	(IRS) افزایشی	97%	79%	77%	9
(IRS) افزایشی	92%	54%	50%	11	(IRS) افزایشی	97%	95%	93%	12	(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	10
(IRS) افزایشی	97%	89%	87%	13	(IRS) افزایشی	97%	82%	80%	14	(IRS) افزایشی	97%	83%	81%	12
(IRS) افزایشی	96%	79%	76%	15	(IRS) افزایشی	96%	89%	86%	15	(IRS) افزایشی	975	93%	91%	15
ثابت (CRS)	100%	100	100%	17	(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	18	(IRS) افزایشی	90%	62%	56%	18
(IRS) افزایشی	90%	60%	54%	19	(IRS) افزایشی	94%	78%	74%	20	(IRS) افزایشی	97%	74%	72%	19
ثابت (CRS)	100%	100	100%	20	(IRS) افزایشی	94%	74%	70%	21	(IRS) افزایشی	97%	85%	83%	20
ثابت (CRS)	100%	100	100%	21	(IRS) افزایشی	95%	100%	95%	23	(IRS) افزایشی	97%	79%	77%	22
(IRS) افزایشی	93%	79%	74%	23	ثابت (CRS)	100%	100%	100%	24	(IRS) افزایشی	95%	83%	79%	24
(IRS) افزایشی	98%	77%	76%	25	(IRS) افزایشی	97%	83%	81%	27	(IRS) افزایشی	96%	100%	96%	25
(IRS) افزایشی	94%	56%	53%	26	ثابت (CRS)	100%	100%	100%	31	ثابت (CRS)	100	100%	100%	26
(IRS) افزایشی	96%	54%	52%	28	(IRS) افزایشی	97%	78%	76%	33	(IRS) افزایشی	96%	84%	81%	27
(IRS) افزایشی	92%	53%	49%	30	(IRS) افزایشی	95%	72%	69%	34	(IRS) افزایشی	94%	100%	94%	28
(IRS) افزایشی	94%	89%	84%	31	(IRS) افزایشی	93%	47%	44%	35	ثابت (CRS)	100	100%	100%	29
(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	33	(IRS) افزایشی	96%	86%	83%	36	(IRS) افزایشی	96%	78%	75%	30
(IRS) افزایشی	89%	49%	44%	34	(IRS) افزایشی	92%	56%	52%	37	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	90%	63%	57%	36	(IRS) افزایشی	94%	73%	69%	38	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	94%	68%	64%	37	(IRS) افزایشی	95%	74%	71%	39	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	89%	100	89%	38	(IRS) افزایشی	92%	64%	59%	40	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	91%	100	91%	39	(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	42	-	-	-	-	-
(IRS) افزایشی	96%	87%	84%	40	(IRS) افزایشی	97%	84%	82%	43	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	96%	89%	86%	44	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	96%	94%	91%	45	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	ثابت (CRS)	100%	100%	100%	46	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	98%	79%	78%	47	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	94%	69%	65%	48	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	(IRS) افزایشی	95%	73%	70%	50	-	-	-	-	-
-	94	75.7	71.9	میانگین	-	95.6	80.7	77.7	میانگین	-	96.6	86.4	84	میانگین
				Mean					Mean					Mean

۱-  $Dmu$  = واحد تولیدی (Decision making unit)  $E_{CRS} - 2$  = کارایی فنی (Efficiency of constant return to scale)  
 ۲-  $E_{VRS}$  = کارایی فنی خالص (Efficiency of variable return to scale)  $E_S - 4$  = کارایی مقیاس (Scale efficiency)  
 ۳-  $IRS$  = بازده به مقیاس افزایشی (Increase return to scale)  $CRS - 6$  = بازده به مقیاس ثابت (Constant return to scale)

در این مطالعه بیشترین نهاده‌ای که با استفاده از *DEA* می‌توان مصرف آن صرفه‌جویی کرد در هر سه سطح مربوط به نهاده کود و سموم شیمیایی است. در تحقیقی که بر روی گردو انجام شد نیز نهاده کود و سموم شیمیایی مستعد بیشترین مقدار صرفه‌جویی با این روش بودند (Banaeian et al., 2010). نتیجه این تحقیق با پژوهشی که توسط Samavatian et al (2009) بر روی محصول سیر انجام گرفت هم راستا بود. این در حالی است که طبق نتایج Pishgar et al (2011) در کشت ذرت نهاده سوخت مصرفی می‌تواند بیشترین پتانسیل ذخیره‌سازی با این تکنیک را داشته باشد. همچنین در تحقیقی که توسط Mousavi-Avval et al (2011) بر روی یک واریته ذرت در گلستان انجام شده بود، نهاده الکتریسیته به عنوان مستعدترین نهاده جهت ذخیره‌سازی معرفی شده است. در تحقیقی دیگر که توسط همین نویسندگان بر روی محصول سویا در گلستان انجام شد، باز هم نهاده الکتریسیته بیشترین مقدار صرفه‌جویی را نشان داد (Mousavi-Avval et al., 2011). این در حالی است که در اکثر گلخانه‌های سطح کشور اغلب نهاده سوخت مصرفی بیشترین پتانسیل صرفه‌جویی را داراست (Banaeian et al., 2011; Omid et al 2011).

### نتیجه گیری

بیشترین سهم مصرف انرژی در کشت گندم دیم منطقه سیلاخور مربوط به انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی است. سطح زیر کشت بین ۰/۱ تا ۲ هکتار به دلیل مصرف بالای بذر و کود شیمیایی، بیشترین انرژی مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. بعد از انرژی بذر، کود و سموم شیمیایی، بیشترین سهم مصرف انرژی مربوط به سوخت مصرفی می‌باشد. در کشت گندم دیم بیشترین انرژی سوخت مصرفی مربوط به سطح زیر کشت بالای ۵ هکتار است و با افزایش سطح زیر کشت، مقدار آن افزایش می‌یابد. در نهایت بهترین سطوح زیر کشت، سطوح بین ۰/۱ تا ۲ هکتار و ۲/۱ تا ۵ هکتار بوده و بدترین آن‌ها از نظر مصرف انرژی، سطوح زیر کشت بالای ۵ هکتار می‌باشد. با توجه به نتایج *DEA*، می‌توان برای دقیق و کاربردی‌تر بودن نتایج حاصل، ثبت دقیق مقدار نهاده‌های مصرفی و هزینه‌های انجام شده برای واحدهای تولیدی کشاورزی انجام شود. با توجه به دقت و کاربردی بودن نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌ها، می‌توان از این نتایج برای ارائه روش‌های مدیریتی صحیح در مصرف نهاده‌ها برای تولید محصولات کشاورزی استفاده کرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحلیل در مقاله حاضر، مقادیر مازاد مصرف نهاده‌ها، مزارع کارا و

اگر یک واحد تولیدی از نظر مدل *VRS* کاملاً کارا ولی مقدار کارایی پایینی از نظر مدل *CRS* داشته باشد، آنگاه موضعاً کاراست ولی کارایی کل ندارد (در این حالت ناکارایی کل ناشی از ناکارایی مقیاس است ولی اگر کارایی در هر دو مدل *CRS* و *VRS* کمتر از ۱۰۰٪ باشد در این حالت ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا ناکارایی شرایط واحد تولیدی و همچنین ناکارایی مدیریتی است). بنابراین اصولاً منطقی است ناکارایی مقیاس یک واحد تولیدی به وسیله این دو کارایی مشخص گردد (Ghojabeige et al., 2009).

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول ۴، در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار مزارع ۲۵ و ۲۸، در سطح ۲/۱ تا ۵ هکتار مزارع شماره ۴، ۹ و ۲۳ و در سطح ۵ هکتار به بالا مزارع ۳۸ و ۳۹ به‌طور موضعی کارا عمل می‌کنند یعنی در آن‌ها کارایی فنی خالص مساوی یک است ولی کارایی کلی آن‌ها کوچکتر از یک می‌باشد که این ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا مدیریتی است. ناکارایی سایر مزارع، ناشی از ناکارایی مدیریتی و همچنین شرایط مزرعه (ناکارایی مقیاس) است. وقتی یک واحد تولیدی کارایی *VRS* است، وضعیت بازده به مقیاس از طریق وزن خروجی مشخص می‌شود. اگر کوچکتر از صفر باشد بازده به مقیاس افزایشی است، اگر بزرگتر از صفر باشد بازده به مقیاس کاهش‌ی و اگر مساوی 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 کاهش‌ی است یعنی افزایش در خروجی همواره حداقل به اندازه‌ای متناسب با ورودی است (Ghojabeige et al., 2009). در جدول ۴ وضعیت بازده به مقیاس برای مزارع گندم دیم در هر سه سطح مشخص شده است.

جدول ۵ نتایج حاصل از تحلیل مزارع گندم در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار با مدل بازگشت به مقیاس ثابت ورودی محور برای تعیین مازاد و کمبود نهاده‌ها را نشان می‌دهد. برای هر کدام از واحدهای ناکارا تعیین شده که به چه میزان از مصرف نهاده‌های مازاد کم کنند تا کارا شوند. مثلاً مزرعه شماره ۹ با کارایی ۷۷٪ باید ۵۶ واحد از نهاده ادوات و ماشین‌آلات، ۹۸ واحد از نهاده نیروی انسانی، ۴۶۷۸ واحد از نهاده کود شیمیایی، بذر و سم مصرفی و همچنین ۳۵۸۹ واحد از نهاده سوخت را کاهش دهد تا بر روی مرز کارایی قرار گیرد. شکل ۲، متوسط سهم هر یک از نهاده‌ها در کاهش مصرف انرژی مزارع گندم در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار را نشان می‌دهد. مشابه این کار برای دو سطح دیگر نیز انجام شد که نتیجه کار به‌صورت شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.



ناکارا تعیین شده‌اند که از این موارد برای مصرف بهینه منابع انرژی در دوره‌های کشت آینده می‌توان استفاده کرد.

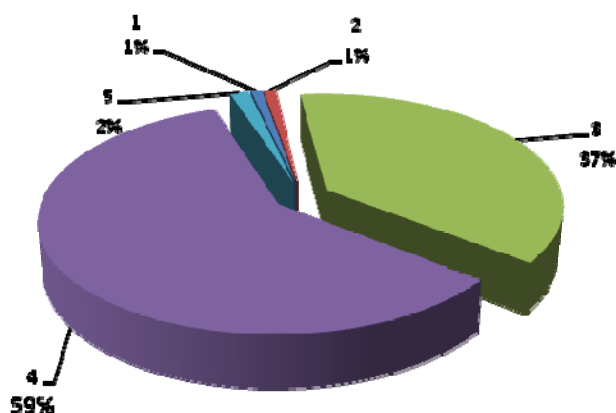
موارد زیر را پیشنهاد داد:

پیشنهاد می‌شود که با بهبود عملیات مدیریتی شامل: استفاده بهینه از کودها، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و با افزایش عملکرد، کارایی انرژی یعنی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی را بهبود بخشید.

به منظور بهبود کارایی انرژی در کشت گندم دیم می‌توان

جدول ۵- مازاد و کمبود مصرف انرژی در سطح ۰/۱ تا ۲ هکتار با مدل CRS نهاده محور (MJ/ha)  
 Table 5- Slack and surplus of energy consumption in 0.1 up to 2 levels farms with CRS model

سوخت Fuel	ادوات و ماشین‌آلات Equipment and machinery	کود، سم و بذر fertilizer, seed and poison	نیروی انسانی Human labor	حمل و نقل Transportation	کارایی (درصد) Efficiency	مزرعه Farm
1560	129	5123	0	75	88%	2
0	0	0	0	0	100%	3
0	0	0	0	0	100%	5
2700	201	4512	0	100	81%	6
3589	56	4678	98	0	77%	9
4153	202	5451	91	72	65%	10
2312	100	2452	100	101	81%	12
1570	0	2130	78	0	91%	15
4570	220	6732	85	59	56%	18
2278	134	4412	0	95	72%	19
1450	0	1312	79	83	83%	20
2451	212	4121	0	87	77%	22
1268	0	3124	89	0	79%	24
213	0	1200	0	0	96%	25
0	0	0	0	0	100%	26
3201	123	3700	101	0	81%	27
1213	0	2154	83	75	94%	28
0	0	0	0	0	100%	29
2980	78	5410	100	93%	75%	30

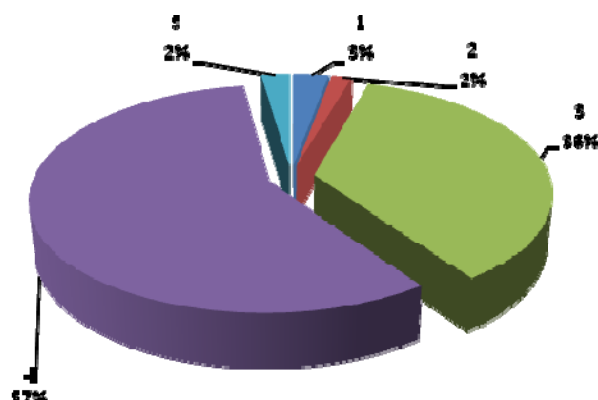


شکل ۲- انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده در مزارع گندم بین ۰/۱ تا ۲ هکتار با مدل CRS نهاده محور

۱- حمل و نقل ۲- نیروی انسانی ۳- سوخت ۴- کود، بذر و سموم ۵- استهلاک و ساخت ماشین‌آلات

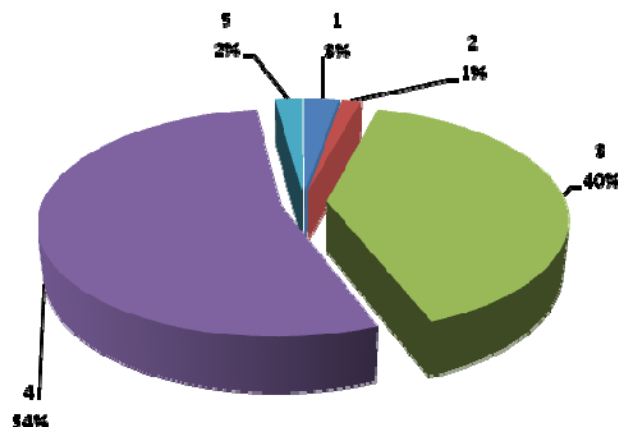
Fig 2- Energy saving with each of input in 0.1 up to 2 ha levels farms with CRS model

1- Transportation 2- Human labor 3- Fuel 4- fertilizer, seed and poison 5- Equipment and machinery



شکل ۳- انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده در مزارع گندم بین ۲/۱ تا ۵ هکتار با مدل CRS نهاده محور  
 ۱- حمل و نقل ۲- نیروی انسانی ۳- سوخت ۴- کود، بذر و سموم ۵- استهلاک و ساخت ماشین آلات

Fig 3- Energy saving with each of input in 2.1 up to 5 ha levels farms with CRS model  
 1- Transportation 2- Human labor 3- Fuel 4- fertilizer, seed and poison 5- Equipment and machinery



شکل ۴- انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده در مزارع گندم ۵ هکتار به بالا با مدل CRS نهاده محور  
 ۱- حمل و نقل ۲- نیروی انسانی ۳- سوخت ۴- کود، بذر و سموم ۵- استهلاک و ساخت ماشین آلات

Fig 4- Energy saving with each of input in over 5 ha levels farms with CRS model  
 1- Transportation 2- Human labor 3- Fuel 4- fertilizer, seed and poison 5- Equipment and machinery

می باشد.

### سیاسگزاری

از مدیریت محترم جهاد کشاورزی شهرستان خرم آباد و کشاورزان منطقه سیلاخور کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

از آنجایی که بیشترین انرژی سوخت فسیلی به صورت سوخت مصرفی ماشین‌های کشاورزی استفاده می‌شود و یکی از ارقام تشکیل دهنده هزینه‌های متغیر در تولیدات کشاورزی می‌باشد، بنابراین تلاش در جهت استفاده بهینه از سوخت و مدیریت ماشین‌های کشاورزی در راستای کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از هدر رفتن سوخت، یکی از قدم‌های مهم در جهت کارایی مصرف انرژی

### منابع

1- Anonymous. 2009. Annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran.

- 2- Alam. M.S., M.R. Alam and K.K. Islam. 2005. Energy flow in agriculture: *Bangladesh American Journal of Environmental Science* 1(3): 213-22.0
- 3- Banaeian, N., M. Zangeneh and M. Omid. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using data envelopment analysis (DEA). *Australian Journal of Crop Science* 4(5): 359-362.
- 4- Banaeian, N., M. Omid and H. Ahmadi. 2011. Application of data envelopment analysis to evaluate efficiency of commercial greenhouse strawberry. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 3(3): 185-193.
- 5- Banker, R.D., A. Charnes and W.W. Cooper. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30(3):1078-1092.
- 6- Charnes, A.W., W. Copper and E. Rhodes. 1984. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2(1): 429-444.
- 7- Chaudhary, V.P., B. Gangwar and D.K. Pandey. 2006. Auditing of energy use and output of different cropping systems in India. *Agricultural Engineering International, the CIGR journal EE 05001, Vol 8.*
- 8- Cochran, W.G. 1977. *Sampling Techniques. Third Edition.*
- 9- Gheisari, K., H. Mehran and A.R. Jafari 2007. A general review of envelopment analysis of phase data. *The Scientific Publishing Center, Islamic Azad University of Qazvin. (In Farsi)*
- 10- Ghojabeige, F., M. Omid, H. Ahmadi and D. Delshad. 2009. Evaluation and development of efficient usage of energy recourses in cucumber production in green houses in province of Tehran, by using data envelopment analysis, *The 6th national conference of mechanic and mechanization of agricultural machinery. Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Tehran, Iran (In Farsi).*
- 11- Kaltschmitt, M., G.A. Reinhardt and T. Stelzer. 1997. Life cycle analysis of bio fuels under different environmental aspects. *Biomass and Bioenergy* 12(2):121-134.
- 12- Karkacier, O., and Z.G. Goktolga. 2005. Input-output analysis of energy use in agriculture. *Energy Conversion and Management* 46(9-10):1513- 1521.
- 13- Malana, N., and H. Malano. 2006. Benchmarking productive efficiency of selected wheat areas in Pakistan and India using data envelopment analysis. *Irrigation and Drainage* 55(4): 383-394.
- 14- Mandal, K.G., K.P. Saha, P.K. Ghosh, K.M. Hati and K.K. Bandyopadhyay. 2002. Bio energy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy* 23(5): 337-345.
- 15- Mousavi-Avval, S.H., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi .2011. Optimization of energy consumption for soybean production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Applied Energy*. doi:10.1016/j.apenergy.2011.04.021
- 16- Mousavi-Avval, S.H., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi .2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Energy* 36: 2765- 2772.
- 17- Nasirian, N., M. Almasi, S. Minaee and H. Bakhoda. 2006. Study of energy flow in sugarcane production in an Agro-industry unit in South of Ahwaz. In *Proceedings of 4th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 28-29 Aug. Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Farsi).*
- 18- Omid, O., F. Ghojabeige, M. Delshad and H. Ahmadi. 2011. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management* 52:153-162.
- 19- Pishgar, S.H., M. Omid and A. Keyhani. 2011. Study on energy use pattern and efficiency of corn silage in Iran by using data envelopment analysis (DEA) technique. *International Journal of Environmental Sciences* 1(6): 1094-1106.
- 20- Samavatian, N., S.H. Rafii and M. Mobli. 2009. Evaluation of developing the energy consumption for garlic production by using data envelopment analysis. *The 6th national conference of mechanic and mechanization of agricultural machinery. Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Tehran (In Farsi).*
- 21- Yaldiz, O., H.H. Ozkan, Y. Zeren and A. Bascetincelik. 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.
- 22- Yong, T., and K. Chunweki. 2003. A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. *European Journal of Operational Research* 147(2): 128-136.
- 23- Zibaei, M., M. Kafi and M. Bakhshodeh. 2008. The effects of veterinary services on technical efficiency of dairy farms in Iran; a DEA approach. *Iranian Journal of Veterinary Research* 9(4): 371-377.