تعیین کارایی انرژی گندم‌کاران شهرستان ارومیه در شرایط عدم حتمیت

سمیه کریمی[۱*]، مصطفی مردانی[۲]،محمود صبوحی[۳]، منیره زینالی[۴]
۱- دانشجوی ارشدگروه اقتصادکشاورزی، دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه زابل
۲- دانشجوی دکترا گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳ - دانشیارگروه اقتصادکشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشجوی ارشدگروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
Karimi_6045@yahoo.com*

چکیده

در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک از داده‌های دقیق و قطعی برای سنجش کارایی واحدهای تولیدکننده استفاده می‌شود. این درحالی است که در دنیای واقعی نمی‌توان مقادیر دقیقی را برای هر یک از نهاده‌ها و ستاده‌ها مشخص نمود. در مطالعه حاضر با استفاده از روش تحلیل پوششی داده با پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری به تعیین کارایی انرژی کشاورزان گندمکار (دیم) شهرستان ارومیه پرداخته شد. داده‌ها به طور تصادفی و از طریق تکمیل ۶۳ پرسشنامه و مصاحبه چهره به چهره از کشاورزان این منطقه جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد بیشترین مصرف انرژی نهاده مربوط به سوخت مصرفی (۵۸/۱۲٪)بوده و شاخص کارایی انرژی برای مدل‌های بازده ثابت نسبت به مقیاس و بازده متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب۵/۶ و ۲/۵بدست آمد. کل انرژی بهینه با اعمال این شاخص‌ها برای مدل‌های معرفی شده به ترتیب۸۵۶۵/۳ و ۱۸۷۲۶/۴۷محاسبه شد. بدین معنی که می‌توان به میزان ۵۳/۷ ٪ و ۷ ٪ انرژی مصرفی را در تولید این محصول کاهش داد. جهت کاهش مصرف انرژی در نهاده سوخت، استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی با راندمان مصرف سوخت بالاتر و یا تنظیم زمان عملیات کشاورزی برای مزارعی که امکان استفاده مشترک از این ماشین‌آلات را دارند، توصیه می‌شود.

کلمات‌کلیدی: گندم دیم، تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی انرژی، پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری

مقدمه:

گندم با نام علمی Tritium aestivum L یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان زراعی در سطح جهان به شمار می‌رود. در ایران گندم به عنوان مهمترین محصول زراعی محسوب می‌شود. در سال ۱۳۸۵ سطح زیر کشت آن ۶/۵ میلیون هکتار بوده که از این سطح ۴/۲ میلیون هکتار به کشت دیم و ۲/۳ میلیون هکتار به کشت آبی اختصاص داده شده است (مرادی، ۱۳۸۷). متوسط تولید آن بیش از ۲۰۰۰کیلوگرم در هکتار و متوسط مصرف سرانه ۲۲۰ کیلوگرم می‌باشد (آمار سالانه کشاورزی ایران، ۱۳۸۹). امروزه بخش کشاورزی جهت پاسخگویی به نیاز روز افزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین به میزان زیادی وابسته به مصرف انرژی می‌باشد. با توجه به محدود بودن منابع طبیعی و اثرات سوء ناشی از استفاده نامناسب انرژی و نابودی محیط زیست، بررسی الگوهای مصرف انرژی در بخش کشاورزی امر حیاتی محسوب می‌شود (هاترلی و همکاران، ۲۰۰۵). کارایی عامل بسیار مهم در رشد بهره‌وری منابع تولید بوده، بطوری‌که با به کارگیری روش‌های بهینه و افزایش کارایی واحدهای تولیدی می‌توان آن را بعنوان مکملی مناسب برای مجموعه سیاست‌های تشویق و حفاظت تولیدات داخلی نام برد. بدین گونه موجب ترویج استفاده بهینه از منابع مورد استفاده در جریان تولید خواهد شد. همچنین با توجه به محدودیت امکانات تولیدی موجود در بخش کشاورزی ایران، برای افزایش درآمد و کاهش مصارف این منابع می‌توان از کارایی فنی یعنی کاهش نهاده‌ها در همان سطح محصول استفاده نمود (مرادی ویزدانیان،۲۰۰۵). بنابراین می‌توان با مشخص نمودن کارایی(یا راندمان) انرژی در فرایند تولید محصولات کشاورزی، اولین قدم در راستای بهینه نمودن استفاده از منابع موجود را برداشت. در این راستا در اکثر کشورهای جهان سعی شده است که با بررسی انرژی وارد شده در واحدها و محاسبه شاخص کارایی انرژی میزان بهره‌وری مصرف انرژی در سیستم‌های کشاورزی را افزایش دهند (نسیرین و همکاران، ۲۰۰۶). استفاده کارا از انرژی‌های بخش کشاورزی به عنوان یکی از شرایط پایدار بخش کشاورزی علاوه بر آنکه صرفه‌جویی مالی را به همراه داشته باعث حفظ منابع فسیلی و کاهش آلودگی آب و خاک و هوا نیز خواهدشد (پروانچونو همکاران،۲۰۰۲). در ادامه به بررسی برخی از مطالعات انجام گرفته در زمینه کارایی انرژی پرداخته خواهد شد.

ازکان و همکاران(۲۰۰۴) با هدف تعیین مصرف انرژی در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۵ به تجزیه و تحلیل انرژی ورودی و خروجی در ترکیه پرداختند. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی و خروجی در طی زمان افزایش یافته ولی نسبت انرژی ستاده به نهاده کاهش پیدا کرده است. این حقیقت نشان دهنده آن است که مصرف نهاده‌ها در بخش کشاورزی بصورت ناکارا بوده و منجر به مسائل زیست محیطی در آینده خواهد شد.

موسوی و همکاران (۲۰۱۱) با تحلیل پوششی دادها به تجزیه و تحلیل میزان انرژی مصرفی و تعیین میزان کارایی مزارع سویا در استان گلستان پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از این تکنیک بدون آنکه محصول خروجی کاهش یابد باعث صرفه‌جویی ۲۰درصدی در میزان نهاده ها شده است.

اسفنجاری کناری و همکاران (۱۳۹۲) به تحلیل الگوی مصرف انرژی واحدهای پرورش مرغ گوشتی استان فارس پرداختند. شاخص بهره وری انرژی در مطالعه آنها برابر با ۵۸/۵۷ کیلوگرم بر مگاژول و انرژی ویژه برابر ۳۴/۱۳ مگاژول برآورد شد.

ملکی و همکاران(۱۳۹۱) به بررسی ارزیابی کارایی مصرف انرژی گندم در استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که میزان انرژی مصرفی در تولید گندم $MJ\ ha^{-1}$ ۲۹۱۸۵/۱۹ بوده که بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به کود شیمیایی با ۳۸٪ و کمترین مقدار انرژی مربوط به نهاده نیروی کارگری و سموم شیمیایی به ترتیب ۰/۳ ٪ و ۰/۶ ٪ بدست آمد. بالا بودن مقدار مصرف انرژی کودهای شیمیایی به دلیل کاربردکود بدون توجه به آزمون خاک می‌باشدکه به خودی خود باعث افزایش هزینه تولید و به خطر انداختن محیط زیست و سلامتی انسان‌ها می گردد.

مسئله مهم عدم اطمینان در داده‌های ورودی و خروجی (مقادیر نهاده و ستاده) از مواردی است که در مطالعات یاد شده مورد توجه قرار نگرفته و با توجه به حساسیت روش‌های تحلیل کارایی ازجمله روش تحلیل پوششی داده‌ها ممکن است باعث گمراهی در تفسیر نتایج شود. بنابراین در این مطالعه برای اولین بار با استفاده از روش پارامترهای کنترل‌کننده محافظه‌کاری برای مقابله با عدم قطعیت به ارائه یک مدل نوین تحلیل پوششی داده‌ها برای شناسایی کاراترین واحد تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت پرداخته می‌شود. با این رویکرد تلاش برای محاسبه راه‌حل‌های ممکن برای طیف وسیعی از پارامترهای غیردقیق به همراه بهینه‌سازی تابع هدف با کنترل مبتنی بر عدم قطعیت می‌باشد. بر این اساس با دیدگاه‌های جدید چون کشاورزی پایدار، زراعت ارگانیک، کشاورزی اکولوژیک، کشاورزی نهاده، کشاورزی تجدید شونده و غیرتجدید شونده جهت بهبود در کیفیت تولید و کارایی بیشتر نهاده‌ها به تعیین کارایی انرژی گندم دیم در شهرستان ارومیه پرداخته شد.

مواد و روش

شهرستان ارومیه در شمال غربی ایران در منطقه آذربایجان غربی واقع شده است. گندم یکی از مهم‌ترین غلات در این استان بوده و با توجه به آمار سازمان جهاد کشاورزی۵۴۰۰۰۰ تن گندم درسال زراعی ۱۳۹۱–۱۳۹۰در این منطقه برداشت شد.کل زمین‌های کشاورزی در آذربایجان غربی ۱۱۰۴۳۴۴ هکتار است. کشت گندم ۳۵۰۰۰۰ هکتار از این اراضی را به خود اختصاص داده که ۲۵۰۰۰۰ هکتار به کشت دیم و ۱۰۰۰۰ هکتار به کشت آبی پرداخته شده است (جهادکشاورزی آذربایجان غربی،۱۳۹۱). در این مطالعه، داده‌ها از۶۳ مزارع گندم بطور تصادفی با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه چهره به چهره جمع‌آوری شد. دیم‌کاری به روش تولید بدون استفاده از آبیاری اطلاق شده که این روش کشت در ایران از سابقه بسیار طولانی برخوردار بوده و درکشاورزی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. ارتباط بین بخش کشاورزی و انرژی بسیار نزدیک است. بطوری‌که بخش کشاورزی هم به عنوان تولیدکننده و هم بعنوان مصرف کننده محسوب می‌شود. انرژی‌های مصرفی برای تولید کشاورزی به دو

بخش انرژی مستقیم[1] و انرژی غیر مستقیم[2] تقسیم می‌شوند. انرژی زراعی مستقیم، طیف وسیعی از اشکال انرژی است که بطور مستقیم در مزرعه استفاده می‌شود. مصرف مستقیم انرژی در تولید گندم دیم شامل: سوخت موردنیاز تراکتورها(جهت آماده کردن زمین و حمل و نقل) و نیروی کار انسانی می‌باشد. همچنین مصرف غیرمستقیم انرژی درتولیدگندم دیم شامل: انرژی مصرفی جهت حمل و نقل کودها و سموم شیمیایی چون علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها وانرژی موجود در بذر گندم می‌باشد. منابع انرژی تجدید پذیر[3] شامل: نیروی کار انسانی و دانه، در حالی‌که انرژی غیر قابل تجدید[4] شامل ماشین آلات، سوخت دیزل، کود و مواد شیمیایی می‌باشند (موسوی و همکاران،۲۰۱۱). مقدارمصرف انرژی بسته به نوع سیستم‌های کشاورزی، نوع محصول، نوع خاک، ماهیت عملیات خاک ورزی جهت آماده سازی بستر بذر، نوع و میزان کودهای شیمیای، عملیات کاشت و برداشت می‌باشد (هورموزی و همکاران، ۲۰۱۳). معادل انرژی‌های نهاده و ستاده بکار گرفته شده در این مطالعه در جدول یک نشان داده شده است. مقادیر معادل انرژی از حاصل ضرب مقدار نهاده مصرف شده هر هکتار در عامل تبدیل انرژی آنها تعیین شد. مطابق جدول، ضرایب انرژی برای نیروی کار ۱/۹۶، ماشین آلات ۶۲/۷ و سوخت دیزل ۵۶/۳۱ مگاژول در هکتار محاسبه شده وبطور مشابه برای سایر موارد در جدول نشان داده شده است.

جدول۱: معادل انرژی نهاده و ستاده در تولید محصول گندم

خصوصیات	واحد	معادل انرژی مگاژول بر واحد	منابع
A: نهاده			
نیروی کار	ساعت	۱/۹۶	اوزکان و همکاران (۲۰۰۴) ، سینگ و همکاران(۲۰۰۲)
ماشین آلات	ساعت	۶۲/۷	اردیل و همکاران (۲۰۰۷) ، سینگ و همکاران(۲۰۰۲)
سوخت دیزل	لیتر	۵۶/۳۱	اردیل و همکاران (۲۰۰۷) ، سینگ و همکاران(۲۰۰۲)
کود شیمیایی	کیلوگرم		
a:فسفات		۱۲/۴۴	یالمیز و همکاران(۲۰۰۵)، اسنگان و همکاران(۲۰۰۷)
b:پتاسیم		۱۱/۱۵	یالمیز و همکاران(۲۰۰۵) ، اسنگان و همکاران(۲۰۰۷)
کود حیوانی	کیلوگرم	۰/۳	اوزکان وهمکاران (۲۰۰۴)، دمریکن وهمکاران(۲۰۰۶)
موادشیمیایی	کیلوگرم	۱۲۰	سینگ و همکاران(۲۰۰۲)، دمریکن وهمکاران(۲۰۰۶)
بذر	کیلو گرم	۱۴/۷	اوزکان و همکاران(۲۰۰۴)
B:ستاده			

[1]Direct energy
[2]Indirct energy
[3]energyRenewable
[4]energyNon-renewable

گندم	کیلوگرم	۱۴/۴	اوزکان و همکاران(۲۰۰۴)
کاه	کیلوگرم	۱۲/۲	اوزکان و همکاران(۲۰۰۴)

با توجه به معادل انرژی نهاده و ستاده (جدول یک) می‌توان به محاسبه کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، بهره‌وری نیروی‌کار، انرژی ویژه و انرژی خالص پرداخت (خان وهمکاران،۲۰۰۴; خان وهمکاران ،۱۹۹۶; ماندال و همکاران، ۲۰۰۲; مرادی و یالمیز، ۲۰۰۵; سینگ و همکاران، ۱۹۹۷):

$$EF^{5} = \frac{EO\ (MJ\ ha^{-1})}{EI\ \ (MJ\ ha^{-1})} \quad (۱)$$

$$Ep^{6} = \frac{WY^{7}\ (kg\ ha^{-1)}}{EI\ \ (MJ\ ha^{-1})} \quad (۲)$$

$$SE^{8} = \frac{EI\ (MJ\ ha^{-1})}{WY(kg\ ha^{-1)}} \quad (۳)$$

$$LP^{9} = \frac{EO\ (MJ\ ha^{-1})}{LU^{10}(h\ ha^{-1})} \quad (۴)$$

$$NE^{11} = EO\ (MJ\ ha^{-1}) - EI\ \ (MJ\ ha^{-1}) \quad (۵)$$

نسبت انرژی ستاده به نهاده، شاخصی برای نشان دادن میزان کارایی انرژی واحد تولیدی در بخش کشاورزی است. از آنجا که در معادله (۱) واحد عوامل در صورت و مخرج بصورت یکسان بوده، بنابراین شاخص کارایی انرژی دارای واحد نبوده و به این طریق می‌توان به مقایسه کارایی انواع واحدهای تولیدی پرداخت. واحد زراعی که کارایی انرژی آن افزایش یابد به معنی بهبود در مصرف انرژی آن واحد زراعی است. بهره‌وری انرژی به معنی نسبت مقدار محصول به دست آمده به انرژی نهاده در طول دوره تولیدی بوده که بهترین تخصیص استفاده منابع انرژی را در واحد تولیدی نشان می‌دهد(آنیکیتن و همکاران، ۲۰۱۰). شاخص انرژی خالص نشان دهنده تفاوت بین کل انرژی ستاده و نهاده می‌باشد. بهره‌وری نیروی کار به اندازه‌گیری مقدار انرژی ستاده به‌دست آمده در هر واحد به انرژی نیروی کار استفاده شده می‌پردازد(کیتانی، ۱۹۹۹). تجزیه و تحلیل صرفه جویی انرژی برای نهاده‌ها به منظور جلوگیری از اتلاف انرژی، بدون کاهش سطح عملکرد و رسیدن به کارایی انجام شد. میزان صرفه جویی در انرژی برای تعیین سطح ناکارامدی مزارع در مصرف انرژی بصورت زیر محاسبه می‌شود(موسوی و همکاران، ۲۰۱۱):

[5]Energy efficiency
[6]Energy productivity
[7]Wheat yield
[8]Specific energy
[9]Labor productivity
[10]Labor use
[11]Net energy

$$ESTR[13]\% = \frac{EST[12]}{AEI[14]} \qquad (۶)$$

صرفه‌جویی انرژی بین مقادیر صفر و صد متغیر است. مقدیر بالاتر نشانگر آن است که انرژی مورد استفاده در واحد تولیدی بصورت ناکارا بوده است.

مدل تحلیل پوششی داده‌ها(DEA)[15]

تحلیل پوششی، کارایی را در سه تعریف متفاوتی ارائه داده که شامل کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس است. کارایی فنی، به وسیله واحدهای ارزیابی شده برای عملکردشان که وابسته به دیگر واحدها بوده، اندازه‌گیری می‌شود. کارایی فنی خالص، کارایی فنی است که متأثر از جابه‌جایی کارایی مقیاس می‌باشد. این روش ناپارامتریک که توسط فارل(۱۹۵۷) معرفی شد از برنامه‌ریزی خطی استفاده نموده و هیچ‌گونه رابطه تبعی بین نهاده و ستاده را در نظر نگرفته و نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی ندارد.کوئلی(۱۹۹۸)نشان داده است که برای ارزیابی عملکرد، روش تحلیل پوششی داده‌ها دارای مزایایی چون عدم نیاز به تصریح یک شکل تابعی میان نهاده‌ها و ستاده‌ها و همچنین عدم نیاز به آگاهی از توزیعات آماری برای اجزای کارایی است. همچنین، دراین روش می‌توان یک برنامه پیشنهادی برای واحدهای ناکارا ارائه داده و براساس آن به تعیین میزان مصرف مطلوب هر نهاده و میزان ایده‌آل قابل دسترس برای ستاده پرداخت بطوری‌که کارایی آن واحد حداکثر شود (مهرگان، ۲۰۰۴). در این بخش از یک روش غیرپارامتری برای تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها که شامل دو مدل بازده ثابت نسبت به مقیاس(CRS)[16] و بازده متغیر نسبت به مقیاس(VRS)[17]برای ارزیابی کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس واحدهای تولیدی گندم مورد استفاده قرار گرفت.

مدل بازده ثابت نسبت به مقیاس(CRS)توسط چارنزوهمکاران(۱۹۷۸)به صورت زیر پیشنهاد شد:

$$Max: \quad \theta = \sum_{r=1}^{m} u_r y_{ro} \qquad (۷)$$

$$s.t: \quad \sum_{i=1}^{n} v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{m} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{n} v_i x_{ij} \le 0 \qquad j = 1,...,s$$

$$u_r \ge \varepsilon \ , v_i \ge \varepsilon$$

فرض شده $x_{ij}\,(i=1,...,n\,,\,j=1,...,s)$ و $y_{rj}\,(r=1,...,m\,,\,j=1,...,s)$ به ترتیب i امین نهاده و r امین

[12]Energy saving target
[13]Energy saving target ratio
[14]Actual energy input
[15]Data Envelopment Analysis
[16]Constant returns to scale
[17]Variable returns to scale

ستاده تولید کننده مربوطه،n وm به ترتیب تعداد نهاده‌ها و ستاده‌های هر واحد تولیدی و s نشان دهنده تعداد تولیدکننده می‌باشد. v_i و u_r به ترتیب وزن‌های نهادهn و ستاده m هستند. $\varepsilon \succ 0$ یک عنصر غیرارشمیدسی که کوچکتر از هر عدد حقیقی مثبت می‌باشد. کارایی نسبی تولید کننده موردنظر بصورت حداکثر ارزش θ_o آن تعریف شده که در فاصله $0 \le \theta \le 1$ قرار می‌گیرد. مقدار یک بیانگر آن است که بنگاه دارای کارایی فنی کامل است (کوپر و همکاران، ۲۰۰۴). فرض مدل بازده ثابت نسبت به مقیاس تنها زمانی مناسب است که همه بنگاه‌ها در مقیاس بهینه کنند اما عواملی همچون رقابت ناقص و محدودیت منابع مالی و غیره باعث می‌شوند که یک بنگاه نتواند در مقیاس بهینه عمل کند. بانکر و همکاران (۱۹۸۴) مدل CRS را جهت اندازه گیری بازده متغیر نسبت به مقیاس VRSبسط داده‌اند. برای کارآیی متغیر نسبت به مقیاس، کافی است که متغیر (w) را به سمت چپ محدودیت دوم و تابع هدف مدل ۷ اضافه کرد. اگر بین مقادیر کارایی فنی حساب شده از دو روش بازده ثابت و متغیر به مقیاس اختلاف وجود داشته باشد، نشان دهنده آن است که عدم کارایی مقیاس وجود دارد (بجورک و همکاران، ۱۹۹۰). رابطه بین کارایی فنی بدست آمده از مدل بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس بیان کننده کارایی مقیاس می‌باشد که بصورت زیر نمایش داده می‌شود(چوهان و همکاران، ۲۰۰۶):

$$SE^{18} = \frac{TE_{CRS}}{TE_{VRS}} \qquad (۸)$$

مقدار کارایی مقیاس مقداری بین صفر و یک خواهد بود. کارایی مقیاس، ناکارایی واحدهای تولیدی که به علت مدیریت نامناسب واحد زراعی را نشان می‌دهد (قیصری و همکاران،۲۰۰۷). اگر نتیجه حاصل از هر دو مدل بازده ثابت و متغیر به مقیاس با یگدیگر برابر باشند بیانگر رابطه خطی بین نهاده ها و ستاده ها است.

مدل تحلیل پوششی داده‌ها باپارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری(RDEA)[19]

در این بخش، جزئیات ریاضی مدل تحلیل پوششی داده‌ها با پارامترهای کنترل کننده محافظه کاری ارائه شده است. با فرض درنظر گرفتن مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده که J_j^x و J_j^y به ترتیب مجموعه‌های مربوط به ارزش نهاده‌ها و ستاده‌های مبهم برای این واحدها می‌توان به تعریف پارامترهای σ_j^x و σ_j^y که ارزشی بین فواصل محدود $\left[0, \left|J_j^x\right|\right]$ و $\left[0, \left|J_j^y\right|\right]$ دارند، پرداخت. نقش این پارامترها برای تنظیم مدل RDEA در برابر سطح محافظه‌کاری می‌باشد. در حقیقت هدفRDEA مدل در برابر تغییرات ترکیبات $\left[\sigma_j^x\right]$ و $\left[\sigma_j^y\right]$ وهمچنین تغییراتدر $X_t x_j$ و $Y_t y_j$ توسط $(\gamma_j^x - [\gamma_j^x])(x_{t_j}^u x_j - x_{t_j}^l x_j)$ و $(\gamma_j^y - [\gamma_j^y])(y_{t_j}^u y_j - y_{t_j}^l y_j)$

[18]Scale efficiency
[19]Robust Data Envelopment Analysis

می‌باشد. در نهایت مدل RDEA را می‌توان بصورت مدل برنامه ریزی غیرخطی زیر ارائه کرد(شکوهی و همکاران، ۲۰۱۰):

$$
\begin{aligned}
Max \quad & \theta_o = \sum_{r=1}^{m} u_r y_{ro}^{u} - z_o \sigma_o^{y} - \sum_{r=1}^{m} p_{ro} \\
\text{s.to} \quad & \sum_{i-1}^{n} v_i x_{io}^{l} + z_o \sigma_o^{x} + \sum_{i=1}^{n} q_{io} = 1 \\
& \sum_{r=1}^{m} u_r y_{rj}^{l} - \sum_{i=1}^{n} v_i x_{ij}^{u} + z_j \Gamma + \sum_{r=1}^{m} p_{rj} + \sum_{i=1}^{n} q_{ij} \le 0 \qquad \forall j \ne p \\
& z_j + p_{rj} \ge u_r (y_{rj}^{u} - y_{rj}^{l}) \qquad \forall r, j \\
& z_j + q_{ij} \ge v_r (x_{ij}^{u} - x_{ij}^{l}) \qquad \forall i, j \\
& \Gamma = \sigma_j^{y} + \sigma_j^{x} \qquad (۹) \\
& \sigma_p^{x} \le n \\
& \sigma_p^{y} \le m \\
& \theta_p \le 1 \\
& u_r, v_i \ge \varepsilon \qquad \forall_{r,i} \\
& z_j^{y}, z_j^{x}, p_{rj}, q_{ij} \ge 0 \qquad \forall i, j, r
\end{aligned}
$$

y_{rj}^{u} و y_{rj}^{l} به ترتیب کران بالا و پایین ستاده، x_{ij}^{u} و x_{ij}^{l} به ترتیب کران بالا و پایین نهاده، $\sigma_p^{x} \le n$ و $\sigma_p^{y} \le m$ بعنوان پارامترهای کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری برای نهاده‌ها و ستاده‌های مبهم و z_i p_{rj} و q_{ij} به عنوان متغیرهای اضافی مدل می‌باشند. مجموع پارامترهای محافظه‌کاری بصورت $\Gamma = \sigma_j^{x} + \sigma_j^{y} (j = 1,...,s)$ تعریف می‌شود. تجزیه و تحلیل‌های آماری و محاسبات مربوط به برآورد شاخص‌های انرژی بطور کلی در نرم افزار Excel و برآورد کارایی با استفاده از روش RDEA توسط نرم افزار تحلیل جبری GAMS انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به مقادیر مصرف نهاده‌ها و ستاده‌ها و معادل انرژی آنها در جدول ۲ نشان داده شده است. متوسط مصرف نهاده‌ها شامل نیروی‌کار و ماشین‌آلات به ترتیب ۱۷۴ و ۴۵/۴۵ ساعت در هکتار و برای کودشیمیایی (شامل: فسفات و پتاسیم) ۱۴۳/۸۸ کیلوگرم در هکتار و بطور مشابه برای سایر نهاده‌ها ارائه شده است. همچنین، متوسط عملکرد سالانه برای دانه گندم و کاه به ترتیب۱۷۴۴/۶۰ و ۱۷۸۵/۷۱ محاسبه شد. کل انرژی نهاده ۲۰۱۳۷/۰۶ مگاژول در هکتار بوده که بیشترین سهم آن به ترتیب مربوط به سوخت دیزل (۵۸/۱۲٪) و بذر (۱۵/۴۰ ٪) و ماشین آلات(۱۴/۱۵٪) می‌باشد.کل انرژی ستاده نیز ۴۷۹۶۶/۴۲ مگاژول در هکتار بدست آمد. همانطور که ملاحظه می‌شود کود حیوانی کمترین مصرف انرژی در دوره تولیدی را به خود اختصاص داده است.

این نتایج بر خلاف نتایج اسکویی و همکاران(۱۳۹۰) بوده که بیشترین مصرف انرژی در تولید گندم دیم را برای نهاده‌های بذر، کود و سموم شیمیایی به ترتیب با مقادیر ۶۳/۶۳ و ۵۶ و ۵۴/۰۶ بدست آوردند. همچنین، برخلاف نتایج حاصله در این مطالعه، در مطالعه شاهان و همکاران (۲۰۰۸) بیشترین سهم مصرف انرژی مربوط به کود شیمیایی ۳۱/۱۹٪ و سوخت دیزل ۲۶/۰۹٪ در تعیین کارایی گندم در استان اردبیل محاسبه شده است. بیشترین درصد مصرف انرژی در نتایج مطالعه قربانی و همکاران (۲۰۱۱) که در خراسان شمالی برای گندم انجام پذیرفت نیز مربوط به مصرف سوخت دیزل۴۵٪بوده است.

جدول۲: مقادیر نهاده و ستاده و معادل آنها در تولید گندم

نوع انرژی مصرفی	متوسط مصرف در هکتار	معادل انرژی (مگاژول بر هکتار)	درصد کل انرژی(٪)
A:نهاده			
نیروی کار(ساعت)	۱۷۴	۳۴۱/۰۴	۱/۹۶
ماشین آلات (ساعت)	۴۵/۴۵	۲۸۵۰	۱۴/۱۵
سوخت دیزل(لیتر)	۲۰۷/۸۵	۱۱۷۰۴/۴۳	۵۸/۱۲
کود شیمیایی(کیلوگرم)	۱۴۳/۸۸	–	۸/۴۳
a:فسفات	۷۲/۸۵	۹۰۶/۳۴	۴/۵
b: پتاسیم	۷۱/۰۳	۷۹۲	۳/۹۳
کود حیوانی(کیلوگرم)	۵۴۴/۴۴	۱۶۳/۳۳	۰/۸۱
مواد شیمیایی(کیلوگرم)	۲/۳۷	۲۸۴/۷۶	۱/۴۱
بذر(کیلوگرم)	۲۰۷/۵۵	۳۰۹۵/۱۶	۱۵/۴
کل انرژینهاده (مگاژول)		۲۰۱۳۷/۰۶	۱۰۰
B :ستاده			
گندم(کیلوگرم)	۱۷۴۴/۶۰	۲۵۶۴۵	۵۳/۴۷
کاه(کیلوگرم)	۱۷۸۵/۷۱	۲۲۳۲۱/۴۲	۴۶/۵۳
کل انرژی ستاده(مگاژول)		۴۷۹۶۶/۴۲	۱۰۰

کارایی مصرف انرژی، بهره وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص و بهره وری نیروی کار برای تولیدگندم در منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ فهرست شده است. کارایی نسبی، نسبت ستاده به نهاده را نشان می‌دهد. بنابراین هرچه مخرج کسر کوچکتر و صورت کسر بزرگتر باشد، میزان کارایی واحد تولیدی افزایش یافته و یا به عبارت ساده تر، با استفاده از نهاده کمتر میزان ستاده بیشتری می‌توان استخراج کرد. کارایی مصرف انرژی در تولیدگندم ۲/۳ محاسبه شده و این نشان دهنده آن است که کل انرژی ستاده گندم تقریبا ۲ برابر کل انرژی نهاده می‌باشد. بهره‌وری انرژی ۰/۰۸۷ کیلوگرم بر مگاژول و بهره‌وری نیروی کار ۲۷۵/۶۶ مگاژول بر ساعت برآورد گردیدند. نسبت انرژی برای مطالعه مشابه گندم در خراسان شمالی ۳/۳۸ و بهره وری انرژی ۰/۱۱کیلوگرم برمگاژول بدست

آمده است(قربانی و همکاران،۲۰۱۱). در این مطالعه بهروه وری انرژی معادل ۰/۰۸۹ بیان کننده این است که در ازای هر واحد انرژی مصرفی ۰/۰۸۹ واحد انرژی حاصل شد. انرژی ویژه و انرژی خالص نیز به ترتیب ۱۱/۵ و ۲۷۸۲۹/۳۶مگاژول بر هکتار برآورد شدند. انرژی ویژه نشان می‌دهد که چه مقدار انرژی برای تولید یک محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص برای گندم در خراسان شمالی ۸/۹۶ بدست آمد(قربانی و همکاران،۲۰۱۱). بهره وری نیروی کار در این مطالعه ۲۷۵/۶۶ مگاژول بر هکتار بدست آمد که نشان دهنده این است که خدمات نیروی کار در هر هکتار ۲۷۵/۶۶ بوده است.

جدول ۳: شاخص های انرژی

شاخص	واحد	مقدار
کل انرژی نهاده	مگاژول بر هکتار	۲۰۱۳۷/۰۶
کل انرژی ستاده	مگاژول بر هکتار	۴۷۹۶۶/۴۲
بهره وری نیروی کار	مگاژول بر ساعت	۲۷۵/۶۶
نسبت انرژی	-	۲/۳
بهره وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۰۸۷
انرژی ویژه	مگاژول بر هکتار	۱۱/۵
انرژی خالص	مگاژول بر هکتار	۲۷۸۲۹/۳۶
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۱۲۰۴۵/۴۷(٪۵۹/۸)
انرژی غیر مستقیم	مگاژول بر هکتار	۸۰۹۱/۵۹(٪۴۰/۲)
انرژی تجدید پذیر	مگاژول بر هکتار	۳۴۳۶/۲(٪۱۷)
انرژی غیر تجدید پذیر	مگاژول بر هکتار	۱۶۷۰۰/۸۶(٪۸۳)

با توجه به آنکه کل نهاده انرژی در تولید گندم به بخش‌های انرژی مستقیم، انرژی غیر مستقیم ، انرژی تجدیدپذیر و انرژی غیرقابل تجدید تقسیم شده، نتایج این شاخص‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. انرژی مستقیم و انرژی غیر مستقیم به ترتیب ۵۹/۸٪ و ۴۰/۱۹٪ محاسبه شدند. چنانچه مشاهده می‌شود به دلیل مصرف بیش از حد سوخت دیزل در این منطقه شاخص انرژی مستقیم در حد بالایی حاصل شده است. در مطالعه مشابه در خراسان شمالی (قربانی و همکاران، ۲۰۱۱) برای تولید گندم دیم انرژی مستقیم و غیر مستقیم به ترتیب ۴۵/۷۷ ٪ و ۵۴/۲۳ ٪ و در پژوهشی دیگر(شاهان و همکاران، ۲۰۰۸) روی گندم در استان اردبیل این شاخص‌ها نیز به ترتیب ۲۶/۰۵ ٪ و ۷۳/۲۷ ٪ محاسبه شده اند. در این مطالعه انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز به ترتیب ۱۷٪ و ۸۳٪بوده که بیانگر وابسته بودن به مصرف بالای منابع غیرقابل تجدید یعنی سوخت دیزل و کودشیمایی در این ناحیه می‌باشد. این موضوع نه تنها ممکن است در آینده عوارض جدی و جبران ناپذیری بر سلامت انسان ومواد غذایی داشته حتی اثرات بسیار مضری بر محیط زیست و از بین رفتن منابع موجود برجای خواهد گذاشت.

تخمین کارایی

نتایج بدست آمده در این مطالعه برای پارامتر کنترل‌کننده در سطح ۷(Γ=۷)که بعنوان نمونه‌ای از سطوح محافظه کاری بوده، برای مدل CRSو VRS محور نهاده‌گرا در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به میزان مصرف نهاده‌ها در این منطقه تعداد۳۸ کشاورز گندمکار(۶۰٪) در مدل CRS وتعداد ۴۳ کشاورز(۶۸٪) در مدل VRS از کارایی کامل برخوردار بوده و این به معنی است که اکثریت مزارع در منطقه مورد مطالعه از کارایی لازم برخوردار هستند. آشکار است که در سطح کمتر از ۰/۶ در مدل CRS تعداد ۱۳ کشاورز و در مدل VRS تنها دو کشاورز ناکارا عمل می‌کنند. خلاصه آماری برای تخمین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس مربوط به سطح۷ محافظه‌کاری در جدول ۵ نشان داده شده است. ارزش کارایی بین مقادیر صفر و یک واقع می‌شود. مقدار یک بیان کننده آن است که واحد تولیدی در بهترین نقطه و روی مرز تولیدی عمل می‌کند و مقادیر کمتر از یک به آن معنی است که واحد تولیدی با توجه به نهاده‌های مصرفی به صورت ناکارا عمل کرده است. مقادیر برآورد شده بصورت میانگین برای کارایی فنی، خالص و مقیاس به ترتیب ۰/۷ ، ۰/۹، ۰/۸ محاسبه شدند. کارایی فنی بین دامنه بین [۱– ۰/۰۰۵] به این معنی خواهد بود که کشاورزان گندم‌کار از روش‌های نوین تولیدی آگاهی کافی را نداشته و یا اینکه بکارگیری آنها در زمان مناسب صورت نمی‌گیرد.

جدول۴– توزیع امتیاز بندی کارایی در مدلCRSوVRSبرای پارامتر سطح ۷

		تعداد مزارع	
	دامنه	مدل CRS	مدل VRS
تعداد مزارع کارا	۱	۳۸	۴۳
تعداد مزارع ناکارا	۰/۹–۱	۱	۳
	۰/۸–۰/۹	۳	۷
	۰/۷–۰/۸	۵	۵
	۰/۶–۰/۷	۳	۳
	۰/۵ –۰/۶	۳	۰
	۰/۴ –۰/۵	۰	۱
	۰/۳–۰/۴	۰	۱
	۰/۲–۰/۳	۰	۰
	۰/۱–۰/۲	۰	۰
	۰–۰/۱	۱۰	۰

جدول ۵– میانگین کارایی از مزارع گندم تحت پارامتر در سطح۷

میانگین کارایی از مزارع گندم تحت پارامتر در سطح۷				
	میانگین	انحراف	حداقل	حداکثر
کارایی فنی	۰/۷	۰/۳	۰/۰۰۵	۱
کارایی فنی خالص	۰/۹	۰/۱	۰/۳	۱
کارایی مقیاس	۰/۸	۰/۳	۰/۰۰۷	۱

مقادیر مصرف شده از نهاده‌ها در طول چرخه تولیدی توسط کشاورز و مقادیر بهینه تعیین شده با سطح محافظه‌کاری ۷(مقادیر هدف) در جدول ۶ نشان داده شده است. مقایسه مقادیر بهینه تعیین شده در مدل CRS با میزان نهاده‌ای را که کشاورز مورد استفاده قرار داده بیان کننده آن است که مصرف انرژی توسط کشاورز بیش از مقادیر مورد نیاز در چرخه تولیدی بوده است. در مدل CRSسطح محافظه‌کاری تعیین شده کود حیوانی کمترین درصد صرفه‌جویی۱۸٪ را داشته که بیانگر استفاده مفید از این نهاده بوده است. در مدل CCR سوخت مصرفی بیشترین درصد صرفه‌جویی۶۴/۸ ٪ و در مدل BCC بذر(۱۵/۸٪) را به خود اختصاص داده‌اند که بیانگر استفاده ناکارا از این ورودی در منطقه مورد مطالعه بوده است.

جدول۶: مقادیر انرژی مصرفی و انرژی بهینه برای پارامتر محافظه کننده در سطح۷

نهاده ها	مدل CRS			مدل VRS		
	مقادیر مصرف شده	مقادیر بهینه درسطح۷	میزان صرفه جویی(٪)	مقادیر مصرف شده	مقادیر بهینه درسطح۷	میزان صرفه جویی(٪)
نیروی کار(ساعت)	۳۴۱/۰۴	۱۴۳/۱	۵۸	۳۴۱/۰۴	۳۳۱/۱	۲/۹
ماشین آلات (ساعت)	۲۸۵۰	۱۲۰۸/۴	۵۷/۶	۲۸۵۰	۲۷۰۵/۸	۵
سوخت دیزل(لیتر)	۱۱۷۰۴/۴۳	۴۱۱۴/۴	۶۴/۸	۱۱۷۰۴/۴۳	۱۱۰۶۶	۵/۴۴
کود شیمیایی(کیلوگرم)	۱۶۹۸/۳۴	۶۸۹/۰۴	۵۹/۴	۱۶۹۸/۳۴	۱۶۱۳	۵/۰۲
کود حیوانی(کیلوگرم)	۱۶۳/۳۳	۱۳۳/۸۷	۱۸	۱۶۳/۳۳	۱۴۷/۶	۹/۶
مواد شیمیایی(کیلوگرم)	۲۸۴/۷۶	۱۰۳/۶	۶۳/۶۱	۲۸۴/۷۶	۲۵۷/۳	۹/۶
بذر(کیلوگرم)	۳۰۹۵/۱۶	۱۱۱۶/۸	۶۳/۹۱	۳۰۹۵/۱۶	۲۶۰۳/۹	۱۵/۸
کل انرژی نهاده (مگاژول)	۲۰۱۳۷/۰۶	۸۵۶۵/۳	۵۷/۳	۲۰۱۳۷/۰۶	۱۸۷۲۶/۴۷	۷

بهبود شاخص‌های انرژی

بهبود شاخص‌های انرژی برای تولید گندم در جدول ۷ نشان داده شده است. کارایی انرژی محاسبه شده با توجه به مصرف انرژی کشاورزان ۲/۳ محاسبه شد ولی با ارائه مدل CRS و در سطح ۷ محافظه‌کاری این مقدار به ۵/۶ افزایش یافته که بیانگر ۱/۴۳ درصد بهبود در این شاخص می‌باشد. بطور مشابه برای مدل VRS این شاخص به ۲/۵ ارتقا یافته است. همچنین، برای سایر شاخص‌ها در این سطح میزان بهینه نشان داده شده است. در نهایت انرژی نهاده برای CRS به ۸۵۶۵/۳ مگاژول کاهش یافته که میزان تغییرات(۰/۵- ٪) محاسبه شد. این امر نشان دهنده این است که کشاورزان ناکارا عمدتا دانش کافی در استفاده کارا از منابع موجود را نداشته و به دنبال افزایش بکارگیری نهاده ها برای افزایش تولید می‌باشند.

جدول ۷: بهبود شاخص های انرژی تولید گندم در مدل CRS و VRS

شاخص	مدل CRS			مدل VRS	
	شاخص محاسبه شده	مقادیر بهینه با پارامترسطح۷	تغییرات ٪	مقادیر بهینه با پارامترسطح۷	تغییرات ٪
کارایی انرژی	۲/۳	۵/۶	۱/۴۳	۲/۵	۰/۰۸
بهره وری انرژی	۰/۰۸۷	۰/۲	۱/۲	۰/۰۹	۰/۰۳
انرژی ویژه	۱۱/۵	۴/۹	-۰/۵	۱۰/۷۳	-۰/۰۶
انرژی خالص	۲۷۸۲۹/۳۶	۳۹۴۰۱/۱۲	۰/۴	۲۹۲۳۹/۹۵	۰/۰۵
بهره وری نیروی کار	۲۷۵/۶۶	۶۵۶/۹	۱/۳	۲۸۳/۹	۰/۰۲
کل انرژی نهاده	۲۰۱۳۷/۰۶	۸۵۶۵/۳	-۰/۵	۱۸۷۲۶/۴۷	-۰/۰۷

نتیجه گیری و پیشنهادات

ارزیابی عملکرد در بسیاری فعالیت‌ها با استفاده از روش‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها نیاز به نهاده و ستاده دقیق و مشخصی دارند. اما در دنیای واقعی اغلب داده‌ها مبهم و نامشخص هستند. بنابراین در مطالعه حاضر از روش بهینه سازی غیرخطی با پارامترهای کنترل‌کننده برای مقابله با داده‌های غیر دقیق استفاده شد. در این مطالعه الگوی مصرف انرژی برای تولید گندم در شهرستان ارومیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تولید گندم در منطقه بطور عمده وابسته به منابع غیرقابل تجدید(۸۳٪) بوده که این خود خطر جدی بر سلامت انسان و آلودگی محیط زیست به همراه دارد. به عنوان مثال در سطح محافظه‌کاری ۷ (Γ=۷) در مدل CRS می توان۵۷/۳ ٪ از کل مصرف انرژی و ۶۴/۸٪ از مصرف سوخت را کاهش داد که این نشان از ناکارامدی کشاورزان بوده است. بنابراین در منطقه مورد نظراستفاده از ادوات مکانیزه جهت کاهش مصرف سوخت و کاهش بکارگیری نیروی کار جهت خرمن کوبی پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱. اسکوئی،ی. تاکی، م. عبدی، ر. قبادی فر،ا.(۱۳۹۰). بررسی کارایی مصرف انرژی در کشتگندم توسط تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها(مطالعه موردی دشت سیلاخور). نشریه ماشین های کشاورزی. جلد۱، شماره ۲،ص ۱۳۲-۱۲۲.

۲. اسفنجاری کناری، ر. مردانی، م. طالبی، س. (۱۳۹۲). تعیین الگوی مصرف انرژی واحدهای پرورش مرغ گوشتی استان فارس. اولین همایش ملی انرژی‌های نو وپاک.

۳. بی نام. (۱۳۹۲). آمار سالانه کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی از استان آذربایجان غربی ایران

۴. بی نام. (۱۳۸۹).آمار سالانه کشاورزی.وزارت جهاد کشاورزی ایران

۵. مرادی، ح. (۱۳۸۷). بررسی کارایی اقتصادی تولید گندم در استان کرمان(مطالعه موردی شهرستان بافت). مجله کشاورزی، دوره ۱۰، شماره ۲، ص ۱۸۰-۱۷۳.

۶. ملکی، ع. یوسفی، ف. و نوروزی، م. (۱۳۹۱). ارزیابیکاراییمصرفانرژیوآنالیزانرژیهایمصرفیوتولیدیکشتگندمدر استان ایلام. اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم.

7.Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, management science, 30(9).

8.Bjurek, H. L., Hjalmarsson, L., Forsund, F. R., (1990). Deterministic parametric and nonparametric estimation in service production. Journal of Econometrics 46, 213-227.

9.Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research: 429-444.

10.Chauhan, NS. Mohapatra, PKJ. Pandey, KP.(2006). Improving energy productivity in paddy production through benchmarking–an application of data envelopment analysis. Energy Convers.Manag. 47(9-10):1063-1085

11.Cooper LM, Seiford LM, Tone K. (2004).Introduction to data envelopment analysis and its uses. New York.

12.Coelli, T., Parsada, R., Battese, E., (1998).An introduction to efficiency and productivity analysis.Bostone, Kluwer Academic Pub

13.Demircan, V., Ekinci, K., Keener, HM.,Akbolat, D. and Ekinci, C. (2006). Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. Energy Convers Manage 47: 1761–1769.

14.Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H. and Gunduz, O. (2007).Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.

15.Esengun, K., Erdal, G., Gunduz, O. and Erdal, H. (2007).An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy 32: 1873–1881

16.Farrell, M. J.,(1957).The measurement of productive efficiency, Journal of the Royal statisticalsociety, 120, 252-90.

17.Gheysari, K., A. Mehrno, and R. Jafari. (2007). Principle of Fazzi Data EnvelopmentAnalyses. Islamicopen university, Ghazvin Branch (In Farsi).

18. Ghorbani, R. Mondani,F. Amirmoradi, Sh. And Khorramdel, s. (2011). A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy 88 :283–288

19. Hatirli, S.A., B, Ozkan and K, Fert. (2005).An econometric analysis of energy inputoutput in Turkish agriculture, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 9: 608-623

20.Hormozi, M. Asoodar, M. Abdeshahi, A. Debendarc.(2013). The role of water pumping in energy of rice cropping system in khuzestan, IRAN.International Journal of Agriculture: Research and Review. Vol., 3 (1), 96-102.

21.Khan M.A., Ahmad S., Hussain Z., Yasin M., Aslam M., Majid R., (2004). Efficiency of water and energy use for production of organic wheat. Journal of Science, Technology and Development, *24*: 25–29

22.Khan M.A., Singh G., (1996). Energy inputs and crop production in Western Pakistan. Energy, *21*: 45–53

23.Kitani O. CIGR handbook of agricultural engineering.(1999). In: Energy and bio mass engineering, vol. 5. St Joseph, MI: ASAE Publications;.

24.Mandal K.G., Saha K.P., Ghosh P.K., Hati K.M., (2002). Bandyopadhyay, bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production system in central India. Biomass and Bio-energy, *23*: 337–345

25.Mehrgan, M., (2004). Evaluation of organizations performance: quantitative approach using data envelopment analysis. First edition, Tehran University publications Institute

26.Mousavi–Avval, SH. Rafiee S, Jafari A, Mohammadi A.(2011).Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Appl. Energy 35:2156-2164

27.MoradiShahrbabak, H., Yazdani, S., (2005).Determination of economic efficiency and effectivefactors on potato production in Kerman province, Fifth biennial conference of Iranian agriculturaleconomics society, Sistan and Baluchestan University, Zahedan.

28.Nasirian, N., M. Almasi, S. Minaee and H. Bakhoda.(2006).Study of energy flow in sugarcaneproduction in an Agro-industry unit in South of Ahwaz. In Proceedings of 4th National Congress ofAgricultural Machinery Engineering and Mechanization, 28-29 Aug. Tabriz University, Tabriz, Iran.(InFarsi).

29.Ozkan, B., Akcaoz, H .and Karadeniz, F. (2004).Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. EnergyConversManage45:1821–1830

30.Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. (2004). Energy input –output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy. 29: 39-51..

31.Pervanchon F., Bockstaller C., Girardinc P., (2002).Assessment of energy use in arable farming systems bymeans of an agro-ecological indicator: the energy indicator

32.Shahan, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S. and Karimi, M.(2008). Energy use and economical analysis of wheat production in Iran: A case study from Ardabil province. Journal of Agricultural Technology 4(1): 77-88

33.Shokouhi, A. Hatami-Marbini,A. Tavana,M. Saati,S. (2010).A robust optimization approach for imprecise data envelopment analysis. Computers & Industrial Engineering 59 : 387–397

34.Singh, H., Mishra, D. and Nahar, NM.(2002). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid.

35.Singh S., Verma S.R., Mittal J.P.,(1997). Energy requirements for production of major crops in India. Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America, *28*: 13–27

36.Unakitan G, Hurma H, Yilmaz F. (2010). An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Energy. 35: 3623-3627

37.Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan, B. (2005).An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy 30:145–155.