اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال بیست و سوم، شماره ۹۱، پاییز ۱۳۹۴

مقایسهٔ کارایی انرژی و اقتصادی تولیدکنندگان سیب زمینی در شهرستان قوچان با استفاده از الگوی تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای

شجاعت زارع[۱] ، حمید محمدی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۲۲

چکیده

با توجه به رویکرد دولت در تغییر قیمت حامل‌های انرژی در سال ۱۳۸۹، پژوهش حاضر به منظور مقایسه کارایی انرژی و اقتصادی تولیدکنندگان سیب زمینی در شهرستان قوچان انجام شد. اطلاعات لازم از طریق نمونه گیری تصادفی و تکمیل پرسش‌نامه با ۵۰ نفر ازکشاورزان به‌دست آمد و با استفاده از الگوی تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای(IDEA) بررسی و تحلیل شد. نتایج مطالعه نشان داد که رتبه بندی کشاورزان از نظر این دو شاخص متفاوت بوده و تنها ۲۲ درصد از کشاورزان از نظر کارایی انرژی و اقتصادی در دامنه بالای مصرف نهاده ها دارای کارایی ۱۰۰ درصد (بالقوه کارا) بودند. همچنین هیچ یک از واحدها کارایی

۱. دانشجوی دکتری دانشگاه زابل و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان‌رضوی
e-mail: Shojaat_z@yahoo.com

۲. استادیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل (نویسندهٔ مسئول)
e-mail: hamidmohammadi1378@gmail.com

اقتصادی و انرژی صددرصد نداشتند. نتایج همچنین نشان داد که بیشتر نهاده ها، ارزان تر از سهمشان در انرژی مصرفی عرضه می شوند به‌طوری‌که نهاده‌های آب ،کود، ماشین آلات، بذر، نیروی کار به ترتیب۵۶، ۱۹، ۱۲ ، ۱۱ و ۱ درصد از کل انرژی را به خود اختصاص داده اند، در صورتی که سهم آن‌ها در هزینه تولید به ترتیب ۱۸، ۶، ۷، ۳۲ و ۳۵ درصد بوده است؛ لذا قیمت گذاری بهینه آن‌ها می تواند مصرف را در جهت کشاورزی پایدار سوق دهد.

طبقه‌بندی JEL: C6,D24,Q43,Q48,H2

کلیدواژه‌ها:

مدل تحلیل پوششی داده های بازه ای، کارایی، انرژی، سیب زمینی، قوچان

مقدمه

با تغییر قیمت حامل‌های انرژی گرایش و توجه بسیاری از بهره‌برداران بخش کشاورزی به استفاده کارا از منابع انرژی افزایش یافته تا با این رهیافت بتوانند هزینه ها را کاهش دهند و سود بیشتری نصیب خود نمایند به‌طوری که پس از حذف یارانه‌ها مباحث کم خاک‌ورزی و کاهش استفاده از ماشین‌آلات در بین کارشناسان بخش کشاورزی به‌صورت جدی پی‌گیری شده و نتایج آن قابل توجه بوده است. از طرف دیگر، بسیاری از کارشناسان در حوزه محیط زیست و اکولوژی کشاورزی نیز -که توجه ویژه ای به مباحث انرژی و کشاورزی پایدار دارند- بر این باورند که سیل تولید محصولات کشاورزی در جهان مرهون مصرف بی حد و حصر نهاده‌هایی است که با مصرف زیاد انرژی تولید می شوند که علاوه بر وارد کردن خسارت به محیط زیست، شرایط را نیز برای تولید پایدار به خطر می اندازند. لذا لازم است تا الگوهای تولید و مصرف به تدریج به سمت تولید محصولات منطبق با استانداردهای زیست محیطی تغییر یابد و در واقع در انتخاب الگوهای کشت، علاوه بر سود و زیان اقتصادی، بایستی به شاخص های زیست محیطی نیز توجه کرد که یکی از این شاخص ها، شاخص انرژی و بازده انرژی مصرفی می باشد. در این بین، منطقی است که دامنه کاهش حمایت‌ها از بخش

کشاورزی تا اندازه ای باشد که بتوان با افزایش بهره وری جبران کاهش حمایت‌ها را نمود. از این رو، بررسی میزان بهره وری کشاورزان و پیدا کردن نقاطی که تأثیر بیشتری بر افزایش بهره‌وری دارند یکی از خواست های بخش‌های اجرایی و مدیریتی کشور می باشد. از آنجا که کارایی زارعین در به کارگیری نهاده ها متفاوت بوده و سهم هر نهاده نیز در کارایی انرژی متفاوت است، لذا باید در مطالعات علاوه بر معیارهای اقتصادی، بحث انرژی نیز مورد توجه قرار گیرد تا از این رهگذر علاوه بر پاسخگویی به مطالبه فوق، میزان همسویی توصیه های اقتصادی و توصیه های کشاورزی پایدار سنجیده شود. به نظر می رسد در حال حاضر با افزایش قیمت حامل‌های انرژی این همسویی افزایش یافته است.

سیب زمینی یکی از محصولاتی است که علاوه بر اهمیت اقتصادی از لحاظ امنیت غذایی نیز به لحاظ سرشار بودن از کربو هیدرات مورد توجه بوده و سطح زیر کشت آن قابل ملاحظه است. با توجه به اینکه این محصول هم از نظر به‌کارگیری نیروی انسانی و هم ماشین‌آلات و مصرف کودها جزء محصولات پر مصرف می باشد، لذا در این مطالعه با انتخاب این محصول، به بررسی کارایی انرژی و اقتصادی تولیدکنندگان پرداخته و نهاده های تأثیرگذار بر کارایی انرژی و اقتصادی شناسایی شد و توصیه های لازم ارائه گردید.

در مطالعاتی که در رابطه با کارایی انرژی صورت گرفته، بیشترین گرایش به سمت محاسبه میزان مصرف انرژی در تولید نهاده ها از یک سو و میزان انرژی حاصل از محصولات تولیدی از طرف دیگر بوده است و ماحصل آن محاسبه شاخص هایی مانند کارایی انرژی[1]، بهره وری انرژی[2]، انرژی ویژه[3] و انرژی خالص[4] بوده است(Houshyar et al., 2010; Karale et al., 2008; Karimi et al., 2008; Khan et al., 2010; Namdari et al., 2011; Ozkan et al., 2004; Salami et al., 2010). در این مطالعات، با میانگین گیری از میزان استفاده از نهاده‌ها محاسبات لازم انجام شده است، در صورتی که در حوزه اقتصادی استفاده از مدل‌های ریاضی پارامتریک و غیر پارامتریک گسترش بیشتری داشته است.

1. Energy Use Efficiency
2. Energy Productivity
3. Specific Energy
4. Net Energy

در رابطه با استفاده از شاخص های انرژی، اوزکان و همکاران(Ozkan et al., 2004) مصرف انرژی و نسبت منفعت به هزینه در مرکبات ترکیه را بررسی کرده‌اند. در این مطالعه ۱۰۵ باغدار انتخاب و با انجام مصاحبه اطلاعات لازم از آن‌ها اخذ شده است. بالاترین مصرف انرژی مربوط به لیمو بوده و کودهای شیمیایی و به‌خصوص نیتروژن با ۴۹/۶۸ درصد بالاترین سهم را در انرژی های ورودی داشته اند و گازوئیل با ۳۰/۷۹ درصد بعد از آن قرار داشته است. کل مصرف انرژی در سه محصول لیمو، پرتقال و نارنگی به ترتیب ۶۲۹۷۷، ۶۰۹۴۹ و ۴۸۸۳۸ مگاژول در هکتار و نسبت انرژی(نسبت انرژی محصول تولیدی به انرژی نهاده های مصرفی) به ترتیب۱/۰۶، ۱/۲۵ و ۱/۱۷ به‌دست آمده است. نسبت منفعت به هزینه برای پرتقال ۲/۳۷ بوده و بعد از آن لیمو و نارنگی با ۱/۸۹ و ۱/۸۸ قرار دارد.

چامسینگ و همکاران(Chamsing et al., 2006) میزان انرژی مصرفی ۵ محصول شامل برنج، ذرت علوفه ای، نیشکر، سویا و کاساوا در سه ناحیه از تایلند را بررسی کردند. در این مطالعه انرژی مصرفی مراحل مختلف تولید به‌صورت مستقیم(نیروی کار انسانی و حیوانی و ماشین آلات) و غیر مستقیم (نهاده های بیولوژیک، کودهای شیمیایی و حیوانی، انرژی ساخت و نگهداری ماشین آلات) در نظر گرفته شده است. نتایج مطالعه نشان داد که نیشکر با انرژی مصرفی ۱۴/۴۸ تا ۱۸/۶۵ گیگاژول در هکتار در بالاترین سطح قرار دارد. نسبت انرژی بین محصولات مختلف از ۲(سویا) تا ۱۰/۱(نیشکر) بوده است. کارال و همکاران(Karale et al., 2008) انرژی مصرفی عملیات کشاورزی در مزارع کوچک سنتی و مکانیزه مزرعه تحقیقاتی در روستای گورا کشور هند را بررسی کرده اند. نتایج این مطالعه نشان داد که انرژی مصرفی مزارع سنتی سویا و پنبه بیش از مکانیزه، هزینه انرژی در مزارع سنتی سویا چهار برابر مکانیزه و در مزارع پنبه دو برابر بوده است.

خان و همکاران(Khan et al., 2010) میزان مصرف انرژی، روابط انرژی مصرفی و تولیدی و نسبت منفعت به هزینه برای گندم، برنج و جو را در استرالیا بررسی کردند. نتایج

مطالعه نشان داد گندم دارای بالاترین نرخ بهره وری انرژی، جو دارای بالاترین بهره مصرف آب و گندم دارای بالاترین نسبت منفعت به هزینه متعلق (۳/۳۳) بوده است.

کریمی و همکاران (Karimi et al., 2008) میزان انرژی مستقیم و غیرمستقیم در تولید نیشکر در کشت و صنعت دعبل خزاعی در جنوب ایران را محاسبه کردند. نسبت انرژی محاسبه شده ۰/۷۶ و میزان انرژی غیر مستقیم حدود یک سوم کل انرژی مصرفی بوده است. با توجه به منفی بودن انرژی خالص و مصرف زیاد انرژی، بهبود مسائل فنی و تغییر روش هم در آبیاری و هم در استفاده از ماشین آلات و تقویت موادآلی خاک جهت کاهش مصرف انرژی پیشنهاد شده است.

هوشیار و همکاران (Houshyar et al., 2010) کارایی انرژی گندمکاران را در دو منطقه از استان فارس با استفاده از روش DEA [1] و نمونه گیری و مصاحبه با ۲۷۷ نفر محاسبه کرده‌اند. در این مطالعه، بر اساس روش کاشت بذر (استفاده از بذرکار کامبینات و استفاده از بذرکار معمولی) زارعین به دو گروه تقسیم شده اند. حدود ۸۰ درصد انرژی مربوط به الکتریسیته، سوخت و کودهای شیمیایی بوده است. نسبت انرژی خروجی به ورودی به ترتیب ۲/۵۹ و ۲/۲۹ و بهره وری انرژی(نسبت محصول به انرژی مصرفی) به ترتیب ۰/۱۷۸ و ۰/۱۶۲ کیلوگرم به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی به‌دست آمده است. نتایج مطالعه نشان داد که درصد زیادی از زارعین قادر به بهبود کارایی خود هستند.

سلامی و احمدی(Salami & Ahmadi, 2010) به بررسی مصرف انرژی و ارزیابی اقتصادی نخود در کردستان ایران پرداختند. در این مطالعه از طریق تکمیل پرسش‌نامه اطلاعات ۷۲ زارع اخذ گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین درصد مصرف انرژی مربوط به مصرف گازوئیل(۳۷/۹ درصد) و بعد از آن کودهای شیمیایی با ۲۹/۶ درصد قرار داشته‌اند. کارایی انرژی ۱/۰۴ و بهره وری ۱/۰۷ کیلوگرم به ازای هر مگاژول به‌دست آمد. نسبت منفعت به هزینه ۱/۱۷ و درآمد خالص ۴۶/۲ دلار در هکتار بود. در این مطالعه، رابطه

1. Data Envelopment Analysis

بین انرژی تولیدی و انرژی تک تک نهاده ها در هکتار با استفاده از تابع کاب داگلاس برازش شد. نهاده‌های بذر مصرفی، کود شیمیایی، سموم و سوخت با تولید انرژی در هکتار رابطه ای مثبت و با ماشین‌آلات رابطه‌ای منفی داشته‌اند.

نامداری و همکاران(Namdari et al., 2011) روابط انرژی در محصول پرتقال در مازندران ایران را با استفاده از رگرسیون خطی (جهت تخمین ارتباط بین تولید و مؤلفه‌های مصرف انرژی) محاسبه کردند. نتایج مطالعه نشان داد که کارایی انرژی ۰/۹۹ و انرژی خالص ۶۲۵- مگاژول در هکتار بوده است. مطالعه روابط بین متغیرها نشان داد که انرژی مصرفی جهت نیروی کار بیشترین تأثیر را بر عملکرد داشته است و بعد از آن کودهای شیمیایی و آب آبیاری قرار دارند. در این مطالعه انرژی سوخت مصرفی و سموم شیمیایی بر عملکرد تأثیر منفی داشته‌اند.

قربانی و همکاران(Ghorbani et al., 2011) به منظور مقایسه دو سیستم کم نهاده و پرنهاده از لحاظ مصرف و کارایی انرژی، نسبت منفعت به هزینه و میزان مصرف انرژی تجدیدپذیر را محاسبه کردند. برای این منظور۵۰ گندمکار آبی(پرنهاده) و ۵۰ گندمکار دیم انتخاب شدند و از طریق انجام مصاحبه در استان خراسان شمالی ایران محاسبات صورت گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که کارایی انرژی در زراعت دیم ۳/۳۸ و در زراعت آبی ۱/۴۴ و نسبت منفعت به هزینه در این دو سیستم به ترتیب ۲/۵۶ و ۱/۹۷ به‌دست آمد. میزان انرژی مصرفی تجدید پذیر و غیر تجدید پذیر و همچنین انرژی مستقیم و غیر مستقیم اگرچه در دو سیستم با هم متفاوت بود ولی از لحاظ درصدی از کل، بسیار به هم نزدیک به‌دست آمد. نتیجه این مطالعه در کل بیانگر تأثیر مثبت کشت دیم بر فاکتورهای مؤثر بر روابط انرژی در شرایط ایران بود.

اکبری و همکاران(۱۳۸۷) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده های بازه‌ای کارایی استان‌های کشور در صنعت دامداری را ارزیابی کردند و نشان دادند که استان اردبیل بالاترین و بوشهر پایین ترین کارایی را در زمینه گاوداری های پرواری در سطح کشور دارند.

در رابطه با محاسبه کارایی انرژی با استفاده از مدل‌های غیر پارامتریک مطالعات انجام شده محدود است. تاکی و همکاران(۱۳۹۱) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها کارایی انرژی محصول خیار در گلخانه های شهرستان شهرضا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که با بالا بردن کارایی می توان ۱۳ درصد در منابع صرفه جویی نمود. بیشترین سهم انرژی و بیشترین مصرف نادرست منابع مربوط به سوخت بوده است. عجب شیرچی اسکویی و همکاران(۱۳۹۰) کارایی انرژی مصرفی در گندم دیم در سه گروه تا ۲ هکتار، ۲ تا ۵ هکتار و بالاتر از ۵ هکتار را با تحلیل پوششی داده ها در دشت سیلاخور مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که با بهبود کارایی به ترتیب ۲۰/۳، ۲۴/۷ و ۳۲ درصد امکان صرفه جویی در منابع وجود دارد.

بررسی روش‌های مورد استفاده در محاسبه کارایی انرژی نشان داد که بسیاری از مطالعات در این حوزه با استفاده از روش‌های حسابی و میانگین‌گیری انجام شده‌اند حال آنکه یکی از ویژگی‌های اطلاعات اخذ شده از کشاورزان تقریبی بودن آن‌هاست. ضمن اینکه در ماشین‌آلات مورد استفاده کشاورزان، به علت تفاوت در نوع ماشین و قدیمی یا جدید بودن آن‌ها، سوخت با کارایی‌های مختلف مصرف می شود، بنابراین بایستی از روش‌هایی استفاده کرد که بتواند این نقیصه را جبران کند. از طرف دیگر، اگر چه در حوزه مطالعات اقتصادی جهت رفع این نقیصه، استفاده از روش تحلیل پوششی بازه‌ای داده‌ها گسترش بیشتری دارد، مقایسه کارایی انرژی و کارایی اقتصادی نیازمند روش واحدی در محاسبه کارایی است و لذا در این مطالعه از این روش برای محاسبه کارای انرژی و کارایی اقتصادی استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

در بین روش‌های مختلف تعیین کارایی، استفاده از روش‌های غیر پارامتریک، به‌دلیل اینکه از شکل خاصی از توابع پیروی نکرده و نیازی به مفروضات جهت اجزای کارایی ندارد(Coeli et al., 1998)، مورد استقبال بسیاری از اقتصاددانان قرار گرفته و گسترش یافته

است. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) روشی غیر پارامتریک و مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است که در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز و همکارانش برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری که وظایف یکسانی انجام می‌دهند ابداع گردید(Charnes et al., 1978). در این مدل‌ها، معمولاً از دوشکل کارایی تحت عنوان مدل بازدهی ثابت نسبت به مقیاس(CCR)[1] و مدل بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (BCC)[2] استفاده می شود. کارایی مدل CCR کارایی کل نامیده می‌شود در حالی که کارایی حاصل از روش BCC کارایی خالص نام دارد. لذا از تقسیم کارایی کل به کارایی مدیریتی کارایی مقیاس به‌دست می‌آید. در هر دو مدل بسته به اینکه از روش نهاده محور استفاده شود یا محصول محور، دو راهکار ارائه می‌شود که اولی مبتنی بر کاهش مصرف نهاده‌ها از طریق بهبود عوامل مؤثر بر کارایی جهت افزایش کارایی است و دومی مبتنی بر ارائه راهکارهایی جهت افزایش تولید به منظور افزایش کارایی واحدهای ناکارا می‌باشد. در واقع در همه این روش‌ها ظرفیت خالی افزایش کارایی از طریق عوامل مؤثر نشان داده می شود. روش اول در کشاورزی کاربرد بیشتری دارد. مدل DEA اگر چه به‌صورت گسترده ای در مطالعات مورد استفاده قرار گرفته اما نسبت به ضرایب فنی در نظر گرفته شده حساس بوده به‌طوری که تغییر اندکی در ضرایب نتایج متفاوتی را در بردارد. این در حالی است که در حوزه واحدهای بهره‌برداری کشاورزی، نبود حتمیت در ضرایب فنی تولید و محصولات از یک طرف و عدم دقت اطلاعات اخذ شده از بهره برداران از طرف دیگر (وجود داده‌های گم شده و یا پیش‌بینی شده و یا بیان‌حدسیات از سوی بهره‌برداران) باعث شده است اطلاعات اخذ شده مقدار ثابتی نداشته بلکه دارای یک دامنه باشند(Wang et al., 2005). از این رو، تلاش‌های زیادی توسط اقتصاددانان جهت ارائه راه حل انجام شده است. کوپر و همکاران(Cooper et al., 1999; Cooper et al., 2001) اولین کسانی بودند که نحوه برخورد با این‌گونه اطلاعات را مورد بررسی قرار داده و مدلی را تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ای

1. Charnes,Cooper,Rhodes
2. Banker,Charnes,Cooper

مبهم (IDEA)[1] ارائه کردند. روش وی و دیگر محققین مانند کیم و همکاران(Kim et al., 1999) و لی و همکاران (Lee et al., 2002) اگرچه حرکتی رو به جلو در حل این مشکل بود، ولیکن اطلاعات مورد نیاز مدل آن‌ها بازه‌ای نبود. انتانی و همکاران (Entani et al., 2002) مدل DEA را جهت اندازه گیری کارایی بازه ای ارائه کردند. این مدل اگرچه از داده های بازه‌ای استفاده می کرد، تنها از یک نهاده و ستانده جهت محاسبه حد پایینی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری بهره می‌برد ضمن اینکه تابع مرزی انطباقی مورد استفاده جهت محاسبه کارایی حد بالا و پایین متغیر بود(از یک مجموعه ثابت محدودیت استفاده نمی کرد). وانگ و همکاران (Wang et al., 2005) با توسعه روش تحلیل پوششی داده‌ها مدلی ارائه کردند که در آن مشکلات روش‌های قبلی برطرف گردید و که در این مطالعه از آن استفاده شد. در این مدل نیز همانند روش DEA در ابتدا از یک رابطه کسری که بیانگر نسبت وزنی بین ستانده‌ها و نهاده است استفاده و در نهایت به شکل یک رابطه خطی به شرح زیر تبدیل شد:

Maximize $$\theta^{u}_{j0} = \sum_{r=1}^{s} u_r \, y^{U}_{rj0} \qquad (۱)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^{m} v_i \, x^{L}_{ij0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y^{U}_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x^{L}_{ij} \le 0 \qquad j = 1, \ldots, n, \qquad u_r, v_i \ge \varepsilon \quad \forall r, i.$$

Maximize : $$\theta^{L}_{j0} = \sum_{r=1}^{s} u_r \, y^{L}_{rj0}$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^{m} v_i \, x^{u}_{ij0} = 1 \qquad (۲)$$

1. Imprecise Data Envelopment Analysis

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{U} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{L} \le 0 \qquad j = 1,\ldots..,n, \qquad u_r, v_i \ge \varepsilon \quad \forall r,i.$$

رابطه ۱ تابع تولید مرزی برای تمام واحدهای بهره برداری و رابطه ۲ بیانگر تابع تولید مرزی برای حد پایین تمام واحدهای بهره برداری است. در این روابط، y_r میزان تولید(ستانده) r ام، x_i نهاد iام، m تعداد نهاده و n تعداد واحدهای مورد مطالعه می‌باشد. θ_j^u بهترین کارایی نسبی واحد صفر است وقتی سایر واحدها در بهترین وضعیت تولید قرار دارند و θ_j^L بهترین کارایی نسبی واحد صفرم در حد پایینی می باشد. درصورتی که θ_j^L برابر ۱ باشد بیانگر آن است که واحد مذکور به ازای تمام مقادیر موجود در بازه بین کلیه ستانده ها و نهاده‌ها کاراست. اما اگر θ_j^u مساوی ۱ و θ_j^L کمتر از یک باشد، این واحد تنها به ازای مقادیر حد بالایی نهاده ها و ستانده ها کاراست و اگر θ_j^u کمتر از یک باشد، این واحد به ازای هیچ یک از مقادیر نهاده و ستانده کارا نمی باشد.

با توجه به اینکه یکی از اهداف مطالعه رتبه بندی واحدها از نظر میزان کارایی می‌باشد، برای این منظور وانگ و همکاران (Wang et al., 2005) روش زیر را ارائه داد:

$$\min_i \{\max(r_i)\} = \min_i \left\{\max_{i \neq j} \left[\max\left(a_j^u - a_i^L, 0\right)\right]\right\} \qquad (۳)$$

در این رابطه، i و j واحدهای مورد مقایسه و a_j^u میزان کارایی بازه بالای واحد jام و a_j^L کارایی بازه پایین می باشد. برای رتبه بندی، ابتدا برای هر واحد iام، بزرگ‌ترین میزان θ در کرانه بالای سایر واحدها انتخاب شد و از θکرانه پایین واحد iام کسر و حاصل با صفر مقایسه گردید و هر کدام بزرگ‌تر بود برگزیده شد. این کار برای تک تک واحدها انجام پذیرفت و نتیجه ها مقایسه شد و واحدی که کمترین میزان را داشت در رتبه‌بندی در رده اول قرار گرفت. سپس این مراحل برای واحدهای باقی مانده دوباره تکرار شد و در هر مرحله واحد انتخاب شده در رتبه بعدی قرار گرفت (این فرایند زمانی که تعداد واحدها زیاد باشد وقت گیر است).

برای محاسبه بازه اطلاعات اخذ شده از کشاورزان از رابطه زیر می توان استفاده کرد(Ben-Tal et al., 1999 ; Ben-Tal et al., 2000):

$$\tilde{a}_{ij} = \bar{a}_{ij} + \tilde{\eta}_{ij}\,\varepsilon\,\bar{a}_{ij} = \bar{a}_{ij} + \tilde{\eta}_{ij}\,\hat{a}_{ij} \qquad (۴)$$

در این رابطه α_{ij}، میانگین عدد، $\tilde{\eta}_{ij}$ عدد تصادفی با توزیع متقارن بین ۱ و ۱-، و ε سطح عدم‌اطمینان (بزرگ‌تر از صفر) و $\hat{a}_{ij}$ حاصل ضرب عدد در سطح عدم اطمینان است. اعداد تصادفی در نرم افزار excel قابل دسترسی است.

سطح زیر کشت سیب زمینی در شهرستان قوچان در سال زراعی ۸۹-۹۰ برابر ۱۱۹۰ هکتار بوده که ۱۹/۶ درصد آن زیر کشت سیب زمینی استان بوده است. این مقدار حدود ۱۲ درصد از سطح زیر کشت محصولات زراعی تابستانه شهرستان می باشد. اطلاعات مورد نیاز از طریق نمونه گیری تصادفی و تکمیل پرسش‌نامه با ۵۰ کشاورز شهرستان قوچان برای سال زراعی ۸۹- ۹۰ به‌دست آمد. بر اساس اطلاعات مدیریت جهاد کشاورزی قوچان، تعداد سیب‌زمینی کاران این شهرستان حدود ۱۰۰۰ نفر برآورد شد (بر اساس ثبت نام از افراد خسارت دیده از سرمازدگی) که سطح زیر کشت ۴۰ درصد ازآن‌ها کمتر از نیم هکتار بوده است. با توجه به اینکه کارایی بین صفر و ۱۰۰ می باشد، حداکثر واریانس ۲۶۰۰ (درصد) محاسبه شد. به علت بازه‌ای بودن داده ها، میانگین این بازه به عنوان میزان خطا در نظر گرفته شد. بر این اساس، تعداد نمونه از طریق فرمول نمونه گیری کوکران به شرح زیر به‌دست آمد:

$$n = \frac{N\delta^2}{(N-1)D + \delta^2} \qquad D = \frac{B^2}{Z^2} \qquad \delta^2 = (EFF_{MAX} - EFF_{MIN})^2 / Z^2$$

$Z=1.96$, $N=1000$, $B=14\%$, $\delta^2 = 2600\%$, $n=48.5$

در این رابطه، EFF_{MAX} حداکثر کارایی قابل مشاهده ، EFF_{MIN} حداقل کارایی قابل مشاهده، N جمعیت جامعه مورد مطالعه و n تعداد نمونه می باشد.

در مدل کارایی اقتصادی، از اطلاعات هزینه و درآمد نهاده ها وستانده و در مدل کارایی انرژی از مقادیر انرژی مربوطه استفاده شد. به منظور محاسبه انرژی نهاده ها و ستانده ها

از جداول معادل انرژی استفاده شد. دراین جداول انرژی نهاده هایی مانند کود و سم و بذر از طریق محاسبه انرژی مصرف شده جهت تولید آن‌ها و انرژی محصول تولیدی از طریق محاسبه انرژی اجزای آن (کربو هیدرات، پروتئین و ..) با دستگاه‌های کالری متر محاسبه شد. انرژی نیروی کار از طریق محاسبه انرژی مصرفی نیروی کار و انرژی ماشین آلات از طریق محاسبه سوخت مصرفی و همچنین انرژی مربوط به ساخت دستگاه‌ها مورد محاسبه قرار گرفت. در محاسبه انرژی مصرفی آب نیز انرژی مصرفی استخراج، انتقال و ساخت تأسیسات مربوطه در نظر گرفته شد. جدول ۱ میزان معادل انرژی نهاده ها و ستانده را نشان می‌دهد. به منظور انجام محاسبات مدل ریاضی معادلات به تعداد واحدهای مورد مطالعه بایستی حل شود. با توجه به تعداد زیاد واحدها محاسبات از طریق نرم افزار GAMS انجام پذیرفت. این محاسبات بر اساس دو روش CCR و BCC انجام شد که نتایج روش CCRدر اینجا ذکر می شود.

جدول ۱. میزان معادل انرژی مورد نیاز جهت تولید نهاده و یا حاصل از مصرف ستاده

نام محصول	واحد	میزان انرژی (کیلوکالری)	مأخذ
اوره	کیلو گرم	۸۴۱۹	۱۶و۸
فسفات آمونیوم	کیلو گرم	۴۰۲۹	۱۶ و۸
سولفات پتاسیم	کیلو گرم	۱۵۲۹	۱۶ و۸
میکرو	کیلو گرم	۱۵۰۰	۱۶ و۸
انرژی گازوئیل	لیتر	۱۱۴۱۷	۲۷
انرژی مصرفی نیروی کار مرد	ساعت	۴۶۸	۲۷
نیروی کار زن	ساعت	۳۷۵	۲۷
علف کش	کیلو گرم	۷۱۷۹۷	۱۸
حشره کش	کیلو گرم	۷۱۷۰۲	۸
قارچ کش	کیلو گرم	۴۸۴۸۶	۸
انرژی هر متر مکعب آب با هیدروفیکس	مترمکعب	۷۷۸	۳
کود حیوانی	کیلو گرم	۷۲	۲۴
ماشین آلات در هکتار	–	۷۴۸۷۸۲	۵
سیب زمینی	کیلو گرم	۹۲۴	۱۲

نتایج و بحث

جدول۲ میزان کارایی انرژی و اقتصادی واحدها در حد بالا و پایین را نشان می دهد. همان‌طور که ملاحظه می شود، رتبه بندی واحدها از نظر کارایی انرژی و اقتصادی یکسان نمی‌باشد که این امر بیانگر عدم قیمت گذاری نهاده ها و محصول تولیدی متناسب با میزان مصرف انرژی برای تولید آن‌ها و یا عدم اختصاص اقتصادی زارعین در تولید است. تنها واحدهای شماره ۱۹ و۳۴ از نظر کارایی اقتصادی و انرژی در یک رتبه (یازدهم و چهل و هشتم) قرار دارند. همچنین واحد ۳۷، که در رتبه اول کارایی انرژی است، از نظر اقتصادی در رتبه ۲۱ و واحد ۴۳، که در رتبه اول کارایی اقتصادی است، در رتبه ۱۷ کارایی انرژی قرار دارد. اگر اختلاف رتبه بندی واحدها از لحاظ اقتصادی و انرژی محاسبه شود، تنها ۲۸ درصد واحدها اختلافشان کمتر از ۵ واحد است و اختلاف بقیه واحدها در رتبه بندی این دو معیار بیش از ۵ واحد می باشد که این موضوع بیانگر ناهماهنگی بین کارایی انرژی و اقتصادی واحدهاست. نتایج حاصل نشان می دهد اگر چه سیب زمینی محصولی است که جهت تأمین کالری مورد نیاز سهم مهمی در جیره غذایی دارد، اما متناسب با این ارزش در بازار عرضه و تقاضا قیمت گذاری نمی شود. از این رو، واحد شماره ۳۷ اگر چه برای هر واحد انرژی تولیدی کمترین انرژی را مصرف کرده است، از نظر اقتصادی برای هر ریال هزینه‌کرد خود نتوانسته است نسبت به واحد ۴۳ پول بیشتری دریافت نماید. این موضوع نشان می دهد در صورتی که یک کشاورزی پایدار مطمح نظر باشد، بایستی در قیمت گذاری محصولات به محتوای غذایی و انرژی تولیدات کشاورزی نیز بها داده شود. این کار برای غذاهای مورد استفاده انسان اگر چه به لحاظ رعایت مباحث ذائقه ای دشوار است، در رابطه با محصولات مورد استفاده در جیره غذایی دام ها کاربرد بیشتری دارد. از طرف دیگر، نتایج کارایی واحدها، چه از نظر اقتصادی چه از لحاظ انرژی، در دامنه بالا نشان می دهد که تعدادی از این

واحدها به‌صورت بالقوه کارا می باشند (کارایی مساوی ۱ است) اما از آنجا که در دامنه پایین فاقد کارایی صد درصد می باشند جهت برخورداری از کارایی بالفعل بایستی در صورت مصرف حداکثر نهاده حداکثر ستانده را به‌دست آورند تا به کارایی بالفعل دست یابند. در این رابطه تعداد ۱۱ واحد هم از لحاظ انرژی و هم اقتصادی دارای کارایی بالقوه می باشند. بررسی اطلاعات مطالعه نشان می دهد که به‌طور متوسط نهاده های آب ،کود، ماشین آلات، بذر، نیروی کار و سموم به ترتیب۵۶، ۱۹، ۱۲ ، ۱۱، ۱ و ۱ درصد از کل انرژی و لحاظ هزینه تولید به ترتیب ۱۸، ۶، ۷، ۳۲، ۳۵ و ۱ درصد را به خود اختصاص داده‌اند که این مسئله نشان می دهد منابع انرژی برای نهاده هایی مانند آب و کود و ماشین‌آلات ارزان‌تر از سهم آن‌ها در کل انرژی مصرفی است. گران بودن انرژی انسانی نیز کاملاً مشهود است. با توجه به وارداتی بودن سموم به نظر می‌رسد تناسب قیمت انرژی سموم و سهم آن در انرژی مصرفی وهزینه ها رعایت شده است. با توجه به اینکه قیمت گذاری نهاده ها تحت تأثیر هزینه‌های تولید آن‌ها نیز قرار دارد(تابع عرضه)، لذا اصلاح قیمت انرژی منجر به تغییر قیمت نهاده ها بر اساس انرژی مصرفی جهت تولید آن‌ها می گردد. لذا واقعی شدن قیمت این نهاده‌ها، کمک زیادی به افزایش انگیزه‌های افزایش کارایی می‌نماید.

جدول ۲. کارایی اقتصادی و انرژی واحدهای مورد مطالعه به همراه رتبه بندی واحدها

شماره واحد	کارایی انرژی بازه پایین	کارایی اقتصادی بازه پایین	کارایی انرژی بازه بالا	کارایی اقتصادی بازه بالا	رتبه کارایی انرژی	رتبه کارایی اقتصادی	شماره واحد	کارایی انرژی بازه پایین	کارایی اقتصادی بازه پایین	کارایی انرژی بازه بالا	کارایی اقتصادی بازه بالا	رتبه کارایی انرژی	رتبه کارایی اقتصادی
DMU1	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۳۹	۴۳	۳۶	DMU26	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۸۷	۰/۹۱	۳۲	۱۹
DMU2	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۷۷	۰/۸۰	۲۸	۲۴	DMU27	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۵۷	۰/۲۹	۲۵	۴۳
DMU3	۰/۶۰	۰/۶۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۵	۳	DMU28	۰/۴۴	۰/۳۷	۱/۰۰	۰/۶۹	۳۱	۲۷
DMU4	۰/۵۶	۰/۵۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۲	۱۳	DMU29	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۳۸	۰/۲۴	۲۶	۴۶
DMU5	۰/۱۶	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۶۳	۴۵	۲۶	DMU30	۰/۲۵	۰/۶۱	۰/۴۴	۱/۰۰	۴۰	۲
DMU6	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۴۸	۴۱	۳۴	DMU31	۰/۶۰	۰/۵۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۳۸	۱۸
DMU7	۰/۳۶	۰/۲۰	۰/۶۳	۰/۳۵	۳۰	۳۹	DMU32	۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۶۱	۴	۲۹
DMU8	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۴۶	۰/۶۲	۳۷	۲۸	DMU33	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۱۶	۴۴	۴۷
DMU9	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۳۸	۰/۵۰	۳۹	۳۲	DMU34	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۱۶	۴۸	۴۸
DMU10	۰/۳۷	۰/۶۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۲۹	۴	DMU35	۰/۵۹	۰/۵۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۴۹	۹
DMU11	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۹۷	۰/۹۴	۱۵	۱۶	DMU36	۰/۴۷	۰/۲۵	۱/۶۲	۰/۴۹	۸	۳۵
DMU12	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۹۶	۱/۰۰	۱۰	۸	DMU37	۰/۶۱	۰/۴۷	۱/۰۰	۰/۷۷	۱	۲۱
DMU13	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۵۱	۰/۴۲	۳۶	۳۸	DMU38	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۳	۲	۴۹
DMU14	۰/۵۱	۰/۲۰	۰/۹۰	۰/۳۶	۲۰	۴۰	DMU39	۰/۵۵	۰/۵۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۵۰	۱۴
DMU15	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۳۹	۰/۳۰	۴۲	۴۴	DMU40	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۸۹	۰/۸۷	۱۴	۲۰
DMU16	۰/۱۶	۰/۵۷	۰/۳۰	۱/۰۰	۴۶	۱۰	DMU41	۰/۵۳	۰/۰۲	۱/۰۰	۰/۰۴	۲۳	۵۰
DMU17	۰/۵۴	۰/۴۲	۰/۸۲	۰/۶۱	۱۶	۲۵	DMU42	۰/۵۳	۰/۵۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۸	۱۷
DMU18	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۸۲	۱/۰۰	۲۲	۶	DMU43	۰/۴۹	۰/۶۲	۰/۸۲	۱/۰۰	۱۷	۱
DMU19	۰/۵۷	۰/۵۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۱	۱۱	DMU44	۰/۶۱	۰/۶۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲۱	۵
DMU20	۰/۵۸	۰/۴۵	۱/۰۰	۰/۸۳	۹	۲۳	DMU45	۰/۵۹	۰/۵۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۳	۱۲
DMU21	۰/۵۹	۰/۵۹	۱/۰۰	۱/۰۰	۵۱	۷	DMU46	۰/۴۴	۰/۲۳	۰/۷۳	۰/۳۹	۷	۳۷
DMU22	۰/۵۶	۰/۵۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۶	۱۵	DMU47	۰/۲۸	۰/۱۴	۰/۴۶	۰/۲۴	۲۷	۴۵
DMU23	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۹۶	۰/۸۰	۱۳	۲۲	DMU48	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۵۴	۰/۴۸	۳۵	۳۳
DMU24	۰/۱۳	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۵۶	۱۹	۳۰	DMU49	۰/۳۰	۰/۱۸	۰/۵۱	۰/۳۱	۳۳	۴۲
DMU25	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۶۰	۰/۵۷	۴۷	۳۱	DMU50	۰/۴۷	۰/۲۰	۰/۸۶	۰/۳۷	۳۴	۴۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در صورت قیمت گذاری مناسب انرژی در کلیه سطوح تولید می توان انتظار داشت که اختصاص بهینه نهاده ها در تولید بهبود یابد. لذا لازم است به تدریج قیمت‌های نسبی نهاده‌ها بر اساس مصرف انرژی اصلاح شودکه این کار از طریق واقعی شدن قیمت حامل‌های

انرژی میسر است. بدیهی است افزایش قیمت حامل های انرژی نبایستی منجر به غیر اقتصادی شدن کشاورزی حتی برای واحدهای کارا گردد. لذا سایر اصلاحات قیمتی نیز باید هم‌زمان مد نظر قرار گیرد. در این باره، آب جهت استخراج بیشترین مصرف انرژی را دارد (۵۶ درصد) اما سهم این نهاده از هزینه ۱۸ درصد است(دارای نسبت یک به سه) که عمدتاً نیز مربوط به هزینه برق مصرفی است. نتایج مشاهدات میدانی و گفتگو با کشاورزان بیانگر حساسیت کم آن‌ها نسبت به خاموش کردن چاه کشاورزی و استخراج آب تا حد مجوز بهره برداری است در حالی که پلکانی کردن هزینه مصرف برق چاه ضمن کنترل افزایش هزینه های تولید، انگیزه لازم جهت استفاده بهینه را فراهم می کند. بخش مهمی از دلایل مصرف زیاد کودهای شیمیایی و ماشین آلات نیز همین موضوع است. کود شیمیایی ۱۹ درصد انرژی مصرفی تولید و ۶درصد هزینه ها را در بر می‌گیرد(دارای نسبت یک به سه) و ماشین آلات دارای نسبت یک به ۱/۷ است اما امروزه با تغییر کمی در قیمت‌ها و حذف بخشی از یارانه سوخت، انگیزه زیادی در امر قبول کشاورزی حفاظتی از سوی کشاورزان و کنترل مصرف کود شیمیایی و همچنین کاهش تردد ماشین آلات فراهم شده است به‌طوری که اجرای طرح‌های پایلوت و پژوهش در امر کشاورزی حفاظتی به یکی از اولویت‌های سازمان‌های اجرایی و مراکز پژوهشی تبدیل گردیده است.

در کل، کلیه اقدامات منجر به بهبود کارایی فنی واحدها بایستی به کاهش هزینه‌های تولید بینجامد تا کارایی اقتصادی واحدها افزایش یابد. لذا لازم است روش‌های بهبود کارایی فنی واحدها در قالب محاسبات اقتصادی برای کشاورزان ترویج شود؛ به‌طور مثال، افزایش تولید به ازای هر متر مکعب، که در قالب طرح‌های مختلف بهبود راندمان آبیاری اجرا می شود، و یا روش‌های بهزراعی کاهش تردد ماشین آلات در کشاورزی حفاظتی بایستی دارای اسناد توجیه اقتصادی باشد.

منابع

اکبری، ن.، زاهدی کیوان، م. و منفردیان سروستانی، م. ۱۳۸۷. بررسی عملکرد کارایی صنعت دامداری در سطح کشور(رهیافت: تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای). *فصلنامه پژوهشهای اقتصادی*، ۸ (۳):۱۴۱- ۱۶۰.

تاکی، م.، عجب شیرچی، ی.، عبدی، ر. و اکبرپور، م. ۱۳۹۱. تجزیه و تحلیل کارایی انرژی محصول خیار گلخانه ای به روش تحلیل پوششی داده ها مطالعه موردی(شهرستان شهرضا – استان اصفهان). *نشریه ماشینهای کشاورزی*، ۲(۱):۲۸- ۳۷.

رضوانی، س.م.، ذوالفقاران، ا.، جعفری، ع. م.، فرزام نیا، م.، زارع، ش. و مرادی، ح. ۱۳۸۹. بررسی هزینه کارایی و مصرف انرژی در روشهای آبیاری تحت فشار. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. گزارش نهایی شماره ۸۹/۷۲۵.

عجب شیرچی اسکویی، ی.، تاکی، م.، عبدی، ر.، قبادی فر، ا. و رنجبر، ا.۱۳۹۰. بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم دیم توسط تکنیک تحلیل پوششی داده ها (DEA) مطالعه موردی: دشت سیلاخور. *نشریه ماشین های کشاورزی*، ۱(۲):۱۲۲- ۱۳۲.

کوچکی، ع. و حسینی، م. ۱۳۷۳. کارایی انرژی در اکوسیستم های کشاورزی. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

Ben-Tal, A. and Nemirovski, A. 2000. Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. *Mathematical Programming*, 88:411–424.

Ben-Tal, A. and Nemirovski, A. 1999. Robust solutions of uncertain linear programs. *Operations Research Letters*, 25(1):1–13.

Bhat, M.G., English, B.C., Turhollow, A.F. and Nyangito, H. 1994. Energy in synthetic fertilizers and pesticides: Revisited. Final Project Report,

Department of Agricultural Ekonoplics and Rural Sociology, The University of Tennessee.

Chamsing, A., Salokhe, V.M. and Singh, G. 2006. Energy consumption analysis for selected crops in different regions of Thailand. *Agricultural Engineering International*, 8:1-18.

Charnes, W., Cooper, W. and Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2:429–444.

Coeli, T., Parsada, R. and Battese, E. 1998. An introduction to efficiency and productivity analysis. Bostone: Kluwer Academic Publishers.

Contreras, A., Díaz, G. Gallardo, L., and Loaiza R. 2010. Energy ratio analysis of genetically-optimized potato for ethanol production in the Chilean market. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(3):559-569.

Cooper, W.W., Park, K.S. and Yu, G. 1999. IDEA and AR-IDEA: models for dealing with imprecise data in DEA. *Management Science*, 45:597–607.

Cooper, W.W., Park, K.S. and Yu, G. 2001. IDEA (imprecise data envelopment analysis) with CMDs (column maximum decision making units). *Journal of Operational Research Society*, 52:176–181.

Entani, T., Maeda, Y. and Tanaka, H. 2002. Dual models of interval DEA and its extension to interval data. *European Journal of Operational Research*, 136:32–45.

Gellings, C.W. and Parmenter, K.E. 2004. Energy efficiency in fertilizer production and use. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).

Available at http://www.eolss.net/ebooks/Sample%20Chapters/C08/E3-18-04-03.pdf (visited 23 April 2012).

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S. et al. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy*, 88:283-288.

Houshyar, E., Sheikh Davoodi, M.J. and Nassiri, S.M. 2010. Energy efficiency for wheat production using data envelopment analysis (DEA) technique. *Journal of Agricultural Technology*, 6(4):663-672.

Karale, D.S., Khambalkar, V.P., Bhende, S.M., Amle, S.B. and Wankhede, P.S. 2008. Energy economic of small farming crop production operations. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(4):476-482.

Karimi, M., Rajabi pour, A., Tabatabaeefar, A. and Borghei, A. 2008. Energy analysis of sugarcane production in plant farms a case study in Debel Khazai agro-industry in Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 4(2):165-171.

Khan, S., Khan, M. and Latif, N. 2010. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. *Soil and Environment*, 29(1):61-98.

Kim, S.H., Park, C.G. and Park, K.S. 1999. An application of data envelopment analysis in telephone offices evaluation with partial data. *Computers & Operations Research*, 26:59–72.

Lee, Y.K., Park, K.S. and Kim, S.H. 2002. Identification of inefficiencies in an additive model based IDEA (imprecise data envelopment analysis). *Computers & Operations Research*, 29:1661–1676.

Namdari, M., Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N. 2011. Modeling energy flow for orange production in Iran. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 1(1):131-139.

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Karadeniz, F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45(11–12):1821–1830.

Salami, P. and Ahmadi, H. 2010. Energy inputs and outputs in a chickpea production system in Kurdistan,Iran. *African Crop Science Journal*, 18(2):51–57.

Taheri-gravand, A., Asakareh, A. and Haghani, K. 2010. Energy elevation and economic analysis of canola production in Iran a case study: Mazandaran province. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(2):236-242.

Wang, Y.M., Greatbanksa, R. and Yanga, J.B. 2005. Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 153:347–370.