بررسی انرژی مصرفی تولید بادام‌زمینی در استان گیلان به روش تحلیل پوششی داده‌های فازی

امین نیکخواه*[۱]، باقر عمادی[۲]، مهدی خجسته پور[۲]، سید حسین پیمان[۳] و هانی حمزه کلکناری[۴]

*[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد
Amin.Nickhah@stu-mail.um.ac.ir
[۲] دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد
[۳] استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه گیلان
[۴] دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

این تحقیق به بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی تولید بادام‌زمینی در استان گیلان در سه وسعت کشت زیر نیم هکتار، نیم تا یک هکتار و بیش‌تر از یک هکتار با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی پرداخته است. اطلاعات از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد. نتایج حاکی از آن بود که دو نهاده سوخت دیزل و کودهای شیمیایی به ترتیب با ۵۰/۰۵ و ۱۹/۱۴ درصد به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده های انرژی در تولید هستند. مجموع انرژی‌های ورودی تولید بادام زمینی در وسعت‌های کشت زیر نیم هکتار، نیم تا یک هکتار و بیش‌تر از یک هکتار به ترتیب ۱۹۴۹۹/۸۹، ۱۹۴۳۹/۹۳ و ۱۹۲۵۵/۳۱ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید به ترتیب ۷/۷۸ و ۹۲/۲۲ درصد بود. میانگین کارایی انرژی ۳/۹۲ به دست آمد و زمین‌های با وسعت کشت بیش از یک هکتار از کارایی انرژی بالاتری برخوردار بودند. زمین‌های با وسعت کشت بیش از یک هکتار به ازای مقادیر مختلف α نسبت به دو گروه دیگر کاراتر بودند. بعد از آن گروه زمین‌های با وسعت کشت نیم تا یک هکتار و گروه زمین‌های کم‌تر از نیم هکتار به ترتیب در رتبه های دوم و سوم قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: انرژی، تحلیل پوششی داده‌ها، گیلان، مدل فازی، وسعت کشت.

مقدمه

کاهش ذخایر سوخت‌های فسیلی، پراکندگی منابع تجدیدپذیر انرژی، هزینه نسبتاً زیاد استفاده از منابع و انرژی‌های نو سبب شده به جریان انرژی در فرآیندها و سامانه‌های مختلف توجه ویژه‌ای گردد. در این میان بخش کشاورزی که مصرف‌کننده انرژی است و قابلیت تولید انرژی نیز دارد، اهمیت دو چندانی می‌یابد. برای تولید محصولات کشاورزی نهاده‌های انرژی اعم از تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مصرف می‌شود. حال آن که نهاده‌های مصرفی علاوه بر بار مالی وارده بر کشاورزان، آثار سوء زیست‌محیطی در پی دارد.

استان گیلان با ۲۰۵۷۹۴ هکتار سطح زیر کشت محصولات زراعی، یکی از بزرگ‌ترین تولیدکننده‌های محصولات کشاورزی در ایران است (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰). در شرایطی که ۹۹ درصد از انرژی مورد نیاز ایران از منابع تجدیدناپذیر انرژی تأمین می‌شود (Bakhoda *et al*., 2012)، این استان پتانسیل قابل توجهی برای استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی دارد. ولی با توجه به قیمت

نسبتاً پایین سوخت‌های فسیلی منابع تجدیدپذیر انرژی در این منطقه مورد توجه کافی قرار نگرفته است. در استان گیلان تنها در مواردی مانند مجموعه بادی منجیل از منابع تجدیدپذیر برای تأمین انرژی بهره گرفته شده (Hosseini *et al*., 2013) و در بسیاری از موارد مانند استفاده از ضایعات محصولات کشاورزی و حیوانی برای تأمین انرژی و استفاده از جلبک‌ها و دانه‌های روغنی برای تولید سوخت بیودیزل کم توجهی و در اکثر اوقات بی توجهی صورت می‌گیرد (Ahmad *et al*., 2011; Safieddin Ardebili *et al*., 2011). سطح زیر کشت بادام زمینی در استان ایران ۳۰۰۰ هکتار است که ۸۳ درصد آن در استان گیلان قرار دارد (حسین زاده گشتی و همکاران، ۱۳۸۸). بادام‌زمینی یک ماده خام بالقوه برای تولید سوخت بیودیزل نیز محسوب می‌شود (Kaya *et al*., 2009; Najafi *et al*., 2011)، که بادام زمینی کشت شده در این منطقه تنها به مصرف خوراکی می‌رسد.

تحقیقاتی به بررسی انرژی مصرفی تولید دانه‌های روغنی در شمال ایران پرداخته است، که از آن‌ها می‌توان به بررسی انرژی تولید محصولات کلزا، سویا و آفتابگردان در استان گلستان و همچنین تولید کلزا در استان مازندران اشاره کرد. در بررسی انرژی تولید این محصولات نهاده‌های انرژی سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و ماشین‌های کشاورزی همواره جز سه نهاده پرمصرف انرژی معرفی شدند. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید این محصولات کم‌تر از ۱۴ درصد گزارش شد. کارایی انرژی بین ۴/۵۲-۱/۴۴ اعلام شد. بیش‌ترین کارایی انرژی مربوط به تولید آفتابگردان در استان گلستان و کم‌ترین کارایی انرژی مربوط به تولید کلزا در استان مازندران بود (Mousavi-Avval *et al*., 2011b; Mousavi Avval *et al*., 2011a; Ramedani *et al*., 2011 Taheri-Garavand *et al*., 2010). در تحقیقی در استان گیلان انرژی‌های ورودی و خروجی تولید برنج تخمین زده شد. سوخت و کودهای شیمیایی به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده های انرژی در تولید معرفی شدند. مجموع انرژی‌های ورودی ۳۹۳۳۳ مگاژول بر هکتار اعلام شد. کارایی انرژی در سه سطح متفاوت بستر کشت زیر نیم هکتار، نیم تا یک هکتار و بیش‌تر از یک هکتار به ترتیب ۱/۴۴، ۱/۴۷ و ۱/۶۹ گزارش نمودند و با افزایش مساحت مزرعه میزان کارایی انرژی افزایش یافت (Pishgar-Komleh *et al*., 2011). با توجه به این که تاکنون مطالعه‌ای جامع همراه با بررسی تأثیر متغیرهایی همچون مساحت مزرعه بر انرژی ورودی و خروجی تولید بادام زمینی صورت نگرفته است، هدف از این مطالعه، تعیین میزان انرژی‌های ورودی و خروجی و شاخص‌های انرژی تولید بادام زمینی در استان گیلان و بررسی تأثیر متغیر مساحت مزرعه بر انرژی ورودی و خروجی تولید این محصول در منطقه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و حجم نمونه

این تحقیق در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. منطقه مورد مطالعه شهرستان آستانه‌اشرفیه واقع در شرق استان گیلان بود. برای تعیین افراد نمونه از فرمول کوکران استفاده شده است که بر این اساس تعداد افراد نمونه ۷۵ نفر تعیین شد (Snedecor and Cochran, 1980). اطلاعات خام از مطالعه قبلی اخذ شد (نیکخواه و همکاران، ۱۳۹۲).

روش تحلیل انرژی ورودی و خروجی

معادل‌های انرژی‌های ورودی و خروجی در جدول ۱ ارائه شده است. ۲۵ درصد وزن بادام‌زمینی را پوست آن تشکیل می‌دهد. براین اساس برای پوست بادام زمینی و دانه آن دو هم ارز متفاوت در نظر گرفته شد (Fasina, 2008). در این مطالعه انرژی ورودی و خروجی تولید بادام زمینی در استان گیلان در قالب سه گروه کشاورزان با زمین‌هایی کم‌تر از نیم هکتار، نیم تا یک هکتار و بیش‌تر از یک هکتار مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های انرژی کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خالص و افزوده انرژی مطابق فرمول‌های (۱) تا (۴) محاسبه شد.

جدول ۱. معادل انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید بادام‌زمینی

	معادل انرژی (مگا ژول بر واحد)	منبع
ورودی‌ها		
بذر(کیلوگرم)	۳/۶	(Ozkan et al., 2004)
نیروی انسانی		
مرد(ساعت)	۱/۹۶	(Singh et al., 1994)
زن(ساعت)	۱/۵۷	(Singh et al., 1994)
ماشین‌آلات(ساعت)	۶۲/۷	(SinghMittal, 1992)
کودهای شمیایی		
کود نیتروژن (کیلوگرم)	۶۶/۱۴	(Ozkan et al., 2011)
کود فسفر (کیلوگرم)	۱۲/۴۴	(Ozkan et al., 2011)
کود پتاسیم (کیلوگرم)	۱۱/۱۵	(Ozkan et al., 2011)
سوخت دیزل (لیتر)	۵۶/۳۱	(Mobtaker et al., 2010)
الکتریسیته(کیلووات ساعت)	۱۱/۹۳	(Mobtaker et al., 2010)
مواد شیمیایی		
قارچ کش(کیلوگرم)	۲۱۶	(Rafiee et al., 2010)
علف کش(کیلوگرم)	۲۳۸	(Rafiee et al., 2010)
حشره کش(کیلوگرم)	۱۰۱/۲	(Rafiee et al., 2010)
خروجی‌ها		
دانه بادام‌زمینی(کیلوگرم)	۲۵	(Ozkan et al., 2004)
پوست بادام زمینی(کیلوگرم)	۱۹/۹۳	(Fasina, 2008)

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad (۱)$$

$$\text{بهره وری} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad (۲)$$

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

$$\text{افزوده انرژی} = \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)} - \text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)} \quad (۴)$$

تحلیل پوششی داده های فازی

در این مطالعه کارایی انرژی گروه‌های مختلف کشاورزان با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی بررسی شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از بسته نرم افزاری Lingo 11.0 و GAMS انجام شد. تحلیل پوششی داده‌ها یکی از تکنیک‌های قدرتمند مدیریتی است که ابزاری در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد، تا بتوانند به وسیله آن عملکرد محصول تولیدی خود را در قبال

سایر رقبا محک بزنند. سادگی فهم و اجرای روش تحلیل پوششی داده‌ها، در نظر گرفتن یک واحد به عنوان واحد مرجع و مقایسات سایر واحدها نسبت به آن واحد و در کنار آن دقت بالا نسبت به دیگر روش‌های محاسبه کارایی و کاربرد وسیع آن در زمینه‌های مختلف سبب شده این روش در مطالعات زیادی به کار گرفته شود (جعفریان مقدم و قصیری، ۱۳۹۱). که در این زمینه مطالعاتی نیز بر روی بررسی انرژی تولید محصولات کشاورزی در ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها انجام شده است (Mohammadi *et al*., 2013; Mousavi-Avval *et al*., 2011b) اما در کنار تمام ویژگی‌های مثبتی که از روش تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شد، نقایص و کاستی‌هایی نیز در این روش وجود دارد. از جمله اینکه وقتی تعداد واحدها کم و تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها زیاد باشد، تعداد زیادی از واحدها کاملاً کارا خواهند شد و این مشکل اساسی تحلیل پوششی داده‌ها یعنی توانایی ایجاد نتایج بدون تشخیص و تفکیک است (Zilla and Lea, 1998). در مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها این فرض وجود دارد که مقدار عددی دقیقی برای ورودی‌ها و خروجی‌ها مشخص است. ولی در دنیای واقع و در عمل موقعیت‌هایی وجود دارد که اطلاعات دقیقی از ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها وجود ندارد. به عبارتی در شرایطی تعیین مقدار دقیق برای برخی ورودی‌ها و یا خروجی‌ها امکان پذیر نیست. همین مسئله باعث ترکیب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با نظریه مجموعه های فازی شده است. از آن جایی که ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل ترکیبی بصورت اعداد فازی در نظر گرفته می‌شود، جواب‌های حاصل از حل مدل دارای دقت بالاتری است و نتایج سودمندی برای بهره برداری هرچه بهتر از امکانات، انرژی‌ها و سرمایه‌های موجود در بخش کشاورزی قرار می‌دهد (کاظمی و همکاران، ۱۳۸۶؛ آقاخانی و همکاران، ۱۳۹۱).

با توجه به مطالب گفته شده و همچنین مزیت‌های روش تحلیل پوششی داده‌های فازی، نسبت به مدل تحلیل پوششی داده‌ها، در این پژوهش به منظور بررسی کارایی استفاده از انرژی‌های ورودی گروه‌های مختلف مزارع بادام زمینی (کمتر از نیم هکتار، نیم تا یک هکتار و بیش از یک هکتار)، از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها در شرایط فازی مثلثی با استفاده از مفهوم α- برش بر روی داده‌ها و ارائه مدل‌های کراندار CCR فازی استفاده شده است (Hatami-Marbini *et al*., 2010).

در ارزیابی n واحد تصمیم‌گیری (DMU)، هر DMU، m ورودی متفاوت را برای تولید s خروجی متفاوت مصرف می‌کند. بویژه DMUj دارای ورودی‌های xij (i=1,2,…,m) و خروجی‌های yrj (r=1,2,…,s) می‌باشد. فرض کنید برای DMU_0 مقادیر x_{i0} و y_{r0}، (i=1,2,…,m) و (r=1,2,…,s) به ترتیب مقادیر ورودی و خروجی باشند. همه این مقادیر باید بطور قطعی مشخص شده باشند. در این صورت مدل کسری اولیه CCR با ماهیت ورودی بصورت فرمول ۱ است.

$$\text{Max} \quad \theta = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}}$$

$$St: \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{ij}} \le ۱ \qquad j=۱,..,n \qquad (۱)$$

$$u_r\,, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

ولی در دنیای واقعی به علت فقدان دانش و اطلاعات کامل و وجود داده‌های ورودی و خروجی نادقیق و فازی، ریاضیات قطعی برای مدل‌سازی سیستم فوق کافی نیست. بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از نظریه فازی می‌تواند به بهبود مدل و واقعی بودن نتایج آن کمک نماید (دانشیان و همکاران، ۱۳۹۰). مدل CCR با داده های فازی را می‌توان به صورت فرمول ۲ در نظر گرفت، که در آن "~" به فازی بودن داده‌ها اشاره دارد (Wang *et al*., 2005):

$$\text{Max} \quad \theta = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r\, \tilde{y}_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i\, \tilde{x}_{io}}$$

$$St: \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r\, \tilde{y}_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i\, \tilde{x}_{ij}} \le 1 \qquad j=۱,..,n \qquad (۲)$$

$$u_r v_i \ge 0 \quad .\forall r, i$$

اگر $\tilde{x}_{ij}$ و $\tilde{y}_{rj}$ اعداد فازی باشند، طبق تعریف برای هر $\alpha \in [0,1]$، با استفاده از مفهوم α – برش، این اعداد را می‌توان بصورت فرمول ۳ نمایش داد:

$$[x_{ij}^{\alpha,L}, x_{ij}^{\alpha,R}] \text{ و } [y_{rj}^{\alpha,L}, y_{rj}^{\alpha,R}] \qquad (۳)$$

که در آن L اشاره به کران پایین و R اشاره به کران بالا دارد.

در شرایط تردید و نامعلومی، مدل‌های (۴) و (۵) توسط زو برای تعیین کران‌های بالا و پایین کارایی پیشنهاد شده است (Zhu, 2003)، که در اولی برای بدست آوردن کران بالایی برای کارایی DMU_0 به ازای یک $\alpha \in [0,1]$ بهترین شرایط DMU_0 (بیشترین خروجی و کمترین ورودی) را در مقابل بدترین شرایط سایر DMU ها (کمترین خروجی و بیشترین ورودی) مورد ارزیابی قرار می‌دهند.

$$\text{Max} \quad \theta_0^R = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{ro}^{\alpha,R}}{\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{io}^{\alpha,L}}$$

$$St: \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^{\alpha,R}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^{\alpha,L}} \le 1 \qquad (۴)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{\alpha,L}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{\alpha,R}} \le 1 \qquad j=1,\ldots,n \;;\; j \neq 0$$

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

همچنین در مدل دوم برای بدست آوردن کران پایین برای کارایی DMU_0 به ازای یک $\alpha \in [0,1]$، بدترین شرایط DMU_0 (کمترین خروجی و بیشترین ورودی) را در مقابل بهترین شرایط سایر DMU ها (بیشترین خروجی و کمترین ورودی) مورد ارزیابی قرار می‌دهند.

$$\text{Max} \quad \theta_0^L = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^{\alpha,L}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^{\alpha,R}}$$

$$St: \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^{\alpha,L}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^{\alpha,R}} \le ۱ \qquad (۵)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{\alpha,R}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{\alpha,L}} \le ۱ \qquad j=1,\ldots,n \;;\; j \neq 0$$

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

مدل‌های (۴) و (۵) نشان می‌دهند که مجموعه محدودیت‌های استفاده شده برای اندازه‌گیری کارایی هر یک از DMU ها با بقیه آن‌ها تفاوت دارد و این امر منجر به عدم امکان مقایسه کارایی DMU ها شده است.

برای اندازه گیری کران بالا و پایین کارایی DMU_0، از مدل‌های برنامه ریزی کسری (فرمول ۶) استفاده می‌شود:

$$\text{Max} \quad \theta_0^R = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^{\alpha,R}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^{\alpha,L}}$$

$$St: \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{\alpha,R}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{\alpha,L}} \le ۱ \qquad j=1,\ldots,n \qquad (۶)$$

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

$$\text{Max} \quad \theta_0^L = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^{\alpha,L}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^{\alpha,R}}$$

$$St: \quad \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{\alpha,R}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{\alpha,L}} \le ۱ \qquad j=1,\ldots,n \qquad (۷)$$

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

اکنون با استفاده از تبدیل چارنز – کوپر جفت مسئله‌های برنامه‌ریزی کسری (۶) و (۷) را می‌توان به مسئله‌های برنامه‌ریزی خطی تبدیل نمود:

$$\text{Max} \quad \theta_0^R = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^{\alpha,R}$$

$$St: \quad \sum_{r=1}^{m} v_i x_{io}^{\alpha,L} = ۱ \qquad (۸)$$

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

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

$$\text{Max} \quad \theta_0^L = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^{\alpha,L}$$

$$St: \quad \sum_{r=1}^{m} v_i x_{io}^{\alpha,R} = ۱ \qquad (۹)$$

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

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

در مدل‌های (۸) و (۹) برای تعیین کران بالا و پایین کارایی واحد هدف، به ترتیب بهترین و بدترین شرایط این واحد مورد ارزیابی قرار گرفته است. به دلیل کاربرد بسیار زیاد اعداد فازی مثلثی، فرض می‌شود که داده‌های ورودی و خروجی اعداد فازی مثلثی $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^u)$ و $\tilde{y}_{rj} = (y_{rj}^l, y_{rj}^m, y_{rj}^u)$ باشند، در این صورت روابط (۸) و (۹) بصورت فرمول‌های (۱۰) و (۱۱) بازنویسی می شوند:

$$\text{Max} \qquad \text{Max} \quad \theta_0^{\alpha,R} = \sum_{r=1}^{s} u_r \left(\alpha y_{ro}^m + (1-\alpha)\, y_{ro}^u\right)$$

$$St: \quad \sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha x_{io}^m + (1-\alpha)\, x_{io}^l) = ۱ \qquad (۱۰)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r \left(\alpha y_{rj}^m + (1-\alpha)\, y_{rj}^u\right) - \sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha x_{ij}^m + (1-\alpha)\, x_{ij}^l) \le 0 \qquad j=1,\ldots,n$$

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

$$\text{Max} \quad \theta_0^{\alpha,L} = \sum_{r=1}^{s} u_r \left(\alpha y_{ro}^m + (1-\alpha)\, y_{ro}^l\right)$$

$$St: \quad \sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha x_{io}^m + (1-\alpha)\, x_{io}^u) = ۱ \qquad (۱۱)$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r \left(\alpha y_{rj}^m + (1-\alpha)\, y_{rj}^u\right) - \sum_{i=1}^{m} v_i (\alpha x_{ij}^m + (1-\alpha)\, x_{ij}^l) \le 0 \qquad j=1,\ldots,n$$

$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i$$

به ازای هر $\alpha \in [0,1]$، رابطه (۱۰) یک کران بالا و رابطه (۱۱) یک کران پایین کارایی برای هر DMU را ارائه می‌دهد (دانشیان و همکاران، ۱۳۹۰؛ Wang *et al*., 2005). در ادامه توابع هدف و محدودیت‌های استفاده شده برای تخمین کران‌های بالا و پایین کارایی انرژی کشاورزان گروه اول (زمین‌های با وسعت کشت کمتر از نیم هکتار) به ازای مقدار α=۰/۲۵ ارائه شده است:

Max R=u۱*(۰/۲۵*۳۰۱۸+۰/۷۵*۴۶۰۰)

s.t:

v۱*(۰/۲۵*۳۱۹+۰/۷۵*۲۱۶) + v۲*(۰/۲۵*۱۲۲۹+۰/۷۵*۶۹۲) + v۳*(۰/۲۵*۲۳۲۹+۰/۷۵*۱۷۵۵) + v۴*(۰/۲۵*۱۷۰+۰/۷۵*۴۳) +

v۵*(۰/۲۵*۳۳۶۵+۰/۷۵*۳۵۴) + v۶*(۰/۲۵*۱۰۰۸۸+۰/۷۵*۹۵۸۲) +v۷*(۰/۲۵*۱۹۹۸+۰/۷۵*۱۶۷۰) = ۱

$u_1*(0.25*3018+0.75*4600) - (v_1*(0.25*319+0.75*216) + v_2*(0.25*1229+0.75*692) + v_3*(0.25*2329+0.75*1755) + v_4*(0.25*170+0.75*43) + v_5*(0.25*3365+0.75*354) + v_6*(0.25*1088+0.75*9582) + v_7*(0.25*1998+0.75*1670)) \le 0$

$\text{Max } R=u_1*(0.25*3018+0.75*1950)$

s.t:

$v_1*(0.25*319+0.75*432) + v_2*(0.25*1229+0.75*1993) + v_3*(0.25*2329+0.75*2758) + v_4*(0.25*170+0.75*1561) + v_5*(0.25*3365+0.75*7077) + v_6*(0.25*1088+0.75*10470) + v_7*(0.25*1998+0.75*2230) = 1$

$u_1*(0.25*3018+0.75*4600) - (v_1*(0.25*319+0.75*216) + v_2*(0.25*1229+0.75*692) + v_3*(0.25*2329+0.75*1755) + v_4*(0.25*170+0.75*43) + v_5*(0.25*3365+0.75*354) + v_6*(0.25*1088+0.75*9582) + v_7*(0.25*1998+0.75*1670)) \le 0$

نتایج و بحث

میانگین وسعت کشت مزارع بادام زمینی در استان گیلان ۰/۸ هکتار است و ۲۹/۳۳ درصد از کشاورزان زمین‌هایی با مساحت بیش از یک هکتار دارند این در حالی است که براساس دسته بندی بانک جهانی زمین‌های کشاورزی زیر یک هکتار جز اراضی کوچک محسوب می‌شوند (سعیدی راد و پرهیزگار، ۱۳۹۰). انرژی‌های ورودی و خروجی تولید بادام‌زمینی در منطقه در سه وسعت کشت متفاوت در جدول ۲ آورده شده است، سهم پوست بادام‌زمینی معادل با ۲۵ درصد وزن بادام‌زمینی در نظر گرفته شد (Fasina, 2008). میانگین انرژی ورودی در هر هکتار برابر ۱۹۴۰۷/۳۶ مگا ژول است و میزان انرژی خروجی در این مطالعه ۷۶۱۵۱/۷۰ مگاژول بر هکتار است. میزان انرژی ورودی و خروجی در تولید سویا در استان گلستان به ترتیب ۳۵۳۷۲/۲۳، ۸۰۸۲۸/۷۵ مگاژول بر هکتار به دست آمد (Mousavi-avval *et al*., 2011b). میزان انرژی ورودی و خروجی در تولید سویا در کردکوی استان گلستان نیز به ترتیب ۱۸۰۲۶/۵۰ و ۷۱۲۲۸/۸۶ مگاژول بر هکتار محاسبه شد (Ramedani *et al*., 2011). این میزان در تولید کلزا در استان مازندران ۲۸۷۰۵/۳۱ مگاژول بر هکتار گزارش شد (Taheri-Garavand *et al*., 2010). انرژی ورودی برای تولید بادام زمینی از انرژی ورودی برای تولید سویا در کردکوی گلستان بیش‌تر است، ولی کارایی انرژی تولید بادام زمینی در استان گیلان از کشت سویا در استان گلستان و کلزا در مازندران بیش‌تر است.

همان طوری که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، دو نهاده سوخت دیزل و کودهای شیمیایی به ترتیب با ۵۰/۰۵ و۱۹/۱۴ درصد، پر مصرف‌ترین نهاده های انرژی تولید بادام‌زمینی بودند. در مطالعه بر روی انرژی تولید محصولات کشاورزی در ایران بین سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۰ گزارش شد، دو نهاده آب آبیاری و کودهای شیمیایی بیشترین مصرف کننده های انرژی هستند (Beheshti Tabar *et al*., 2010). اما در سالیان اخیر در تحقیقات دیگری نیز در ایران از جمله (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۲ ،.Mohammadi *et a*l Samavatean *et al*., 2011; Banaeian et Mohammadi *et al*., 2010b ; Mohammadi and Omid, 2010a; 2008; AghaAlikhani *et al*., 2013; al., 2011; Heidari and Omid, 2011)، که دو نهاده سوخت دیزل و کود شیمیایی به عنوان بیشترین مصرف‌کننده‌های انرژی در مزرعه برای تولید محصولات کشاورزی معرفی شدند. از دلایل مصرف انرژی زیاد نهاده سوخت دیزل، وجود ماشین‌آلات فرسوده و عدم تناسب ماشین‌آلات موجود در منطقه با کشت محصول بادام زمینی، از جمله ماشین

وجین کن است نهاده انرژی مواد شیمیایی نیز با ۲۱۸/۷۳ مگا ژول بر هکتار کم‌ترین مصرف انرژی را داشت. در این منطقه مواد شیمیایی نسبتاً کمی برای تولید بادام‌زمینی مورد مصرف قرار می‌گیرد. انرژی مواد شیمیایی مورد استفاده در این منطقه از انرژی مواد شیمیایی مصرفی برای تولید برنج در استان گیلان (Pishgar-komleh *et al*., 2011)، پنبه در ترکیه (Yilmaz *et al*., 2005) و یونجه در همدان (Mobtaker *et al*., 2012) کم‌تر است در حالی که از تولید کلزا در مازندران بیش‌تر است (Taheri-Garavand *et al*., 2010).

جدول ۲. مقدار نهاده های مصرفی و انرژی ورودی و خروجی برای تولید بادام‌زمینی در یک هکتار بر حسب (MJ)

	وسعت کشت				
ورودی‌ها	کم‌تر از نیم هکتار	نیم تا یک هکتار	بیش‌تر از یک هکتار	میانگین وزنی	درصد
بذر	۳۱۹/۳۳	۳۲۸/۰۱	۳۴۹/۱۲	۳۳۱/۰۸	۱/۷۱
نیروی انسانی	۱۲۲۹/۲۶	۱۲۰۹/۰۹	۱۰۸۱/۸۱	۱۱۷۹/۰۳	۶/۰۷
ماشین‌آلات	۲۳۲۹/۱۹	۲۲۱۵	۱۹۶۸/۲۱	۲۱۸۳/۷۲	۱۱/۲۵
کودهای شیمیایی	۳۳۶۵/۴۴	۳۶۷۵/۲۹	۴۱۹۲/۵۴	۳۷۱۵/۴۷	۱۹/۱۴
سوخت دیزل	۱۰۰۸۷/۸۳	۹۶۴۴/۴۷	۹۳۱۲/۹۱	۹۷۱۳/۸۵	۵۰/۰۵
الکتریسیته	۱۹۹۸/۵۰	۲۰۷۱/۶۹	۲۱۴۰/۳۵	۲۰۶۵/۴۸	۱۰/۶۴
مواد شیمیایی	۱۷۰/۳۴	۲۷۶/۱۱	۲۱۰/۳۰	۲۱۸/۷۳	۱/۱۳
مجموع انرژی ورودی	۱۹۴۹۹/۸۹	۱۹۴۳۹/۹۳	۱۹۲۵۵/۳۱	۱۹۴۰۷/۳۶	۱۰۰
مجموع انرژی خروجی	۷۱۶۳۵/۱۳	۷۸۰۸۰/۴۴	۷۹۴۱۵/۳۴	۷۶۱۵۱/۷۰	
دانه بادام‌زمینی	۵۶۵۹۵/۷۵	۶۱۶۸۷/۹۰	۶۲۷۴۲/۵۵	۶۰۱۶۴/۰۹	
پوست بادام‌زمینی	۱۵۰۳۹/۳۸	۱۶۳۹۲/۵۳	۱۶۶۷۲/۷۹	۱۵۹۸۷/۶۰	

کارایی انرژی در وسعت‌های کشت زیر نیم هکتار، نیم تا یک هکتار و بیش از یک هکتار به ترتیب ۳/۶۷، ۴/۰۲ و ۴/۱۲ محاسبه شد و با افزایش مساحت مزرعه میزان کارایی انرژی افزایش یافت. همچنین میانگین کارایی انرژی در این مطالعه ۳/۹۲ به دست آمد. کارایی انرژی در تولید کلزا در ترکیه، استان گلستان، استان مازندران به ترتیب ۴/۶۸، ۳/۰۲ و ۱/۴۴ گزارش شده است (Taheri-Garavand *et al*., 2010; Mousavi-avval *et al*., 2011a; Unakitan *et al*., 2010). کارایی انرژی به دست آمده در این مطالعه، بیانگر کارایی نسبتاً بالای انرژی برای تولید این محصول در منطقه است که امری مطلوب و قابل توجه است. بهره‌وری انرژی برای تولید بادام‌زمینی در زمین‌هایی با مساحت کم‌تر از نیم هکتار، نیم تا یک هکتار و بیش‌تر از یک هکتار به ترتیب ۰/۱۵۵ ، ۰/۱۶۹ و ۰/۱۷۴ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد و با افزایش مساحت مزرعه بهره‌وری انرژی افزایش یافت (جدول ۳). بهره‌وری انرژی برای تولید پنبه در ترکیه ۰/۰۶ کیلوگرم بر مگاژول (Yilmaz *et al*., 2005) و برای تولید جو در همدان ۰/۱۹ گزارش شده است (Mobtaker *et al*., 2010). میانگین انرژی خالص ۶/۰۶ مگاژول بر کیلوگرم و میانگین انرژی افزوده نیز ۵۶۷۴۴/۳۴ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. سهم انرژی‌های مستقیم ۶۶/۷۷ درصد و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر تنها ۷/۷۸ درصد محاسبه شد. از دلایل مصرف نسبتاً پایین انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید بادام زمینی در منطقه می‌توان به عدم نیاز به آبیاری در این منطقه و عدم استفاده کشاورزان از کودهای حیوانی و مصرف زیاد انرژی‌های تجدید پذیر عنوان نمود.

جدول ۳. شاخص‌های انرژی تولید بادام‌زمینی

درصد	میانگین وزنی	وسعت کشت			واحد	
		بیش‌تر از یک هکتار	نیم تا یک هکتار	کم‌تر از نیم هکتار		
	۳/۹۲	۴/۱۲	۴/۰۲	۳/۶۷	-	کارایی انرژی
	۰/۱۶۵	۰/۱۷۴	۰/۱۶۹	۰/۱۵۵	کیلوگرم بر مگا ژول	بهره‌وری انرژی
	۶/۰۶	۵/۷۵	۵/۹۱	۵/۶۴	مگا ژول بر کیلوگرم	انرژی خالص
	۵۶۷۴۴/۳۴	۶۰۱۶۰/۰۳	۵۸۶۴۰/۵۰	۵۲۱۳۵/۲۳	مگا ژول بر هکتار	افزوده انرژی
۶۶/۷۷	۱۲۹۵۸/۳۶	۱۲۵۳۵/۱۳	۱۲۹۴۵/۵۲	۱۳۳۱۵/۵۹	مگا ژول بر هکتار	انرژی مستقیم
۳۳/۲۳	۶۴۹۴	۶۷۲۰/۱۸	۶۴۹۴/۴۱	۶۱۸۴/۳۰	مگا ژول بر هکتار	انرژی غیرمستقیم
۷/۷۸	۱۵۱۰/۱۱	۱۴۳۰/۹۹	۱۵۳۷/۱۰	۱۵۴۸/۶۰	مگا ژول بر هکتار	انرژی تجدیدپذیر
۹۲/۲۲	۱۷۸۹۷/۲۵	۱۷۸۲۴/۳۲	۱۷۹۰۲/۸۳	۱۷۹۵۱/۳۰	مگا ژول بر هکتار	انرژی تجدیدناپذیر

در این ارزیابی ورودی‌ها و خروجی‌ها دارای مقادیر فازی می‌باشند. ورودی‌ها شامل متوسط مقدار انرژی بذر، نیروی کار، ماشین‌های کشاورزی، مواد شیمیایی، کود شیمیایی، سوخت و الکتریسیته می‌باشد. خروجی نیز متوسط مقدار عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) در هر گروه از کشاورزان می‌باشد که به صورت فازی در نظر گرفته شد. با استفاده از مدل‌های (۱۰) و (۱۱) به ازای مقادیر مختلف α، کران‌های بالا و پایین کارایی برای سه گروه کشاورزان محاسبه شد. نتایج حاصل بصورت یک بازه کارایی برای سه گروه کشاورزان در جدول ۴ خلاصه شده است. با توجه به اطلاعات جدول ۲ و تعریف کارایی، در بین این سه گروه کشاورزان، گروه سوم به ازای مقادیر مختلف α نسبت به دو گروه دیگر کاراتر از انرژی‌های ورودی برای حصول عملکرد بیش‌تر استفاده می‌نماید. بعد از گروه سوم، گروه کشاورزان با نیم تا یک هکتار و کشاورزانی با کم‌تر از نیم هکتار زمین در رتبه‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند.

جدول ۴. بازه های کارایی برای گروه های کشاورزان به ازای مقادیر مختلف α

سطوح زیر کشت	α=۰	α=۰/۲۵	α=۰/۵	α=۰/۷۵	α=۱
کمتر از یک نیم	(۰/۳۹ ،۱)	(۰/۵ ،۱)	(۰/۶۲ ،۱)	(۰/۷۹ ،۱)	(۱،۱)
بین نیم تا یک هکتار	(۰/۴۱ ،۱)	(۰/۵۱ ،۱)	(۰/۶۴ ،۱)	(۰/۸ ، ۱)	(۱،۱)
بیش از یک هکتار	(۰/۴۷ ، ۱)	(۰/۵۶ ، ۱)	(۰/۶۸ ، ۱)	(۰/۸۲ ، ۱)	(۱،۱)

بر اساس تخمین‌های صورت گرفته، میزان کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها برای مجموعه گروه های مختلف کشاورزان برابر یک بوده که بیانگر کارا بودن کشاورزان در هر گروه می‌باشد. در حالی که مدل تحلیل پوششی داده های فازی مورد استفاده بیانگر تفاوت در عملکرد گروه های مختلف کشاورزان می‌باشد. این موضوع نشان دهنده توان افتراق بالا در مدل مورد استفاده می‌باشد. منظور از توان افتراق در واقع توان تفکیک بین واحدهای کارا و ناکارا در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. یکی از معایبی که بر مدل‌های اصلی تحلیل پوششی داده‌ها وارد است توان افتراق ضعیف آن می‌باشد. در نتیجه اگر مدلی بتواند رویه سخت‌گیرانه تری را ارائه نماید به نحوی که تعداد پارامترهای ورودی و خروجی مدل بر روی تعداد واحد های کارا تأثیر کمتری داشته باشد، آن مدل توان افتراق را بهبود داده است. همچنین در مدل تحلیل پوششی داده های مورد استفاده بجای مقایسه فواصل متغیری در این فاصله تعریف می‌شود که نه فقط محدودیت‌ها را ارضا می‌کند، بلکه در عین حال کارایی را نیز بهینه می‌کند و دقت محاسبات را بالاتر می‌برد.

منابع

۱- آقاخانی، ح.، موسوی، ف.، و درگاهی، ه. ۱۳۹۱. ارائه رویکردی ترکیبی از تحلیل پوششی داده‌ها و منطق فازی برای ارزیابی عملکرد. چهارمین کنفرانس ملی تحلیل پوششی داده‌ها. بابلسر. دانشگاه مازندران.

۲- بی نام. جهاد کشاورزی ایران. قابل دسترس در http://maj.ir

۳- جعفریان مقدم، ا ح.، و قصیری، ک. ۱۳۹۱. مدل پویای چند هدفه تحلیل پوششی داده های فازی. نشریه مدیریت صنعتی. ۲(۴) : ۱۳۶-۱۹.

۴- حسین زاده گشتی، ع.، اصفهانی. م، اصغری. ج، صفرزاده ویشکایی، م.ن، و ربیعی. ب. ۱۳۸۸. تأثیر مصرف کودهای گوگرددار بر شاخص‌های رشد و عملکرد بادام زمینی (Arachis hypogaea L.). نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال سیزدهم. شماره چهل و هشتم. صفحه: ۳۸-۲۷.

۵- دانشیان، ب.، پیروز، ب.، و حذار، ب. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد سیستم‌های فازی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها؛ کاربرد آن در ارزیابی گروه های آموزشی. سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها. مشهد مقدس.

۶- سعیدی، م.، خجسته پور. م، عباسپور فرد. م، فارسی. م، و نیکخواه. ا. ۱۳۹۲. محاسبه شاخص‌های انرژی تولید قارچ دکمه‌ای (Agaricus bisporus) در استان خراسان رضوی با رویکرد مدیریت انرژی. دومین همایش ملی علوم مدیریت نوین، استان گلستان، گرگان.

۷- سعیدی راد، م.ح.، و پرهیزگار، س.ع. ۱۳۹۰. مطالعه شاخص‌های مکانیزاسیون در کشاورزی خرده مالک استان خراسان رضوی و ارائه راهکارهای مناسب. نشریه ماشین‌های کشاورزی. جلد اول. شماره ۱. صفحه: ۵۲-۴۸.

۸- کاظمی، ع.، منهاج، م.، مهرگان، م.ر.، وکامیاب مقدس، ا. ۱۳۸۶. طراحی مدل رتبه بندی پالایشگاه های نفت کشور به روش تحلیل پوششی داده های فازی. هفتمین کنفرانس سیستم‌های فازی. ۹-۷ شهریور ۱۳۸۶. دانشگاه فردوسی مشهد.

۹- نیکخواه، ا.، حمزه کلکناری، ه، و عمادی. ب. ۱۳۹۲. تحلیل اقتصادی تولید بادام‌زمینی در سطوح مختلف مساحتی مزرعه در استان گیلان. اولین کنفرانس ملی دانشجویی اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد.

10- AghaAlikhani, M. and H. Kazemi-Poshtmasari and F. Habibzadeh. 2013. Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran province, Iran. Energy Conversion and Management 69: 157-162.

11- Ahmad, A. L., N. H. M. Yasin, C. J. C. Derek and J. K. Lim. 2011. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15: 584-593.

12- Bakhoda, H., M. Almassi, N. Moharamnejad, R. Moghaddasi and M. Azkia. 2012. Energy production trend in Iran and its effect on sustainable development. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16: 1335-1339.

13 Banaeian, N. and M. Omid and H. Ahmadi. 2011. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and Management 52: 1020-1025.

14 Beheshti Tabar, I. and A. Keyhani and S. Rafiee. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990–2006). Renewable and Sustainable Energy Reviews 14: 849-855.

15 Fasina, O. O. 2008. Physical properties of peanut hull pellets. Bioresource Technology 99: 1259-1266.

16- Hatami-Marbini., A., S, Saati., and A, Makui. 2010. Journal of Industrial Engineering International. January 2010, 6(10): 31-41.

17 Heidari, M. D. and M. Omid. 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. Energy 36: 220-225.

18- Hosseini, S. E., A. M. Andwari, M. A. Wahid and G. Bagheri. 2013. A review on green energy potentials in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 27: 533-545.

19- Kaya, C., C. Hamamci, A. Baysal, O. Akba, S. Erdogan and A. Saydut. 2009. Methyl ester of peanut (Arachis hypogea L.) seed oil as a potential feedstock for biodiesel production. Renewable Energy 34: 1257-1260.

20- Mobtaker, H. G., A. Keyhani, A. Mohammadi, S. Rafiee and A. Akram. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems & Environment 137: 367-372.

21- Mobtaker, H. G. and A. Akram and A. Keyhani. 2012. Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 84-89.

22 Mohammadi, A. and M. Omid. 2010a. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.

23 Mohammadi, A., S. Rafiee, S. S. Mohtasebi and H. Rafiee. 2010b. Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35: 1071-1075.

24 Mohammadi, A., A. Tabatabaeefar, S. Shahin, S. Rafiee and A. Keyhani. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management 49: 3566-3570.

25 Mohammadi, A., S. Rafiee, A. Jafari, T. Dalgaard, M. T. Knudsen, A. Keyhani, S. H. Mousavi-Avval and J. E. Hermansen. 2013. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: a combined use of Life Cycle Assessment and Data Envelopment Analysis. Journal of Cleaner Production 54: 89-100.

26- Mousavi-Avval, S. H., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi. 2011a. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. Journal of Cleaner Production 19: 1464-1470.

27- Mousavi Avval, S. H., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi. 2011b. Improving energy productivity of sunflower production using data envelopment analysis (DEA) approach. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 1885-1892.

28- Najafi, G. and B. Ghobadian and T. F. Yusaf. 2011. Algae as a sustainable energy source for biofuel production in Iran: A case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15: 3870-3876.

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

30- Ozkan, B. and R. F. Ceylan and H. Kizilay. 2011. Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. Renewable Energy 36: 1639-1644.

31- Pishgar-Komleh, S. H. and P. Sefeedpari and S. Rafiee. 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. Energy 36: 5824-5831.

32- Rafiee, S. and S. H. Mousavi Avval and A. Mohammadi. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy 35: 3301-3306.

33- Ramedani, Z. and S. Rafiee and M. D. Heidari. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy 36: 6340-6344.

34- Safieddin Ardebili, M., B. Ghobadian, G. Najafi and A. Chegeni. 2011. Biodiesel production potential from edible oil seeds in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15: 3041-3044.

35- Samavatean, N., S. Rafiee, H. Mobli and A. Mohammadi. 2011. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. Renewable Energy 36: 1808-1813.

36- Singh, S. and J. P. Mittal. 1992. Energy in Production Agriculture. Mittal Publications.

37- Singh, S., S. Singh, J. P. Mittal, C. J. S. Pannu and B. S. Bhangoo. 1994. Energy inputs and crop yield relationships for rice in Punjab. Energy 19: 1061-1065.

38- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran. 1980. Statistical methods. Iowa State University Press.

39- Taheri-Garavand, A. and A. Asakereh and K. Haghani. 2010. Energy elevation and economic analysis of canola production in Iran a case study: Mazandaran province. International Journal of Environmental Sciences 1: 236-242.

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

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

42- Wang, Y.M.., Great banks., and J. B, Yang. 2005. Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. Fuzzy Sets and Systems. 153(3): 347-370.

43 Zhu, .J. 2003. Imprecise Data Envelopment Analysis (IDEA): A Review and Improvement with an Application, European J. Oper. Res. 144: 513–529.

44- Zilla, S.S., and F, Lea. 1998. DEA and the discriminant analysis of ratios for ranking units, European Journal of Operational Research, Elsevier. 111(3): 470-478.

Invastigating the energy consumption of Peanut production in Guilan province using fuzzy data envelopment analysis method

Amin Nikkhah[1,*], Bagher Emadi[2], Mehdi Khojastehpour[2], Seyed Hossein Payman[3] and Hani Hamzeh-Kalkenari[4]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
Amin.Nickhah@stu-mail.um.ac.ir
2- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
3- Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering, The university of Guilan, Rasht
4- MSc Student, Department of Agricultural Economic, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

This study examined the energy inputs and outputs of peanut production in guilan province in three categories based on the size of peanut farms which are 0.1–0.5 ha, 0.5-1 ha and larger than 1 ha with fuzzy dea method. Results indicated that two inputs of diesel fuel and chemical fertilizer proved to consume the most energy , with %50.05 and %19.14 of the total energy input respectively. The total energy inputs for peanut production in farms sized less than 0.5 ha, 0.5-1 ha and more than 1 ha were 19499.89, 19439.93 and 19255.31 respectively. The shares of renewable and non-renewable energy in production were %7.78 and % 92.22 respectively. Average energy efficiency was calculated as 3.92. Farms sized larger than 1 ha fad higher energy efficiency. Farms larger than 1 ha with different values of α were more efficient than the other two groups. The group of farms sized 0.5 – 1 hectar and less than 1 hectar placed in the second and the third ranking respectively.

Keywords: Energy, DEA, Guilan, Fuzzy Models, Farm Size.