نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۴، ص ۲۱۶-۲۰۶

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 1, Spring - Summer 2015, p. 206-216

بررسی شاخص‌های انرژی و بهینه‌سازی مصرف آن در تولید هلو
مطالعه موردی: منطقه سامان در استان چهارمحال و بختیاری

مهدی قاسمی ورنامخواستی[1*]- سید محمود هاشمی گرم دره[2]- سید علی هاشمی گرم دره[3]

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۹
تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۹

چکیده

استفاده بهینه از انرژی در کشاورزی برای کاهش هزینه‌های تولید و حفظ منابع تجدید ناپذیر و کاهش آلاینده‌های هوا به‌عنوان یکی از شرایط مهم تولید در کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. در این راستا مطالعه‌ای در شهرستان سامان در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. هدف از این مطالعه استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی براساس تحلیل پوششی‌داده‌ها (DEA)، به‌منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید هلو با هدف بالا بردن کارایی فنی است. با انجام تحلیل رگرسیون خطی، تأثیر ورودی‌های کود دامی، آفت‌کش‌ها (سموم شیمیایی)، نیروی انسانی و ادوات و ماشین‌ها بر عملکرد محصول معنی‌دار نبود و تأثیر ورودی‌های سوخت، الکتریسیته، آب آبیاری وکودهای شیمیایی بر عملکرد محصول معنی‌دار بود و این چهار ورودی به‌عنوان ورودی‌ها و عملکرد محصول به‌عنوان خروجی انتخاب شدند. با انتخاب مدل BCC (مدل بازده به مقیاس متغیر با ماهیت ورودی) و استفاده از نرم افزار DEASolver باغداران کارا و باغداران ناکارا مشخص شدند. باغداران کارا دارای کارایی فنی ۱ و باغداران ناکارا دارای کارایی فنی بین ۰/۴۷ تا ۰/۹۴ بودند. همچنین کارایی فنی باغداران ناکارا ۰/۷۴ محاسبه شد که به این معنی است که با استفاده از ۷۴٪ ورودی‌ها و ثابت ماندن میزان عملکرد باغ‌ها، باغداران ناکارا می‌توانند به مرز کارایی برسند و کارایی فنی خالص کل باغداران ۰/۸۲ محاسبه شد. بیشترین میزان ناکارایی مربوط به انرژی الکتریسیته با سهم ۶۵/۳۲٪ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کارایی فنی، منطقه سامان، هلو

مقدمه

کشاورزی، اصلی‌ترین منبع تأمین غذای انسان است. استفاده انسان از منابع طبیعی و فسیلی همواره به‌صورت یک‌جانبه و بی‌رویه بوده است و استفاده از این منابع بدون رعایت جنبه‌های حفاظتی آن و تنها براساس تأمین منافع کوتاه مدت انجام می‌گیرد. افزایش جمعیت و بحران کمبود غذا و مصرف بیش از اندازه از منابع فسیلی سبب کاهش ذخایر نفتی شده است، بنابراین استفاده صحیح از منابع فسیلی و تأمین مواد غذایی متناسب با روند افزایش جمعیت جهان ضروری است. در غیر این صورت زندگی راحت و آسوده برای انسان‌های آینده امکان‌پذیر نخواهد بود و با این شرایط انسان برای تهیه مواد غذایی باید بیشترین محصول را با صرف کمترین انرژی تولید کند. با استفاده از بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌توان مصرف انرژی در تولید را کنترل کرد. بهینه‌سازی یافتن بهترین جواب در خروجی از یک تابع یا فرآیند، به‌وسیله تغییر در ورودی‌های یک سیستم است. شاید بهترین راه افزایش کارایی فنی، دست یافتن به حداکثر تولید ممکن از مقدار مشخصی ورودی است. به‌طور کلی بهینه‌سازی مصرف انرژی را می‌توان به‌عنوان یکی از روش‌هایی دانست که باعث تشویق تولیدات داخلی و استفاده بهینه از منابع در تولید می‌شود (Moazzeni and Karbasi, 2008).

در کشور ما چون به انرژی مصرفی توسط کشاورزان یارانه تعلق می‌گیرد، مصرف انرژی از دیگر نقاط جهان بیشتر است (Pashaei *et al.*, 2007). مصرف بیش از حد متعارف انرژی توسط کشاورزان برای تولید زیادتر، عملکرد کشاورزان را پایین آورده است. به این صورت که کشاورز با صرف انرژی زیاد محصول کشت می‌کند و به‌دلیل پایین بودن قیمت انرژی‌ها، کشاورز هیچ‌گونه تلاشی در راستای کاهش مصرف انرژی نمی‌کند. ولی به‌طور کلی باعث از دست رفتن منابع

۱و ۲- استادیار و دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: ghasemymahdi@gmail.com)

طبیعی و قسمت اعظمی از درآمد کشاورز صرف هزینه‌های اولیه تولید خواهد شد (Elbatawi *et al*., 1998). لذا با شناسایی مراحل انرژی‌بر و مشخص‌کردن مقدار بهینه هر ورودی می‌توان راهکارهایی در جهت کاهش مصرف انرژی و تولید با حداقل انرژی مصرفی را امکان‌پذیر نمود.

پژوهش‌هایی برای برآورد انرژی مصرفی در تولید محصولات مختلف در ایران صورت گرفته است. برای نمونه شاخص‌های کارایی مصرف انرژی تولید خیار در گلخانه‌های غالب استان تهران به‌دست آمد. انرژی کل مصرفی برای تولید خیار گلخانه‌ای در استان تهران معادل ۱۶۶۱۲۵۹۲ MJ ha^{-1} بوده که از آن مقدار ۱۶۲۳۴۸۴۲ MJ ha^{-1} یعنی ۹۷/۷٪ صرف گرمایش گلخانه‌ها شده است (Sherafati, 2010). در مطالعه‌ای دیگر علاوه بر بررسی شاخص‌های انرژی، کارایی فنی و کارایی مقیاس برای گلخانه‌های خیار استان تهران محاسبه شد (Ghojebeig, 2010)، همچنین در پژوهشی دیگر بهینه‌سازی مصرف انرژی در گلخانه‌های پرورش گل استان اصفهان انجام شد که در این مطالعه انرژی کل ورودی ۶۷/۹ GJ ha^{-1} انرژی کل خروجی ۱۱/۸ GJ ha^{-1} و نسبت انرژی ۰/۱۷ گزارش شد (Pahlavan *et al*., 2012). انرژی مصرفی در تولید محصول ذرت در ایران مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج این مطالعه نشان داد میانگین کل انرژی مصرفی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ به‌ترتیب از ۴۰/۹۸ GJ ha^{-1} به ۶۳/۶۴ GJ ha^{-1} رسیده است (Banaeian and Zangeneh, 2011). همچنین در مطالعه‌ای در استان همدان کارایی فنی باغ‌های هندوانه با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها ۰/۸۲ محاسبه شد (Banaeian and Namdari, 2011). در استان مازندران نیز کارایی فنی خالص باغ‌های کیوی ۰/۹۴۲برآورد شد (Mohammadi *et al.*, 2011). در استان گلستان باغ‌های هلو مورد مطالعه قرار گرفتند و کل انرژی ورودی در تولید هلو ۳۷۵۳۶/۹۶ MJ ha^{-1} گزارش شد و مهم‌ترین نهاده انرژی‌بر، سوخت دیزل با سهم ۲۶/۶٪ برآورد شد (Royan *et al.*, 2012). پژوهش‌هایی مشابه در زمینه انرژی مصرفی در کشورهای خارجی انجام شده است. انرژی مورد نیاز برای کشت گندم، برنج و جو در استرالیا بررسی شد که به‌ترتیب انرژی مصرفی گندم ۳۰۲۸ kWh ha^{-1}، برای برنج ۶۶۹۹ kWh ha^{-1} و برای جو ۲۱۷۵ kWh ha^{-1} بود (Khan *et al*., 2010). انرژی مصرفی کشاورزان در سال‌های مختلف در ترکیه مورد بحث قرار گرفت که انرژی ورودی کل در سال ۱۹۷۵ از ۱۷/۵ GJ ha^{-1} به ۴۷/۷ GJ ha^{-1} در سال ۲۰۰۰ رسیده است (Ozkan *et al*., 2004). همچنین در مطالعه‌ای دیگر در این کشور انرژی مصرفی برای تولید سبزیجات گلخانه‌ای نیز محاسبه شد که به‌ترتیب نسبت انرژی برای محصول گوجه، فلفل، خیار و بادنجان ۰/۳۲، ۰/۱۹، ۰/۳۱ و ۰/۲۳ گزارش شد (Canakci and Akinci, 2006).

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه مصرف انرژی و تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده، مشاهده می‌شود که در فرآیند تولید محصولات انرژی زیادی از بین می‌رود و انرژی مصرفی توسط کشاورزان برای تولید بیشتر روز به روز در حال افزایش است (Imami Meybodi, 2000). با این وجود نیاز به مطالعات بیشتر و تحلیل‌های دقیقی در زمینه‌ی مصرف انرژی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی وجود دارد.

منطقه‌ی سامان به‌دلیل این‌که در حاشیه رودخانه زاینده رود قرار دارد و منطقه‌ای کوهستانی است و ارتفاع زمین‌ها و باغات از سطح رودخانه زیاد است، هم انرژی سوخت برای حمل و نقل و انرژی الکتریسیته برای پمپاژ آب بیش از حد متعارف مصرف می‌شد و باغداران این منطقه از بالا نبودن بازده و سود در هر سال شکایت می‌کردند. دلیل پایین بودن عملکرد باغداران این منطقه این است که قسمت عمده درآمد، صرف هزینه‌های اولیه تولید می‌شد. در این مطالعه سعی شده است علاوه بر محاسبه شاخص‌های انرژی به محاسبه کارایی فنی هر باغدار از دید مصرف انرژی پرداخته شود.

مسأله ارزیابی واحدها از دیر باز مورد توجه بوده است. برای ارزیابی یک واحد DMU[1] نیاز به تابع تولید داریم، تابع تولید به تابعی گفته می‌شود که برای هر ترکیب از ورودی‌ها ماکزیمم خروجی را بدهد. در اغلب موارد به‌دلیل پیچیدگی فرآیند تولید، تابع تولید در دست نیست و باید تقریبی از تابع تولید را به‌دست آورد که این کار با دو روش پارامتریک و ناپارامتریک انجام می‌شود (Mohammadi and Omid, 2010). روش پارامتریک (برازش منحنی) تحلیل تابع تولید مرز تصادفی و روش ناپارامتریک روش تحلیل پوششی داده‌ها است. که این روش یک روش برنامه ریزی خطی می‌باشد و مدل اولیه‌ی آن توسط (Farrell, 1975) ارائه شد.

با توجه به محاسبه‌ی آسان روش ناپارامتریک و نیاز نداشتن به پیش فرض تأثیر متغیرهای گسسته (Banaeian *et al*., 2012)، در مطالعه‌ی حاضر از این روش استفاده شد. مطالعاتی مشابه در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی برای محصولات هندوانه و گردو (استان همدان)، کیوی (استان مازندران) صورت گرفته است (Banaeian and Namdari, 2011; Banaeian *et al*., 2010; Mohammadi *et al*., 2011). هدف از انجام این پژوهش استفاده از یک مدل برنامه ریزی خطی برای بالا بردن کارایی فنی باغداران هلوی منطقه سامان در استان چهار محال و بختیاری می‌باشد.

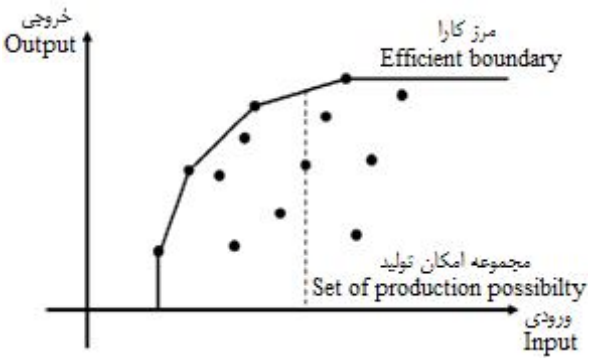
مواد و روش‌ها

این مطالعه در شهرستان سامان در استان چهارمحال و بختیاری

1- Decision making Unit

انجام شد. چهار هزار و ۵۰۰ هکتار باغ هلو در چهارمحال و بختیاری وجود دارد و سالانه بیش از ۵۰ هزار تن هلو برداشت می‌شود. بیش از ۸۰ درصد از باغ‌های هلوی استان در بخش سامان و در حاشیه رودخانه زاینده رود قرار دارد (Anonymous, 2013). محصول هلوی این منطقه به استان‌های همجوار و غیر همجوار (اصفهان، تهران، خوزستان و غیره) در فصل خود صادر می‌شود.

کارایی در عرف به معنای خوب کار کردن است که در مقابل بهره‌وری به‌معنای کار خوب کردن به‌کار می‌رود. واحدی را در نظر بگیرید که با مصرف ورودی x، خروجی y را تولید کند، کارایی را برابر نسبت خروجی به ورودی یعنی $\frac{y}{x}$ تعریف می‌کنیم. برای ارزیابی کارایی یک واحد تصمیم گیرنده DMU، تحلیل پوششی داده‌ها[1] یک روش مفید است (Charnes *et al*., 1978). تحلیل پوششی داده‌ها یک مدل برنامه ریزی ریاضی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیرنده‌ای (DMU) است که چندین ورودی و خروجی دارند. در واقع تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر یک‌سری بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی می‌باشد که به آن روش ناپارامتریک نیز گفته می‌شود. به‌طور کلی مدل‌های برنامه‌ریزی خطی به‌دنبال بهینه‌سازی می‌باشند، که این بهینه‌سازی به یکی از دو شکل بیشینه‌سازی یا کمینه‌سازی مطرح می‌شود. هرگاه بحث از افزایش درآمد و سود می‌شود مدل به‌صورت Max یا بیشینه‌سازی ارائه می‌گردد و هرگاه صحبت از هزینه، قیمت تمام شده و غیره به میان می‌آید مدل به‌صورت Min یا کمینه‌سازی مطرح می‌شود. در این روش منحنی مرزی کارا از یک سری نقاط که به‌وسیله برنامه‌ریزی خطی تعیین می شود، ایجاد می‌گردد. برای تعیین این نقاط می‌توان از فرض بازدهی به مقیاس متغیر (الگوی BCC) استفاده کرد. روش برنامه‌ریزی خطی پس از یک سری بهینه‌سازی مشخص می‌کند که آیا واحد تصمیم گیرنده مورد نظر روی مرز کارایی قرار گرفته است و یا خارج آن قرار دارد. بدین وسیله واحدهای کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می‌شوند (شکل ۱).



شکل ۱- مرز کارایی در مدل BCC

Fig.1. Efficient boundary in BCC model

تحلیل پوششی داده‌ها قادر است استفاده بهینه از منابع موجود را مدیریت کند. در این روش DMU هایی که از حداکثر ظرفیت منابع خود استفاده می‌کنند به‌عنوان واحدهای کارا (کارایی فنی ۱) انتخاب شده و مابقی واحدها با آن‌ها سنجیده می‌شوند (Banaeian *et al*., 2012).

الگوی DEA و مدل BCC[2]

مدل BCC براساس حرف اول نام پدید آورندگانش یعنی بنکر، چارنز و کوپر نامگذاری شده است. استفاده از الگوی DEA، برای ارزیابی نسبی واحدها، نیازمند تعیین دو مشخصه اساسی، ماهیت الگو و بازده به مقیاس الگو می‌باشد.

۱- ماهیت الگوی مورد استفاده:

۱-۱- ماهیت ورودی: در صورتی که در فرآیند ارزیابی با ثابت نگه داشتن سطح خروجی‌ها سعی در حداقل‌سازی ورودی‌ها داشته باشیم ماهیت الگوی مورد استفاده ورودی است.

۱-۲- ماهیت خروجی: درصورتی که در فرآیند ارزیابی با ثابت نگه‌داشتن سطح ورودی‌ها سعی در افزایش سطح خروجی داشته باشیم ماهیت الگوی مورد استفاده خروجی است.

بازده به مقیاس، بیانگر پیوند بین تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم می‌باشد.

۲- بازده به مقیاس الگوی مورد استفاده:

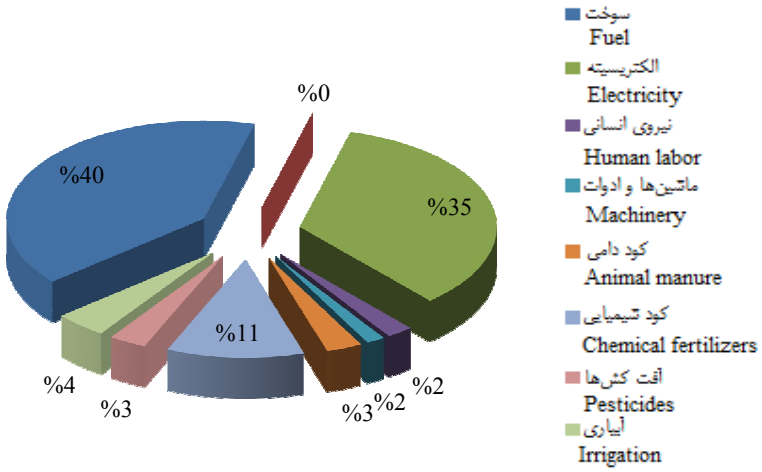
۲-۱- بازده به مقیاس ثابت: یعنی هر مضربی از ورودی‌ها همان مضرب از خروجی‌ها را تولید می‌کند. الگوی CCR بازده به مقیاس واحدها را ثابت فرض می‌کند.

۲-۲- بازده به مقیاس متغیر: یعنی هر مضربی از ورودی‌ها می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کمتر از آن و یا بیشتر از آن را در خروجی‌ها تولید کند. الگوی BCC بازده به مقیاس را متغیر فرض می‌کند که با توجه به نوع پروژه از ماهیت ورودی یا خروجی استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود شکل پوششی در این مدل به‌گونه‌ای است که لزوماً از مبدأ عبور نمی‌کند در نتیجه نقاطی که برای واحدهای ناکارا به‌صورت ترکیب محدب واحدهای ناکارا تعیین شده نسبت به ترکیب خطی در حالت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در ظاهر پوششی بیشتر است لذا می‌توان مدل برنامه‌ریزی خطی را به‌صورت رابطه (۱) بیان کرد (Banaeian *et al*., 2012).

$$\begin{aligned} &\text{Min: } h_0=h(X_0,Y_0) \\ &\text{St: } X_0-\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_j \geq 5 \\ &\sum_{j=1}^{n}\lambda_j X_j \geq Y_0 \\ &\sum \lambda_j \geq 1 \quad \lambda_j \geq 0 \quad j=1,2,\ldots..n \end{aligned} \qquad (۱)$$

1- Data envelopment analysis (DEA)

3- Banker, charnes and cooper



شکل ۲- میزان مصرف هر ورودی در تولید (٪)

Fig.2. The share of energy inputs in peach production (%)

n: تعداد واحدهای DMU

X: ورودی

Y : خروجی

λ: وزن واحد کارای j در مجموعه مرجع

در این مطالعه از مدل (BCC-I) بازده به مقیاس متغیر با ماهیت ورودی استفاده شد یعنی در فرآیند ارزیابی با ثابت نگه داشتن سطح خروجی‌ها سعی در حداقل‌سازی ورودی‌ها داریم.

شاخص‌های انرژی

شاخص‌ها برای مقایسه‌ی واحدها با یکدیگر به‌کار می‌روند و مطالعه دقیق آن‌ها را با یکدیگر امکان‌پذیر می‌کنند. شاخص‌های موجود در مکانیزاسیون‌کشاورزی امکان شناخت کلی از وضعیت مصرف انرژی در کشاورزی را فراهم می‌کند. با برآورد شاخص‌های مصرف انرژی می‌توان فرآیندهای مختلف تولید محصول، بازدهی انرژی در تولید محصولات مختلف را در مناطق مختلف بررسی کرد (Pashaei *et al*., 2007).

نسبت انرژی[1]: معادل نسبت بین انرژی محصولات خروجی و مجموع کل انرژی ورودی‌ها در تولید می‌باشد (Pashaei *et al*., 2007).

انرژی خالص[2] (MJ): تفاضل بین انرژی تولید شده و کل انرژی مورد نیاز برای تولید می‌باشد. منفی بودن این مقدار این را نشان می‌دهد که در فرآیند تولید، انرژی از دست می‌رود (Hulsbergen *et al*., 2002).

بهره‌وری انرژی[3] ($MJ\ ha^{-1}$): نسبت محصول تولید شده در واحد ($kg\ ha^{-1}$) به انرژی ورودی در واحد ($MJ\ ha^{-1}$) است. برای بهبود این شاخص در یک فرآیند هم می‌توان انرژی مصرفی در تولید را کاهش داد و هم عملکرد محصول را بهبود بخشید (Pashaei *et al*., 2007).

انرژی ویژه[4] ($MJ\ ha^{-1}$): نسبت انرژی ورودی در واحد ($MJ\ ha^{-1}$) به محصول تولید شده در واحد ($kg\ ha^{-1}$) است (Banaeian *et al*., 2012).

در این مطالعه برای تحلیل انرژی مصرفی در تولید هلو موارد زیر مشخص شد:

محاسبه انرژی هر یک از ورودی‌های مصرفی در تولید

محاسبه انرژی مصرفی کل در تولید

محاسبه مقدار کل انرژی خروجی (عملکرد محصول)

محاسبه شاخص‌های مربوطه

کارایی فنی هر واحد و تعیین واحدهای ناکارا

مشخص کردن ورودی‌های انرژی‌بر در واحدهای ناکارا و به‌دست آوردن مقدار بهینه هر ورودی

برای انجام این پژوهش، متوسط مصرف سوخت گازوئیل و بنزین در مراحل مختلف، تعداد کارگر مورد نیاز و زمان کار کارگر در عملیات داشت و برداشت، مقدار کودهای پرمصرف ازت و فسفات و پتاس وکودهای کم‌مصرف (ریزمغذی‌ها)، مقدار کود دامی مصرف شده،

1- Energy ratio
2- Net energy gain
3- Energy productivity
4- Specific energy

میزان مصرف سموم شیمیایی، مقدار الکتریسیته مصرفی (الکتریسیته مصرفی توسط پمپ‌های آب)، مقدار آب مصرفی برای آبیاری در طول دوره، نوع ادوات و ماشین‌های استفاده شده و زمان استفاده از آن‌ها و میزان تولید محصول با طرح پرسشنامه و مصاحبه با باغدارانی که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند، تکمیل گردید. با توجه به این که تعداد نمونه‌گیری در نرم افزار DEAsolver بایستی تعداد DMUها بیش از سه برابر مجموع ورودی‌ها و خروجی‌ها باشد، تا پاسخ دقیق‌تر حاصل شود، ۳۰ پرسشنامه توسط باغداران منطقه تکمیل شد و داده‌های به‌دست آمده وارد نرم افزار Excel2007 شد. میزان مصرف انرژی هر یک از ورودی‌ها با در نظر گرفتن شدت انرژی برای هر ورودی با توجه به جدول ۱ محاسبه شد و میزان انرژی مصرفی کل در باغ هلو به‌دست آمد.

جدول ۱- هم ارز انرژی ورودی و خروجی

Table 1- Energy equivalent of inputs and outputs in peach production

ورودی/ خروجی Input/output	معادل انرژی Energy equivalent (MJ ha^{-1})	منبع Reference
ورودی‌ها Inputs		
سوخت Fuel (L)		
بنزین Gasoline	35.00	(Keyhani, 2008)
دیزل Diesel fuel	56.30	(Omid *et al.,* 2010)
الکتریسیته Electricity (kWh)	11.93	(Kitani, 1999)
ماشین‌ها و ادوات Machinery (h)	64.80	(Hatirli *et al.,* 2006)
کود دامی Animal manure (kg)	0.30	(Ozkan *et al.,* 2004)
کود شیمیایی Chemical fertilizers (kg)		
ازت Nitrogen	66.14	(Hatirli *et al.,* 2006)
فسفات Phosphate (P_2O_5)	12.44	(Ozkan *et al.,* 2011)
پتاسیم Potassium (K_2O)	11.15	(Ozkan *et al.,* 2011)
ریزمغذی‌ها Micro elements	120.00	(Banaeian *et al.,* 2011)
آفت‌کش‌ها Pesticides (kg)		
علف کش‌ها Herbicides	238.00	(Banaeian and Zangeneh, 2011)
حشره کش‌ها Insecticides	101.20	(Banaeian and Zangeneh, 2011)
قارچ کش‌ها Fungicides	216.00	(Banaeian and Zangeneh, 2011)
روغن‌های معدنی Mineral oil	43.20	(Rafiee *et al.,* 2010)
آب آبیاری Water for irrigation (m^3)	1.02	(Acaroglu, 1998)
انسان Human labor (h)	1.96	(Hatirli *et al.,* 2006)
خروجی: محصول (هلو) Output: Peach fruit (kg)	1.90	(Singh and Mittal, 1992)

نتایج و بحث

از میان هشت ورودی موجود در تولید هلو با تحلیل رگرسیون خطی چهار ورودی به‌عنوان ورودی‌هایی شناخته شدند که تأثیر معنی‌داری بر میزان عملکرد محصول داشتند که عبارت از سوخت، الکتریسیته، آب آبیاری و کودهای شیمیایی هستند. درحالی‌که ورودی‌های نیروی انسانی، آفت‌کش‌ها، کود دامی و ماشین و ادوات تأثیر معنی‌داری روی محصول نداشتند. با این وجود در این تحقیق از مدل BCC با ماهیت ورودی استفاده شد که در این مدل با ماهیت ورودی در فرآیند ارزیابی با ثابت نگه داشتن سطح خروجی‌ها، سعی در حداقل‌سازی ورودی‌ها می‌شود. با انتخاب سوخت، الکتریسیته، کود شیمیایی، آب آبیاری در واحد ($MJ\ ha^{-1}$) به‌عنوان ورودی‌ها و عملکرد محصول در واحد ($kg\ ha^{-1}$) به‌عنوان خروجی، داده‌ها توسط نرم افزار DEA Solver تجزیه و تحلیل شد. کارایی فنی باغ‌ها مشخص شد و میزان مصرف ورودی‌های باغ‌های ناکارا و مقدار بهینه هر ورودی برآورد شد. در جدول ۲ مقادیر انرژی ورودی‌ها و خروجی به‌ترتیب نشان داده شده است. این مقادیر با ضرب شدت انرژی (جدول ۱) هر ورودی در مقدار مصرف هر ورودی در هکتار و ضرب شدت انرژی محصول در میزان عملکرد محصول در هکتار به‌دست آمده است. مقدار مصرف ورودی‌ها در هکتار و میزان عملکرد محصول در هکتار با میانگین‌گیری حسابی از داده‌ها در نرم افزار Excel به‌دست آمد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود ۴۰/۲۷٪ انرژی مصرفی در باغات هلو به سوخت اختصاص دارد که این مقدار شامل سوخت دیزل (سوخت مورد نیاز ادوات و ماشین‌ها) و بنزین (سوخت مورد نیاز ادوات و ماشین‌های بنزینی (تیلرهای بنزینی) و وسایل حمل و نقل استفاده شده در طول دوره رشد) بود. میزان انرژی مصرفی الکتریسیته برای تولید هلو حدود ۳۴/۳۹٪ به‌عنوان دومین ورودی انرژی‌بر شناخته شد. دلیل بالا بودن انرژی مصرفی الکتریسیته، پمپاژ آب تا ارتفاعی بین ۱۰۰-۴۰۰ متر در این منطقه می‌باشد که در بعضی نقاط این منطقه نیاز به ۳ ایستگاه پمپاژ است تا آب مورد نیاز باغ‌ها تأمین شود. در نتیجه به‌علت ارتفاع زیاد باغات از سطح رودخانه نیاز به الکتروموتورهای قوی برای پمپ‌ها می‌باشد که باعث می‌شد تا انرژی مصرفی الکتریسیته به مقدار انرژی مصرفی سوخت نزدیک شود. انرژی مصرفی نیروی انسانی و ماشین‌ها و ادوات کمترین مقدار را در بین دیگر ورودی‌ها به خود اختصاص می‌دهند. در نهایت مقدار کل انرژی مصرفی برای تولید هلو ۱۲۷۴۲۸/۳۵ مگاژول بر هکتار می‌باشد. انرژی خروجی کل (عملکرد محصول) ۲۱۷۸۶/۶۷ مگاژول بر هکتار می‌باشد. همان‌طور که مشخص است مقدار زیادی انرژی در فرآیند تولید هلو در این منطقه از دست می‌رود.

برآورد شاخص‌های انرژی در تولید هلو

در جدول ۳ انواع شاخص‌های انرژی که برای تحلیل انرژی مصرفی در تولید محصولات کشاورزی کاربرد دارد برای هلو محاسبه شده است. انرژی خالص ۱۰۵۶۴۱/۶۸ مگاژول می‌باشد و بازده انرژی در تولید هلو ۰/۱۷ محاسبه شده است، که به‌دلیل هدر رفتن انرژی در فرآیند تولید هلو کمتر از ۱ است. میوه هلو میوه‌ای کم کالری و انرژی‌بر می‌باشد، به همین دلیل بازده آن کمتر از ۱ به‌دست آمده است. انرژی ویژه ۱۱/۱۱ مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد. بهره‌وری انرژی که عکس انرژی ویژه می‌باشد ۰/۰۸۹می‌باشد. انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی و آب آبیاری و انرژی تجدیدناپذیر شامل سوخت، کود شیمیایی، سموم شیمیایی، الکتریسیته و ادوات و ماشین‌ها (۶/۵۲٪ و ۹۳/۴۸ ٪) از کل انرژی مصرف شده می‌باشد.

تحلیل کارایی باغ‌های هلو

پس از وارد کردن داده‌ها در Excel و اجرای برنامه EASolver نتایج در جدول ۴ ارائه گردید. جدول ۴ نشان می‌دهد که از میان ۳۰ باغدار انتخاب شده ۹ باغدار (۱، ۹، ۱۰، ۱۵، ۱۷، ۲۳، ۲۷، ۲۹، ۳۰) دارای کارایی فنی ۱ و کارا هستند. کارایی ۱ به این معنی است که مقدار مصرف ورودی‌ها در تولید هلو توسط این باغداران به اندازه بوده است. مابقی باغداران کارایی فنی پایین‌تر از ۱ داشتند. برای باغداران ناکارا در مدل BCC-I [1] (بازده به مقیاس متغیر با ماهیت ورودی) با کاهش ورودی‌ها میزان کارایی افزایش می‌یابد. مقادیر بهینه هر ورودی در جدول ۴ آمده است. همان‌طور که از جدول ۴ مشخص است میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی ورودی به بیش از ۵۰٪ می‌رسد به‌عنوان مثال باغدار شماره ۱۳ با کاهش ورودی‌ها می‌تواند تا ۵۳٪ در انرژی ورودی صرفه‌جویی کند. براساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین کارایی ۱ و کمترین کارایی ۰/۴۷ مربوط به باغدار شماره ۱۳ بود که این باغدار می‌تواند با کاهش قابل توجهی در ورودی‌ها به‌همان میزان خروجی دست یابد. کارایی فنی خالص باغداران ۰/۸۲ به‌دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد با روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان با کاهش ورودی‌ها تا ۱۸٪ کارایی را افزایش داد. پژوهش‌های مشابهی در این راستا انجام شده است به‌طوری‌که کارایی فنی برای باغ‌های کیوی استان مازندران با روش تحلیل پوششی داده‌ها ۰/۹۴۲ برآورد شد و سهم ذخیره‌سازی انرژی کودهای شیمیایی از دیگر ورودی‌ها بیشتر بود و از کل انرژی ورودی بدون تغییر در خروجی می‌توان $3687/62\ MJ\ ha^{-1}$ صرفه‌جویی کرد (Mohammadi *et al*., 2011). همچنین در مطالعه‌ای دیگر کارایی فنی برای باغ‌های سیب استان تهران ۰/۷۸۵۷ گزارش شد که انرژی

1- Input oriented

ذخیره‌سازی الکتریسیته از بقیه موارد بیشتر بود و با انجام آنالیز اقتصادی در این تحقیق مشخص شد کل هزینه تولید می‌توانست از ۸۲۲۷/۷۰ MJ ha^{-1} به ۷۵۷۰/۰۱ MJ ha^{-1} برسد (Mousavi-Avval *et al*., 2011).

جدول ۲- مقادیر انرژی ورودی‌ها و خروجی در تولید هلو

Table 2- Amounts of inputs and output in peach production

ورودی/ خروجی Input/output	واحد Unit	میزان مصرف در هکتار Quantity per unit area (ha)	انرژی معادل Total energy equivalent (MJ ha^{-1})	درصد Percentage (%)
ورودی‌ها Inputs				
سوخت Fuel	L			40.27
بنزین Gasoline		1364.67	47763.45	37.48
دیزل Diesel fuel		63.33	3565.48	2.79
الکتریسیته Electricity	kWh	3672.86	43817.22	34.39
ماشین‌ها و ادوات Machinery	h	30.00	1944	1.53
کود دامی Animal manure	kg	12483.33	3744.99	2.94
کود شیمیایی Chemical fertilizers	kg			11.27
ازت Nitrogen		147.46	9753	7.65
فسفات Phosphate (P_2O_5)		83.83	1042.84	0.82
پتاسیم Potassium (K_2O)		48.80	544.12	0.43
ریزمغذی‌ها Micro elements		25.18	3021.6	2.37
آفت‌کش‌ها Pesticides	kg			3.06
علف کش‌ها Herbicides		2.67	635.46	0.49
حشره کش‌ها Insecticides		3.22	325.86	0.25
قارچ کش‌ها Fungicides		9.17	1980.72	1.55
روغن‌های معدنی Mineral oil		22.67	979.34	0.77
آب آبیاری Water for irrigation	m^3	5403.33	5511.39	4.32
انسان Human labor	h	1428.00	2798.88	2.19
انرژی ورودی کل Total energy input	MJ ha^{-1}		127428.35	100.00
خروجی: محصول (هلو) Output: Peach fruit (kg)	kg	11466.67	21786.67	

جدول ۳- شاخص‌های انرژی در تولید هلو

Table 3- Energy indices in peach production

	هلو Peach	واحد Unit	درصد Percentage
بازده انرژی Energy ratio	0.17	-	-
انرژی ویژه Specific energy	11.11	MJ ha^{-1}	
بهره‌وری انرژی Energy productivity	0.089	kg MJ^{-1}	
انرژی خالص (تراز انرژی) Net energy gain	-105641.68	MJ ha^{-1}	
انرژی تجدید پذیر Renewable energy	8310.27	MJ ha^{-1}	6.52
انرژی تجدید ناپذیر Non-renewable energy	119118.08	MJ ha^{-1}	93.48
انرژی ورودی کل Total energy input	127428.35	MJ ha^{-1}	100.00

بهینه‌سازی مصرف ورودی‌ها

همان‌طور که از جدول ۴ مشخص است کارایی فنی باغ‌های ناکارا ۰/۷۴ می‌باشد. این مقدار کارایی نشان می‌دهد که با استفاده از ۰/۷۴ ورودی‌ها و هیچ‌گونه تغییر در خروجی باغ‌ها، این باغداران می‌توانند به کارایی ۱ رسیده و خود را به مرز کارایی برسانند. همچنین با این نتیجه باغداران می‌توانند ۰/۲۶ از ورودی‌های خود را کاهش داده و ذخیره کنند و به کارایی ۱ دست پیدا کنند. مثلاً باغ شماره ۲ که بیشترین کارایی را در بین باغداران ناکارا دارد (۰/۹۴) می‌تواند با کاهش دادن ورودی‌ها به‌میزان ۶٪ کارا شود و همچنین با استفاده از جدول ۴ هر باغدار ناکارا می‌تواند با رساندن مقدار هر ورودی به مقدار بهینه آن به مرز کارایی برسد. از جدول ۴ می‌توان دریافت که بیشترین مقدار کاهش برای رسیدن به مقدار بهینه مربوط به الکتریسیته و بعد سوخت می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود باغداران ناکارا باید مقدار انرژی مصرفی الکتریسیته خود را از ۵۶۸۹۰/۴۶ به ۱۰۱۲۹/۹۸ مگاژول بر هکتار برسانند و در مورد سوخت باید از ۵۶۷۲۵/۵۶ به ۴۰۸۰۷/۱۳ مگا ژول بر هکتار برسانند. دلیل مصرف انرژی بالا در این دو ورودی تعلق گرفتن یارانه دولت به این دو ورودی است و همچنین بالا بودن مصرف خودروهای مورد استفاده باغداران این منطقه که عمدتاً وانت پیکان و نیسان بود. در مورد الکتریسیته مناسب نبودن پمپ‌های استفاده شده در این منطقه و ارتفاع زیاد پمپاژ که باعث افت بازده پمپ و مصرف بالای انرژی الکتریسیته در این منطقه می‌شد و عامل دیگر فاصله زیاد این منطقه از بازارهای عرضه محصولات و مناسب نبودن راه‌های ارتباطاتی است. از جدول ۵ برداشت می‌شود که اگر باغداران به مقادیر بهینه توصیه شده برای هر ورودی توجه کنند؛ ۳۲۷۳۲/۳۶ مگاژول بر هکتار با سهم ۶۵/۳۲٪ در انرژی الکتریسیته، ۱۱۱۴۲/۶۲مگاژول بر هکتار با سهم ۲۲/۲۳ ٪ در انرژی سوخت و ۴۷۱۷/۵ مگاژول با سهم ۹/۴۱٪ در انرژی مربوط به کودهای شیمیایی، ۱۵۲۲/۵۳ مگاژول بر هکتار با سهم ۳/۰۴٪ در انرژی آبیاری می‌توانند صرفه‌جویی کنند.

چون بیشتر سوخت مصرفی شامل استفاده از خودروهای شخصی برای حمل میوه به بازار می‌شود به باغداران این منطقه توصیه می‌شود درصورت امکان به‌صورت گروهی از یک کامیونت برای حمل میوه‌ها به میدان‌های میوه و تره‌بار استفاده کنند. در مورد الکتریسیته چون بیشتر الکتریسیته مصرفی شامل پمپاژ آب بود تعویض الکتروموتورهای فرسوده و تطبیق تأسیسات پمپ با الکتروپمپ، استفاده از تأسیسات و تجهیزات با راندمان بالا، واقعی نمودن تعرفه انرژی برق، استفاده از الکتروموتورهای عمودی، استفاده از خازن در تأسیسات برق کشاورزان می‌تواند انرژی مصرفی این بخش را پایین بیاورد. مورد دیگر کودهای شیمیایی بود که باغداران این منطقه به‌دلیل نداشتن اطلاعات کافی از مقدار مصرف این کودها به‌خصوص کود ازته، به مصرف بی‌رویه این کودها روی آورده که باعث تأثیر گذاشتن روی هدایت الکتریکی (EC) آب رودخانه شده بود که در این مورد بالا بردن سطح آگاهی باغداران از میزان کود مصرفی به تفکیک هر نوع و زمان مصرف هر کود با برگزار نمودن کلاس‌های آموزشی برای باغداران توسط جهاد کشاورزی استان، می‌تواند تأثیرگذار باشد.

جدول ٤- مقادیر اولیه و هدف انرژی ورودی برای باغداران ناکارا در تولید هلو

Table 4- Primary and target amounts of input energy for inefficient farmers in peach production (based on BCC model)

شماره باغدار DMU	مقادیر انرژی اولیه Actual energy use (MJ ha^{-1})				مقادیر انرژی بهینه یا هدف Optimum energy requirement (MJ ha^{-1})				کارایی فنی PTE
	سوخت Fuel	کود شیمیایی Chemical fertilizers	آبیاری Water for irrigation	الکتریسیته Electricity	سوخت Fuel	کودشیمیایی Chemical fertilizers	آبیاری Water for irrigation	الکتریسیته Electricity	
2	30815.0	5777.84	3098.25	52611.30	29015.92	5440.51	2669.19	43491.81	0.94
3	50445.0	8851.35	6196.50	105222.60	38955.61	6835.36	3442.42	33844.86	0.77
4	47198.0	10808.10	6196.50	105222.60	38521.63	8822.94	3720.35	4050.84	0.82
5	65130.0	14837.80	9294.75	157833.90	53395.70	12164.51	5455.05	5284.54	0.82
6	76756.0	17634.62	12393.00	210445.20	65580.65	15068.09	7015.90	6420.66	0.85
7	54864.6	23421.50	6196.00	105222.60	45047.29	11005.29	5087.72	5136.35	0.82
8	71568.5	17097.28	7745.62	98422.50	47881.34	11362.93	5182.04	5159.39	0.67
11	30252.0	7818.60	3098.25	26305.65	23789.69	6148.42	2308.46	20686.34	0.79
12	83540.2	13945.50	6196.50	52611.00	44246.83	8614.28	3827.64	1877.33	0.62
13	69715.8	19512.80	8262.00	78916.95	32468.86	8846.02	3847.88	11946.90	0.47
14	49812.2	18709.45	3825.00	52611.30	32877.97	9757.56	2524.65	4843.31	0.66
16	65156.0	22661.50	6885.00	13421.25	37986.39	9123.37	4014.00	4326.08	0.58
18	81504.0	23026.20	11016.00	42948.00	68602.95	17586.02	8720.46	12563.47	0.84
19	45265.0	13033.00	5508.00	21474.00	27595.99	7792.28	3244.64	13091.60	0.61
20	30191.0	10816.10	2754.00	10737.00	23879.76	7243.83	2178.29	6587.97	0.79
21	74431.0	28262.60	9180.00	32211.00	44494.91	11797.56	5487.81	12568.33	0.60
22	55202.5	28817.50	4590.00	5368.50	33701.92	7720.12	3102.98	3629.28	0.68
24	43689.0	14002.50	4590.00	5368.50	40544.63	9635.83	4259.65	4490.95	0.93
25	62756.0	18920.55	6885.00	6710.62	43178.13	10106.04	4464.00	4617.12	0.69
26	48878.0	11590.00	4590.00	6561.50	25705.81	8455.06	3616.02	4018.42	0.73
28	54067.0	16035.25	5100.00	4473.75	49477.76	10544.25	4115.93	4094.02	0.92
ناکارا Inefficient	56725.56	16456.19	6163.92	56890.46	40807.13	9717.58	4204.05	10129.98	**0.74**

جدول ٥- متوسط میزان استفاده بیش از نیاز هر ورودی (مگاژول بر هکتار)

Table 5- The average of the use more than the need of each input (MJ ha^{-1})

میانگین Average	کود شیمیایی Fertilizers	آبیاری Water for irrigation	الکتریسیته Electricity	سوخت Fuel
مقادیر اولیه Actual energy use (MJ ha^{-1})	14363.72	5523.40	44427.32	50805.91
مقادیر بهینه Optimum energy requirement (MJ ha^{-1})	9646.67	4000.87	11694.96	39663.29
مقادیر مازاد Surplus amounts (MJ ha^{-1})	4717.05	1522.53	32732.36	11142.62
مقدار ذخیره انرژی (٪) Saving (%)	9.41	3.04	65.32	22.23

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیقات و مطالعات انجام شده نشان داد که میزان انرژی مصرفی برای تولید هر کیلو هلو ۱۱/۱۱مگاژول است و همین‌طور مشخص شد که بیشترین انرژی مصرفی مربوط به سوخت و الکتریسیته است. همچنین با مقایسه نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش انجام شده در باغ‌های هلوی استان گلستان مشاهده می‌شود که در تولید این محصول در ایران دو نهاده‌ی سوخت و الکتریسیته بیش از نیاز مصرف شده و باعث کاهش کارایی باغداران می‌گردد. با این وجود باید به فکر راه حل‌هایی برای پایین آوردن مصرف این دو ورودی در این منطقه باشیم. در اکثر کارهای مشابه سوخت و

الکتریسیته بیشترین انرژی مصرفی را در تولید محصولات به‌خود اختصاص می‌دهند که شاید این به‌علت تعلق گرفتن یارانه به انرژی در کشور می‌باشد. با وجود طرح‌هایی که در کشور اجرا شد و در حال اجرا است (هدفمند سازی یارانه‌ها) امید است در بخش‌هایی که انرژی (که سهم عمده‌ای از یارانه را به‌خود اختصاص داده) بی‌رویه مصرف می‌شود بدون این‌که نیازی به آن باشد، صرفه‌جویی گردد و با تغییر قیمت‌های انرژی مصرفی در کشور تلاش برای بهبود و پیشرفت ادوات و ابزارهای استفاده شده در کشاورزی صورت پذیرد. استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها چه در بخش کشاورزی و چه در بخش‌های تولیدی دیگر می‌تواند برای بالا بردن بازده عملکرد و همچنین شناسایی عواملی که باعث کاهش بازده می‌شوند مفید باشد. البته این روش چون روشی مبتنی بر نقطه‌ی حدی می‌باشد خطای اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌تواند انحرافات زیادی داشته باشد ولی به‌دلیل آسان و شفاف بودن و محاسبه راحت آن، به کسانی که علاقه دارند در این زمینه فعالیت کنند پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Acaroglu, M. 1998. Energy from biomass, and applications. University of Seluck, Graduate School of Natural and Applied Sciences. Textbook.
2. Anonymous. 2013. Peach festival in Chahar MahaloBakhtiari province. Available from http://www.Samancity.ir. Accessed Jan 2013. (In Farsi).
3. Banaeian, N., M. Zangeneh, and M. Omid. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using data envelopment analysis (DEA). Australian Journal of Crop Science 4 (5): 359-362
4. Banaeian, N., and M. Namdari. 2011. Effect of ownership on energy use efficiency in watermelon farms –a data envelopment analysis approach. International Journal of Renewable Energy Research 1 (3): 184-191.
5. Banaeian, N., and M. Zangeneh. 2011. Study on energy efficiency in corn production of Iran. Energy 36: 5394-5402.
6. Banaeian, N., M. Omid, and H. Ahmadi. 2012. Energy indices estimation and its optimization for strawberry production in greenhouse. Iranian Journal of Biosystem Engineering 2 (42): 151-157. (In Farsi).
7. Canakci, M., and I. Akinci. 2006. Energy use pattern analysis of greenhouse vegetable production. Energy 31: 1243-1256.
8. Charnes, A., W. Cooper, and E. Rhods. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research 2: 429-441.
9. Elbatawi, I. E. A., K. Mohri, K. Namba, and D. Filipovic. 1998. Utilization of solar energy for heating a greenhouse at nighttime. Actual tasks on agricultural engineering, Proceedings of 26th International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia.
10. Farrell, M. J. 1957. The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society 120: 252-90.
11. Ghojebeig, F. 2010. A decision support system for optimizing energy consumption in vegetable production greenhouses. MSc Thesis. University of Tehran, Iran. (In Farsi).
12. Hatirli, S. A., B. Ozkan, and C. Fert. 2006. Energyinputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy 31: 427-438.
13. Hulsbergen, K. J., B. Feil, and W. Diepenbrock. 2002. Rates of nitrogen application required achieving maximum energy efficiency for various crops: Result of a long term experiment. Field Crops Research 77: 113-135.
14. Imami Meybodi, A. 2000. Principle of efficiency and productivity measurement. Institute of Commercial Observations and Researches of Tehran. (In Farsi).
15. Keyhani, A. R. 2008. Management of energy consumption in agriculture. Teaching note. University of Tehran. Iran. (In Farsi).
16. Khan, S., M. A. Khan, and N. Latif. 2010. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. Soil and Environment 29 (1): 61-68.
17. Kitani, O. 1999. Energy and Biomass Engineering. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. (V), St Joseph, MI: ASAE.

18. Moazzeni, S. S., and A. R. Karbasi. 2008. Study on kinds of efficiency using data envelopment analysis (a case study of pistachio producers in Zarand town). Iranian Journal of Agricultural Economics 61: 1-6.
19. Mohammadi, A., and M. Omid. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.
20. Mohammadi, A., S. Rafiee, S. S. Mohtasebi, and S. H. Mousavi-Avval. 2011. Energy efficiency improvement and input cost saving in kiwifruit production using data envelopment analysis approach. Renewable Energy 36: 2573-2579.
21. Mousavi-Avval, S. H., S. Rafiee, A. Jafari, and A. Mohammadi. 2011. Optimization of energy consumption and input costs for apple production in Iran using data envelopment analysis. Energy 36: 909-916.
22. Omid, M., F. Gojabeige, M. Delshad, and H. Ahmadi. 2010. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. Energy Conversion and Management 52 (1): 153-162.
23. Ozkan, B., H. Akcaoz, and C. Fert. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.
24. Ozkan, B., 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.
25. Pahlavan, R., M. Omid, S. Rafiee, and S. H. Mousavi-Avval. 2012. Optimization of energy consumption for rose production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 236-241.
26. Pashaei, F., M. H. Rahmati, and P. Pashaei. 2007. Evaluation and determination of energy consumption for greenhouse tomato production; Case study: Kermanshah province. 2009. 5th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Ferdowsi University, Mashhad. (In Farsi).
27. Rafiee, S., S. H. Mousavi-Avval, and A. Mohammadi. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy 35: 3301-3306.
28. Royan, M., M. Khojastehpour, B. Emadi, and H. Ghasemi Mobtaker. 2012. Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. Energy Conversion and Management 64: 441-446.
29. Sherafati, K. 2010. Study of performance indices of energy consumption for cucumber production in Tehran greenhouses. Institute of Research in Agricultural Engineering. No.88.549. (In Farsi).
30. Singh, S., and J. P. Mittal. 1992. Energy in Production Agriculture. New Delhi, Mittol Publication.