نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۱، ص ۳۷-۲۸

Journal of Agricultural Machinery Engineering
Vol. 2, No. 1, Spring - Summer 2012, p. 28-37

تجزیه و تحلیل کارایی انرژی محصول خیار گلخانه‌ای به روش تحلیل پوششی داده‌ها
مطالعه موردی (شهرستان شهرضا – استان اصفهان)

مرتضی تاکی[1*] – یحیی عجب شیرچی[2] – رضا عبدی[3]– محمد اکبرپور[4]

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۴

چکیده

در این تحقیق کارایی انرژی محصول خیار گلخانه‌ای در شهرستان شهرضا، با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از بین ۶۰ گلخانه موجود دراین شهرستان و روستاهای اطراف تعداد ۲۵ واحد که اطلاعات مستند داشتند به‌طور تصادفی انتخاب شده و جمع‌آوری داده‌ها از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری انجام گرفت. نتایج نشان داد که نهاده سوخت با ۴۷ درصد بیشترین و آب مصرفی با ۱/۲ درصد کمترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌های انرژی حاکی از این بود که در مدل بازگشت به مقیاس ثابت، ۲۴ درصد و در مدل بازگشت به مقیاس متغیر، ۳۶ درصد از کل واحدها کارایی ۱۰۰ درصد داشته و بقیه واحدها به درجات مختلفی ناکارا محسوب می‌شوند. میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به ترتیب ۹۰/۳۷، ۹۵/۰۹ و ۹۴/۶ برآورد شد. همچنین میانگین کارایی فنی واحدهای ناکارا بر اساس مدل بازگشت به مقیاس ثابت ۸۷ درصد محاسبه شد، به این معنا که ۱۳ درصد از کلیه منابع می‌تواند به‌وسیله بالا بردن کارایی این واحدها ذخیره شود. در این تحقیق بیشترین مصرف نادرست انرژی و همچنین بیشترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای مربوط به نهاده سوخت مصرفی است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، کارایی انرژی، خیار گلخانه‌ای

مقدمه

امروزه بخش کشاورزی به منظور پاسخ‌گویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب، به میزان زیادی وابسته به مصرف انرژی می‌باشد. توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سوء ناشی از عدم استفاده نامناسب از منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است (Hatirli et al., 2005). هدف تولید کننده بخش کشاورزی تحت تاثیر شرایط محیطی، جغرافیایی و اقتصادی، تعیین می‌گردد. گرچه ممکن است این هدف، صرفا حداکثر کردن سود نباشد، اما به هر حال تولید کننده بخش کشاورزی در پی هدفی خاص اقدام به تولید می‌کند و دستیابی به آن هدف در بالاترین حد ممکن همواره ایده‌آل است. (Akbari and Sharif, 2008).

با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. اکثر کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند سیستم کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (Nasirian et al., 2006).

گلخانه به دلیل توانایی افزایش طول زمان بهره‌برداری به ۱۲ ماه از زمین به‌جای یک فصل زراعی و همچنین توان کنترل بهتر عدم قطعیت‌های محیطی مانند عوامل اقلیمی مورد نیاز گیاه و رفع محدودیت‌ها، توانایی بهبود عملکرد و کیفیت تولیدات را به نحو موثری داراست. در ایران، کشت گلخانه‌ای در سال‌های اخیر رشد بسیار زیادی داشته است. بر اساس آمار منتشره از دفتر گل و گیاهان زینتی وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت گلخانه‌ای در ایران

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و دانشجوی کارشناسی‌ارشد مکانیزاسیون، گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: Mtaki88@ms.tabrizu.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

۷۲۷۲/۴ هکتار بوده که سهم سبزی و صیفی در گلخانه‌های کل کشور تا پایان تیرماه ۱۳۸۷ حدود ۴۳۲۴/۱ هکتار بوده است. گوجه، خیار فلفل از جمله سبزی‌های گلخانه‌ای هستند که بیشترین سطح زیر کشت را خیار و پس از آن گوجه فرنگی تشکیل می‌دهد و بقیه سبزی‌ها در رتبه‌های بعدی هستند (Ghochebeyg et al., 2010). علی‌رغم تمامی مزیت‌هایی که کشت گلخانه‌ای داراست به لحاظ این‌که تولید در هر فصل مناسب و در محیط کنترل شده انجام می‌گیرد، لذا مصرف انرژی مخصوصاً در فصل سرما دارای بیشترین مقدار نسبت به بقیه نهاده‌ها می‌باشد. در زمینه انرژی در محصولات کشاورزی مطالعات زیادی در دنیا صورت گرفته است. (2007) Erdal et al., در تحقیقی با عنوان مصرف انرژی و آنالیز اقتصادی تولید چغندرقند در ترکیه نشان دادند کل انرژی مصرفی در تولید این محصول ۳۹۶۸۵/۵ مگاژول بر هکتار بوده که از این میزان سهم کودهای شیمیائی ۴۹/۳ درصد و سوخت‌های فسیلی۲۴/۱ درصد می‌باشد. در تحقیقی Hatirli et al., (2005) مصرف انرژی و اثرات نهاده‌های انرژی و اشکال مختلف انرژی را روی سطوح خروجی انرژی طی سال‌های ۲۰۰۰- ۱۹۷۵ در ترکیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که نسبت انرژی ستانده به نهاده از ۱/۳۸ در سال ۱۹۷۵ به ۰/۸۵ در سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است. به عبارت دیگر درصد افزایش در مصرف انرژی بسیار بیشتر از درصد افزایش در تولید انرژی بوده است. Samavatian et al., (2010)از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور ارزیابی میزان کارایی انرژی در کشت سیر شهرستان بهار استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیشترین سهم از مصرف نادرست انرژی و همچنین بیشترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای مربوط به نهاده‌های کود شیمیایی و سوخت مصرفی است و مزارع بالای سه هکتار دارای بیشترین تعداد واحدهای کارا هستند. کارایی انرژی در کشت گلخانه‌ای خیار منطقه تهران توسط Ghochebeyg et al., (2010) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ده واحد از مجموع ۱۸ واحد مورد بررسی کارا بوده و میانگین کارایی واحدهای ناکارا ۹۰ درصد محاسبه شد. به این معنی که ۱۰ درصد از مجموع نهاده‌های مورد استفاده با افزایش کارایی واحدهای ناکارا صرفه‌جویی می‌شوند. Houshyar . (2010) et al., در تحقیقی به بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم منطقه فارس به روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج نشان داد که تحلیل پوششی داده‌ها ابزاری توانمند در جهت محاسبه کارایی انرژی است. در این تحقیق مزارع بزرگتر در مصرف انرژی نسبت به مزارع کوچکتر کارا بودند.

در این تحقیق از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور آنالیز داده‌های مربوط به کشت گلخانه‌ای خیار در شهرستان شهرضا استفاده شد. هدف از این کار تفکیک واحدهای کارا از ناکارا، روش استفاده درست از منابع انرژی، تعیین استفاده بی‌رویه از نهاده‌های انرژی در واحدهای ناکارا، تعیین میزان کل انرژی قابل صرفه‌جویی و پیشنهاد مقدار ضروری نهاده‌های مختلف که باید به‌وسیله واحدهای ناکارا از منابع انرژی استفاده شود، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی فنی واحدهای تولیدی روش‌های مختلفی وجود دارد که به دو گروه روش‌های پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند. در روش‌های پارامتری با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، تابع تولید مشخصی تخمین زده می‌شود. سپس با به‌کارگیری این تابع، نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌گردد. گروه دوم روش‌های غیر پارامتری هستند. مهم‌ترین ویژگی روش‌های غیر پارامتری این است که نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی ندارند. از مهم‌ترین روش‌های غیر پارامتری، تحلیل پوششی داده‌هاست. (Charnes et al., 1984). تحلیل پوششی داده‌ها[1] یا DEA نوعی مدل برنامه ریزی خطی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری[2] یا DMU را اندازه گیری می‌کند. به عبارت دیگر DEA یک تکنیک برنامه ریزی کمی جهت اندازه گیری عملکرد نسبی واحدهای سازمانی می‌باشد که چون دارای نهاده و ستانده‌های مختلف هستند، در مقایسه و سنجش کارایی مشکل دارند. در روش DEA نیاز به هیچ گونه فرض یا شکل ریاضی خاص نمی‌باشد، یعنی نیازی به شناخت تابع تولید نیست. همچنین در اختیار داشتن قیمت عوامل تولید نیز ضرورت ندارد.

در این تحقیق به منظور تعیین میزان انرژی نهاده‌های مصرفی در گلخانه‌های سبزی و صیفی و تعیین هزینه‌های تولید و ارزیابی گلخانه‌ها، تعداد ۲۵ پرسشنامه تهیه شد (تعداد گلخانه‌های این منطقه بالغ بر ۶۰ عدد بود ولی از این بین گلخانه‌هایی که از میزان مصرف نهاده‌ها اطلاعات دقیق‌تری داشتند به‌عنوان نمونه انتخاب شدند). پس از تکمیل پرسشنامه‌ها از طریق مصاحبه و پرسش حضوری، داده‌های به‌دست آمده وارد نرم‌افزار اکسل شد و سپس با روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار Frontier Analyst 5 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمامی واحدهای تولیدی از نظر مصرف انرژی و عملکرد مورد بررسی قرار گرفته و از بین آن‌ها واحدهای کارا و ناکارا و همچنین میزان مصرف نهاده و تولید ستانده در آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس میزان مصرف انرژی هر یک از نهاده‌ها به‌دست آمده و با در نظر گرفتن شدت انرژی برای هر نهاده (جدول ۱)، میزان مصرف انرژی کل در گلخانه‌های مورد مطالعه، حاصل شد.

1-Data envelopment analysis
2-Decision making unit

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- معادل نهاده ها و ستانده‌های انرژی در تولیدات کشاورزی

Table 1- Energy equivalents of inputs and outputs in agricultural production

الف- نهاده های انرژی Energy inputs	واحد Unit	انرژی بر هر واحد(MJ) Energy equivalent	منبع Reference
۱- نیروی کارگری Human labor	ساعت hr	1.96	Mandal et al., 2002
۲-کودهای شیمیائی Chemical fertilizer			
پتاس K_2O	کیلوگرم kg	11.15	Kaltschmitt et al., 1997
ازت N	کیلوگرم kg	47.1	Kaltschmitt et al., 1997
سوپر فسفات تریپل P_2O_5	کیلوگرم kg	15.8	Kaltschmitt et al., 1997
۳- سموم شیمیائی Chemical poisons			
حشره کش Insecticidal	کیلوگرم kg	101.2	Kaltschmitt et al., 1997
علف کش Herbicide	کیلوگرم kg	238	Kaltschmitt et al., 1997
۴- ماشین‌های کشاورزی Agricultural machinery	کیلوگرم kg	62.7	Mandal et al., 2002
۵-بذر Seed	کیلوگرم kg	1	Ghochebeyg et al., 2010
۶- سوخت دیزل Diesel Fuel	لیتر l	56.31	Ghochebeyg et al., 2010
۷- الکتریسیته Electricity	کیلووات ساعت kWh	11.93	Ghochebeyg et al., 2010
۸- آب آبیاری Water for irrigation	مترمکعب m^3	1.02	Ghochebeyg et al., 2010
۹- عملکرد Yield	کیلوگرم kg	0.8	Ghochebeyg et al., 2010

تجزیه و تحلیل اطلاعات با دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CCR[1]) و مدل بازگشت به مقیاس متغیر (BCC[2]) انجام شد. انتخاب مدل DEA مناسب بستگی به میزان کنترل روی نهاده‌ها و ستانده‌ها دارد؛ به این ترتیب که هر کدام بیشتر کنترل پذیر باشند، مدل مناسب بر همان اساس انتخاب می‌شود. در مطالعه حاضر چون دستکاری و کم و زیاد کردن نهاده‌ها عملی‌تر است، از مدل CCR و BCC نهاده محور استفاده گردید (روابط ۱ و ۲). در هر دو مدل واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و انواع کارایی‌های فنی، مقیاس و فنی خالص محاسبه گردید.

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp}$$
$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1 \qquad (۱)$$
$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} \le o,\ j = 1,2,...,\ n$$
$$V_i \ge \varepsilon, U_r \ge \varepsilon$$

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} + w$$
$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1 \qquad (۲)$$
$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} + w \le o,\ j = 1,2,...,\ n$$
$$U_r \ge \varepsilon, V_i \ge \varepsilon,\ w \ \ free$$

که در آن E_p نرخ کارایی واحد i ام، U_r وزن ورودی‌ها،

1-Charns, Cooper and Rhodes

2-Banker, Charns and Cooper

Archive of SID

www.SID.ir

Y_{rP} مقدار خروجی r ام برای DMUp، V_i وزن ورودی‌ها، X_{iP} مقدار ورودی i ام برای DMUp، Y_{rj} مقدار خروجی r ام برای DMU_j، X_{ij} مقدار ورودی i ام برای DMU_j، j =1,2,…,n، s تعداد خروجی ها و m تعداد ورودی ها می‌باشد (Banker et al., 1984). حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری مورد مطالعه برای بالا بردن قابلیت اطمینان و اعتماد به نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها از رابطه ۳ محاسبه شد(Yong and Chunweki, 2003):

تعداد واحدهای تصمیم گیرنده $\geq$ ۳ (I+O) (۳)

در رابطه ۳، I تعداد نهاده‌ها و O تعداد ستانده‌هاست. در تحقیق حاضر هفت نهاده تولید یعنی انرژی مربوط به ماشین‌آلات، انرژی سوخت مصرفی، انرژی بذر و کود، انرژی سموم شیمیایی، انرژی کارگری، انرژی آب مصرفی و انرژی الکتریسیته به عنوان نهاده و انرژی محصول (عملکرد) به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. بنابراین حداقل تعداد واحدهای تصمیم گیری برای تجزیه و تحلیل برابر با ۲۴ واحد است. با توجه به اینکه تعداد نمونه انتخابی ۲۵ واحد و تعداد حداقل واحدهای تصمیم گیری برای تجزیه و تحلیل ۲۴ واحد است، لذا از این حجم نمونه قابلیت استخراج نتایج مورد اطمینان وجود دارد (Mohamadi, 2008). رابطه بین کارایی فنی (E_{CCR})، کارایی فنی خالص یا کارایی مدیریتی (E_{BCC}) و کارایی مقیاس (E_S) به‌صورت رابطه ۴ تعریف شد (Emami- meybodi, 2000):

$$E_S = \frac{E_{CCR}}{E_{BCC}} \qquad (۴)$$

مقدار کارایی مقیاس بیش از یک نخواهد بود. کارایی مدل CCR کارایی فنی کل نامیده می‌شود، زیرا تحت تاثیر مقیاس و اندازه نیست. از طرف دیگر BCC، کارایی فنی خالص را تحت بازگشت به مقیاس متغیر نشان می‌دهد. رابطه فوق تجزیه و تحلیل کارایی را نشان می‌دهد که این رابطه منابع کارایی را به نمایش می‌گذارد. یعنی مشخص می‌کند که ناکارایی به علت ناکارایی مدیریتی است یا ناشی از شرایطی است که کارایی مقیاس را نشان می‌دهد و یا از هر دو عامل (Gheysari et al., 2007).

نتایج و بحث

در کشت گلخانه‌ای محصول خیار در شهرستان شهرضا، انرژی مصرفی محاسبه شده برای تولید هر کیلوگرم خیار تقریبا ۱/۹۷ مگاژول بوده است. طبق نتایج حاصل در جدول ۲، نهاده‌ای که بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده مربوط به سوخت مصرفی است که به علت استفاده از بخاری با سوخت فسیلی و سردی هوای منطقه شهرضا طی زمستان است. این نتیجه همسو با نتایج Ghochebeyg et al., (2010) می‌باشد. پس از سوخت، مجموع نهاده‌های حاصل از کود شیمیایی و بذر مصرفی بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. نهاده آب مصرفی کمترین میزان انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده که دلیل آن استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای و مدیریت دقیق زمان و دفعات آبیاری است.

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۳، میانگین کارایی فنی گلخانه های ناکارا در کشت خیار با مدل CCR ورودی محور، ۸۷ درصد است. یعنی با استفاده از ۸۷ درصد نهاده‌ها و با ثابت ماندن همان میزان خروجی، گلخانه‌های ناکارا می‌توانند به مرز کارایی رسیده و مقدار ۱۳ درصد نهاده‌ها را با افزایش کارایی خود ذخیره کنند. طبق نتایج این جدول گلخانه‌های ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۱۷ و ۲۱ کارا هستند. مقدار کارایی گلخانه‌ها به این مفهوم است که هر کدام از گلخانه‌ها باید قادر باشند میزان مصرف خود را از کلیه نهاده‌ها به میزان $(1-\theta)$ درصد کاهش دهند بدون اینکه میزان تولید کاهش یابد (θ مقدار کارایی واحد ناکارا را نشان می‌دهد) (Ghochebeyg et al.,2010). کارایی ۸۹/۵۱ درصد گلخانه شماره یک به معنای آن است که این واحد باید ۱۰/۴۹ درصد مصرف خود را از کلیه عوامل تولید کاهش دهد (بدون اینکه از میزان تولیدش کاسته شود) تا بتواند به یک واحد تولیدی کارا تبدیل شود. از سوی دیگر با توجه به اینکه الگوی آن، گلخانه شماره ۴ است و با توجه به ضریب متغیر تصمیم گلخانه ۴ در جدول ۳ که ۷۸/۲۴ درصد است، می‌توان مقادیر عوامل تولید لازم برای یک سطح معین ستانده را به این ترتیب محاسبه کرد که برای کارا شدن گلخانه شماره یک، این واحد باید به مقدار ۷۸/۲۴ درصد از نهاده‌های واحد ۴ را مصرف کند بدون اینکه میزان تولیدش کاسته شود.

در شکل ۱ میزان کارایی گلخانه‌های خیار با استفاده از دو مدل CCR و BCC آورده شده است. طبق نتایج این شکل، در مدل CCR تعداد ۶ گلخانه و در مدل BCC تعداد ۹ گلخانه دارای کارایی ۱۰۰ درصد هستند و بقیه گلخانه‌ها به درجات مختلف، ناکار محسوب می‌شوند. اگر یک واحد تولیدی از نظر مدل BCC کاملا کارا ولی مقدار کارایی پایینی از نظر مدل CCR داشته باشد، آنگاه به‌طور موضعی کاراست ولی کارایی کل ندارد (در این حالت ناکارایی کل ناشی از ناکارایی مقیاس است ولی اگر کارایی در هر دو مدل CRR و BCC کمتر از ۱۰۰ درصد باشد در این حالت ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا ناکارایی شرایط واحد تولیدی و همچنین ناکارایی مدیریتی است). بنابراین اصولا منطقی است ناکارایی مقیاس یک واحد تولیدی را به وسیله این دو کارایی مشخص کنیم (Ghochebeyg et al., 2010). با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول ۴، گلخانه‌های ۵، ۶ و ۱۸ بطور موضعی کارا عمل می‌کنند یعنی در ۱۲ درصد از کل گلخانه‌ها، کارایی فنی خالص مساوی یک است ولی کارایی کل کوچکتر از یک می‌باشد که این ناکارایی ناشی

Archive of SID

www.SID.ir

از ناکارایی مقیاس یا مدیریتی است. ۶ گلخانه یعنی ۲۴ درصد از کل سوالی که بعد از ارزیابی کارایی واحدهای مورد مطالعه مطرح شد این بود که از بین واحدهایی که بطور نسبی دارای کارایی واحد شده‌اند، کدام واحد نسبت به سایرین از رتبه بالاتری برخوردار است؟ برای پاسخ به این سوال مجموع وزن‌های این واحدها در مجموعه مرجع را حساب کردیم، هر واحدی که وزن بیشتری داشت، رتبه آن بالاتر شد. بر این اساس در مدل بازگشت به مقیاس ثابت واحد چهارم و در مدل بازگشت به مقیاس متغیر واحد سوم کاراترین واحدها به حساب می‌آیند (جدول ۵). البته روش‌های دیگری (از جمله روش تاکسونومی) نیز بری این کار پیشنهاد شده است که به دلیل اختصار از ذکر نام آن‌ها خودداری می‌شود (Porkazemi and Heydari, 2001). نمونه کاملا کارا هستند. ناکارایی سایر گلخانه‌ها (۶۴ درصد مابقی)، ناشی از ناکارایی مدیریتی و همچنین شرایط گلخانه (ناکارایی مقیاس) است. وقتی یک واحد تولیدی کارای BCC است، وضعیت بازگشت به مقیاس از طریق وزن خروجی مشخص می‌شود. اگر کوچکتر از صفر باشد بازگشت به مقیاس افزایشی است، اگر بزرگتر از صفر باشد بازگشت به مقیاس کاهشی و اگر مساوی صفر باشد بازگشت به مقیاس ثابت است. در بازگشت به مقیاس افزایشی نمی‌توان مقیاس واحد تولیدی را کاهش داد ولی می‌توان آن را تا بی‌نهایت افزایش داد. نسبت خروجی به ورودی برای هر نقطه روی مرز کارا نسبت به ورودی، غیر کاهشی است یعنی افزایش در خروجی همواره حداقل به اندازه‌ای متناسب با ورودی است. طبق نتایج جدول ۴، گلخانه‌های ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۱۷ و ۲۱ بازگشت به مقیاس ثابت و سایر گلخانه‌ها بازگشت به مقیاس افزایشی دارند.

جدول ۲- انرژی مصرفی در تولید خیار در شهرستان شهرضا

Table 2- Energy use for cucumber production in Shahreza Township

نهاده Input	مصرف در واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	انرژی معادل ($MJha^{-1}$) Energy equivalent (MJ)	درصد %
الف- نهاده‌ها Inputs-**A**			
۱- سوخت دیزل (لیتر) 1- Diesel fuel (l)	1165	65601	47
۲- نیروی کارگری (ساعت) 2- Human labor (h)	3789.38	7427.2	5.3
۳- ماشین‌های کشاورزی (کیلوگرم) 3- Agricultural machinery (kg)	40.9	2564.4	1.9
۴- کود شیمیایی شامل مجموع کودهای ازته، پتاسه و فسفاته و بذر مصرفی (کیلوگرم) 4- Chemical fertilizers include N, K_2O, P_2O_5 and seed (kg)	720.4	27689	19.9
۵- سموم شیمیایی و علف‌کش‌ها (کیلوگرم) 5- Chemical poisons and herbicides (kg)	80.8	14424	7
۶- آب آبیاری (مترمکعب) 6- Water for irrigation (m^3)	1769	1804	1.2
۷- الکتریسیته (کیلووات ساعت) 7- Electricity (kWh)	2056.2	24530	17.7
انرژی ورودی کل (مگاژول بر هکتار) Tostal energy input ($MJha^{-1}$)	-	139311	100
ب- خروجی **Output-B**			
عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) Yield ($kg\ ha^{-1}$)	88123	70498.4	-
انرژی خروجی کل (مگاژول بر هکتار) Total energy output ($MJha^{-1}$)	-	70498.4	-

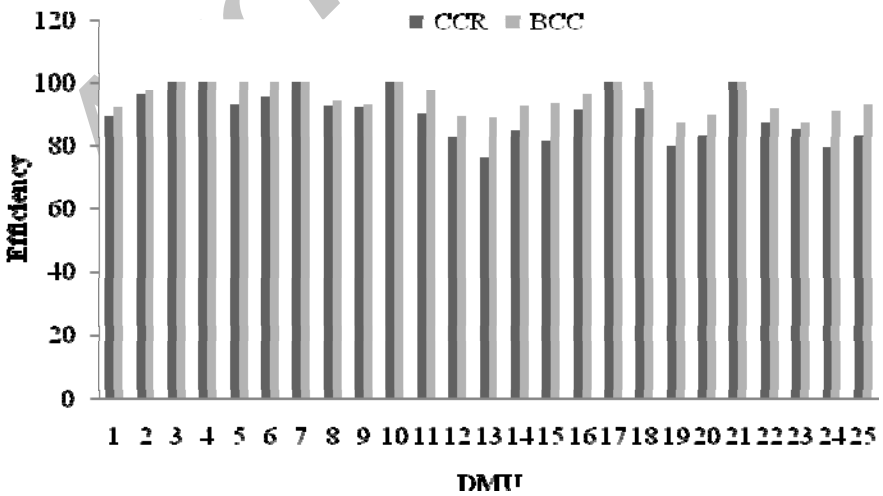
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- ارزیابی گلخانه‌های خیار با مجموعه‌های مرجع آن‌ها توسط مدل CCR نهاده محور

Table 3- Evaluation of greenhouse cucumber with reference units via CCR input oriented model

واحدهای مرجع (الگو) Unit sample	کارایی (درصد) Efficiency (%)	واحد تولیدی (گلخانه) DMU (Greenhouses)
4 (78.24)	89.51	1
10 (56.18) and 21 (74.67)	96.63	2
-	100	3
-	100	4
7 (89.34) and 4 (45.23)	93.31	5
3 (38.12) and 4 (67.34)	95.43	6
-	100	7
10 (70.16) and 4 (56.34)	92.82	8
3 (60.18) and 4 (34.89)	92.37	9
-	100	10
7 (47.16) and 4 (35.68)	90.57	11
4 (78.34)	82.81	12
3 (76.11) and 4 (71.46)	76.23	13
21 (34.56)	85.12	14
4 (56.67)	81.35	15
21 (70.29) and 17 (45.23)	91.47	16
-	100	17
3 (59.12) and 7 (57.23)	92.15	18
7 (39.19) and 4 (87.57)	79.9	19
10 (30.17) and 17 (67.45)	83.69	20
-	100	21
21 (60.18) and 7 (86.15)	87.59	22
10 (35.76)	85.56	23
21 (45.35) and 10 (79.47)	79.49	24
17 (81.19) and 21 (24.90)	83.39	25
-	87	میانگین کارایی واحدهای ناکارا The average of deficient units



شکل ۱- کارایی گلخانه‌های خیار با استفاده از دو مدل CCR و BCC نهاده محور

Fig. 1- Efficiency of greenhouse cucumber with CCR and BCC input oriented

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- تجزیه انواع کارایی‌ها و بازده به مقیاس در کشت خیار گلخانه‌ای

Table 5- Analyses of efficiency and return to scale in Greenhouse Cucumber production

واحد تولیدی DMU	کارایی فنی (درصد) E_{CCR} (%)	کارایی فنی خالص (درصد) E_{BCC} (%)	کارایی مقیاس (درصد) E_S (%)	بازده نسبت به مقیاس Return to scale
1	89.51	92.23	97	Increasing
2	96.63	97.7	98	Increasing
3	100	100	100	Constant
4	100	100	100	Constant
5	93.31	100	93.31	Increasing
6	95.43	100	95.43	Increasing
7	100	100	100	Constant
8	92.82	94.35	98	Increasing
9	92.37	93.2	99	Increasing
10	100	100	100	Constant
11	90.57	97.59	92	Increasing
12	82.81	89.7	92	Increasing
13	76.23	88.9	85	Increasing
14	85.12	92.7	91	Increasing
15	81.35	93.4	87	Increasing
16	91.47	96.1	95	Increasing
17	100	100	100	Constant
18	92.15	100	92.15	Increasing
19	79.9	87.43	91	Increasing
20	83.69	90.12	92	Increasing
21	100	100	100	Constant
22	87.59	92.15	95	Increasing
23	85.56	87.34	97	Increasing
24	79.49	91.38	86	Increasing
25	83.39	93.19	89	Increasing
میانگین Mean	90.37	95.09	94.6	-

جدول ۵- ترتیب واحدهای کارا در دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت و متغیر

Table 6-Rank of efficiency unites in constant and variable return to scale models

مدل بازگشت به مقیاس متغیر CCR		مدل بازگشت به مقیاس ثابت BCC	
واحد تولیدی DMU	مجموع وزن‌ها Sum of weights	واحد تولیدی DMU	مجموع وزن‌ها Sum of weights
3	3.12	4	6.11
4	3.02	7	3.19
5	2.96	21	3.05
6	2.63	10	2.71
7	2.2	3	2.33
10	2.17	17	1.93
17	1.89	-	-
18	1.76	-	-
21	1.65	-	-

جدول ۶ نتایج حاصل از تحلیل گلخانه‌های خیار با مدل بازگشت به مقیاس ثابت ورودی محور برای تعیین مازاد نهاده‌ها و کمبود عملکرد گلخانه‌ها را نشان می‌دهد. برای هر کدام از واحدهای ناکارا، تعیین شد که به چه میزان باید از مصرف نهاده‌های مازاد را کم کنند تا کارا شوند. به‌طور مثال گلخانه شماره ۱۱ با کارایی ۹۰/۵۷ درصد باید ۹۲۴۰ واحد از نهاده سوخت مصرفی، ۱۲۹۰ واحد از نهاده نیروی

Archive of SID

www.SID.ir

انسانی، ۵۶۷ واحد از نهاده ادوات و ماشین‌آلات و ۳۷۸۰ واحد از نهاده کود شیمیایی و بذر مصرفی را کاهش دهد تا بر روی مرز کارایی قرار گیرد. انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده با مدل CCR نهاده محور در گلخانه‌های خیار مورد بررسی در شکل ۲ نشان داده شده است. (چون سهم آب مصرفی کمتر از یک درصد بود از آن صرفه نظر شده است).

همانطور که در بخش مقدمه هم اشاره شد، به‌علت ماهیت کاری گلخانه‌ها و کشت محصول در خارج از فصل، اغلب در مناطق سردسیر نهاده سوخت مصرفی بیشترین میزان مصرف را دارد. در این تحقیق نیز نهاده سوخت بیشترین سهم از میزان انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد. با توجه به این موضوع، لزوم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، عایق کاری مناسب و استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته در جهت کنترل دما و رطوبت گلخانه‌ها ضروری است. نتایج حاصله از این پژوهش هم راستا با نتایج کار Ghochebeyg et al. (2010) و Mohammadi and Omid(2009) است. Heidari and Omid (2010) در تحقیقی به بررسی میزان انرژی مصرفی در کشت محصولات خیار و گوجه در سطح استان تهران پرداختند. نتایج کار این محققین نیز گویای این موضوع بود که نهاده سوخت بیشترین میزان مصرف انرژی در محصولات گلخانه‌ای را داراست. Omid et al., 2010) در تحقیقی از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور تعیین واحدهای کارا و ناکارا و همچنین تعیین شاخص‌های کارایی فنی و کارایی فنی خالص استفاده کردند. نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها با روش بازگشت به مقیاس متغیر نشان داد که ۱۲ واحد از مجموع ۱۸ واحد مورد بررسی کارایی ۱۰۰ درصد داشته و بقیه واحدها به درجات مختلفی ناکار محسوب می‌شوند. میانگین کارایی فنی واحدهای ناکارا در این روش ۹۱/۵ درصد محاسبه شد. به این معنی که حدود ۸/۵ درصد از منابع از طریق بالابردن کارایی، قابل صرفه‌جویی هستند. (Banaeian et al., 2010) از روش تحلیل پوششی داده‌ها در کشت محصول گردو استفاده کردند. در این تحقیق نهاده کود و سموم شیمیایی در هر دو مدل BCC و CCR مستعد بیشترین مقدار صرفه‌جویی بودند. (Mousavi et al., 2011a) از روش تحلیل پوششی داده‌ها در کشت سویا در منطقه گلستان استفاده کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که نهاده الکتریسیته بیشترین میزان مصرف را داشته و با رعایت اصول مدیریتی می‌توان حدود ۷۱۱۶ مگاژول بر هکتار صرفه‌جویی انرژی داشت.

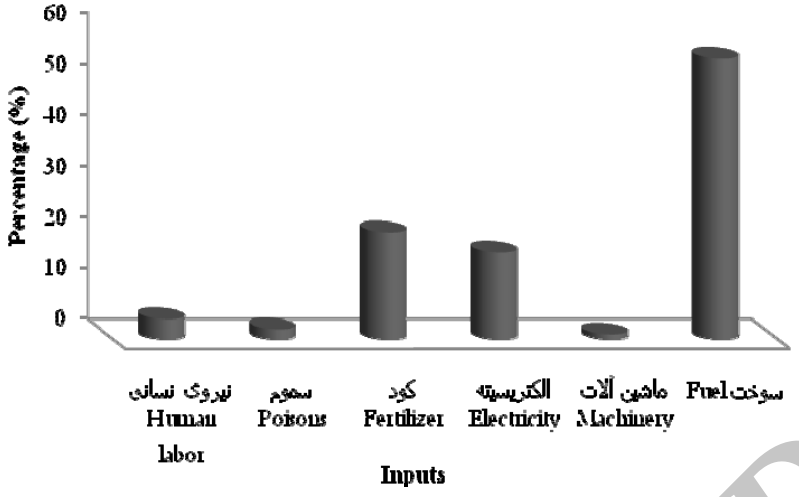
جدول ٦- مازاد و کمبود مصرف انرژی در هر یک از گلخانه‌ها با مدل CCR نهاده محور (برحسب $MJha^{-1}$)

Table 7- Slack and surplus energy consumption in each of greenhouse cucumber with CCR model ($MJha^{-1}$)

الکتریسیته Electricity	آب Water	سموم Poisons	کود و بذر Fertilizer seed	ماشین‌آلات Machinery	نیروی انسانی Human labor	سوخت Fuel	کارایی Efficiency	واحد DMU
9870	0	0	8865	0	0	23756	89.51	1
2456	0	0	0	0	1254	12567	96.63	2
0	0	0	0	0	0	0	100	3
0	0	0	0	0	0	0	100	4
0	0	0	2678	456	0	24156	93.31	5
8912	546	5673	0	0	0	12789	95.43	6
0	0	0	0	0	0	0	100	7
6120	0	190	0	0	2780	3211	92.82	8
9859	0	181	0	0	2901	0	92.37	9
0	0	0	0	0	0	0	100	10
0	0	0	3780	567	1290	9240	90.57	11
0	123	0	12890	1280	0	37890	82.81	12
2890	0	0	16289	0	3795	45178	76.23	13
5670	0	0	2780	0	3412	14236	85.12	14
15280	0	1450	15907	0	2519	12790	81.35	15
0	0	0	14289	1200	0	0	91.47	16
0	0	0	0	0	0	0	100	17
0	109	0	12809	0	1241	0	92.15	18
5810	0	4129	0	1090	0	32910	79.9	19
15200	0	1280	2280	0	3109	16280	83.69	20
0	0	0	0	0	0	0	100	21
1790	0	0	7101	109	1200	17200	87.59	22
14500	0	0	12700	0	0	14809	85.56	23
0	450	0	2080	1200	0	39708	79.49	24
4130	0	1670	13709	0	1230	19007	83.39	25

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده با مدل CCR نهاده محور در گلخانه‌های خیار مورد بررسی

Figure 2- Energy saved via each input with CCR input oriented in greenhouse cucumber

در تحقیق دیگری که توسط (Mousavi et al., 2011b) بر روی محصول کلزا در استان گلستان انجام شد، نهاده الکتریسیته بیشترین مصرف را داشت و نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها نشان داد که حدود ۱۶۹۶ مگاژول بر هکتار انرژی قابل صرفه‌جویی است. همانطور که از نتایج کار این تحقیق و مقایسه آن با سایر پژوهش‌ها بر می‌آید، در کشت گلخانه‌ای اغلب سوخت فسیلی بیشترین مصرف را دارد در حالی که در کشت‌های مزرعه‌ای سوخت پس از نهاده کود مصرفی بعنوان دومین نهاده پرمصرف قرار می‌گیرد.

نتایج و بحث

- با تحقیق حاضر و محاسبه سهم انرژی مصرفی هر یک از عوامل و نهاده‌ها در تولید محصول خیار گلخانه‌ای در شهرستان شهرضا، نتیجه گرفته شد که بیشترین سهم انرژی مصرفی مربوط به نهاده سوخت مصرفی و کمترین آن مربوط به نهاده آب مصرفی است. با توجه به اینکه بیشترین نهاده مصرفی مربوط به سوخت فسیلی است می‌توان با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (مثل انرژی خورشیدی)، جلوگیری از تلفات حرارتی (از طریق عایق‌کاری دیواره‌ها، سقف و پنجره‌ها)، انتخاب دما، رطوبت بهینه و به‌کاربردن سیستم کنترل اتوماتیک دما و رطوبت گلخانه، از مصرف بیش از اندازه انرژی‌های فسیلی جلوگیری نمود.
- این تحقیق به کمک روش غیرپارامتری تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی میزان کارایی تولید کنندگان خیار گلخانه‌ای شهرستان شهرضا در دو مدل BCC و CCR ورودی محور پرداخته است. نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که در مدل CCR، ۲۴ و در مدل BCC ۳۶ درصد از مجموع گلخانه‌ها دارای امتیاز کارا بوده‌اند و بقیه واحدها به درجات مختلفی ناکارا هستند. این تحقیق نشان داد که با اعمال روش‌های مدیریتی مطلوب و استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان بیش از ۱۳ درصد از مجموع کل نهاده‌ها یا به‌عبارتی حدود ۱۸۱۱۰ مگاژول انرژی در هر هکتار از کشت محصول خیار گلخانه‌ای را صرفه‌جویی کرد.

منابع

1- Akbari, N., and M. Sharif. 2008. Agricultural economics. Alame Tabatabaie university publication (In Farsi).
2- Banaeian, N., Zangeneh, M., and Omid, M. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using Data Envelopment Analysis (DEA). Aust .J. Crop Sci, 4(5): 359-362.
3- Banker, R.D., A. Charnes, and W.W. Cooper.1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(3):1078-1092.
4- Charnes, A.W., W. Copper, and E. Rhodes. 1984. Measuring the efficiency of decision marking units. European Journal of Operational Research, 2(1): 429-444.
5- Emami-Meybodi, A. 2000. Principles of efficiency and productivity Measurement. Institute trade

Archive of SID

www.SID.ir

publication (In Farsi).
6- Erdal, G., K. Esengun, H. Erdal and O. Gunduz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy, 32: 35-41.
7- Gheysari, K., A. Mehrno, and R. Jafari. 2007. Principle of Fazzi Data Envelopment Analyses. islamic open university, Ghazvin Branch (In Farsi).
8- Ghochebeyg, F., M. Omid, H. Ahmadi, and D. Delshad. 2010. Evaluation and improvement of energy consumption for Cucumber Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique in Tehran, 6th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran (In Farsi).
9- Hatirli, S.A., B, Ozkan and K, Fert. 2005.An econometric analysis of energy inputoutput in Turkish agriculture, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 9: 608-623.
10- Heidari, M.D, and M, Omid. 2010. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran, Energy, 36: 220-225
11- Houshyar, E., M.J, Sheikh Davoodi, and S.M. Nassiri. 2010. Energy efficiency for wheat production using data envelopment analysis (DEA) technique. Journal of Agricultural Technology, 6(4): 663-672.
12- Kaltschmitt, M., G.A. Reinhardt, and T. Stelzer.1997. Life cycle analysis of befouls under different environmental aspects. Biomass and Bio energy, 12(2):121–134.
13- Mandal, K.G., K.P. Saha, P.K. Ghosh, K.M. Hati, and K.K. Bandyopadhyay. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass Bioenergy, 23(5): 337–345.
14- Mohamadi, A. 2008. Measurement of efficiency in poultry production units with Data Envelopment Analyses. Journal of economic and development. 16(63): 89-116 (In Farsi).
15- Mohammadi, A and M, Omid,. 2009. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran, Applied Energy, 87:191-196
16- Mousavi-Avval, SH., S, Rafiee, A, Jafari and A, Mohammad. 2011a. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Applied Energy.
17- Mousavi-Avval, SH., S, Rafiee, A, Jafari and A, Mohammadi. 2011b. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy, 36: 2765- 2772.
18- Nasirian, N., M. Almasi, S. Minaee, and H. Bakhoda.2006. Study of energy flow in sugarcane production in an Agro-industry unit in South of Ahwaz, In Proceedings of 4th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 28-29 Aug, Tabriz University, Tabriz, Iran, (In Farsi).
19- Omid, M., F, Ghojabeige, M, Delshad and H, Ahmadi. 2010. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis, Energy Conversion and Management, 52:153-162
20- Porkazemi, M., and K. Heydari. 2001. Use Data Envelopment Analyses for evaluate of efficiency in power stations. Tarbiat Modares Journal, 6 (1): 35-54 (In Farsi).
21- Samavatian, N., SH. Rafiei and M. Mobli. 2010. Study of energy consumption in garlic productivity with Data Envelopment Analyses. 6th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran (In Farsi).
22- Yong, T., and K. Chunweki. 2003. A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. European Journal of Operational Research, 147(2): 128-136.

Archive of SID

www.SID.ir