

مدیریت مصرف انرژی در گلخانه گل میخک با استفاده از تحلیل پوششی داده ها
زینب شعبانی^۱، شاهین رفیعی^۲، حسین مبلی^۳

Abstract:

In this study, a data envelopment analysis approach has been used to determine the efficiencies of farmers with regard to energy use in carnation flower production activities in the Mahallat region in the Markazi province in Iran. The aim of this study is, to segregate efficient farmers from inefficient ones, identify wasteful uses of energy by inefficient farmers and to suggest savings in energy uses with decrease input but no change in yield. The results reveal that, about ۵۰% of the total greenhouse carnation flower production units were efficient. In some cases, energy consumption could be saved up to ۹۰% if the farmers follow the methods recommended by this study.

Key words: Data Envelopment Analysis, carnation flower, Technical Efficiency, Scale Efficiency, Energy Saving

چکیده:

در این تحقیق، کارایی واحدهای گلخانه ها با توجه به انرژی مصرفی در تولید گل میخک در گلخانه های شهرستان محلات در استان مرکزی با استفاده از تحلیل پوششی داده ها محاسبه شد. هدف از این تحقیق تعیین واحدهای کارا و ناکارا، تعیین استفاده بیش از اندازه از انرژی که توسط واحدهای ناکارا مصرف می شود و راه کارهایی برای ذخیره سازی انرژی با کاهش ورودی ها در حدی که عملکرد تغییر نکند، می باشد. نتایج نشان داد که حدود نیمی از واحدهای مورد بررسی که به تولید گل میخک اشتغال دارند کارا بوده اند. در تعدادی از واحدها تا ۹۰٪ می توان در انرژی مصرفی صرفه جویی کرد در صورتی که گلخانه داران روش های پیشنهادی در این تحقیق را انجام دهند.

کلمات کلیدی: تحلیل پوششی داده ها، گل میخک، کارایی تکنیکی، کارایی مقیاس، ذخیره سازی مصرف انرژی

مقدمه:

کشت گلخانه‌ای که در سال‌های اخیر رشد شایان توجهی داشته است، به دلیل ماهیت تولید در خارج فصل، دارای مصرف بالای انرژی می‌باشد. افزایش در کارایی مصرف انرژی در کشت‌های گلخانه‌ای یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات انرژی در کشاورزی بوده و هرگونه موفقیتی در زمینه افزایش کارایی مصرف انرژی در کشت‌های

^۱ دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه تهران

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران

^۳ استاد دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران

گلخانه‌ای، می‌تواند باعث استفاده بهینه از منابع با ارزش انرژی گردد.

پیشینه تحقیق:

غجه بیگ و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی کارایی فنی واحدهای گلخانه‌ای تولید گوجه فرنگی و خیار در منطقه تهران پرداختند. با تحلیل داده‌ها با روش تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس مدل $CCR-I$ و $BCC-I$ به ترتیب شش و هشت واحد از گلخانه‌های خیار کارا بودند. بر اساس این دو مدل، شش و هشت واحد از گلخانه‌های گوجه‌فرنگی به ترتیب کارایی $CCR-I$ و $BCC-I$ بودند. کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای گلخانه‌های خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب (۰/۸۷، ۰/۹۶ و ۰/۹۰) و (۰/۷۴، ۰/۹۲ و ۰/۶۹) به دست آمدند. کاراترین گلخانه خیار و گوجه‌فرنگی به ترتیب با ۷ و ۱۶ مرتبه مرجع قرار گرفتن، گلخانه‌های شماره ۳ و ۲۵ معرفی شدند. بعد از مشخص شدن میزان مازاد مصرف نهاده‌ها گلخانه ناکارای شماره ۱۵ خیار و گلخانه شماره ۱۷ گوجه‌فرنگی با مصرف صحیح نهاده‌ها می‌توانند به ترتیب ۵۴٪ و ۹۶/۳٪ ذخیره انرژی داشته باشند (۴).

نصیری (۱۳۸۷) در تحقیقی با روش غیرپارامتریک DEA تأثیر تغییر در هر یک از ورودی‌های انرژی و واحدهای تصمیم‌سازی ($DMUs$) را بر کارایی واحدهای تولید گندم در منطقه لودھیانا را مورد بررسی قرار داد. نتایج این پژوهش نشان داد کاهش منابع ورودی انرژی DMU ها به میزان ۱۰٪ هیچگونه تأثیری در میانگین کارایی زارعان نداشت. اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در آزمون کاهش تعداد ورودی‌های انرژی مشاهده شد. بیشترین مقدار کارایی (۹/۶۷) در حالتی بود که منبع ورودی انرژی سوخت حذف گردید (۸).

رضایی و توکلی بغداد آباد (۱۳۸۷) کارایی مصرف آب (مطالعه موردی گندم آبی) در بخش کشاورزی استان‌های کشور را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی و روش DEA ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که با فرض CRS ؛ استان‌های تهران، خوزستان، فارس و کرمانشاه از بیشترین کارایی برخوردار بوده و با در نظر داشتن VRS ؛ استان‌های گیلان، مازندران، اردبیل، خراسان شمالی، قزوین، کرمان و مرکزی نیز به جمع استانهای کارا می‌پیوندند (۲).

علیرضایی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی تفاوت‌های منطقه‌ای در بهره‌وری بخش کشاورزی با رویکرد DEA را تحلیل کردند. یافته‌های این پژوهش بیانگر وجود تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بین استانهای کشور از نظر رشد بهره‌وری کل عوامل و اجزای آن است از این رو لازم است در توزیع منابع و نهادهای رشد بهره‌وری، ضمن توجه به روند نابرابری‌ها، اینگونه امکانات متناسب با نیازها و پتانسیل‌های کشاورزی در سطح استانها توزیع شوند (۳).

فریادرس و همکاران (۱۳۸۱) در تحقیقی کارایی پنبه کاران ایران را اندازه‌گیری و مقایسه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی مدیریتی و فنی پنبه کاران بیشتر استان‌ها بسیار بالاست. اما کارایی تخصیصی و اقتصادی آنها چندان بالا نیست و میان این دو کارایی در استان‌های مختلف شکاف زیادی وجود دارد (۵).

لیولی^۴ و ویلیامز^۵ در تحقیقی تحلیل ناپارامتری *DEA* کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس تولید محصولات غذایی را در شرق جاوا در کشور اندونزی را انجام دادند. نتایج نشان دادند که کشاورزان ناکارا از تعدادی از نهاده‌ها به ویژه از کودشیمیایی نیتروژن بیش از حد استفاده کرده‌اند. همچنین سیاست‌های فعلی دولت برای تشویق تنوع عملیات کشت محصول در جاوا ممکن است منجر به ناکارایی‌های فنی بزرگتر در تولید شود. بعلاوه محتوای اهداف آموزش‌ها برای کشاورزان جوان کارایی تولید را بهبود خواهد داد (۱۳).

ایرایزوز^۶ و همکاران دو محصول گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی و مارچوبه را در ناواری اسپانیا مورد بررسی قرار داده و کارایی فنی تولید این دو محصول را ارزیابی کردند. نتایج نشان دادند که تولید گوجه‌فرنگی و مارچوبه تا اندازه‌ای ناکارا بودند اما امکان کاهش نهاده‌ها یا افزایش ستانده وجود دارد. این نتایج با توجه به پارامتری و ناپارامتری بودن تابع مرزی کنترل شدند. با توجه به نتایج مشخص شد که برای محصولات گلخانه‌ای مهمترین نهاده‌ها زمین و نیروی کار بودند. برای افزایش ستانده و کاهش نهاده محصول گوجه‌فرنگی محدوده ۲۰٪ و مارچوبه ۱۰٪ امکان، وجود داشت. نتیجه این بررسی نشان داد که کشاورزان با استفاده از نهاده‌های دارای بازدهی بالا می‌توانند هزینه‌های تولید را کاهش داده و باعث افزایش عملکرد و بهره‌وری تولید شوند (۱۱).

مالانا^۷ و مالانو^۸ در تحقیقی کارایی مؤثر مناطق زیر کشت گندم انتخاب شده از هند و پاکستان را به روش *DEA* ارزیابی کردند. چهار منطقه دارای کارایی یک بودند که به عنوان مرجع برای مصرف نهاده و انرژی برای مناطق ناکارا معرفی شدند و میزان کاهش یا افزایش در نهاده‌های مصرف شده برای مناطق ناکارا مشخص شد. طبقه‌بندی و ارزیابی کارایی مؤثر بر اساس سه نهاده، تفاوت معنی‌داری را با ارزیابی بر اساس یک نهاده داشت. نتایج این بررسی نشان داد که *DEA* یک ابزار مفید برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی کارایی مؤثر واحدهای کشاورزی است (۱۴).

چوهان^۹ و همکاران با استفاده از *DEA* بهبود بهره‌وری انرژی در تولید شالیزار را برای مناطق آبرفتی ایالت بنگال غربی در هند مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که اگر کشاورزان از مقادیر پیشنهاد شده برای نهاده به وسیله این بررسی استفاده کنند، به طور میانگین در حدود ۱۱/۶٪ از کل انرژی ورودی می‌تواند ذخیره شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده بهتر از قدرت تیلرها و ماشین‌ها بازده مصرف انرژی و به دنبال آن بهره‌وری انرژی در سیستم تولید برنج در منطقه بهبود می‌یابد (۹).

^۴. Liewely

^۵. Williams

^۶. Iraizoz

^۷. Malana

^۸. Malano

^۹. Chauhan

این تحقیق در شهرستان محلات از توابع استان مرکزی انجام شد که بخش عمده ای از تولید گل شاخه بریده در کشور را به خود اختصاص داده است. هدف از این تحقیق تحلیل داده هایی است که از گلخانه های شهرستان محلات که در تولید گل میخک فعالیت داشتند، جمع آوری شده است. این تحقیق روشی را برای تفکیک واحدهای کارا از ناکارا، روش استفاده درست از منابع انرژی، تعیین استفاده بی رویه از نهاده های انرژی در واحدهای ناکارا و پیشنهاد مقدار ضروری نهاده های مختلف که باید بوسیله واحدهای ناکارا از منابع انرژی استفاده شود، می باشد. این تحقیق می تواند تفاوت های بین واحدهای مختلف را در منطقه نشان دهد، کارآمدترین واحد که می تواند برای سایر واحدها معیار باشد را تعیین می کند و استفاده بیش از حد از انرژی را در واحدهای با کارایی کمتر بیان می کند.

مواد و روش ها:

تحلیل پوششی داده ها

معمولاً بهره وری زمین بوسیله عملکرد محصول اندازه گیری می شود. عملکرد به عنوان شاخص کلی بهره وری در نظر گرفته می شود. ولی آن فقط یک شاخص جزئی از بهره وری کشاورزی است مانند سایر شاخص ها از قبیل بهره وری نیروی کار، بهره وری بذر و بهره وری سوخت. فارل پیشنهاد نمود که مناسب تر است که عملکرد یک واحد تولیدی با عملکرد بهترین واحد موجود در آن صنعت مورد مقایسه قرار گیرد. این روش تمام ورودی ها و خروجی ها را دربر می گیرد و همچنین در بردارنده مفاهیم تابع تولید مرزی است که به عنوان شاخصی برای اندازه گیری کارایی به کار می رود. با توجه به نارسائی شاخص های بهره وری جزئی از قبیل بهره وری نیروی کار، سرمایه و انرژی بود که فارل بر روی اندازه گیری شاخص بهره وری کل عوامل تولید تاکید نمود (۱). روش فارل این را بازگو می کند که یک صنعت (DMU) تا چه میزان می تواند خروجی هایش را با بهبود کارایی اش، افزایش دهد بدون اینکه به منبع جدید نیاز باشد (۱۵).

این تحقیق از روش DEA برای تحلیل داده ها استفاده می کند. روش DEA کارایی یک DMU را در مقایسه با سایر واحدها (DMUها) ارزیابی می کند. به همین خاطر امتیاز کارایی DMU، یک امتیاز نسبی خواهد بود. DEA، میزان بهره وری هر واحد تولید یا DMU را بهینه می کند (۱۰). در روشهای پارامتری، یک معادله رگرسیون واحد که برای همه واحدها قابل استفاده باشد در نظر گرفته می شود. این روش نیاز به فرض یک تابع (مانند معادله رگرسیون، تابع تولید و غیره) برای ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته دارد. انتخاب نوع توابع همچنین نیاز به فرض هایی برای توزیع خطاها (مستقل و نرمال باشند) و محدودیت های زیاد دیگر دارد. در مقابل DEA به هیچ فرضی درباره نوع تابع نیاز ندارد. اندازه بیشترین بهره وری را برای هر واحد در مقایسه با سایر واحدها در نمونه

ها را انجام میدهد با توجه به اینکه هر واحد روی یا پایین خط مرزی قرار دارد. همچنین DEA می تواند مسائلی را که چندین ورودی با واحدهای مختلف دارد را تحلیل کند.

در روش DEA برای هر یک از واحدهای غیر کارا، یک واحد کارا یا ترکیبی از دو یا چند واحد کارا به عنوان مرجع و الگو معرفی می گردند. از آنجائیکه این واحد مرکب (ترکیب دو یا چند واحد کارا) ضرورتاً در صنعت وجود نخواهد داشت، به عنوان یک واحد مجازی کارا شناخته می شود. یکی از مزایای DEA، یافتن بهترین واحد مجازی کارا برای هر واحد واقعی (چه کارا و چه غیر کارا) می باشد. چنانچه واحدی کارا باشد، مجموعه مرجع آن (واحد مجازی کارا) خود این واحد خواهد بود. سهم هر یک از واحدهای کارا در تشکیل واحد مجازی کارا (الگوی مرجع) برای یک واحد غیر کارا بستگی به وزن λ ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) دارد که توسط روش DEA برای هر یک از بنگاه های کارا محاسبه و ارائه می شود (۱).

DEA دارای چهار مدل اصلی می باشد:

۱- مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CRS): این مدل که اولین مدل روش DEA است، توسط چارنر، کوپر و رودز در سال ۱۹۷۸ ارائه شد. این مدل را برخی اوقات با حروف CCR می شناسند که برگرفته از نام پدیدآورندگان مدل است. در این مدل با تغییر یک واحد در ورودی ها، خروجی ها نیز با نسبت ثابت (کاهش یا افزایش) تغییر می کنند. در واقع شیب تابع تولید در این مدل ثابت است.

۲- مدل بازگشت به مقیاس متغیر (VRS): این مدل توسط بانکر، چارنر و کوپر در سال ۱۹۸۴ ارائه شد و اغلب با حروف BCC شناخته می شود. این مدل در مواقعی استفاده می شود که مقیاس گذاری یکسان بالاتر و پایین تر از حداکثر مقداری که برای هر یک از ورودی ها و خروجی ها مشاهده شده است، امکان پذیر نباشد. در این مدل با تغییر یک واحد در ورودی ها، خروجی ها با نسبت متفاوتی تغییر می کنند. (این تغییر می تواند کاهش یا افزایش باشد) شیب تابع تولید در این مدل متغیر است.

۳- مدل بازگشت به مقیاس افزایشی (IRS): در این مدل با تغییر یک واحد در ورودی ها، خروجی ها با نسبت افزایشی تغییر می کنند. شیب تابع تولید در این مدل افزایشی است و بنابراین گاهی کارائی تکنیکی ورودی محور بیشتر از کارائی تکنیکی خروجی محور است و بالعکس.

۴- مدل بازگشت به مقیاس کاهشی (DRS): منظور از بازگشت به مقیاس کاهشی این است که با تغییر یک واحد در ورودی ها، خروجی ها با نسبت کاهشی تغییر می کنند. شیب تابع تولید در این مدل کاهشی است (۶).

هر کدام از مدل های فوق دارای دو جهت مطالعه (خروجی محور - ورودی محور) هستند. مفهوم خروجی محور این است که به چه میزان باید خروجی ها را با ثابت نگهداشتن میزان ورودی ها افزایش داد تا واحد مورد نظر به مرز کارائی برسد. یعنی بدون نیاز به عوامل تولید بیشتر، می توان تولید را به این میزان افزایش داد. مفهوم ورودی محور

این است که به چه میزان باید ورودی‌ها را با ثابت نگهداشتن میزان خروجی‌ها، کاهش داد تا واحد مورد نظر به مرز کارایی برسد (۱۲).

اندازه‌گیری انواع کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها

شاخص کارایی در مورد واحدهایی که یک نهاد (X) و یک ستانده (y) را شامل می‌شود، عبارت است از نسبت ستانده به نهاد (y/x)، حال اگر در این واحد چند نهاد و چند ستانده وجود داشته باشد، می‌بایست برای نهادها و ستانده‌ها ضرایبی را تخصیص داد. تعریف رایج کارایی که از آن در مدل‌های DEA استفاده می‌شود، به صورت زیر است (۶):

$$\text{کارایی واحد } k = \frac{\text{مجموع وزن خروجی‌های واحد } (DMU_k)}{\text{مجموع وزن ورودی‌های واحد } (DMU_k)} \quad k = 1, \dots, n \quad (1)$$

با استفاده از نماد سازی کارایی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\text{کارایی} = \frac{u_1 y_1^{j*} + u_2 y_2^{j*} + \dots + u_N y_N^{j*}}{v_1 x_1^{j*} + v_2 x_2^{j*} + \dots + v_M x_M^{j*}} \quad (2)$$

که در این معادله u وزن خروجی‌ها، ($N=1, 2, \dots, n$) تعداد خروجی‌ها، y مقدار خروجی‌های DMU_j^* ، v وزن ورودی‌ها، ($M=1, 2, \dots, m$) تعداد ورودی‌ها، x مقدار ورودی‌های DMU_j^* ، DMU ‌های تحت بررسی هستند (۹).

تجزیه کارایی تکنیکی

بررسی منابع ناکارایی یک DMU بایستی مد نظر قرار گیرد. برای این منظور مقایسه امتیازات BCC, CCR ورودی-محور ضروری است. مدل CCR برقراری بازده به مقیاس ثابت در مجموعه امکان تولید را فرض می‌کند یعنی انبساط و انقباض شعاعی همه DMU‌ها و ترکیب‌های نامنفی آنها امکانپذیر است و از این رو امتیاز CCR کارایی تکنیکی سراسری نامیده می‌شود. از طرف دیگر در مدل BCC ترکیب محدب DMU‌ها به عنوان مجموعه امکان تولید فرض شده و امتیاز BCC کارایی تکنیکی محض موضعی نامیده می‌شود. بنابراین بایستی کارایی قیاسی یک DMU را بوسیله نسبت این دو امتیاز مشخص کنیم. اگر امتیاز BCC و CCR یک DMU به ترتیب θ_{CCR}^* و θ_{BCC}^* باشد، کارایی قیاسی عبارت است از:

$$SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} \quad (3)$$

$$(SE) \text{ کارایی قیاسی} \times (PTE) \text{ کارایی تکنیکی محض} = (TE) \text{ کارایی تکنیکی} \quad (4)$$

این تجزیه که منحصر به فرد می باشد منابع ناکارایی را به نمایش می گذارد یعنی مشخص می کند که ناکارایی به علت ناکارایی عملیاتی (PTE) است یا ناشی از شرایطی است که کارایی قیاسی (SE) نشان می دهد یا از هر دو عامل (۷).

در این تحقیق برای بررسی مصرف انرژی گلخانه‌ها از دو مدل CCR (CRS) و BCC (VRS) با اندازه‌گیری غیرشعاعی (ورودی محور) به وسیله نرم‌افزار $DEA-Solver$ استفاده شده است.

نتایج و بحث:

مجموعه مرجع و رتبه‌بندی واحدهای ناکارا

نتایج تحلیل VRS که در جدول ۱ نشان داده شده است، نشان می‌دهد که گلخانه‌های ۱، ۲، ۸، ۹، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ کارا هستند. گلخانه‌های ۱۲، ۱۶ و ۱۷ به عنوان گلخانه‌های مرجع و به منظور الگوسازی برای گلخانه ۷ معرفی شده‌اند. با معرفی گلخانه‌های کارایی مرجع (۱۲، ۱۶ و ۱۷)، تولید کارا برای گلخانه ۸ به دست می‌آید. وزن‌های هر کدام از گلخانه‌های مرجع (λ)، مقادیر داخل پرانتز می‌باشند که میزان مشارکت هر کدام از گلخانه‌های مرجع را در ارزیابی گلخانه ناکارایی ۷ نشان می‌دهند. مقدار λ نشان می‌دهد که مشابهت گلخانه ۷ به گلخانه ۱۲ ($\lambda = 0/16$) بیشتر از سایر گلخانه‌های مرجع است. بر اساس مجموعه مرجع و λ می‌توان ورودی‌ها و خروجی‌ها که برای کارایی گلخانه ۷ است را مشخص کرد. گلخانه شماره ۷ می‌تواند با استفاده از ضرایب λ یا با کاهش همه ورودی‌هایش به طور شعاعی و به نسبت ۰/۸۷ کارا شود. همچنین این جدول نشان می‌دهد که بین واحدهایی که کارا هستند هر کدام از واحدها که بیشتر از بقیه واحدها مرجع بوده اند بین واحدهای کارا رتبه بالاتری دارند. بنابراین واحدهای کارا را می‌توان به این طریق رتبه بندی کرد. نتایج جدول نشان می‌دهد که واحد ۱ با هفت بار مرجع قرار گرفتن بهترین واحد کارا می‌باشد و بعد از آن واحد ۱۶ با شش بار مرجع قرار گرفتن از کاراترین واحدها می‌باشد.

جدول ۱ - مجموع مرجع و رتبه بندی واحدهای گلخانه تولید گل میخک با مدل $BCC-I$

گلخانه	کارایی	مجموعه مرجع (۸)
۱	۱/۰۰	
۲	۱/۰۰	
۳	۰/۶۸	۱ (۰/۰۴) ۲ (۰/۶۴) ۱۲ (۰/۰۳) ۱۷ (۰/۲۷)
۴	۰/۵۸	۱ (۰/۰۶) ۲ (۰/۱۲) ۱۶ (۰/۱۵) ۱۹ (۰/۱۳)

۱۹ (۰/۰۱) ۱۶ (۰/۱۹) ۲ (۰/۴۸) ۱ (۰/۳۱)	۰/۵۶	۵
۱۹ (۰/۱۳) ۱۷ (۰/۳۹) ۲ (۰/۳۳) ۱ (۰/۱۶)	۰/۳۱	۶
۱۷ (۰/۳۱) ۱۶ (۰/۵۳) ۱۲ (۰/۱۶)	۰/۸۷	۷
	۱/۰۰	۸
	۱/۰۰	۹
(۰/۱۴) ۱۶ (۰/۳۲) ۱۴ (۰/۱۴) ۱۲ (۰/۰۰۰۹) ۱ (۰/۳۹)		۱۰
۱۷	۰/۴۷	
۱۹ (۰/۱۲) ۱۶ (۰/۴۳) ۲ (۰/۳۱) ۱ (۰/۱۴)	۰/۸۷	۱۱
	۱/۰۰	۱۲
۱۶ (۰/۵۵) ۱۴ (۰/۴) ۱۲ (۰/۰۵)	۰/۵	۱۳
	۱/۰۰	۱۴
	۱/۰۰	۱۵
	۱/۰۰	۱۶
	۱/۰۰	۱۷
	۱/۰۰	۱۸
	۱/۰۰	۱۹
۱۷ (۰/۲۴) ۱۴ (۰/۶) ۱ (۰/۱۶)	۰/۵	۲۰

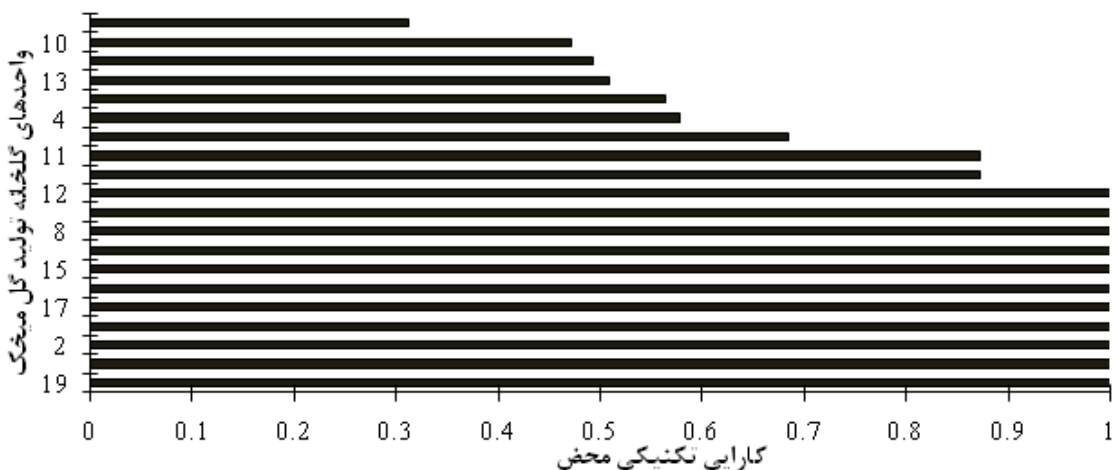
در جدول ۲ کارایی واحدها با استفاده از دو مدل **CCR-I** و **BCC-I** آمده است، که رده‌بندی واحدهای ناکارا صورت گرفته و همه واحدهای کارا در رده‌بندی بر واحدهای ناکارا اولویت داشته و رتبه یک به آنها اختصاص داده شده است. رده‌بندی واحدهای ناکارا بر اساس مقدار امتیاز کارایی که به دست آورده‌اند انجام می‌شود. رتبه-بندی واحدهای ناکارا بعد از احتساب واحدهای کارا صورت گرفته است. بر اساس مدل **CCR-I** بعد از ۷ واحد کارا گلخانه شماره ۱۹ در بین گلخانه‌های ناکارا رتبه یک و در بین کل گلخانه‌های مورد بررسی رتبه ۸ را به خود اختصاص داده است، و پس از آن به ترتیب گلخانه‌های شماره ۷، ۸، ۱۱، ۳، ۱۴، ۵، ۱۵، ۱۰، ۴، ۶، ۱۳ و ۲۰ در رتبه-های بعدی قرار گرفته‌اند. در مدل **BCC-I** بعد از ۱۱ گلخانه کارا، گلخانه ناکارای شماره ۷ در بین گلخانه‌های ناکارا رتبه یک و در بین کل گلخانه‌ها رتبه ۱۲ را دارد و بعد از آن به ترتیب گلخانه‌های شماره ۱۱، ۳، ۴، ۵، ۱۳، ۲۰، ۱۰ و ۶ رتبه‌های بعدی را دارا می‌باشند.

جدول ۲- رده‌بندی واحدهای گلخانه تولید گل میخک با مدل *BCC-I* و *CCR-I*

گلخانه	کارایی CCR	رده‌بندی CCR	کارایی BCC	رده‌بندی BCC
۱	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۲	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۳	۰/۶۷	۱۲	۰/۶۸	۱۴
۴	۰/۳۱	۱۷	۰/۵۸	۱۵
۵	۰/۴۷	۱۴	۰/۵۶	۱۶
۶	۰/۲۴	۱۸	۰/۳۱	۲۰
۷	۰/۸۲	۹	۰/۸۷	۱۲
۸	۰/۷۹	۱۰	۱/۰۰	۱
۹	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۱۰	۰/۴	۱۶	۰/۴۷	۱۹
۱۱	۰/۶۸	۱۱	۰/۸۷	۱۳
۱۲	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۱۳	۰/۲۴	۱۹	۰/۵	۱۷
۱۴	۰/۶۶	۱۳	۱/۰۰	۱
۱۵	۰/۴۴	۱۵	۱/۰۰	۱
۱۶	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۱۷	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۱۸	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۱۹	۰/۸۷	۸	۱/۰۰	۱
۲۰	۰/۱۷	۲۰	۰/۵	۱۸

در نمودار ۱ کارایی و مقدار آن بر اساس مدل *BCC-I* نشان داده شده است که به صورت صعودی مرتب شده‌اند. با توجه به اینکه از مدل *BCC-I* استفاده شده است بنابراین کارایی آن تکنیکی محض می‌باشد. همانطور که در

نمودار مشاهده می شود تقریباً نیمی از واحدهای گلخانه‌ای بر اساس این مدل کارا بوده‌اند که در این نمودار مشخص است.



شکل ۱- واحدهای گلخانه گل میخک و کارایی تکنیکی محض مدل BCC-I

تجزیه کارایی تکنیکی واحدهای گلخانه

طبق رابطه (۴) کارایی تکنیکی به کارایی تکنیکی محض و کارایی قیاسی تجزیه می شود. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۳ گلخانه‌های ۸، ۱۴، ۱۵ و ۱۹ به طور موضعی کارا عمل می کنند (کارایی تکنیکی محض = ۱)، و ناکارایی کلی ($1 <$ کارایی کل) ناشی از ناکارایی مقیاس است. ناکارایی گلخانه‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۳ و ۲۰ ناشی از ناکارایی مدیریتی و همچنین ناشی از شرایط گلخانه‌ها (ناکارایی مقیاس) می باشد. اگر یک گلخانه کاملاً (۱۰۰٪) کارا از نظر مدل BCC و CCR باشد در بهره‌ورترین مقیاس است. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود گلخانه‌های ۱، ۲، ۹، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ در بهره‌ورترین مقیاس هستند.

جدول ۳- تجزیه کارایی تکنیکی

کارایی مقیاس	کارایی تکنیکی محض (BCC)	کارایی تکنیکی (CCR)	گلخانه
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲
۰/۹۸	۰/۶۸	۰/۶۷	۳
۰/۵۳	۰/۵۸	۰/۳۱	۴

۰/۸۴	۰/۵۶	۰/۴۷	۵
۰/۷۷	۰/۳۱	۰/۲۴	۶
۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۸۲	۷
۰/۷۹	۱/۰۰	۰/۷۹	۸
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۹
۰/۸۵	۰/۴۷	۰/۴	۱۰
۰/۷۸	۰/۸۷	۰/۶۸	۱۱
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۲
۰/۴۸	۰/۵	۰/۲۴	۱۳
۰/۶۶	۱/۰۰	۰/۶۶	۱۴
۰/۴۴	۱/۰۰	۰/۴۴	۱۵
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۶
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۷
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱۸
۰/۸۷	۱/۰۰	۰/۸۷	۱۹
۰/۳۴	۰/۵	۰/۱۷	۲۰

مازاد ورودی و کمبود خروجی گلخانه‌های تولید گل میخک، مدل CCR-I

جدول ۴ نتایج حاصل از تحلیل گلخانه‌های گل میخک با مدل بازگشت به مقیاس ثابت برای تعیین مازاد نهاده‌ها و کمبود عملکرد گلخانه‌ها را نشان می‌دهد. برای هر کدام از گلخانه‌های ناکارا تعیین شده است که به چه میزان باید از مصرف نهاده اضافی کاهش دهند تا کارا شوند. برای گلخانه‌هایی که کمبود میزان خروجی داشته‌اند نیز مشخص شده است که به چه میزان باید خروجی خود را افزایش دهند تا کارا شوند. به عنوان مثال گلخانه شماره ۳ با کارایی ۰/۶۶، برای نهاده انسان ۵۹۷۹/۳ واحد مازاد داشته است که با کاهش این مقدار از نهاده انسان گلخانه شماره ۳ روی مرز کارایی قرار خواهد گرفت. گلخانه شماره ۴ با کارایی ۰/۳۱ مازاد ورودی را در نهاده‌های کود شیمیایی و سوخت به ترتیب به میزان ۵۷۱/۵ و ۳۲۹۶۰/۱ واحد داشته است و به همین ترتیب برای واحدهای دیگر می‌توان نتیجه‌گیری کرد. در مدل بازگشت به مقیاس ثابت ورودی محور برای خروجی (عملکرد) کمبود تولید وجود نداشته است.

جدول ۴- مازاد و کمبود ورودی و خروجی گلخانه‌های گل میخک، مدل CCR-I

گلخانه	کارایی	کود شیمیایی	سوخت	انسان	ماشین	الکتریسته	عملکرد
۱	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰/۶۷	۰	۰	۵۹۷۹/۳	۰	۰	۰
۴	۰/۳۱	۵۷۱/۵	۳۲۹۶۰/۱	۰	۰	۰	۰
۵	۰/۴۷	۰	۱۷۱۴۷۶/۴	۰	۲۵/۱	۰	۰
۶	۰/۲۴	۰	۲۱۷۹۹۲۸	۰	۴۸۵۹/۵	۱۵۴۱۹۶/۱	۰
۷	۰/۸۲	۰	۴۵۷۱۸۳/۳	۵۷۹۸/۴	۰	۰	۰
۸	۰/۷۹	۸۳۳۵/۶	۱۴۱۸۸۹۵	۰	۰	۰	۰
۹	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰/۴	۰	۰	۲۶۳۶/۳	۰	۰	۰
۱۱	۰/۶۸	۷۶۳۷/۵	۰	۲۶۸۰/۸	۰	۰	۰
۱۲	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳	۰/۲۴	۰	۱۴۱۸۳۳۰	۰	۰	۰	۰
۱۴	۰/۶۶	۰	۰	۵۰۶/۵	۰	۰	۰
۱۵	۰/۴۴	۱۷۳۰/۵	۰	۸۹۱/۷	۰	۰	۰
۱۶	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۷	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۸	۱/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۹	۰/۸۷	۹۸۵۱/۸	۴۲۲۶۵۶/۵	۰	۰	۵۹۳۶۶/۵	۰
۲۰	۰/۱۷	۰	۱۹۹۳۱۶	۰	۲۷۱۶/۷	۰	۰

صرفه‌جویی انرژی با استفاده از مقادیر هدف (مجازی) برای ورودی‌ها و خروجی

برای واحدهای ناکارا در مدل CCR-I، مقادیر هدف (مجازی) برای متغیرهای ورودی تعیین شد که از این طریق می‌توان میزان انرژی مصرفی را با مقادیر هدف محاسبه کرده و با در نظر گرفتن مقادیر اصلی واحدها مصرف انرژی واقعی را نیز محاسبه کرده و درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی را بدون اینکه عملکرد محصول کاهش یابد بدست آورد. نتایج نشان داد که در بعضی از گلخانه‌ها حتی می‌توان تا ۹۰٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد بدون اینکه کاهش عملکرد داشته باشیم که حاکی از مصرف بی‌رویه نهاده در واحدهای گلخانه‌ای منطقه می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر هدف انرژی ورودی و ذخیره انرژی گلخانه‌های گل میخک

ذخیره انرژی (%)	انرژی ورودی کل		عملکرد	ورودی‌های واقعی					گلخانه
	هدف	واقعی		الکتریسته	ماشین	انسان	سوخت	کود شیمیایی	
۰	۱۱۵۷۳۵۳	۱۱۵۷۳۵۳	۲۰۰	۴۹۶۵۵/۲	۷۵۳	۴۵۱۹/۷	۱۰۹۱۷۷۸	۱۰۶۴۷/۵	۱
۰	۱۹۸۷۶۷۸	۱۹۸۷۶۷۸	۲۰۰	۶۲۰۶۸/۹	۱۰۸	۸۴۸۴	۱۹۱۲۰۰۰	۵۰۵۳/۵	۲
۳۲/۳	۱۶۸۶۲۸۵	۲۴۹۲۶۳۸	۱۸۰	۶۲۰۶۸/۹	۷۶۵۳	۲۱۴۷۲	۲۳۹۳۷۷۹	۷۶۶۵	۳
۷۰/۴	۷۴۰۱۶۸/۲	۲۵۰۴۲۱۱	۱۰۰	۸۲۷۵۸/۶	۸۵۶/۲	۹۸۵۶	۲۳۹۴۶۳۰	۱۶۱۰۹/۸	۴
۵۷/۷	۱۵۰۴۳۳۸	۳۵۵۵۰۷۵	۱۶۰	۸۲۷۵۸/۶	۵۳۸	۱۳۷۲۸	۳۴۴۶۲۳۰	۱۱۸۲۰/۵	۵
۹۱/۴	۱۳۰۸۷۲۰	۱۵۲۴۴۳۹۴	۱۵۰	۸۲۷۵۸/۶	۲۱۲۳۸	۲۲۸۸۰	۱۴۳۵۱۷۲۵	۲۰۹۶۵	۶
۳۱/۳	۲۳۲۶۸۷۹	۳۳۸۷۶۳۸	۱۲۰	۰	۶۰۸۸	۲۵۳۴۴	۳۳۵۰۲۴۲	۵۹۶۴	۷
۵۰/۷	۲۳۷۵۰۸۵	۴۸۱۴۷۵۲	۱۰۰	۰	۱۰۸	۱۸۳۳۹/۲	۴۷۸۰۰۰۰	۱۶۳۰۵	۸
۰	۱۰۰۵۵۳۶	۱۰۰۵۵۳۶	۱۵۰	۰	۱۷۳۱۳	۱۲۶۷۲	۹۶۳۹۳۱	۱۱۶۲۰	۹
۵۹/۶	۱۱۹۳۶۱۳	۲۹۵۵۸۱۹	۱۳۰	۴۱۳۷۹/۳	۷۶۵۳	۲۱۴۷۲	۲۸۷۱۷۷۹	۱۳۵۳۶	۱۰
۳۱/۹	۱۳۵۰۶۶۳	۱۹۸۵۳۵۹	۱۳۰	۴۱۳۷۹/۳	۲۱۱/۲	۱۲۶۷۲	۱۹۱۳۶۲۱	۱۷۴۷۵/۵	۱۱
۰	۲۶۵۹۹۶۹	۲۶۵۹۹۶۹	۲۵۰	۰	۶۴۵	۱۲۴۰۸	۲۶۳۳۶۳۰	۱۳۲۸۶/۲	۱۲
۹۰/۴	۹۴۷۵۷۲/۶	۹۹۵۰۵۵۱	۸۰	۰	۵۶۰۶	۲۱۱۲۰	۹۹۰۷۰۲۰	۱۶۸۰۵	۱۳
۳۴/۳	۸۰۰۱۹۹/۸	۱۲۱۷۴۱۶	۶۰	۰	۶۹۱۰	۹۱۵۲	۱۱۹۷۸۲۳	۳۵۳۱	۱۴
۵۶/۶	۴۳۱۲۳۵/۶	۹۹۳۵۶۱/۹	۵۰	۰	۶۹۱۰	۹۷۶۸	۹۶۵۴۱۰	۱۱۴۷۳/۹	۱۵
۰	۱۹۲۸۳۹۹	۱۹۲۸۳۹۹	۸۰	۰	۶۴/۵	۱۱۷۹۲	۱۹۱۲۹۲۶	۳۶۱۶	۱۶
۰	۹۸۸۵۳۴/۴	۹۸۸۵۳۴/۴	۱۲۰	۰	۱۶۶۴۶	۸۸۸۸	۹۵۹۳۰۱	۳۶۹۹/۴	۱۷
۰	۱۹۷۷۳۰۳	۱۹۷۷۳۰۳	۷۰	۴۱۳۷۹/۳	۰	۶۷۵۸/۴	۱۹۱۲۰۰۰	۱۷۱۶۵	۱۸
۶۳/۴	۳۵۱۱۷۹/۷	۹۵۹۶۳۳/۲	۵۰	۸۲۷۵۸/۶	۱۵۹/۶	۱۶۱۹/۲	۸۶۱۳۲۶	۱۳۷۶۹/۸	۱۹
۸۷	۶۲۸۶۷۲/۸	۴۸۴۹۷۳۶	۶۰	۱۶۵۵۱/۷	۱۶۶۶۸	۱۶۸۹۶	۴۷۸۲۳۹۰	۱۷۲۳۰	۲۰

نتیجه گیری و پیشنهادات:

بررسی واحدهای گلخانه ای نشان داد که گلخانه شماره ۱ که بهترین واحد گلخانه ای معرفی شد گلخانه ای مجهز به سیستم های مناسب برای سرمایه‌ش و گرمایش و استفاده از روش هیدروپونیک برای کشت می باشد. بنابراین می

توان با الگو قرار دادن این واحد گلخانه ای و میزان نهاده ای که مصرف می کند برای سایر گلخانه داران منطقه ضمن کاهش نهاده ها و مصرف انرژی، عملکرد محصول را ثابت نگه داشت.

منابع و مراجع:

۱. امامی میبدی، ع، ۱۳۷۹، اصول اندازه گیری کارایی و بهره‌وری، انتشارات موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

۲. رضایی، ج، م. ر. توکلی بغدادآباد، ۱۳۸۷، ارزیابی کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی استان‌های کشور با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی (مطالعه موردی گندم آبی)، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.

۳. علیرضایی، م. ر. غ. م. عبدالله‌زاده و م. رجیبی تنها، ۱۳۸۶، تحلیل تفاوت‌های منطقه‌ای در بهره‌وری بخش کشاورزی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران.

۴. غجه بیک، ف، ۱۳۸۸، "توسعه یک سیستم تصمیم‌یار مدیریت مصرف انرژی در گلخانه‌های سبزی و صیفی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران.

۵. فریادرس، و. الف. ح. چیذری و الف. مرادی، ۱۳۸۱، اندازه‌گیری و مقایسه کارایی پنبه‌کاران ایران، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال دهم، شماره ۴، صفحه ۸۹.

۶. قصیری، ک. ح. مهرنو و الف. ر. جعفری، ۱۳۸۶، مقدمه‌ای بر تحلیل پوششی داده‌های فازی، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

۷. میرحسینی، س. ع، ۱۳۸۷، تحلیل پوششی داده‌ها مدلها و کاربردها، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۸. نصیری، س. م، ۱۳۸۷، تأثیر کاهش واحدهای تصمیم‌سازی و ورودی‌های انرژی بر نسبت انرژی، انرژی ویژه و کارایی زارعان، پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون.

۹. Chauhan N.S., P.K.J. Mohapatra and K.P. Pandey. ۲۰۰۶. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking—An application of data envelopment analysis. Energy Conversion and Management ۴۷: ۱۰۶۳-۱۰۸۵.

۱۰. Charnes A, Cooper WW. Preface to topics in data envelopment analysis. Ann Oper Res ۱۹۸۵(۲):۵۹-۹۴.

۱۱. Iraizoz B., M. Rapun and I. Zabaleta. ۲۰۰۳. Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain. *Agricultural Systems* ۷۸: ۳۸۷-۴۰۳.
۱۲. Jacobs R. ۲۰۰۶. *An Introduction to Measuring Efficiency in Public Sector Organization*.
۱۳. Liewely R.V. and J.R. Williams. ۱۹۹۶. Nonparametric analysis of technical, pure technical and scale efficiency for food crop production in East Java, Indonesia. *Agricultural Economic* ۱۵: ۱۱۳-۱۲۶.
۱۴. Malana N.M. and H.M. Malano. ۲۰۰۶. Benchmarking productive efficiency of selected wheat areas in Pakistan and India - Data Envelopment Analysis. *Irrigation and Drainage*, ۵۵: ۳۸۳-۳۹۴.
۱۵. Vincova K. ۲۰۰۵. Using DEA Models to Measure Efficiency. Available at: www.nbs.sk/BIATES.