ارزیابی و بهبود مصرف بهینه منابع انرژی در تولید محصول خیار در گلخانه‌های تهران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها

فریده غجه بیگ، محمود امید، حجت احمدی، مجتبی دلشاد
دانشگاه تهران
omid@ut.ac.ir

چکیده

نسبت انرژی یا نسبت انرژی ستانده به انرژی نهاده و انرژی ویژه یا نسبت انرژی نهاده بـه عملکـرد واحـد تولیـدی در سیستم های تولید محصول شاخص هایی هستند که بهره وری و عملکرد واحد تولیدی را مشخص مـی کننـد. کـارائی فنی یکی دیگر از شیوه هایی است که برای ارزیابی بهره وری واحد تولیدی استفاده می شود. در این مقاله بـرای اولـین بار به کمک تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها(DEA)ارزیابی و سنجش بازده تولیدی واحدهای گلخانه‌ای انتخـاب شـده در تهران بررسی شد. برای این منظور اطلاعات لازم از ۱۸ گلخانه خیار در شهرک گلخانـه ای هشـتگرد از طریـق توزیـع پرسشنامه جمع آوری شد. از DEA برای برآورد و ارزیابی عملکرد و بهره وری گلخانه های خیـار، بـر اسـاس انـرژی نهاده شامل نیروی کارگری، ماشین ، سوخت، کود(نیتروژن، فسفات، پتاسیم)، سموم، الکتریسـیته و عملکـرد محصـول خیار(Kg/ha)به عنوان ستانده استفاده شد. نتایج تجزیه وتحلیل نشان داد که DEA یک ابزار بسـیار مـوثر بـرای ارزیـابی بازده تولید واحدهای تولید خیار گلخانه‌ای است. ارزیابی بازده تولید بر اساس شش نهاده نیز نشان داد کـه ارزیـابی بـر اساس فقط یک منبع مصرف شده بطور معنی داری با ارزیابی بر اساس کل نهاده ها متفاوت است. نتایج نشان داد که با مدل بازگشت به مقیاس متغیر(VRS)و اندازه‌گیری ورودی محور، ده واحد از مجمـوع ۱۸ گلخانـه بررسـی شـده کـارا بودند. میانگین کارایی فنی واحدهای ناکارا ۹۰٪ محاسبه شد، به این معنا که ۱۰٪ از همه منابع می تواند به وسـیله بـالا بردن کارایی این واحدها ذخیره شود.

کلمات کلیدی : نسبت انرژی، انرژی ویژه، کارائی فنی، تحلیل پوششی داده ها،بازگشت به مقیاس متغیر

مقدمه

هدف تولید کننده بخش کشاورزی کلاً تحت تاثیر شرایط محیطی، جغرافیایی و اقتصادی، تعیین می‌گردد. گرچه ممکن است این هدف صرفاً حداکثر کردن سود نباشد، اما به هر حال تولید کننده در بخش کشاورزی در پی هدفی خاص اقدام به تولید می کند و دستیابی به آن هدف در بالاترین حد ممکن همواره ایده‌آل است. برای تحقق این هدف، تولیدکننده باید بهترین راه ممکن را انتخاب کند تا بالاترین فایده برای او محقق گردد. حال این هدف در هر سامانه تولیدی می تواند به شکل‌های مختلف ظاهر شود، که مهمترین راه برای تولید کننده در چارچوب اهداف او، ترکیب مناسبی از عوامل تولید در دسترس است به طوری که بتواند با کمترین هزینه، بالاترین فایده را ایجاد نماید (اکبری و شریف، ۱۳۸۷). برای تولید محصولات کشاورزی نقش انرژی در توسعه و کارایی بسیار با اهمیت است. بنابراین اهداف تحلیل‌های انرژی، کاهش مصرف نهاده‌های انرژی و جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر در فرآیند کشاورزی و حتی-المقدور کاهش هزینه‌های تولید و روش‌های تولید دوستدار طبیعت به عنوان قسمتی از یک سامانه مدیریت بهینه الزامی می‌باشند. استفاده بهینه از منابع طبیعی و نیروی انسانی در واقع هنری است که نسبت به قوانین و معادلات به اثبات رسیده اقتصادی برتری دارد. تا آنجا که خود به عنوان معادله‌ای محکم و مبسوط تلقی می‌شود (اورعی و پیماندار، ۱۳۸۲). اندازه‌گیری و ارزیابی منظم کارائی و بهره‌وری باعث استفاده بهینه از امکانات موجود و جلوگیری از افزایش نامتعادل مصرف انرژی و هزینه‌ها، و موجب ارتقاء کیفیت و کمیت کالاها و خدمات تولیدی خواهد شد.

گلخانه به دلیل توانایی افزایش زمان بهره‌برداری ۱۲ ماهه از زمین به جای یک فصل زراعی و همچنین توان کنترل بهتر عوامل اقلیمی مورد نیاز گیاه و رفع محدودیت‌ها، توانایی بهبود عملکرد و کیفیت تولیدات را به نحو مؤثری داراست مشروط بر اینکه گلخانه واقعاً این توانایی را داشته باشد (Anonymous, 2005).

در ایران، کشت گلخانه‌ای در سال‌های اخیر رشد بسیار زیادی داشته است. بر اساس آمار منتشره از طرف دفتر گل وگیاهان زینتی وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت گلخانه در ایران ۷۲۷۲/٤ هکتار بوده که سطح زیر کشت سبزی و صیفی در گلخانه‌های کل کشور تا پایان تیر ماه ۱۳۸۷، حدود ٤۳۲٤/۱ هکتار می‌باشد که از این میزان ۸٦۸ هکتار آن مربوط به استان تهران است. سبزی‌های گلخانه‌ای نظیر گوجه، خیار، فلفل و غیره هستند که بیشترین سطح زیر کشت را خیار و پس از آن گوجه‌فرنگی تشکیل می‌دهد و بقیه سبزی‌ها در رتبه‌های بعدی هستند. علیرغم تمامی مزیت‌های کشت گلخانه‌ای، به دلیل ماهیت تولید در خارج فصل، کشت گلخانه‌ای دارای مصرف بالای انرژی، به‌ویژه در فصل سرما می‌باشد و از مواردی است که نیاز مبرم به بررسی‌های علمی دارد.

راندمان مصرف انرژی برای تولید محصولات کشاورزی به روش‌های مختلفی اندازه‌گیری می شود. روشی که اخیراً مورد توجه محققان قرار گرفته است بهینه‌سازی مصرف انرژی بر پایه کارایی واحدهای تصمیم‌سازی در واحدهای تولیدی است. در این روش ورودی‌های انرژی با وزن‌های مختلف تاثیر خود را در تولید محصول دارند (نصیری،۱۳۸۷). هدف این تحقیق بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی و گلخانه های کارا و ناکارا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها در گلخانه های استان تهران است و بدین ترتیب می‌توان راه‌کارهایی به منظور بهینه سازی مصرف انرژی در گلخانه ها ارائه نمود.

مواد و روشها

کارایی با دو روش پارامتریک و غیرپارامتریک قابل محاسبه است و نقش مهمی را در بهینه‌سازی یک سامانه ایفا می کند. در این تحقیق به منظور تعیین میزان انرژی نهاده‌های مصرفی در گلخانه‌های سبزی و صیفی و تعیین هزینه‌های تولید و ارزیابی گلخانه‌ها تعداد ۱۸ پرسشنامه تهیه شد. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها از طریق مصاحبه و پرسش حضوری و بعضی اندازه‌گیری‌های میدانی، داده‌های به دست آمده وارد نرم افزار اکسل شد و سپس با روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[1] توسط نرم‌افزار DEA Solver داده‌ها تجزیه‌وتحلیل گردید. گلخانه‌ها از نظر مصرف انرژی و عملکرد تولید مورد ارزیابی قرار گرفته و واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و میزان مصرف نهاده‌های آنها بررسی شد. مقدار انرژی ورودی و خروجی برای تولید محصول خیار در گلخانه های شهرک گلخانه ای هشتگرد اندازه گیری و بر حسب مگاژول بر هکتار محاسبه شد. میزان مصرف انرژی هر یک از نهاده‌ها به دست آمده و با در نظر گرفتن شدت انرژی برای هر نهاده که از تحقیقات قبلی مطابق جدول (۱) استخراج شدند و میزان انرژی مصرفی کل در گلخانه به دست آمد(جدول ۲). بعد از تحلیل اطلاعات با نرم افزار DEA Solver واحدهای تولیدی کارا و ناکارا مشخص شده و مقادیر کمبودها و مازادها و همچنین چگونگی قرار گرفتن واحدهای ناکارا بر روی مرز کارایی مورد بررسی قرار داده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CCR[2]) و بازگشت به مقیاس متغیر(BCC[3]) انجام شد. در هر دو مدل واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و انواع کارایی‌های فنی، مقیاس و فنی خالص محاسبه شد. در روش تحلیل پوششی داده‌ها تعدادی از واحدهای تولیدی با هم مقایسه، ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند، تعداد آنها می‌تواند زیاد یا کم باشد اما تعداد آنها باید از قانون‌هایی که وجود دارد پیروی کند چون بر توانایی مدل‌ها در تشخیص کارایی واحدهای تولیدی تأثیر می‌گذارد (Cooper et al, 2006; Ramanathan, 2003).

جدول ۱: شدت انرژی ورودی‌های مورد استفاده در گلخانه

نهاده	شدت انرژی (*MJ/unit*)	منبع
انسان (h)	۱/۹۶	[۴۱،۴۳،۶۷]
ماشین‌ها وادوات (h)	۶۸/۴	[۴۱،۴۳،۶۷]
کودها (kg)		
• ازته	۶۶/۱۴	[۷۳]
• فسفاته	۱۲/۴۴	[۷۳]
• پتاسه	۱۱/۱۵	[۷۳]
سموم شیمیایی(kg)	۱۲۰/۰۰	[۷۴]
سوخت (L)	۵۶/۳۱	[۷۴]
الکتریسته (kWh)	۱۱/۹۳	[۶۶]

۱- *Data Envelopment* Analysis
۲- *Charns, Cooper and Rhodes*
3- *Banker, Charns and Coope*

آب آبیاری (m^3)	۱/۰۲	[۳۵]
بذر (خیار)	۱	[۷٤]
محصول (خیار)	۰/۸	[٦۸]

انتخاب ورودی ها و خروجی های مدل

اگر تعداد کل واحدهای تولیدی کمتر از مجموع ورودی‌ها و خروجی‌ها باشد تعداد زیادی از واحدها کارا تشخیص داده خواهند شد و تشخیص کارایی آنها دقیق نخواهد بود (Cooper et al, 2006). با توجه به اینکه مجموع کل ورودی‌ها و خروجی‌ها بر توانایی مدل در تمایز کارایی بین $(DMUs)$[1] تاثیر گذار است راماناتان (۲۰۰۳)، در ابتدا مدل *CCR* ورودی محور با تعداد ورودی و خروجی‌های متفاوت برای هر یک از محصولات مورد بررسی قرار گرفت تا تعداد بهینه پارامترهای ورودی مدل تعیین گردد. نتایج این بررسی‌ها برای عملکرد گلخانه‌های تولید و خیار گلخانه‌ای در جدول ۲ نشان داده شده است. در تمامی مدل‌های بررسی شده گلخانه‌ها دارای خروجی واحد هستند که همان میزان عملکرد محصول گلخانه‌ای می‌باشد. با توجه به قاعده یک سوم راماناتان (۲۰۰۳) و دیگر محققین و نتایج جدول(۲) ، تعداد بهینه ورودی‌های مدل برای بررسی کارایی گلخانه‌های تولید خیار گلخانه‌ای شش نهاده شامل انرژی‌های نیروی انسانی، ماشین، سوخت، کود، سموم و الکتریسته می باشد. البته با توجه به نتایج الگوی انرژی (جدول۲) این نتایج کاملاً توجیه‌پذیر است. از جدول (۲) ملاحظه می‌شود که سهم نهاده‌های بذر و آبیاری برای تولید خیار گلخانه‌ای (به ترتیب، ۰ و ۰/۵ درصد) می‌باشد.

جدول ۲: انرژی مصرفی برای تولید خیار در گلخانه

نهاده(واحد)	میزان مصرف در هکتار	انرژی معادل (مگاژول برهکتار)	درصد (٪)
الف-ورودی‌ها			
نیروی انسانی(h)	٤۱٥۰/۷	۸۱۳٥/۳٦	٥/۳
ادوات و ماشین‌ها (h)	۳۱/۹۱	۷۲۰٦/۷۳	٤/۷
سوخت(L)	۱۳٦۱/۰٤	۷٦٦٤۰/۰۸	٥۰/۱

1- *Decision Making Units*

کودشیمیایی			
(الف) ازته(kg)	۳۲۰/۹٤	۲۱۲۲۷/۱۲	۱۳/۹
(ب) فسفاته(kg) (P2O5)	٤۱۱/۹۷	٤۷۷٦/۷۷	۳/٤
(ج) پتاسه(kg) (K2O)	۳۸۲/۷٦	۳۸٤۰/٦٦	۲/۸
سموم(kg)	۷٦/٤	۹۱٦۸/۵۳	٦/۰
آب آبیاری(m^3)	٦۷۹/۰۵	٦۹۳/٦۳	۰/۵
الکتریسته (kWh)	۲٤۳۸/۷٤	۲۵۵۸٤/۲٤	۱٦/۷
بذرها (kg)	۰/۱۳	۰/۱۳	۰
انرژی ورودی کل($MJ\ ha^{-1}$)		۱۵۲۹۰۸/٤۳	۱۰۰
ب-خروجی			
محصول(kg)	۹۷۳۵۵/٦۰	۷۷۸۸٤/٤۸	
انرژی خروجی کل(MJ ha-1)		۷۷۸۸٤/٤۸	
انرژی خالص($MJ\ ha^{-1}$)		-۷۵۰۲۳/۹۵	

تعداد متغیرهای مدل	تعداد و درصد واحدهای با کارایی مطلق گلخانه های تولید کننده خیار		
ورودی ها	خروجی ها	تعداد	٪
۵	۱	۵	۳۳
٦	۱	٦	۳۳
۷	۱	۷	۳۹
۸	۱	۸	٤٤
تعداد کل واحدها		۱۸	

بنابراین در توسعه مدل‌های مختلف DEA همواره تعداد نهاده‌ها و ستانده‌ها به ترتیب برابر شش و یک در نظر گرفته شده است. اگر گلخانه‌ای داده‌های غیرعادی داشته باشد از گروه‌های مقایسه‌ای حذف شده و اسامی آن در نتایج حاصل از تحلیل DEA مشخص خواهد شد.

جدول ۳: انتخاب ورودی ها و خروجی ها برای توسعه DEA

نتایج و بحث

انرژی مصرفی برای تولید هر کیلوگرم خیار ۱/۵۷ مگاژول بوده است. همانطور که مشاهده می‌شود ۵۰/۱ درصد از انرژی مصرفی در گلخانه خیار به سوخت اختصاص دارد که مربوط به سوخت مصرفی برای گرمایش گلخانه می‌باشد. میزان انرژی کود برای خیار گلخانه‌ای بطور متوسط ۲۰/۱ درصد بعد از سوخت بیشترین سهم انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است. انرژی بذر و آب برای آبیاری کمترین مقدار را در بین دیگر نهاده‌ها به خود اختصاص می‌دهند. که مصرف زیاد سوخت برای گرمایش گلخانه و به علت سردی هوای منطقه هشتگرد بوده است. کمترین مصرف انرژی مربوط به نهاده ماشین می‌باشد کم بودن انرژی ماشین به این دلیل است که در گلخانه فقط از ماشین سم‌پاش آن هم به میزان بسیار کم استفاده می‌شود و بقیه عملیات به صورت دستی و توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. در تحلیل با روش تحلیل پوششی داده ها و مدل بازگشت به مقیاس متغیر (BCC-I) بیشترین انرژی مربوط به نهاده سوخت با میانگین ۷٦٦٤۰/۰۸ و پس از آن مربوط به کودشیمیایی با میانگین مصرف ۳۰٦۱۹/۷۳ می‌باشد، که مصرف زیاد سوخت برای گرمایش گلخانه و به علت سردی هوای منطقه هشتگرد بوده است. کمترین مصرف انرژی مربوط به نهاده ماشین می‌باشد کم بودن انرژی ماشین به این دلیل است که در گلخانه فقط از ماشین سم‌پاش آن هم به میزان بسیار کم استفاده می‌شود و بقیه عملیات به صورت دستی و توسط نیروی انسانی انجام می‌شود.

جدول٤:ارزیابی گلخانه‌های خیار و مجموعه مرجع با مدلBCC-I

گلخانه	کارایی	ارزیابی
۱	۱/۰۰	
۲	۰/۹۸	۳ (۰/۱٤) ۷ (۰/۰۵) ۱۳ (۰/۰۲) ۱٦(۰/۰٤) ۱۸ (۰/۷٦)
۳	۱/۰۰	
٤	۱/۰۰	
۵	۱/۰۰	
٦	۰/۸۸	۳ (۰/۲۷) ۱۸ (۰/۷۳)
۷	۱/۰۰	
۸	۰/۹٤	۳ (۰/۱۳) ۷ (۰/۷۹) ۱۸ (۰/۰۸)
۹	۰/۹۰	۳ (۰/۳۲) ۷ (۰/۱۰) ۱۸ (۰/۵۹)

۱۰	۰/۸۳	۱۸ (۰/۶۰) ۱۳ (۰/۰۲) ۳ (۰/۳۹)
۱۱	۱/۰۰	
۱۲	۰/۸۷	۱۸ (۰/۵٤) ۱٦ (۰/۱۵) ۳ (۰/۳۲)
۱۳	۱/۰۰	
۱٤	۰/۹٦	۱۸ (۰/۸٦) ۱۷ (۰/۰۵) ۱۳ (۰/۰٤) ۳ (۰/۰۵)
۱۵	۰/۸۹	۱٦ (۰/۷۸) ۱۷ (۰/۱٦) ۷ (۰/۰۱) ۱(۰/۰۵)
۱٦	۱/۰۰	
۱۷	۱/۰۰	
۱۸	۱/۰۰	

با توجه به نتایج حاصله از جدول(٤)میانگین کارایی فنی گلخانه‌های ناکارا ۹۰٪ می‌باشد، این نتیجه نشان می‌دهد که با استفاده از ۹۰٪ نهاده‌ها و ثابت ماندن همان میزان خروجی گلخانه‌ها، این گلخانه‌ها می‌توانند به مرز کارایی برسند و مقدار ۱۰٪ از نهاده‌ها را با افزایش کارایی خود ذخیره کنند. نتایج تحلیل BCC در این جدول نشان می‌دهد که گلخانه‌های ۱، ۳، ٤، ۵، ۷، ۱۱، ۱۳، ۱٦، ۱۷ و ۱۸ 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 (θ –۱)٪ کاهش دهد بدون اینکه میزان تولید کاهش یابد. کارایی گلخانه شماره ۸ معادل ۰/۹٤ می‌باشد. یعنی گلخانه ۸ باید بتواند میزان مصرف خود را از کلیه نهاده‌ها به میزان ٦٪ کاهش دهد تا به مرز کارایی برسد. گلخانه‌های ۳، ۷ و ۱۸ به عنوان گلخانه‌های مرجع و به منظور الگوسازی برای گلخانه ۸ معرفی شده‌اند. با معرفی گلخانه‌های کارای مرجع (۳، ۷ و ۱۸) ، 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 ناکارای ۸ نشان می‌دهند. مقدار λ نشان می‌دهد که مشابهت گلخانه ۸ به گلخانه ۷ (λ =۰/۷۹) بیشتر از سایر گلخانه‌های مرجع است. بر اساس مجموعه مرجع و λ می‌توان ورودی‌ها و خروجی که برای کارایی گلخانه ۸ است را مشخص کرد. یعنی:

$$0.94 \times (\text{ورودی}8) = 0.13(\text{ورودی}3) \times 0.79(\text{ورودی}7) \times 0.08(\text{ورودی}18)$$
$$\text{خروجی گلخانه } 8 = 0.13(\text{خروجی}3) \times 0.79(\text{خروجی}7) \times 0.08(\text{خروجی}18)$$

گلخانه شماره ۸ می‌تواند با استفاده از ضرایب λ یا با کاهش همه ورودی‌هایش به طور شعاعی و به نسبت ۰/۹٤ کارا شود.

در جدول ۵ نتایج رتبه‌بندی گلخانه‌های خیار بر اساس مدل‌های BCC-I و CCR-I انجام است، که رتبه‌بندی واحدهای ناکارا صورت گرفته و همه واحدهای کارا در رتبه‌بندی بر واحدهای ناکارا اولویت داشته و رتبه یک به آنها اختصاص داده شده است. البته رتبه‌بندی واحدهای کارا، می‌تواند بر اساس تعداد رفرنس‌دهی واحدهای ناکارا به آنها انجام شود. رتبه‌بندی واحدهای ناکارا بر اساس مقدار امتیاز کارایی که به دست آورده‌اند انجام می‌شود. بر اساس مدل CCR-I بعد از شش واحد کارا گلخانه شماره ٤ در بین گلخانه‌های ناکارا رتبه یک و در بین کل گلخانه‌های خیار رتبه هفت را به خود اختصاص داده است، و پس از آن به ترتیب گلخانه‌های شماره ۵، ۳، ۸، ١٤، ۱۵، ۲، ۱۱، ۱۲، ۹، ۱۰ و ٦ در رتبه‌های

بعدی قرار گرفته‌اند. در مدل BCC-I بعد از ده گلخانه کارا، گلخانه ناکارای شماره ۲ در بین گلخانه‌های ناکارا رتبه یک و در بین کل گلخانه‌ها رتبه ۱۱ را دارد و بعد از آن به ترتیب گلخانه‌های شماره ١٤، ٨، ٩، ١٥، ٦، ١٢ و ١٠ رتبه‌های بعدی را دارا می‌باشند.

در شکل (۱) کارایی و مقدار آن بر اساس مدل CCR-I نشان داده شده است. تقریباً یک سوم از واحدهای گلخانه‌ای بر اساس این مدل کارا بوده‌اند که در این نمودار مشخص است و حدود یک سوم از گلخانه‌ها کارایی ۰/۷ تا ۰/۹ داشته و بقیه گلخانه‌ها کارایی ٠/٦ تا ۰/۷ را دارا می‌باشند.

اگر یک گلخانه از نظر مدل BCC کاملاً کارا ولی مقدار کارایی پایینی از نظر مدل CCR داشته باشد، آنگاه موضعاً کاراست ولی کارایی کل ندارد. بنابراین اصولاً منطقی است تا کارایی مقیاس یک گلخانه را به وسیله این دو کارایی مشخص کنیم. میزان کارایی فنی یک گلخانه با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس (*CRS*)[1] از مدل CCR بدست می آید. ولی در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS)[2] از مدل BCC کارایی فنی قابل محاسبه است.

جدول۵:رتبه‌بندی گلخانه‌های خیار با مدل BCC-I و CCR-I

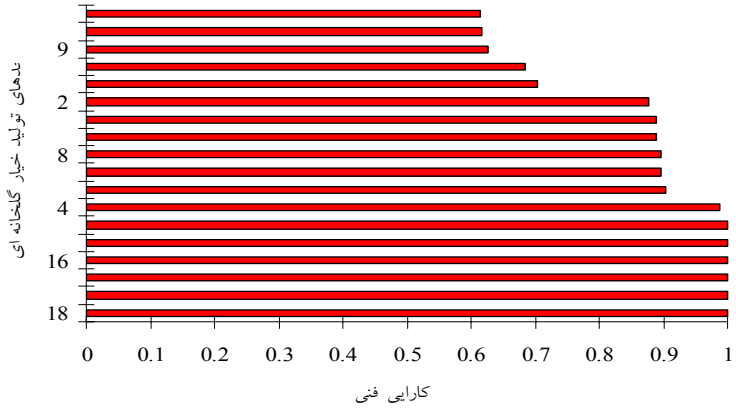
گلخانه	کارایی CCR	رتبه بندی CCR	کارایی BCC	رتبه بندی BCC
۱	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۲	۰/۸۸	۱۳	۰/۹۸	۱۱
۳	۰/۹۰	۹	۱/۰۰	۱
٤	۰/۹۹	۷	۱/۰۰	۱
٥	۰/۹۰	۸	۱/۰۰	۱
٦	۰/٦۱	۱۸	۰/۸۸	۱٦
۷	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۸	۰/۹۰	۱۰	۰/۹٤	۱۳
۹	۰/٦۳	۱٦	۰/۹۰	۱٤
۱۰	۰/٦۲	۱۷	۰/۸۳	۱۸
۱۱	۰/۷۰	۱٤	۱/۰۰	۱
۱۲	۰/٦۸	۱٥	۰/۸۷	۱۷
۱۳	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
١٤	۰/۸۹	۱۱	۰/۹٦	۱۲
١٥	۰/۸۹	۱۲	۰/۸۹	۱٥
١٦	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۱۷	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱
۱۸	۱/۰۰	۱	۱/۰۰	۱

رابطه بین کارایی‌فنی، کارایی فنی خالص (مدیریتی) و کارایی مقیاس را به صورت زیر تعریف شده است (امامی میبدی، ۱۳۷۹):

۱- *Constant Returns to Scale*
2- *Variable Returns to Scale*

$$\text{کارایی مقیاس} = \frac{\text{کارایی فنی}(CCR)}{\text{کارایی فنی خالص}(BCC)} \qquad (۱)$$

مقدار کارایی مقیاس بیش از یک نخواهد بود. کارایی مدل CCR کارایی فنی کل نامیده می‌شود، زیرا تحت تأثیر مقیاس و اندازه نیست. از طرف دیگر BCC، کارایی فنی خالص را تحت بازده به مقیاس متغیر نشان می‌دهد. رابطه(۱) تجزیه کارایی را نشان می‌دهد که این رابطه منابع ناکارایی را به نمایش می‌گذارد، یعنی مشخص می‌کند که ناکارایی به علت ناکارایی مدیریتی است یا ناشی از شرایطی است که کارایی مقیاس نشان می‌دهد یا از هر دو عامل (قصیری و همکاران، ۱۳۸٦).



شکل ۱: واحدهای گلخانه خیار و کارایی فنی مدل *CCR-I*

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (٦) گلخانه‌های۳، ٤،٥ و ۱۱ به طور موضعی کارا عمل می‌کنند (۱= کارایی فنی خالص)، و ناکارایی کلی (۱ > کارایی کل) ناشی از ناکارایی مقیاس است. ناکارایی گلخانه‌های ۲، ٦، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲و ۱٤ ناشی از ناکارایی مدیریتی و همچنین ناشی از شرایط گلخانه‌ها (ناکارایی مقیاس) می‌باشد. با مشخص شدن بازده به مقیاس تنظیمات مورد نیاز ناکارایی‌های ناشی از بازده به مقیاس را تشخیص می‌دهیم. وقتی یک گلخانه کارای BCC است وضعیت بازده به مقیاس از طریق وزن خروجی مشخص می‌شود، اگر کوچکتر از صفر باشد بازده به مقیاس افزایشی است، اگر بزرگتر از صفر باشد بازده به مقیاس کاهشی و اگر مساوی صفر باشد بازده به مقیاس ثابت است. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (٦)، گلخانه‌های ۱، ۷، ۱۳، ۱۵، ۱٦، ۱۷ و ۱۸ بازده به مقیاس ثابت و گلخانه‌های کارای ۳، ٤، ٥ و ۱۱ بازدهی به مقیاس افزایشی دارند. گلخانه‌های ناکارا (۲، ٦، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱٤) که روی مرز کارایی تصویر شده‌اند دارای بازده به مقیاس افزایشی هستند. در بازده به مقیاس افزایشی نمی‌توان مقیاس گلخانه را کاهش داد اما می‌توان آن را تا بی‌نهایت افزایش داد. نسبت خروجی به ورودی برای هر نقطه روی مرز کارا نسبت به ورودی غیرکاهشی است یعنی افزایش در خروجی همواره حداقل به اندازه‌ای متناسب با ورودی است. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، این نتیجه حاصل گردید که با مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) تعداد هفت واحد از گلخانه‌ها یعنی گلخانه‌های شماره ۱، ۷، ۱۳، ۱٦، ۱۷ و ۱۸ کارا بودند و مقدار کارایی آنها مساوی یک بوده و روی مرز کارایی قرار گرفته‌اند. همانطور که در جدول (٦) مشاهده می‌شود، با تحلیل داده‌ها با مدل بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) نتایج متفاوتی حاصل شد. نتایج به

این صورت بود که در این مدل تعداد بیشتری از گلخانه‌ها روی مرز کارایی قرار گرفته و کارا می‌باشند، که شامل گلخانه-های شماره ۱، ۳، ٤، ٥، ۷، ۱۱، ۱۳، ۱٦، ۱۷ و ۱۸ می‌باشد.

جدول ٦: تجزیه کارایی فنی و بازده به مقیاس

گلخانه	کارایی فنی	کارایی فنی خالص	کارایی مقیاس	بازده به مقیاس
۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	ثابت
۲	۰/۸۸	۰/۹۸	۰/۸۹	افزایشی
۳	۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۹۰	افزایشی
٤	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۹۹	افزایشی
٥	۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۹۰	افزایشی
٦	۰/٦۱	۰/۸۸	۰/۷۰	افزایشی
۷	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	ثابت
۸	۰/۹۰	۰/۹٤	۰/۹٦	افزایشی
۹	۰/٦۳	۰/۹۰	۰/۷۰	افزایشی
۱۰	۰/٦۲	۰/۸۳	۰/۷٤	افزایشی
۱۱	۰/۷۰	۱/۰۰	۰/۷۰	افزایشی
۱۲	۰/٦۸	۰/۸۷	۰/۷۹	افزایشی
۱۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	ثابت
۱٤	۰/۸۹	۰/۹٦	۰/۹۲	افزایشی
۱٥	۰/۸۹	۰/۸۹	۱/۰۰	ثابت
۱٦	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	ثابت
۱۷	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	ثابت
۱۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	ثابت
میانگین	۰/۸۷	۰/۹٦	۰/۹۰	

در جدول (٦) مقدار کارایی فنی (کارایی کل) گلخانه‌ها با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس آمده است. مدل CCR برقراری بازده به مقیاس ثابت در مجموعه امکان تولید را فرض می‌کند یعنی انبساط و انقباض همه گلخانه‌ها و ترکیب-های نامنفی آنها امکانپذیر است و از اینرو مقدار کارایی این مدل کارایی فنی کل نامیده می‌شود. از طرف دیگر در مدل BCC ترکیب محدب گلخانه‌ها به عنوان مجموعه امکان تولید فرض شده و مقدار کارایی این مدل کارایی فنی خالص نامیده می‌شود. اگر یک گلخانه کاملاً (۱۰۰٪) کارا از نظر مدل BCC و CCR باشد در بهره‌ورترین مقیاس است(گلخانه‌های ۱، ۷، ۱۳، ۱٦، ۱۷ و ۱۸).

جدول (۷) نتایج حاصل از تحلیل گلخانه‌های خیار 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

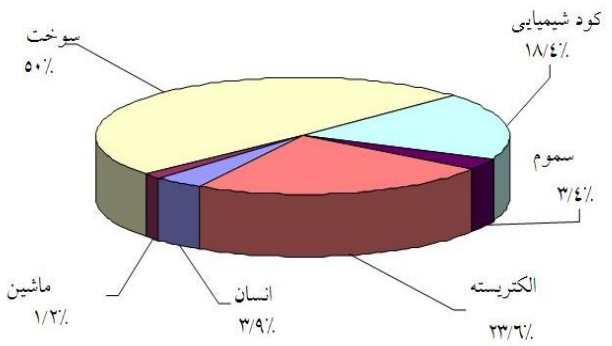
است که به چه میزان باید خروجی خود را افزایش دهند تا کارا شوند. گلخانه‌های کارا کمبود عملکرد و مازاد نهاده نداشته‌اند، گلخانه شماره ۲ با کارایی ۰/۸۸، برای نهاده سموم ۱۱۴۹/۹۳، نهاده سوخت ۹۲۴۰/۱۸ و نهاده ماشین ۸۹۳/۱۶ واحد مازاد داشته است که با کاهش این مقدار از نهاده‌های سموم، سوخت و ماشین گلخانه شماره ۲ روی مرز کارایی قرار خواهد گرفت. در مدل بازگشت به مقیاس ثابت ورودی محور برای خروجی (عملکرد) کمبود تولید وجود نداشته است.

جدول۷: مازاد و کمبود ورودی و خروجی گلخانه‌های خیار، مدل *CCR-I*

گلخانه	کارایی	S- انسان (۱)	S- ماشین (۲)	S-سوخت (۳)	کود S-(٤)	سموم S-(٥)	S- الکتریسته (٦)	عملکرد S+(۱)
۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰/۸۸	۰	۸۹۳/۱٦	۹۲٤۰/۱۸	۰	۱۱٤۹/۹	۰	۰
۳	۰/۹۰	۲۷۸۰/۳۹	۰	۳۳۰۹٥/۲۷	٥۷/٤۳	۰	۱۷٦۹٤/٤۲	۰
٤	۰/۹۹	۰	۲٦۰/٥۹	۳۸۲۱۱/۲٦	۲۲٤۸/۳۱	۰	۳۷۰۱۰/٤۹	۰
٥	۰/۹۰	۹۸٤/٦۰	۱٥۲۸/۲۳	۰	۰	۱۹۰/۳۰۹	۰	۰
٦	۰/٦۱	۰	۰	۰	۱۸۲۷/۱۸	۰	۹۸۳۰/٥۲	۰
۷	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰/۹۰	۲۹۰۱/۳٤	۰	۰	۰	۱۸۱/٥۲	٤۳۸/۲٥	۰
۹	۰/٦۳	۱۲٥٥/۲٤	۰	۰	۰	۰	۸۰۳/۸۳	۰
۱۰	۰/٦۲	۰	٥۲/۹۷	۳۱۰۸۷/۱۰	۳۸٥٦/٥۷	۰	۰	۰
۱۱	۰/۷۰	۲۸۳/۲۱	۸۸/۹۱	۰	۰	۰	۱۰۷۳۳/۰۷	۰
۱۲	۰/٦۸	۰	٤٥/۹٥	۰	۱۱۱٦/۰٦	۰	۰	۰
۱۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱٤	۰/۸۹	۰	٦۳۷/۸۰	٤۸٤۸۸/۷٥	۱۹٥٦/٥۸	۰	۰	۰
۱٥	۰/۸۹	۰	۰	۰	٤٦۲۳۷/۱۳	۰	۲۹٦۲/۲۲	۰
۱٦	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۷	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۸	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

برای واحدهای ناکارا خیار گلخانه‌ای در مدل *CCR-I*، مقادیر هدف (محازی) برای متغیرهای ورودی شامل کاهش متناسب با کارایی فنی در متغیرهای ورودی واحد منهای مقدار کمبود[۱] می‌باشد، و لی مقادیر کارای خروجی هدف از مجموع ستانده و مازاد[۲] محاسبه می‌شوند. مقادیر کمبود و مازاد در جدول (۷) آمده است. متوسط سهم هریک از نهاده‌ها در کاهش مصرف انرژی گلخانه‌های خیار در شکل(۲) نشان داده شده است.

۱- *Slack*
۲- *Surplus*



شکل۲: سهم ذخیره انرژی توسط هر نهاده در گلخانه‌های خیار

نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد که، بالاترین مصرف انرژی برای محصول خیار با مصرف ۵۰/۱٪ مربوط به نهاده سوخت و پس از آن مربوط به نهاده‌های کودشیمیایی و الکتریسته می‌باشد. با توجه به اینکه سوخت بیشترین سهم انرژی نهاده‌ها را به خود اختصاص داده است، با گاز رسانی به گلخانه‌های منطقه، می توان امکان استفاده از آن را برای گلخانه داران فراهم کرد که علاوه بر هزینه های پایین تر برای تولیدکنندگان، دارای سهولت بیشتر در استفاده از آن می‌باشد. با توجه به تحلیل DEA، می توان برای دقیق‌تر وکاربردی‌تر بودن نتایج حاصل، ثبت دقیق مقدار نهاده‌های مصرفی و هزینه‌های انجام شده برای واحدهای تولیدی کشاورزی انجام شود. با توجه به دقیق و کاربردی بودن نتایج حاصل از روش تحلیل پوششی داده ها می توان از این نتایج برای ارائه روش های مدیریتی صحیح در مصرف نهاده ها برای تولید محصولات کشاوزی استفاده کرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحلیل در مقاله حاضر مقادیر مازاد مصرف نهاده ها، گلخانه های کارا و ناکارا تعیین شده اند که از این موارد برای مصرف بهینه منابع انرژی در دوره های کشت آینده می توان استفاده کرد.

پیشنهادها

- استفاده از DEA برای تحلیل دوره‌های زمانی بیشتر از یک، واحدهای تولیدی کشاورزی در تحقیقات آینده و همچنین تحلیل اقتصادی و تعیین کارایی اقتصادی واحدهای تولیدی در بررسی‌های بعدی.

– استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها در تحلیل انرژی و اقتصادی گلخانه‌ها و مقایسه نتایج به دست آمده با دیگر مناطق و دیگر کشورها و ارائه نتایج جهت برنامه‌ریزی صحیح برای مصرف بهینه انرژی و کمک به برنامه‌ریزان کشور در سطح کلان.

– انجام تحقیقاتی مشابه برای سایر تولیدات گلخانه‌ای کشور به منظور تعیین مقادیر مازاد انرژی مصرفی و کاهش مصرف مقادیر مازاد و در نتیجه استفاده بهینه از نهاده‌ها و در نتیجه انرژی.

فهرست منابع

۱- اکبری، ن و م، شریف، ۱۳۸۷، اقتصاد کشاورزی، انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی.

۲– امامی میبدی، ع، ۱۳۷۹، اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری، انتشارات موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

۳- اورعی، س. ک. و م. ص. پیماندار، ۱۳۸۲، تحلیل و محاسبه بهره‌وری، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی‌تکنیک تهران).

٤- قصیری، ک.، ح، مهرنو و الف، ر، جعفری، ١٣٨٦، کلیات ای بر تحلیل پوششی داده های فازی، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

۵- 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.

6- Anonymous. 2005a. Available at: www.Iranflowercenter.com

7- Cooper W.W., L.M. Seiford and K. Tone .2006. Introduction to DEA and its uses with DEA-Solver software and references. Springer, New York.

8- Ramanathan R. 2003. An introduction to DEA: a tool for performance measurement. Sage , New Delhi.