

## بررسی کارایی مصرف انرژی در گلخانه‌های تولید خیار استان تهران

رضا اسفنجاری کناری<sup>۱</sup>، مهدی شعبان‌زاده<sup>۲\*</sup>، پریناز جانسوز<sup>۳</sup>، احمد امید<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زاهدان

۴. دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۲/۴)

### چکیده

با افزایش روزافزون جمعیت جهان و محدودیت در اراضی قابل کشت، افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق احداث گلخانه یکی از راه‌های اساسی تأمین مواد غذایی بشر به‌شمار می‌آید. اما با توجه به آن که افزایش عملکرد بدون در نظر گرفتن مصرف انرژی بی‌معنی است، بنابراین محدودیت انرژی از چالش‌های اساسی است که بشر برای رسیدن به این هدف با آن مواجه است. با این رویکرد و با توجه به مصرف زیاد انرژی در تولیدات گلخانه‌ای، در مطالعه حاضر میزان مصرف انرژی و شاخص‌های انرژی در تولیدات خیار گلخانه‌ای استان تهران محاسبه و سپس کارایی انرژی واحدهای بررسی شده با روش تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA) تجزیه و تحلیل شده است. داده‌های لازم در مطالعه حاضر از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل ۱۶۰ پرسشنامه به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده از گلخانه‌های تولید خیار استان تهران در سال ۱۳۹۱ جمع‌آوری شده است. نتایج مطالعه نشان داد که کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خالص، و انرژی ویژه در واحدهای تحت بررسی به ترتیب برابر با ۰/۵۲، ۰/۶۵ کیلوگرم بر مگاژول، ۷۳۱۸۰- مگاژول در هکتار، و ۱/۵۲ مگاژول بر کیلوگرم است. سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر، و تجدیدناپذیر از کل انرژی مصرفی نیز به ترتیب برابر ۸۶، ۱۴، ۴، و ۹۶ درصد محاسبه شد. همچنین نتایج مطالعه حاکی از آن است که گلخانه‌های تحت بررسی کارایی لازم را نداشتند، به طوری که در این واحدها افزایش در مصرف نهاده‌ها از افزایش در تولید پیشی گرفته است. بنابراین این امر سرانجام سبب کاهش کارایی مصرف انرژی در واحدهای مذکور شده است.

**کلیدواژگان:** انرژی تجدیدپذیر، انرژی تجدیدناپذیر، انرژی خالص، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی.

### مقدمه

امروزه کشت گلخانه‌ای به دلیل تولید بیش از یک محصول در سال، افزایش کیفیت محصول تولیدی، و صرفه‌جویی در مصرف آب اهمیت فراوانی برای کشورهای خشک و نیمه‌خشک دارد. با توجه به اینکه ایران در منطقه کم‌آبی در جهان قرار دارد و همچنین از آن‌جا که ۹۲ درصد آب مصرفی در کشور مربوط به بخش کشاورزی است، حرکت به سمت این نوع کشت می‌تواند برای کشور بسیار مهم باشد (Nasiri & Nikzadfar, 2007). همچنین جوان و ارزان بودن نیروی کار پتانسیل بسیار خوبی برای تولیدات گلخانه‌ای در ایران ایجاد کرده و بر اهمیت این نوع کشت در کشور افزوده است (Mousavi & Rafiee, 2011). کشت گلخانه‌ای محاسنی همچون استفاده کارتر از منابع، عرضه دائمی، اشتغال‌زایی، و عملکرد بالاتر دارد و نیاز به سرمایه بالاتر،

دانش فنی بیشتر، و مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی از معایب این نوع کشت به‌شمار می‌آید (Mehrabani Boshtrabadi & Zeinalzadeh, 2006). مطالعات و تجارب کنونی حاکی از آن است که کشت گلخانه‌ای از جنبه میزان عملکرد و درآمد به نسبت کشت باز موفق‌تر است (Forotan, 2004). آمارهای سازمان جهاد کشاورزی حاکی از آن است که از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۰ مساحت گلخانه‌های ایران از ۳۳۸۰ هکتار به ۶۶۳۰ هکتار، افزایش یافته است. همچنین براساس آمارهای فوق تولید خیار گلخانه‌ای که یکی از اصلی‌ترین صیفی‌جات گلخانه‌ای در جهان است در کشور به سرعت افزایش یافته و بنابراین ایران پس از چین و ترکیه، با تولید بیش از دو میلیون تن خیار در سال در رتبه سوم تولید این محصول در جهان قرار گرفته است (Heidari & Omid, 2011). با افزایش روزافزون جمعیت در دنیا و محدودیت در اراضی قابل کشت، افزایش عملکرد در واحد سطح یکی از چند راه باقیمانده برای تأمین مواد غذایی انسان

\* نویسنده مسئول: shabanzadeh.mehdi@gmail.com

واحدهای ناکارا، ۱۰ درصد در مجموع نهاده‌های استفاده‌شده صرفه‌جویی می‌شود. (Mohammadi & Omid (2010) تحلیل اقتصادی و رابطه میان انرژی ورودی و خروجی تولید خیار گلخانه‌ای را در ایران بررسی کردند. نتایج حاصل از مطالعه فوق نشان می‌دهد که متوسط انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم خیار گلخانه‌ای  $148836/7$  مگاژول در هکتار است. سوخت فسیلی ( $41/94$  درصد) و کود شیمیایی ( $19/67$  درصد) بیشترین سهم انرژی مصرفی را در تولید خیار گلخانه‌ای شهرستان تهران دارند. متوسط بهره‌دهی انرژی  $0/80$  کیلوگرم بر مگاژول و نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی  $0/64$  محاسبه گردید. همچنین مشخص گردید که به ترتیب  $10/93$  و  $89/07$  درصد از انرژی نهاده مصرفی شامل سهم نهاده‌های تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر است. درپایان نیز هزینه کل مربوط به تولید خیار گلخانه‌ای  $33425/7$  دلار در هکتار محاسبه گردید. Sanaei moghadam (2010) *et al.* میزان مصرف انرژی برای تولید خیار گلخانه‌ای را در شهرستان مشهد بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که متوسط انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم خیار گلخانه‌ای در دوره پاییزه و بهار در شهرستان مشهد به ترتیب  $1/2$  و  $0/9$  مگاژول است. همچنین متوسط بهره‌دهی انرژی به ترتیب  $1/05$  و  $0/83$  کیلوگرم بر مگاژول، متوسط افزوده خالص انرژی  $5441$  و  $14237$  - مگاژول بر  $1000$  مترمربع و نسبت انرژی  $0/84$  و  $0/66$  به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که سوخت فسیلی، برق، کارگر به ترتیب بیشترین سهم انرژی مصرفی را در تولید خیار گلخانه‌ای این شهرستان دارند.

(Mousavi & Rafiee (2011) به بررسی الگوی مصرف انرژی و رابطه بین انرژی نهاده‌ها و مقدار عملکرد محصول سویا در استان گلستان پرداختند. نتایج نشان داد که کل انرژی لازم برای تولید سویا  $35372/23$  مگاژول بر هکتار بوده است. انرژی الکتریسیته، کود شیمیایی، و سوخت دیزل مهمترین انرژی مصرفی نهاده‌ها در این تحقیق بوده‌اند. کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، و انرژی ویژه به ترتیب  $2/29$ ،  $0/09$  کیلوگرم بر مگاژول و  $10/94$  مگاژول بر کیلوگرم تخمین زده شدند و برای تعیین رابطه تابعی، تابع تولید کابداگلاس به‌عنوان بهترین فرم تابعی انتخاب شد. نتایج نشان داد که انرژی‌های الکتریسیته، کود شیمیایی، آب برای آبیاری، ماشین‌آلات، و نیروی انسانی به‌طور معنی‌داری بر عملکرد اثر دارند در حالی‌که استفاده از سموم و بذر ارتباط معنی‌داری با سطح عملکرد نداشته‌اند. Ozkan *et al.* (2011) در مطالعه‌ای به بررسی الگوی مصرف انرژی و رابطه بین انرژی نهاده‌ها و عملکرد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در منطقه

است. با احداث گلخانه، که یکی از راه‌های افزایش عملکرد است، می‌توان در راستای بهبود این امر اقدام کرد. اما مصرف زیاد انرژی در تولیدات گلخانه‌ای از یک سو و محدودیت و پایان‌پذیر بودن انرژی از سوی دیگر از چالش‌های اساسی فراروی بشر است، بنابراین افزایش عملکرد بدون در نظر گرفتن انرژی مصرفی تقریباً بی‌معنی به نظر می‌رسد. با توجه به مصرف زیاد انرژی در تولیدات گلخانه‌ای بررسی میزان مصرف انرژی، شاخص‌های انرژی در تولیدات گلخانه‌ای، و کارایی انرژی واحدها اهمیت فراوان دارد. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه بررسی الگوی مصرف انرژی در گلخانه‌ها در داخل و خارج از کشور انجام شده است. (Canakci & Akinci (2006) در بررسی الگوی مصرف انرژی برای تولید سبزی و صیفی گلخانه‌ای، به تعیین نسبت انرژی ستاده‌نهاد و رابطه آنها پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که نسبت کارایی انرژی برای چهار محصول اصلی گلخانه‌ای شامل گوجه‌فرنگی، فلفل، خیار، و بادمجان به ترتیب برابر با  $0/32$ ،  $0/19$ ،  $0/31$ ، و  $0/23$  است. همچنین نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که از میان محصولات فوق، گوجه‌فرنگی بیشترین سودآوری را دارد. Hatirli *et al.* (2006) در بررسی گلخانه‌های تولید گوجه‌فرنگی دریافتند که سهم انرژی دیزل از کل انرژی مصرفی  $34/3$  درصد، کود  $27/5$  درصد، الکتریسیته  $16/1$  درصد، کود شیمیایی  $10/1$  درصد، و انرژی انسانی  $8/6$  درصد است. نتایج مطالعه فوق نشان داد که مزارع کوچک‌تر در مقایسه با مزارع بزرگ از نظر بازده انرژی مؤثرترند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که عملکرد گوجه‌فرنگی به‌عنوان متغیر وابسته، تابعی از متغیرهای مستقل کود، سموم شیمیایی، ماشین، نیروی کار، آب، و بذر است. Shabani *et al.* (2010) کارایی واحدهای گلخانه‌ای شهرستان محلات استان مرکزی را با توجه به انرژی مصرفی در تولید گل میخک با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، بررسی کردند. هدف این مطالعه تعیین واحدهای کارا و ناکارا، تعیین میزان استفاده انرژی توسط واحدهای ناکارا، و ارائه راهکارهایی برای ذخیره‌سازی انرژی با کاهش ورودی‌ها بدون تغییر عملکرد، بوده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حدود نیمی از واحدهای بررسی‌شده که به تولید گل میخک اشتغال دارند کارا، و بقیه واحدها با درجات متفاوتی از ناکارایی مواجه بوده‌اند. (Ghochebeyg *et al.* (2010) کارایی مصرف انرژی برای تولید خیار را با روش تحلیل پوششی داده‌ها، در استان تهران بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که  $10$  واحد از مجموع  $18$  واحد بررسی‌شده کارا بوده‌اند و میانگین کارایی واحدهای ناکارا  $90$  درصد محاسبه شد. به این معنی که با افزایش کارایی

امر باعث شده است تا استان تهران در زمینه تولید بسیاری از محصولات گلخانه‌ای مانند محصول خیار جزء استان‌های مهم کشور به‌شمار آید. به‌طوری که استان تهران در تولید محصول خیار بعد از دو استان کرمان و اصفهان سومین استان بزرگ تولیدکننده خیار گلخانه‌ای در کشور است. بنابراین با توجه به جایگاه تولید محصولات گلخانه‌ای در استان تهران، هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی با شاخص‌های انرژی (بهره‌دهی انرژی، نسبت انرژی، و افزوده خالص انرژی) در گلخانه‌های تولید خیار استان تهران طی سال ۱۳۹۱ است تا بدین طریق بتوان راه‌کارهایی به‌منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی در گلخانه‌های استان تهران ارائه کرد.

### مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر برای دستیابی به اهداف مورد نظر و بررسی میزان مصرف انرژی در گلخانه‌های استان تهران، ابتدا با توجه به میزان انرژی‌های معادل نهاده‌ها و ستاده‌ها به روش محاسبه شاخص‌های انرژی اشاره می‌شود (Singh et al., 2004). سپس در ادامه برای محاسبه کارایی انرژی واحدهای بررسی‌شده، روش تحلیل فراگیر داده‌ها<sup>۱</sup> (DEA) بحث و بررسی خواهد شد.

### شاخص‌های انرژی

#### شاخص کارایی مصرف انرژی

شاخص کارایی مصرف انرژی نشان‌دهنده آن است که به‌ازای هر مگاژول انرژی مصرفی در هکتار به‌منظور تولید، چه میزان انرژی برداشت شده است. هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده آن است که کارایی انرژی بالاتر است. شاخص فوق را می‌توان با رابطه ۱ محاسبه کرد:

(رابطه ۱)

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{کل انرژی محصولات تولیدی (Mj/h}^{-1}\text{)}}{\text{کل انرژی مصرفی (Mj/h}^{-1}\text{)}}$$

#### شاخص بهره‌وری انرژی

شاخص بهره‌وری انرژی بیان‌گر آن است که به‌ازای هر مگاژول در هکتار انرژی مصرفی نهاده، چند کیلوگرم ستاده حاصل می‌شود (Sengar & Kothari, 2008). هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، نشان‌گر بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی است. این شاخص را می‌توان با استفاده از رابطه ۲ محاسبه کرد:

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{کل محصولات تولیدی (Kg/h}^{-1}\text{)}}{\text{کل انرژی مصرفی (Mj/h}^{-1}\text{)}} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

آنتالیای ترکیه پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار انرژی مصرف‌شده شامل کودهای شیمیایی (۳۸/۲ درصد)، الکتریسیته (۲۷/۰۹ درصد)، کود آلی (۱۷/۳ درصد)، و سوخت دیزل (۱۳/۶ درصد) و میانگین عملکرد و انرژی مصرفی به ترتیب ۵۷۹۰۵/۱ کیلوگرم بر هکتار و ۶۱۴۳۴/۵ کیلوگرم بر هکتار است.

(Taki et al., 2012) با روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی انرژی محصول خیار گلخانه‌های شهرستان شهرضا استان اصفهان را بررسی کردند. نتایج حاصل نشان داد که نهاده سوخت با ۴۷ درصد بیشترین و آب مصرفی با ۱/۲ درصد کمترین سهم مصرف انرژی را در گلخانه‌ها به‌خود اختصاص داده‌اند. همچنین نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌های انرژی حاکی از این است که در مدل بازگشت به مقیاس ثابت، ۲۴ درصد و در مدل بازگشت به مقیاس متغیر، ۳۶ درصد از کل واحدها کارایی ۱۰۰ درصد داشتند و بقیه واحدها با درجات متفاوت ناکارا مواجه‌اند. میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص، و کارایی مقیاس به ترتیب ۹۰/۳۷، ۹۵/۰۹، و ۹۴/۶ برآورد شد.

بررسی و مقایسه مطالعات اشاره‌شده در زمینه مصرف انرژی و ازجمله مصرف انرژی در زمینه تولید خیار نشان می‌دهد که مطالعات فوق در سه حوزه تمرکز یافته‌اند. در بخشی شاخص‌های کارایی انرژی محاسبه و تجزیه و تحلیل شد. بخش دیگری از مطالعات نیز اثر انرژی نهاده‌ها را بر عملکرد ارزیابی کردند. به‌منظور انجام این امر، ابتدا اثر انرژی کل نهاده‌ها به تفکیک نهاده‌ها بر عملکرد و سپس اثر انرژی نهاده‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و نیز اثر انرژی مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد بررسی شده است. در پایان نیز در بخش سوم مطالعات کارایی فنی انرژی، کارایی فنی خالص، کارایی مقیاس، و انواع بازدهی نسبت به مقیاس بررسی شده است. بنابراین بررسی جمع‌بندی مطالعات گویای فقدان مطالعه‌ای جامع است که همه موارد عنوان‌شده را به‌طور همزمان بررسی و ارزیابی کرده باشد. از این‌رو این امر انجام مطالعه‌ای کامل و فراگیر را در زمینه مصرف انرژی لازم و ضروری می‌سازد که این موضوع هدف اصلی مطالعه حاضر است.

استان تهران از مهمترین استان‌های کشور در زمینه تولید محصولات گلخانه‌ای است. آمار و اطلاعات سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ نشان می‌دهد که در استان تهران ۲۳۶۸ هکتار اراضی گلخانه‌ای وجود دارد که این مقدار شامل حدود ۳۵ درصد سطح زیر کشت گلخانه‌های کشور است. مطابق با آمار سازمان جهاد کشاورزی از سطوح فوق علاوه بر گل‌های شاخه‌بریده، بیش از ۳۵۰ هزار تن سبزی و صیفی برداشت می‌گردد که این

از منابع متعدد جمع‌آوری شده و در جدول ۱ گزارش شده است. به‌منظور محاسبه انرژی معادل این نهاده‌ها، مقدار نهاده محاسبه‌شده در هر هکتار در ضرایب انرژی معادل آن ضرب می‌شود.

جدول ۱. انرژی معادل نهاده‌ها و ستاده در تولیدات گلخانه‌ای

ستاده/نهاده	واحد	انرژی معادل	
		(مگاژول بر واحد)	منبع
<b>ستاده</b>			
خيار	کیلوگرم	۰/۸	Ozkan et al (2004)
<b>نهاده‌ها</b>			
نیروی انسانی	ساعت در روز	۱/۹۶	Zangeneh et al (2010)
ماشین‌آلات	ساعت	۶۴/۸۰	Singh et al (2010)
سوخت دیزلی	لیتر	۵۶/۳۱	Singh et al (2010)
سموم	کیلوگرم	۱۲۰	Chauhan et al (2006)
آب آبیاری	مترمکعب	۱/۰۲	Zangeneh et al (2010)
برق مصرفی	کیلووات‌ساعت	۱۱/۹۳	Singh et al (2010)
بذر	کیلوگرم	۱	Singh et al (2010)
<b>کودهای شیمیایی</b>			
نیتروژن	کیلوگرم	۶۶/۱۴	Zangeneh et al (2010)
فسفات	کیلوگرم	۱۲/۴۴	Zangeneh et al (2010)
پتاسیم	کیلوگرم	۱۱/۱۵	Zangeneh et al (2010)

به‌منظور بررسی ارتباط بین انرژی نهاده‌ها و عملکرد محصولات به‌طور معمول از تابع تولید کابداگلاس استفاده می‌شود. تابع تولید کابداگلاس را می‌توان به‌صورت رابطه ۵ نوشت:

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln X_{ij} + e_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

در رابطه ۵:  $Y_i$  سطح عملکرد آمین گلخانه و  $X_{ij}$  بردار انرژی نهاده‌های مصرف‌شده در تولید،  $\alpha_j$  ضرایب نهاده‌ها که توسط مدل برآورد می‌شود، و  $e_i$  جزء اخلال است. براساس الگوی ۵ همچنین می‌توان اثر انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر را بر عملکرد گلخانه‌ها به ترتیب با روابط ۶ و ۷ بررسی کرد.

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln RE + \alpha_2 \ln NRE + e_i \quad (\text{رابطه ۷})$$

در دو الگوی ۶ و ۷،  $\beta$  و  $\alpha$  ضرائب مربوط به نهاده‌ها هستند که توسط مدل برآورد می‌شوند.

### شاخص انرژی ویژه

شاخص انرژی ویژه به‌صورت نسبت مجموع انرژی‌های ورودی به عملکرد محصول و برحسب مگاژول بر کیلوگرم تعریف می‌شود. هرچه مقدار این شاخص بزرگ‌تر باشد بیانگر هدررفت بیشتر انرژی است (Chauhan et al., 2006). شاخص انرژی ویژه را می‌توان با استفاده از رابطه ۳ محاسبه کرد:

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{کل انرژی مصرفی} (Mj h^{-1})}{\text{مقدار محصول تولیدی} (Mj h^{-1})} \quad (\text{رابطه ۳})$$

### شاخص انرژی خالص

شاخص انرژی خالص بیانگر خالص انرژی خروجی است. منفی‌بودن عدد این شاخص نشان‌دهنده آن است که به اندازه‌ای که انرژی وارد گلخانه شده، انرژی خارج نشده است و در این صورت عدم کارایی مصرف انرژی وجود دارد (Singh et al., 2010). این شاخص را می‌توان با رابطه ۴ محاسبه کرد:

$$\text{انرژی خالص} = \text{کل انرژی مصرفی} (Mj h^{-1}) - \text{کل انرژی محصولات تولیدی} = \text{انرژی خالص}$$

نهاده‌های انرژی را می‌توان از دو دیدگاه تقسیم‌بندی کرد. در دیدگاه اول نهاده‌های انرژی خود به دو دسته تقسیم می‌شوند: نهاده‌هایی که انرژی مستقیم<sup>۱</sup> (DE) و نهاده‌هایی که انرژی غیرمستقیم<sup>۲</sup> (IDE) ایجاد می‌کنند. انرژی مستقیم شامل انرژی‌های حاصل از نیروی انسانی، آبیاری، سوخت و الکتریسیته، و انرژی غیرمستقیم شامل انرژی بذر، ماشین‌ها، کود، و مواد شیمیایی هستند (Yilmaz et al., 2004). از دیدگاه دوم نیز نهاده‌های انرژی به دو دسته تقسیم می‌شوند: نهاده‌هایی که انرژی تجدیدپذیر<sup>۳</sup> (RE) دارند به این مفهوم که دوباره بازسازی می‌شوند. این نهاده‌ها عبارت‌اند از: نیروی انسانی، کودآلی، بذر، و آب. نهاده‌هایی که انرژی تجدیدناپذیر<sup>۴</sup> (NRE) دارند، این نهاده‌ها معمولاً قابل بازسازی نیستند و عبارت‌اند از: سوخت دیزل، انرژی الکتریسیته، کودهای شیمیایی، مواد شیمیایی، و ماشین‌ها (Banaeian et al., 2011).

با توجه به مطالب عنوان‌شده نهاده‌هایی که در مطالعه حاضر در جریان تولید خیار گلخانه‌ای استفاده شدند شامل: برق مصرفی، کودآلی، نهاده بذر، آب آبیاری، نیروی کار، ماشین‌ها، سوخت دیزل، و کود شیمیایی هستند. انرژی معادل این نهاده‌ها

1. Direct Energy  
2. Indirect Energy  
3. Renewable Energy  
4. Non Renewable Energy

با کارایی مقیاس همراه است. بنابراین (Banker 1996) مدل CRS را برای اندازه گیری بازده متغیر به مقیاس بسط داد، بنابراین برای تفکیک کارایی فنی از کارایی مقیاس، VRS به منظور اندازه گیری کارایی فنی خالص استفاده می شود. مدل VRS با اضافه کردن قید  $\sum \lambda = 1$  به مدل CRS به دست می آید. (رابطه ۹)

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda} \quad & \theta, \text{ s.t.} \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \sum \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

با تبیین الگوهای استفاده شده در مطالعه حاضر، اطلاعات لازم در این مطالعه شامل اطلاعات مربوط به میزان بذر مصرفی، تعداد ساعات نیروی کار استفاده شده، تعداد ساعات استفاده از ماشین ها، میزان برق مصرفی، کودهای شیمیایی، سموم مصرفی، و میزان آب و سوخت مصرفی هستند. اطلاعات مربوط به سال ۱۳۹۱ و با مصاحبه حضوری و تکمیل ۱۶۰ پرسشنامه به صورت نمونه گیری تصادفی ساده از گلخانه های تولید خیار در استان تهران جمع آوری شده است. همچنین در مطالعه حاضر برای محاسبات، تحلیل های آماری، و برآورد مدل ها از نرم افزارهای SPSS، Eviews، و GAMS استفاده شده است.

### نتایج و بحث

با توجه به مباحث مطرح شده و انرژی معادل نهاده ها و ستاده در تولیدات گلخانه ای (جدول ۱) و همچنین میزان مصرف انرژی، معادل انرژی نهاده های مصرف شده برای تولید خیار گلخانه ای در گلخانه های استان تهران طی یک دوره کشت محاسبه شده است. جدول ۲ نتایج حاصل را نشان می دهد. نتایج حاصل از جدول ۱ نشان می دهد که کل انرژی نهاده های مصرفی در تولید خیار برای یک دوره کشت و کل انرژی محصول تولیدی برای یک دوره کشت به ترتیب برابر با ۱۵۳۸۱۹ و ۸۰۶۳۸/۵۹ مگاژول در هکتار هستند.

همچنین بررسی میزان مصرف در واحد سطح نهاده ها نشان می دهد که برای تولید خیار گلخانه ای از هر نهاده در هکتار به چه میزان استفاده می گردد. همان گونه که از نتایج جدول ۲ مشخص است در گلخانه های استان تهران به عنوان مثال و به طور متوسط از سوخت دیزل به مقدار ۱۹۸۵/۵۶ لیتر در هکتار، نیروی انسانی به میزان ۱۴۶۷/۶۸ ساعت در هکتار، برق مصرفی به میزان ۱۴۷۸/۲۶ کیلووات در هکتار، و ماشین ها به میزان ۲۶/۸۷ ساعت در هکتار طی یک دوره کشت استفاده شده است.

### مدل تحلیل پوششی داده ها (DEA)

مدل تحلیل پوششی داده ها روشی ناپارامتری برای محاسبه اندازه کارایی است. این روش را اولین بار (Charnes et al. 1978) معرفی کرد. مدل های تحلیل پوششی داده ها می توانند محصول گرا<sup>۱</sup> یا نهاده گرا<sup>۲</sup> باشند. در مدل های محصول گرا هدف حداکثرسازی تولید با توجه به مقدار مشخصی از نهاده ها است اما در روش نهاده گرا هدف استفاده کمینه نهاده ها با توجه به سطح معینی از محصول است. در این مطالعه، به دلیل کنترل بیشتر گلخانه داران روی نهاده ها، برای محاسبه کارایی از مدلی نهاده گرا که (Charnes & Cooper 1985) پیشنهاد دادند، استفاده می شود.

### مدل بازده ثابت نسبت به مقیاس<sup>۳</sup> (CRS)

مدل ابتدایی تحلیل پوششی داده ها دارای فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس است. در مدل های با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس اگر اطلاعات برای  $K$  نهاده و  $M$  محصول برای هر کدام از  $N$  بنگاه وجود داشته باشد، فرایند محاسبه کارایی به صورت رابطه ۸ خواهد بود:

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda} \quad & \theta, \text{ (رابطه ۸)} \\ \text{s.t.} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

در رابطه ۸:  $\theta$  اسکالر است،  $\lambda$  بردار  $N \times 1$  مقادیر ثابت،  $x_i$  بردار ستونی نهاده ها برای گلخانه  $i$ ام،  $y_i$  بردار ستونی ستاده برای گلخانه  $i$ ام،  $x$  مقادیر  $K \times N$  نهاده ها،  $Y$  بردار  $M \times N$  ستاده ها،  $K$  تعداد نهاده های مصرف شده برای تولید محصول خیار،  $M$  تعداد محصول بررسی شده، و  $N$  تعداد گلخانه را نشان می دهد. مقدار  $\theta$  میزان کارایی فنی (انرژی) تولیدکننده  $i$ ام را نشان می دهد که کمتر یا مساوی یک است. مقدار یک نمایانگر مزرعه با کارایی فنی (انرژی) کامل است (Charnes & Cooper, 1985).

### مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس<sup>۴</sup> (VRS)

اندازه گیری کارایی فنی با مدل CRS زمانی که همه گلخانه ها در مقیاس بهینه عمل نمی کنند، به دلیل کارایی مقیاس با اشکال مواجه بوده و کارایی فنی به دست آمده از این راه خالص نبوده و

1. Output Oriented
2. Input Oriented
3. Variable return to scale
4. Constant return to scale

روشنایی کامل، از نور مصنوعی در گلخانه کمتر استفاده می‌شود. مصرف بالای کود ازت نیز به دلیل ماهیت محصول خیار است چراکه این محصول برای رشد رویشی و باروری و تولید به مقدار شایان توجهی از این نهاده نیاز دارد. نتایج به دست آمده در این بخش مشابه نتایج مطالعه (Djevic & Dimitrijevic, 2004) در گلخانه‌های یوگوسلاوی و (Canakci & Akinci, 2006) در تولیدات گلخانه‌ای آنتالیای ترکیه است.

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود بیش‌ترین سهم از انرژی مصرفی در گلخانه تولید خیار (۷۲/۶۹ درصد) مربوط به سوخت مصرفی در گلخانه است که برای گرم کردن گلخانه و نیز سوخت ادوات و ماشین‌ها مصرف می‌شود. بعد از سوخت، بیش‌ترین انرژی مصرفی مربوط به الکتریسیته است که برای سیستم‌های تهویه و خنک کردن و در بعضی موارد در روزهای ابری برای روشنایی گلخانه استفاده می‌شود. البته در ایران به دلیل قرار گرفتن در منطقه‌ای با طول روز بلند و داشتن

جدول ۲. الگوی مصرف انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای

نهادها	واحد	میزان مصرف در واحد سطح (واحد بر هکتار)	میزان انرژی در واحد سطح (مگاژول بر هکتار)	نسبت انرژی نهاده مصرفی به کل انرژی ورودی (درصد)
مقدار محصول تولیدی	کیلوگرم	۱۰۰۷۹۸/۲۴	۸۰۶۳۸/۵۹	
سوخت دیزل	لیتر	۱۹۸۵/۵۶	۱۱۱۸۰۶/۸۸	۷۲/۶۹
برق مصرفی	کیلووات ساعت	۱۴۷۸/۲۶	۱۶۸۳۷/۳۸	۱۰/۹۵
کارگر	ساعت در روز	۱۴۶۷/۶۸	۲۸۷۶/۶۵	۱/۸۷
ماشین	ساعت	۲۶/۸۷	۴۶۴/۶۳	۰/۳۰
سم	کیلوگرم	۲۱/۶۱	۲۵۵/۱۲	۱/۶۶
بذر	کیلوگرم	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۱۰۰
کود حیوانی	کیلوگرم	۶۲۸۵/۱۲	۱۸۸۵/۵۳	۱/۲۳
کود ازت	کیلوگرم	۱۶۰/۴۵	۱۰۶۱۲/۱۶	۶/۹۰
کود پتاس	کیلوگرم	۲۳۳/۱۲	۲۵۹۹/۲۸	۱/۶۹
کود فسفات	کیلوگرم	۲۱۹/۵۴	۲۷۳۱/۰۷	۱/۷۸
آب آبیاری	متر مکعب	۱۴۲۵/۲۶	۱۴۵۳/۷۶	۰/۹۵
کل انرژی نهاده مصرفی	مگاژول بر هکتار	-	۱۵۳۸۱۹	

در ادامه با توجه به انرژی نهاده‌های مصرفی و انرژی محصول تولیدی در تولید خیار برای یک دوره کشت (جدول ۲) و همچنین عملکرد محصول در گلخانه، انرژی نهاده‌های مستقیم و غیرمستقیم، انرژی نهاده‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، و شاخص‌های انرژی محاسبه شده است. جدول ۳ نتایج حاصل را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از نتایج جدول ۳ مشخص است کل انرژی نهاده‌های مصرفی می‌تواند به انرژی مستقیم (۸۶/۴۵ درصد)، انرژی غیرمستقیم (۱۳/۵۵ درصد)، انرژی تجدیدپذیر (۴/۰۴ درصد)، و انرژی تجدیدناپذیر (۹۵/۹۶ درصد) تقسیم‌بندی شود. با توجه به نتایج به دست آمده، سهم انرژی مستقیم بیشتر از غیرمستقیم و سهم انرژی تجدیدناپذیر بیشتر از انرژی تجدیدپذیر است. همچنین همان‌گونه که از نتایج جدول ۳ مشخص است کارایی مصرف انرژی ۰/۵۲۴ است. این نسبت بیانگر عدم کارایی مصرف انرژی در گلخانه‌های تولید خیار استان تهران است. بنابراین باید با افزایش عملکرد محصول

و کاهش در مصرف انرژی نهاده‌ها، کارایی انرژی را افزایش داد. همچنین شاخص بهره‌وری انرژی گلخانه‌ها، ۰/۶۵۵ کیلوگرم بر مگاژول است. در واقع این شاخص بیان می‌کند که به ازای هر مگاژول در هکتار انرژی مصرفی، ۰/۶۵۵ کیلوگرم محصول حاصل شده است. هرچه این نسبت بزرگتر باشد، نشانگر بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی است. مقدار انرژی خالص خیار گلخانه‌ای نیز، ۷۳۱۸۰/۴۱- مگاژول در هکتار است. این نسبت بیانگر خالص انرژی خروجی از مزرعه است و عملکرد سیستم را در خصوص مصرف انرژی نشان می‌دهد. منفی بودن این نسبت بیان می‌کند که به همان اندازه که انرژی وارد گلخانه شده، انرژی خارج نشده است و در نتیجه عدم کارایی مصرف انرژی وجود دارد. به نظر می‌رسد که محتمل‌ترین دلیل برای هدررفت بالای انرژی در واحدهای تولیدی بررسی شده، طبیعت تولید خارج از فصل گلخانه‌ها باشد که به دلیل نیاز به تثبیت دمای گلخانه برای جلوگیری از سرمازدگی و بوته‌میری به خصوص در شب، مجبور

مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شده است. نسبت فوق از نسبت کل انرژی مصرفی به مقدار محصول حاصل شده است. شاخص فوق هر اندازه بزرگتر باشد نشان دهنده هدررفت بیشتر انرژی است.

به استفاده زیادی از انرژی گرمایی بوده و از آنجا که این نوع از انرژی سهم شایان توجهی از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است، می تواند در تعیین مقدار این شاخص مؤثر واقع شود. در مطالعه حاضر نسبت انرژی ویژه برابر با ۱/۵۲۶

جدول ۲. انرژی نهاده های مستقیم و غیرمستقیم، انرژی نهاده های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، و شاخص های انرژی

مورد	واحد	مقدار انرژی	درصد
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۱۳۲۹۷۴/۶۷	۸۶/۴۵
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر هکتار	۲۰۸۴۴/۳۳	۱۳/۵۵
انرژی تجدیدپذیر	مگاژول بر هکتار	۶۲۱۶/۴	۴/۰۴
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول بر هکتار	۱۴۷۶۰۲/۶۰	۹۵/۹۶
کل انرژی نهاده	مگاژول بر هکتار	۱۵۳۸۱۹	
انرژی ستاده	مگاژول بر هکتار	۸۰۶۳۸/۵۹	
عملکرد محصول	کیلوگرم بر هکتار	۱۰۰۷۹۸/۲۴	
کارایی مصرف انرژی	-	۰/۵۲۴	
بهره وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۶۵۵	
انرژی خالص	مگاژول بر هکتار	-۷۳۱۸۰/۴۱	
انرژی ویژه	مگاژول بر کیلوگرم	۱/۵۲۶	

جدول ۴ گزارش شده است. براساس نتایج جدول ۳ اثر انرژی نهاده های مصرفی آب آبیاری، کود حیوانی، کود شیمیایی پتاس، نیروی کار، و سوخت دیزل بر تولید خیار گلخانه ای مثبت است. همان گونه که از نتایج جدول ۴ مشخص است برای محصول خیار اثر انرژی نهاده مصرفی نیروی کار در سطح ۱ درصد، و اثر انرژی نهاده های مصرفی آب آبیاری، کود حیوانی، کود شیمیایی پتاس، و سوخت دیزل در سطح ۵ درصد معنی دار هستند. به عبارت دیگر بر این اساس می توان گفت که با افزایش انرژی نهاده های مصرفی ذکر شده، تولید خیار گلخانه ای در گلخانه های استان تهران افزایش می یابد.

در ادامه با تفکیک نهاده های انرژی به نهاده هایی که انرژی مستقیم و نهاده هایی که انرژی غیرمستقیم ایجاد می کنند. همچنین نهاده هایی که انرژی تجدیدپذیر و نهاده هایی که انرژی تجدیدناپذیر دارند، اثر هر یک از دو گروه از نهاده های مذکور بر عملکرد محصول در قالب دو رابطه ۶ و ۷ بررسی شده است. نتایج حاصل از این بررسی به ترتیب در جدول های ۵ و ۶ گزارش شده است. بررسی نتایج جدول ۵ نشان می دهد که اثر انرژی نهاده های مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد محصول خیار مثبت و به ترتیب برابر با ۰/۷۳ و ۰/۲۶ است که هر دو ضریب در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری معنی دارند. مقایسه اثر انرژی نهاده های مستقیم و غیرمستقیم نشان می دهد که اثر انرژی نهاده های مستقیم بر عملکرد محصول خیار بیشتر از اثر

جدول ۴. نتایج حاصل از بررسی اثر انرژی نهاده های مصرفی بر عملکرد خیار گلخانه ای در گلخانه های استان تهران

متغیرهای مستقل	ضرایب	آماره t
جزء ثابت	۱۶/۷۸**	۲/۳۴
آب آبیاری	۰/۱۲**	۲/۳۹
برق مصرفی	۰/۰۱	۰/۶۳
کود حیوانی	۰/۱۹**	۲/۳۱
کود ازت	۰/۱۳	۰/۳۶
کود پتاس	۰/۰۴**	۲/۴۰
کود فسفات	۰/۰۸	۰/۶۸
نیروی کار	۰/۲۴***	۴/۱۱
سوخت دیزل	۰/۰۳**	۲/۳۵
R <sup>2</sup>	۰/۶۸	

\*\*\*، \*\* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد را نشان می دهند.

به منظور بررسی رابطه میان انرژی نهاده های مصرفی و عملکرد محصول از تابع تولید کابداگلاس استفاده شده است. در این تابع تولید خیار گلخانه ای در گلخانه های استان تهران تابعی از سوخت فسیلی، کودهای شیمیایی، سموم، نیروی کار، ماشین ها، آب آبیاری، و انرژی الکتریسیته در نظر گرفته شده است. تابع تولید کابداگلاس با تکنیک حداقل مربعات معمولی<sup>۱</sup> (OLS) برآورد شده است. نتایج حاصل از برآورد تابع در

1. Ordinary Least Square

همان گونه که نتایج حاصل از جدول ۷ نشان می‌دهد کارایی در حالت بازده متغیر به مقیاس ۰/۹۵ و حداقل و حداکثر کارایی فنی ۰/۷۷ و ۱/۰۰ است. براساس مقادیر کارایی مقیاس برای نمونه بررسی شده، میانگین کارایی مقیاس ۰/۴۵ و دامنه تغییرات آن بین ۰/۱۴ تا ۱/۰۰ است. این در حالی است که بیش از ۹۰ درصد گلخانه‌ها کارایی مقیاس زیر ۰/۶۰ دارند.

جدول ۷. تعداد و درصد انواع کارایی گلخانه‌های تولید خیار استان تهران

کارایی فنی		کارایی فنی خالص		کارایی مقیاس	
تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
۵۶	۳۵	۵۸	۳۶/۲۵	۶۲	۳۸/۷۵
۸۴	۵۲/۵	۸۹	۵۵/۶۳	۸۸	۵۵
۱۶	۱۰	۴	۲/۵	۶	۳/۷۵
۴	۲/۵	۹	۵/۶۲	۴	۲/۵
میانگین		۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۴۵	
انحراف معیار		۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۴	
حداکثر		۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	
حداقل		۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۲۷	

سرانجام در مطالعه حاضر گلخانه‌های تولید خیار استان تهران براساس بازده نسبت به مقیاس بررسی شدند. نتایج حاصل در جدول ۸ ارائه شده است. با توجه به اطلاعات جدول ۸، ۴۷/۵ درصد (تعداد ۷۶ واحد) از واحدهای تحت بررسی دارای بازده ثابت نسبت به مقیاس هستند. این امر حاکی از آن است که اگر واحدهای تحت بررسی تمامی عوامل تولید خود را به میزان یک درصد افزایش دهند مقدار تولید نیز یک درصد افزایش می‌یابد، یعنی تغییر در مقیاس تولید آن‌ها تأثیری در مقدار کارایی فنی انرژی آن‌ها ندارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که کلیه واحدهای فوق در مقیاس بهینه عمل می‌کنند. همچنین ۱۹/۳۷ درصد از واحدهای تحت بررسی (تعداد ۳۱ واحد) دارای بازده نزولی نسبت به مقیاس هستند. این امر حاکی از آن است که افزایش یک درصدی در تمامی عوامل تولید مربوط به این واحدها به افزایش کمتر از یک درصدی در تولید این واحدها می‌انجامد. با توجه به تعریف کارایی فنی، کاهش مقیاس تولید برای واحدهای مذکور، که دارای بازده به نسبت مقیاس نزولی هستند موجب افزایش کارایی خواهد شد و در نتیجه آن، کارایی این واحدها افزایش خواهد یافت. همان گونه که نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد ۳۳/۱۳ درصد از واحدها (۵۳ واحد) دارای بازده صعودی نسبت به مقیاس هستند. این امر نشان می‌دهد که افزایش یک درصدی در تمامی عوامل تولید مربوط به این واحدها منجر به افزایش بیش از یک درصد در تولید این واحدها خواهد شد. بنابراین با توجه به این مسئله می‌توان گفت که افزایش

انرژی نهاده‌های غیرمستقیم است. همچنین بررسی نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که اثر انرژی نهاده‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر عملکرد محصول خیار مثبت و به ترتیب برابر با ۰/۳۱ و ۰/۶۲ است که البته اثر انرژی نهاده‌های تجدیدپذیر در سطح ۱ درصد و اثر انرژی نهاده‌های تجدیدناپذیر در سطح ۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار است. مقایسه اثر انرژی نهاده‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز نشان می‌دهد که اثر انرژی نهاده‌های تجدیدناپذیر بر عملکرد محصول خیار بیشتر از اثر انرژی نهاده‌های تجدیدپذیر است.

جدول ۵. نتایج حاصل از برآورد اثر انرژی نهاده‌های مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد محصول خیار گلخانه‌ای

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i$$

متغیرها	ضرایب	آماره t
جزء ثابت	۰/۳۸***	۵/۶۸
انرژی مستقیم	۰/۷۳***	۲/۱۷
انرژی غیرمستقیم	۰/۲۶**	۲/۱۹
	$R^2 = ۰/۶۹$	$F = ۳۰/۰۱$

\*\*\*، \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد را نشان می‌دهند.

جدول ۶. نتایج حاصل از برآورد اثر انرژی نهاده‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر عملکرد محصول خیار گلخانه‌ای

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln RE + \alpha_2 \ln NRE + e_i$$

متغیرها	ضرایب	آماره t
جزء ثابت	۰/۵۹	۰/۳۸
انرژی تجدیدپذیر	۰/۳۱***	۴/۹۸
انرژی تجدیدناپذیر	۰/۶۲**	۲/۳۴
	$R^2 = ۰/۶۱$	$F = ۱۷/۷۶$

\*\*\*، \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد را نشان می‌دهند.

در مطالعه حاضر همان گونه که اشاره شده است برای محاسبه کارایی انرژی واحدهای بررسی شده، از روش DEA استفاده شده است. همچنین محاسبه کارایی فنی (انرژی) گلخانه‌ها در دو حالت بازده ثابت و بازده متغیر به مقیاس صورت پذیرفته است. جدول ۷ نتایج حاصل را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج جدول ۷ میانگین کارایی فنی در حالت بازده ثابت به مقیاس (CRS) ۰/۴۲ و در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS) ۰/۴۷ است که هر دو حالت نشان‌دهنده پایین بودن کارایی انرژی در گلخانه‌های مطالعه شده در استفاده از انرژی نهاده‌هاست. اختلاف میان کاراترین و ناکاراترین مزرعه در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس ۰/۷۷ است که حاکی از شکاف بالای کارایی فنی انرژی در میان گلخانه‌هاست. همچنین



متقاضیان احداث گلخانه درباره سیکل زندگی، مصرف انرژی، و نحوه جذب عناصر توسط گیاه در خاک در این صنعت امکان پذیر است.

• نتایج نشان می دهد که سهم انرژی های مستقیم و غیرمستقیم و همچنین تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر از کل انرژی مصرفی به ترتیب برابر ۰/۱۴، ۰/۰۴، ۰/۹۶ است. با توجه به آن که سهم انرژی تجدیدناپذیر از کل انرژی مصرفی نسبتاً شایان توجه است، بنابراین با توجه به پایان پذیر بودن منابع تجدیدناپذیر و همچنین مشکلات زیست محیطی که این منابع به وجود می آورند، استفاده از منابع تجدیدپذیر جایگزین به جای منابع تجدیدناپذیر پیشنهاد می گردد. به عنوان مثال می توان از کود حیوانی به جای کود شیمیایی در تولید خیار گلخانه ای استفاده کرد. البته در این میان باید به امکان و همچنین درجه جانشینی میان نهاده ها توجه شود.

• نتایج حاکی از آن است که درصد بالایی از گلخانه های بررسی شده کارایی لازم نداشتند و افزایش در مصرف نهاده ها در واحدهای فوق بر افزایش در تولید این واحدها پیشی گرفته و سبب کاهش کارایی انرژی شده است که این امر خسارت های جبران ناپذیری را به دلیل استفاده نامناسب از منابع به محیط زیست وارد می کند. بنابراین پیشنهاد می شود با بهبود عملیات مدیریتی در استفاده بهینه از نهاده هایی مانند سوخت دیزل، کودها و با ارتقای آگاهی های عمومی، مصرف کنندگان درباره اهمیت انرژی های مصرفی و هدایت واحدهای تولیدی در راستای مصرف منطقی و به موقع انرژی و روش های صرفه جویی انرژی در جهت کاهش تلفات انرژی و افزایش عملکرد در واحد سطح گام بردارند. این نتایج یافته های قبلی مبنی بر نیاز به آموزش و ترویج در این صنعت را تأیید می کند. با توجه به اینکه تعداد اندکی از واحدهای گلخانه ای دارای کارایی ۱۰۰ درصد هستند و بین گلخانه های تولیدی با کارایی بالا و گلخانه های با کارایی پایین اختلاف نسبتاً زیادی وجود دارد، بنابراین مسئولان می توانند با فراهم کردن خدمات توسعه ای و ترویجی از طریق گسترش روش های اعمال شده در واحدهای کارا و ارتقای دانش مدیریت و تجربه در میان واحدها، نحوه استفاده بهینه از نهاده ها را از طریق واحدهای نمونه به سایر واحدها آموزش دهند. بنابراین گسترش کلاس های آموزشی در رابطه با شناسایی نوع آفات و بیماری ها و تشخیص به موقع این عوامل و نحوه استفاده از نهاده هایی مانند سموم که برای این مواقع ضروری است می تواند کارایی این واحدها را به طور مؤثر تحت تأثیر قرار دهد.

مقیاس تولید برای این واحدها سبب افزایش کارایی فنی خواهد شد.

جدول ۸. تعداد و درصد گلخانه ها در انواع بازده نسبت به مقیاس

انواع بازده نسبت به مقیاس	تعداد	درصد
ثابت	۷۶	۴۷/۵
نزولی	۳۱	۱۹/۳۷
صعودی	۵۳	۳۳/۱۳

### نتیجه گیری کلی

• نتایج حاصل از محاسبه انرژی های مصرفی برای گلخانه های تولید خیار، برای یک دوره کشت نشان می دهد که کل انرژی نهاده های مصرفی در تولید خیار ۱۵۳۸۱۹ مگاژول در هکتار است. در مطالعه حاضر نیز مطابق با مطالعات مشابه، بیشترین انرژی مصرفی نهاده ها، مربوط به سوخت دیزل است. این امر می تواند به دلیل مصرف بالای این نهاده به ویژه در فصل سرد برای گرم نگه داشتن گلخانه ها و نیاز به دمای نسبتاً بالا برای رشد محصول خیار باشد. از این رو با توجه به این مسئله جایگزین کردن روشی که بتواند از میزان مصرف سوخت در گلخانه ها بکاهد مانند وسایل گرمایشی مدرن که با استفاده از سیستم جریان آب گرم، گرمای لازم را برای گلخانه ها تأمین می کنند، می تواند به کاهش مصرف سوخت دیزل و به تبع آن کاهش کل انرژی نهاده های مصرفی در گلخانه ها کمک فراوان کند.

• نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می دهد که مقادیر کارایی انرژی، بهره وری انرژی، انرژی خالص، و انرژی ویژه به ترتیب برابر ۰/۶۵، ۰/۱۵۲، ۰/۶۵ کیلوگرم بر مگاژول، ۷۳۱۸۰- مگاژول در هکتار، و ۱/۵۲ مگاژول بر کیلوگرم است. بدین ترتیب مشخص است که در گلخانه های مطالعه شده در استان تهران راندمان و کارایی انرژی پایین است. با وجود عدم کارایی انرژی در تولید خیار گلخانه ای در این استان، بالابودن قیمت محصول خیار گلخانه ای موجب شده است که کشت این محصول از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. گفتنی است که کاهش راندمان انرژی در تولید این محصول به دلیل پایین بودن قیمت نهاده های مصرفی انرژی در کشور، در دسترس بودن وافر این منابع، و استفاده زیاد از نهاده سوخت برای گرم کردن گلخانه ها است. بنابراین با توجه به آن که نیمی از واحدهای گلخانه ای استان تهران به صورت سنتی هستند، حل بلندمدت این مسئله و جلوگیری از اتلاف انرژی فقط از طریق مدرن کردن گلخانه ها، استفاده از فارغ التحصیلان دانشگاهی، و همچنین آموزش اصولی

### REFERENCES

Banaeian, N., Omid, M. & Ahmadi, H. (2011). Application of Data Envelopment Analysis to

evaluate efficiency of commercial Greenhouse strawberry. Research Journal of applied sciences,

- Engineering and technology*, 3(3), 185-193.
- Banker, T.J. (1996). A guide to DEAP Ver. 2.1, A data envelopment analysis (computer) program. Center for efficiency and productivity analysis. University of New England.
- Canakci, M. & Akinci, I. (2006). Energy use pattern analysis of greenhouse vegetable production. *Energy*, 31, 1243-1256.
- Charnes, A. & Cooper, W.W. (1985). Preface to topics in data envelopment analysis. *Ann Oper Res*, 2, 59-94.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of DMUs. *European Journal of Operational Research*, 2 (6) , 429-444.
- Chauhan, N.S., Mohapatra, P.K. & Pandey, K.P. (2006). Improving energy productivity in paddy production through benchmarking – an application of data envelopment analysis, *Energy Converse Manage*, 47, 1063–1085.
- Djevic M, Dimitrijevic A. (2004). Greenhouse energy consumption and energy efficiency. *Balkan Agric Eng Rev*, 5: 1–9.
- Forotan, M. (2004). The systematic development in the Iran's greenhouse industry. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 73, 65-71. (In Farsi)
- Ghochebeyg, F., Omid, M., Ahmadi, H. & Delshad, D. (2010). Evaluation and improvement of energy consumption for Cucumber Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique in Tehran, 6<sup>th</sup> National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran. (In Farsi)
- Hatirli, S.A., Ozkan, B. & Fert, C. (2006). Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renew Energy*, 31, 427-438.
- Heidari, M.D. & Omid, M. (2011). Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable production in Iran. *Energy*, 36, 220-225. (In Farsi)
- Mohammadian, A. & Omid, M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*, 87, 191–196. (In Farsi)
- Mehrabi Boshrabadi, H., & Zeinalzadeh, R. (2006). Examining the policy impacts and comparative advantage cucumber and tomato greenhouse products in Kerman province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(5). (In Farsi)
- Mousavi, H. & Rafiee, S.H. (2011). The functional relationship between energy inputs and yield value of soybean production in Iran. *International Journal of Green Energy*, 8(3), 398-410. (In Farsi)
- Nasiri, A., & Nikzadfar, M. (2007). Assessment of the current situation and prospects of greenhouse cultivation. The first national conference of hydroponics and greenhouse production, Isfahan University of Technology. (In Farsi)
- Ozkan, B., Akcaoz, H. & Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture, *Renewable Energy*, 29, 39-51.
- Ozkan, B., Kurklu, A. & Akcaoz, H. (2011). An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study of Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy*, 26, 189-95.
- Sanaei Moghadam, A., Aghel, H. & Hajmohmmadi, H. (2010). Examining and determine the energy consumption for the production of greenhouse cucumber (soil cultivation). 1<sup>th</sup> National Conference on agricultural mechanization and new technologies, Khuzestan, Ahvaz. (In Farsi)
- Sengar, S.H. & Kothari, S. (2008). Economic evaluation of greenhouse for cultivation of rose nursery. *African Journal of Agricultural Research*, 3(6), 435-439.
- Singh, G., Singh, S. & Singh, J. (2004). Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Converse Manage*, 45,453-465.
- Singh, H., Mishra, D. & Nahar, N.M. (2010). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India – Part I. *Energy Converse Manage*, 43(16), 2275–2286.
- Shabani, Z., Rafiee, S. & Mohebi, H. (2010). Examining Mechanization indices rose in greenhouse cultivation. 5<sup>th</sup> national conference of Agricultural Machinery and Mechanization, Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi)
- Taki, M., Ajabshirchi, Y., Abdi, R. & Akbarpoor, M. (2012). The analysis of energy efficiency in greenhouse cucumber production using data envelopment analysis case study (shahreza province - Isfahan). *Journal of Agricultural Machinery*, 2(1), 28-37. (In Farsi)
- Yilmaz, I., Akcoaz, H. & Ozkan, B. (2004). An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey, *Renewable Energy*, 30, 145-155.
- Zangeneh, M., Omid, M. & Akram, A. (2010). A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy*, 35, 2927–2933. (In Farsi)