

## انتخاب بهترین نوع سازه برای کشت فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای به روش تحلیل پوششی داده‌ها

سید احمد نادری<sup>۱</sup>، امین لطفعلیان دهکردی<sup>۲\*</sup> و مرتضی تاکی<sup>۳</sup>

### چکیده

تولید محصولات گلخانه‌ای به‌عنوان قسمتی از نظام تولید، مهم‌ترین مصرف‌کننده انرژی در بخش کشاورزی محسوب می‌شود. تحقیق حاضر به بررسی روند مصرف انرژی و میزان مصرف آن در گلخانه‌های فلفل دلمه‌ای شهرستان تیران و کرون، استان اصفهان پرداخته، تا بهترین نوع سازه گلخانه، متناسب با شرایط اقلیمی منطقه را تعیین نماید. اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسشنامه و به‌صورت کاملاً تصادفی از ۳۹ واحد گلخانه در سه تیمار با ۱۳ تکرار، در سال زراعی ۹۶-۹۷ جمع‌آوری شد. انرژی ماشین‌آلات، سوخت، کود شیمیایی، کود دامی، سموم، نیروی کارگری، آب و الکتریسیته به‌عنوان نهاده و محصول فلفل به‌عنوان ستانده در نظر گرفته شدند. در این پژوهش مقادیر کل انرژی ورودی و خروجی به‌ترتیب برابر با ۲۲۶۸۹۴۹۱ مگاژول بر هکتار و ۹۴۴۶۲ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. بیشترین و کمترین انرژی مصرفی به‌ترتیب مربوط به گاز طبیعی با میزان ۲۱۵۳۲۱۶۹ مگاژول بر هکتار (۹۴/۸۹٪) و ماشین‌آلات با میزان ۱۸۲۸ مگاژول بر هکتار (۰/۰۰۸٪) بود. شاخص‌های انرژی شامل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی به‌ترتیب برابر با ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۵ مگاژول بر کیلوگرم و ۲۰۱/۷ مگاژول بر کیلوگرم و ۲۲۵۹۵۰۲۹- مگاژول بر هکتار محاسبه شد. سهم انرژی‌های مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به‌ترتیب برابر با ۲۲۵۸۴۰۲۴ (۹۹/۵٪)، ۱۰۵۴۶۷ (۰/۵٪)، ۸۵۲۱۶ (۰/۴٪) و ۲۲۶۰۴۲۷۵ (۹۹/۶٪) مگاژول بر هکتار بود. طبق نتایج تحلیل پوششی داده‌ها، مدل بازگشت به مقیاس ثابت و بازگشت به مقیاس متغیر، به‌ترتیب تعداد ۱۲ و ۳۴ واحد کارا و ۲۷ و ۵ واحد ناکارا تشخیص داده شدند. میانگین کارایی کل، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس، برابر با ۰/۸۸، ۰/۹۹۷ و ۰/۸۸ محاسبه شد. نتایج تحلیل آماری آزمون لوین مشخص نمود که واریانس کارایی انرژی سازه‌ها با هم برابر بودند. همچنین با توجه به نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه مشخص شد که بین تیمارها اختلاف معناداری وجود ندارد.

**واژه‌های کلیدی:** بازده انرژی، تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل واریانس، سازه، فلفل دلمه‌ای، گلخانه.

ارجاع: نادری س. ا. لطفعلیان دهکردی ا. و تاکی م. ۱۳۹۸. انتخاب بهترین نوع سازه برای کشت فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای به روش تحلیل پوششی داده‌ها. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۸(۲): ۵۳-۶۲.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک‌اسیون کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۳- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیک‌اسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی.

\* نویسنده مسئول: [amin\\_loftalian@yahoo.com](mailto:amin_loftalian@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵

## مقدمه

نتایج نشان داد که مجموع انرژی ورودی، خروجی به ترتیب ۱۴/۳ و ۲۶۱/۷ گیگاژول بر هکتار و کارایی انرژی ۱۵/۴ بود (Reineke *et al.*, 2013). این تحقیق سعی دارد با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، استفاده ناکارا از انرژی را مشخص و مقادیر مورد نیاز هر یک از منابع انرژی را پیشنهاد نماید. به عبارت دیگر هدف این تحقیق محک زدن کارایی گلخانه‌ها برای تعیین بهترین نوع سازه گلخانه‌ای در شهرستان تیران و کرون، استان اصفهان است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در محدوده زمانی فروردین ماه سال ۱۳۹۶ تا تیرماه سال ۱۳۹۷ در واحدهای تولید فلفل دلمه‌ای در شهرستان تیران و کرون انجام شد. تمامی این واحدها از نظر فرایند تولید و سیستم‌های تامین شرایط محیطی لازم، مشابه بودند. مهم‌ترین تفاوت آن‌ها در ساختار سازه (گاتیک، بال کوسه‌ای و تونلی) و سیستم‌های مدیریتی بود. نهادهای مورد اندازه‌گیری شامل، نیروی انسانی، کود، سموم و مواد شیمیایی مصرفی، سوخت گاز طبیعی، برق، آب، ماشین‌ها و تراکتور و مقدار محصول تولید شده در واحد سطح بود. ابتدا تعداد نمونه لازم با استفاده از معادله کوکران مشخص شد (Cochran, 1997).

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

تعداد ۳۹ واحد گلخانه در ۳ تیمار با ۱۳ تکرار انتخاب شد. برای نمونه‌گیری از روش تصادفی استفاده و جمع‌آوری و ثبت اطلاعات توسط پرسشنامه به روش مصاحبه شفاهی انجام شد. سپس داده‌ها، وارد نرم‌افزار Excel 2013 شده و انرژی ورودی- خروجی محاسبه و شاخص‌های انرژی تعیین شدند. به منظور به دست آوردن مقدار انرژی نهاده‌ها، ابتدا میزان هر نهاده را در هم‌ارز انرژی آن که در منابع ذکر شده، ضرب و در پایان میزان انرژی از مجموع مقادیر انرژی نهاده‌ها به دست آمد. این ضرایب در جدول ۱ آورده شده است.

## شاخص‌های انرژی

شاخص‌های انرژی به عنوان ابزاری برای مقایسه سیستم‌ها و مطالعه جزء به جزء آن‌ها با یکدیگر استفاده می‌شوند. در علوم کشاورزی تحلیل انرژی به عنوان مبحثی مهم مطرح

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). امروزه کشاورزی پایدار در صدر توجهات علاقمندان به محیط زیست قرار دارد. هدف اصلی از کشاورزی پایدار، تأمین غذا، پوشاک و سوخت مورد نیاز بشر از طریق فعالیت‌های کشاورزی است، به گونه‌ای که این فعالیت‌ها موجب تلفات منابع طبیعی نشده و به سرمایه‌های زیست محیطی و سلامت انسان و دیگر موجودات زنده آسیب نرساند. بنابراین، استفاده کارآمد از انرژی یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار است (Singh *et al.*, 2004). استفاده بهینه از انرژی در کشاورزی باعث می‌شود که مشکلات زیست‌محیطی به حداقل برسد، از نابودی منابع جلوگیری شده و کشاورزی پایدار به عنوان یک سیستم تولیدی اقتصادی تقویت شود (Kizilaslan *et al.*, 2009). مطالعات زیادی در زمینه انرژی در کشاورزی انجام شده است که می‌توان موارد ذیل را به عنوان نمونه ذکر کرد. در تحقیقی در مورد تحلیل انرژی گندم در استان اصفهان، نتایج حاصله مجموع انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۸۳۷۲۳ و ۸۳۰۵۹ مگاژول بر هکتار به دست آمد. بر اساس این پژوهش الکتریسیته و کودهای شیمیایی پرمصرف‌ترین منابع انرژی شناخته شدند. کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۱/۰۳ و ۰/۲۹ کیلوگرم بر مگاژول اعلام شد (Khoshnevisan *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای که به منظور بررسی کارایی مصرف انرژی محصول خیار در استان تهران انجام شد، نتایج نشان داد که از مجموع ۱۸ واحد بررسی شده، تعداد ۱۰ واحد کارا، ۸ واحد ناکارا و میانگین کارایی ۸ واحد ناکارا ۹۰٪ است. این بدان معنی است که می‌توان با افزایش کارایی واحدهای ناکارا به میزان ۱۰٪ در مجموع نهاده‌های استفاده شده صرفه‌جویی کرد (Ghochebeyg *et al.*, 2010). در پژوهشی که به بررسی انرژی در تولید گل رز پرداخته شد، کل انرژی ورودی و خروجی این محصول به ترتیب ۶۷/۹ و ۱۱/۸ گیگاژول بود. کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۶۸ و ۰/۷۹ محاسبه شد (Pahlavan *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای که در آن انرژی تولید چغندر قند در مزارع آلمان بررسی شد،

شاخص انرژی ویژه (SE) به صورت نسبت مجموع انرژی‌های ورودی به عملکرد محصول و بر حسب مگاژول بر کیلوگرم تعریف می‌شود. شاخص بزرگ‌تر بیانگر هدر رفت بیشتر انرژی است.

$$(۴) \quad \text{انرژی ویژه} = \frac{\text{کل انرژی مصرفی (MJ. ha}^{-1}\text{)}}{\text{مقدار محصول تولیدی (kg. ha}^{-1}\text{)}}$$

انرژی خالص (NEG) بیانگر خالص انرژی خروجی است. منفی بودن عدد این شاخص نشان‌دهنده آن است که به اندازه‌ای که انرژی وارد گلخانه شده، انرژی خارج نشده است و به معنای عدم کارایی مصرف انرژی است (Hatirli *et al.*, 2005).

$$(۵) \quad \text{انرژی خالص} = \text{کل انرژی محصولات تولیدی (MJ. ha}^{-1}\text{)} - \text{کل انرژی مصرفی (MJ. ha}^{-1}\text{)}$$

است. برای محاسبه صحیح انرژی، شاخص‌های اصلی زیر محاسبه شدند:

شاخص کارایی مصرف انرژی (ER) که نشان‌دهنده میزان انرژی برداشت شده در ازای هر مگاژول انرژی مصرفی در هکتار است. هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد یعنی کارایی انرژی بالاتر بوده است.

$$(۲) \quad \text{ER} = \frac{\text{کل انرژی محصولات تولیدی (MJ. ha}^{-1}\text{)}}{\text{کل انرژی مصرفی (MJ. ha}^{-1}\text{)}}$$

شاخص بهره‌وری انرژی (EP) بیانگر آن است که به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی نهاده در هکتار، چند کیلوگرم استاندارد حاصل می‌شود. نسبت بزرگ‌تر نشانگر بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی است.

$$(۳) \quad \text{EP} = \frac{\text{مقدار محصول تولیدی (kg. ha}^{-1}\text{)}}{\text{کل انرژی مصرفی (MJ. ha}^{-1}\text{)}} = \text{بهره‌وری انرژی}$$

جدول ۱- هم‌ارز انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی و ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای

مرجع	ضریب انتشار (kg CO <sub>2</sub> eq unit <sup>-1</sup> )	مرجع	هم‌ارز انرژی (MJ.unit <sup>-1</sup> )	واحد	نهاده‌های انرژی
(Pishgar-Komleh <i>et al.</i> , 2013)	۰/۰۱	(Esengun <i>et al.</i> , 2007)	۱/۹	hr	نیروی انسانی
(Lal, 2004)	۱/۳	(Kitani, 1999)	۷۸/۱	kg	نیترژن
(Lal, 2004)	۰/۲	(Kitani, 1999)	۱۷/۴	kg	فسفر
(Lal, 2004)	۰/۲	(Kitani, 1999)	۱۳/۷	kg	پتاسیم
(Pishgar-Komleh <i>et al.</i> , 2013)	۰/۱	(Hatirli <i>et al.</i> , 2005)	۳۰۳/۱	ton	کود دامی
(Lal, 2004)	۳/۹	(Erdal <i>et al.</i> , 2007)	۱۰۱/۲	kg	حشره‌کش
(Lal, 2004)	۵/۱	(Erdal <i>et al.</i> , 2007)	۲۱۶	kg	قارچ‌کش
		(Kitani, 1999)	۱	kg	بذر
(Dyer & Desjardins, 2007)	۱/۹	(Kitani, 1999)	۴۹/۵	m <sup>3</sup>	گاز طبیعی
(Pishgar-Komleh <i>et al.</i> , 2013)	۰/۶	(Kitani, 1999)	۱۱/۹	kWh	الکتریسیته
		(Hatirli <i>et al.</i> , 2005)	۱/۰۲	m <sup>3</sup>	آب آبیاری
					ماشین‌آلات
(Dyer & Desjardins, 2007)	۰/۰۷	(Hetz, 1992)	۶۴/۸	hr	تراکتور
		(Mandal <i>et al.</i> , 2002)	۶۲/۷	kg	ادوات و ماشین‌ها
		(Ozkan <i>et al.</i> , 2004)	۰/۸	kg	لفل دلمه‌ای

ستاندها بستگی دارد. به این ترتیب که هر کدام کنترل‌پذیری بیشتری داشته باشند، مدل مناسب بر همان اساس انتخاب می‌شود. در مطالعه حاضر چون تغییرات در مقدار مصرف نهاده‌ها عملی‌تر است، از دو مدل پایه‌ای بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) و بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) با ماهیت ورودی محور برای تعیین کارایی نسبی واحدهای گلخانه‌ای تولید فلفل دلمه‌ای استفاده شد. بازگشت به مقیاس بدین معناست که اگر میزان ورودی x برابر شود، میزان خروجی y برابر

### انتخاب روش ارزیابی

در این تحقیق برای ارزیابی واحدها از روش ناپارامتری استفاده شد. در این روش برای ارزیابی کارایی به تصریح شکل تابع خاصی نیاز نیست. این روش کارایی هر واحد تولیدی را با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی (بهینه‌سازی تابع هدف با رعایت قیود لازم) محاسبه می‌کند. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) از مهم‌ترین روش‌های ناپارامتری است (Charnes *et al.*, 1984). انتخاب مدل DEA مناسب، به میزان کنترل نهاده‌ها و

۹۴۴۶۲ مگاژول در هکتار هستند. همچنین بررسی مقدار مصرف نهاده‌ها در واحد سطح نشان می‌دهد از هر نهاده در هر هکتار به چه میزانی مصرف می‌شود. همانطور که از جدول ۲ مشخص است، بیشترین سهم انرژی مصرفی در تولید فلفل دلمه‌ای (۹۴/۹٪) مربوط به سوخت گاز طبیعی برای گرمایش گلخانه در فصول سرد است. سهم انرژی مستقیم که شامل نهاده‌های سوخت، الکتریسیته و نیروی انسانی است ۹۹/۵٪، سهم انرژی غیر مستقیم که شامل نهاده‌های کود شیمیایی، کود دامی، سموم شیمیایی، آب و تراکتور و ادوات است ۰/۵٪، سهم انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی، آب آبیاری و کود دامی ۰/۴٪ و سهم انرژی تجدیدناپذیر شامل سوخت، برق، سموم شیمیایی، کود شیمیایی، تراکتور و ادوات ۹۹/۶٪ است. به این ترتیب سهم انرژی مستقیم بیشتر از انرژی غیر مستقیم و سهم انرژی تجدیدناپذیر بیشتر از انرژی تجدیدپذیر است.

انرژی خروجی و شاخص‌های انرژی در کشت فلفل دلمه‌ای تعدادی از گلخانه‌ها در جدول ۳ آمده است. در این جدول مقادیر شاخص‌ها برای تعدادی از گلخانه‌ها ذکر شده است. میانگین نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی به ترتیب ۰/۰۰۵۳، ۰/۰۰۴۲۴، ۰/۰۰۵۳ و کیلوگرم بر مگاژول، ۲۰/۷ مگاژول بر گیلوگرم و ۲۲۵۹۵۰۲۹- مگاژول بر هکتار به دست آمد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل شده می‌توان گفت هیچ یک از گلخانه‌های شهرستان از نظر میزان مصرف، راندمان و کارایی انرژی توجیه‌پذیر نیستند. از دلایل این امر می‌توان به ارزان بودن قیمت بعضی از نهاده‌های کشاورزی، مصرف بی‌رویه و خارج از اصول انواع کودها، عدم رعایت اصول عایق‌بندی گلخانه با محیط خارج، عدم تناسب نوع رقم کاشته شده با شرایط فراهم شده در گلخانه، سوء مدیریت در مصرف نهاده‌ها، دستی و غیر مکانیزه بودن سیستم‌های کنترل‌کننده عوامل محیطی گیاه و نیاز به برق و گاز زیاد به دلیل سردی هوا در طول فصل پاییز و زمستان اشاره کرد. ولی از آنجایی که نهاده‌های پرمصرف انرژی مانند سوخت و برق به دلیل برخورداری از یارانه، ارزان هستند و نیز قیمت مناسب فروش محصول، امکان تولید با صرفه برای گلخانه‌داران فراهم است.

می‌شود. اگر  $x > y$  باشد، بازده به مقیاس افزایشی و اگر  $x = y$  باشد بازده به مقیاس ثابت و اگر  $x < y$  باشد بازده به مقیاس کاهش‌ی خواهد بود. در مدل‌های پایه‌ای تنها واحدهای کارا با عدد ۱ مشخص می‌شوند اما تعیین نمی‌کنند که کدام واحد از بقیه کارایی بهتری دارد. بنابراین برای رفع این ایراد باید کارایی واحدهای کارا توسط روش اندرسون- پیترسون (A&P) مجدداً تعیین شود تا بتوان نسبت به رتبه‌بندی این واحدها اقدام کرد. در این روش به واحدهای ناکارا، کارایی کمتر از یک تعلق می‌گیرد. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار DEA Solver pro 14.1 استفاده شد.

### انتشار گازهای گلخانه‌ای

انتشار گازهای گلخانه‌ای از حاصل‌ضرب مقادیر هر یک از نهاده‌ها در ضرایب انتشار مربوط به آن نهاده در هر هکتار محاسبه می‌شود (جدول ۱). سپس میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با توجه به نتایج تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه می‌شود.

### انتخاب سازه مناسب برای شهرستان از بین

#### سازه‌های مورد مطالعه

برای انتخاب سازه مناسب در این تحقیق از آزمون F تحلیل واریانس یک‌طرفه یا ANOVA استفاده شد. توسط نرم‌افزار IBM SPSS Statistics V23، به بررسی میانگین کارایی سه تیمار موجود پرداخته شد. با توجه به اینکه طرح مورد نظر به یک طرح کاملاً تصادفی شباهت دارد و تعداد تکرارها زیاد است، از تحلیل واریانس یک‌طرفه برای آزمون استفاده شد. در ابتدا از آزمون لوین برای تشخیص برابری یا عدم برابری واریانس‌ها در گروه‌های مختلف و سپس آزمون F برای تعیین اختلاف بین میانگین‌ها استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که کل انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید فلفل، برای یک دوره کشت و کل انرژی محصول تولیدی به ترتیب برابر با ۲۲۶۸۹۴۹۱ و

جدول ۲- الگوی مصرف انرژی در تولید فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای

نهاده	میزان مصرف در هکتار	ماکزیمم مصرف در هکتار	مینیمم مصرف در هکتار	انحراف معیار	میانگین انرژی معادل (مگاژول بر هکتار)	درصد از کل انرژی مصرفی (%)
کود دامی (ton)	۱۳۳	۲۸۸	۵۰	۵۸	۴۰۱۸۴	۰/۱۷۷
نیروی انسانی (hr)	۱۹۱۱۳	۲۸۴۰۰	۱۳۴۲۰	۳۸۳۲	۳۷۴۶۲	۰/۱۶۵
تراکتور (hr)	۲۸	۵۳	۱۶	۹	۱۸۲۸	۰/۰۰۸
آب (m <sup>3</sup> )	۷۴۲۲	۸۵۲۷	۶۱۶۰	۵۵۹	۷۵۷۰	۰/۰۳۳
برق (kWh)	۸۵۰۲۹	۱۲۲۷۴۸	۵۱۹۸۶	۱۸۰۸۳	۱۰۱۴۳۹۳	۴/۴۷۱
گاز (m <sup>3</sup> )	۴۳۴۹۹۳	۵۶۴۲۲۳	۳۱۱۴۲۹	۶۲۷۵۵	۲۱۵۳۲۱۶۹	۹۴/۹۴/۸۹۹
حشره‌کش (kg)	۶۱	۸۹	۵۳	۹	۶۱۹۸	۰/۰۲۷
قارچ‌کش (kg)	۲۷	۳۷	۱۹	۴	۵۷۵۱	۰/۰۲۵
ازت (kg)	۳۵۹	۶۸۵	۱۸۰	۱۳۱	۲۸۰۵۲	۰/۱۲۴
پتاس (kg)	۱۸۳	۲۰۲	۱۵۸	۱۱	۲۵۰۹	۰/۰۱۱
فسفر (kg)	۲۹۱	۳۱۳	۲۶۲	۱۳	۵۰۷۱	۰/۰۲۲
انرژی ورودی کل (MJ ha <sup>-1</sup> )					۲۲۶۸۹۴۹۱	۱۰۰
محصول (kg)	۱۱۸۰۷۷	۱۵۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۲۴۱۶۰	۹۴۴۶۲	

جدول ۳- عملکرد و محتوای انرژی ورودی و انرژی خروجی و شاخص‌های انرژی تعدادی از گلخانه‌ها

شماره گلخانه	عملکرد گلخانه (kg/ha)	مقدار انرژی ورودی (MJ/ha)	انرژی خروجی (MJ/ha)	کارایی مصرف انرژی (بدون بعد)	بهره‌وری انرژی (kg/MJ)	انرژی ویژه (MJ/kg)	افزوده خالص انرژی (MJ/ha)
۱	۱۵۰۰۰۰	۲۱۲۶۵۵۶۵	۱۲۰۰۰۰	۰/۰۰۵۶۴	۰/۰۰۷۰۵	۱۴۱/۸	۲۱۱۴۵۵۶۵-
۲	۱۳۵۰۰۰	۱۹۵۹۸۸۸۰	۱۰۸۰۰۰	۰/۰۰۵۵۱	۰/۰۰۶۸۹	۱۴۵/۲	۱۹۴۹۰۸۸۰-
۳	۱۳۰۰۰۰	۲۱۷۷۵۴۴۸	۱۰۴۰۰۰	۰/۰۰۴۷۸	۰/۰۰۵۹۷	۱۶۷/۵	۲۱۶۷۱۴۴۸-
۱۴	۱۲۰۰۰۰	۲۳۶۶۷۴۶۷	۹۶۰۰۰	۰/۰۰۴۰۶	۰/۰۰۵۰۷	۱۹۷/۲	-۲۳۵۷۱۴۶۷
۱۵	۱۵۰۰۰۰	۱۶۱۷۳۴۲۶	۱۲۰۰۰۰	۰/۰۰۷۴۲	۰/۰۰۹۲۷	۱۰۷/۸	-۱۶۰۵۳۴۲۶
۱۶	۱۱۰۰۰۰	۱۹۴۳۰۹۹۶	۸۸۰۰۰	۰/۰۰۴۵۳	۰/۰۰۵۶۶	۱۷۶/۶	-۱۹۳۴۳۹۹۶
۳۷	۱۳۰۰۰۰	۲۲۸۷۲۲۷۳	۱۰۴۰۰۰	۰/۰۰۴۵۵	۰/۰۰۵۶۸	۱۷۵/۹	-۲۲۷۶۸۲۷۳
۳۸	۱۳۰۰۰۰	۲۲۸۴۱۳۶۸	۱۰۴۰۰۰	۰/۰۰۴۵۵	۰/۰۰۵۶۹	۱۷۵/۷	-۲۲۷۳۷۳۶۸
۳۹	۹۵۰۰۰	۱۹۱۲۲۲۰۷	۷۶۰۰۰	۰/۰۰۳۹۷	۰/۰۰۴۹۷	۲۰۱/۳	-۱۹۰۴۶۲۰۷
متوسط	۱۱۸۰۷۷	۲۲۶۸۹۴۹۱	۹۴۴۶۲	۰/۰۰۴۲۴	۰/۰۰۵۳	۲۰۱/۷	-۲۲۵۹۵۰۲۹

قرار گیرد و به یک واحد کارا تبدیل شود. میانگین کارایی واحدهای ناکارا ۰/۸۳ است، یعنی این واحدها می‌توانند با ۸۳٪ از واحدهای خود به کارایی برسند و در مجموع، واحدهای ناکارا می‌توانند مقدار ۱۷٪ از واحدهای خود را ذخیره نمایند. همچنین میانگین کارایی کل ۰/۸۸ بود. جدول ۴ نشان می‌دهد که مرز کارا برای واحد شماره ۱۳ از طریق ترکیب واحدهای مرجع شماره ۱۸ و ۲۴ به دست آمده است. رتبه‌بندی واحدها با توجه به کارایی آنها و رتبه‌بندی واحدهای ناکارا پس از احتساب واحدهای کارا انجام شده است. در مدل VRS از ۳۹ واحد گلخانه ۳۴

نتایج حاصل از بررسی کارایی گلخانه‌ها به روش تحلیل پوششی داده‌ها با دو مدل VRS و CRS در جدول ۴ آمده است. با توجه به جدول ۴ در مدل CRS از ۳۹ گلخانه، ۱۲ واحد دارای کارایی فنی ۱ یا ۱۰۰٪ و ۲۷ واحد دارای کارایی فنی زیر ۱ هستند. این یعنی در حدود ۳۰/۰۸٪ واحدها، کارای فنی و ۶۹/۹۲٪ از واحدها با درجات متفاوتی ناکارای فنی هستند. کارایی ۰/۶۷۷ گلخانه شماره ۱۱ به این معنی است که این واحد باید بدون کاهش در میزان تولید محصول، به میزان ۳۲/۳٪ از کلیه عوامل تولید خود کم کند تا بتواند روی مرز کارایی

استفاده از ۹۸٪ نهاده‌ها و با ثابت ماندن همان میزان خروجی، گلخانه‌های ناکارا می‌توانند به مرز کارایی رسیده و مقدار ۲٪ نهاده‌ها را با افزایش کارایی خود ذخیره کنند. میانگین کارایی فنی خالص کلیه گلخانه‌ها ۰/۹۹ است.

گلخانه دارای کارایی فنی خالص برابر ۱ هستند و ۵ گلخانه دارای کارایی فنی زیر ۱ می‌باشند. یعنی ۸۷/۱۸٪ از گلخانه‌ها کارا و ۱۲/۸۲٪ از گلخانه‌ها با درجات مختلفی ناکارا هستند. میانگین کارایی فنی خالص گلخانه‌های ناکارا، ۹۸٪ است. یعنی با اعمال مدیریت مناسب و

جدول ۴- کارایی واحدها با استفاده از مدل VRS و CRS، رتبه‌بندی واحدها، مجموعه مرجع، کارایی مقیاس و مدل بازگشت به مقیاس

بازگشت به مقیاس	کارایی مقیاس (SE)	رتبه‌بندی واحدها در مدل VRS و A&P	مجموعه مرجع مدل VRS Unit sample	کارایی مدل VRS (A&P)	رتبه‌بندی واحدها در مدل CRS و A&P	مجموعه مرجع مدل CRS Unit sample	کارایی مدل (CRS A&P)	واحدهای تولیدی (DMUs)
ثابت	۱	۱۴	۱	۱(۱/۰۷۶)	۷	۱	۱(۱/۰۷۶)	(۱)
ثابت	۱	۴	۲	۱(۱/۱۹۳)	۳	۲	۱(۱/۲۰۹)	(۲)
افزایشی	۰/۹۴۰	۲۶	۱-۲-۳-۱۵-۳۹	۱(۱/۰۱۷)	۱۹	۱-۱۵-۲۶-۲۷	۰/۹۴	(۳)
ثابت	۱	۱۷	۴	۱(۱/۰۶۴)	۹	۴	۱(۱/۰۶۴)	(۴)
ثابت	۱	۱۵	۵	۱(۱/۰۷۶)	۸	۵	۱(۱/۰۷۶)	(۵)
ثابت	۱	۲۴	۶	۱(۱/۰۲۳)	۱۰	۶	۱(۱/۰۲۳)	(۶)
افزایشی	۰/۶۲۰	۳۳	۷	۱(۱/۰۰۲)	۳۸	۵-۲۶	۰/۶۲	(۷)
افزایشی	۰/۷۶۸	۱۹	۸	۱(۱/۰۵۹)	۳۰	۱۵-۲۴-۲۶	۰/۷۶۸	(۸)
افزایشی	۰/۸۸۷	۲۲	۹	۱(۱/۰۳۶)	۲۵	۱۵-۲۴-۲۷	۰/۸۸۷	(۹)
افزایشی	۰/۸۷۴	۲۸	۱۰-۳۹	۱(۱/۰۱۲)	۲۷	۱۵-۲۴-۲۷	۰/۸۷۴	(۱۰)
افزایشی	۰/۶۷۷	۲۹	۱۱	۱(۱/۰۱)	۳۴	۲۴-۲۶-۲۷	۰/۶۷۷	(۱۱)
افزایشی	۰/۸۸۶	۱۶	۱۲	۱(۱/۰۷۴)	۲۶	۲۴-۲۷	۰/۸۸۶	(۱۲)
افزایشی	۰/۵۸۳	۳	۱۳	۱(۱/۳۴۳)	۳۹	۱۸-۲۴	۰/۵۸۳	(۱۳)
افزایشی	۰/۹۷۶	۸	۱۴	۱(۱/۱۷)	۱۵	۲-۱۵-۱۸-۲۴	۰/۹۷۶	(۱۴)
ثابت	۱	۲	۱۵	۱(۱/۴۶۳)	۱	۱۵	۱(۱/۳۸۴)	(۱۵)
ثابت	۰/۹۳۸	۹	۱۶	۱(۱/۱۶۵)	۲۱	۱-۲-۱۵	۰/۹۳۸	(۱۶)
افزایشی	۰/۶۵۸	۲۳	۱۷	۱(۱/۰۲۶)	۳۶	۲-۴-۱۵-۲۴	۰/۶۵۸	(۱۷)
ثابت	۱	۱۰	۲-۱۸	۱(۱/۱۶)	۶	۱۸	۱(۱/۱۰۹)	(۱۸)
افزایشی	۰/۷۶۴	۳۹	۸-۱۶-۲۰-۲۵-۳۹	۰/۹۵۷	۳۱	۵-۲۴-۲۶-۲۷	۰/۷۳۱	(۱۹)
افزایشی	۰/۷۱۱	۱۲	۲۰	۱(۱/۱۱۴)	۳۳	۲-۴-۲۴	۰/۷۱۱	(۲۰)
افزایشی	۱	۷	۲۱-۲۴	۱(۱/۱۷۶)	۱۱	۲-۲۱-۲۴	۱(۱/۰۱۳)	(۲۱)
افزایشی	۰/۶۹۵	۳۸	۸-۱۳-۲۰-۲۱-۲۴-۳۹	۰/۹۷	۳۵	۲۴-۲۶	۰/۶۷۴	(۲۲)
افزایشی	۰/۹۸۰	۱۳	۲۳	۱(۱/۰۷۸)	۱۳	۱۵-۲۴-۲۷	۰/۹۸	(۲۳)
ثابت	۱	۱	۲۴	۱(۱/۵۵)	۲	۲۴	۱(۱/۳۶۹)	(۲۴)
افزایشی	۰/۷۶۹	۲۰	۲۵	۱(۱/۰۵۷)	۲۹	۵-۶-۱۵	۰/۷۶۹	(۲۵)
ثابت	۱	۱۱	۲۶	۱(۱/۱۲۴)	۵	۲۶	۱(۱/۱۱۳)	(۲۶)
ثابت	۱	۵	۲۷	۱(۱/۱۸۵)	۴	۲۷	۱(۱/۱۴۷)	(۲۷)
افزایشی	۰/۹۰۲	۳۱	۲-۲۷-۲۸-۳۹	۱(۱/۰۰۷)	۲۳	۲-۲۴-۲۷	۰/۹۰۲	(۲۸)

ادامه جدول ۴ -

واحد‌های تولیدی (DMUs)	کارایی مدل (CRS A&P)	مجموعه مرجع مدل CRS Unit sample	رتبه‌بندی واحدها در A&P و CRS مدل	کارایی مدل (A&P) VRS	مجموعه مرجع مدل VRS Unit sample	رتبه‌بندی واحدها در A&P و VRS مدل	کارایی مقیاس (SE)	بازگشت به مقیاس
(۲۹)	۰/۹۵۵	۲-۲۴-۲۷	۱۶	۱(۱/۰۰۹)	۲-۲۴-۲۷-۲۹-۳۹	۳۰	۰/۹۵۵	افزایشی
(۳۰)	۰/۹۱۹	۴-۱۵-۲۶-۲۷	۲۲	۰/۹۹۸	۴-۱۴-۱۵-۲۴-۲۶-۳۹	۳۵	۰/۹۲۱	افزایشی
(۳۱)	۰/۷۳	۴-۱۵-۲۴-۲۶-۲۷	۲۲	۱(۱/۰۴۲)	۳۱	۲۱	۰/۷۳۰	افزایشی
(۳۲)	۰/۸۹۵	۲-۲۴-۲۷	۲۴	۱(۱/۰۰۱)	۳۲	۳۴	۰/۸۹۵	افزایشی
(۳۳)	۱(۱/۰۰۶)	۱۵-۲۴-۲۷-۳۳	۱۲	۱(۱/۰۰۶)	۲۴-۲۷-۳۳-۳۹	۱۸	۱	ثابت
(۳۴)	۰/۶۲۱	۲-۴-۲۴	۳۷	۰/۹۸۸	۹-۱۳-۱۷-۲۵-۳۹	۳۷	۰/۶۲۹	افزایشی
(۳۵)	۰/۹۴	۲-۴-۲۷	۲۰	۱(۱/۰۰۷)	۲-۴-۲۷-۳۵-۳۹	۳۲	۰/۹۴۰	افزایشی
(۳۶)	۰/۹۴۸	۵-۶-۲۷	۱۷	۱(۱/۰۱۷)	۲-۵-۲۳-۲۷-۳۶	۲۷	۰/۹۴۸	افزایشی
(۳۷)	۰/۹۷۸	۱-۲-۲۴-۲۷	۱۴	۱(۱/۰۲۲)	۲-۳۷	۲۵	۰/۹۷۸	افزایشی
(۳۸)	۰/۹۴۳	۵-۱۵-۲۴	۱۸	۰/۹۹۲	۵-۱۴-۲۴-۳۹	۳۶	۰/۹۵۱	افزایشی
(۳۹)	۰/۸۵۳	۲-۴-۱۵-۲۴	۲۸	۱(۱/۱۸۳)	۳۹	۶	۰/۸۵۳	افزایشی
میانگین واحدهای ناکارا	۰/۸۳			۰/۹۸				
میانگین کل	۰/۸۸			۰/۹۹			۰/۸۸	

بهره‌ورترین کارایی مقیاس است. مانند گلخانه‌های شماره ۲۶، ۲۴ و ... که در این حالت قرار دارند. با توجه به موارد ذکر شده این نتیجه به دست می‌آید که ۳۰/۸٪ گلخانه‌ها (۱۲ واحد) در بهره‌ورترین مقیاس کارایی، ۵۶/۴٪ (۲۲ واحد) گلخانه‌ها به صورت موضعی کارا و ۱۲/۸٪ (۵ واحد) گلخانه‌ها ناکارای کل هستند.

#### بهبود شاخص‌های انرژی به کمک مدل بازگشت به مقیاس ثابت و متغیر (CCR و BCC)

پس از تعیین میزان کارایی واحدها، مقدار بهینه مصرف نهاده‌ها در هر دو مدل ارزیابی BCC و CCR مشخص شدند. با فرض اینکه همه واحدها کارا شده‌اند، شاخص‌های انرژی مجدداً محاسبه شده و میزان بهبود آنها با مقادیر هدف تعیین شد. با توجه به مقادیر جدول ۵، در هر دو مدل میزان کارایی، بهره‌وری و انرژی خالص افزایش، و میزان انرژی ویژه کاهش یافته است. همچنین این میزان افزایش و کاهش در مدل CCR نسبت به مدل BCC بیشتر است.

در این مدل بعد از ۳۴ گلخانه کارا، گلخانه شماره ۳۰ در بین گلخانه‌های ناکارا رتبه یک را به خود اختصاص داده است. گلخانه‌های شماره ۱، ۲۴، ۲۶، ۳۹ به عنوان گلخانه‌های مرجع و به منظور الگوسازی برای گلخانه شماره ۳۰ معرفی شده‌اند. مقدار کارایی این واحد ۰/۹۹۸ است. گلخانه‌هایی که کارایی فنی خالص (تکنیکی محض) برابر یک، ولی کارایی فنی (تکنیکی) کمتر از یک دارند به صورت موضعی کارا عمل می‌کنند و کارایی کل ندارند. مانند گلخانه‌های شماره ۳، ۷، ۸ و ... که این حالت ناشی از ناکارایی مقیاس (ابعاد واحد تولیدی) است. اگر واحدی دارای کارایی فنی و کارایی فنی خالص زیر یک باشد، ناکارایی کل ناشی از ناکارایی مقیاس و همچنین ناکارایی مدیریتی است که علت آن مصرف بیش از اندازه نهاده‌ها است. بنابراین منطقی است که ناکارایی مقیاس یک واحد تولیدی به وسیله کارایی فنی و کارایی فنی خالص مشخص شود (Ghochebeyg et al., 2010). همانند گلخانه‌های شماره ۳۴، ۳۰، ۲۲، ۱۹ و ۳۸ که هر دو کارایی فنی و فنی خالص زیر یک دارند. اگر یک گلخانه از نظر هر دو مدل CRS و VRS دارای کارایی یک باشد در

جدول ۵- بهبود شاخص‌های انرژی به کمک مدل بازگشت به مقیاس ثابت و متغیر (CCR و BCC)

مدل تحلیل	عملکرد گلخانه (kg/ha)	مقدار انرژی ورودی (MJ/ha)	انرژی خروجی (MJ/ha)	کارایی مصرف انرژی (بدون بعد)	بهره‌وری انرژی (kg/MJ)	انرژی ویژه (MJ/kg)	افزوده خالص انرژی (MJ/ha)
واقعی	۱۱۸۰۷۷	۲۲۶۸۹۴۹۱	۹۴۴۶۲	۰/۰۰۴۲۴	۰۰۵۳/۰	۲۰۱/۷	-۲۲۵۹۵۰۲۹
CCR	۱۱۸۰۷۷	۱۷۸۰۸۴۳۵	۹۴۴۶۲	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۶۸	۱۵۰/۸	-۱۷۷۱۳۹۷۳
BCC	۱۱۸۰۷۷	۲۲۳۰۷۶۷۳	۹۴۴۶۲	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۵۴	۱۹۷/۴	-۲۲۲۱۳۲۱۲

**مقادیر ذخیره شده با استفاده از مدل‌های BCC و CCR**

طبق نتایج جدول ۶ در گلخانه‌های مورد مطالعه در مدل CCR معادل ۱۹۰۳۶۱۲۱۳ مگاژول انرژی قابل ذخیره است که در حدود ۲۱/۵٪ از کل انرژی ورودی را تشکیل می‌دهد. میانگین ذخیره انرژی ۴۸۸۱۰۵۶ مگاژول بر هکتار به دست آمد که میزان ۲۱/۵٪ از کل نهاده‌ها برای هر هکتار است. انرژی ذخیره شده نهاده گاز بیشترین سهم ذخیره در واحدهای مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. بعد از گاز، نهاده برق و نیروی انسانی به ترتیب سهم‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. در گلخانه‌های مورد مطالعه در مدل BCC مجموعاً مقدار ۱۴۸۹۰۸۹۹

مگاژول و میانگین ۳۸۱۸۱۷ مگاژول بر هکتار انرژی قابل ذخیره است که در حدود ۱/۷٪ از کل انرژی ورودی است که در مقایسه با نتایج روش بازگشت به مقیاس ثابت، رقم کمتری به شمار می‌آید. زیرا روش بازگشت به مقیاس ثابت برای محاسبه کارایی واحدها روش سختگیرانه‌تری است. در واحدهای مورد مطالعه مقدار انرژی ذخیره شده گاز بیشترین سهم کاهش و ذخیره را به خود اختصاص داده است. نهاده‌های برق و کود دامی با بیشترین سهم کاهش و ذخیره، رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۶- مقادیر ذخیره شده نهاده‌ها با استفاده از مدل‌های BCC و CCR بر حسب (MJ/ha)

مدل تحلیل	کود دامی	نیروی کارگر	برق	گاز	سهم	نیروی انسانی	کود دامی	برق	گاز
جمع کل	۲۳۸۳۷۸	۳۷۱۴۰۰	۲۳۱۵۴	۵۱۰۹۶	۹۲۰۷۱۳۱	۱۸۰۰۵۹۲۲۴	۸۳۵۴۷	۳۲۷۲۸۳	۱۹۰۳۶۱۲۱۳
میانگین	۶۱۱۲	۹۵۲۳	۵۹۴	۱۳۱۰	۲۳۶۰۸۰	۴۶۱۶۹۰۳	۲۱۴۲	۸۳۹۲	۴۸۸۱۰۵۶
جمع کل	۲۴۲۹۸	۹۶۷۸	۲۷۴۷	۱۱۰۹	۱۲۶۹۳۸۴	۱۳۵۴۶۲۲۰	۴۹۲۲	۳۲۵۴۰	۱۴۸۹۰۸۹۹
میانگین	۶۲۳	۲۴۸	۷۰	۲۸	۳۲۵۴۸	۳۴۷۳۳۹	۱۲۶	۸۳۵	۳۸۱۸۱۷

**جنبه‌های زیست محیطی در استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها در کشت فلفل دلمه‌ای**

با معلوم شدن سهم آلاینده‌گی تولید محصولات گلخانه‌ای می‌توان برنامه‌هایی برای کنترل آن اتخاذ نمود. مقادیر انتشار گاز CO<sub>2</sub> معادل هر یک از نهاده‌ها در هر هکتار، همچنین مقادیر بهینه و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای معادل با دو مدل CRS و VRS طبق جدول ۷ محاسبه شد. میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت یک هکتار فلفل گلخانه‌ای برابر با ۸۸۷۹۰۰/۴۹ کیلوگرم

معادل دی‌اکسیدکربن بوده است. همان‌طور که بیشترین میزان مصرف نهاده مربوط به سوخت گاز طبیعی بود، بیشترین آلاینده‌گی را نیز همین نهاده به خود اختصاص داد. با استفاده از مدل‌های CRS و VRS بیشترین میزان کاهش آلاینده‌گی نهاده سوخت به ترتیب ۱۷۹۰۷۹/۸۷ (۹۳/۶٪) از سهم کل کاهش یافته‌ی انتشارات) و ۱۳۴۷۲/۵۴ (۸۸/۹٪) از سهم کل کاهش یافته‌ی انتشارات) کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> بر هکتار است.



جدول ۷- میزان انتشار و کاهش CO<sub>2</sub> معادل با استفاده از نتایج مدل‌های VRS و CRS

مقدار انتشار گاز CO <sub>2</sub> معادل در	مقدار انتشار CO <sub>2</sub> معادل در	مقدار انتشار CO <sub>2</sub> معادل در	مقدار کاهش CO <sub>2</sub> معادل در	مقدار کاهش CO <sub>2</sub> معادل در	نهاده (واحد)
معادل kg.ha <sup>-1</sup>	معادل kg.ha <sup>-1</sup>	معادل kg.ha <sup>-1</sup>	معادل kg.ha <sup>-1</sup>	معادل kg.ha <sup>-1</sup>	
۱۶/۷۰	۱۴/۱۶	۱۶/۴۵	۲/۵۴	۰/۲۶	کود دامی
۱۹/۱۱	۱۴/۲۵	۱۸/۹۹	۴/۸۶	۰/۱۳	نیروی انسانی
۲/۰۰	۱/۳۵	۱/۹۳	۰/۶۵	۰/۰۸	ماشین‌آلات
۵۱۶۹۷/۴۶	۳۹۶۶۵/۸۶	۵۰۰۳۸/۶۵	۱۲۰۳۱/۶۰	۱۶۵۸/۸۰	برق
۸۳۵۱۸۷/۱۶	۶۵۶۱۰۷/۲۹	۸۲۱۷۱۴/۶۲	۱۷۹۰۷۹/۸۷	۱۳۴۷۲/۵۴	گاز
۳۱۲/۳۶	۲۶۰/۱۴	۳۰۸/۵۷	۵۲/۲۱	۳/۷۸	حشره‌کش
۱۰۲/۸۵	۸۳/۸۹	۱۰۲/۹۳	۱۹/۹۶	۰/۹۱	قارچ‌کش
۴۶۶/۹۳	۳۶۳/۸۷	۴۵۴/۱۸	۱۰۳/۰۷	۱۲/۷۵	ازت
۳۶/۶۲	۳۱/۶۹	۳۶/۴۵	۴/۹۳	۰/۱۷	پتاس
۵۸/۲۹	۴۹/۶۱	۵۸/۱۱	۸/۶۸	۰/۱۸	فسفر
۸۸۷۹۰۰/۴۹	۶۹۶۵۹۲/۱۱	۸۷۲۷۵۰/۸۹	۱۹۱۳۰۸/۳۸	۱۵۱۴۹/۶۰	مجموع

مجموعه می‌توان از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود. بیشترین انرژی مصرفی و بالطبع بیشترین انتشار آلودگی مربوط به نهاد گاز طبیعی با میزان ۲۱۵۳۲۱۶۹ مگاژول بر هکتار (۹۴/۵٪) و سپس الکتریسته با میزان ۱۰۱۴۳۹۳ مگاژول بر هکتار (۴/۵٪) از کل انرژی مصرفی است. با توجه به اینکه درصد بسیار بالایی از انرژی‌های تجدیدناپذیر را این دو نهاد تشکیل می‌دهند، می‌توان گفت که گلخانه‌های شهرستان تیران و کرون به منابع تجدیدناپذیر انرژی وابستگی شدیدی دارند. این به آن معناست که در این شهرستان تولید محصولات گلخانه‌ای به لحاظ مصرف انرژی ناپایدار است. با وجود عدم کارایی انرژی در تولید فلفل گلخانه‌ای در شهرستان تیران و کرون، بالا بودن قیمت محصول فلفل گلخانه‌ای موجب شده است که کشت این محصول از نظر اقتصادی کاملاً مقرون به صرفه باشد. شایان ذکر است که به دلیل استفاده زیاد از نهاد گاز طبیعی و برق، میزان شاخص‌های انرژی در تولید این محصول پایین است. بنابراین استفاده از انرژی‌های نوین و تجدیدپذیر و دستگاه‌هایی با کارآمدی بالاتر و عایق‌بندی مناسب پوشش گلخانه می‌تواند در بالا بردن میزان شاخص‌های انرژی و کارایی انرژی راهگشا باشد. از آنجایی که گلخانه‌ها نقش پررنگی در انتشار آلاینده‌ها دارند می‌توان از انتشار مقدار قابل ملاحظه‌ای گازهای گلخانه‌ای جلوگیری کرد. در نهایت با توجه به نتایج تحلیل آماری مشخص شد که در تولید محصول فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای در شهرستان تیران و کرون، هرچند که بین میانگین تیمارها اختلاف وجود دارد اما

### تعیین سازه مناسب شهرستان از بین سازه‌های مورد مطالعه

با توجه به نتایج کارایی حاصل از پژوهش و سه نوع سازه مورد مطالعه، آزمون لوین نشان داد که سطح معناداری بالاتر از مقدار ۰/۰۵ است (sig=۰/۰۶۸) یعنی فرض H<sub>1</sub> رد و فرض H<sub>0</sub> پذیرفته می‌شود. بنابراین در آزمون مقایسه بین واریانس‌های کارایی انرژی ۳ نوع سازه گلخانه‌ای، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P=۰/۰۵) (value>). و واریانس کارایی انرژی سازه‌های گلخانه‌ای مختلف با هم برابر هستند. همچنین نتایج به دست آمده از آزمون F تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد که بین میانگین‌های کارایی انرژی ۳ نوع سازه گلخانه، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (sig=۰/۷۳۴) و فرض H<sub>1</sub> مبنی بر وجود اختلاف بین میانگین کارایی سه تیمار رد می‌شود و فرض H<sub>0</sub> پذیرفته می‌شود (P-value >۰/۰۵). هر چند میانگین کارایی سازه گاتیک از دو نوع سازه دیگر بیشتر است، این اختلاف از نظر آماری معنادار نیست. بنابراین نمی‌توان به سراغ آزمون‌های تعقیبی رفت، زیرا در این حالت، این آزمون‌ها نیز تفاوتی بین گروه‌ها نشان نمی‌دهند.

### نتیجه‌گیری

یکی از اهداف اساسی واحدهای تولیدی کشاورزی بهبود کارایی و بهره‌وری انرژی است. دستیابی به این مهم از طریق تخصیص بهینه عوامل تولید در این بخش امکان‌پذیر است. برای شناسایی واحدهای برتر در یک

- Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass Bioenergy*, 23: 337-345.
14. Nasirian, N. Almasi, M. Minaee, S. and Bakhoda, H. 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 Universit. Tabriz. Iran.
  15. Ozkan, B. Kurklu, A. and Akcaoz, H. 2004. An inputoutput energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study of Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy*. 26: 189-95.
  16. Pahlavan, R. Omid, M. Rafiee, S. and Mousavi-Avval, S. H. 2012. Optimization of energy consumption for rose production in Iran. *Energy for Sustainable Development*, 16. 236-241.
  17. Pishgar-Komleh, S. H. Omid, M. and Heidari, M. D. 2013. On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. *Energy*, 59: 63-71.
  18. Reineke, H. Stockfisch, N. and Märlander, B. 2013. Analysing the energy balances of sugar beet cultivation in commercial farms in Germany. *European Journal of Agronomy*, 45: 27-38.
  19. Singh, G. Singh, S. and Singh, J. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversion and Management*, 45: 453-465.
- استفاده از هیچ‌یک از سه نوع سازه رایج در شهرستان در میزان کارایی مصرف انرژی تأثیر معناداری نخواهد داشت.
- منابع**
1. Charnes, A. W. Copper, W. and Rhodes, E. 1984. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(1): 429-444.
  2. Cochran, W. G. 1977. *Sampling Techniques*. Third Edition.
  3. Dyer, J. A and Desjardins, R. L. 2007. Energy based GHG emissions from Canadian agriculture. *Journal of the Energy Institute*, 80(2): 93-95.
  4. Erdal, G. Esengün, K. Erdal, H. and Gündüz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32: 35-41.
  5. Esengun, K. Gunduz, O. and Erdal, G. 2007. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 48: 592-598.
  6. Ghochebeyg, F. Omid, M. Ahmadi, H. and Delshad, D. 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, 72: 149-172.
  7. Hatirli, S. A. Ozkan, B. and Fert, K. 2005. An econometric analysis of energy inputoutput in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9:608-623.
  8. Hetz, E. J. 1992. Energy utilization in Chilean agriculture. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 23(2): 52-56.
  9. Khoshnevisan, B. Shariati, H. M. Rafiee, S. and Mousazadeh, H. 2014. Comparison of energy consumption and GHG emissions of open field and greenhouse strawberry production.
  10. Kitani, O. 1999. Energy and Biomass Engineering. *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*, 5: 139-164.
  11. Kizilaslan, H. 2009. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*, 86: 1354-1358.
  12. Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International*, 30(7): 981-990.
  13. Mandal, K. G. Saha, K. P. Gosh, P. L. Hati, K. M. and Bandyopadhyay, K. K. 2002.