بهینه سازی مصرف انرژی و بهره‌وری اقتصادی روش‌های مختلف تولید انگور با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها

اسماعیل رحمانی[۱]، محمد غلامی پرشکوهی[۲*]، داوود محمد زمانی[۳]

۱-دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران

۲-دانشیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران

۳-استادیار گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران

نویسنده مسئول: محمد غلامی پرشکوهی

* ایمیل نویسنده مسئول: gholamihassan@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۵/۹- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰٦/۳۱)

چکیده

این پژوهش در سال ۱٤۰۰ به تعیین شاخص‌های انرژی و تحلیل‌های اقتصادی در باغات انگور استان قزوین پرداخته شده است، پس از محاسبه میزان مصرف انرژی و شاخص‌های اقتصادی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بهینه‌سازی انجام شد. با توجه به نتایج نسبت انرژی انگور برابر با ۹/٦٦ و ۱۱/۲٦ به ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه برآورد گردید. همچنین نتایج اقتصادی نشان داد سود خالص یک تن انگور در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه به ترتیب، ۲٦۰۹/۷۷ و ۲۹۹۵/۲۲ دلار بر هکتار به دست آمد. روش تحلیل پوششی داده‌ها نشان داد میانگین نمرات کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید انگور سنتی به‌ترتیب برابر ۰/۹۰، ۰/۹۵ و ۰/۹٤ می‌باشد. همچنین میانگین نمرات کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید انگور نیمه‌مکانیزه به‌ترتیب برابر ۰/۹۱، ۰/۹۷ و ۰/۹۳ است. بر اساس نتایج مصرف بهینه ارائه شده منجر به کاهش ۲۵/۱۹ درصدی در انرژی مصرفی تولید سنتی و کاهش ۲٤/۷۸ درصدی در انرژی مصرفی تولید نیمه‌مکانیزه محصول انگور شده است. با توجه به نتایج حاصل، بالا بودن مصرف انرژی کودهای شیمیایی، تا جای ممکن به سمت کشاورزی ارگانیک و استفاده کمتر از کودها و سموم شیمیایی کمتر نیل شود همچنین پیشنهاد می‌شود بهینه مصرف کردن انرژی و صرفه‌جویی در سطح کشاورزان توسط ارگان‌های مربوطه تبلیغ و ترویج شود.

واژه‌های کلیدی: **انرژی، انگور، اقتصادی، بهینه‌سازی، تحلیل پوششی داده‌ها**

مقدمه

انگور با نام علمی (*Vitis vinifera* L.) و از درختان خانواده انگورسانان *Vitaceae* است. در این خانواده حدود ۱۱ جنس و بیش از ٦۰۰ گونه وجود دارد. این گیاه حالت بوته‌ای و رونده دارد و دارای پیچک در مقابل بعضی از برگ‌ها می‌باشد (Heydari, 2013). مهم‌ترین استان‌های تولید کننده انگور عبارتند از خراسان، قزوین، آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی می‌باشند. عمر درخت انگور به طور متوسط ۷۵ تا ۸۰ سال است. درخت انگور به ۲ تا ۳ ماه سرمای زمستانی نیاز دارد برای تأمین این نیاز سرمایی، دمایی بین ۷ تا ۱۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ تا ۳ ماه لازم است. انگور در برابر سرما مقاوم است و می‌تواند در زمستان تا دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد را تحمل کند ولی دمای پایین‌تر از این باعث خشک شدن شاخه‌ای انگور می‌شود. ریزش باران در تابستان باعث پوسیدگی آن می‌شود به این ترتیب منطقه می‌بایست فاقد باران‌های تابستان به ویژه در ماه‌های تیر تا شهریور باشد (Gholami Parshkohi *et al.*, 2013). در استان قزوین بیش از ۳۱ هزار هکتار باغ انگور وجود دارد. مصول انگور در استان، رتبه نخست محصولات باغی را دارد و بیشتر باغات انگور نیز در شهرستان تاکستان واقع است. این مطالعه به منظور بررسی باغات انگور در استان قزوین انجام شد.

انرژی نقشی تأثیرگذار در توسعه‌ی بخش‌های مهم اقتصادی از قبیل حمل‌ونقل، صنعت و کشاورزی دارد. به این دلیل در دهه‌های اخیر تحقیقات بسیاری از محققان به سمت مدیریت انرژی معطوف می‌باشد. استفاده‌ی بیش از حد انرژی از یک‌سو باعث بروز برخی از مشکلات مربوط به سلامتی انسان و محیط‌زیست می‌شود و از سوی دیگر با افزایش مداوم قیمت انرژی استفاده بیش از حد آن کاهش بهره‌وری اقتصادی را نیز به همراه خواهد داشت (Kaab *et al.*, 2019).

کشاورزی، امروزه شدیداً به انرژی، به ویژه سوخت‌های فسیلی وابسته است. این موضوع در کشورهای پیشرفته به دلیل استفاده زیاد از ماشین‌های کشاورزی و کودهای شیمیایی بیشتر به چشم می‌خورد و همچنین در کشورهای توسعه یافته استفاده از منابع گفته شده به دلیل توسعه مکانیزاسیون کشاورزی در حال افزایش است (Erdal *et al.*, 2007). با این توضیحات و با توجه به محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی، لزوم تحقیقات بیشتر جهت تعیین میزان مصرف انرژی و استفاده بهینه از منابع موجود ضروری می باشد. موارد استفاده از انرژی در کشاورزی شامل تولید محصولات زراعی و دامی در مزرعه، فرآوری محصولات، حمل و نقل و تولید کود و آفت‌کش‌ها در خارج از مزرعه است. در مزرعه انواعی از انرژی‌ها مصرف می شوند، که به دو دسته تقسیم می شوند. ۱- انرژی مستقیم ۲- انرژی غیرمستقیم. مصرف مستقیم انرژی شامل: سوخت مورد نیاز برای تراکتورها (جهت عملیات زراعی)، ماشین‌های برداشت و سیستم‌های آبیاری است. مصرف غیرمستقیم انرژی شامل: انرژی مصرفی برای تولید بذر، کود، سم و غیره می‌باشد (Kaab, 2018).

امروزه رقابت در عرصه‌ی تولید ابعاد جدیدی یافته و کوشش در جهت ارتقا و بهبود بهره‌وری، مورد تأکید و توجه بسیار قرارگرفته است. بهبود بهره‌وری مستلزم عملیاتی کردن توان بالقوه است. ارتقای بهره‌وری سبب پیشرفت و توسعه می‌شود و اکثر کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه برای مقوله‌ی بهره‌وری و تعمیم به‌کارگیری فنون و روش‌های ارتقای آن، سرمایه‌گذاری‌های زیادی انجام داده‌اند. بررسی عملکرد کشورهایی که طی چند سال اخیر رشد اقتصادی قابل‌توجهی داشته‌اند حاکی از آن است که اکثر این کشورها رشد را از طریق ارتقای بهره‌وری به دست آورده‌اند (Qelichi *et al.*, 2013). کارایی یک واحد سازمانی، عبارت از نسبت ستانده به نهاده‌ی آن واحد است. اگر یک واحد سازمانی بتواند با نهاده‌های ثابت، ستانده‌ای بیشتر و یا ستانده‌ای ثابت با نهادهای کمتر تولید کند، آن واحد سازمانی از کارایی بالاتری برخوردار خواهد بود (Ghasemi-Mobtaker *et al.*, 2020). یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در این زمینه، تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد که به عنوان یک روش غیر پارامتری به منظور محاسبه‌ی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده استفاده می‌شود. امروزه استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با سرعت زیادی در حال گسترش بوده و در ارزیابی سازمان‌ها و صنایع مختلف استفاده می‌شود. توسعه‌های زیادی از جنبه‌ی تئوری و کاربردی در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها اتفاق افتاده است. استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها علاوه بر تعیین میزان کارایی نسبی، نقاط ضعف سازمان را در شاخص‌های مختلف تعیین کرده و با ارائه‌ی میزان مطلوب آن‌ها، خط‌مشی سازمان را به‌سوی ارتقای کارایی و بهره‌وری مشخص می‌کند. همچنین الگوهای کارا که ارزیابی واحدهای ناکارا بر اساس آن‌ها انجام‌گرفته است به واحدهای ناکارا معرفی می‌شوند. الگوهای کارا واحدهایی هستند که با ورودی‌های مشابه واحد ناکارا خروجی‌های بیش‌تر یا همان خروجی‌ها را با استفاده از ورودی‌های کمتر تولید کرده‌اند. این تنوع وسیع در نتایج است که موجب شده استفاده از این روش با سرعت فزاینده‌ای رو به گسترش باشد. همین امر موجب شده است که این روش از بعد نظری نیز رشد فزاینده‌ای داشته باشد و به یکی از شاخه‌های فعال در علم تحقیق در عملیات تبدیل شود (Qelichi *et al.*, 2013).

در مطالعه‌ای تحلیل مصرف انرژی در تولید پرتقال در استان آنتالیای ترکیه مورد بررسی قرارگرفته شد. نتایج نشان داد که مقدار انرژی مصرف شده در تولید پرتقال ٦٠٩٤٩/٦٩ مگاژول در هکتار است که از این مقدار حدوداً ٤٤ درصد مربوط به کودهای شیمیایی و ۳۱/۱۸ درصد مربوط به سوخت دیزل است. کارایی انرژی، ۱/۲٤ و بهره‌وری انرژی ۰/٦٦ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. همچنین ۹۵/۷۵ درصد از کل انرژی ورودی، غیرقابل‌تجدید و ۳/۹ درصد قابل‌تجدید برآورد شد (Ozkan *et al.*, 2004). بر اساس نتایج گزمان و آلونسو، مصرف انرژی در هر هکتار از باغات زیتون بر اساس عوامل مختلفی تغییر می‌کند که از میان این عوامل، مرتبط‌ترین ویژگی‌ها شامل شیب زمین، آبیاری و نوع مدیریت است. استفاده از سوخت‌های زیستی، می‌تواند بطورکلی بازدهی انرژی سیستم‌های کشاورزی را افزایش دهد (Guzman & Alonso, 2008). در پژوهشی، شاخص‌های انرژی برای تولید

زیتون در منطقه طارم مورد بررسی قرار گرفت. نسبت انرژی ستانده به نهاده برابر ۳/۰۹ بود. همچنین میزان انرژی خالص از باغ زیتون برابر ۲۷۹٤۲/۱۸ مگاژول در هکتار بود. این مقدار مثبت و نشان دهنده بیلان مثبت انرژی است. بیشترین سهم انرژی ورودی مربوط به نهاده کود نیتروژون بود که در حدود ٦٦/٦۳ درصد کل نهاده را به خود اختصاص داده بود. پس از آن انرژی نهاده آب برای آبیاری قرار داشت. انرژی مربوط به تولید و استهلاک ماشین به‌دلیل استفاده ناچیز از این ماشین‌ها و ادوات صفر بود. در نتیجه انرژی مصرف شده توسط سوخت نیز در باغ زیتون به صفر میل کرد. این دو انرژی نشان‌دهنده میزان استفاده از ماشین‌ها و ادوات در مراحل تولید زیتون است با توجه به این نکته میتوان دریافت مکانیزاسیون باغات زیتون صفر است و تمامی مراحل به صورت دستی و به وسیله نیروی کارگری انجام می‌شود (Sarkhil *et al.*, 2011).

(Rajabi Hamedani *et al.*, 2011) به بررسی الگوی مصرف انرژی و الگوی اقتصادسنجی تولید محصول انگور در استان همدان پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که برای تولید انگور میزان ٤٥۲۱۳/٦٦ مگاژول انرژی در هر هکتار نیاز است. کودهای شیمیایی (۳۷٪/۲۵)، الکتریسیته (۱۹٪) و کود حیوانی (۱۷٪/۸٤) بیشترین سهم از انرژی نهاده های ورودی را به خود اختصاص داده‌اند.

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه مصرف انرژی و بهینه‌سازی با روش تحلیل پوششی داده‌ها، تاکنون مطالعه‌ای جهت مقایسه دو روش کشت (سنتی و نیمه‌مکانیزه) محصول انگور از نظر مصرف انرژی و بهره‌وری اقتصادی انجام نشده است. اهداف کلی در این مطالعه به صورت زیر می‌باشد.

- محاسبه میزان مصرف انرژی هر یک از نهاده‌های ورودی و ارزیابی شاخص‌های انرژی از قبیل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی.
- تعیین شاخص‌های اقتصادی جهت مقایسه بهره‌وری اقتصادی و نسبت سود به هزینه در دو روش تولید.
- تعیین الگوی مصرف انرژی و شاخص‌های اقتصادی با بهینه کردن نهاده‌های تولید با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها.
- ارائه راهکارهای مناسب جهت بهبود مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های تولید محصول انگور.

در این مطالعه به بررسی مصرف انرژی و بهره‌وری اقتصادی و همچنین استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها جهت بهبود میزان مصرف انرژی و کارایی اقتصادی در باغات انگور پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

اطلاعات مربوط به نهاده‌های ورودی و خروجی در روش‌های مختلف تولید انگور (سنتی و نیمه مکانیزه) از استان قزوین جمع‌آوری شد. استان قزوین با مساحتی معادل ۱٥٦۲۳ کیلومتر مربع در حوزه مرکزی ایران بین ٤۸ درجه و ٤٤ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۳۵ درجه ۲٤ دقیقه تا ۳٦ دقیقه تا ۳٦ درجه و ٤۸ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار دارد. شکل ۱ منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

شکل ۱- نقشه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه

سیستم‌های سنتی به دلیل شباهت زیاد با اکوسیتسم های طبیعی و استفاده از انرژی‌های انسانی و حیوانی، مخارج انرژی کمتری در برداشته، لذا از بازده انرژی بالایی برخوردار است. با این حال در این سیستم‌ها عملکرد محصولات کشاورزی پایین است و نمی‌تواند پاسخگوی نیاز جمعیت در حال افزایش دنیا به ویژه در مورد تأمین غذای مورد نیاز باشد. بنابراین اکوسیستم‌های فشرده جایگزین اکوسیستم‌های سنتی شده که به دلیل استفاده از تکنولوژی‌های جدید سوخت‌های فسیلی، نیروی الکتریسیته و غیره، دارای بازده تولید محصول بیشتری می‌باشد (Gholami Parshkohi *et al.*, 2013). در سیستم تولید سنتی تمام فعالیت‌های کشاورزی به صورت سنتی مثلاً برای آبیاری از نوع غرقابی استفاده می‌شود اما در نوع نیمه‌مکانیزه از آبیاری‌های نوین مانند قطره‌ای به کار گرفته می‌شود. در سیستم نیمه مکانیزه نیمی از فعالیت‌های کشاورزی در تولید انگور به صورت مکانیزه انجام می‌شود. در فعالیت برداشت با توجه به اینکه در ایران هنوز ماشین برداشتی برای این محصول وارد یا ساخته نشده، برداشت در هر دو سیستم کاملاً به صورت دستی انجام می‌شود.

برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز مربوط به فرآیند تولید در این مطالعه روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفت که از آن جمله می‌توان به تکمیل پرسشنامه، مصاحبه با کشاورزان، کارشناسان اداره‌ی جهاد کشاورزی و آمار و اطلاعات موجود در کتابخانه‌های سازمان جهاد کشاورزی اشاره نمود.

به دلیل گسترده بودن جامعه‌ی باغ داران در این مطالعه، برای تکمیل پرسشنامه، نمونه‌برداری انجام شد. بدین منظور ۲۰ پرسشنامه به صورت تصادفی و مجزا در بین باغ داران توزیع و تکمیل گردید. برای تخمین انحراف معیار جامعه، نسبت انرژی انتخاب‌شده و انحراف معیار آن با استفاده از اطلاعات به دست آمده از این ۲۰ پرسشنامه محاسبه گردید. سرانجام برای تعیین حجم نمونه، از فرمول پیشنهاد شده توسط کوکران رابطه (۱) استفاده شد(Romero-Gámez *et al.*, 2012).
حجم نمونه برای تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه انگور به ترتیب برابر با ۸۰ و ٦۰ برآورد گردید.

$$n = \frac{NS^2t^2}{(N-1)d^2 + S^2t^2} \qquad (۱)$$

که در آن N اندازه‌ی جامعه‌ی آماری، t ضریب

اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول تی-استیودنت به دست می‌آید، S برآورد انحراف معیار صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله‌ی اطمینان) و n حجم نمونه است.

جریان انرژی در تولید محصول

در این مطالعه جریان انرژی در محصول باغی انگور به طور مجزا برای سیستم تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه مورد بررسی قرارگرفته است، نهاده‌های مورد استفاده عبارت‌اند از: نیروی کارگری، ماشین‌ها و ادوات، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی (شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، سموم شیمیایی (شامل علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها)، الکتریسیته و کود حیوانی می‌باشد. محصول خروجی مورد نظر در این بخش، انگور می‌باشد. برای محاسبه‌ی میزان انرژی مصرفی و انرژی خروجی در هر بخش، از ضرایب و هم‌ارزهای انرژی متناظر با هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها بهره گرفته می‌شود. این ضرایب در جدول (۱) آورده شده است. برای محاسبه‌ی انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها، میزان مصرف هر یک از آن‌ها در هم‌ارز انرژی خود ضرب می‌شود.

انرژی مربوط به نهاده‌های ماشینی یکی از مهم‌ترین اقلام انرژی در فرآیند تحلیل انرژی تولیدات مختلف است که محاسبه‌ی آن نیز پیچیده می‌باشد. در این مطالعه به منظور محاسبه‌ی انرژی ماشین‌های استفاده شده از رابطه‌ی (۲) استفاده‌شده است (Canakci & Akinci, 2006):

$$ME = \frac{G \times M_p \times t}{T} \qquad (۲)$$

که در آن ME انرژی ماشین در واحد سطح (MJ/ha)، G جرم ماشین (kg)، Mp معادل انرژی ماشین (MJ/kg)، t زمان استفاده از ماشین در واحد سطح (h/ha) و T عمر مفید ماشین (h) می‌باشد.

در این پژوهش از هم‌ارز انرژی ۱٤۲/۷ مگاژول بر کلیوگرم برای ماشین‌ها و ادوات استفاده شد که شامل انرژی تولید، تعمیر و نگهداری و حمل‌ونقل می‌شود (Kaltsas *et al.*, 2007).

جدول ۱- هم‌ارزی‌های انرژیهای ورودی و خروجی تولید انگور

ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه	واحد	هم‌ارز انرژی (مگاژول بر واحد)	منبع
۱- نیروی انسانی	نفر ساعت	۱/۹۶	(Kitani, 1999)
۲- ماشین‌ها و ادوات	کیلوگرم	۶۲/۷	(Kaltsas *et al.*, 2007)
۳- سوخت دیزل	لیتر	۵۶/۳۱	(Kitani, 1999)
٤- کودهای شیمیایی	کیلوگرم		
نیتروژن (N)		٦٦/١٤	(Bakhtiari *et al.*, 2015)
فسفر (P_2O_5)		۱۲/٤٤	(Unakitan *et al.*, 2010)
پتاسیم (K_2O)		۱۱/۱۵	(Rafiee *et al.*, 2010)
۵-کود حیوانی	کیلوگرم	۰/۳	(Kaltsas *et al.*, 2007)
٦- الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱۲	(Mohammadi *et al.*, 2014)
۷- سموم شیمیایی	کیلوگرم	۱۲۰	(Kitani, 1999)
۸- انگور	کیلوگرم	۱۱/۸	(Kitani, 1999)

محاسبه‌ی شاخص‌های انرژی

یکی از مهم‌ترین اقدامات در فرآیند تحلیل انرژی، تعیین شاخص‌های انرژی می‌باشد. با استفاده از این شاخص‌ها امکان مقایسه‌ی سامانه‌های مختلف فراهم می‌آید. بعضی از این شاخص‌ها که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی و صنعت را فراهم می‌آورند شامل نسبت انرژی[1] بهره‌وری انرژی[2] انرژی ویژه[3] و افزوده‌ی خالص انرژی[4] می‌باشند. این شاخص‌ها به ترتیب با استفاده از معادله‌های (۳ تا ٦) به دست می‌آیند (Samavatean *et al.*, 2011).

$$ER = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (۳)$$

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (٤)$$

$$SE = \frac{E_{in}}{Y} \quad (۵)$$

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (٦)$$

که در آن، E_{out} انرژی خروجی (MJ/ha)، E_{in} انرژی ورودی (MJ/ha) و Y عملکرد محصول (kg/ha) می‌باشد. ER (نسبت انرژی) بدون بعد، EP (بهره‌وری انرژی) برحسب kg/MJ، SE (انرژی ویژه) برحسب MJ/kg و NEG (افزوده‌ی خالص انرژی) برحسب MJ/ha می‌باشند.

ارزیابی اقتصادی

برای محاسبه‌ی هزینه‌ی تولید هر واحد تولیدی باید قیمت نهاده‌هایی را به‌دست آورد که در تولید آن به کار رفته است. هزینه‌های کود، سموم، اجاره ماشین ها، نیروی انسانی و ... از دسته هزینه‌های متغیر و هزینه اجاره زمین، حق بیمه کشاورز و مالیات جز هزینه‌های ثابت قلمداد می‌شوند. شاخص‌های اقتصادی مورد مطالعه در این بخش شامل ارزش تولید کل، کل هزینه تولید، سود خالص، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی می‌باشند.

1 Energy Ratio (ER)
2 Energy Productivity (EP)
3 Specific Energy (SE)
4 Net Energy Gain (NEG)

هزینه‌های تولید شامل هزینه‌های ثابت و هزینه های متغیر می‌باشد. سود خالص با کم کردن کل هزینه‌ی تولید به ازای هر هکتار به دست می‌آید. همچنین شاخص نسبت سود به هزینه از تقسیم درآمد کل بر کل هزینه‌ی تولید به ازای هر هکتار قابل محاسبه است. شاخص‌های اقتصادی با استفاده از روابط (۷ تا ۱۱) به دست آمدند (Banaeian *et al.*, 2011).

(۷) قیمت کالا × عملکرد کل = ارزش تولید کل

(۸) هزینه‌های متغیر+ هزینه‌های ثابت = کل هزینه تولید

(۹) هزینه کل تولید (دلار بر هکتار) – درآمد کل (دلار بر هکتار) = سود خالص

(۱۰) هزینه کل تولید (دلار بر هکتار) / درآمد کل (دلار بر هکتار) = نسبت سود به هزینه

(۱۱) هزینه تولید (دلار بر هکتار) / عملکرد کل (کیلوگرم بر هکتار) = بهره‌وری اقتصادی

تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها، یک روش غیر پارامتری است که عملکرد اندازه‌گیری شده‌ی هر واحد تولید و یا واحد تصمیم‌گیرنده را بهینه می‌کند و تمرکز آن بر روی مشاهدات تکی هر واحد تصمیم‌گیرنده به عنوان بهینه‌سازی آن واحد است (Chauhan *et al.*, 2006). مهم‌ترین ویژگی روش‌های ناپارامتری این است که نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی ندارند. در روش تحلیل پوششی داده‌ها از اطلاعات نهاده و محصول هر واحد تولیدی برای ساخت یک مرز تولید ناپارامتریک استفاده می‌شود. در چنین حالتی تمامی واحدهای مشاهده شده بر رو یا زیر مرز پوششی قرار می‌گیرند و کارایی با انجام یک سری بهینه‌سازی‌ها به‌طور مجزا برای هر بنگاه محاسبه می‌شود؛ بنابراین، کارایی هر واحد تولیدی نسبت به کارایی همه‌ی واحدهای تولیدی در نمونه، مورد سنجش قرار می‌گیرند. در این روش تمامی انحرافات از مرز تولید به عنوان جزء ناکارایی در نظر گرفته می‌شود و از وجود یک جزء خطای تصادفی در داده‌ها صرف نظر می‌شود. در این روش، برای عوامل تولید و محصولات، واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی وجود دارد. از آنجایی که این روش، همه ارقام و اطلاعات را تحت پوشش قرار می‌دهد، به آن تحلیل پوششی داده‌ها گفته می‌شود (Kuosmanen, 2006). کارایی به‌دست‌آمده درروش تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی نسبی است و مرز کارایی را ترکیب محدبی از واحدهای کارا ایجاد می‌کنند. لذا هر بنگاه که روی مرز کارایی قرار داشته باشد، کارا و در غیر این صورت ناکاراست. جهت کارا شدن یک واحد ناکارا باید تغییراتی در نهاده‌ها و ستانده‌های آن واحد صورت گیرد (Mohammadi, 2008).

در این مطالعه، تحلیل پوششی داده‌ها در سه مدل کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به‌منظور محاسبه‌ی مقادیر بهینه شده در انرژی مصرفی و اقتصادی برای محصول انگور در تولید سنتی و نیمه مکانیزه به کار گرفته شد. به‌طورکلی، تعریف کارایی که در مدل‌های تحلیل پوششی استفاده می‌شود طبق رابطه (۱۲) می‌باشد (Charnes *et al.*, 1978):

$$\text{کارایی} = \frac{\text{مجموع خروجی وزن دار شده}}{\text{مجموع ورودی وزن دار شده}} \qquad (۱۲)$$

کارایی فنی که بر اساس مدل بازگشت به مقیاس ثابت معرفی می‌گردد، اساساً به‌وسیله‌ی واحدهای

ارزیابی‌شده برای عملکردشان اندازه‌گیری می‌شود که وابسته به دیگر واحدها می‌باشد. این نوع کارایی از رابطه‌ی (۱۳) قابل‌محاسبه بوده که درواقع همان مدل برنامه‌ریزی خطی در رابطه‌ی (۱۲) می‌باشد:

(۱۳)

$$\begin{aligned} &\text{Max } h_k = \frac{\sum_{r=1}^{s}(u_{rk}y_{rk})}{\sum_{i=1}^{m}(v_{ik}x_{ik})} \\ &\frac{\sum_{r=1}^{s}(u_{rk}y_{rk})}{\sum_{i=1}^{m}(v_{ik}x_{ik})} \le 1; \qquad j = 1, \dots, n \\ &u_{rk}\ , y_{rk} \ge 0 \qquad\qquad r = 1, \dots, s; \\ &\qquad\qquad\qquad\qquad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

در این رابطه، hk کارایی فنی، x مقادیر مربوط به ورودی‌ها، y خروجی موردنظر،m و s به ترتیب تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های تولیدی توسط واحد تصمیم‌گیرنده، n تعداد نهاده‌ها و v_{ik} و u_{rk} به ترتیب ماتریس ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌باشد.

کارایی فنی خالص، همان کارایی فنی بوده که متأثر از جابه‌جایی کارایی مقیاس بر اساس مدل بازگشت به مقیاس متغیر است. در این مدل با تغییر یک واحد در ورودی‌ها، خروجی با نسبت متغیری افزایش یا کاهش پیدا می‌کند. رابطه‌ی خطی (۱٤) نحوه محاسبه‌ی کارایی فنی خالص را نشان می‌دهد (Banker *et al.*, 1984):

$$\begin{aligned} &Max\ z = uy_j - u_j \\ &subjected\ to\ vx_i = 1 \\ &-vx + uy - u_0 e \le 0 \\ &v \ge 0, u \ge 0\ and\ u_0\ free\ is\ sign \end{aligned} \qquad (۱٤)$$

کارایی مقیاس نیز بنا به تعریف، پتانسیل بالقوه‌ی دستیابی به مقدار بهینه برای یک واحد تصمیم‌گیرنده می‌باشد و از رابطه‌ی (۱۵) قابل‌محاسبه است (Mousavi – Avval *et al.*, 2011).

$$\text{کارایی مقیاس} = \frac{\text{کارایی فنی}}{\text{کارایی فنی خالص}} \qquad (۱۵)$$

وقتی‌که مقادیر کارایی فنی و کارایی فنی خالص یکسان باشند نشان از کارایی مقیاس بوده و در غیر این صورت پارامتر مقیاس ناکارا است. به‌منظور تعیین سطح عدم کارایی در انرژی مصرفی از رابطه‌ی (۱٦) محاسبه نسبت انرژی صرفه‌جویی شده استفاده شد (Hu & Kao, 2007) .

(۱٦)

$$\text{نسبت انرژی صرفه جویی شده} = \frac{\text{انرژی ذخیره شده مطلوب}}{\text{انرژی ورودی واقعی}} \times 100$$

در رابطه (۱٦)، محدوده‌ی نسبت انرژی صرفه‌جویی شده بین صفر و یک می‌باشد. هر چه مقدار انرژی ذخیره شده مطلوب نسبت به انرژی ورودی واقعی بیشتر شود ناکارایی مزارع مورد مطالعه در انرژی مصرف‌شده افزایش‌یافته و قابلیت میزان انرژی ذخیره شده نیز افزایش می‌یابد. همچنین در این مطالعه از روش ورودی محور برای ارزیابی مقادیر بهینه یافته‌ی نهاده‌ها استفاده گردید؛ زیرا چندین نهاده به عنوان ورودی مدل مشخص شده است؛ این در حالی است که تنها یک خروجی عملکرد وجود دارد.

به‌منظور تحلیل داده‌ها، ابتدا داده‌ها قبل از اجرا به‌صورت یک کاربرگ در نرم‌افزار اکسل آماده شد تا نرم‌افزارEMS بتواند آن‌ها را شناسایی کند. از نرم‌افزار اندازه‌گیری کارایی سامانه‌ها (EMS) برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی کارایی واحدها استفاده شد (Kaab, 2018).مزارع از نظر مصرف انرژی، عملکرد تولید و همچنین بهره‌وری اقتصادی مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و میزان انرژی نهاده‌ها و شاخص‌های اقتصادی

در حالت بهینه محاسبه و تفاوت آن‌ها باحالت واقعی مشخص گردید.

نتایج و بحث

تحلیل جریان انرژی در روش‌های مختلف تولید انگور

در جدول ۲ میزان مصرف انرژی نهاده‌ها و انرژی ستانده انگور در تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه ارائه شده است. نتایج نشان داد متوسط مصرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای کشت یک هکتار انگور در تولید سنتی منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۲٦۲۱٤/۱۷ و۲۵۳۱۱۰ مگاژول بود. همچنین متوسط مصرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای کشت یک هکتار انگور در تولید نیمه‌مکانیزه منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۲۵۲٤۹/۳۰ و ۲۸٤۳۸۰ مگاژول بود. این نتایج نشان می‌دهد که مقدار انرژی کل نهاده‌ها در تولید سنتی انگور بیشتر از تولید نیمه‌مکانیزه انگور است. در حالی‌که، مقدار انرژی خروجی تولید انگور نیمه‌مکانیزه بیشتر از انرژی خروجی تولید انگور سنتی است.

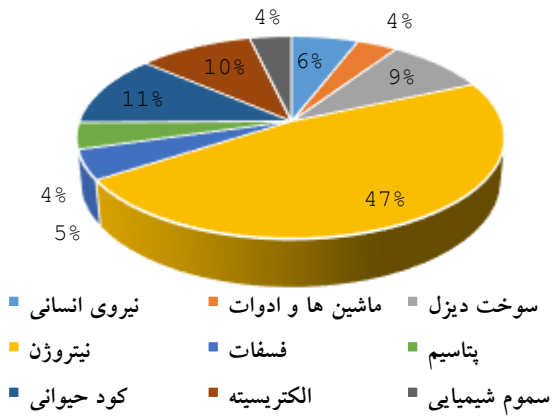
در مطالعات دیگر مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید انگور در شهرستان شهریار به ترتیب، ۳۱۷۷٦ مگاژول در هکتار و ۲۰۲۸۷۱ مگاژول در هکتار برآورد شد (Karimi & Moghaddam, 2018). این مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده برای تولید انگور در استان همدان نیز به ترتیب، ۳۳۸۷٤ مگاژول بر هکتار و ۵۸٦۲۲ مگاژول بر هکتار برآورد گردید (Rasouli1 *et al.*, 2014). مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده برای تولید انگور در شهرستان ابهر به ترتیب، ۲۰۸۹٤ مگاژول بر هکتار و ۸۵۰۷۲ مگاژول بر هکتار گزارش گردید (Haji Agha Alizadeh & Taromi, 2014).

سهم هر یک از نهاده‌های انرژی انگور در تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ به نمایش درآمده است. بدین ترتیب که نیتروژن بیشترین سهم از کل نهاده‌ها به میزان ٤۷ درصد در تولید سنتی و ٤٤ درصد در تولید نیمه‌مکانیزه را به خود اختصاص داده است و پس از آن کود حیوانی با ۱۱ درصد و الکتریسیته با ۱۰ درصد از کل نهاده‌ها را در تولید سنتی و سوخت دیزل با ۱۲ درصد و الکتریسیته با ۱۱ درصد از کل نهاده‌ها را در تولید نیمه‌مکانیزه به خود اختصاص دادند. ماشین ها و ادوات (٤ درصد) و پتاسیم (٤ درصد) به ترتیب در تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه کمترین میزان مصرف انرژی را داشتند.

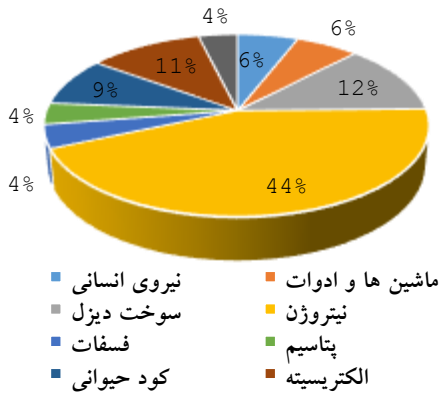
در مطالعه‌ای مقدار انرژی کود و سموم شیمیایی تولید انگور در شهرستان شهریار ۱۹٤٤٦ مگاژول بر هکتار برآورد شد (Karimi & Moghaddam, 2018). درحالی‌که مقدار انرژی نیروی انسانی در این مطالعه ۱۹۸۸ مگاژول بر هکتار به دست آمد. بیشترین مقدار انرژی کود و سموم شیمیایی برای تولید انگور در استان همدان نیز، ۲۲٤۲٤ مگاژول در هکتار گزارش شد و کمترین مقدار انرژی مربوط به نیروی انسانی با ۱٦۷۲ مگاژول بر هکتار بود (Rasouli1 *et al.*, 2014). مقدار انرژی کود و سموم شیمیایی برای تولید انگور در شهرستان ابهر ۱۲۸۹۹ مگاژول بر هکتار و مقدار انرژی ناشی از نیروی انسانی ٦۲۳ مگاژول بر هکتار برآورد شد (Haji Agha Alizadeh & Taromi, 2014).

جدول ۲- مقایسه میانگین انرژی نهاده‌ها و ستانده ها در تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه انگور در استان قزوین

بخش	واحد	تولید سنتی		تولید نیمه‌مکانیزه	
		مقدار مصرف (واحد بر هکتار)	انرژی معادل (مگاژول بر هکتار)	مقدار مصرف (واحد بر هکتار)	انرژی معادل (مگاژول بر هکتار)
الف) نهاده‌ها					
۱- نیروی انسانی	نفر ساعت	۷۹۰	۱۵٤۸/٤۰	۷۷۰	۱۵۰۹/۲۰
۲- ماشین‌ها و ادوات	کیلوگرم	۱۵	۹٤۰/۵۰	۲۵	۱۵٦۷/۵۰
۳- سوخت دیزل	لیتر	٤۲	۲۳٦۵/۰۲	۵٦	۳۱۵۳/۳٦
٤- کودهای شیمیایی	کیلوگرم				
نیتروژن (N)		۱۸۷/۵	۱۲٤۰۱/۲۵	۱٦۷	۱۱۰٤۵/۳۸
فسفر (P_2O_5)		۱۰۰	۱۲٤٤	۸٤	۱۰٤٤/۹٦
پتاسیم (K_2O)		۱۰۰	۱۱۱۵	۸٦	۹۵۸/۹
۵-کود حیوانی	کیلوگرم	۱۰۰۰۰	۳۰۰۰	۷۳۰۰	۲۱۹۰
٦-الکتریسیته	کیلووات ساعت	۲۲۰	۲٦٤۰	۲۳۵	۲۸۲۰
۷- سموم شیمیایی	کیلوگرم	۸	۹٦۰	۸	۹٦۰
کل انرژی نهاده‌ها	مگاژول	-	۲٦۲۱٤/۱۷	-	۲۵۲٤۹/۳۰
ب) ستانده					
انگور	کیلوگرم	۲۱٤۵۰	۲۵۳۱۱۰	۲٤۱۰۰	۲۸٤۳۸۰



شکل ۲- سهم هریک از نهاده‌ها در کل انرژی مصرفی تولید سنتی انگور



شکل ۳- سهم هریک از نهاده‌ها در کل انرژی مصرفی تولید نیمه‌مکانیزه انگور

مقادیر شاخص‌های انرژی برای تولید انگور در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه در جدل ۳ نشان داده شده است. بر این اساس نسبت انرژی برابر با ۹/٦٦ و ۱۱/۲٦ به ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه برآورد شده است. بهره‌وری انرژی که میزان تولید از یک مگاژول را نشان می‌دهد ۰/۸۲ و ۰/۹۵ کیلوگرم بر مگاژول به ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه محاسبه شد. میزان شدت انرژی با ۱/۲۲ و ۱/۰٤ مگاژول بر کیلوگرم به ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه برآورد شده است. همچنین میزان افزوده خالص انرژی که از تفاضل انرژی ستانده‌ها و نهاده‌ها حاصل می‌شود به میزان ۲۲٦۸۹۵/۸۳ (روش سنتی) و ۲۵۹۱۳۰/۷۰ مگاژول بر هکتار (نیمه‌مکانیزه) برآورد گردید. در مطالعات مشابه کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و بهره خالص انرژی در تولید انگور در شهرستان شهریار به ترتیب برابر ٦/۳۸ و ۰/٥٤ کیلوگرم بر مگاژول، ۱/۸٥ مگاژول بر کیلوگرم و ۱۷۱۰۹٥ مگاژول در هکتار گزارش شد (Karimi & Moghaddam, 2018). این شاخص‌ها برای تولید انگور در استان همدان نیز به ترتیب برابر ۱/۷۳ و ۰/۱٥ کیلوگرم بر مگاژول، ٦/٦۷ مگاژول بر کیلوگرم و ۲٤۷٤۹ مگاژول در هکتار محاسبه شدند (Rasouli1 *et al.*, 2014). این شاخص‌ها برای تولید انگور در شهرستان ابهر به ترتیب برابر ٤/۱٤ و ۰/۳٥کیلوگرم بر مگاژول، ۲/۸٦ مگاژول بر کیلوگرم و ٦٤۱۷۸ مگاژول در هکتار گزارش گردید (Haji Agha Alizadeh & Taromi, 2014)

جدول ۳- شاخص‌های انرژی در تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه انگور

شاخص انرژی	واحد	سنتی	نیمه‌مکانیزه
نسبت انرژی	-	۹/٦٦	۱۱/۲٦
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۸۲	۰/۹٥
انرژی ویژه	مگاژول بر کیلوگرم	۱/۲۲	۱/۰٤
افزوده‌ی خالص انرژی	مگاژول بر هکتار	۲۲٦۸۹٥/۸۳	۲٥۹۱۳۰/۷۰

شاخص‌های اقتصادی، هزینه و درآمد محصول انگور در هر دو روش تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه در جدول ٤ معین گردیده است. به منظور درک بهتر هزینه و درآمد کل، مقادیر آن‌ها به ازای تولید یک هکتار محصول تولیدی نشان داده شده است. با مراجعه به این جدول، سود خالص یک تن انگور در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه به ترتیب، ۲٦۰۹/۷۷ دلار بر هکتار و ۲۹۹۵/۲۲ دلار بر هکتار است. کل هزینه تولید که از مجموع هزینه‌های ثابت و متغیر به دست می‌آید، برای یک هکتار در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه ٦۰۷/۷۲ و ٦۱۹/۷۷ دلار به دست آمد. به کارگیری فناوری‌های جدید در روش نیمه‌مکانیزه باعث شده است که میزان هزینه‌های آن بیشتر از روش سنتی باشد. همچنین میزان درآمد حاصل از روش نیمه‌مکانیزه نیز از روش سنتی بیشتر می‌باشد. شاخص بهره‌وری نشان می‌دهد که به ازای هر دلار هزینه، چه مقدار می‌توان از محصول مورد نظر را تولید کرد که مشاهده می‌شود مقدار این شاخص برای روش سنتی ۳۵/۲۹ کیلوگرم بر دلار و برای روش نیمه‌مکانیزه ۳۸/۸۸ کیلوگرم بر دلار محاسبه گردید. همچنین مقدار سود به هزینه تولید انگور در روش سنتی (۵/۲۹) و نیمه‌مکانیزه (۵/۸۳) به‌دست آمد. نسبت سود به هزینه روش نیمه‌مکانیزه بیشتر از روش سنتی است و روش نیمه‌مکانیزه برای تولید انگور صرفه اقتصادی خواهد داشت.

جدول ٤- تحلیل اقتصادی در تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه انگور

بخش	واحد	سنتی	نیمه‌مکانیزه
عملکرد	کیلوگرم بر هکتار	۲۱٤۵۰	۲٤۱۰۰
ارزش تولید کل *	دلار بر هکتار	۳۲۱۷/۵۰	۳٦۱۵/۰۰
کل هزینه تولید	دلار بر هکتار	٦۰۷/۷۲	٦۱۹/۷۷
سود خالص	دلار بر هکتار	۲٦۰۹/۷۷	۲۹۹۵/۲۲
نسبت سود به هزینه	-	۵/۲۹	۵/۸۳
بهره‌وری اقتصادی	کیلوگرم بر دلار	۳۵/۲۹	۳۸/۸۸

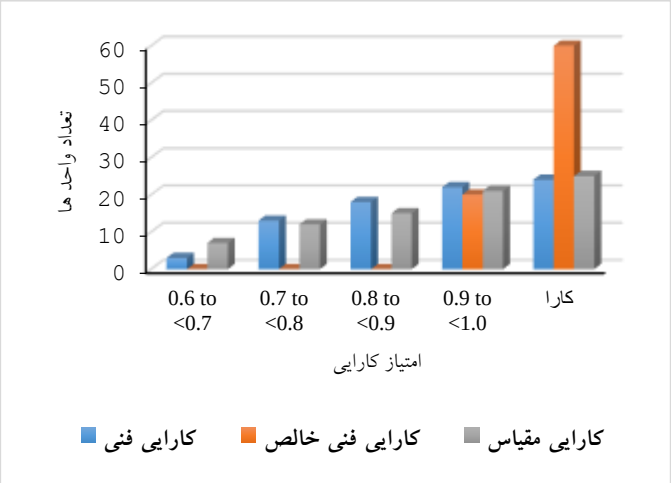
* ارزش تولید کل در باغات برابر با درآمد کشاورز می‌باشد.

بهینه‌سازی تولید انگور به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها

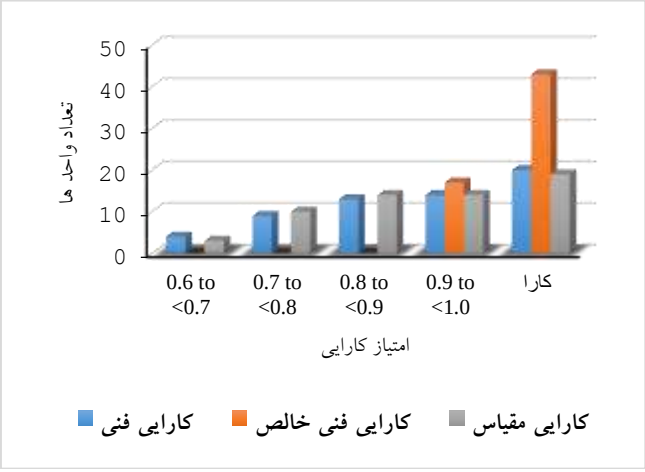
کارایی واحد تولیدی انگور به‌عنوان یک شاخص مورد بحث، ارزیابی و مورد مقایسه قرار گرفت. از این رو در این مطالعه از این تکنیک برای محاسبه کارایی مصرف انرژی در تولیدکننده‌های انگور و مقایسه نمرات کارایی آن‌ها استفاده شده است. این روش پس از تعیین نمرات کارایی مصرف انرژی، کارآترین تولید کننده را از نظر مصرف انرژی به ازای عملکرد تولیدی انگور شناسایی کرده و کارایی بقیه تولیدکننده‌ها را نسبت به آن می‌سنجد. با توجه به این که نهاده‌های ورودی قابل‌کنترل هستند و میزان عملکرد به دلیل عوامل مختلفی از قبیل مشکلات اقلیمی، بروز بیماری‌ها و غیره قابلیت کنترل کمتری دارد، از روش ورودی محور استفاده شده است. در این روش نهاده‌های ورودی به باغ به عنوان ورودی (انرژی مصرفی) و عملکرد انگور (انرژی تولیدی) به عنوان خروجی در نظر گرفته شده‌است.

واحدهای در نظر گرفته شده مورد بررسی قرار گرفتند که در شکل (٤) و شکل (۵) به ترتیب فراوانی تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه انگور از نظر نمره

کارایی انرژی برای کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس نشان داده شده است. بر این اساس از نظر فنی بیش از ۲۰ واحد در تولید سنتی و کمتر از ۲۰ واحد در تولید نیمه‌سنتی دارای نمره کارایی یک و یا به عبارت بهتر از نظر مصرف انرژی، نسبت به انرژی تولیدی بهینه عمل کردند. کمتر از ۵ واحد در تولید سنتی و بیشتر از ۵ واحد در تولید نیمه‌مکانیزه نمره کارایی در دامنه ۰/٦ تا ۰/۷ داشتند. همچنین از نظر کارایی فنی خالص بیش از ۵۰ واحد در تولید سنتی انگور و بیش از ٤۰ واحد در تولید نیمه‌مکانیزه انگور نمره کارایی یک داشتند و نمره کارایی مقیاس بیش از ۲۰ واحد در تولید سنتی انگور و کمتر از ۲۰ واحد در تولید نیمه‌مکانیزه انگور نیز یک بود.



شکل ٤- فراوانی تولید سنتی انگور ازنظر انواع کارایی



شکل ۵- فراوانی تولید نیمه‌مکانیزه انگور ازنظر انواع کارایی

در جدول (۵) و (٦) به ترتیب مقادیر میانگین کارایی‌های مختلف برای تولیدکنندگان سنتی و نیمه‌مکانیزه انگور ارائه شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود میانگین نمرات کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید انگور سنتی به‌ترتیب برابر ۰/۹۰، ۰/۹۵ و ۰/۹٤ می‌باشد. همچنین میانگین نمرات کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید انگور نیمه‌مکانیزه به‌ترتیب برابر ۰/۹۱، ۰/۹۷ و ۰/۹۳ است. بر اساس مقادیر انحراف معیار نمرات کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس نشان داده شده در جدول (۵) و (٦)، کارایی مقیاس دارای بیشترین پراکندگی می‌باشد که نشاندهنده افزایش بالقوه در بهره‌وری است. حداقل نمره کارایی فنی تولید انگور به روش سنتی و نیمه‌مکانیزه به ترتیب ۰/٦٦ و ۰/٦۳ به‌دست آمده است که نسبت به نمره کامل مقدار کمی را نشان می‌دهد؛ به‌عبارتی تنها ٦٦ و ٦۳ درصد از انرژی مصرفی در تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه مورد استفاده مفید قرارگرفته و مابقی آن با توجه میزان انرژی خروجی که داشته است؛ به‌هدر رفته است

جدول ۵- مقادیر مختلف انواع کارایی تولید سنتی انگور در منطقه‌ی مورد مطالعه

عنوان	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
کارایی فنی	۰/۹۰	۰/۱۲	۰/٦٦	۱
کارایی فنی خالص	۰/۹۵	۰/۰٦۵	۰/۹۲	۱
کارایی مقیاس	۰/۹٤	۰/۱٤	۰/۷۱	۱

جدول ٦- مقادیر مختلف انواع کارایی تولید نیمه‌مکانیزه انگور در منطقه‌ی مورد مطالعه

عنوان	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
کارایی فنی	۰/۹۱	۰/۱٤	۰/٦۳	۱
کارایی فنی خالص	۰/۹۷	۰/۲۵	۰/۹۰	۱
کارایی مقیاس	۰/۹۳	۰/۵٦	۰/۷۰	۱

همان‌طور که ذکر شد در تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها با الگو قرار دادن تولیدکنندگان با نمره کارایی یک، تولیدکنندگان ناکارا می‌توانند حدس بزنند که چه تغییراتی در الگوی مصرف انرژی لحاظ کنند تا به سطح مدیریت عملیاتی بهتری دست یابند و بتوانند کارایی مصرف انرژی را در تولید افزایش دهند. ازاین‌رو مقدار مازاد مصرف انرژی برای تولیدکنندگان ناکارا برآورد شده و سپس با کسر از میانگین مقدار بهینه مصرف انرژی برای تولید انگور در هر دو روش تولید سنتی و نیمه‌مکانیزه در جدول (۷) و (۸) ارائه شده است. بر اساس نتایج مندرج، بهینه‌سازی انرژی مصرفی با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها ۲٤۵۱۰/۸۰ مگاژول بر هکتار در روش سنتی و ۲۳۷٤۰/۵۷ مگاژول بر هکتار در روش نیمه‌مکانیزه محاسبه شد که این میزان مصرف انرژی بدون کاهش در میزان انرژی تولیدی در هر هکتار منجر به کاهش ٦/٤۹ و ۵/۹۷ درصدی در مصرف انرژی روش سنتی و

نیمه‌مکانیزه انگور شده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود با رعایت الگوی مصرف بهینه انرژی، ۹/۰۳ و ۱۰/۰۳ درصد از مصرف ماشین‌ها و ادوات به ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه جلوگیری خواهد شد که این میزان صرفه‌جویی در انرژی نه‌تنها منجر به افزایش کارایی در مصرف انرژی خواهد شد بلکه کمک زیادی به بهبود شاخص‌های مربوط به سلامت انسان و محیط‌زیست خواهد نمود. سموم شیمیایی با ۸/۵۳ و ۷/۷۸ درصد انرژی ذخیره‌شده و کود نیتروژن با ۸/٤۸ و ۷/۳٦ درصد انرژی ذخیره‌شده به‌ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه در جایگاه بعدی قرارگرفته‌اند. (Zare *et al.*, 2005) به بررسی اقتصاد تولید و کارآیی انگورکاران شهرستان کاشمر پرداخته است. در این پژوهش با ۸۳ نفر از انگورکاران از طریق پرسشنامه، مصاحبه حضوری به‌عمل آمد و با استفاده از تابع کاب-داگلاس ضرایب تابع را تخمین زده است و از تابع تولید مرزی تصادفی بهره گرفته است و متوسط این کارآیی ٦۱ درصد به‌دست آمد. نتایج مطالعه نشان داد که سطح زیرکشت، سواد، سابقه باغداری و تعداد افراد خانوار در کارآیی فنی تأثیر دارند و بیش از ۷۸ درصد اختلاف تولید واحدها نیز ناشی از عوامل مدیریتی و بقیه مربوط به عوامل خارج از کنترل باغداران است.

جدول ۷- مقادیر بهینه‌ی نهاده‌ها و انرژی قابل ذخیره در تولید سنتی انگور پس از بهینه‌سازی با روش تحلیل پوششی داده‌ها

نهاده‌ها	مقدار بهینه‌ی مصرف (مگاژول بر هکتار)	مقدار انرژی ذخیره‌شده (مگاژول بر هکتار)	درصد انرژی ذخیره‌شده
۱- نیروی انسانی	۱٤۸۱/۰۵	٦۷/۳٤	٤/۳٤
۲- ماشین‌ها و ادوات	۸۵۵/۵۱	۸٤/۹۸	۹/۰۳
۳- سوخت دیزل	۲۲٦۳/٤۱	۱۰۱/٦۰	٤/۲۹
٤- کودهای شیمیایی			
نیتروژن (N)	۱۱۳٤۹/۳۵	۱۰۵۱/۸۹	۸/٤۸
فسفر (P_2O_5)	۱۱٦۳/٤۵	۸۰/۵٤	٦/٤۷
پتاسیم (K_2O)	۱۰۵۸/۷۹	۵٦/۲۰	۵/۰٤
۵-کود حیوانی	۲۹۹٤/۰۵	۵/۹٤	۰/۱۹
٦-الکتریسیته	۲٤٦۷/۰٤	۱۷۲/۹۵	٦/۵۵
۷- سموم شیمیایی	۸۷۸/۱۰	۸۱/۸۹	۸/۵۳
مجموع انرژی نهاده‌ها	۲٤۵۱۰/۸۰	۱۷۰۳/۳۷	٦/٤۹

جدول ۸- مقادیر بهینه‌ی نهاده‌ها و انرژی قابل ذخیره در تولید نیمه‌مکانیزه انگور پس از بهینه‌سازی با روش تحلیل پوششی داده‌ها

نهاده‌ها	مقدار بهینه‌ی مصرف (مگاژول بر هکتار)	مقدار انرژی ذخیره‌شده (مگاژول بر هکتار)	درصد انرژی ذخیره‌شده
۱- نیروی انسانی	۱٤۳۱/٤٥	۷۷/۷٤	٥/۱٥
۲- ماشین‌ها و ادوات	۱٤۱۰/۱۹	۱٥۷/۳۰	۱۰/۰۳
۳- سوخت دیزل	۳۰٤۳/٦۹	۱۰۹/٦٦	۳/٤۷
٤- کودهای شیمیایی			
نیتروژن (N)	۱۰۲۳۲/۱۷	۸۱۳/۲۰	۷/۳٦
فسفر (P_2O_5)	۱۰۰٤/۷٦	٤۰/۱۹	۳/۸٤
پتاسیم (K_2O)	۹۰۸/۸۲	٥۰/۰۷	٥/۲۲
٥-کود حیوانی	۲۰۱۸/۳٤	۱۷۱/٦٥	۷/۸۳
٦-الکتریسیته	۲۸۰٥/۸۳	۱٤/۱٦	۰/٥۰
۷- سموم شیمیایی	۸۸٥/۲٦	۷٤/۷۳	۷/۷۸
مجموع انرژی نهاده‌ها	۲۳۷٤۰/٥۷	۱٥۰۸/۷۲	٥/۹۷

مهم‌ترین هدف بهینه‌سازی انرژی مصرفی از منظر باغداران، کاهش هزینه‌ها و درنهایت افزایش سود خالص است. آنچه کشاورز را مستلزم به پیروی از الگوی بهینه مصرف خواهد کرد؛ اطمینان یافتن از این مسئله است که با مصرف بهینه خللی در درآمد و سود خالص حاصل از تولید برای کشاورز ایجاد نشود. در جدول (۹) و (۱۰)، تأثیر بهینه‌سازی مصرف انرژی بر شاخص‌های اقتصادی تولید هر هکتار انگور به روش سنتی و نیمه‌مکانیزه نشان داده شده است. بر این اساس مصرف بهینه انرژی بدون کاهش عملکرد و ارزش تولید کل، منجر به افزایش ۱۰۲/۹۷ دلار در تولید سنتی و ۱۱۱/۲۲ دلار در تولید نیمه‌مکانیزه در سود خالص برای هر هکتار خواهد شد که رقم قابل‌توجهی است و باغدارن را مجاب خواهد کرد تا از الگوی مصرف بهینه انرژی پیروی کنند. همچنین پیروی از الگوی مصرف بهینه انرژی منجر به کاهش ۱۰۲/۹٦ و ۱۱۱/۲۱ دلاری در هزینه کل تولید سنتی و نیمه مکانیزه شده است. با توجه به اینکه این هزینه‌ها هرساله در حال افزایش و پیش‌بینی‌نشده هستند؛ مصرف بهینه انرژی در کنترل آن‌ها نقش پررنگی دارد. همچنین کشاورز می‌تواند رقمی را که از بابت مصرف بهینه انرژی صرفه‌جویی می‌کند، صرف بهبود شرایط مزرعه خود نماید تا با تغییر شرایط، میزان عملکرد محصول خود را افزایش دهد و سود بیشتری به دست آورد.

جدول ۹- مقادیر شاخص‌های اقتصادی در تولید سنتی انگور پس از بهینه‌سازی با روش تحلیل پوششی داده‌ها

بخش	واحد	مقدار در حالت بهینه	مقدار کاهش
عملکرد	کیلوگرم بر هکتار	۲۱٤۵۰	۰
ارزش تولید کل *	دلار بر هکتار	۳۲۱۷/۵۰	۰
کل هزینه تولید	دلار بر هکتار	۵۰٤/۷٦	۱۰۲/۹٦
سود خالص	دلار بر هکتار	۲۷۱۲/۷٤	-۱۰۲/۹۷
نسبت سود به هزینه	دلار بر هکتار	٦/۳۷	-۱/۰۸
بهره‌وری اقتصادی	دلار بر هکتار	٤۲/٤۹	-۷/۲۰

* ارزش تولید کل در مزارع برابر با درآمد کشاورز می‌باشد.

جدول ۱۰- مقادیر شاخص‌های اقتصادی در تولید نیمه‌مکانیزه انگور پس از بهینه‌سازی با روش تحلیل پوششی داده‌ها

بخش	واحد	مقدار در حالت بهینه	مقدار کاهش
عملکرد	کیلوگرم بر هکتار	۲٤۱۰۰	۰
ارزش تولید کل *	دلار بر هکتار	۳٦۱۵	۰
کل هزینه تولید	دلار بر هکتار	۵۰۸/۵٦	۱۱۱/۲۱
سود خالص	دلار بر هکتار	۳۱۰٦/٤٤	-۱۱۱/۲۲
نسبت سود به هزینه	دلار بر هکتار	۷/۱۰	-۱/۲۷
بهره‌وری اقتصادی	دلار بر هکتار	٤۷/۳۸	-۸/۵

* ارزش تولید کل در مزارع برابر با درآمد کشاورز می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به تجزیه و تحلیل مصرف انرژی و بهره‌وری اقتصادی و بهینه‌سازی آن‌ها در تولید انگور به روش سنتی و نیمه مکانیزه در استان قزوین به روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شد و نتایج نشان داد متوسط مصرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای کشت یک هکتار انگور در تولید سنتی منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۲٦۲۱٤/۱۷ و ۲۵۳۱۱۰ مگاژول و متوسط مصرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای کشت یک هکتار انگور در تولید نیمه‌مکانیزه منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۲۵۲٤۹/۳۰ و ۲۸٤۳۸۰ مگاژول بود.

نسبت انرژی انگور برابر با ۹/٦٦ و ۱۱/۲٦ به ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه، بهره‌وری انرژی انگور، ۰/۸۲ و ۰/۹۵ کیلوگرم بر مگاژول به ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه، میزان شدت انرژی انگور، ۱/۲۲ و ۱/۰٤ مگاژول بر کیلوگرم به ترتیب در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه و همچنین میزان افزوده خالص انرژی، ۲۲٦۸۹۵/۸۳ (روش سنتی) و ۲۵۹۱۳۰/۷۰ مگاژول بر هکتار (نیمه‌مکانیزه) برآورد گردید.

سود خالص یک تن انگور در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه به ترتیب، ۲٦۰۹/۷۷ و ۲۹۹۵/۲۲

دلار بر هکتار و کل هزینه تولید برای یک هکتار در روش سنتی و نیمه‌مکانیزه ٦٠٧/٧٢ و ٦١٩/٧٧ دلار به دست آمد.

میانگین نمرات کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید انگور سنتی به ترتیب برابر ۰/۹۰، ۰/۹۵ و ۰/۹٤ می‌باشد. همچنین میانگین نمرات کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای تولید انگور نیمه‌مکانیزه به‌ترتیب برابر ۰/۹۱، ۰/۹۷ و ۰/۹۳ است.

بر اساس نتایج پیروی از الگوی مصرف بهینه ارائه‌شده منجر به کاهش ۲۵/۱۹ درصدی در انرژی مصرفی انگور سنتی شده است و همچنین الگوی مصرف بهینه منجر به کاهش ۲٤/۷۸ درصدی در انرژی مصرفی انگور نیمه‌مکانیزه شده است.

REFRENCES

Ajab Shirchi, Y., Taki, M., Abdi, R., Qabadifar, A., and Ranjbar, A. 2018. Investigating in rainfed wheat cultivation by Data Envelopment Analysis (DEA) technique (Case Study: Silakhor plain). *Agricultural Machinery Journal*, 1(2): 122-132.

Banaeian, N., Omid, M., and Ahmadi, H. 2011. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. *Energy Conversion and Management*, 52(2): 1020-1025.

Banker, R., Charnes, A., and Cooper, W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30: 1078-1092.

Canakci, M., and Akinci, I. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, 31(8-9): 1243-1256.

Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.

Chauhan, N. S., Mohapatra, P. K., and Pandey, K. P. 2006. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking—An application of data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management*, 47(9-10): 1063-1085.

Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, I. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Takat province of Turkey. *Energy* 32: 35-41.

Ghasemi-Mobtaker, H., Kaab, A., and Rafiee, S. 2020. Application of life cycle analysis to assess environmental sustainability of wheat cultivation in the west of Iran. *Energy*, 193. 116768.

Gholami Parshkohi, M., Rashidi, M., Abbas, S., and Hanifi, M. 2013, The drying process of red currant grapes in two stages, *National Agricultural Management Conference*, *Jahrom* (in Farsi).

Guzman, GI., and Alonso, AM. 2008. A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. I*nternational Journal of Energy Economics and Policy*. 1(4): 95-106.

Haji Agha Alizadeh, H. and Taromi, K. 2014. An Investigation of Energy Use Efficiency and CO2 Emissions for Grape Production in Zanjan Province of Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2 (7): 2249-2258.

Heydari, J. 2013. Determination of physical and mechanical properties of two commercial olive varieties in Qazvin province. *Master's thesis, Islamic Azad University, Takestan Branch*. (in Farsi).

Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Nabavi-Pelesaraei, A., Khanali, M., Ghahderijani, M., and Chau, K. W. 2018. Application of data envelopment analysis approach for optimization of energy use and reduction of greenhouse gas emission in peanut production of Iran. *Journal of Cleaner Production*, 172: 1327-1335.

Hu, JL., and Kao, CH. 2007). Efficient energy-saving targets for APEC economies. *Energy Policy*, 35:373–82.

Kaab, A. 2018. Management and optimization of energy consumption and evaluation of environmental effects of sugarcane production. *Master's thesis. University of Tehran* (in Farsi).

Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., and Chau, K. 2019. Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Sci. Total Environ*, 664: 1005–1019.

Kaltsas, A. M., Mamolos, A. P., Tsatsarelis, C. A., Nanos, G. D., and Kalburtji, K. L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 122(2): 243-251.

Karimi, M. and Moghaddam, H. 2018. On-farm energy flow in grape orchards. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17: 191–194.

Kuosmanen, T., 2006. Stochastic nonparametric envelopment of data: combining virtues of SFA and DEA in a unified framework. *MTT Discussion Paper 3. Finland*. 53 pp.

Mohammadi, A. 2008. Measuring the efficiency of poultry production units with the data coverage analysis approach, a case study of Fars province. *Agricultural Economics and Development*, 63: 116-89.

Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Dalgaard, T., Knudsen, M. T., and Hermansen, J. E. 2014. Joint Life Cycle Assessment and Data Envelopment Analysis for the benchmarking of environmental impacts in rice paddy production. *Journal of Cleaner Production*, 106: 521-532.

Mousavi-Avval, S., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Energy*, 36(5): 2765-2772.

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Karadeniz, F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45(11-12): 1821-1830.

Qelichi, F., Ehsani, F., Mehdizadeh, A., and Qelichi, A. 2013. Evaluation of the efficiency of Parsian Bank branches using data envelopment analysis (DEA) method. *The 4th National Data Envelopment Analysis Conference, Mazandaran University* (in Farsi).

Rajabi Hamedani, S., Keyhani, A., and Alimardani, R. 2011. Energy use patterns and

econometric models of grape production in Hamadan province of Iran. *Energy Journal*, 36: 6345-6351.

Rasouli1, M., Namdari, M. and Mousavi-Avval, H. 2014. Modeling and analysis of energy efficiency in grape production of Iran. *Journal of Agricultural Technology*, 10 (3): 517-532.

Romero-Gámez, M., Suárez-Rey, E., Antón, A., Castilla, N., and Soriano, T., 2012. Environmental impact of screenhouse and open-field cultivation using a life cycle analysis: the case study of green bean production. *Journal of Cleaner Production*, 28: 63-69.

Samavatean, N., Rafiee, S., Mobli, H., and Mohammadi, A. 2011. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. *Renewable Energy*, 36(6): 1808-1813.

Sarkhil, S., Taheri Hajivand, A., and Hemmati, A., and Navid, H. 2018, Analysis and study of energy flow in olive production, a case study of Tarem city. *The Third International Seminar on Oilseeds and Edible Oils, Tehran*. (in Farsi).

Zare, Sh. 2005. Economics of production and efficiency of grape growers in Khorasan province (case study of Kashmar city). *Agricultural Economics and Development*, 279-325.

.

Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 2/No. 2/Summer 2022/P: 79-100

https://www.sarj.iauk.ac.ir

Optimization of Energy Consumption and Economic Productivity of Different Methods of Grape Production Using Data Envelopment Analysis

Asmaeil Rahmani [1], Mohammad Gholami Parashkoohi [2*], Davood Mohammad Zamani[3]

[1] Ph.D. Student of Agricultural Mechanization, Department of Agricultural Mechanization, Islamic Azad University, Takestan Branch, Takestan, Iran

[2] Associate Professor, Department of Agricultural Mechanization, Islamic Azad University, Takestan Branch, Takestan, Iran

[3] Assistant Professor, Department of Agricultural Mechanization, Islamic Azad University, Takestan Branch, Takestan, Iran

Corresponding Author's Email: gholamihassan@yahoo.com

(Received: July. 31, 2022– Accepted: September. 22, 2022)

ABSTRACT

In 2020, this research has been devoted to the determination of energy indicators and economic analysis in the vineyards of Qazvin province, after calculating the amount of energy consumption and economic indicators, optimization was done using the method of data envelopment analysis. According to the results, the energy ratio of grapes was estimated as 9.66 and 11.26 in traditional and semi-mechanized methods, respectively. Also, the economic results showed that the net profit of one ton of grapes in the traditional and semi-mechanized method was 2609.77 and 2995.22 dollars per hectare, respectively. Data coverage analysis method showed that the average scores of technical efficiency, pure technical efficiency and scale efficiency for traditional grape production are 0.90, 0.95 and 0.94 respectively. Also, the average scores of technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency for semi-mechanized grape production are 0.91, 0.97, and 0.93, respectively. Based on the results of optimal consumption, it has led to a 25.19% reduction in the energy consumption of traditional production and a 24.78% reduction in the energy consumption of semi-mechanized grape production. According to the results, the high energy consumption of chemical fertilizers should be directed towards organic agriculture and less use of chemical fertilizers and pesticides as much as possible. Also, it is suggested that optimal energy consumption and saving at the level of farmers should be advertised and promoted by the relevant bodies.

Keywords: Energy, Grape, Economic, Optimization, Data envelopment analysis