نشریه مکانیزاسیون کشاورزی/ دوره ۸ شماره ٤/ سال ١٤٠٢/ صفحه‌های ٥٣-٦٥

کارایی انرژی در تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز: کاربرد رهیافت‌های مرزی تصادفی و شاخص انرژی

قادر دشتی[1*]، رویا باغبان آدمی[1] و باب‌اله حیاتی[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱

۱- گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
* مسئول مکاتبه: قادر دشتی E-mail: Dashti-g@tabrizu.ac.ir

چکیده

با عنایت به گسترش سطح زیرکشت کلزا در سال‌های اخیر به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی اغلب نقاط کشور از جمله شهرستان تبریز و تولید حدود ۵۵ درصد کلزای استان در این منطقه، انجام تحقیق پیرامون ابعاد اقتصادی مصرف انرژی من‌جمله کارایی آن ضروری به نظر می‌رسد. این مطالعه با هدف ارزیابی کارایی انرژی و عوامل موثر بر آن در تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز صورت گرفت. در این راستا اطلاعات مربوط به نهاده‌ها و ستاده با تکمیل پرسشنامه از زارعین کلزاکار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ جمع‌آوری گردیده و سپس داده‌ها با استفاده از هم‌ارزهای استاندارد به میزان انرژی تبدیل شد. برای محاسبه کارایی از رهیافت‌های مرزی تصادفی و شاخص انرژی استفاده به عمل آمد. برآورد تابع تولید ترانسلوگ (برحسب انرژی نهاده‌ها و محصول) نشان داد که میانگین کارایی انرژی مزارع مورد مطالعه ۷۱/۱۷ درصد بوده و عوامل سن، بیمه محصول، میزان تحصیلات تاثیر مثبت و تعداد قطعات تاثیر منفی بر کارایی نشان دادند. برابر یافته‌های تحقیق، شاخص‌های انرژی، شامل کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۲/۳۲ و ۰/۰۹کیلوگرم بر مگاژول بدست آمد. نظر به تاثیر مثبت تحصیلات و سن کشاورزان بر کارایی توصیه می‌شود به بهره‌برداران تحصیلکرده و دارای تجربه در تولید کلزا بهره توجه شود. ضمن اینکه کاهش تعداد قطعات کشت و یکجاکاری محصول کلزا نیز به بهبود کارایی انرژی منجر خواهد شد. نهایتا نظر به وجود ارتباط مستقیم بین مقادیر کارایی انرژی محاسبه شده از رهیافت SFA و میزان شاخص کارایی و بهره‌وری در مطالعات آتی نیز از هر دو رهیافت استفاده بعمل آید تا با اطمینان بیشتری در خصوص شرایط حاکم بر تولید و کارایی محصول بتوان اتخاذ تصمیم نمود.

کلمات کلیدی: تابع تولید، رهیافت مرزی تصادفی، شاخص انرژی، کارایی، کلزا

Energy Efficiency of Canola Production in Tabriz County: Application of the Stochastic Frontier Function and Energy Index Approaches

Ghader Dashti[1*] , Roya Baghban Adami[2] and Bobollah Hayati[1]

1. Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
Received: August 6, 2023 Accepted: January 23, 2024

* Corresponding Author: E-mail: Dashti-g@tabrizu.ac.ir

Abstract

Considering the development of canola production in recent years due to adaptation to climatic conditions, most regions of the country including Tabriz county and production of 55 percent of canola in this county, study of economic aspects of energy usage especially its efficiency is necessary. Therefore, the objective of this study was to measure the energy efficiency and its effective factors in canola production in Tabriz county. In this regard, the data collected from canola farmers in the crop year of 2021-2022. Then were used to estimate stochastic frontier production function (based on energy input and crop) along with the function of inefficiency and the technical efficiency of farms determined. In the following, energy ratios including energy efficiency, and net energy productivity were calculated. The estimated translog production function (in terms of energy and crop energy) showed that the mean energy efficiency was 71.17 percent and the factors of age, product insurance, education level and the number of plots affect the efficiency. Energy indexes, including energy efficiency and energy productivity were calculated as 2.32 and 0.09 kg / mj, respectively. Considering the positive effect of education and age of farmers on efficiency, it is recommended to pay attention to educated and experienced producers of canola. In addition, reducing the number of planting plots of canola yield will caused to increase energy efficiency. Finally, considering the direct relation between the estimated energy efficiency and the SFA approach and the efficiency and productivity index in future studies, both approaches will be used to make decisions with more certainty about the conditions governing the production and efficiency of the product.

Keywords: Canola, Efficiency, Energy, Production function, Stochastic frontier approach

۱- مقدمه

اشـــکال مختلف انرژی یکی از بارزترین و مؤثرترین نهاده‌ها در دنیای در حال تحول امروزی می‌باشد. وابستگی بخش کشاورزی به مصرف انرژی، همگام با گسترش مکانیزاسیون کشاورزی و استفاده از روش‌های نوین تولید در این بخش، رو به افزایش است. استفاده کارآمد از انرژی یکی از اجزای اصـــلی کشـــاورزی پایدار محســـوب می‌شـــود. نیاز مبرم به افزایش تولید غذا ســـبب افزایش اســـتفاده از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، ماشین‌آلات کشاورزی و دیگر منابع انرژی شـده‌اسـت. ازسـوی دیگر اسـتفاده بیش از حد از این منابع به عنوان نهاده‌های ورودی به سـیسـتم‌های کشـاورزی سـبب مشـکلات تهدیدآمیزی برای بهداشـت همگانی محیط‌زیسـت می‌شـود. در این میان افزایش کارایی انرژی در تولید منابع غذایی از زوال منابع‌طبیعی جلـوگـیـری مـی‌کـنـد (Hassanzadeh Awal and Rezvani Moghaddam, 2013). از همین رو توجه به مقوله ســـنجش و ارزیابی بهره‌وری و کارایی انرژی در راســـتای بهره‌گیری اصـــولی از منابع موجود، ضروری بنظر می‌رسد. اصولا مصرف انرژی در بخش کشـــاورزی به دو بخش مســـتقیم وغیرمســـتقیم تقســـیم می‌شـــود. انرژی‌های مستقیم عبارت از سوخت ماشین‌آلات، الکتریسته، انرژی موردنیاز در سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و روشنایی هستند. انرژی غیرمســـتقیم نیز انرژی مصـــرفی در زمینه تولید کودهای شـــیمیایی، تولید بذر، ماشـــین‌آلات و ســـموم را شـــامل می‌شـــود (Ahmadi and Rezvani Moghaddam, 2016). اســـتفاده از رقم‌های پرمحصول، سامانه‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سم‌های شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون، سبب افزایش مصرف انرژی درکشـــاورزی مدرن شـــده‌اســـت، به گونه‌ای که انرژی نهاده مورداستفاده در سامانه‌های نوین کشاورزی در مقایسه با سامانه‌های

سنتی کشاورزی، بسیار زیاد است. در واکنش به استفاده بی‌رویه از انرژی نهاده، الگوی مصرف انرژی در فرآیندهای تولید کشاورزی به طور مؤثری اصلاح شده‌است. به ویژه آنکه، افزایش مصرف انرژی نهاده به منظور به دست‌آوردن بیشترین محصول ممکن است به دلیل هزینه‌های فزاینده تولید، به بیشترین سود منجر نشود، اما برخی از بررسی‌های انجام‌شده در ایران نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بخش کشاورزی، در دهه‌های اخیر، روندی افزایشی داشته‌است و نسبت انرژی خروجی به ورودی سیر کاهشی داشته‌است، هر چند نتایج برخی بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که همراه با افزایش انرژی نهاده (ورودی)، انرژی ستاده (خروجی)، رشد بیشتری داشته و شاخص‌های کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی دارای روند صعودی بوده‌است(Nikoukar, 2020). به عنوان نمونه براساس پژوهش صورت گرفته در مورد الگوی مصرف انرژی در تولید غلات ایران(گندم، جو، برنج و ذرت) مشخص گردید که روند مصرف و تولید انرژی سیر صعودی داشته است. بر این اساس شاخص‌های کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی در غلات روند افزایشی را تجربه کرده است (Kardoni et al, 2018).

در همین راستا پژوهش‌های متعددی در نقاط مختلف جهان، در بوم نظام‌های زراعی، به منظور ارزیابی کارایی انرژی در تولید محصولات زراعی انجام‌گرفته است. Akcaoz (2011) به بررسی مصرف انرژی در تولید موز شهر مرسین در کشور ترکیه پرداخت. بدین منظور اطلاعات مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از ۸۹ تولیدکننده موز جمع‌آوری شد. نتایج نشانگر آن بود که کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۵۱۵۶۰/۰۵ و۹۸۰۲۴مگاژول بر هکتار می‌باشد. همچنین بهره‌وری انرژی ۱/۰۰ کیلوگرم بر مگاژول، نسبت انرژی خروجی به ورودی (کارایی)، ۱/۹۰ مگاژول بر هکتار و انرژی خالص ۴۶۴۶۴/۸۳ مگاژول بر هکتار برآورد شد. Esfanjari Kenari et al (2015) به بررسی کارایی مصرف انرژی در گلخانه‌های تولید خیار استان تهران پرداختند. در مطالعه مذکور میزان مصرف انرژی و شاخص‌های انرژی در تولیدات خیار گلخانه‌ای استان تهران محاسبه و سپس کارایی انرژی با روش تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA) تجزیه و تحلیل شده است. نتایج مطالعه نشان داد که کارایی انرژی ۰/۵۲ کیلوگرم بر مگاژول و بهره‌وری ۰/۶۵ کیلوگرم بر مگاژول است. Aydin et al (2018) به مطالعه کارایی مصرف انرژی و تحلیل اقتصادی تولید سیب کشور ترکیه پرداختند. برابر نتایج حاصله کارایی مصرف انرژی ، ۱/۳۶ کیلوگرم بر مگاژول و بهره‌وری انرژی ۰/۵۷ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد. نیکوکار Nikoukar (2020) در بررسی ابعاد اقتصادی و زیست محیطی موازنه انرژی تولید چغندرقند در بازه زمانی سال‌های ۹۴-۱۳۷۹ با برآورد تابع تولید کاب – داگلاس دریافتند که فقط از عوامل ماشین آلات و کود دامی به شکل اقتصادی بهره گرفته می‌شود. Belete (2020) به برآورد کارایی فنی تولید ذرت کشور اتیوبی با بهره‌گیری از تابع مرزی تصادفی پرداختند. برابر یافته‌های تحقیق میانگین کارایی فنی ذرت کاران ۶۹/۲۳ درصد گزارش گردید. ضمن اینکه عواملی نظیر سن، درآمد زارع، دسترسی به اعتبارات و دسترسی به بذر اصلاح شده تأثیر معنی‌داری بر کارایی کشاورزان داشتند. Uysal et al (2020) در مطالعه مصرف انرژی در تولید مرکبات ترکیه به این نتیجه رسیدند که بیشترین سهم انرژی مربوط به کودها بوده و کارایی مصرف انرژی در تولید پرتقال ۱/۸۳-۱/۵۳ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد. Taghinazhad and Vahedi (2022) الگوی مصرف انرژی و حساسیت نهاده‌ها در تولید محصول گندم آبی استان اردبیل را با تخمین تابع تولید کاب-داگلاس و محاسبه بهره‌وری نهایی (MP)مطالعه کردند. یافته‌ها نشان داد انرژی عوامل ماشین آلات، نیروی انسانی و سموم تاثیر معنی‌داری بر انرژی خروجی داشته و بهره‌وری انرژی ۰/۱۱۶ کیلوگرم برمگاژول و کارایی آن ۱/۶۷ می باشد. چاوشی و همکاران(2023) Chavoshi et al کارایی انرژی مزارع گندم دیم و عوامل مؤثر بر آن شهرستان اهر را مطالعه کردند. نتایج استفاده از رهیافت تحلیل مرزی تصادفی یعنی برآورد تابع تولید ترانسلوگ و نیز تابع عدم‌کارایی نشان داد که انرژی عوامل تولید نیروی کار، سموم و ماشین‌ها تأثیر معنی‌داری بر انرژی خروجی محصول گندم دارند. ضمن اینکه مشخص گردید عواملی نظیر فاصله مزارع تا روستا، شیب اراضی، تعداد قطعات گندم دیم و سطح زیرکشت گندم بر عدم‌کارایی انرژی اثرگذار می‌باشند. میانگین کارایی انرژی تولیدکنندگان گندم ۵۱ درصد برآورد گردید. بدین ترتیب درصورت بهره‌گیری کارا از انرژی نهاده‌ها و مدیریت اصولی فرایند تولید می‌توان سطح انرژی محصول خروجی را ۴۹ درصد افزایش داد. مرور مطالعات صورت‌گرفته مؤید آن بود که در اکثر موارد در بررسی کارایی انرژی از نسبت‌های انرژی بهره‌گرفته شده‌است. همچنین در ارزیابی ارتباط نهاده‌ها و ستاده عمدتا از تابع تولید کاب‌داگلاس استفاده گردیده‌است. در مطالعه حاضر جهت درک درست و منطبق بر ادبیات اقتصادی علاوه بر نسبت‌های انرژی، سعی می‌شود با برآورد یک تابع تولید مناسب (برحسب انرژی نهاده‌ها و ستاده)، کارایی انرژی مزارع مشخص گردد؛ چراکه با داشتن مقادیر کارایی بنگاه‌ها، امکان و پتانسیل افزایش انرژی ستاده بدون افزایش بکارگیری نهاده‌های بیشتر مشخص می‌گردد. ضمن اینکه همسویی نتایج رهیافت مرزی تصادفی با یافته‌های حاصل از رهیافت شاخص‌های انرژی نیز صحت و اعتبار نتایج بدست آمده را قوت خواهد بخشید.

در بین محصولات کشاورزی، کلزا بعد از سویا با تولید ۶۸ میلیون تن، دومین گیاه روغنی زراعی دنیا است(Dargahi et al, 2016) . این گیاه تا دو دهه پیش در نظام‌های زراعی ایران جایگاهی نداشت ولی در سال‌های اخیر، با توجه به کمبود منابع روغن‌های گیاهی، سطح زیرکشت کلزا به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی اغلب نقاط کشور افزایش یافت (Mirhashemi and Bannayan Awal, 2012). برابر آمار موجود، کل سطح زیرکشت کلزا درایران طی سال زراعی ۱۴۰۰-۰۱ بالغ بر ۱۵۳ هزارهکتار بوده که بیش از ۸۴ درصد آن به صورت کشت آبی می‌باشد. محصول تولیدی درسال موردنظر ۲۹۰۸۴۰ تن گزارش گردیده‌است که ۸۸ درصد محصول کلزای کشور مربوط به زراعت آبی می‌باشد. عملکرد کلزای آبی ۱۹۵۹ کیلوگرم در هکتار بوده است. استان آذربایجان‌شرقی در سال زراعی مذکور حدود ۱/۵ درصد سطح زیرکشت و۱/۹ درصد تولید کلزا را دارا بوده و لذا مشخص می‌شود عملکرد محصول در استان از متوسط کشوری بالاتر می‌باشد. دربین شهرستان‌های استان، تبریز با ۱۱۸۰هکتار، ۴۴ درصد سطح زیرکشت و ۵۱ درصد تولید کلزای استان را به خود اختصاص داده است بطوریکه عملکرد کلزای شهرستان تبریز از متوسط استان و کشور بیشتر می‌باشد (Ministry of Agriculture Jihad, 2022).

در دنیای در حال تحول امروزی در فرایند تولید محصولات کشاورزی من‌جمله کلزا از تجهیزات و ماشین‌های متعددی استفاده می‌شود که وابستگی شدیدی به مصرف انرژی دارند. مقدار انرژی مصرفی نه تنها به نوع محصول بلکه به نوع مواد به کارگرفته‌شده در تولید آن محصول نیز بستگی دارد، به گونه‌ای که در هر سیستم تولیدی کارایی انرژی حاصله متفاوت می‌باشد. بدین ترتیب مصرف انرژی در کشاورزی و بهینه‌سازی آن به صورت یک مسأله درآمده‌است. تحت این شرایط تجزیه و تحلیل داده-ستاده از نظر انرژی برای سیاست‌گذاران و طراحان فرصتی را فراهم می‌کند تا فعل و انفعالات مصرف انرژی را بطور اقتصادی ارزیابی نمایند. نظر به اهمیت و جایگاه ویژه‌ی محصول کلزا به عنوان یک منبع تامین روغن خوراکی موردنیاز کشور، ضرورت پرداختن علمی به ابعاد اقتصادی تولید آن آشکار می‌شود. در شهرستان تبریز هرچندکه در سال زراعی۱۴۰۰-۱۳۹۹، ۱۱۹۹ تن کلزا تولید گردیده اما درخصوص جریان و موازنه انرژی و کارایی تولید کلزا مطالعه‌ای به چشم نمی‌خورد، بنابراین لازم است که به بررسی و تجزیه و تحلیل الگوی مصرف انرژی و کارایی آن در سامانه تولید این محصول در شهرستان تبریز پرداخته شود. نظر به بکارگیری منابع مختلف انرژی در فرایند تولید کلزا در منطقه تبریز، به نظر می‌رسد درک درست از جریان وموازنه انرژی و نیز سنجش بهره‌وری و کارایی آن می‌تواند دید روشنی به تولیدکنندگان در خصوص تولید کلزا ارائه نماید تا آن‌ها با لحاظ اصول اقتصاد از منابع موجود بهره بگیرند. ضمن اینکه فهم و درک علمی این روابط به سیاست‌گذاران نیز در جهت اتخاذ تصمیمات مبتنی بر واقعیات کمک خواهدکرد. از همین رو کارایی انرژی از دو رهیافت شاخص انرژی و تحلیل مرزی تصادفی مورد ارزیابی واقع می‌شود. بنابراین هدف اصلی تحقیق حاضر اندازه‌گیری کارایی انرژی در تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

کارایی به صورت تولید حداکثر مقدار محصول به‌ازای مقدار مشخصی از عوامل تولید و یا استفاده از حداقل مقدار عوامل تولید برای تولید مقدار معینی از ستاده تعریف می‌شود. از همین‌رو آن را می‌توان بر حسب نسبت مقدار ستاده به دست آمده به مقدار ستاده بهینه (حداکثر ستاده در سطح معینی از عوامل تولیدی) و یا بر حسب نسبت حداقل مقدار ممکن عوامل تولید به مقدار مصرف واقعی آن (حداقل مصرف آنها در سطح مشخصی از ستاده) بیان نمود(Bakhshoodeh and Thomson, 2001) . در اقتصاد کارایی به روش‌های پارامتری و غیرپارامتری محاسبه می‌شود. در مطالعه حاضر از هر دو روش برای سنجش میزان کارایی انرژی بهره گرفته شده است. در روش پارامتریک، با برآورد یک تابع تولید یا هزینه، شاخص کارایی محاسبه می‌گردد؛ درحالیکه در روش ناپارامتریک، با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی یا شاخص، کارایی واحدهای تولیدی اندازه‌گیری می‌شود (Belete, 2020). برای سنجش میزان کارایی، روش تابع تولید مرزی بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌است. تابع تولید مرزی برای تعیین کارایی، شکاف موجود بین تولیدکننده‌ها را لحاظ می‌کند(Battese and Coelli, 1992). برتری این مدل نسبت به سایر مدل‌ها، دراین است که جمله اخلال آن ترکیبی از دو جزء عدم‌کارایی و عوامل تصادفی می‌باشد. به عبارت دیگر در این مدل بخشی از انحراف نقاط مشاهده‌شده از تابع مرزی ناشی از عدم‌کارایی و بخش دیگر آن مربوط به عوامل تصادفی و خارج از کنترل مدیر است. در روش تابع مرزی تصادفی که اولین بار توسط آیگنر و همکاران Aigner et al(1997) مطرح گردید، به تاثیر عوامل برون‌زا توجه شده است. بر مبنای تعریف، تابع تولید رابطه فنی و فیزیکی بین مقدار نهاده‌ها و ستاده را نشان می‌دهد. از آنجا که موضوع مورد بحث در این بررسی، مقایسه انرژی نهاده‌ها و ستاده و برآورد کارایی انرژی در تولید کلزا است، لذا به جای مقدار فیزیکی نهاده‌ها و ستاده، هم‌ارزهای انرژی هریک از نهاده‌ها و ستاده در تابع تولید قرار داده می‌شود. هم‌ارزهای انرژی ستاده(محصول کلزا) و هریک از نهاده‌های تولید کشاورزی که در واحد سطح می‌باشند، از مطالعات گذشته

استخراج شده و برای تبدیل مقدار هر نهاده و محصول به واحدهای انرژی(مگاژول/هکتار)، مطابق جدول (۱) مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- ضریب‌های هم ارز انرژی نهاده‌ها و ستاده‌ها در تولید کلزا

Table 1. Energy coefficients of different inputs and outputs in canola production

انرژی نهاده و ستاده Input and output energy	معادل انرژی در واحد Energy equivalent.unit^{-1}	واحد انرژی Energy unit	مرجع Reference
	نهاده Input		
نیروی انسانی Human labor	1.96	مگاژول بر ساعت MJh^{-1}	Aydın *et al*., 2019
ماشین‌آلات Machinery	64.80	مگاژول بر ساعت MJh^{-1}	Aydın *et al*., 2019
حشره‌کش‌ها Insecticides	101.20	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Aydın *et al*., 2019
قارچ‌کش‌ها Fungicides	216.00	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Aydın *et al*., 2019
نیتروژن Nitrogen	60.60	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Aydın *et al*., 2019
فسفر Phosphorus	11.15	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Aydın *et al*., 2019
پتاسیم Potassium	6.70	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Aydın *et al*., 2019
گازوئیل Disel	56.31	مگاژول بر لیتر MJL^{-1}	Aydın *et al*., 2019
الکتریسیته Electric	3.60	مگاژول بر کیلووات‌ساعت $MJkWh^{-1}$	Aydın *et al*., 2019
آب آبیاری Irrigation water	0.63	مگاژول بر مترمکعب MJm^{-3}	Aydın *et al*., 2019
	ستاده output		
دانه کلزا Canola Grain	25	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Dargahi *et al*, 2016
کاه کلزا Canola straw	12.5	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Dargahi *et al*, 2016

فرم کلی تابع تولید مرزی تصادفی در رابطه (۱) آمده است:

$$y_i = f(x_i, ß)\exp(\varepsilon_i) \quad i=1,2,3,...,N \qquad (۱)$$

در رابطه مزبور y_i مقدار تولید مزرعه i ام ، x_i بردار نهاده‌های بکار گرفته شده در مزرعه i ام ، ß بردار پارامترها ، ε_i جمله پسماند یا جمله خطا شامل v_i و u_i را نشان می‌دهد، بطوری که:

$$\varepsilon_i = v_i - u_i \qquad (۲)$$

که در آن v_i جزء خطای تصادفی خارج از کنترل مدیر (مانند شرایط آب و هوا) را نشان می‌دهد و دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس δ_v^2 می‌باشد. u_i نیز بیانگر جزء خطای نامتقارن با توزیع نرمال بوده که ناکارایی فنی مزرعه i ام را نشان می‌دهد. واریانس جمله خطای مرکب تابع تولید مرزی با استفاده از جمله پسماند بصورت رابطه (۳) نوشته می‌شود:

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \qquad (۳)$$

با استفاده از مقادیر واریانس‌ها رابطه (۴) قابل حصول است:

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2} \quad (۴)$$

حال اگر مقدار آماره γ مساوی با صفر باشد، لذا $\sigma_u^2 = 0$ بوده و کلیه تفاوت انرژی بدست آمده با انرژی مورد انتظار مربوط به عوامل خارج از کنترل بوده و لذا، تعیین کارایی فنی میسر نخواهد بود. چنانچه که بخشی از جمله پسماند، مربوط به عوامل مدیریتی باشد، روش حداکثر درست‌نمایی را می‌توان برای محاسبه کارایی فنی به‌کار برد. با تخمین تابع تولید مرزی تصادفی می‌توان کارایی فنی را بصورت رابطه‌ی (۵) تعریف کرد (Battese et al, 1989):

$$TE_i = \exp(-u_i) \quad (۵)$$

مقدار آن برای مزرعه کارا مساوی یک خواهد بود. برای سایر مزارع مقدار آن بین صفر و یک بوده و لذا تولیدکنندگان به شکل نسبتاً ناکارا تولید می‌کنند (Tanursaz et al, 2021).

جهت تشخیص تابع ارجح از آزمون نسبت درست‌نمایی تعمیم یافته[1] مطابق رابطه‌ی (۶) استفاده به عمل آمد:

$$\lambda = -2[Lnl_{Cobb-Douglass} - Lnl_{Translog}] \quad (۶)$$

λ به‌صورت خی‌دو[2] با درجه آزادی R توزیع شده است. چنانچه λ از مقداربحرانی خی‌دو جدول بیشترگردد، فرم تابعی ترانسلوگ مورد استفاده قرار می‌گیرد (Dashti et al, 2021).

فرم کلی تابع تولید ترانسلوگ مطابق رابطه (۷) می‌باشد (Hong and Yabe., 2019):

$$Ln\,Y = \alpha + \sum_{i=1}^{n} \beta_i Lnx_i + 1/2 \sum_{i=1}^{n} \beta_{ii} (Lnx_i)^2 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=2}^{n} \beta_{ij} (Lnx_i)(Lnx_j) \quad (۷)$$

در مدل مزبور، Y مقدار تولید، X نهاده‌های بکار رفته در تولید، β پارامترهای مدل، α عرض از مبدا و Ln نماد لگاریتم طبیعی می‌باشد. در این مطالعه عوامل نیروی کار (Labor)، آب (Water) ،کود شیمیایی (Fertilizer) و ماشین‌آلات (Machine) به عنوان متغیرهای توضیحی وارد مدل گردیدند.

مدل عدم کارایی به‌صورت هم‌زمان با تابع تولید به گونه‌ای که در رابطه (۸) مشخص شده است برآورد گردید. الگوی مورد استفاده در ارزیابی و تعیین عوامل موثر بر عدم‌کارایی(کارایی) به قرار زیر می‌باشد:

$$NTE = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 D_3 + \beta_4 D_4 \quad (۸)$$

در رابطه فوق، NTE میزان عدم کارایی واحد تولیدی، β_0 پارامتر ثابت در تابع عدم کارایی، β پارامترهای مجهول که باید برآورد شود، می‌باشد، ضمنا ویژگی‌های فردی و اقتصادی کلزاکاران که در تابع عدم کارایی به‌کار گرفته‌شده، به قرار زیر می‌باشد:

D_1 سن کشاورزان بر حسب سال

D_2 متغیر موهومی بیمه‌کردن محصول: صفر برای کشاورزانی که محصول خود را بیمه نکرده‌اند و یک برای کشاورزان بیمه‌کننده محصول

D_3 تحصیلات کشاورزان: در این خصوص یک برای کشاورزان بی‌سواد، دو برای کشاورزان با تحصیلات ابتدائی، سه برای کشاورزان با تحصیلات راهنمایی، چهار برای کشاورزان با تحصیلات متوسطه و پنج برای کشاورزان با تحصیلات دانشگاهی درنظر گرفته‌شد.

D_4 تعداد قطعات کلزاکاری

جهت مقایسه و ارزیابی واقعی میزان کارایی انرژی نسبت به محاسبه شاخص‌های بهره‌وری و کارایی انرژی نیز اقدام شد. شاخص بهره‌وری انرژی بیانگر آن است که به ازاء هر مگاژول در هکتار انرژی مصرفی نهاده، چندکیلوگرم ستاده حاصل می‌شود . از آنجاییکه شدت انرژی به انرژی مصرف شده به ازای واحد محصول اطلاق می‌گردد لذا شاخص بهره‌وری انرژی و شدت انرژی مفهومی معادل هم دارند. هرچه این شاخص بزرگ‌تر باشد، نشان‌گر بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی است. این شاخص را می‌توان با استفاده از رابطه (۹) محاسبه کرد(Yelman et al, 2019):

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{کل محصولات تولیدی } (\boldsymbol{Kgh^{-1}})}{\text{کل انرژی مصرفی } (\boldsymbol{Mjh^{-1}})} \quad (۹)$$

شاخص کارایی مصرف انرژی نیز نشان‌دهنده آن است که به‌ازای هر مگاژول انرژی مصرفی درهکتار به منظور تولید، چه میزان انرژی برداشت شده‌است. از شاخص کارایی انرژی با عنوان نسبت انرژی نیز یاد می‌شود. هرچه این نسبت بزرگتر باشد، بیانگر بالا بودن کارایی انرژی در مزرعه موردنظر خواهد بود. برای محاسبه شاخص مزبور از رابطه (۱۰) استفاده می‌گردد(Szemplinski et al, 2021):

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{کل انرژی محصولات تولیدی } (\boldsymbol{Mjh^{-1}})}{\text{کل انرژی مصرفی } (\boldsymbol{Mjh^{-1}})} \quad (۱۰)$$

داده‌ها و اطلاعات موردنیاز مربوط به سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بوده که از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسش‌نامه از کلزاکاران شهرستان تبریز جمع‌آوری شد. میزان مصرف نهاده‌ها، مقدار محصول

[1] Generalized Likelihood Ratio Test

[2] Chi- Square

و نیز قیمت‌های آن‌ها از عمده اطلاعات مورد نیاز جهت پرداختن به محاسبات و نیل به هدف تحقیق بود. جامعه آماری مطالعه حاضر، کشاورزان تولیدکننده کلزا در شهرستان تبریز بود. حجم نمونه بر اساس واریانس سطح زیرکشت به عنوان صفت موردنظر با استفاده از رابطه کوکران برابر با ۱۵۰نفر تعیین شد.

نظر بااینکه هدف تحقیق حاضر سنجش کارایی می‌باشد لذا آزمون نسبت درستنمایی مطابق رابطه (۶) انجام و نتیجه در جدول ۲ بیان شده است. باتوجه به اینکه آماره به‌دست آمده از میزان بحرانی جدول در سطح یک درصد بزرگتر است، بنابراین برای محاسبه میزان کارایی، تابع ترانسلوگ شکل برتری نسبت به تابع کاب-داگلاس تشخیص داده شد.

۳- نتایج و بحث

جدول ۲- نتایج آزمون نسبت درست‌نمایی برای انتخاب فرم تابعی کاب-داگلاس یا ترانسلوگ

Table 2. The results of likelihood ratio test for selection Cobb-Douglas or traslog functional form

فرض صفر **Null hypothesis**	LL_{C-D}	$LL_{Translog}$	لامبدا λ	درجه آزادی **Degree of freedom**	خی دو در سطح یک درصد χ^2 **in 0.01 significant level**	تصمیم **Decision**
ارجحیت تابع کاب داگلاس Priority Cobb-Douglas function	-136.24	-123.92	30.44	10	27.72	رد فرض صفر Rejection of the null hypothesis

نتایج برآورد تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی به همراه تابع عدم‌کارایی در جدول ۳ آمده است. ملاحظه می‌شود انرژی عوامل تولید نیروی‌کار، ماشین‌آلات کشاورزی، کود شیمیایی و آب تاثیر معنی‌داری بر مقدار انرژی محصول کلزا نشان می‌دهند. نظر باینکه ضرایب تابع ترانسلوگ دارای تفسیر مستقیمی نمی‌باشند؛ لذا نسبت به محاسبه کشش تولید عوامل اقدام شد. براساس نتایج از دو نهاده ماشین آلات و آب در ناحیه اقتصادی (دوم) استفاده می‌شود در حالیکه ارزان و فراوان بودن نیروی کار موجب بهره‌گیری آن در ناحیه سوم شده است. همچنین با افزایش هزینه تهیه کود شیمیایی میزان بکارگیری آن در ناحیه اول متوقف شده است. بررسی ضرایب متغیر های بکار رفته در مدل عدم‌کارایی نشان داد که متغیر تعداد قطعات سطح زیرکشت کلزا اثر مثبت بر عدم کارایی(اثر منفی بر کارایی) دارد؛ زیرا با افزایش تعداد قطعات کشت محصول، عملا امکان استفاده از تکنولوژی‌های نوین نظیر ماشین‌آلات و آبیاری تحت‌فشار هزینه‌بر و گاها غیرممکن شده و از این‌رو کارایی مزارع تنزل پیدا می‌کند. مطالعه Dashti et al (2017) نیز موید تاثیر منفی تعداد قطعات بر پذیرش و تولید محصول کلزا در شهرستان‌های تبریز و مرند می‌باشد. سن کشاورزان اثر منفی روی عدم‌کارایی و لذا تاثیر مثبت بر کارایی نشان داد؛ بطور معمول افراد دارای سن بالاتر از توانایی، تجربه و مهارت لازم برای تولید بیشتر برخوردار بوده و بدین‌ترتیب کارایی آنان بهبود می‌یابد. نتایج تحقیقات Dashti et al (2012) و Molaei et al (2017) بیانگر اثر معنی‌دار سن بر کارایی بهره‌برداران می‌باشد. عامل بیمه محصول دارای اثر منفی بر عدم‌کارایی می‌باشد؛ زیرا کشاورزانی که محصول خود را بیمه می‌کنند، درصورت وقوع حوادث، با دریافت غرامت، قادر به جبران قسمتی از خسارت خود خواهند بود از این‌رو با آرامش بیشتری عملیات تولیدی خود را ترتیب می‌دهند که نتیجه آن بهبود کارایی تولید می‌باشد. تحصیلات نیز دارای اثر منفی بر عدم‌کارایی می‌باشد چراکه کشاورزان دارای تحصیلا ت بالاتر در عمل می‌توانند از علوم و فنون جدید و مرتبط راحت‌تر بهره گرفته و به ارتقا کارایی کمک نمایند. یافته‌های Tanursaz et al (2021)و Ghasemi et al (2023) با این نتیجه همسو می‌باشد.

جدول ۳- نتایج برآورد تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی
Table 3. The estimated results of translog frontier production function

متغیر Variable	ضریب Coefficient	انحراف معیار Standard deviation
عرض از مبدأ intercept	-284.74**	121.10
نیروی کار labor	-11.56*	7.07
ماشین‌آلات Machine	-50.05***	20.94
کود شیمیایی Fertilizer	34.32**	14.87
آب Water	10.39*	13.17
نیروی کار – نیروی کار Labor - Labor	0.84*	0.45
ماشین – ماشین Machine - Machine	-2.90	2.14
کود – کود Fertilizer - Fertilizer	0.71	1.07
آب – آب Water - Water	-0.69	0.83
نیروی کار–ماشین labor - Machine	0.99	0.72
نیروی کار–کود labor -Fertilizer	0.33	0.34
نیروی کار–آب Labor-Water	-0.30	0.39
ماشین–کود Fertilizer-Machine	-5.32***	1.49
ماشین–آب Machine - Water	0.58	1.39
کود–آب Fertilizer-Water	-1.04*	0.61
تعداد قطعات کلزاکاری Number of plots	3.70***	0.96
سن کشاورز Farmer age	-1.16***	0.30
بیمه Insurance	-12.10***	4.24
تحصیلات Education	-8.16***	2.69

*****و** و* به ترتیب، معنی‌داری در سطوح یک درصد، پنج درصد و ده درصد را نشان می‌دهند**
***, **, and *** are significant at 10, 5, and 1% level, respectively**.

جدول ۴ توزیع فراوانی کارایی انرژی مزارع کلزای شهرستان تبریز در سطوح مختلف را به نمایش می‌گذارد. مطابق جدول مزبور میانگین کارایی انرژی مزارع کلزا در منطقه موردمطالعه،۷۱/۱۷ درصد است؛ به عبارت دیگر کشاورزان مورد مطالعه، درصورت استفاده بهینه از نهاده‌ها و رعایت اصول مدیریتی، می‌توانند به طور میانگین کارایی انرژی محصول تولیدی خود را حدود ۲۹ درصد افزایش دهند. کمترین میزان کارایی انرژی معادل ۷/۷درصد و بیشترین ان برابر با ۹۴/۶۵ درصد می‌باشد. این امر موید آن است که اختلاف بین کاراترین و ناکاراترین مزارع کلزا ۸۶/۹۵ درصد است. ملاحظه می‌شود تفاوت چشم‌گیری بین کشاورز کارا و غیرکارا در تولید کلزا وجود دارد. همانطوری که اشاره گردید عواملی نظیر سن، تحصیلات، بیمه و تعداد قطعات کشت محصول از جمله موارد تاثیرگذار در این راستا محسوب می‌شود. Norozian et al(2022) میزان کارایی کلزاکاران کشور را ۷۳ درصد و Asadpoor (2016) کارایی کلزاکاران مازندران را ۷۵ درصد گزارش نموده است.

جدول٤-توزیع فراوانی کارایی انرژی مزارع کلزا شهرستان تبریز

Table 4. Frequency distribution of canola farms energy efficiency in Tabriz County

دامنه کار Range of efficiency	فراوانی Frequency	درصد Percentage
<50	16	11.76
50-60	7	5.15
60-70	20	14.70
70-60	48	35.31
80-90	44	32.35
>90	1	0.73
میانگین Mean	71.17	
انحراف معیار Standard deviation	16.25	
حداقل Minimum	7.7	
حداکثر Maximum	94.65	

داده‌های جدول ۵ مؤید آن است که میانگین بهره‌وری انرژی ۰/۰۹ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد، به این معنی که به ازاء هر مگاژول در هکتار انرژی مصرفی، ۰/۰۹ کیلوگرم محصول کلزا تولید می‌شود.

جدول۵- توزیع فراوانی شاخص بهره‌وری انرژی

Table 5. Frequency distribution of energy productivity index

دامنه بهره‌وری Range of productivity	فراوانی frequency	درصد Percentage
> 0.01	92	62.59
0.1-0.2	51	34.69
< 0.2	4	2.72
میانگین Mean	0.09	
انحراف معیار Standard deviation	0.05	
حداقل Minimum	0.02	
حداکثر Maximum	0.34	

بر اساس نتایج حاصله، بهره‌وری بیش از نیمی از کشاورزان کمتر از ۰/۱ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شده‌است. Dargahi et al (2016) ، در ارزیابی بهره‌وری انرژی کلزای استان گلستان رقم مشابهی به دست آوردند. اطلاعات جدول ۶ نشان‌دهنده این است که بطور میانگین کارایی کشاورزان ۲/۳۲ بوده، به این مفهوم که به ازاء یک مگاژول انرژی مصرفی در هکتار، ۲/۳۲ مگاژول در هکتار انرژی برداشت شده است.

جدول٦- توزیع فراوانی شاخص کارایی انرژی

Table 6. Frequency distribution of energy efficiency index

دامنه کار Range of efficiency	فراوانی Frequency	درصد Percentage
< 2	70	48.61
2-4	59	40.97
> 4	15	10.42
میانگین Mean	2.32	
انحراف معیار Standard deviation	1.40	
حداقل Minimum	0.68	
حداکثر Maximum	8.66	

کارایی ۴۰/۹۷ درصد کشاورزان، بین ۲ تا ۴ و۴۲ /۱۰درصد از آن‌ها بیشتر از ۴ می‌باشد که حاکی از برتری آنها در مصرف اصولی انرژی نهاده‌ها است. شاخص کارایی انرژی در مطالعه Dargahi et al (2016) برای استان گلستان ۲/۸ و در پژوهش Babaeian et al (2021) برای کلزاکاران خراسان ۱/۵۴ گزارش شده اشت.

٤- نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نقش و اهمیت انرژی در فرایند رشد و توسعه جوامع و بخش‌های مختلف اقتصادی، در تحقیق حاضر به اندازه‌گیری کارایی انرژی مزارع کلزا در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ پرداخته شد. تخمین تابع تولید ترانسلوگ مرزی‌تصادفی، مؤید آن بود که میانگین کارایی انرژی کلزاکاران منطقه ۷۱/۱۷ درصد بوده که البته اختلاف فاحشی از این حیث بین کشاورزان به چشم می‌خورد. وجود شکاف ۸۶/۹۵ درصدی بین کاراترین و ناکاراترین بهره‌بردار، نشانگر این است که بدون افزایش میزان منابع مصرفی و صرفا با اتکا بر نهاده‌های در دسترس ، امکان افزایش محصول به میزان قابل توجهی وجود دارد. آموزش شیوه‌های اصولی مدیریت مزرعه از طریق شرکت در کلاس-های آموزشی-ترویجی، استفاده از تجارب بهره‌برداران کاراتر و تهیه و توزیع به موقع نهاده‌های مصرفی موردنیاز، از جمله توصیه‌های عملی موثر برای افزایش کارایی می‌باشد.. همچنین مطابق شاخص‌های انرژی منجمله بهره‌وری انرژی و کارایی انرژی که مقادیر آن به ترتیب ۰/۰۹ کیلوگرم بر مگاژول و ۲/۳۲ می‌باشند امکان افزایش کارایی و بهره‌وری وجود دارد. اصولا با افزایش عملکرد یا کاهش انرژی مصرفی و یا هر دو می‌توان کارایی انرژی را بهبود بخشید. این مورد با توانمندسازی زارعین و تقلیل یا حذف عوامل عدم‌کارایی در طول زمان میسر خواهد بود. باتوجه به نتایج حاصله، از آنجایی که تعداد قطعات کلزاکاری اثر مثبت بر عدم‌کارایی دارد، لذا هرچه کشاورز تعداد قطعات بیشتری را به کشت کلزا اختصاص دهد، به سبب اینکه وقت زیادی بین قطعات تخصیص می‌دهد، نمی‌تواند به موقع عملیات زراعی را انجام دهد و لذا کارایی کاهش پیدا می‌کند. در این راستا توصیه می‌شود که کشاورزان از کشت کلزا در قطعات زیاد پرهیز نموده و نسبت به یکپارچه‌سازی مزارع کلزا(یکجاکاری) اقدام نمایند تا ضمن صرفه جویی در زمان و منابع، امکان استفاده کاملتر از ماشین‌آلات کشاورزی و نیز آبیاری تحت‌فشار مهیا شود. همچنین با توجه به تاثیر مثبت بیمه بر میزان کارایی، توصیه می‌گردد با پرداخت به‌موقع غرامت به بهره‌برداران بیمه‌کننده‌ای که دچار خسارت شده‌اند، سایر کشاورزان را به بیمه کردن محصول‌شان ترغیب و تشویق نمایند. از آنجایی که تحصیلات و سن کشاورزان از عوامل مهم تاثیرگذار بر کارایی مزارع منطقه مربوط می‌باشد لذا ارتباط بیشتر مدیریت جهاد کشاورزی منطقه با بهره-برداران تحصیل‌کرده و باتجربه، در جهت بهبود بهره‌وری و ارتقاء کارایی کلزاکاران شهرستان تبریز توصیه می‌شود. نهایتا نتایج نشان داد که بین مقادیر کارایی و بهره‌وری انرژی محاسبه شده از رهیافت مرزی تصادفی و میزان شاخص کارایی و بهره‌وری همسو بوده و بعبارتی یک همبستگی مثبت بین این دو وجود دارد. بدین ترتیب پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی نیز از هردو رهیافت بهره گرفته شود تا با اطمینان بیشتری بتوان در خصوص وضعیت بهره‌گیری از منابع و کارایی تولید محصولات اظهارنظر نمود. البته مزیت عمده رهیافت مرزی تصادفی آن است که ضمن معرفی عوامل اثرگذار معنی‌دار بر مقدار تولید محصول کلزا ، پتانسیل و قابلیت هر مزرعه را در افزایش تولید محصول با همان نهاده‌ها نشان می‌دهد درحالیکه براساس رهیافت شاخص کارایی صرفا میزان کارایی هر بنگاه مشخص می‌گردد و بدون انجام مقایسه با سایر واحدها نمی‌توان توصیه مدیریتی خاصی را ارائه نمود.

٥- منابع

Ahmadi, S., and Rezvani Moghaddam, P. (2016). *An input–output energy and economical analysis of pistachio (Pistacia vera L.) production systems in county of Zarand, Kerman province*. Journal of Agroecology, 8(3), 452-462. doi: 10.22067/jag.v8i3.51325 (In Persian)

Aigner, D., Knox Lovel, C.A. and Schmidt, P. (1997). *Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*. Journal of Econometrics. 6(1), 21-37.

Akcaoz, H. (2011). *Analysis of energy use for banana production: A case of study from Turkey*. African Journal of Agricultural Research. 6(25), 5618-5624.

Asadpoor, H. (2016). Determination of technical, allocative and economic Efficiency of Colza

Dashti Gh., Hayati B., Bakhshi N. and Ghahremanzadeh M. (2017). *Analysis of factors affecting canola plantation development in Tabriz and Marand counties, Iran.* International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD). 7(1), 25-35.

Dashti, Gh., Vahedi, G., and Hosseinzad, J. (2021). *Estimation of Profit Efficiency and its Effective Factors for Rainfed Wheat of Ahar County.* Journal of Agricultural Economics and Development ,29(3),99-121. DOI: 10.30490/aead.2021.353806.1314 (In Persian)

Esfanjari Kenari, R., Shaabanzadeh, M., Jansooz, P., and Omidi, A. (2015). *Analysis energy consumption in greenhouse cucumber production (a case study in Tehran province).* Iranian Journal of Biosystems Engineering, *46*(2), 125-134. doi: 10.22059/ijbse.2015.55670 (In Persian)

Ghasemi E., Dashti, Gh., and Vahedi, J., (2023). *Technical efficiency, environmental efficiency and economic losses of rainfed wheat production in Ahar county.* Agricultural Economics,17(1),1-20. DOI:10.22034/IAES.2022.1971035.1954 (In Persian)

Hassanzadeh Aval F, and Rezvani Moghaddam P. (2013). *Energy efficiency evaluation and economical analysis of Onion (Allium Cepa L.) production in Khorasan Razavi province of Iran* . Iranian Journal of Applied Ecology; 2 (3) ,1-11. (In Persian)

Hong, N. B. and Yabe, M. 2015 . *Resource use efficiency of tea production in Vietnam: using translog SFA model*. Journal of Agricultural Science, 7(9), 160–172.

Kardoni, F., Jami-alahmadi, M. and Bakhshi, M. R. (2018). *Econometric Analysis of Energy Use in Cereal Production of Iran (Case Study: wheat, Barley, Corn,Rice)*. Journal of Agricultural Economics Research. 10 (1): 133-148. (In Persian)

Ministry of Agriculture Jihad. 2022. www.maj.ir.

Mirhashemi, S., and Bannayan Awal, M. (2012). *Model for simulating canola yield under water stress conditions*. Water and Soil, 26(2), 392-403. doi: 10.22067/jsw.v0i0.14169. (In Persian)

Molaei M., Hesari N and Javanbakht O. (2017). *The estimation of input-oriented environmental efficiency of agricultural products, case study: Environmental efficiency of Rice production*. Agricultural Economics, 2(11), 157-172. (In Persian)

producers and affective factors on inefficiency in Mazandaran province. Agricultural Economics and Development, 24(1), 111-135. doi: 10.30490/aead.2016.59024 (In Persian)

Aydın, B., Aktürk, D., Özkan, E,. Hurma, H. and Kiracı, M. A. (2018). *Comparative energy use efficiency and economic analysis of apple production in Turkey: Case of Thrace Region*. Erwerbs-Obstbau. 61(1), 39-45.

Babaeian, M., Kheirkhah, M., Ghorbanzadeh, M., and Jafarian, M. (2021). *Environmental hazards and energy flow in rapeseed agroecosystem Case study: North Khorasan.* Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(4), 325-339. doi: 10.22034/saps.2021.44566.2637 (In Persian)

Bakhshoodeh, M. and Thomson, K.J. (2001). *Input and output technical efficiency of wheat production in Kerman, Iran*. Agricultural Economics, 24, 307-313. (In Persian)

Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1992). Frontier production function, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. Journal of Productivity Analysis. 3, 153-169. (In Persian)

Battese, G.E. and Coelli, T.J. and Colby, T.C. (1989*). Estimation of frontier production function and the efficiencies of Indian farms using panel data from ICRISATs village level studies. Conference(33rd), Christchurch, New Zealand*. Australian Agricultural and Resource Economics Society.

Belete, A. (2020). *Analysis of technical efficiency in maize production in Guji Zone: Stochastic frontier*. Agriculture and Food Security. 9(15), 1-15.

Chavoshi, P., Dashti, G., and Vahedi, J. (2023). Estimation of energy efficiency and its effective factors in rainfed wheat production in Ahar county: Application of the Stochastic Frontier Approach. Agricultural Mechanization, 8(2), 33-43. doi: 10.22034/jam.2023.56088.1237 (In Persian)

Dargahi, M., Jahan, M., Naseri, M., and Ghorbani, R. (2016). *Energy balance evaluation and economical analysis of canola production in Golestan province*. Applied Field Crops Research, 29(3), 50-62. doi: 10.22092/aj.2016.112697 (In Persian)

Dashti Gh., Yavari S, Pishbahar S and Hayati B. (2012). *Effective factors on the broiler firms technical efficiency of the Sonqor-Kolyaeee county.* Journal of Animal Science Research, 21(3), 83-95. (In Persian)

Nikoukar, A. (2020). *Analyzing economical and environmental dimensions of energy balance in sugar beet production in Iran.* Agricultural Economics, 14(1), 115-143. doi: 10.22034/iaes.2020.129241.1774 (In Persian)

Norozian, M., Hoseini, S. M., Akbarei, A., and Dadrasmoghadam, A. (2022). *Effective factors on environmental efficiency rapeseed cultivation in provinces of Iran (Approch spatial econometric).* Agricultural Economics Research, 13(4), 60-77. doi: 10.30495/jae.2021.21934.2043 (In Persian)

Szemplinski,W., Dubis, B, Lachutta, K.M and Jankowski, K.J. (2021). *Energy optimization in different production technologies of winter triticale grain*. Energies. 14,1-12.

Taghinazhad., J.,and Vahedi., A. (2022). *Energy consumption modeling and sensitivity analysis of energy inputs for irrigated wheat production; case study: Ardabil province. Agricultural Mechanization*. 6(4), 11-19. doi: 10.22034/jam.2022.14202. (In Persian)

Tanursaz A, Bakhshoodeh M. and Azarm H. 2021. The effects of conservation tillage on technical efficiency of wheat growers in Dezful county. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(1): 331-348. doi: 10.22034/saps.2021.12819 (In Persian)

Uysal, O., Aydin, B., Subashi, O.S and Aktash, E. (2021). *Effect of good agricultural practices on energy use in citrus farming in Turkey: Case of Mersin province*. Research Paper. 38(2), 125-133.

Yelmen, B., Shahin, H. H and Chakir, M.T. (2019). *Energy efficiency and economic analysis in tomato production: A case study of Mersin province in the Mediterranean region*. Applied Ecology and Environmental Research. 17(4), 7371-7379.

.

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)