J. Agric. Mech., 10 (1):41-52 (2025)

Journal of
Agricultural Mechanization

Online ISSN: 2717-4107
Journal homepage: https://jam.tabrizu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Economic Aspects of Energy Balance in Rainfed Wheat Production in Saqqez County

Ghader Dashti[1*], Parinaz Chavoshi[1], Elham Rahmani[1]

1- Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

***Keywords*:**
Energy Balance,
Energy Index,
Production Elasticity,
Translog Production Function,
Wheat

Received:
September 16, 2024

Revised:
January 19, 2025

Accepted:
January 26, 2025

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

ABSTRACT

The efficient use of energy inputs in agricultural production processes enhances farm efficiency, improves factor productivity, and ultimately reduces costs and the negative environmental impacts of inputs on natural resources. Given the limited availability of resources, studying the economic aspects of energy balances in the agricultural sector is crucial. This research aims to analyze the economic aspects of energy balance in rainfed wheat production in Saqqez County. Data were collected from 270 farmers in the region, and input and output (wheat) values were converted into energy equivalents. A translog production function was estimated to determine the marginal product and elasticity of production factors. The results revealed that labor, pesticides, and machinery energy significantly impact wheat output energy. While the elasticity values confirm the economic use of fertilizer and labor, labor is considered non-economic. Energy efficiency and productivity indices were calculated at 3.02 and 0.11 kg/MJ, respectively. The findings suggest that farmers can enhance production and profitability through the economic use and allocation of resources, as optimizing input consumption improves farm efficiency and factor productivity.

Introduction

The agricultural sector's heavy reliance on fossil fuels and the limited availability of energy resources have prompted researchers to evaluate energy consumption efficiency in crop production across various regions. Optimal and efficient use of energy inputs can lead to increased productivity, reduced environmental impacts, and the establishment of sustainable food production systems. Efficient energy use in agricultural production processes improves farm efficiency and factor productivity while minimizing costs and the adverse effects of inputs on natural resources and the environment. The scarcity of resources underscores the importance of studying the economic aspects of energy balances in agriculture. In Saqqez County, despite the large area dedicated to rainfed wheat cultivation, the low production output highlights the potential for increased productivity. Therefore, investigating energy balance and its efficiency is essential. This study focuses on analyzing the economic aspects of energy balance in rainfed wheat production in Saqqez County.

Materials and Methods

Data were collected from 270 farmers in Saqqez County, and input and output (wheat) values were converted into energy equivalents. A translog production function was estimated to examine the relationship between input energy and output. Production elasticity was calculated to determine the economic or non-economic use of inputs. Production elasticity measures the change in output resulting from changes in input consumption. When the marginal product is less than the average product, production elasticity ranges between 0 and 1, indicating the economic use of a factor. Additionally, energy efficiency and productivity indices were calculated based on input and output energy equivalents.

Results and Discussion

The translog production function estimation revealed that labor, fertilizer, pesticides, and machinery energy significantly affect wheat output energy. The R^2 value of 0.76 indicates that 76% of the variation in output

How to cite:
Dashti, Gh., Chavoshi, P. and Rahmani, E. **(**2025**).** *Economic Aspects of Energy Balance in Rainfed Wheat Production in Saqqez County.* Journal of Agricultural Mechanization, 10 (1):41-52. **https://doi.org/10.22034/jam.2055.63557.1295**

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

energy is explained by these input variables. The energy elasticity of machinery, fertilizer, and seeds was greater than one and positive, confirming their economic use. In contrast, labor input elasticity was negative, suggesting that its overuse places it in the third stage of production. Overall, the results confirm the economic use of fertilizer and seeds, while labor is considered non-economic by farmers. Energy efficiency and productivity indices were calculated at 3.02 and 0.11 kg/MJ, respectively.

Conclusion

Although seeds and fertilizer are generally used economically, some farmers apply these inputs at non-optimal levels, either in the first stage (non-economic) or the third stage (excessive use). Negative elasticity for labor indicates its overuse, driven by its abundance and low cost, which harms productivity and the environment. Farmers can reduce labor consumption and optimize the allocation of other inputs to lower costs and increase profits. By adopting economic principles in resource use, farmers can enhance production and profitability, as efficient input consumption improves farm efficiency and factor productivity. These findings highlight the importance of optimizing energy inputs to achieve sustainable agricultural practices.

نشریه
مکانیزاسیون کشاورزی
شاپا الکترونیکی: 2717-4107
درگاه نشریه: https://jam.tabrizu.ac.ir

مقاله پژوهشی

تحلیل ابعاد اقتصادی بیلان انرژی در تولید گندم دیم شهرستان سقز

قادر دشتی [1*]، پری‌ناز چاوشی [1]، الهام رحمانی [1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۷

۱- گروه اقتصاد کشاورزی - دانشکده کشاورزی - دانشگاه تبریز - تبریز - ایران

* نویسنده مسئول E-mail:Dashti-g@tabrizu.ac.ir

چکیده

بهره‌گیری اصولی از نهاده‌های انرژی در جریان تولید محصولات کشاورزی موجب ارتقای کارایی و بهره‌وری و نهایتا کاهش هزینه و تأثیر منفی نهاده‌ها بر منابع طبیعی و محیط‌زیست می‌شود. محدودیت منابع ضرورت و اهمیت بررسی پیرامون جنبه های اقتصادی بیلان انرژی در بخش کشاورزی را نمایان می‌کند. از این رو هدف اصلی مطالعه حاضر تحلیل ابعاد اقتصادی بیلان انرژی در تولید گندم دیم شهرستان سقز می‌باشد. بدین منظور داده‌های لازم از ۲۷۰ کشاورز گندم‌کار منطقه جمع آوری گردید و با تبدیل مقادیر نهاده‌ها و ستاده (گندم) به هم‌ارز انرژی نسبت به برآورد تابع تولید ترانسلوگ و محاسبه تولید نهایی و کشش عوامل اقدام گردید همچنین شاخص‌های انرژی نیز محاسبه شد. تخمین تابع ترانسلوگ نشانگر ان بود که انرژی عوامل تولید نیروی کار، سموم و ماشین‌ها دارای تأثیر معنی‌داری بر انرژی خروجی محصول گندم می‌باشند. مقادیر مربوط به کشش نهاده‌ها موید استفاده اقتصادی از کود و نیروی کار بود در حالیکه از نهاده نیروی کار به شکل غیراقتصادی بهره گرفته می‌شود. مقادیر شاخص‌های کارایی و بهره‌وری به ترتیب معادل ۳/۰۲و ۰/۱۱ کیلوگرم بر مگاژول بدست آمد. با توجه به نتایج توصیه می‌شود کشاورزان با استفاده اصولی و تخصیص بهینه منابع به افزایش تولید و سودآوری کمک نمایند زیرا بهره‌گیری اقتصادی از عوامل می‌تواند سبب بهبود کارایی مزارع و بهره‌وری عوامل تولید گردد.

کلمات کلیدی: بیلان انرژی، تابع تولید ترانسلوگ، شاخص انرژی، کشش تولید ، گندم

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

۱- مقدمه

امروزه تولید محصـــولات کشـــاورزی تا حد زیادی به اســـتفاده از نهاده‌های مختلف منجمله انرژی و سوخت‌های فسیلی وابسته است. در جهان کنونی که در واقع تکنولوژی و پیشرفت صنعتی جایگاه نخست را در زندگی مادی انسـان‌ها احراز نموده، اهمیت و جایگاه بی بدیل انرژی به نحو بسـیار بارزتری تجلی پیدا کرده اسـت. به‌طورکلی می‌توان گفت، بخش انرژی به مفهوم عام خود از سه زیربخش مرتبط تشکیل می‌شود که زیربخش اول شامل تولیدات اقلام انرژی، زیربخش دوم شامل توزیع، فروش، حمل‌ونقل و صادرات انرژی و زیربخش سوم آن شامل مصارف انرژی به صـــورت واســـطه و نهایی می‌باشـــد. باتوجه به مســـائل و محـدودیـت‌هـای موجود در زمینـه تـامین انرژی جوامع، تنهـا راه‌حـل منحصـــر به فرد و اصـــولی، بهبود کارایی و ارتقاء بهره‌وری عوامل تولید منجمله انرژی می‌باشد. از این‌رو اندازه‌گیری بهره‌وری و کارایی و تعیین راهبردها و سـیاسـت‌های اجرایی درجهت افزایش بهره‌وری و مصـرف بهینه انرژی می‌تولند زمینه‌ســـاز تســـهیل پذیرش پیام در گروه‌های هدف(کشاورزان) و حساس‌سازی محیط کار و فعالیت گردیده و مدیران بنگاه‌های تولیدی را در نیل به هدف بهینه‌سـازی مصـرف انرژی، کمک نماید. به‌طورکلی ارتقاء سطح بهره‌برداری انرژی از ضرورت‌های غیرقابل انکار اقتصـادی، ملی و اسـتراتژیک کشـور قلمداد می‌گردد (Emami Meibodi, 2005). بحث‌های مربوط بـه موازنـه و بیلان انرژی، بـا آگاهی از بحران جهانی انرژی و محدود بودن منبع‌های انرژی فســـیلی، آغاز شد و تلاش برای برآورد میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف، به منظور برنامه‌ریزی بهتر مصـرف، فزونی گرفت. از سـوی دیگر، جهان امروز به دنبال افزایش بهره‌وری انرژی و صـــرفه‌جویی در اســـتفاده از ســـوخت‌های فســـیلی، به منظور کاهش اثرگذاریهای منفی آن بر محیطزیسـت اسـت. وابسـتگی شـدید بخش کشـاورزی به سـوخت‌های فســـیلی و همچنین منبع‌های محدود انرژی باعث شـــده اســـت تا پژوهشگران، کارایی مصرف انرژی محصولات گوناگون را در منطقه‌های مختلف، ارزیابی کنند با این تفکر که استفاده بهینه و کاراتر از نهاده‌های انرژی منجر بـه افزایش کارایی و کـاهش زیان‌هـای زیســـت‌محیطی و نظام‌های پایدارتر تولید مواد غذایی می‌شـود (Nikoukar, 2020). از سوی دیگر استفاده بیش از حد از این منابع به عنوان نهاده‌های ورودی به سیسـتم‌های کشـاورزی سـبب مشـکلات تهدیدآمیزی برای بهداشـت همگانی محیط‌زیســـت می‌شـــود. افزایش کارایی انرژی در تولید منابع غذایی و دارویی و ترویج کشـاورزی پایدار به عنوان یک سـیسـتم تولید، مشکلات زیست‌محیطی را کاهش داده، از زوال منابع طبیعی جلوگیری نموده و مقرون به صرفه می‌باشد(Hassanzadeh Aval & Rezvani Moghaddam, 2013).

در جهان مدرن امروزی، انرژی نقشـی راهبردی در توسـعه همه بخش‌های اقتصـادی به ویژه بخش کشـاورزی ایفا می‌کند. اسـتفاده از نهاده‌هایی مانند ماشین‌آلات و ادوات و سوخت باعث می‌شود کشاورزی به صـورت مسـتقیم و نهاده‌هایی مانند کودها، بذرها و آفت‌کش‌ها به صـورت غیرمسـتقیم به انرژی وابسـته باشـد؛ به عبارت دیگر مصـرف غیرمسـتقیم انرژی در بخش کشـاورزی نشـان‌دهنده وابسـتگی فرآیند تولید به انرژی می‌باشـــد. در واکنش به افزایش تقاضـــای مواد غذایی اسـتفاده از انرژی نهاده‌ها در فرایند تولید محصـولات کشـاورزی رو به فزونی نهاده اسـت بر همین اسـاس، الگوی مصـرف انرژی در فرآیندهای تولید کشاورزی در عصر کنونی به‌طور چشمگیری تغییر یافته است. به ویژه آنکه، در کشـــور ایران ارزان و فراوان بودن برخی منـابع ســـبب اسـتفاده غیراقتصادی از آنها شده است. از همین‌رو توجه به مقوله بیلان مصرف انرژی و سنجش بهره‌وری و کارایی انرژی در راستای بهره‌گیری اصـــولی از منابع موجود، ضـــروری به نظر می‌رســـد. در همین راســـتا تحقیقات مختلفی در داخل و خارج کشور انجام پذیرفته است.

Singh et al (2007) الگوی مصـرف انرژی در تولید گندم کشـور هند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی را در مناطق پنجاب و آتارپرادش به ترتیب ۵/۲ و۴/۲ گزارش کرد که بیشـــترین مقادیر را در بین مناطق موردمطالعه دارا بودند. Abdollahpour & Zaree (2010) به بررسـی بیلان انرژی در تولید گندم دیم اسـتان کرمانشـاه با تبدیل اطلاعات مقداری نهاده‌ها و سـتاده به میزان‌های معادل انرژی‌های مصـرفی و تولیدی پرداختند. برابر نتـایج حاصـــلـه کـارایی انرژی در تولیـد گنـدم دیم ۰/۸۱ بود. Ozkan et al (2011) به بررســـی ارتباط انرژی نهاده و ســـتاده در محصـولات گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای ترکیه با اسـتفاده ار تابع تولید کاب داگلاس پرداختند. نتایج نشـان داد که تولید محصـول گوجه‌فرنگی باید با اسـتفاده از منابع انرژی غیرمسـتقیم بهینه سـازی شـود ضـمن اینکه اسـتفاده بیش از حد از مواد شـیمیایی اثر معکوس بر عملکرد گذاشـته است. Molaeei and Afzalinia (2012) به تعیین شاخص‌های انرژی در تولید گندم در کشـــت و صـــنعت دشـــت نمدان اقلید پرداختند. بر اســـاس نتایج، کارایی مصـــرف انرژی برای تولید دانه گندم ۲/۲۹ و بهره‌وری انرژی برای این محصـــول ۰/۴۹ کیلوگرم یر مگـاژول برآورد گردید. Ajabshirchi et al (2013) به بررسـی کارایی انرژی مصـرفی در کشـــت گندم دیم با بهره‌گیری از تکنیک تحلیل پوشـــشـــی داده‌ها (DEA) در شـهرسـتان‌های بروجرد و دورود اسـتان لرسـتان پرداختند. نتایج نشـان داد که انرژی بذر، کود و سـموم شـیمیایی در گندم دیم در سطوح مختلف کشت بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند ضـمن اینکه از انرژی نهاده‌های کود، بذر و سـموم شـیمیایی به شـکل مناسـب اسـتفاده نمی‌گردد. Gokdogan and Sevim (2016)

بیلان انرژی تولید گندم در ترکیه را مورد مطالعه قرار دادند. مطابق یافته‌های تحقیق میزان کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی ، انرژی ویژه و انرژی خالص به ترتیب ۲/۹۷، ۰/۲۰ کیلوگرم بر مگاژول، ۴/۹۴ مگاژول بر کیلوگرم و ۵۱۱۱۴/۶۷ مگاژول بر هکتار محاسبه گردیده است. Kordooni et al (2018) الگوی مصرف انرژی در تولید غلات ایران را با بکارگیری رهیافت اقتصادسنجی موردمطالعه قرار دادند. بر اساس یافته‌های تحقیق شاخص‌های کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی غلات در طی دوره موردمطالعه سیر صعودی داشته است. Fathi et al. (2018) میزان مصرف انرژی و کارایی آن درتولید گندم دیم شهرستان چرداول استان ایلام را مورد ارزیابی قرار دادند. بکارگیری رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها نشان داد که کارایی فنی ، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس در مزارع مورد مطالعه به ترتیب برابر ۸۸ ،۹۷ و ۹۱ درصد می‌باشد. Nikoukar (2020) بیلان انرژی در تولید چغندرقند پنج استان آذربایجان غربی، خراستان رضوی، کرمانشاه، فارس و همدان را در دوره زمانی سال‌های ۹۴ -۱۳۷۹ بررسی نمود. تخمین تابع تولید کاب- داگلاس موید آن بود که از نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی و کود دامی در ناحیه منطقی و اقتصادی استفاده به عمل می‌آید. Belete (2020) به برآورد کارایی فنی تولید ذرت کشور اتیوبی با بهره‌گیری از تابع مرزی تصادفی پرداختند. برابر یافته‌های حاصله میانگین کارایی فنی ذرت‌کاران 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 (2021) تاثیر مصرف انرژی در تولید مرکبات منطقه مرسین کشور ترکیه را مورد کنکاش قرار دادند. طبق یافته‌های مطالعه، بیشترین سهم مصرف انرژی در تولید مرکبات مربوط به کودها گزارش گردید. نتایج حاکی از آن بود که کارایی مصرف انرژی۱/۸۳ - ۱/۵۳ کیلوگرم بر مگاژول در تولید نارنگی و ۱/۶۶ - ۱/۳۴ کیلوگرم بر مگاژول در تولید لیمو می‌باشد. Heidarisoltanabadi (2021) در تعیین تابع تولید انرژی در نظام‌های تولید گندم آبی استان اصفهان با برآورد تابع تولید کاب – داگلاس نشان داد که تنها ضرایب انرژی کود و حمل و نقل معنی‌دار شده‌اند. Taghinazhad & 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[۱] (MP) مطالعه کردند. یافته‌ها نشان داد بهره‌وری انرژی ۰/۱۱۶ کیلوگرم برمگاژول و کارایی آن ۱/۶۷ می‌باشد. همچنین بر اساس مقادیر MP مشخص گردید ماشین‌های کشاورزی بالاترین مقدار و لذا حساسیت را دارا می‌باشد. Chavoshi et al (2023) به بررسی ارتباط انرژی نهاده‌ها و محصول در تولید گندم دیم شهرستان اهر پرداختند. اطلاعات موردنیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از زارعین گندم‌کار منطقه جمع‌آوری گردید. برآورد تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی(برحسب انرژی نهاده‌ها و محصول) نشان داد که مقادیر انرژی محصول گندم به شکل معنی‌داری تحت تأثیر انرژی نهاده‌های سموم شیمیایی، نیروی کار و ماشین‌آلات کشاورزی می‌باشد. میانگین کارایی انرژی در مزارع موردمطالعه ۵۱ درصد بدست آمد لذا کارایی انرژی محصول تولیدی را می‌توان حدود ۴۹ درصد بهبود داد. Dashti et al (2024) کارایی انرژی و عوامل موثر بر آن را در تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز مورد مطالعه قرار دادند. برآورد تابع تولید ترانسلوگ بیانگر آن بود 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. بر اساس یافته‌های تحقیق، مقادیر شاخص‌های انرژی، شامل کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۲/۳۲ و ۰/۰۹کیلوگرم بر مگاژول بدست آمد. مرور مطالعات موید توجه خاص به برآورد تابع در بررسی بیلان انرژی در بخش کشاورزی می‌باشد. در این راستا عمدتا از شاخص انرژی و نیز تخمین تابع تولید استفاده شده است. جهت داشتن فهم دقیق و منطبق بر اصول علم اقتصاد و تبیین رابطه انرژی نهاده‌ها و ستاده در منطقه مورد مطالعه نیز از برآورد یک فرم تبعی انعطاف‌پذیر پرکاربرد یعنی تابع تولید ترانسلوگ مناسب (برحسب انرژی نهاده‌ها و ستاده)، استفاده می‌شود تا درک درستی از مصرف اقتصادی یا غیراقتصادی عوامل تولید بدست آید. بررسی تحقیقات هم چنین نشان می‌دهد در بررسی ابعاد اقتصادی مصرف انرژی توجه خاصی به کارایی و بهره‌وری شده است.

گندم با داشتن بیشترین سطح کشت غذای اصلی مردم دنیا را تشکیل می‌دهد. بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی تولید جهانی گندم در سال ۱۹۹۵ معادل ۵۴۵ میلیون تن بوده که در سال ۲۰۲۰ به حدود۷۷۲میلیون تن افزایش یافته است. برابر اطلاعات موجود در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ سطح زیرکشت گندم ایران به ۶/۷ میلیون هکتار رسیده که از این مقدار ۴/۳ میلیون هکتار سطح زیرکشت مربوط به گندم دیم بوده است. میزان تولید گندم نیز معادل ۱۱/۹ میلیون تن گزارش گردیده که ۳/۷ میلیون تن آن مربوط مزارع گندم دیم می باشد (Anonymous, 2023). از آنجاییکه شهرستان سقز ۱۵/۸۶ درصد سطح زیرکشت (۹۳۸۰۰ هکتار) و ۱۲/۲۵ درصد (حدود ۱۵۰ هزار تن) تولید گندم دیم استان کردستان را در اختیار دارد، کشاورزان منطقه با رعایت اصول اقتصاد می‌توانند مقدار کارایی منابع و تولید محصول خود را بهبود بخشند. سهم بالای سطح زیرکشت گندم و سهم کمتر میزان تولید شهرستان سقز حکایت از آن دارد که علیرغم اختصاص بخش عمده‌ای از اراضی منطقه به کشت گندم دیم به سبب

[۱] Marginal productivity

عدم استفاده کارا از منابع انرژی بستر و پتانسیل مناسب و لازم جهت افزایش تولید وجود دارد. بدین ترتیب، ضرورت پرداختن به پژوهشی در راستای تبیین بیلان انرژی و کارایی آن لازم به نظر می‌رسد. برهمین اساس هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی ابعاد اقتصادی بیلان انرژی در تولید گندم دیم شهرستان سقز می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

تابع تولید رابطه فنی و فیزیکی بین مقادیر نهاده‌ها و ستاده را نشان می‌دهد. از آنجایی که هدف این مطالعه، ارزیابی ارتباط انرژی نهاده‌ها و ستاده و بررسی اقتصادی استفاده از آن می‌باشد لذا به جای مقادیر فیزیکی نهاده‌ها و ستاده از هم‌ارزهای انرژی هریک از نهاده‌ها و ستاده در تابع تولید مطابق جدول ۱ بهره گرفته شد.

جدول ۱- ضریب‌های هم ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید گندم دیم

Table 1. Energy coefficients of different inputs and outputs in wheat production in rainfed farms

انرژی نهاده و ستاده Input and output energy	معادل انرژی در واحد Energy equivalent.unit	واحد انرژی Energy unit	مرجع Reference
	نهاده Input		
نیروی کار 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
حشره کش‌ها 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 کیلووات ساعت $MJkWh^{-1}$	Aydın et al., 2019
	ستانده output		
دانه گندم Grain wheat	14.48	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Taghinazhad & vahedi, 2022
کاه و کلش Wheat straw	2.25	مگاژول بر کیلوگرم $MJkg^{-1}$	Taghinazhad & vahedi, 2022

شکل عمومی تابع تولید به صورت رابطه (۱) قابل ارائه می‌باشد:

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

در رابطه فوق y_i مقدار تولید مزرعهi ام ، x_i بردار نهاده‌های بکار گرفته شده در مزرعهi ام ، ß بردار پارامترها و ε_i جمله پسماند یا جمله خطا را نشان می‌دهد. نظر به اینکه در تولید محصول گندم از نهاده‌های مختلف بهره گرفته می‌شود لذا ارزیابی واکنش مقدار محصول در قبال تغییر یک واحد از هر نهاده دارای اهمیت می‌باشد. برای نیل به این مورد بطور معمول از تولید نهایی نهاده (MP) هر نهاده استفاده می‌شود. طبق تعریف تولید نهایی تغییر در مقدار محصول تولید شده را بخاطر بکارگیری یک واحد اضافی از نهاده متغیر نشان می‌دهد. بنابراین:

$$MP_i = \frac{dy}{dx_i} \qquad (۲)$$

هرچند که تولید نهایی واکنش محصول نسبت به تغییرات نهاده را نشان می‌دهد لیکن اطلاعاتی در خصوص استفاده یا عدم استفاده اقتصادی از نهاده‌ها ارائه نمی‌کند. برای داشتن درک درست از نحوه مصرف نهاده‌ها از معیار کشش تولید استفاده می‌شود. کشش تولید حساسیت تغییر مقدار تولید را در اثر تغییر میزان نهاده مصرفی نشان می‌دهد. یعنی،کشش تولید برابر نسبت درصد تغییر مقدار محصول تولیدی به درصد تغییر مقدار نهاده مصرفی می‌باشد. به لحاظ اهمیت بحث کشش در ادبیات اقتصادی، ضرایب برآورد شده بر اساس رابطه (۳) به کشش‌های جزئی عوامل تبدیل می‌شوند (Vu et al, 2019):

$$e_i = \frac{\partial Y}{\partial X_i}\frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}} = \frac{MP_i}{AP_i} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳) MP_i و AP_i به ترتیب تولید نهایی و تولید متوسط نهاده iام را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر کشش منحنی تولید کل به سه ناحیه تفکیک می‌شود. در ناحیه اول چون تولید نهایی بزرگتر از تولید متوسط می‌باشد لذا توقف مصرف نهاده امری غیر اقتصادی قلمداد می‌گردد. در این ناحیه کشش تولید یک نهاده بیشتر از واحد بوده لذا درصد تغییر مقدار محصول زیادتر از درصد تغییر میزان نهاده عامل آن خواهد بود. در ناحیه سوم تولید چون افزایش مصرف نهاده سبب کاهش تولید می‌شود لذا تولید نهایی و به تبع آن کشش تولید منفی می‌باشد. بدین ترتیب افزایش مصرف نهاده سبب کاهش مقدار ستاده شده و این ناحیه نیز غیراقتصادی می‌باشد. ازآنجاییکه در ناحیه دوم، تولید نهایی از تولید متوسط کمتر می‌باشد لذا مقدار کشش تولید عددی بین صفر و یک خواهد بود که دلالت بر استفاده اقتصادی از آن دارد (Koopahi, 2013).

یکی از مباحث اصلی در برآورد توابع، تعیین شکل تابع مناسب است که به عنوان رابطه ریاضی مناسب بین متغیرها بیان می‌شود. اهمیت این نکته از آن جهت است که خطا در انتخاب شکل تابع همواره، از منابع اصلی خطای تعیین و تخمین توابع در اقتصادسنجی بیان می‌شود. انتخاب صحیح الگوی اقتصادسنجی و تأثیر آن در نتایج بدست آمده از مباحث مهم در برآوردهای اقتصادی است. به طور کلی اشکال تابعی در دو گروه انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر قرار می‌گیرند. با توجه به مزایایی که توابع انعطاف‌پذیر در مقایسه با توابع انعطاف‌ناپذیر دارند، از جمله اینکه توابع انعطاف‌پذیر به تعداد کافی پارامتر دارند و به این دلیل هیچ‌گونه محدودیتی بر ساختار فن‌آوری تولید اعمال نمی‌کنند. هم‌چنین پیشرفت در روش‌های برآورد غیرخطی پارامترها از سویی دیگر موجبات توجه بیشتر و استفاده گسترده‌تر از اشکال تابعی انعطاف‌پذیر را فراهم ساخته است (Dashti et al, 2010) . از آنجاییکه در ادبیات اقتصاد به طور معمول پرکاربردترین تابع انعطاف‌ناپذیر، کاب-داگلاس و تابع انعطاف‌پذیر، ترانسلوگ می‌باشد لذا به استناد کاربرد وسیع، تابع ترانسلوگ در مطالعه حاضر نیز در تحلیل ارتباط انرژی نهاده‌ها و ستاده مورد استفاده قرار گرفت. در تابع ترانسلوگ علاوه بر پارامترهای متغیرهای اصلی، ضرایب اثرات متقابل بین متغیرها نیز برآورد می‌شود لذا کشش‌های جانشینی و کشش‌های تولیدی، بسته به سطح مصرف نهاده‌ها تغییر کرده و امکان نشان دادن هر سه ناحیه تولید را فراهم می‌کند(Christensen et al, 1971).

فرم کلی تابع تولید ترانسلوگ به صورت رابطه (۴) است (Hong et al., 2019):

$$\mathrm{LnY} = \alpha + \sum_{i=1}^{n}\beta_i \mathrm{Ln}X_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\beta_{ii}(\mathrm{Ln}X_i)^2 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n}\beta_{ij}(Lnx_i)(Lnx_j) \qquad (۴)$$

در مدل معرفی شده، Y مقدار تولید محصول، X نهاده‌های بکار رفته در تولید، β پارامترهای مدل و پارامتر α عرض از مبدا می‌باشد. در این مطالعه عوامل نیروی کار (Lab)، بذر (seed)، کود شیمیایی (Fert) و ماشین‌آلات (Mach) به عنوان متغیرهای توضیحی وارد مدل گردیدند. تولید نهایی در این تابع به صورت معادله (۵) قابل محاسبه است:

$$MP_{xi} = (\beta_i + \beta_{ii}Lnx_i + \sum_{j=2}^{n}\beta_{ij}Lnx_j)(\frac{Y}{x_i}) \qquad (۵)$$

و کشش تولید برابر است با:

$$E_p = \beta_i + \beta_{ii}Lnx_i + \sum_{j=2}^{n}\beta_{ij}Lnx_j \qquad (۶)$$

ملاحظه می‌شود میزان کشش هر نهاده به مقدار مصرف همان نهاده و نهاده‌های دیگر بستگی دارد. از همین‌رو مقدار آن در نواحی سه‌گانه تولید متغیر بوده و به همین خاطر امکان ارزیابی اقتصادی بودن مصرف انرژی نهاده وجود دارد.

با داشتن معادل‌های انرژی کل نهاده‌ها و ستاده‌ها می‌توان برخی شاخص‌های انرژی را محاسبه نمود. برای محاسبه بهره‌وری و کارایی انرژی در تولید گندم به ترتیب از روابط (۷) و (۸) استفاده می‌شود. شاخص بهره‌وری انرژی بیانگر آن است که به ازاء هرمگاژول در هکتار انرژی مصرفی نهاده، چندکیلوگرم ستاده حاصل می‌شود. هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، نشان‌گر بهره‌وری بالاتر انرژی می‌باشد درحالیکه شاخص کارایی نشان می‌دهد به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی جقدر انرژی برداشت شده است(Yelman et al, 2019):

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{مقدار ستاده } \left(\frac{kg}{ha}\right)}{\text{انرژی نهاده } \left(\frac{MJ}{ha}\right)} \quad (۷)$$

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی ستاده } \left(\frac{MJ}{ha}\right)}{\text{انرژی نهاده } \left(\frac{MJ}{ha}\right)} \quad (۸)$$

جامعه آماری تحقیق حاضر را، گندم‌کاران دیم شهرستان سقز تشکیل می‌دهد. حجم نمونه از طریق فرمول کوکران ۲۷۰ بدست آمد. در راستای نیل به هدف تحقیق، پرسشنامه‌ای طراحی و با مراجعه حضوری و انجام مصاحبه اطلاعات موردنیاز از کشاورزان جمع‌آوری شد. اطلاعات مدنظر دربرگیرنده مقادیر مصرف نهاده ها شامل بذر، انواع کود و سموم شیمیایی، نیروی کار، ماشین آلات، سوخت(گازوئیل)، سطح زیرکشت (زمین) و کود حیوانی و نیز مقدار گندم تولید شده بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و برآورد مدل از نرم‌افزار Stata 17 استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج برآورد تابع تولید ترانسلوگ هم‌ارز انرژی گندم دیم شهرستان سقز در جدول ۲ گزارش شده است. ملاحظه می‌شود که انرژی عوامل تولید نیروی کار، کود شیمیایی، بذر و ماشین‌آلات تأثیر معنی‌داری بر میزان انرژی ستاده گندم نشان می‌دهند. مقدار ضریب تبیین الگو نشان می‌دهد که ۷۶ درصد از تغییرات متغیر وابسته یعنی انرژی ستاده به وسیله متغیرهای توضیحی الگوی رگرسیونی تبیین می‌شود.

جدول ۲- نتایج برآورد تابع تولید ترانسلوگ گندم دیم شهرستان سقز

Table 2. Results of translog production function estimation of rainfed wheat in Saqqez County

متغیر Variable	ضریب Coefficient	انحراف معیار Standard deviation
نیروی کار Lab.	0.596***	0.325
بذر Seed	0.972*	0.552
ماشین آلات Mach.	1.204**	0.560
کودشیمیایی Fert.	1.290**	0.715
توان دوم نیروی کار Lab.*Lab.	0.315**	0.170
توان دوم بذر Seed*Seed	-0.037*	0.023
توان دوم ماشین Mach.*Mach.	-0.093*	0.062
توان دوم کود شیمیایی Fert.*Fert.	-0.207	0.105
نیروی کار* بذر Lab.*Seed	0.715*	0.432
نیروی کار* ماشین Lab.*Mach.	-0.22.4***	0.077
بذر*ماشین Seed*Mach.	0.221	0.912
نیروی کار*کود Lab.*Fert.	2.340***	0.917
ماشین*کود Mach.*Fert.	-0.171	0.150
بذر*کود Fert.*Seed	1.203	0.882
عرض از مبدأ Intercept	4.259***	1.665
$DW = 1.89$	$F = 6.05$	$R^2 = 0.76$

***، ** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح یک، پنج و ده درصد را نشان می‌دهند.

***, **, and * represent significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively

از آنجایی که ضرایب تابع تولید ترانسلوگ دارای تفسیر خاصی نمی‌باشند لذا نسبت به محاسبه میزان تولید نهایی (جدول ۳) و کشش آنها (جدول ۴) اقدام شد. ملاحظه می‌گردد تولید نهایی عامل کار منفی است. برهمین اساس چنانچه انرژی ورودی نهاده نیروی کار یک واحد افزایش یابد مقدار انرژی خروجی محصول گندم ۷/۵ واحد کاهش خواهد یافت. مثبت بودن تولید نهایی عوامل بذر، ماشین آلات و کود شیمیایی حکایت از آن دارد که با افزایش بکارگیری آنها میزان انرژی حاصل از تولید گندم اضافه خواهد شد.

جدول۳- تولید نهایی نهاده‌ها

Table 3. Inputs marginal product

نهاده Input	تولید نهایی Marginal product
نیروی کار Labor	-7.5
بذر Seed	5.9
ماشین‌آلات Machine	5.0
کود شیمیایی Fertilizer	2.2

شایان ذکر است که در ارزیابی حساسیت مقدار تولید محصول (انرژی خروجی) در قبال تغییرات مقادیر نهاده‌ها (انرژی ورودی) کشش تولید نسبت به تولید نهایی معیار کامل و جامع‌تری می‌باشد، زیرا تولید نهایی فقط میزان تغییرات ستاده را در قبال تغییر یک واحد از نهاده موردنظر نشان می‌دهد در حالیکه کشش تولید علاوه بر مشخص کردن واکنش میزان محصول نسبت به نهاده، نشان می‌دهد که تولیدکنندگان از کدام نهاده به شکل اقتصادی بهره می‌گیرند. چنانچه مقدار کشش بزرگتر از یک باشد، بکارگیری نهاده کمتر از حد بهینه و در ناحیه اول صورت می‌گیرد در حالی که میزان کشش کوچکتر از صفر (منفی) مؤید مصرف بی رویه نهاده‌ها (ناحیه سوم) نیز می‌باشد. اگر مقدار عددی کشش بین صفر و یک باشد دلالت بر استفاده اقتصادی از عامل تولید (ناحیه دوم) دارد. مطابق جدول (۴) کشش انرژی نهاده ماشین‌آلات، کود و بذر کوچک‌تر از یک و مثبت بوده لذا می‌توان گفت در مجموع از این عوامل به شکل اصولی‌تری استفاده می‌شود. کشش انرژی نهاده نیروی کار دارای مقدار منفی می‌باشد. بدین‌ترتیب استنباط می‌گردد به واسطه فراوان و ارزان بودن نیروی کار در منطقه بکارگیری آن در ناحیه سوم تولید صورت گرفته است. از این‌رو کاهش مصرف این عامل می‌تواند انرژی ستاده حاصل از مصرف آن را بهبود بخشیده و عملاً به ارتقای کارایی و بهره‌وری عوامل تولید کمک نماید. با توجه به مقادیر کمینه و بیشینه کشش عوامل مطابق جدول (۴) به نظر می‌رسد پاره‌ای از گندم‌کاران از نهاده‌ها در ناحیه سوم (استفاده بیش از حد اقتصادی) و بعضی‌ها در ناحیه اول (استفاده کمتر از حد اقتصادی) بهره گرفته‌اند. نتیجه چنین کاری کمتر شدن مقدار گندم برداشت شده از مزارع منطقه و کاهش سودآوری و نازل بودن کارایی تولید محصول می‌باشد.

جدول ۴- مقادیر کشش نهاده‌های مورد استفاده در تولید گندم دیم شهرستان سقز

Table 4. Frequency distribution of rainfed wheat farms in Saqqez County

نهاده Input	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	انحراف معیار Sd
نیروی کار Labor	-0.55	-0.81	1.12	0.54
بذر Seed	0.76	-0.11	1.26	0.66
ماشین‌آلات Machine	0.26	-0.58	0.78	0.73
کود شیمیایی Fertilizer	0.18	0.43	1.22	0.38

داده‌های جدول(۵) مؤید آن اســـت که میانگین بهره‌وری انرژی ۰/۱۱ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشـد، به این معنی که به ازای هر مگاژول انرژی مصـرفی، ۰/۱۱ کیلوگرم محصـول گندم دیم حاصـل می‌شـود. بر اساس نتایج حاصله، بهره‌وری بیش از ۳۷ درصد کشاورزان کمتر از ۰/۱ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شـده‌اسـت. Taghinazhad and Vahedi (2022) ارزیابی بهره‌وری انرژی گـندم اســـتان اردبیل رقم مشـــابهی به‌دست آوردند.

جدول ۵- توزیع فراوانی شاخص بهره‌وری انرژی

Table 5. Frequency distribution of energy productivity index

دامنه بهره‌وری Range of productivity	فراوانی Frequency	درصد Percentage
< 0.1	100	37.04
0.1-0.2	110	40.74
> 0.2	60	22.22
میانگین Mean	0.11	
انحراف معیار Standard deviation	0.06	
حداقل Minimum	0.03	
حداکثر Maximum	0.52	

اطلاعات جدول (۶) نشان‌دهنده این است که بطور میانگین کارایی انرژی ۳/۰۲ بوده، به این مفهوم که به ازاء یک مگاژول انرژی مصرفی در هکتار، ۳/۰۲ مگاژول در هکتار انرژی برداشت شده‌است. کارایی بالغ بر ۲۲ درصد کشاورزان، بیشتر از ۴ می‌باشد که حاکی از مصرف درست‌تر انرژی نهاده‌ها می‌باشد. بطور معمول کشاورزان کاراتر از مجموعه عوامل تولیدی خود به شکل اقتصادی‌تری بهره می‌گیرند و از همین رو مقوله بهبود کارایی اهمیت خاصی در ارتقای بهره‌وری دارا می‌باشد.

جدول۶- توزیع فراوانی شاخص کارایی انرژی

Table 6. Frequency distribution of energy efficiency index

دامنه کارایی Range of efficiency	فراوانی Frequency	درصد Percentage
< 2	95	35.18
2-4	114	42.22
> 4	61	22.60
میانگین Mean	3.02	
انحراف معیار Standard deviation	2.55	
حداقل Minimum	0.88	
حداکثر Maximum	6.52	

۴- نتیجه‌گیری نهایی

با عنایت به کمیابی منابع، ضرورت مطالعه در خصوص جنبه‌های اقتصادی مصرف عوامل تولید منجمله انرژی در فعالیت‌های بخش کشاورزی بیش از پیش نمایان می‌شود. بر همین اساس هدف اصلی مطالعه حاضر ارزیابی ابعاد اقتصادی بیلان انرژی در فرایند تولید گندم دیم شهرستان سقز بود. جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات ۲۷۰ گندم‌کار منطقه مورد مطالعه و برآورد تابع تولید ترانسلوگ موید آن بود که مقادیر انرژی نهاده‌های سموم شیمیایی، بذر، نیروی کار و ماشین‌آلات کشاورزی بر انرژی محصول گندم به شکل معنی‌داری تأثیر دارد. بررسی واکنش انرژی محصول خروجی در قبال تغییرات انرژی ورودی با بهره‌گیری از معیارهای تولید نهایی و کشش تولید نشان داد که نیروی کار اثر منفی و عوامل بذر، کود شیمیایی و ماشین آلات تاثیر مثبت بر انرژی محصول دارد. جهت ارزیابی شدت واکنش انرژی خروجی در قبال تغییرات انرژی ورودی، ملاک کشش تولید معیار جامع‌تری می‌باشد زیرا ضمن نشان دادن میزان و جهت تاثیر عامل تولید بر محصول تولیدی، اقتصادی یا غیر اقتصادی بودن مصرف هر نهاده را نیز مشخص می‌کند. بر همین اساس دید لازم و درک اصولی از مصرف نهاده‌ها را به کشاورزان ارائه می‌نماید تا آنها تصمیمات مبتنی بر واقعیت‌های موجود را اتخاذ نمایند. بدین ترتیب ضرورت توجه به این معیار توسط کشاورزان و مدیران در راستای افزایش کارایی تولیدکنندگان و بهبود بهره‌وری منابع ضرورت پیدا می‌کند. بایستی توجه داشت مطابق یافته‌های تحقیق، هرچند که در مجموع از انرژی بذر و کود به شکل اقتصادی بهره گرفته می‌شود لیکن برخی از تولیدکنندگان به واسطه اینکه از این نهاده‌ها کمتر از حد مطلوب بهره می‌گیرند لذا مصرف آنها در ناحیه اول که غیر اقتصادی است انجام می‌پذیرد. ضمن اینکه برخی دیگر از کشاورزان به سبب بکارگیری بیش از حد وارد ناحیه سوم که دارای کشش منفی است می‌شوند. مقدار کشش منفی برای یک عامل تولید موید استفاده بی‌رویه از آن می‌باشد به عبارتی به سبب زیاده‌روی، مصرف آن نهاده عملادر ناحیه سوم صورت می‌گیرد. در هر دو صورت می‌توان استنباط کرد که هنوز بعضی از کشاورزان و بهره‌برداران منطقه موردمطالعه، اصول اقتصادی مصرف نهاده‌ها را رعایت نمی‌کنند. با عنایت به میزان کشش عوامل تولید موردنظرتوصیه می‌گردد کشاورزان از مقدار مصرف نیروی کار بکاهند. به عبارتی نباید فراوان و ارزان بودن یک نهاده نظیر نیروی کار موجبات مصرف بی‌رویه آن و تولید محصول ناسالم و نهایتاً صدمه به محیط زیست گردد. هرچند نهاده‌های دیگر نظیر بذر، سموم و ماشین‌های کشاورزی در ناحیه اقتصادی بکار گرفته می‌شود لیکن تخصیص بهینه آنها یعنی مشخص کردن پرسودترین مقادیر بکارگیری عوامل تولید می‌تواند به کاهش هزینه‌ها ، افزایش سود و بهبود کارایی انرژی کمک شایانی نماید. عرضه به مقدار کافی و دسترسی به موقع به این نهاده‌ها و نیز استفاده به مقدار، لازمه این امر تلقی می‌گردد. نتیجه چنین کاری افزایش بهره‌وری و متعاقب آن بهبود توان رقابت‌پذیری محصول گندم دیم منطقه خواهد بود.

منابع

Abdollahpour, S., Zaree, S. (2010). *Evaluation of wheat energy balance under rain fed farming in kermanshah*. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(1), 97-106. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764310.1389.20.1.8.9.

Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). *Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*. Journal of Econometrics, 6(1), 21-37. https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5.

Ajabshirchi, Y., Taki, M., Abdi, R., Ghobadifar, A., & Ranjbar, I. (2011). *Investigation of Energy Use Efficiency for Dry Wheat Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Approach; Case Study: Silakhor Plain. Journal of Agricultural Machinery, 1*(2),122-132. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jam.v1i2.11360.

Anonymous. (2023). Kurdistan Agricultural Organization. www. kurdistan.agri-jahad.ir. (In Persian).

Aydın, B., Aktürk, D., Özkan, E., Hurma, H., & Kiracı, M. A. (2019). *Comparative energy use efficiency and economic analysis of apple production in Turkey: Case of Thrace Region*. Erwerbs-Obstbau, 61(1), 39-45. https://doi.org/10.1007/s10341-018-0387-5.

Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). *Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India*. Journal of Productivity Analysis, 3,153-169. https://doi.org/10.1007/BF00158774.

Belete, A. S. (2020). *Analysis of technical efficiency in maize production in Guji Zone: Stochastic frontier model*. Agriculture & Food Security, 9(1), 1-15. https://doi.org/10.1186/s40066-020-00270-w.

Chavoshi, P., Dashti, G., and Vahedi, J. (2023). *Analyzing Economical of Energy Balance in rainfed wheat Production in Ahar County*. The Third National Conference on Green Waste Management, University of Mohaghegh Ardabili, Iran. (In Persian). https://doi.org/10.22034/JAM.2023.56088.1237.

Christensen, L.R., Jorgenson, D.W. and Lau, L.J. (1971). *Conjugate and transcendental Logarithmic function*, Econometrical, 39: 68-259.

Dashti, G., Aminian, F., Hosseinzad, J., & Hayati, B. (2010). *Determining economic value of water in wheat production (Case study: underground water resources in Damghan region*. Journal of Agricultural

Science and Sustainable Production (Journal of Agricultural Science), 20(1), 121-211. (In Persian). https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24764310.1389.20.1.10.1.

Dashti, G., Baghban Adami, R., and Hayati, B. (2024). *Energy Efficiency of Canola Production in Tabriz County: Application of the Stochastic Frontier Function and Energy Index Approaches*. Agricultural Mechanization, 8(4),1-12. (In Persian). https://doi.org/10.22034/jam.2024.60809.1273.

Emami Meibodi, A. (2005). *Efficiency and Productivity Measurement (In Theory and Practice).* Institute of Trade Studies and Research. (In Persian).

Fathi, R., Amjadpor, F., Kouchakzadeh, A., & Azizpanah, A. (2018). *The pattern and efficiency of energy use for wheat production by data envelopment analysis, case study: Chardavol Township, Ilam Province*. Iranian Dryland Agronomy Journal, 7*(1), 33-46.* (In Persian). https://doi.org/10.22092/idaj.2018.116527.189.

Gokdogan, O., & Sevim, B. (2016). *Determination of energy balance of wheat production in Turkey: A case study of Eskil district.* Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(4).*(In* Persian). http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763128.1392.2.3.1.4.

Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P. (2013). *Energy efficiency evaluation and economical analysis of onion production in khorasan razavi province of Iran*. Iranian Journal of Applied Ecology;2(3),1-11. (in persion) http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763128.1392.2.3.1.4.

Heidarisoltanabadi M. (2021). *Determination of energy production function in irrigated wheat of Isfahan province*. Energy Engineering & Management; 11 (1) :116-127. (In Persian). https://doi.org/10.22052/11.1.116.

Hong, Y., Heerink, N., Zhao, M., and Van der Werf, W. (2019). *Intercropping contributes to a higher technical efficiency in smallholder farming: Evidence from a case study in Gaotai County, China*. Agricultural Systems, 173, 317-324. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.007.

Koopahi, M. (2013). *Principles of Agricultural Economic*. University of Tehran Press. (In Persian)

Kordooni, F., Jamiolahmadi, M., & Bakhshi, M. R. (2018). *Econometric analysis of energy use in cereal production of Iran (Case Study: wheat, Barley, Corn, Rice)*. Agricultural Economics Research, 10(37), 133-148. (In Persian)

Molaeei, K. and Afzalinia, S. (2012). *Determination of energy indices in producing wheat and canola in Dashte Namdan Agro-industry (Eghlid region, Fars).* Journal of Plant Eco physiology, 1,26-36. (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. (In Persian). https://doi.org/10.22034/iaes.2020.129241.1774.

Ozkan, B., Ceylan, R. and Kizilay, H. (2011). *Energy inputs and crop yield relationships in greenhouse winter crop tomato production.* Renewable Energy 36: 3217-3221. https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.042.

Singh, H. Singh, A.K. Kushwaha, H.L. and Singh, A. (2007). *Energy consumption pattern of wheat production in India*. Energy.32(10):1848-1854. https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.03.001.

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. (In Persian). https://doi.org/10.22034/jam.2022.14202.

Vu T, Peng K, and Chung R., (2019). *Evaluation of environmental efficiency of edible Canna production in Vietnam.* Agriculture, 9(11), 242. https://doi.org/10.3390/agriculture9110242.

Uysal, O., Aydin, B., Subaşi, O. S., & Aktaş, E. (2021). *Effect of good agricultural practices on energy use in citrus farming in Turkey: case of Mersin province*. Horticultural Studies, 38(2), 125-133. https://doi.org/10.16882/hortis.1014533.

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. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1704_73717379.