Village and Development

Vol. 28, No. 111, Autumn 2025

Research Paper

Economic Analysis of Energy Use in Onion Production in the Villages of the Tabriz Plain

E. Ghasemi[1], *Gh. Dashti*[2], *M. Ghahremanzadeh*[3]

Received: 5 April, 2025 **Revised**: 6 October, 2025 **Accepted**: 12 October, 2025

Abstract

Introduction

In the current world, energy is not merely an input, it is one important and strategic factor in the productivity and sustainability of rural and agricultural systems which its optimal management can transform production structure. The relation between energy inputs and outputs of agriculture has not only affected the quantity and quality of production but also plays an important role in sustainability of resources and adaptation of agricultural systems with environmental challenges and climate change. Therefore, the main objective of this research is the economic study of input energy use in onion production in the villages of the Tabriz plain.

Materials and Methods

In this study, production function is used to investigate the relationship between energy consumption, input and final product in onion production process. In order to compare the input and output values with energy units (mj ha-1), the equivalence coefficients of energy were used. For this purpose, Translog,

1. Corresponding Author and PhD. Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran (Elaheqhasemi77@gmail.com).
2. Professor of Agricultural Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. Professor of Agricultural Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

DOI: 10.30490/rvt.2025.367414.1658

generalized quadratic and generalized Leontief production functions have been used. Additionally, production elasticity was used to study of the reaction of output to changes in input consumption. Required data collected through face-to-face interviews and questionnaires from 140 farmers in rural areas of Tabriz plain. For estimation of production functions was used Stata 17 software.

Results and Discussion

After model's estimation and evaluation of J-B test, significant coefficients and R2 criteria, the generalized quadratic production function was selected as the preferred model to analyze the effect of input energy on energy of onion. Estimation of production function showed that energy inputs of seed, labor, manure and fertilizer have significant effect on energy output energy. Based on the results, the estimated production elasticities of seed and animal manure were 0.81 and 0.2, respectively, while the elasticity of labor inputs (1.02) and chemical fertilizer (1.16) indicates the use of the permitted limit (first stage).

Conclusions

The production estimation and calculation of production elasticity as an applied criterion to evaluate the use of factors confirms that farmers use labor and chemical inputs in the non-economic region (first stage). According to the farmers, with the increase in the price of fertilizer they could not demand and use this input and therefore the quantity of application in the first region was stopped. Although the use of fertilizers increases the production of onion, it is recommended that farmers to minimize the detrimental effects of chemical fertilizers by observing the principles and practices of sustainable agriculture and low reliance on such factors and applying integrated fertilizers. Also, according to the estimated elasticities for seed and animal manure, it was concluded that the farmers use these inputs as economically means in the second stage, although some of these inputs are not rational and economical. Determination of optimum value of inputs can help increase profitability of onion production while reducing negative effects of harmful factors on natural resources. This is done by adopting sustainable agricultural practices and utilizing environmentally modern technologies in order to balance the efficiency improvement and decrease the destruction of the environment.

Keywords: Energy, Flexible Production Function, Onion, Production Elasticity, Tabriz Plain.

روستا و توسعه

سال ۲۸، شماره ۱۱۱، پاییز ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

تحلیل اقتصادی مصرف انرژی در تولید پیاز روستاهای دشت تبریز

الهه *قاسمی*[۱]، *قادر دشتی*[۲]، *محمد قهرمان‌زاده*[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۱۶ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۷/۱۴ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۷/۲۰

چکیده

در دنیای کنونی انرژی دیگر صرفاً یک نهاده تولیدی نیست، بلکه عاملی راهبردی در بهره‌وری و پایداری فعالیت‌های روستایی و کشاورزی به‌شمار می‌رود که مدیریت بهینه آن می‌تواند ساختار تولید را متحول سازد. ارتباط انرژی نهاده‌ها و ستاده‌های کشاورزی نه‌تنها بر کمیت و کیفیت تولید تأثیر می‌گذارد، بلکه نقش مهمی در پایداری منابع و سازگاری سامانه‌های زراعی با چالش‌های محیطی و تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند. بدین‌ترتیب، هدف اصلی مطالعه حاضر تحلیل اقتصادی مصرف انرژی در تولید پیاز روستاهای دشت تبریز است. داده‌ها و اطلاعات موردنیاز از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسش‌نامه از ۱۴۰ کشاورز پیازکار مناطق روستایی دشت تبریز در سال زراعی ۰۲– ۱۴۰۱ جمع‌آوری شد. تبدیل داده‌ها به میزان انرژی با استفاده از هم‌ارزهای استاندارد صورت گرفت. برای دست‌یابی به هدف تحقیق، انواع توابع تولید انعطاف‌پذیر برآورد شد و در نهایت تابع درجه دوم تعمیم‌یافته به‌عنوان مدل مطلوب انتخاب شد. نتایج نشان داد که انرژی تولیدی پیاز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر انرژی نهاده‌های بذر، نیروی‌کار، کود حیوانی و کود شیمیایی قرار دارد. بر اساس نتایج، مقادیر کشش‌های تولید نهاده‌های بذر و کود حیوانی به‌ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۲ به‌دست آمد که نشانگر

۱- نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. (elaheqhasemi77@gmail.com)

۲- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳– استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

DOI: 10.30490/rvt.2025.367414.1658

استفاده اقتصادی از آنها است، در حالی‌که کشش نهاده‌های نیروی‌کار (۱/۰۲) و کود شیمیایی (۱/۱۶) بیانگر استفاده کمتر از حد مجاز (ناحیه اول) است. از آنجا که از نهاده‌های نیروی‌کار و کود شیمیایی کمتر از حد اقتصادی استفاده می‌شود، بهتر است کشاورزان ضمن رعایت ملاحظات زیست‌محیطی مصرف این دو نهاده را افزایش دهند. طبیعتاً مصرف بهینه نهاده‌ها نقش مؤثری در ارتقاء بهره‌وری عوامل ایفا می‌نماید.

کلید واژه‌ها: *انرژی، پیاز، تابع تولید انعطاف‌پذیر، کشش تولید، دشت تبریز.*

مقدمه

منابع کمیاب از جمله انرژی جایگاه انکارناپذیری در فرآیند توسعه ملی به‌ویژه بخش کشاورزی دارند. استفاده از عواملی نظیر ماشین‌آلات و سوخت سبب وابستگی مستقیم و غیرمستقیم کشاورزی به انرژی نهاده‌هایی همچون کود، بذر و آفت‌کش می‌شود؛ به‌عبارت دیگر مصرف غیرمستقیم انرژی در بخش کشاورزی نشان‌دهنده وابستگی فرآیند تولید به انرژی است (Behroozeh et al., 2023). در واکنش به افزایش تقاضای مواد غذایی، استفاده از انرژی نهاده‌ها در فرآیند تولید محصولات کشاورزی رو به افزایش بوده و بر همین اساس، الگوی مصرف انرژی و رابطه انرژی نهاده و ستاده در جریان تولید محصولات کشاورزی به‌طور چشمگیری تغییر یافته است (Taheri, 2019). در این بین ارزان و فراوان بودن برخی منابع نظیر انرژی در ایران زمینه استفاده غیراقتصادی از آنها را فراهم نموده است. از همین‌رو، توجه به مقوله بیلان مصرف انرژی و ارزیابی اقتصاد مصرف انرژی عوامل تولید در راستای بهره‌گیری اصولی از منابع موجود، ضروری به‌نظر می‌رسد. از آنجا که بخش کشاورزی نقش مهمی در تولید محصولات راهبردی دارد، استفاده اقتصادی از منابع به‌ویژه انرژی از طریق ارتقاء بهره‌وری نهاده‌ها موجب تسریع رشد اقتصادی می‌شود (Naraghi et al., 2021). بدین‌ترتیب، توسعه اقتصادی و اجتماعی نه‌تنها مستلزم بهره‌برداری کارآمد از منابع انرژی، بلکه نیازمند افزایش مصرف پایدار انرژی به‌عنوان محرکی برای توسعه همه‌جانبه است (Abbasi, 2014).

در دهه‌های اخیر وابستگی روزافزون و هرچه بیشتر بخش کشاورزی به انرژی و تسریع توسعه اقتصادی متکی به سطح مصرف انرژی موجب شده است که رشد اقتصادی جهان و روند صنعتی شدن آن منجر به افزایش تقاضای مصرف انرژی شود. روند مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که هرگونه شتاب در مسیر توسعه، با افزایش مصرف انرژی همراه بوده است. اگرچه رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه نظیر ایران چندان وابسته به تولیدات کشاورزی نیست، لیکن بخش کشاورزی به‌عنوان منبع کلیدی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود (Deylami & Joolaie, 2023). بخش کشاورزی برای تأمین و توسعه اقتصادی جوامع به اشکال

مختلف انرژی (مستقیم و غیرمستقیم) نیاز دارد. بنابراین سهم قابل‌توجهی از انرژی در تولید محصولات کشاورزی مربوط به انرژی عوامل تولید است (Taei Samiri et al., 2023). در این بین آگاهی از رابطه انرژی نهاده‌ها و ستاده برای استفاده پایدار از این منابع لازم است؛ زیرا با افزایش جمعیت جهان، استفاده روزافزون از انواع انرژی به خصوص منابع فسیلی و مشتقات آن به‌صورت روزمره افزایش یافته و مصرف انرژی و به‌تبع آن انتشار گازهای گلخانه‌ای مشکلات زیادی را در جهان کنونی ایجاد کرده است (Hossinzadeh & Moradi, 2023). در واقع تقاضای بالا برای محصولات کشاورزی و پاسخ به آن منجر به استفاده مازاد و گاهاً بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی شده است. این امر می‌تواند با ایجاد اثرات منفی در طبیعت، سلامت جامعه بشری و صیانت از منابع طبیعی را به خطر اندازد. از این‌رو، اهمیت و ضرورت بررسی الگوی مصرف انرژی به‌منظور آگاهی از ارتباط انرژی نهاده و ستاده و همچنین استفاده کارا از آن در بخش کشاورزی بیش از پیش نمایان می‌شود. بدین‌ترتیب استفاده کارا از انرژی در راستای کشاورزی پایدار، مخاطرات زیست‌محیطی را کاهش داده و به بهبود شرایط منابع طبیعی کمک می‌نماید (Nasirpour et al., 2023). برای این منظور ضروری است که الگوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی مورد ارزیابی قرار گیرد تا اقتصادی بودن مصرف آن تعیین شود. در رابطه با ارزیابی رابطه انرژی نهاده و ستاده در فعالیت‌های کشاورزی، مطالعات متعددی صورت گرفته است. حسن‌زاده اول و رضوانی‌مقدم (Hassanzadeh Aval & Rezvani Moghaddam, 2013) در پژوهشی به تعیین میزان انرژی ورودی و خروجی در تولید محصول پیاز و تحلیل اقتصادی آن در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید پیاز ۹۸۴۷۹ مگاژول بر هکتار بود. میانگین انرژی خالص و بهره‌وری انرژی به‌ترتیب ۱۸۶۸۴ مگاژول بر هکتار و ۰/۷۴ کیلوگرم بر مگاژول و نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی ۱/۱۹ بود. همچنین تحلیل هزینه‌ها نشان داد که اگرچه تولید پیاز در استان خراسان رضوی کارایی انرژی پایینی دارد، اما از نظر اقتصادی دارای سود قابل‌قبولی است. آلالی و همکاران (Allali et al., 2017) میزان مصرف انرژی در تولید محصولات پیاز و سیب‌زمینی در استان الحاجب مراکش را با تأکید بر نقش نهاده‌ها و ستاده‌ها مورد مطالعه قرار دادند. مطابق نتایج، کل انرژی مصرفی در تولید پیاز ۱۰۷۴۸۳ مگاژول بر هکتار و برای سیب‌زمینی ۷۴۲۷۰ مگاژول بر هکتار برآورد شد. همچنین، نسبت‌های انرژی شامل کارایی، سودآوری و تولید انرژی به‌ترتیب ۱/۵۴، ۰/۵۴ و ۰/۴۵ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد. یاسینی و همکاران (Yasini et al., 2020) در تحقیقی به ارزیابی پایداری نظام‌های تولید سیر، پیاز و گندم سیستان با تحلیل تلفیقی انرژی و اقتصادی اقدام کردند.

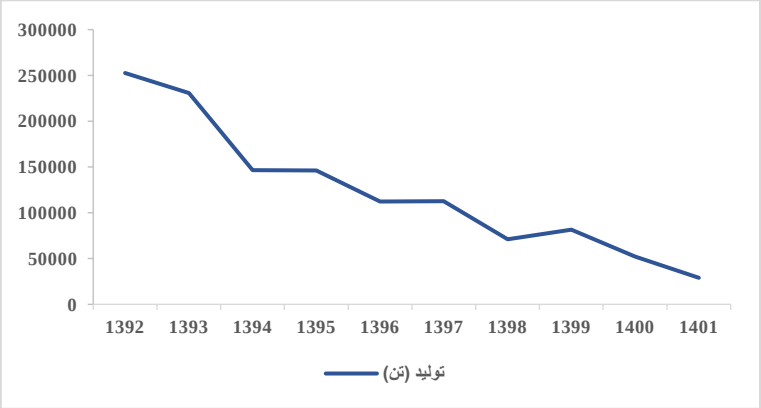
نتایج مؤید آن بود که منابع غیر رایگان به‌ترتیب ۵۵/۹، ۵۳/۴ و ۶۵/۴ درصد از کل انرژی ورودی نظام‌های تولید گندم، پیاز و سیر را به خود اختصاص دادند. نسبت عملکرد انرژی برای نظام‌های تولید گندم، پیاز و سیر به‌ترتیب ۱/۲۷، ۱/۱۵ و ۱/۹۰ است. تحلیل‌های اقتصادی نشان داد که نسبت سود به هزینه و سود خالص در سیر نسبت به پیاز و گندم بالاتر است. میرشکاری و همکاران (Mirshekari et al., 2021) پایداری شش نظام تولید محصولات زراعی از جمله پیاز، را در سطح شهرستان هیرمند ارزیابی کردند. داده‌های موردنیاز برای مطالعه شامل نهاده‌ها و ستاده‌های زیست‌محیطی و اقتصادی با استفاده از پرسش‌نامه و اندازه‌گیری‌های میدانی جمع‌آوری شد. کل انرژی نهاده‌های (تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر) بکارگرفته شده و حمایت‌کننده نظام تولید پیاز شهرستان هیرمند۱۰۱۶*۳/۳۷ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. در این بین، جریان‌های محیطی رایگان ۶۷/۸۵ درصد از کل انرژی ورودی نظام‌های تولید پیاز را به خود اختصاص دادند. تقی‌نژاد و واحدی (Taghinezhad & Vahedi, 2022) الگوی مصرف انرژی و تحلیل حساسیت نهاده‌ها در تولید محصول گندم آبی اردبیل را مورد ارزیابی قرار دادند. برای رسیدن به هدف تحقیق از تابع تولید کاب–داگلاس و شاخص بهره‌وری فیزیکی نهاده استفاده به‌عمل آمده است. مطابق نتایج، بهره‌وری انرژی ۰/۱۱۶ کیلوگرم بر مگاژول برآورد شد. ضمن‌اینکه تحلیل نهاده‌ها گویای آن بود که ماشین‌های کشاورزی بیشترین مقدار بهره‌وری نهایی را دارا بوده است. نصیرپور و همکاران Nasirpour et al., (2023) شاخص‌های انرژی و اقتصادی در نظام تولید دو محصول گوجه فرنگی و پیاز در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ را در استان البرز بررسی کردند. بر اساس نتایج بیشترین انرژی ورودی، خروجی و انرژی خالص در پیاز به‌ترتیب به میزان ۲۱۳۲۴/۸، ۱۰۵۶۰۰ و ۲۴۲۷۵/۳ مگاژول بر هکتار در شهرستان ساوجبلاغ به‌دست آمد. بالاترین کارایی مصرف انرژی در پیاز و گوجه فرنگی به ترتیب ۱/۴ و ۱/۳۲ برآورد شد. بررسی شاخص‌های اقتصادی نیز نشان داد که پیاز نسبت به گوجه فرنگی درآمد بیشتری ایجاد کرده است. چاوشی و همکاران (Chavoshi et al., 2023) به برآورد تابع تولید انرژی در تولید گندم دیم شهرستان اهر پرداختند. براساس نتایج، انرژی تولید گندم دیم به انرژی مصرفی و نهاده‌های نیروی‌کار، سموم و ماشین‌ها وابسته است. ضمن‌اینکه میانگین کارایی ۵۱ درصد نیز نشانگر عدم استفاده کارا از منابع مزبور در فرآیند تولید گندم منطقه است. دشتی و همکاران Dashti et al., (2024) ارتباط انرژی نهاده و ستاده در تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز را با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که انرژی عوامل نیروی‌کار، ماشین‌ها، کود شیمیایی و آب تأثیر معنی‌داری بر مقدار انرژی محصول کلزا داشتند. با عنایت به

متوسط ۷۱/۱۷ درصدی کارایی، کشاورزان منطقه با همان منابع در دسترس و بدون تحمل هزینه‌های اضافی می‌توانند بیش از ۲۸ درصد انرژی حاصل از تولید کلزا را افزایش دهند. راتیناکوماری و کوماران (Rathinakumari & Kumaran, 2024) مصرف انرژی در تولید پیاز ایالت کارناتاکا کشور هند را مورد ارزیابی قرار دادند. یافته‌ها بیانگر آن بود که بیشترین سهم مصرف انرژی مربوط به عملیات کوددهی، آبیاری و آماده‌سازی زمین است. در مجموع میزان انرژی به‌کار گرفته شده در کشت پیاز ۱۹۷۸۲/۲۹ مگاژول در هکتار بوده که ۵۴/۱۰ درصد آن به‌صورت انرژی مستقیم و ۴۵/۹۰ درصد آن به‌صورت انرژی غیرمستقیم مصرف شده است. ادزیا و اپوکو (Edziah & Opoku, 2024) چگونگی تأثیر سیاست‌ها بر کارایی انرژی در آسیا و اقیانوسیه را با استفاده از تابع تولید مطالعه کردند. مطابق نتایج، اجرای سیاست‌های انرژی منجر به افزایش میانگین مصرف بهینه انرژی معادل ۰/۱۵۸درصد شده است. قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2025) با بهره‌گیری از تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی به برآورد تابع تولید انرژی تولید پیاز در دشت تبریز پرداختند. نتایج گویای آن بود که انرژی مصرفی در تولید پیاز به انرژی نهاده‌های بذر، نیروی‌کار، آب، کود حیوانی، کود شیمیایی و سم مرتبط است، اما استفاده از این نهاده‌ها به‌صورت بهینه، صورت نمی‌گیرد؛ به‌طوری‌که میانگین کارایی ۷۳ درصد موید وجود امکان بهره‌برداری کاراتر از منابع موجود است.

بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که استفاده از تابع تولید به‌منظور ارزیابی بیلان انرژی و اقتصادی بودن مصرف آن در تولید محصولات مختلف کشاورزی و غیرکشاورزی، در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. در اکثر پژوهش‌های مرتبط با بهره‌وری و کارایی انرژی از روش محاسبه شاخص استفاده شده است. اگر چه در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در زمینه تحلیل مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران انجام شده، اما اغلب آنها به محاسبه شاخص‌های ساده و توصیفی نظیر کارایی انرژی محدود بوده‌اند و در موارد معدودی نیز از روش تابع تولید به‌ویژه توابع انعطاف‌ناپذیر نظیر کاب–داگلاس استفاده شده و کمتر به بررسی ساختاری روابط بین نهاده‌های انرژی و ستاده در قالب چارچوب‌های اقتصادسنجی پرداخته‌اند. مطالعه حاضر با تمرکز بر روستاهای دشت تبریز به‌عنوان یکی از قطب‌های مهم تولید محصول پیاز، تلاش نموده است تا با استفاده از داده‌های میدانی و بهره‌گیری از توابع تولید انعطاف‌پذیر، رابطه میان انرژی نهاده‌ها و ستاده را مورد تحلیل قرار دهد. مزیت این گروه از توابع در مقایسه با توابع انعطاف‌ناپذیر، توانایی آنها در بازتاب دقیق‌تر ساختار تولید واقعی مزارع است، زیرا به‌واسطه تعداد بیشتر پارامترها، محدودیت‌های کمتری بر شکل تابع اعمال

می‌کنند. برآورد تابع تولید و محاسبه کشش‌های مربوط به نهاده‌ها در این مطالعه، چگونگی بکارگیری منابع را از جنبه اقتصادی و غیراقتصادی بودن مشخص نموده و زمینه را برای بهره‌گیری کاراتر از منابع موجود در راستای افزایش سود فراهم می‌نماید. یافته‌های تحقیق می‌تواند مبنایی علمی و متناسب با واقعیت‌های حاکم بر مزارع را فراروی برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی منطقه قرار دهد.

پیاز یکی از محصولات زراعی پرتقاضا در جهان است که از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار بوده و سطح زیرکشت گسترده‌ای دارد. در سال زراعی ۱۴۰۲–۱۴۰۳، ایران با ۵۵۴۵۵ هکتار سطح زیرکشت، حدود ۲/۸ میلیون تُن پیاز تولید کرده است. استان آذربایجان‌شرقی یکی از مناطق اصلی تولید این محصول بوده است، به‌طوری‌که این استان در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ حدود ۱۱۵۵ هکتار یعنی ۲/۵ درصد از کل سطح زیرکشت پیاز کشور را به خود اختصاص داده است. به‌سبب محدودیت‌های موجود در منطقه، سطح زیرکشت این محصول در سال زراعی ۰۱–۱۴۰۰ به‌طرز محسوسی کاهش یافته و به ۶۲۳ هکتار رسیده است. از همین‌رو، کاهش میزان تولید نیز منطقی به‌نظر می‌رسد هر چند که عملکرد تولید وضعیت مناسبی داشته است. نمودار ۱ روند تولید پیاز در استان آذربایجان‌شرقی را در فاصله سال‌های زراعی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ نشان می‌دهد.



نمودار ۱. تولید محصول پیاز در استان آذربایجان‌شرقی طی سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۳۹۲

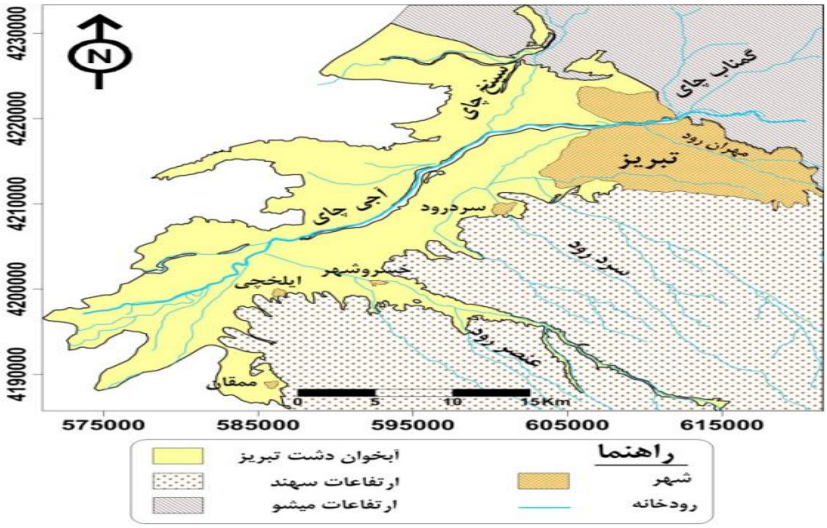
همان‌طور که مشاهده می‌شود، تولید پیاز در این استان در دوره مذکور علیرغم نوسانات موجود، در مجموع با روندی نزولی همراه بوده است، به‌طوریکه از ۵۲ هزار تُن در سال زراعی ۱۴۰۰—۱۴۰۱ به ۲۹ هزار تُن کاهش یافته است (Ministry of Agriculture Jahad, 2023). این کاهش عمدتاً ناشی از بحران کم‌آبی، تغییرات اقلیمی، چالش‌های مربوط به تأمین منابع آبی و وضعیت بحرانی دریاچه ارومیه بوده است.

وجود چالش‌هایی نظیر نوسانات قیمت محصول پیاز و افزایش شدید قیمت نهاده‌های تولید مانند کودهای شیمیایی و سوخت‌های فسیلی، فشار مالی زیادی بر تولیدکنندگان وارد کرده است. در بسیاری از موارد، این وضعیت به‌دلیل کمبود نقدینگی، عدم دسترسی به نهاده‌های جایگزین، و نبود حمایت‌های مناسب، منجر به تخصیص غیراصولی منابع یا کاهش سطح مصرف نهاده‌ها نسبت به سطح بهینه شده است. مطابق نظر کارشناسان، مصرف انرژی در تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه محصولات آب‌بری همچون پیاز، تحت تأثیر مدیریت ناکارآمد منابع آبی و نهاده‌ها قرار دارد (Meisami et al., 2008). در این میان، در روستاهای دشت تبریز و مناطق واقع در حوزه دریاچه ارومیه، بحران کم‌آبی، افت منابع آب‌های زیرزمینی و محدودیت در تخصیص آب کشاورزی، تولید این محصول را با دشواری‌هایی همراه کرده است. ازاین‌رو، شناخت عوامل مؤثر بر انرژی ستاده پیاز در این منطقه و بررسی بهره‌برداری اقتصادی یا غیراقتصادی از انرژی نهاده‌ها، برای برنامه‌ریزی دقیق و اتخاذ راهکارهای بهینه‌سازی مصرف منابع ضروری به‌نظر می‌رسد. با شناخت عوامل مؤثر بر انرژی مصرفی مزارع پیاز، سیاست‌گذاران و مدیران می‌توانند در فرآیند تدوین و بکارگیری برنامه‌های توسعه و تهیه الگوی کشت با لحاظ امکانات و تنگناهای موجود در روستاهای دشت تبریز، گام‌های عملی و کاربردی بردارند. همچنین زارعین پیازکار نیز با درک واقعی ارتباط انرژی نهاده‌ها و ستاده پیاز می‌توانند به‌شکل اقتصادی‌تری از منابع موجود بهره بگیرند. از همین رو هدف اصلی این مطالعه، تحلیل اقتصادی مصرف انرژی در تولید پیاز روستاهای دشت تبریز است.

مبانی نظری و روش پژوهش

دشت تبریز با مساحت ۲۵۳۹۲ کیلومتر مربع، بزرگ‌ترین دشت استان آذربایجان‌شرقی و قطب اصلی تولید محصولات کشاورزی منطقه است. این دشت با موقعیت استراتژیک خود از شمال به دامنه‌های جنوبی کوه‌های میشو، ازجنوب به دامنه‌های شمالی سهند، از شرق به محدوده شهر تبریز و از غرب به اراضی شوره‌زار و دریاچه ارومیه محدود می‌شود که شرایط مناسبی برای فعالیت‌های کشاورزی و بهره‌برداری از منابع انرژی فراهم آورده است. دشت تبریز در فاصله و طول شرقی (بین مختصات ۵۷۱۰۰۰ تا ۶۶۲۰۰۰) و عرض شمالی (بین مختصات ۴۱۷۵۷۰۰ تا

۴۲۶۰۰۰۰) واقع شده است. رودخانه آجی چای، بزرگ‌ترین رودخانه دائمی منطقه از دامنه‌های جنوب‌شرقی کوه سبلان و شمالی رشته کوه بزقوش سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از مناطق سراب بیلوردی، دوزدوزان و بستان‌آباد وارد دشت تبریز می‌شود. پست‌ترین نقطه ارتفاعی در این محدوده، ۱۰۳۰ متر از سطح دریا در غرب دشت و بلندترین نقطه در کوه‌های سهند با بیش از ۳۰۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. تغییرات ارتفاعی در دشت تبریز باعث تفاوت‌های قابل‌توجهی در اقلیم خرد (مانند دما، میزان بارندگی و طول دوره رشد محصولات) میان نواحی مختلف شده است. این تفاوت‌ها بر الگوی کشت، نوع ماشین‌آلات مورداستفاده، میزان مصرف سوخت و نیاز به نهاده‌هایی نظیر کود و سم تأثیر گذارند. در نتیجه، ویژگی‌های جغرافیایی و توپوگرافی این منطقه، آن را به بستری مناسب برای تحلیل ساختاری ارتباط میان نهاده‌ها و ستاده‌های تولیدی و بررسی امکان بهینه‌سازی مصرف انرژی در شرایط متنوع تولید تبدیل کرده است (Tabarmayeh & Vaezi Hir, 2015).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت تبریز

فرآیند تولید محصولات کشاورزی شامل تبدیل انرژی مصرفی از نهاده‌های مختلف به انرژی در محصولات نهایی است. این تبدیل می‌تواند با بهره‌گیری از رهیافت تابع تولید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد (Heidarisoltanabadi et al., 2016). تابع تولید یک رابطه ریاضی است که وابستگی بین مقادیر عوامل تولید و مقدار محصول تولید شده را نشان می‌دهد. اگرچه ماهیت عوامل تولید تغییرناپذیر است، اما انتخاب دقیق‌ترین و مناسب‌ترین تابع تولید نقش کلیدی در افزایش کارایی دارد. تابع تولید را می‌توان به‌صورت رابطه ۱ تعریف کرد:

$$Y_i = f\ (X_1, X_2, \ldots, X_i) \qquad i=1,\ldots,n \qquad (۱)$$

در تابع بالا، Y_i نشان دهنده مقدار پیاز مزرعه iام و X_i عوامل تولید است. رابطه مذکور نشان‌دهنده شکل کلی تابع تولید است که در عمل از انواع مختلف آن برای برآورد تابع تولید (مقدار محصول) در تحلیل‌های اقتصاد کشاورزی بهره گرفته می‌شود (Koopahi, 2016).

در این مطالعه، از تابع تولید هم‌ارز انرژی نیز به‌منظور بررسی ارتباط میان مصرف انرژی، نهاده‌ها و محصول نهایی در فرآیند تولید پیاز استفاده شده است. به‌منظور تطبیق مقادیر نهاده‌ها و ستاده با واحدهای انرژی (مگاژول بر هکتار)، از ضرایب هم‌ارزی استاندارد انرژی استفاده شد که از پژوهش‌های پیشین استخراج شده‌اند. مطابق جدول ۱، رقم مربوط به آب نشان می‌دهد که برای استحصال و انتقال یک مترمکعب آب مصرفی حدود ۱/۰۲ مگاژول انرژی مصرف می‌شود. این میزان انرژی در نهایت در فرآیند تولید پیاز بکار گرفته شده و در زمره انرژی ورودی محسوب می‌شود. جزئیات ضرایب مذکور در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. ضریب‌های هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستاده‌ها در تولید محصول پیاز

انرژی نهاده و ستاده	معادل انرژی در واحد	واحد انرژی	منابع
نهاده			
نیروی‌کار	۱/۹۶	مگاژول بر ساعت	(Kaab et al., 2019)
ماشین‌آلات	۶۴/۸۰	مگاژول بر ساعت	(Ozbek et al., 2021)
کود حیوانی	۰/۳	مگاژول بر کیلوگرم	(Nasirpour et al., 2023)
علف‌کش	۸۵	مگاژول بر کیلوگرم	(Nasirpour et al., 2023)
حشره‌کش	۱۰۱/۲۰	مگاژول بر کیلوگرم	(Nasirpour et al., 2023)
قارچ‌کش	۲۱۶/۰۰	مگاژول بر کیلوگرم	(Nasirpour et al., 2023)
کود ازته	۶۰/۶۰	مگاژول بر کیلوگرم	(Ozbek et al., 2021)
کود فسفاته	۱۱/۱۰	مگاژول بر کیلوگرم	(Ozbek et al., 2021)
کود پتاسه	۶/۷۰	مگاژول بر کیلوگرم	(Ozbek et al., 2021)
گازوئیل	۱۲	مگاژول بر لیتر	(Ozbek et al., 2021)
آب آبیاری	۰/۶۳	مگاژول بر مترمکعب	(Ozbek et al., 2021)
الکتریسیته	۱۲	مگاژول بر کیلووات ساعت	(Ozbek et al., 2021)
بذر	۱۴/۷۰	مگاژول بر کیلوگرم	(Ozbek et al., 2021)
ستاده			
پیاز	۱/۶۰	مگاژول بر کیلوگرم	(Ozbek et al., 2021)

توابع تولید به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند. توابعی که از نظر ساختاری انعطاف‌پذیرند و آنهایی که انعطاف‌ناپذیرند. توابع انعطاف‌ناپذیر مانند کاب–داگلاس دارای محدودیت ساختاری بوده و بنابراین قدرت تبیین کمتری نسبت به توابع انعطاف‌پذیر دارند. در مقابل توابع انعطاف‌پذیر با توجه به ویژگی‌های خاص خود، دقت بالاتری در مدل‌سازی دارند و به‌دلیل پیشرفت‌های صورت گرفته در روش‌های برآورد غیرخطی پارامترها، استفاده از آنها در مطالعات مختلف افزایش یافته است (Hosseinzad & Salami, 2004). توابعی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند، شامل ترانسلوگ، تابع درجه دوم و تابع لئونتیف تعمیم‌یافته بوده که به صورت روابط ۲، ۳ و ۴ بیان می‌شوند (Dashti et al., 2012):

$$\ln Y= \alpha_0+\sum_{i=1}^{n} \alpha_i \ lnX_i+ \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} \ lnX_i lnX_j \quad (۲)$$

$$Y=\alpha_0+\sum_{i=1}^{n} \alpha_i \ X_i+\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} \ X_i \ X_j \quad (۳)$$

$$Y=\alpha_0+\sum_{i=1}^{n} \alpha_i \ X_i^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} \ X_i^{\frac{1}{2}} \ X_j^{\frac{1}{2}} \quad (۴)$$

در این روابط، x_i مقادیر هم‌ارز انرژی نهاده‌ها به‌کار گرفته شده، Y میزان محصول تولید شده، Ln نماد لگاریتم طبیعی و α_i پارامترهای هر سه مدل را نشان می‌دهد. این ضرایب تعیین‌کننده تعاملات پیچیده میان نهاده‌ها و ستاده بوده و نقش مهمی در تحلیل ابعاد اقتصادی تولید و تخصیص منابع دارند. انتخاب فرم‌های تابعی مناسب در تحلیل تولیدات کشاورزی، به‌ویژه در رابطه با مقادیر مصرف انرژی، یکی از عوامل مهم در بهینه‌سازی تولید است. انتخاب نادرست فرم تابعی می‌تواند منجر به اشتباهات قابل‌توجهی در تحلیل داده‌ها و تصمیم‌گیری‌های اقتصادی شود. این اشتباهات معمولاً به‌دلیل نادیده گرفتن متغیرهای کلیدی یا وارد کردن متغیرهای غیرضروری است که می‌تواند دقت مدل‌ها را کاهش دهد. در فرآیند تولید محصولاتی مانند پیاز که مصرف انرژی تأثیر زیادی بر عملکرد تولید دارد، استفاده از مدل‌های مناسب برای تحلیل اثرات تغییر مقادیر انرژی مصرفی نهاده‌ها بسیار حائز اهمیت است. در این راستا فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر مانند ترانسلوگ، لئونتیف تعمیم‌یافته و درجه دوم تعمیم‌یافته برای بررسی اثر تغییر مقادیر انرژی مصرفی نهاده‌ها بر انرژی ستاده به‌شکل گسترده‌ای استفاده می‌شوند، زیرا بر خلاف فرم‌های انعطاف‌ناپذیر نظیر کاب–داگلاس، این توابع

به‌واسطه داشتن تعداد زیادتری از پارامترها با محدودیت ساختاری مواجه نیستند. در این مدل‌ها امکان ارزیابی حساسیت سامانه تولیدی نسبت به تغییرات مقادیر مصرف انرژی نهاده‌ها وجود دارد (Battese & Coelli, 1995). بدین‌ترتیب، مدل‌های انعطاف‌پذیر به‌عنوان ابزارهای مؤثر در سیاست‌گذاری و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها در فرآیندهای تولیدی شناخته می‌شوند. به‌منظور گزینش فرم تابعی مناسب از معیارهای اقتصادسنجی استفاده می‌شود. اعتقاد بر این است که سادگی تفسیر، خوبی برازش، قدرت پیش‌بینی و سازگاری علائم و مقادیر ضرایب و کشش‌ها با انتظارات و تئوری‌های اقتصادی از معیارهای کاربردی در تشخیص الگوی برتر محسوب می‌شوند، ضمن‌اینکه آزمون نرمال بودن اجزاء اخلال به انتخاب الگوی مناسب کمک می‌نماید (Hosseinzad & Salami, 2004). بدین‌ترتیب در پژوهش حاضر نیز تابع تولید برتر با لحاظ موارد مزبور از بین سه تابع انعطاف‌پذیر انتخاب می‌شود. با داشتن تابع تولید مناسب و محاسبه کشش تولید هر نهاده می‌توان در خصوص نحوه بکارگیری آن توسط کشاورزان اظهارنظر کرد. به‌عبارت دیگر، کشش تولید معیار کاربردی و مهمی برای تشخیص مصرف اقتصادی یا غیراقتصادی نهاده است. بدین‌ترتیب کشش تولید نقشی اساسی در بهینه‌سازی مصرف انرژی نهاده‌ها و افزایش بهره‌وری تولید ایفا می‌کند. کشش تولید در واقع حساسیت تغییر مقدار ستاده در قبال تغییر نهاده را نشان می‌دهد. فرم کلی کشش تولید به شرح رابطه ۵ است (Dashti et al., 2012):

$$E = \frac{\%\Delta y}{\%\Delta X} = \frac{\Delta y}{\Delta X} \cdot \frac{y}{X} = \frac{MP}{AP} \qquad (۵)$$

در رابطه فوق، E بیانگر کشش تولید، $\%\Delta y$ درصد تغییرات ستاده، $\%\Delta X$ درصد تغییرات نهاده، MP تولید نهایی و AP تولید متوسط را نشان می‌دهد. مقادیر کشش تولید در نواحی اول، دوم و سوم به‌ترتیب بزرگتر از یک، کوچکتر از یک و منفی است. با افزایش مصرف نهاده متغیر هرچند که درصد افزایش ستاده از درصد تغییر نهاده کمتر می‌شود، لیکن مقدار تولید کل افزایش می‌یابد. به‌همین‌خاطر ناحیه دوم، محدوده اقتصادی یا منطقی بکارگیری نهاده شناخته می‌شود. هنگامی‌که MP منفی می‌شود، بکارگیری واحدهای اضافی نهاده از میزان آن می‌کاهد. بنابراین ناحیه سوم نیز همانند ناحیه اول از نظر مصرف عوامل تولید غیراقتصادی یا غیرمنطقی است (Bakhshudeh & Akbari, 2011). متناسب با فرم‌های تابعی ارائه شده، مقدار کشش تولید نهاده iام برای توابع تولید ترانسلوگ، درجه دوم و لئونتیف تعمیم‌یافته به‌ترتیب از روابط ۶، ۷ و ۸ قابل محاسبه است.

$$E_{P_i} = \alpha_i + \alpha_{ii} lnX_i + \sum_{j=2} \alpha_{ij}\, lnX_j \quad (۶)$$

$$E_{P_i} = \left[\alpha_i + \alpha_{ii} X_i + \sum_{j=2} \alpha_{ij}\, X_j\right] [\frac{X_i}{Y}] \quad (۷)$$

$$E_{P_i} = \left[(\frac{1}{2})\alpha_i^{-\frac{1}{2}} + \left(\frac{1}{2}\right)\sum \alpha_{ij}\, X_i^{-\frac{1}{2}}\, X_j^{-\frac{1}{2}}\right] [\frac{X_i}{Y}] \quad (۸)$$

با توجه به آماره‌های F، R^2، DW و آزمون JB تابع تولید درجه دوم تعمیم‌یافته به‌عنوان فرم برتر انتخاب شد، بنابراین الگوی تجربی مطالعه به‌صورت رابطه ۹ ارائه قابل ارائه است.

$$\begin{aligned} Y_i = {} & \alpha_0+\alpha_1X_1+\alpha_2X_2+\alpha_3X_3+\alpha_4X_4+\tfrac{1}{2}\alpha_{11}(X_1)^2+\tfrac{1}{2}\alpha_{22}(X_2)^2+ \\ & \tfrac{1}{2}\alpha_{33}(X_3)^2+\tfrac{1}{2}\alpha_{44}(X_4)^2+\alpha_{12}(X_1)(X_2)+\alpha_{13}(X_1)(X_3)+ \\ & \alpha_{14}(X_1)(X_4)+\alpha_{23}(X_2)(X_3)+\alpha_{24}(X_2)(X_4)+\alpha_{34}(X_3)(X_4) \end{aligned} \quad (۹)$$

در رابطه بالا، Y_i مقدار انرژی محصول پیاز مزرعه iام (مگاژول بر کیلوگرم)، X_1 مقدار نهاده بذر (مگاژول بر کیلوگرم)، X_2 نیروی‌کار (مگاژول بر ساعت)، X_3 مقدار کود حیوانی (مگاژول بر کیلوگرم) و X_4 مقدار کود شیمیایی (مگاژول بر کیلوگرم) است. شایان ذکر است که انرژی سایر نهاده‌ها از جمله ماشین‌آلات و ماسه مصرفی بر تولید تأثیر معنی‌داری نشان ندادند و بدین‌ترتیب در الگوی نهایی گنجانده نشدند. از آنجا که کشاورزان به یک مقدار و برای عملیات معینی از ماشین‌آلات بهره می‌گیرند، بنابراین معنی‌دار نبودن آن چندان غیرمنتظره نیست. با توجه به فرم تابعی مزبور، کشش تولید نهاده اول از رابطه ۱۰ قابل محاسبه است.

$$E_{P_1} = [X_1 + \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 + \alpha_{13}X_3 + \alpha_{14}X_4][\frac{X_i}{Y}] \quad (۱۰)$$

جامعه آماری این پژوهش شامل کشاورزان فعال در عرصه تولید پیاز در منطقه دشت تبریز است. حجم نمونه بر اساس واریانس سطح زیرکشت به‌عنوان صفت موردنظر (واریانس سطح زیرکشت) با استفاده از فرمول کوکران (رابطه ۱۱) برابر ۱۴۰ نفر به‌دست آمد.

$$n = \frac{N\, t^2 s^2}{Nd^2 + t^2 s^2} = 140 \quad (۱۱)$$

در رابطه ۱۱، n تعداد نمونه موردنیاز، N تعداد کل جمعیت هدف (تولیدکنندگان پیاز تقریباً معادل ۵۰۰ نفر)، t ضریب اطمینان (در فاصله اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶)، S^2 واریانس سطح زیرکشت مزارع پیاز و d خطای قابل پذیرش (در سطح اطمینان ۹۵ درصد معادل ۵ درصد) است. بدین‌ترتیب داده‌های مورد نیاز با تکمیل ۱۴۰ پرسش‌نامه در میان کشاورزان پیازکار روستاهای دشت تبریز در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ گردآوری شد. لازم به ذکر است که برآورد توابع تولید با استفاده از نرم‌افزار Stata 17 صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج برآورد ضرایب توابع تولید ترانسلوگ، درجه دوم تعمیم‌یافته و لئونتیف تعمیم‌یافته محصول پیاز دشت تبریز در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود عوامل بذر، کود حیوانی، نیروی‌کار و کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر میزان انرژی تولیدی پیاز دارند. قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2025) و نیکان و دشتی (Nikan & Dashti, 2022) نیز در ارزیابی ارتباط انرژی نهاده و محصول پیاز نشان دادند که انرژی نهاده‌های کود، بذر و نیروی‌کار تأثیر معنی‌داری بر مقدار انرژی تولید پیاز دارد که این نتیجه با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌سو است. برای انتخاب تابع تولید برتر از آماره‌های ضریب تعیین R^2 و DW، آزمون نرمال بودن اجزاء اخلال و تعداد ضرایب معنی‌دار استفاده شد.

جدول ۲. نتایج برآورد توابع تولید پیاز

تابع ترانسلوگ		تابع درجه دوم تعمیم‌یافته		تابع لئونتیف تعمیم‌یافته	
متغیر	ضریب	متغیر	ضریب	متغیر	ضریب
عرض از مبدأ	۳۲/۷***	عرض از مبدأ	-۸۷/۷۸***	عرض از مبدأ	۲۶۷/۳۲***
بذر	۱۲/۷**	بذر	۲۷/۲***	بذر	۱۲۰/۲
نیروی‌کار	-۲/۸۲	نیروی‌کار	۲۱/۹	نیروی‌کار	۳۶/۶۶**
کود حیوانی	-۱۵/۸۵	کود حیوانی	-۰/۰۰۶***	کود حیوانی	-۱/۳۲***
کود شیمیایی	-۱۰/۱۸**	کود شیمیایی	۳/۳۱**	کود شیمیایی	۱۴/۳
بذر- بذر	۰/۵۰	بذر- بذر	-۰/۰۸*	بذر- بذر	-۲/۰۲**
نیروی‌کار- نیروی‌کار	۰/۴۹***	نیروی‌کار- نیروی‌کار	-۷/۰۵**	نیروی‌کار- نیروی‌کار	-۳/۴۵
کودحیوانی - کودحیوانی	۱/۰۲**	کودحیوانی- کودحیوانی	-۰/۹	کودحیوانی- کودحیوانی	-۹/۰۲*
کودشیمیایی- کودشیمیایی	۱/۱۴	کودشیمیایی- کودشیمیایی	-۰/۰۰۵**	کودشیمیایی- کودشیمیایی	۲/۲۳**
بذر در نیروی‌کار	-۰/۲۲	بذر در نیروی‌کار	-۰/۸۳	بذر در نیروی‌کار	۰/۰۰۱*
بذر - کود حیوانی	-۱/۰۲	بذر - کود حیوانی	-۰/۰۷	بذر - کود حیوانی	۰/۲۵
بذر -کود شیمیایی	۰/۰۴	بذر -کود شیمیایی	-۰/۰۰۰۱	بذر-کود شیمیایی	-۰/۰۰۳
نیروی‌کار - کود حیوانی	۰/۳۰	نیروی‌کار - کود حیوانی	-۰/۰۰۲***	نیروی‌کار - کود حیوانی	۰/۰۰۹
نیروی‌کار- کود شیمیایی	-۰/۲۲	نیروی‌کار- کود شیمیایی	۰/۰۶**	نیروی‌کار- کود شیمیایی	۱/۰۲*
کودحیوانی- کودشیمیایی	۰/۷۴**	کودحیوانی- کودشیمیایی	۳/۸۲***	کودحیوانی-کودشیمیایی	-۰/۴۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش *** ، ** و * به ترتیب، معنی‌داری در سطح یک درصد، پنج و ده درصد را نشان می‌دهد.

مقایسه ضرایب برآورد شده در مدل‌های مختلف نشان داد که توابع تولید درجه دوم تعمیم‌یافته و لئونتیف تعمیم‌یافته از لحاظ تعداد معنی‌داری پارامترها و قدرت توضیح‌دهندگی، نتایج قابل‌قبولی ارائه دادند. برای آزمون نرمال بودن جملات اخلال از آماره جارک‌برا (JB) استفاده شد. از آنجا که در مورد تابع درجه دوم تعمیم‌یافته، مقدار آماره JB محاسباتی از مقدار جدول خی‌دو بیشتر نبود، بنابراین فرض نرمال بودن اجزاء اخلال مورد قبول واقع شده و به‌همین دلیل تابع مزبور به‌عنوان تابع برتر انتخاب شد. همچنین، بر اساس آماره‌های دوربین‌واتسون و ضریب تعیین، قابلیت تبیین داده‌ها توسط این مدل‌ها تأیید شد. با این حال، تفاوت‌هایی میان این مدل‌ها مشاهده می‌شود که بر اساس آزمون‌هایی همچون آزمون جارک‌برا و تعداد کل ضرایب معنی‌دار، مدل مناسب‌تری شناسایی شد. همچنین در این پژوهش از آزمون وایت برای شناسایی واریانس ناهمسانی در توابع تولید استفاده به‌عمل آمد. این آزمون به‌دلیل مقطعی بودن داده‌ها و قابلیت بالاتر در شناسایی ناهمسانی واریانس مورد توجه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که توابع تولید انرژی‌محور از جمله فرم‌های درجه دوم

تعمیم‌یافته و ترانسلوگ، شرایط همسانی واریانس را برآورده می‌کنند. همان‌طور که اشاره شد، پس از ارزیابی آزمون جارک‌برا و معیارهای دیگر نظیر تعداد ضرایب معنی‌دار و ضریب تعیین مدل، تابع تولید درجه دوم تعمیم‌یافته به‌عنوان مدل ارجح برای تحلیل تأثیر انرژی نهاده‌ها بر انرژی محصول پیاز تولیدی انتخاب شد و با استفاده از آن نحوه استفاده از عوامل، مورد بحث قرار می‌گیرد.

جدول ۳. مقایسه توابع مختلف تولید پیاز از نظر معنی‌داری پارامترها و آزمون جارک‌برا

تابع تولید	تعداد ضرایب کل	تعداد ضرایب معنی‌دار	آماره (JB)	ضریب تعیین	آماره دوربین‌واتسون
ترانسلوگ	۱۵	۶	۰/۱۶	۰/۸۷	۲/۱۱
درجه دوم تعمیم یافته*	۱۵	۱۰	۱۴/۲۵	۰/۹۲	۲/۱۷
لئونتیف تعمیم یافته	۱۵	۸	۱/۴۹	۰/۸۸	۲/۱۲

منبع: یافته‌های تحقیق

از آنجا که ضرایب برآوردی تابع تولید درجه دوم تعمیم‌یافته به‌طور مستقیم قابل تفسیر نیستند، بنابراین برای داشتن درک درست و منطقی از وضعیت بکارگیری نهاده‌ها، نسبت به محاسبه کشش هر نهاده اقدام شد. نتیجه محاسبه کشش‌های نهاده‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. مطابق نتایج مندرج در جدول مزبور، همانند نتایج مطالعات نیکان و دشتی (Nikan & Dashti, 2022) و دشتی و همکاران (Dashti et al., 2025)، مقدار کشش جزئی به‌دست آمده برای متغیر بذر حاکی از تأثیر مثبت انرژی بذر بر انرژی تولید پیاز است. با توجه به ضریب ۰/۸۱، اگر انرژی مصرف نهاده بذر ۱۰ درصد افزایش یابد، انرژی تولیدی پیاز ۸/۱ درصد افزایش می‌یابد. این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش کاربرد بذر، امکان افزایش تولید وجود دارد؛ زیرا کشاورزان از این نهاده در ناحیه اقتصادی تولید یعنی ناحیه دوم استفاده می‌نمایند. مقادیر حداقل و حداکثر کشش عامل بذر به‌ترتیب ۰/۷- و ۲/۶۰ است. بدین‌ترتیب، پاره‌ای از پیازکاران از این نهاده بیشتر از حد مجاز و به‌عبارتی در ناحیه سوم استفاده می‌کنند در حالی‌که برخی دیگر از آنان به مقداری کمتر از حد مجاز و در ناحیه اول بهره می‌گیرند. در هر دو مورد به‌واسطه بهره‌گیری غیراقتصادی از نهاده‌ها مقدار تولید و انرژی خروجی کاهش پیدا می‌کند.

جدول۴ . مقادیر کشش تولید بر اساس ضرایب تابع درجه دوم تعمیم یافته

متغیر	میانگین	انحراف‌معیار	کمینه	بیشینه
بذر	۰/۸۱	۰/۷۲۳	−۰/۷۱	۲/۶۰
نیروی‌کار	۱/۰۲	۰/۱۷۴	۰/۸	۱/۴۹
کود حیوانی	۰/۲	۰/۱۸۵	−۰/۵	۱/۹۰
کود شیمیایی	۱/۱۶	۰/۲۶۴	۰/۶	۲/۵۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

متوسط کشش تولید نهاده نیروی‌کار در تولید محصول پیاز در دشت تبریز ۱/۰۲ به‌دست آمد که نشان‌دهنده بهره‌گیری نسبتاً مطلوب از نیروی‌کار در تولید پیاز است. با توجه به مقدار کشش به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش یک درصدی نیروی‌کار موجب افزایش ۱/۰۲ درصدی در تولید پیاز خواهد شد. باید توجه داشت که معدودی از تولیدکنندگان از این نهاده در ناحیه اول استفاده می‌کنند زیرا حداکثر مقدار آن ۱/۴۹ به‌دست آمده است. در نهایت، متوسط کشش تولید کود شیمیایی معادل ۱/۱۶ به‌دست آمد که بیانگر استفاده از آن در ناحیه اول تولید است. این مقدار نشان‌دهنده تأثیر مثبت کود شیمیایی در افزایش تولید پیاز است؛ اگرچه مصرف مازاد آن موجب ایجاد مخاطرات زیست‌محیطی جبران‌ناپذیر می‌شود. کشش کود حیوانی نیز مؤید استفاده از این نهاده در ناحیه دوم بوده هر چند که برخی از زارعین به مقداری کمتر از حد بهینه اقتصادی استفاده می‌کنند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر، به‌منظور بررسی اقتصادی کاربرد انرژی نهاده‌ها در تولید پیاز روستاهای دشت تبریز، داده‌های مربوط به ۱۴۰ کشاورز پیازکار جمع‌آوری و مقادیر نهاده‌ها و ستاده‌ها به معادل هم‌ارز انرژی آنها تبدیل شد. بدین‌منظور، توابع تولید انعطاف‌پذیر شامل ترانسلوگ، درجه دوم تعمیم‌یافته و لئونتیف تعمیم‌یافته برآورد شد که در نهایت تابع تولید درجه دوم تعمیم‌یافته به‌عنوان مدل برتر برای تحلیل ارتباط میان انرژی نهاده‌ها و محصول پیاز انتخاب شد. این انتخاب بر اساس آزمون‌های آماری مختلف از جمله آزمون جارک‌برا، تعداد ضرایب معنی‌دار و ضریب تعیین صورت پذیرفت. تخمین تابع تولید نشان داد که مقادیر انرژی نهاده‌های بذر، نیروی‌کار، کود حیوانی و کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر مقدار انرژی ستاده تولیدی پیاز داشته است. به‌عبارت دیگر، انرژی حاصل از تولید پیاز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر انرژی عوامل مزبور قرار دارند. بدین‌ترتیب می‌توان استنباط کرد که بکارگیری اصولی این نهاده‌ها به بهبود بهره‌وری انرژی و افزایش کارایی انرژی خروجی محصول پیاز منجر خواهد شد. محاسبه کشش تولید به‌عنوان یک معیار کاربردی برای ارزیابی

چگونگی استفاده از عوامل مؤید آن بود که پیازکاران از نهاده‌های نیروی‌کار و کود شیمیایی در ناحیه غیر اقتصادی (اول) استفاده می‌نمایند. مطابق اظهارات کشاورزان منطقه مورد مطالعه، با افزایش قیمت کود، آنان نتوانسته‌اند به مقدار مورد نیاز این نهاده را تقاضا و مصرف نمایند و بنابراین مقدار بکارگیری آن در ناحیه اول متوقف شده است. هر چند که مصرف کود شیمیایی به مقدار کافی، به افزایش تولید پیاز کمک می‌کند ولی مصرف بیش از حد آن می‌تواند به محیطزیست آسیب برساند؛ از این‌رو، توصیه می‌شود که کشاورزان با رعایت اصول کشاورزی پایدار و اتکاء کم به این قبیل عوامل و بکارگیری کودهای تلفیقی (ترکیب کودهای شیمیایی و آلی)، مقدار مصرف این عامل را تعدیل نمایند. به‌عبارت‌دیگر، نظر به اثرات زیان‌بار زیست‌محیطی ناشی از مصرف مواد شیمیایی، پیشنهاد می‌شود مصرف آن را به حداقل ممکن رسانده و در صورت عدم‌امکان استفاده از منابع جایگزین، مصرف آن افزایش یابد. همچنین مطابق نتایج محاسبه کشش‌های بذر و کود حیوانی، هرچند که برخی از پیازکاران به‌صورت منطقی و اقتصادی از این منابع بهره نمی‌گیرند، اما در مجموع کشاورزان منطقه از این نهاده‌ها به‌صورت اقتصادی یعنی در ناحیه دوم استفاده می‌کنند. لازم به ذکر است که مصرف اقتصادی این عوامل لزوماً به معنی مصرف بهینه آن نبوده و از این‌رو پیشنهاد می‌شود، حد بهینه مصرف منابع توسط مراکز تحقیقاتی مشخص شده و توسط مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان به کشاورزان اطلاع داده شود.

منابع

1. Abbasi, E. (2014). Energy consumption forecast in Iran's agricultural sector. *Financial Economics*, *9*(32), 81-102. [In Persian]
2. Allali, K., Dhehibi, B., Kassam, S. N., & Aw-Hassan, A. (2017). Energy consumption in onion and potato production within the province of El Hajeb (Morocco): Towards energy use efficiency in commercialized vegetable production. *Journal of Agricultural Science*, *9*(1), 118-127. Doi: 10.5539/jas.v9n1p118.
3. Bakhshudeh, M., & Akbari, A. (2011). Agricultural Economics. Publisher :Shahid Bahonar University (Kerman). [In Persian]
4. Battese, G.E., & Coelli, T.J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, *20*(2), 325-332. Doi: https://doi.org/10.1007/BF01205442.
5. Behroozeh, S., Hayati, D., & Karami, E. (2023). Energy consumption behaviors in greenhouse production systems based on the value-belief-norm

theory: The case of Kerman province. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, *18*(2), 163-180. Doi: 20.1001.1.20081758.1401.18.2.10.5. [In Persian]

6. Chavoshi, P., Dashti, G., & 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]
7. Dashti, G., Baghban Adami, R., & 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), 53-65. Doi: 10.22034/jam.2024.60809.1273. [In Persian]
8. Dashti, G., Chavoshi, P., & Rahmani, E. (2025). Economic aspects of energy balance in rainfed wheat production in Saqqez county. *Journal of Agricultural Mechanization*, 41-52. Doi: 10.22034/jam.2025.63557.1295. [In Persian]
9. Dashti, G., Ranjbar, F., Hosseinzad, J., & Hayati, B. (2012). Some economic effects of fertilizer subsidy removal in onions crop (case study in Tabriz plain area). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 22*(1), 137-147. [In Persian]
10. Deylami, A., & Joolaie, R. (2023). The role of environmental degradation and energy consumption in economic growth of the agricultural sector: Empirical evidence from Iran. *Agricultural Economics*, 17(2), 57-80. Doi: 10.22034/iaes.2023.1971181.1955. [In Persian]
11. Edziah, B.K., & Opoku, E.E.O. (2024). Enhancing energy efficiency in Asia-Pacific: Comprehensive energy policy analysis. *Energy Economics*, *138*, 107831. Doi: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107831.
12. Ghasemi, E., Dashti, G., & Ghahremanzadeh, M. (2025). Effective factors the technical and energy efficiency of onion production in Tabriz plain: Application and comparison of physical and energy equivalent production functions. *Agricultural Economics and Development*. Doi: 10.30490/aead.2025.365607.1595. [In Persian]
13. Hassanzadeh Aval, F., & 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. Doi: http://ijae.iut.ac.ir/article-1-233-fa.html. [In Persian]

14. Heidari soltanabadi, M. (2023). Determination of energy production function in irrigated wheat of Isfahan province. *Energy Engineering and Management*, 11(1), 116-127. Doi: 10.22052/11.1.116. [In Persian]
15. Hosseinzad, J., & Salami, H. (2004). Selecting a production function to estimate the economic value of agricultural water: a case study of wheat production. *Agricultural Economics and Development*, *12*(48), 53-73. [In Persian]
16. Hosseinzadeh, H., & Moradi, M. (2023). Evaluating the effects of energy and economic growth on Carbon dioxide emission (using spatial panel data). *Environmental Economics*, *25*(2), 15-26. Doi: 10.30495/jest.2019.40523.4494. [In Persian]
17. Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K.W. (2019). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of the Total Environment*, *664*, 1005-1019. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.004
18. Koopahi, M. (2016). Principles of Agricultural Economics. 9th Edition, University of Tehran Press. [In Persian]
19. Meisami, M. A., Ajab-Shirchi, Y., & Ranjbar, I. (2008). Energy consumption pattern in the production of selected agricultural crops and estimation of energy indices: A case study in Bonab County. Paper Presented at the 5th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Iran. [In Persia]
20. Mirshekari, S., Dahmardeh, M., Asgharipour, M.R., Ghanbari, A., & Seyedabadi, E. (2021). Sustainability assessment of six crop production systems based on energy and economic analysis in Hirmand city. *Journal of Agroecology*, *13*(3), 539-561. Doi: 10.22067/agry.2021.69477.1032. [In Persia]
21. Naraghi, N., Moghaddisi , R., & Mohammadinejad, A. (2021). Studying the nonlinear relationship between energy consumption and inflation in the agricultural sector. *Agricultural Economics and Development*, *35*(3), 259-272. Doi: https://doi.org/10.22067/jead.2021.68041.1036.[In Persia]
22. Nasirpour, S., Jahansouz, M.R., Moghadam, H., & Mohammadzadeh, A. (2023). Comparison of tomato (Solanum lycopersicum L.) and onion (Allium cepa L.) production systems in terms of energy and economic indicators, and greenhouse gas emissions potential (case study of cities in

Alborz Province). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(4), 137-153. Doi: 10.22059/ijfcs.2023.359954.655008. [In Persian]

23. Nikan, S., & Dashti, G. (2022). Energy use and economic analysis of onion production in Iran a case study East Azerbaijan province. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=4248638 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4248638
24. Ozbek, O., Gokdogan, O., & Baran, M.F. (2021). Investigation on energy use efficiency and greenhouse gas emissions (GHG) of onion cultivation. *Fresenius Environmental Bulletin*, *30*(2), 1125-1133.
25. Rathinakumari, A.C., Kumaran, G.S., Venu, S.A., Suraj, B.S., Huchagoudar, M., & Surendra, A.R. (2024). Energy input-output analysis for onion production in major onion growing areas of Karnataka State. *Journal of Agricultural Engineering*, *61*(2), 275-285. Doi: 10.52151/jae2024612.1838.
26. Tabarmayeh, M., & Vaezi Hir, A. (2016). Investigation on vulnerability of Tabriz-plain unconfined aquifer. *Water and Soil*, *28*(6), 1137-1151. Doi: https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.30126. [In Persian]
27. Taei, F., Khalilian, S., & Kiani, M. (2023). Analyzing the impact of agricultural product demand on energy consumption. *Agricultural Economics*, *17*(1), 135-163. Doi: 10.22034/IAES.2023.555173.1924. [In Persian]
28. Taghinazhad, J., & 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]
29. Taheri, E. (2019). Economic and environmental effects of increasing the price of energy carriers on agriculture sector of Iran (CGE approach). *Agricultural Economics Research*, *11*(42), 143-166. Doi: 20.1001.1.20086407.1398.11.42.7.4. [In Persian]
30. Yasini, H., Ghanbari, S.A., Asgharipour, M.R., & Seyedabadi, E. (2020). Evaluation of sustainability in wheat, onion and garlic cropping systems by joint use of energy and economic accounting. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(2), 269-288. Doi: 20.1001.1.24764310.1399.30.2.17.0.