Doi: 10.22034/IAES.2025.2055257.2115

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۹/شماره۴ /صفحه های ۱۱۶-۹۵

کارایی زیست‌محیطی و عامل‌های مؤثر بر زیان اقتصادی تولید کلزا در شهرستان تبریز

قادر دشتی، الهه قاسمی، باب‌اله حیاتی، رویا باغبان آدمی[۱]

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۰۲/۱۴

چکیده

توسعه رویکردهای علمی و مدیریت بهینه نهاده‌ها، ضرورتی پرهیزناپذیر برای بهبود کارایی و کاهش زیان‌های اقتصادی در فرآیند توسعه کشاورزی پایدار به‌شمار می‌آید. در این راستا هدف این پژوهش بررسی و ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و عامل‌های مؤثر بر زیان اقتصادی تولید کلزا در شهرستان تبریز می‌باشد. برای این منظور داده‌های لازم، با تکمیل پرسشنامه از ۱۵۰ کشاورز کلزاکار شهرستان تبریز در سال زراعی ۰۲-۱۴۰۱ گردآوری شد. در این تحقیق، با برآورد تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی، میزان کارایی زیست‌محیطی کشتزارها مشخص شد. در ادامه زیان اقتصادی مصرف نهاده‌های زیانبار مانند سم‌ها و کودهای شیمیایی محاسبه شده و پس از آن عامل‌های مؤثر بر زیان اقتصادی با برآورد رابطه رگرسیونی بررسی شد. نتایج برآورد تابع ترانسلوگ مرزی تصادفی نشان داد که میانگین کارایی زیست‌محیطی کشتزار کلزا ۵۸/۱۲ درصد بوده که گویای وجود ظرفیت قابل‌توجه برای کاهش مصرف کودها و سم‌های شیمیایی و بهبود کارایی زیست‌محیطی و در نهایت تنزل زیان اقتصادی در منطقه می‌باشد. همچنین یافته‌های تحقیق مؤید آن بود که تولید ناکارای هر هکتار کلزا باعث تحمیل ۱۳۱۹۹۲ هزار ریال آسیب و زیان اقتصادی به منطقه می‌شود. بنابر نتایج به‌دست آمده، عامل‌هایی همچون سن، سطح زیرکشت، شمار قطعه‌های زمین و تحصیلات بالاتر صاحب کشتزار بر میزان آسیب و زیان اقتصادی تأثیرگذار می‌باشند. بدین‌ترتیب بهره‌گیری از ظرفیت کشاورزان جوان‌تر و دارای تحصیلات بالاتر در زمینه بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها به‌ویژه کود و سم‌های شیمیایی با تمرکز بر اصول کشاورزی پایدار پیشنهاد و تأکید می‌شود. ضمن‌اینکه پرداختن به تولید کلزا در قطعه‌های محدود ولی دارای مقیاس گسترده می‌تواند به افزایش کارایی زیست‌محیطی و کاهش آسیب و زیان اقتصادی تولید کمک شایانی نماید.

طبقه‌بندی JEL: Q_{50}, Q_{51}, Q_{54}

واژه‌های کلیدی: رهیافت مرزی تصادفی، زیان اقتصادی، کارایی زیست‌محیطی، کلزا، نهاده زیانبار زیست‌محیطی

[۱] به‌ترتیب: استاد (نویسنده مسئول)، دانشجوی دکتری، استاد و کارشناس ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران.

Email: Dashti-g@tabrizu.ac.ir

مقدمه

در جهان در حال دگرگون امروزی، فعالیت‌های بخش کشاورزی از جمله اصلی‌ترین عامل‌های اثرگذار بر محیط‌زیست می‌باشد. در این بخش، توسعه اقتصادی همواره با تغییرپذیری‌ها در الگوهای بهره‌برداری از منابع طبیعی در جامعه‌های روستایی همراه بوده و کارایی تولید تحت اثرگذاری‌های ملاحظه‌های زیست‌محیطی و میزان انتشار آلاینده‌ها قرار گرفته است. در سال‌های اخیر، ارزیابی کارایی زیست‌محیطی به یکی از موضوع و بحث‌های اساسی در تحقیقات توسعه اقتصادی جامعه‌های روستایی تبدیل شده است. بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های کشاورزی مانند آب، کودهای شیمیایی و انرژی می‌تواند تأثیر چشمگیری بر کارایی زیست‌محیطی در این جامعه‌ها داشته باشد. مصرف بی‌رویه این نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها می‌تواند موجب آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی و هوا شود و همچنین منجر به کاهش گوناگونی زیستی و افزایش گازهای گلخانه‌ای شود. بنابراین، در جامعه‌های روستایی، استفاده از روش و فناوری‌های کشاورزی پایدار و مدیریت بهینه نهاده‌ها با اهمیت می‌باشد، زیرا افزون بر بهبود کارایی محصول‌های کشاورزی تولیدی، پیامدهای منفی زیست‌محیطی را نیز کاهش می‌دهد. به‌بیانی دیگر، این رویکرد می‌تواند به حفظ پایداری منابع طبیعی و بهبود کیفیت محیط‌زیست در بلندمدت کمک شایانی داشته باشد (Du et al., 2024). بدین‌ترتیب کاهش مصرف نهاده‌های زیانبار زیست‌محیطی در بخش کشاورزی برای دستیابی به توسعه پایدار از دیرباز همواره مورد توجه قرار گرفته است (Sun et al., 2020).

از منظر زیست‌محیطی، کشاورزی زمانی پایدار تلقی می‌شود که آلودگی‌های ناشی از آن و بهره‌برداری از منابع در بلندمدت از سوی طبیعت جبران‌پذیر باشد. به‌همین‌منظور، سنجش پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های کشاورزی مستلزم درنظر گرفتن پایداری آن‌ها در بلندمدت می‌باشد (Masumkhani et al., 2019). بهره‌برداری فزاینده از منابع طبیعی و انتشار آلاینده‌ها تعادل بوم‌شناختی (اکولوژیکی) را بر هم زده و چالش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی را به دنبال داشته است. رشد اقتصادی جهانی الگوهای تولید و مصرف را تغییر داده و در عین حال، موجب تشدید مسئله‌هایی مانند افزایش آلاینده‌ها و گرمایش جهانی شده است. انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی‌اکسید-کربن، روند تخریب محیط‌زیست را تسریع می‌کند. در سال ۲۰۲۲، میزان انتشار جهانی این گازها به ۵۳/۸ میلیارد تن رسید که نشان‌دهنده رشد پیوسته آن در دهه‌های اخیر می‌باشد. در این راستا، گرمایش جهانی به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی بسیار مهم در

سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی مطرح شده و اقدام‌های جهانی بر کاهش آلاینده‌ها و بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی و کشاورزی متمرکز شده است (Raihan et al., 2024).

امروزه، محیط‌زیست به‌عنوان یکی از مسئله‌های کلیدی در سیاست‌های جهانی مطرح بوده و اثرگذاری‌های عمیقی بر دیگر زمینه‌ها به‌ویژه جامعه‌های روستایی دارد. از این‌رو، سازگاری با محیط‌زیست یک ضرورت اساسی برای بسیاری از فعالیت‌ها در سطح زندگی روستایی به‌شمار می‌آید (Khairalipour et al., 2017). این فعالیت‌ها سیاست‌گذاران را با چالشی دوگانه روبه‌رو کرده است، از یک‌سو، ادامه روند توسعه بدون توجه به پیامدهای زیست‌محیطی تخریب بوم‌سامانه (اکوسیستم)ها را تسریع می‌کند و از سوی دیگر، اعمال محدودیت‌های زیست‌محیطی ممکن است بازدارنده‌ای برای رشد اقتصادی و بهبود فعالیت‌های روستایی تلقی شود. بنابراین، دستیابی به رشد اقتصادی پایدار نیازمند سیاست‌هایی است که ضمن افزایش کارایی منابع، ملاحظه‌های زیست‌محیطی را نیز در نظر بگیرد. در این زمینه کارایی زیست‌محیطی به‌عنوان معیاری کلیدی برای بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از تولید محصول‌های کشاورزی روستایی مطرح شده است. تحقق توسعه پایدار نیازمند برقراری توازن میان بهره‌وری اقتصادی، کاهش آلایندگی‌ها و به‌کارگیری روش و فناوری‌های کم‌اثر زیست‌محیطی برای حفاظت از بوم‌سامانه‌ها و منابع طبیعی است (Norouzi Avagani et al., 2023). به‌عبارت دیگر، ارزیابی کارایی زیست‌محیطی سامانه‌های تولیدی و انتقال دانش علمی به بهره‌برداران می‌تواند فرآیند کاهش آثار منفی زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی روستاییان را تسهیل نماید (Tadayonpour et al., 2021). در این راستا، پژوهش‌های متعددی در خصوص افزایش کارایی و کاهش پیامدهای منفی و آسیب و زیان‌های اقتصادی وارده بر محیط‌زیست انجام گرفته است. Tu et al (2019) با استفاده از رهیافت مرزی تصادفی[1] به برآورد کارایی فنی و زیست‌محیطی تولید برنج سازگار با محیط‌زیست در ویتنام پرداختند. بنابر نتایج میانگین کارایی زیست‌محیطی معادل ۲۲/۵۸ درصد به‌دست آمد. همچنین در بین روش‌های انفرادی، برنج معمولی بالاترین امتیاز کارایی‌های فنی و زیست‌محیطی را داشته و برنج اصلاح شده دارای کمترین کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی می‌باشد. میانگین کارایی زیست‌محیطی تولید برنج معمولی، به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از برنج اصلاح شده است. Rashed et al (2022)، کارایی زیست‌محیطی مصرف

[1] Stochastic Frontier Analysis

انرژی در کشورهای برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی را با بهره‌گیری از تابع مرزی تصادفی بررسی و ارزیابی کرده‌اند. یافته‌ها مؤید آن بوده که میانگین کارایی زیست‌محیطی در این کشورها ۶۱ درصد به‌دست آمد. همچنین، نتایج گویای آن بوده که بهبود شرایط اقتصادی، سیاسی و نهادهای مدیریتی می‌تواند موجب افزایش کارایی زیست‌محیطی مصرف انرژی و کاهش زیان اقتصادی در این کشورها شود. Molaei (2023)، کارایی زیست‌محیطی و زیان اقتصادی تولید چغندرقند در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی برآورد کردند. برابر نتایج، میانگین کارایی زیست‌محیطی معادل ۵۸ درصد به‌دست آمد. بدین‌ترتیب امکان کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی به اندازه ۴۲ درصد در تولید چغندرقند وجود دارد. میانگین ارزش زیان زیست‌محیطی برآورد شده برابر با ۵۳/۵ میلیون ریال بر هکتار برآورد شد. Norozian et al (2022)،کارایی زیست‌محیطی کلزاکاران ایران را طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۰ بررسی و ارزیابی کردند. نتایج مؤید آن بود که میانگین کارایی زیست‌محیطی در کشور برابر ۰/۷۳ می‌باشد. همچنین، یافته‌ها نشان داده که مصرف آب، ساختار صنعتی و پیشرفت فناوری در بخش کشاورزی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر کارایی‌های زیست‌محیطی دارند. Lozano et al (2024) در روش و سامانه تولید برنج-خرچنگ به بررسی کارایی زیست‌محیطی کشت برنج چین با بهره‌گیری از رهیافت معیار مازاد مبنا[1] (SBM) پرداختند. بنابر نتایج حاصله، میانگین کارایی زیست‌محیطی روش و سامانه ۶۱/۸ درصد به‌دست آمد. برابر یافته‌های تحقیق مصرف‌های اضافی دارو و خوراک‌ها به عنوان عامل‌های مؤثر در کاهش کارایی‌ها نیز شناسایی شدند. Moe et al (2024) با استفاده از رهیافت تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ، کارایی‌های زیست‌محیطی تولید برنج در میانمار را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج، میانگین کارایی زیست‌محیطی ۲۳ درصد به‌دست آمد. همچنین با مصرف کود ازته، کارایی زیست‌محیطی در روش نشایی ۳۵ درصد و در روش پاششی ۲۰ درصد برآورد شد. Ghasemi et al (2023) به مطالعه کارایی‌های زیست‌محیطی و زیان و آسیب اقتصادی تولید گندم دیم شهرستان اهر با بهره‌گیری از تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ پرداختند. بنابر نتایج تحقیق، میانگین کارایی زیست‌محیطی ۴۹/۵۹ درصد به‌دست آمد و مصرف نهاده‌های زیانبار همچون کود و سم‌های شیمیایی اثرگذاری‌های منفی بر کارایی زیست‌محیطی داشتند. همچنین، میزان زیان اقتصادی ناشی از مصرف این نهاده‌ها ۲۲۶ هزار ریال در هر هکتار برآورد شد. در نهایت عامل‌هایی مانند میزان سطح زیرکشت،

[1] Slacks-Based Measure

وجود افراد با تحصیلات دانشگاهی و خسارت آفت تأثیر معنی‌داری بر میزان کارایی نشان دادند. Dashti et al (2025) با برآورد تابع تولید مرزی تصادفی ترانسلوگ و مدل رگرسیون توبیت، کارایی زیست‌محیطی و آسیب و زیان اقتصادی تولید پیاز در دشت تبریز را اندازه‌گیری کردند. بنابر یافته‌های تحقیق، میانگین کارایی زیست‌محیطی معادل ۵۱ درصد به‌دست آمد. همچنین تولید ناکارای هر هکتار پیاز موجب ایجاد آسیب و زیان زیست‌محیطی به میزان ۱۷/۵ میلیون ریال می‌شود. نتایج به‌دست آمده از مدل توبیت[1] هم نشان داد که عامل‌های سن، سطح تحصیلات، شغل اصلی و میزان سطح زیرکشت تأثیر مثبت بر کارایی زیست‌محیطی داشته در حالی‌که شمار قطعه‌های کشت سیب‌زمینی دارای اثرگذاری‌های منفی بر کارایی زیست‌محیطی می‌باشد. مرور ادبیات مؤید آن است که کارایی زیست‌محیطی در نظام‌های تولید کشاورزی به‌طور گسترده‌ای از طریق رهیافت‌های مرزی تصادفی و تحلیل پوششی داده‌ها[2] سنجش و ارزیابی شده است. یافته‌های پژوهش‌های پیشین بر این نکته تأکید دارند که بهره‌گیری مازاد و غیراصولی از عامل‌های تولید، به‌ویژه نهاده‌های زیانبار مانند کودها و سم‌های شیمیایی، نه‌تنها موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌شود بلکه پیامدهای جبران‌ناپذیر و قابل‌توجهی بر محیط‌زیست و پایداری کشاورزی دارد. در این پژوهش، به‌منظور تبیین اصولی و همخوان با مبانی اقتصادی در زمینه بهره‌گیری بهینه از نهاده‌های تولید، تلاش شده است تا با برآورد یک تابع تولید مرزی تصادفی، میزان کارایی زیست‌محیطی در تولید کلزا ارزیابی شود. بر این اساس، ظرفیت بالقوه برای کاهش مصرف نهاده‌های زیانبار و حفظ میزان تولید با استفاده از روش و فناوری‌های حاکم و منابع موجود بررسی شده است. افزون بر این، میزان آسیب و زیان‌های اقتصادی ناشی از تولید کلزا برآورد شده و عامل‌های مؤثر بر آن با بهره‌گیری از روش‌های اقتصادسنجی تحلیل می‌شود.

با رشد روزافزون جمعیت جهان و افزایش تقاضا برای منابع غذایی، دانه‌های روغنی همچون کلزا جایگاه ویژه‌ای در تأمین روغن خوراکی و صنایع وابسته پیدا کرده‌اند. کلزا، به‌عنوان دومین گیاه روغنی بزرگ جهان، نقشی کلیدی در بخش کشاورزی و صنعت ایفا می‌کند. در سال زراعی ۰۲-۱۴۰۱، سطح زیرکشت کلزا در ایران به ۹۸۷۲۰ هکتار رسیده و تولیدی معادل ۱۹۷۱۵ تن داشته است. در این میان، استان آذربایجان‌شرقی با سطح زیرکشت ۳۱۵۸ هکتار و تولید ۷۱۲۹ تن، ۳/۶۱ درصد از کل تولید این محصول در ایران را به خود اختصاص داده است (Ministry of Agriculture Jihad, 2024). کشت کلزا در این استان به‌طور عمده به‌صورت آبی انجام می‌شود

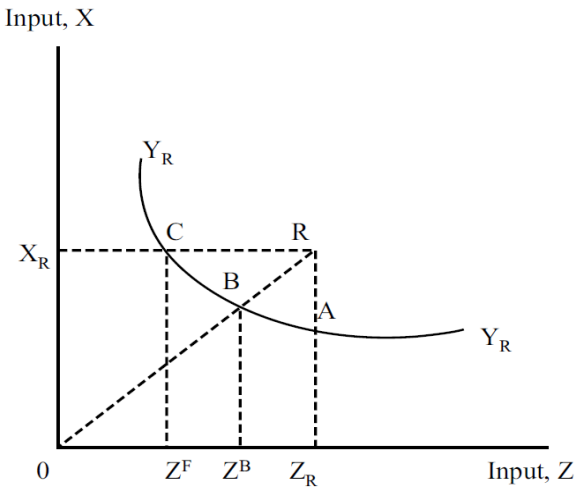
[1] Tobit Model
[2] Data Envelopment Analysis

و به مصرف قابل‌توجه نهاده‌هایی مانند آب، کودهای شیمیایی و سم‌ها نیاز دارد. بررسی و ارزیابی‌های میدانی Baghban Adami (2023) و Dashti et al (2025) و تجربه‌های کارشناسان مدیریت جهاد کشاورزی بر این امر دلالت دارد که استفاده بیش از حد از این نهاده‌ها، ضمن افزایش هزینه‌های تولید، موجب کاهش کیفیت خاک، آلودگی منابع آبی و بروز مسئله‌های زیست‌محیطی گسترده شده است. بر همین مبنا در سال‌های اخیر، کاهش بارندگی و بحران منابع آبی، به‌ویژه در شرایط خشک شدن دریاچه ارومیه، فشار مضاعفی بر کشاورزی منطقه وارد کرده و به دلیل وابستگی به نهاده‌های شیمیایی و در پی آن تولید محصول‌های ناسالم، سلامت مصرف‌کنندگان را نیز تحت تأثیر قرار داده است. در این بین وابستگی به روش‌های سنتی و بهره‌گیری نکردن از روش و فناوری‌های نوین کشاورزی، افزون بر هدررفت منابع منجر به کاهش کارایی و افزایش زیان اقتصادی نیز شده است. در این میان، درک علمی و دقیق از فرآیندهای تولید و تأثیر مصرف نهاده‌ها بر کارایی زیست‌محیطی و زیان اقتصادی می‌تواند به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشاورزی در تدوین راهکارهای علمی و مدیریت بهینه و مناسب منبع‌های منابع و ترویج کشاورزی پایدار در منطقه‌های روستایی کمک کند. با عنایت به شرایط حاکم بر منطقه، اتخاذ سیاست‌های کارآمد در راستای کاهش مصرف نهاده‌های زیانبار، مدیریت صحیح منابع آب و ترویج روش‌های نوین کشاورزی، نه‌تنها موجب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های اقتصادی خواهد شد بلکه می‌تواند از تخریب‌های محیط‌زیست جلوگیری کرده و پایداری تولیدهای کشاورزی را در بلندمدت تضمین کند. بدین‌ترتیب در این پژوهش به ارزیابی کارایی زیست-محیطی و عامل‌های مؤثر بر زیان و آسیب‌های اقتصادی تولید کلزا در شهرستان تبریز پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

در اقتصاد کشاورزی، استفاده از رهیافت تابع‌های مرزی به‌عنوان یک ابزار تحقیقاتی مهم به‌ویژه در زمینه بررسی و ارزیابی کارایی‌های مطرح شده است. مدل‌های مرزی به‌طور معمول به دو دسته فراسنجه‌ای تقسیم می‌شوند. روش‌های فراسنجه‌ای نیازمند تعیین یک فرم تابعی مشخص برای تابع تولید هستند (مانند مدل‌های کاب-داگلاس یا ترانسلوگ)، در حالی‌که مدل‌های نافراسنجه‌ای از تعیین فرم تابعی بی‌نیاز می‌باشند (Nikan et al., 2024). روش تابع مرزی تصادفی که توسط آیگنر و همکاران Aigner et al(1997) مطرح شد، از طریق یک جزء خطای ترکیبی با یک عبارت متقارن دوسویه و یک جزء یک‌سویه روبرو می‌باشد. عبارت خطای دو سویه به‌دنبال

در نظر گرفتن تکانه (شوک)های تصادفی بیرون از نظارت (کنترل) بنگاه است، در حالی‌که جزء یک‌سویه، ناکارایی‌ها را مدنظر قرار می‌دهد. به‌عبارتی دیگر، بهره‌گیری از توابع تولید مرزی تصادفی به‌عنوان روشی کارا برای تحلیل کارایی زیست‌محیطی و ارزیابی اثرگذاری‌های نهاده‌های زیانبار در کشاورزی توسعه یافته است. در این راستا، Reinhard et al (2000)، از این مدل به‌منظور بررسی مصرف بهینه کود نیتروژن به‌عنوان نهاده زیانبار با هدف کاهش اثرگذاری‌های منفی زیست‌محیطی و حفظ کارایی در تولید کشاورزی بهره گرفتند. تابع تولید مرزی ارائه شده در شکل (۱)، ارتباط بین نهاده‌های عادی شده (نرمال) (X) و نهاده زیانبار (Z) را در حالی‌که سطح تولید (Y_R) ثابت نگه‌داشته شده است نمایش می‌دهد. منحنی Y_R نشان‌دهنده ایزوکوانت برای بنگاه‌های به‌طور کامل کارا است. در صورتی‌که یک بنگاه، نهاده‌های تولیدی را در نقطه R برای تولید یک واحد محصول به‌کار گیرد، میزان ناکارایی فنی به‌وسیله فاصله BR مشخص می‌شود. این فاصله میزان کاهش متناسب همه نهاده‌ها را بدون کاهش در تولید نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر، نهاده‌ها می‌توانند به اندازه نقطه‌های CR و AR کاهش یابند در حالیکه مقدار ستاده تغییر نکند. بر مبنای تعریف کارایی زیست‌محیطی، نسبت $|OZ^F|/|OZ_R|$ کمترین مقدار قابل‌قبول نهاده زیانبار را تعیین می‌کند که مشروط به سطح تولید (Y_R) و مقدار به‌کار گرفته شده از نهاده‌های عادی شده (X_R) می‌باشد (Reinhard et al., 2000).



شکل (۱) تابع تولید مرزی نهاده‌های نرمال X و نهاده‌های زیانبار زیست‌محیطی Z

(Moe et al., 2024)

یک تابع تولید مرزی تصادفی، به‌صورت $Y_i=f(X_i, Z_i, \beta)\exp(v_i - u_i)$ تعریف می‌شود که در آن، Y_i مقدار ستاده کشتزار iام، X_i بردار نهاده‌های نرمال و Z_i بردار نهاده‌های زیانبار برای محیط-زیست می‌باشد. همچنین u_i نمایانگر انحراف از مرز کارایی به‌دلیل ناکارایی فنی است، در حالی‌که v_i انحراف از مرز تولید را به‌واسطه عامل‌های تصادفی و پیش‌بینی‌ناپذیر عامل‌های بیرون از نظارت (کنترل) نشان می‌دهد. از تابع تولید مرزی برای برآورد کارایی‌های زیست‌محیطی، به‌صورت $EE_i = \min \{\theta: f(X_i, Z_i) \geq Y_i\} \leq 1$ استفاده می‌شود. در نهایت فرم ترانسلوگ به‌عنوان تابع تولید مرزی تصادفی انتخاب شد، چراکه این فرم تابعی نسبت به فرم تابع کاب-داگلاس انعطاف‌پذیری بیشتری داشته و قادر است تعامل‌های غیرخطی پیچیده میان نهاده‌ها و بازده تولید را مدل‌سازی کند. این ویژگی به‌ویژه زمانی که نهاده‌های زیانبار (مضر) همچون کودهای شیمیایی و سم‌ها در فرآیند تولید دخالت دارند، با اهمیت می‌باشد (Moe et al., 2024). فرم تابع ترانسلوگ ($LnEE_i$) و شاخص کارایی‌های زیست‌محیطی (EE_i) با لحاظ دو نهاده کود شیمیایی و سم‌ها به‌عنوان عامل‌های زیانبار (مضر) به‌صورت رابطه‌های (۱) و (۲) ارائه شدند (Moe et al., 2024):

$$LnEE_i = Ln\,\boldsymbol{\theta} = Ln\,[\boldsymbol{\theta}Z_i/Z_i] = Ln\,\boldsymbol{\theta}Z_i - Ln\,Z_i \qquad (۱)$$

$$EE_i = \boldsymbol{\theta} = Exp\,[Ln\,EE_i] \qquad (۲)$$

برای ارزیابی و تعیین تابع مناسب، از آزمون نسبت درست‌نمایی[1] ($LR = -2\ln(L(H_0)/L(H_1))$) استفاده شد که در آن، $L(H_0)$ و $L(H_1)$ به‌ترتیب مقدارهای تابع‌های درست‌نمایی برای مدل محدود (تابع کاب-داگلاس) و $L(H_1)$ مدل نامحدود (تابع ترانسلوگ) می‌باشد. از آنجایی‌که در این تحقیق از تابع تولید ترانسلوگ برای برآورد کارایی‌های زیست‌محیطی بهره گرفته شد لذا الگوی تجربی پژوهش به‌قرار رابطه (۳) می‌باشد:

$$\begin{aligned} LnY= {} & \beta_0 + \beta_1 Ln\,X_1 + \beta_2 Ln\,X_2 + \beta_3 Ln\,X_3 + \beta_4 Ln\,Z_1 \\ & + \beta_5 Ln\,Z_2 + 0.5\,\beta_{11}[Ln\,X_1]^2 + 0.5\,\beta_{22}[Ln\,X_2]^2 \\ & 0.5\,\beta_{33}[Ln\,X_3]^2 + 0.5\,\beta_{44}[Ln\,Z_1]^2 + 0.5\,\beta_{55}[Ln\,Z_2]^2 + \beta_{12} Ln\,X_1 Ln\,X_2 + \\ & \beta_{13} Ln\,X_1 Ln\,X_3 + \beta_{14} Ln\,X_1 Ln\,Z_1 + \beta_{15} Ln\,X_1 Ln\,Z_5 + \beta_{23} Ln\,X_2 Ln\,X_3 \\ & + \beta_{24} Ln\,X_2 Ln\,Z_1 + \beta_{25} Ln\,X_2 Ln\,Z_{12} + \beta_{34} Ln\,X_3 Ln\,Z_1 + \beta_{35} Ln\,X_3 Ln\,Z_2 + \\ & \beta_{45} Ln\,Z_1 Ln\,Z_2 + [V_i - U_i] \end{aligned} \qquad (۳)$$

[1] Likelihood Ratio Test

در رابطه (۳)، Ln نماد لگاریتم طبیعی و Y_i نشان‌دهنده مقدار تولید کلزای کشتزار iام می‌باشد. متغیرهای X_1 ،X_2، X_3، Z_1، Z_2 به‌ترتیب نشان‌دهنده عامل‌های تولید بذر، نیروی‌کار، آب، کودشیمیایی و سم‌ها می‌باشند که در فرآیند تولید کلزا به‌کار گرفته شده‌اند. برای برآورد کارایی‌های زیست‌محیطی محصول کلزا، نهاده‌های کود و سم‌های شیمیایی به‌عنوان نهاده‌های زیانبار در نظر گرفته شدند. این نهاده‌ها از مهم‌ترین عامل‌های ایجاد مخاطره‌های زیست‌محیطی تولید کلزا در منطقه مورد بررسی و ارزیابی به‌شمار می‌آیند. در مورد این نهاده‌ها، معادله بالا برای Z_1 به θZ_1 تغییر کرده و Z_2 به θZ_2 تبدیل شده است. به‌طوری‌که فرض بر آن است که نداشتن کارایی فنی کشاورزان برابر صفر است ($U_i = 0$)، θZ_1 و θZ_2 نشان‌دهنده سطح کارایی مصرف نهاده‌های زیانبار است که برابر رابطه (۴) قابل ارائه می‌باشد:

$$\begin{aligned} \text{Ln } Y= {} & \beta_0 + \beta_1 \text{Ln } X_1 + \beta_2 \text{Ln } X_2 + \beta_3 \text{Ln } X_3 + \beta_4 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 + \beta_5 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 \\ & 0.5\ \beta_{11} [\text{Ln } X_1]^2 + 0.5\ \beta_{22} [\text{Ln } X_2]^2 + 0.5\ \beta_{33} [\text{Ln } X_3]^2 + 0.5\ \beta_{44} [\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1]^2 + \\ & 0.5\ \beta_{55} [\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2]^2 + \beta_{12} \text{Ln } X_1 \text{Ln } X_2 + \beta_{13} \text{Ln } X_1 \text{Ln } X_3 + \beta_{14} \text{Ln } X_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \\ & + \beta_{15} \text{Ln } X_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 + \beta_{23} \text{Ln } X_2 \text{Ln } X_3 + \beta_{24} \text{Ln } X_2 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 + \\ & \beta_{25} \text{Ln } X_2 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 + \beta_{34} \text{Ln } X_3 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 + \beta_{35} \text{Ln } X_3 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 \\ & + \beta_{45} \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 + [V_i - U_i] \end{aligned} \quad (۴)$$

برای برآورد کارایی‌های زیست‌محیطی ($\text{Ln EE}_i = \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } Z_1 - \text{Ln } Z_2$)، معادله (۳) از معادله (۴) کسر شد که نتیجه آن به‌صورت رابطه (۵) ارائه می‌شود (Moe et al., 2024):

$$\begin{aligned} & \beta_4 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 + \beta_5 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 + 0.5\ \beta_{44} [\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } Z_1 \text{Ln } Z_1] + 0.5\ \beta_{55} [\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } Z_2 \text{Ln } Z_2] + \beta_{14} \text{Ln } X_1 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) + \beta_{15} \text{Ln } X_1 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) + \beta_{24} \text{Ln } X_2 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) + \beta_{25} \text{Ln } X_2 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) + \beta_{34} \\ & \text{Ln } X_3 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) + \beta_{35} \text{Ln } X_3 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) \\ & + \beta_{45} (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{ Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) + U_i = 0 \end{aligned} \quad (۵)$$

با توجه به رابطه (۵) حال می‌توان کارایی‌های زیست‌محیطی را به‌قرار رابطه (۶) نوشت:

$$\begin{aligned} \text{LnEE}_i = -[& \beta_4 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 + \beta_5 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 + 0.5\ \beta_{44} [\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } Z_1 \text{Ln } Z_1] + 0.5\ \beta_{55} [\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } Z_2 \text{Ln } Z_2] + \beta_{14} \text{Ln } X_1 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) + \beta_{15} \text{Ln } X_1 \\ & (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) + \beta_{24} \text{Ln } X_2 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) + \beta_{25} \text{Ln } X_2 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) + \beta_{34} \text{Ln } X_3 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) + \beta_{35} \text{Ln } X_3 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) + \beta_{45} (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{ Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2)] + [& \beta_4 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 + \beta_5 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 + 0.5\ \beta_{44} [\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } Z_1 \text{Ln } Z_1] + 0.5\ \beta_{55} [\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } Z_2 \text{Ln } Z_2] + \beta_{14} \text{Ln } X_1 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) + \beta_{15} \text{Ln } X_1 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) + \beta_{24} \text{Ln } X_2 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) \\ & + \beta_{25} \text{Ln } X_2 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) \\ & + \beta_{34} \text{Ln } X_3 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1) + \beta_{35} \text{Ln } X_3 (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2) \\ & + \beta_{45} (\text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{ Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2 - \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_1 \text{Ln } \boldsymbol{\theta} Z_2)]2\text{-}2 \ \beta_{44} \beta_{55} U_i]^{0.5} / \beta_{44} \beta_{55} \end{aligned} \quad (۶)$$

به‌واسطه وجود نبود کارایی، میزان زیان و آسیب‌های اقتصادی تولید کلزا در دشت تبریز با استفاده از روش(2017) Tu برآورد شد. بدین‌منظور، با داشتن هزینه عامل‌های تولید و مقدارهای کارایی زیست‌محیطی، مقدار زیان اقتصادی از رابطه (۷) محاسبه می‌شود:

$$LE_i=(1-EE_i)TC_i \qquad (۷)$$

در رابطه بالا، LE_i زیان اقتصادی کشتزار iام، EE_i کارایی زیست‌محیطی و TC_i هزینه کل مربوط به نهاده‌های زیانبار مانند کودهای شیمیایی و سم‌ها در کشتزار iام می‌باشد. زیان و آسیب‌های اقتصادی برای هر نهاده به‌شکل منفرد و با هم برای دو نهاده کود و سم قابل محاسبه می‌باشد. بررسی و شناسایی عامل‌های مؤثر بر آسیب و زیان اقتصادی از رابطه رگرسیونی برابر (۸) بهره گرفته شد:

$$LnLE_i= \alpha_0 + \alpha_1 lnage + \alpha_2 lnland + \alpha_3 lnplot + \alpha_4 edu + \varepsilon_i \qquad (۸)$$

که در آن Ln نماد لگاریتم طبیعی، LE_i زیان اقتصادی کشتزار iام، α_i پارامترهای مدل، age سن کشاورز بر حسب سال، land سطح زیرکشت اختصاص داده شده به کشت کلزا بر حسب هکتار، plot شمار قطعه‌های کشت کلزا، edu میزان تحصیلات (بی‌سواد=۱، ابتدایی=۲، راهنمایی=۳، متوسطه=۴، دانشگاهی=۵) و ε_iاجزاء اخلال مدل را نشان می‌دهد.

جامعه آماری این پژوهش، کشاورزان تولیدکننده کلزا در شهرستان تبریز بوده که بر مبنای اعلام مدیریت جهادکشاورزی شهرستان تبریز شمار آنان ۱۱۰۰ کشاورز بوده است. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران با رابطه (۹) برابر با ۱۵۰ نفر تعیین شد:

$$n = \frac{N\,t^2 s^2}{Nd^2+t^2 s^2} = 150 \qquad (۹)$$

در رابطه بالا، n شمار نمونه موردنظر، N شمار کل جمعیت هدف (کلزاکاران شهرستان تبریز) معادل ۱۱۰۰ بهره‌بردار. t ضریب اطمینان در فاصله ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ و S^2واریانس سطح زیرکشت (۱/۴۴) می‌باشد، همچنین d خطای قابل پذیرش است که مقدار آن در سطح ۹۵ درصد معادل ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. بدین‌ترتیب، داده‌ها و اطلاعات موردنیاز به روش نمونه‌گیری تصادفی با تکمیل پرسشنامه از ۱۵۰ کلزاکار شهرستان تبریز مربوط به سال زراعی ۰۲-۱۴۰۱ گردآوری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و برآورد مدل از نرم‌افزار Stata 17 استفاده به‌عمل آمد.

نتایج و بحث

در این قسمت، در آغاز به توصیف آماری برخی از مهم‌ترین متغیرهای تحقیق پرداخته می‌شود. بر مبنای نتایج، میانگین سن بهره‌برداران موردارزیابی ۴۵/۴۸ سال می‌باشد که کمترین و بیشترین آن‌ها به‌ترتیب ۲۰ و ۷۰ سال بوده است. میانگین پیشینه فعالیت کشاورزی آنان بالغ بر ۲۷ سال به‌دست آمد. بدین‌ترتیب آنان از مهارت و تجربه لازم برای پرداختن به فعالیت‌های زراعی برخوردار می‌باشند. ۳۶/۶۶ درصد کشاورزان دارای تحصیلات متوسطه و بالاتر می‌باشد و این امر می‌تواند زمینه مساعدی برای بهره‌گیری از منبع‌ها و مرجع‌های جدید علمی و پذیرش و به‌کارگیری فناوری‌های نوین در تولید را فراهم سازد. حدود ۶۲ درصد کشاورزان محصول کلزای خود را بیمه کرده و بالغ بر ۶۰ درصد آنان دارای فعالیت‌های غیرکشاورزی نیز بودند. با عنایت به نزدیکی منطقه مورد بررسی با مرکز شهر، کشاورزان افزون بر فعالیت‌های زراعی از امکان پرداختن به فعالیت بیرون از کشتزار نیز به‌عنوان یک منبع درآمدی مکمل برخوردار هستند. میانگین میزان سطح زیرکشت کلزا ۳/۲۵ هکتار بوده که کمترین و بیشترین گستره آن به‌ترتیب ۰/۵ و ۲۰ هکتار می‌باشد. به‌طور طبیعی وجود کشتزار با گستره بالا، امکان بهره‌گیری از روش و فناوری (تکنولوژی)های جدید نظیر ماشین‌آلات را تسهیل و حتی اقتصادی می‌کند. همچنین متوسط شمار قطعه‌های اراضی ۲/۲۱ قطعه بوده که کمترین و بیشترین آن‌ها به ترتیب ۱ و ۶ قطعه به‌دست آمد.

برای برآورد الگوی رگرسیونی، از آزمون نسبت درست‌نمایی (LR) برای بررسی جنبه‌های مدل (اثر عدم‌کارایی تصادفی و تعیین فرم تابعی) بهره گرفته شد. برای ارزیابی مناسب‌ترین روش برآورد مدل، برابر جدول (۱) آماره LR محاسبه شده از مقدار بحرانی جدول کای-دو بیشتر بوده و بدین ترتیب مشخص شد که به‌واسطه نداشتن کارایی لازم و اثرگذاری آن بر فرآیند تولید، رهیافت مرزی تصادفی (SFA) برای برازش مدل، مناسب‌تر است. برای انتخاب فرم تابعی مناسب نیز، چون مقدار آماره LR محاسبه شده از مقدار بحرانی جدول کای-دو بزرگتر است بنابراین همخوانی داده‌ها با تابع تولید ترانسلوگ و ارجح بودن آن نسبت به تابع کاب – داگلاس تأیید شد.

جدول (۱) آزمون نسبت درست‌نمایی تعمیم‌یافته برای تعیین فرم تولید مرزی و اثر ناکارایی تصادفی

Table (1) Generalized likelihood ratio test for determining the frontier production form and for testing the stochastic inefficiency effect

فرض صفر	آماره کای‌دو (X^2) در سطح ۱٪	آماره بیشینه درستنمایی	تصمیم
نبود اثر ناکارایی تصادفی			
$\sigma_u^2 = 0$	6.63	47.4	نبود پذیرش فرض صفر
شکل تابع کاب داگلاس			
$\beta_{11}= \beta_{22}= \beta_{33}= \beta_{44} = \beta_{55} = \beta_{12}= \beta_{13}= \beta_{14} = \beta_{15} = \beta_{23} = \beta_{24} = \beta_{25} = \beta_{34}= \beta_{35} = \beta_{45} =0$	30.14	39.3	نبود پذیرش فرض صفر

منبع: یافته‌های پژوهش Source: Research Findings

در جدول (۲) نتایج مربوط به برآورد تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی ارائه شده است. ملاحظه می‌شود عامل‌های بذر، نیروی‌کار، آب، سم و کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر میزان تولید محصول کلزا دارند. همچنین برمبنای نتایج، مقدار γ محاسباتی بیشتر از صفر است که این امر وجود نداشتن‌کارایی در تولید کلزا در منطقه‌های روستایی شهرستان تبریز را تأیید می‌کند. به‌عبارت دیگر، تفاوت میان تولید واقعی و تولید موردانتظار تا حد زیادی به عامل‌های مدیریتی و وجود نداشتن‌کارایی در فرآیند تولید بستگی دارد. از این رو، استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی برای برآورد تابع تولید ترانسلوگ و سنجش کارایی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به روش حداقل مربعات معمولی (OLS) ارجحیت دارد.

جدول (۲) نتایج برآورد تابع تولید ترانسلوگ مرزی تصادفی

Table (2) The estimated results translog production function

متغیر Variable	ضریب Coefficient	انحراف معیار Standard Deviation	آمارهZ Z- Statistic
1.71	62.3	106.83**	عرض از مبدأ Constan
-1.17	15.85	-10.02	بذر seed
1.86	0.44	0.82**	نیروی‌کار Labor
-1.79	6.25	-13.90**	آب Water

-1.69	6.98	-10.54*	کودشیمیایی Fertilizer
-0.76	1.18	-5.33	سم pesticide
1.82	2.12	0.81**	بذر-بذر Seed-Seed
0.42	0.74	0.89	نیروی‌کار- کار Labor-Labor
-0.01	0.70	-0.003	آب-آب Water-Labor
-1.84	1.37	-1.30**	کودشیمیایی- کود شیمیایی Fertilizer-Fertilizer
-1.95	0.92	-2.67**	سم-سم Pesticide-Pesticide
-0.43	0.77	-0.39	بذر- نیروی‌کار Seed- Labor
1.62	0.85	0.92*	بذر- آب Seed -Water
1.98	0.86	1.71**	بذر- کودشیمیایی Seed - Fertilizer
1.80	0.86	0.66**	بذر- سم Seed - Pesticide
-0.52	1.47	-0.76	نیروی‌کار-آب Labor - Water
0.37	1.49	0.54	نیروی‌کار- کودشیمیایی Labor - Fertilizer
0.68	1.33	0.91	نیروی‌کار- سم Labor - Pesticide
2.54	0.8	2.05***	آب- کودشیمیایی Water - Fertilizer
1.89	0.86	0.76**	آب- سم Water - Pesticide
-1.77	0.14	-0.19**	کودشیمیایی- سم Fertilizer - Pesticide
3.08	0.23	0.018***	δ_u^2
5.96	0.03	0.62***	δ_v^2
4.12	0.24	0.030***	γ

*** ، ** و * به ترتیب، معنی‌داری در سطح ۱ ، ۵ و ۱۰ درصد را نشان می‌دهد. منبع: یافته‌های پژوهش

* , ** and *** represent the significance levels of 10 percent, 5 percent, and 1 percent, respectively.
Source: Research Findings

بنابر نتایج جدول (۳)، میانگین کارایی‌های زیست‌محیطی کشتزارهای کلزا در منطقه مورد بررسی برابر با ۵۸/۱۲ درصد می‌باشد. این رقم با نتایج تحقیقات Norouzian et al (2022) در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی کلزاکاران استان‌های ایران، Moe et al (2024) در بررسی کارایی‌های زیست‌محیطی تولید برنج در میانمار و Dashti et al (2025) در کارایی زیست‌محیطی تولید پیاز دشت تبریز، هم‌راستا است. همچنین، میزان کارایی زیست‌محیطی تولید کلزا از ۹/۱ درصد (کمینه) تا ۹۰/۹ درصد (بیشینه) متغیر بوده است. این امر مؤید آن است که اختلاف بسیار بالایی (۸۱/۸ درصد) بین کارآترین و ناکارآترین کشتزارهای تولید کلزا در منطقه مورد بررسی و ارزیابی به چشم می‌خورد. افزون بر این ۳۱/۰۲ درصد کشتزارهای دارای کارایی بیش از ۸۰ درصد می‌باشند. بدین‌ترتیب بخش قابل‌توجهی از کشتزارها از عامل‌های تولیدی به‌شکل کارا و بهینه استفاده به‌عمل آورده‌اند. میانگین کارایی به‌دست آمده گویای آن است که در شرایط کنونی با روش و فناوری‌های موجود، توان بالقوه چشمگیری در راستای کمتر کردن میزان مصرف نهاده‌های زیان‌بار و ارتقاء کارایی و بهره‌وری عامل‌های تولید کلزا وجود دارد. این امر در خصوص مطالعات Moe et al (2024) و Dashti et al (2025) نیز مصداق دارد مقدارآماره γ حاکی از تأثیر توأمان عوامل مدیریتی و نیز عوامل تصادفی بر مقدار تولید می‌باشد، بنابراین می‌توان گفت که عامل‌های بیرون از کنترل و مهار کشاورز، مانند شرایط نامساعد جوی منطقه (سرما و یخبندان) و نیز کمبود منابع آب، میزان تولید و لذا کارایی‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول (۳) کارایی زیست‌محیطی کشاورزان تولیدکننده کلزا در منطقه‌های روستایی شهرستان تبریز

Table (3) Environmental efficiency of canola farmers in rural areas of Tabriz county

درصد Percentage	فراوانی Frequency	دامنه کارایی Range of efficiency
9.94	15	≤ 50
5.96	9	50-60
20.69	31	60-70
31.87	48	70-80
31.02	47	≥ 80
58.12	-	میانگین Mean
81.8	-	دامنه Range
9.1	-	حداقل Min
90.9	-	حداکثر Max
16.41	-	انحراف معیار Std.Dev

منبع: یافته‌های پژوهش

Source: Research Findings

جدول (۴) آماره توصیفی مربوط به زیان اقتصادی ناشی از تولید ناکارای زیست‌محیطی مجصول کلزا در شهرستان تبریز رانشان می‌دهد.

جدول (۴) آماره توصیفی زیان اقتصادی تولید ناکارای زیست‌محیطی محصول کلزا (هزار ریال)

Table (4) Descriptive statistic of economic loss due to environmentally inefficient production canola (One thousand rials)

بیشینه Max	کمینه Min	انحراف معیار SD	میانگین Mean	زیان اقتصادی Economic loss
115500	0	24654.61	85820	زیان اقتصادی کود Fertilizer economic loss
63000	0	5352.515	46172	زیان اقتصادی سم Pesticide economic loss
161700	0	23979.98	131992	زیان اقتصادی کود و سم Fertilizer and Pesticide economic loss

Source: Research Findings منبع: یافته‌های پژوهش

همانند نتایج پژوهش‌های پژوهشگران Molaei (2023)، Ghasemi et al (2023) و Dashti et al (2025) ملاحظه می‌شود که مصرف ناکارای نهاده‌های شیمیایی در تولید کلزا در منطقه‌های روستایی شهرستان تبریز با آسیب و زیان اقتصادی قابل‌توجهی همراستا بوده است. میزان آسیب و زیان اقتصادی ناشی از مصرف کود شیمیایی و سم‌ها به‌ترتیب برابر با ۸۵۸۲۰ و۴۶۱۷۲ هزار ریال در هر هکتار برآورد شده است. مجموع این آسیب و زیان برای استفاده هم‌زمان این نهاده‌ها به ۱۳۱۹۹۲ هزار ریال در هر هکتار می‌رسد. بدین‌ترتیب به‌خاطر نداشتن کارایی مصرف نهاده‌های شیمیایی زیان اقتصادی قابل‌توجهی به کشاورزان منطقه وارد می‌شود. به‌نظر می‌رسد وجود نداشتن کارایی در به‌کارگیری نهاده‌ها تنها ناشی از بکار نبردن فناوری‌های نوین نبوده، بلکه بیشتر ریشه در عامل‌های مدیریتی، دانش فنی کشاورزان و محدودیت دسترسی آنان به عوامل تولید و نیز اتکا بیشتر به نهاده‌های شیمیایی می‌باشد.

نتایج بررسی عامل‌های تأثیرگذار بر زیان اقتصادی تولید محصول کلزا در منطقه‌های روستایی شهرستان تبریز در جدول (۵) آورده شده است. بنابر یافته‌های پژوهش، عامل‌های سن، سطح زیرکشت، شمار قطعه‌های زمین و سطح تحصیلات تأثیر معنی‌داری بر زیان اقتصادی تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز دارند.

جدول (۵) عامل‌های مؤثر بر زیان اقتصادی تولید محصول کلزا در شهرستان تبریز
Table (5) Affecting factors the loss economic of canola production in Tabriz county

متغیر Variable	ضریب Coefficient	آمارهt t Statistic
عرض از مبدا Constant	11.90***	2.95
سن Age	0.30***	2.25
سطح زیرکشت Cultivation	-0.13*	-1.67
تعداد قطعات زمین Number of Land Plots	0.04*	1.64
تحصیلات Education	-0.03*	-1.68

*** ، ** و * به ترتیب، معنی‌داری در سطح ۱ ، ۵ و ۱۰ درصد را نشان می‌دهد منبع: یافته‌های پژوهش

* , ** and *** represent the significance levels of 10, 5 and 1 percent, respectively.
Source: Research Findings

بنابر جدول (۵)، افزایش سن کشاورز تأثیر مثبت و معنی‌داری بر زیان اقتصادی تولید محصول کلزا دارد، بدین‌صورت که به‌ازای یک درصد افزایش در سن کشاورز، آسیب و زیان اقتصادی به میزان ۰/۳ درصد افزایش می‌یابد. همانند نتایج پژوهش‌های انجام شده Ghasemi et al (2023) و(2025) Dashti et al، با افزایش سن کشاورزان، توان نیروی‌کار موجود رفته رفته کاهش یافته و به سبب انجام ندادن به هنگام کارها، زیان اقتصادی هم افزایش می‌یابد. به‌همین دلیل به‌نظر می‌رسد مشارکت نیروی‌کار نوپا و جوان در فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند این روند را کاهش دهد. عامل سطح زیرکشت تأثیر منفی اما معنی‌داری بر آسیب و زیان‌های اقتصادی تولید محصول کلزا دارد به‌طوری‌که به‌ازای یک درصد افزایش در سطح زیرکشت میزان زیان اقتصادی ۰/۱۳ درصد کاهش می‌یابد. افزایش سطح زیرکشت کشتزارهای کلزا انگیزه به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته مانند ماشین و ادوات کشاورزی و روش و سامانه آبیاری تحت فشار را تقویت کرده و در نهایت منجر به کاهش استفاده از نهاده‌های زیانبار و کاهش آسیب و زیان اقتصادی می‌شود. در این حالت، با بزرگ‌تر شدن سطح کشتزارها و استفاده از تجهیزات و فناوری‌های مکانیزه، امکان مدیریت بهینه مصرف نهاده‌های شیمیایی (زیانبار) فراهم شده و در نتیجه، میزان اتکا به مصرف کود و سم‌ها در واحد سطح کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر فناوری‌های پیشرفته مانند ماشین و ادوات کشاورزی و روش و سامانه آبیاری تحت فشار جایگزین عامل‌های تولید شیمیایی شده و

بدین‌ترتیب به‌واسطه بهبود بهره‌وری ناشی از تغییر فناوری‌های تولید محصول‌های کشاورزی، کشاورزان در عمل اتکای کمتری بر مصرف نهاده‌های کود و سم‌ها داشته که نتیجه نهایی آن، پایداری تولید و کاهش زیان‌های اقتصادی خواهد بود. Ghasemi et al (2023) نیز در بررسی و ارزیابی خود وجود رابطه معنی‌دار بین کارایی و سطح زیرکشت را تأیید کرده بودند.

بنابر نتایج، شمار قطعه‌های کشت کلزا ارتباط مثبت و معنی‌دار با میزان آسیب و زیان‌های اقتصادی دارد. با افزایش شمار قطعه‌های سطح زیرکشت، کشاورز هم‌زمان در چندین قطعه به فعالیت می‌پردازد که موجب هدر رفت زمان، افزایش هزینه‌های تولید و آسیب و زیان‌های اقتصادی می شود. Dashti et al(2025) نیز در پژوهش و ارزیابی خود به این نکته مهم اشاره داشته‌اند. بنابراین تولید در شمار قطعه‌های کمتر ولی دارای گستره بزرگ‌تر منجر به افزایش کارایی و کاهش آسیب و زیان‌های اقتصادی و پیامدهای زیست‌محیطی می‌شود. بنابر نتایج به‌دست آمده، سطح تحصیلات نیز تأثیر منفی و معنی‌داری بر زیان‌های اقتصادی دارد. بدین‌ترتیب با افزایش سطح تحصیلات، میزان این زیان‌ها نیز افزایش می یابد. افراد دارای تحصیلات بالاتر، هرچند که امکان اشتغال در نهادهای دولتی و شهری را دارند، لیکن آنان به‌واسطه آگاهی از کاستی‌ها و عوارض مصرف بیرویه مواد شیمیایی در کشتزارها، سعی می‌کنند به‌طور منطقی و محدود از این عامل ها بهره بگیرند، بدین‌ترتیب با کاهش بهره‌گیری از عامل‌های زیان‌بار میزان آسیب و زیان‌های اقتصادی وارده کمتر می‌شود. یافته‌های (Tanursaz et al (2021 و Ghasemi et al (2023) با این نتیجه همسو می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق، به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی و عامل‌های مؤثر بر زیان‌های اقتصادی تولید کلزا در منطقه‌های روستایی شهرستان تبریز پرداخته شد. تحلیل داده‌های مربوط به ۱۵۰ کشاورز کلزاکار در سال زراعی ۰۲-۱۴۰۱ گویای آن بود که عامل‌های بذر، نیروی‌کار، آب، کود شیمیایی و سم‌ها تأثیر معنی‌داری بر تولید کلزا دارند. میانگین کارایی زیست‌محیطی برابر با ۵۸/۱۲ درصد نشان می‌دهد کشاورزان در صورت بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها، می‌توانند تا ۴۱/۸۸ درصد از مصرف عامل‌های زیانبار کاهند. این کاهش مصرف نهاده‌ها می‌تواند افزون بر کاهش هزینه‌ها به افزایش بهره‌وری، کاهش آسیب و زیان‌های اقتصادی و بهبود رقابت‌پذیری در تولید کلزا منجر

شود. بنابر نتایج، مصرف نهاده‌های کود شیمیایی و سم‌ها، با کاهش بهره‌وری عامل‌های تولید باعث تحمیل هزینه‌های اضافی نیز می‌شود به‌گونه‌ای که آسیب و زیان‌های اقتصادی ناشی از مصرف توأم کودهای شیمیایی و سم‌ها در هر هکتار معادل ۱۳۱۹۹۲ هزار ریال برآورد شده است. از آنجایی‌که استفاده غیرمنطقی از این منابع، افزون بر وارد کردن فشار اقتصادی به بهره‌برداران سبب کاهش کیفیت محصول‌های تولیدی کشاورزی و به خطر افتادن سلامت منابع طبیعی و محیط‌زیست نیز می‌شود. بنابراین بهتر است کشاورزان برای کاهش آسیب و زیان اقتصادی و حفظ منابع، از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی خودداری کرده و به سمت استفاده بهینه از عامل‌ها و نیز جایگزینی عملیات و روش‌های سنتی با اقدام‌های پایدار کشاورزی پیش روند. بنابر نتایج، با افزایش سن کشاورزان، آسیب و زیان‌های اقتصادی نیز افزایش می‌یابد. بدین‌ترتیب اهمیت مشارکت جوانان روستایی در فعالیت‌های کشاورزی منطقه نیز بیشتر نمایان می‌شود. با توجه به تأثیر منفی سطح تحصیلات بر آسیب و زیان‌های اقتصادی کشتزارها ضرورت استفاده از توان و ظرفیت کشاورزان دارای سواد بالاتر در راستای رعایت اصول و عملیات کشاورزی پایدار نیز بیش از گذشته اهمیت پیدا می‌کند. همچنین نظر به تأثیر منفی سطح زیرکشت و اثر مثبت شمار قطعه‌ها بر زیان‌های اقتصادی پیشنهاد و تأکید می‌شود تولید کلزا در کشتزارهای گسترده‌تر و شمار قطعه‌های کمتر انجام پذیرد. بایستی توجه داشت نظر به تأثیر زیانبار نهاده‌های شیمیایی بر محیط‌زیست، تولیدکنندگان با آگاهی از این معضل علیرغم میل باطنی و صرفاً در راستای افزایش عملکرد از این عامل‌ها بهره می‌گیرند. شایان یادآوری است هنگامی‌که سطح زیرکشت و به‌عبارتی اندازه کشتزار افزایش می‌یابد امکان استفاده از روش و فناوری‌های نوین مانند ماشین و ادوات کشاورزی و سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار در راستای افزایش تولید محصول گسترش یافته و بنابراین با بهبود بهره‌وری عامل‌های تولید از ناحیه پیشرفت فناوری‌ها، تولیدکنندگان عملاً اتکای کمتری بر مصرف نهاده‌های شیمیایی دارند که این امر گام مفیدی در جریان کشاورزی پایدار و اقتصادی‌تر شدن فرایند تولید به‌شمار آید.

منبع‌ها

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.* https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5

Baghban Adami, R. (2023). Assessment of productivity and energy efficiency in canola production in Tabriz county. *MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.* (In Farsi)

Dashti, G., Ghasemi, E. and Ghahremanzadeh, M. (2024). Environmental efficiency and economic losses of onion production in Tabriz plain. *Environmental Sciences*. doi:10.48308/envs.2024.1440. (In Farsi)

Dashti, G., Ghasemi, E. and Ghahremanzadeh, M. (2025). Effective factors on the environmental efficiency of potato production in Ardabil county. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. doi: 10.22034/saps.2024.58668.3124

Ghasemi, E., Dashti, G. 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 Farsi)

Khairalipour, K., Jafari Samrin, H. and Soleimani, M. (2017). Determining environmental impacts in rapeseed production using life cycle assessment method, case study: Ardabil province. *Iranian Biosystems Engineering, 48 (4): 517-526.* doi: 10.22059/ijbse.2017.218793.664864. (In Farsi)

Lozano, S., Gutiérrez, E. and Aguilera, E. (2024). Environmental efficiency of rainfed and irrigated wheat crops in Spain. A stochastic DEA metafrontier approach. *OR Spectrum, 1-39*. https://doi.org/10.1007/s00291-024-00791-x

Masumkhani, F., Abolhasani, L., Khorramdel, S. and Mohadess., S. A. (2019). Evaluation of environmental impacts of major agricultural products of belherat rural district of Neyshabour using life cycle assessment. *Journal of Agroecology, 11(3): 909-924*. doi: 10.22067/jag.v11i3.72459. (In Farsi)

Ministry of Agriculture Jihad. (2024). www.maj.ir

Moe, M. M., Bunyasiri, I. and Sirisupluxna, P. (2024). Environmental efficiency of monsoon rice (oryza sativa) production between transplanting and broadcasting sowing methods in Myanmar. *The Open Agriculture Journal, 18(1): 1-10.* doi: 10.2174/0118743315293141240424062821

Molaei, M.(2022). Estimating environmental efficiency and economic losses of sugar beet production in Urmia lake basin (central and Nazlu chay districts). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 32(3):319-331*. (In Farsi)

Nikan, S., Dashti, G., Hosseinzad, J. and Ghahremanzadeh, M. (2024). Decomposition of factor productivity growth of rice in Iran: Application of stochastic frontier analysis approaches. *Journal of Agricultural Economics & Development, 38(2), 169-176*. https://doi.org/10.22067/jead.2024.86613.1251

Norouzi Avargani, R., Zarei, Mahmoudabadi. M. and Mahmoudyan, H. (2023). A systematic review of energy and environmental efficiency studies. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research, 9(3): 171-203*. doi: http://epprjournal.ir/article-1-1141-fa.html. (In Farsi)

Norozian, M., Hoseini, S. M., Akbarei, A. and Dadrasmoghadam, A. (2022). Effective factors on environmental efficiency rapeseed cultivation in provinces

of Iran (Approach spatial econometric). *Agricultural Economics Research, 13(4): 60-77.* doi: 10.30495/jae.2021.21934.2043. (In Farsi)

Raihan, A., Tanchangya, T., Rahman, J. and Ridwan, M. (2024). The influence of agriculture, renewable energy, international trade, and economic growth on India's environmental sustainability. *Journal of Environmental and Energy Economics, 3(1): 37-53*. https://doi.org/10.56946/jeee.v3i1.324

Rasheed, N., Khan, D. and Magda, R. (2022). The influence of institutional quality on environmental efficiency of energy consumption in BRICS countries. *Frontiers in Energy Research, 10, 943771.* https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.943771. (In Farsi)

Reinhard, S., Lovell, C.K. and Thijssen, G.J. (2000). Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; Estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research, 121(2): 287-303.* https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00218-0

Tadayonpour, N., Sabzghabaei, G. R. and Dashti, S. S. (2021). Investigation of environmental effects of cabbage production in Dezful county using life cycle assessment. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(4): 341-354.* doi: 10.22034/saps.2021.43191.2585. (In Farsi)

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 Farsi)

Tu, V.H., Can, N.D., Takahashi, Y., Kopp, S.W. and Yabe, M. (2019). Technical and environmental efficiency of eco-friendly rice production in the upstream region of the Vietnamese Mekong delta. *Environment, Development and Sustainability, 21: 2401-2424.* doi: 10.1007/s10668-018-0140-0

Tu, V.H. (2017). Resource use efficiency and economic losses: Implications for sustainable rice production in Vietnam. *Environment, Development and Sustainability, 19: 285-300.* https://doi.org/10.1007/s10668-015-9724-0

Doi: 10.22034/IAES.2025.2055257.2115

Agricultural Economics/Volume 19/Issue 4/1404

Environmental Efficiency and the Factors Affecting Economic Losses in Canola Production in Tabriz County

Ghader Dashti, Elaheh Ghasemi, Babollah Hayati, Roya Baghban Adami[1]

Received: 6 March.2025 **Accepted:4 May.2025**

Extended Abstract

Introduction: Environmental efficiency is a crucial factor in the sustainability of the agricultural sector, as inefficiencies in this area not only lead to additional costs but also reduce productivity and degrade natural resources. Therefore, optimal input management and the development of scientific approaches are essential for minimizing economic losses and promoting sustainable agriculture in rural areas. Accordingly, the present study aims to measure environmental efficiency and analyze the factors influencing the economic loss of canola production in rural areas of Tabriz County.

Materials and Methods: For this purpose, the required data and information were collected through a survey of 150 canola farmers in Tabriz County during the 2022–2023 cropping season. In this study, the environmental efficiency of farms was determined by estimating the stochastic frontier translog production function. Subsequently, the economic loss associated with the use of environmentally detrimental inputs, such as pesticides and chemical fertilizers, was calculated. Finally, the factors affecting economic loss were analyzed using a regression model.

Results and discussion: The results of the estimated stochastic frontier translog function indicated that production factors, including seed, labor, water, pesticides and fertilizers, significantly influenced canola output. The average environmental efficiency of canola farms was estimated at 58.12%, suggesting considerable potential for reducing fertilizer and pesticide use and improving environmental efficiency in the region. Based on the results, 63.49% of farms exhibited efficiency levels above 80%, indicating that a significant proportion of farms efficiently and optimally utilized production

[1] Respectively: Professor, Ph.D. Candidate, Professor and Graduated MSc in Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, University of Tabriz, Tabriz. Iran. Professor (corresponding author)
Email: Dashti-g@tabrizu.ac.ir

inputs. Furthermore, the findings revealed that inefficient onion production per hectare resulted in an economic loss of 131,992 thousand rials for the region. According to the results, factors such as age, cultivation, the number of land plots and education significantly affected economic loss.
Suggestion: Therefore, it is essential to expand specialized training programs for farmers on optimizing input use, particularly chemical fertilizers and pesticides, with a focus on sustainable agricultural principles and resource efficiency. Additionally, the promotion and adoption of modern agricultural technologies should be prioritized as a strategy for enhancing environmental efficiency and mitigating negative impacts. In this regard, the development of support programs, such as insurance facilities and the strengthening of technical and managerial infrastructure, can play a crucial role in improving production sustainability and reducing economic losses in the agricultural sector of rural areas.

JEL Classification: Q_{50}, Q_{51}, Q_{54}

Keywords: Canola, Detrimental Environmental Input, Damage and Economic Loss, Environmental Efficiency, SFA