

Modeling Adoption Behavior of Organic Agriculture in Shabestar County: Comparing Ordered Logit and Random Forest Approaches

Maryam Haghjou^{1*} , Gisou Bakhshzadeh²

Received: 02 April, 2025

Accepted: 13 December, 2025

1-Assist. Prof., Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2-Master of Science in Computer Architecture, Staff Member, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author: Maryam Haghjou Email: m_haghjou@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background & Objectives: Organic farming, as a sustainable approach to mitigating environmental impacts and enhancing ecosystem health, plays a pivotal role in sustainable development. Given the predominance of dryland cultivation and traditional farming practices in Shabestar County, together with the strategic importance of wheat and barley for the region's food security, this study set out to analyze the factors influencing the adoption of varying levels of organic farming among wheat and barley growers in the county. In doing so, it seeks to compare two methodological approaches—ordered logit and random forest—so as to offer a more comprehensive account of both the causal relationships and the predictive capacity of the factors shaping adoption.

Materials & Methods: Data were gathered from 175 wheat and barley farmers in Shabestar County, selected through simple random sampling in 2023, by means of questionnaires and face-to-face interviews, and were subsequently analyzed using ordered logit and random forest models. The dependent variable was the level of adoption of organic practices, ranging from non-adoption to the adoption of more than four practices, while the independent variables comprised awareness, education, age, farming experience, participation in extension classes, income, and the number of dependents. Ordered logit was employed to identify causal relationships and marginal effects, whereas random forest served to provide accurate prediction and to rank the relative importance of the variables.

Results: The ordered logit model indicated that 51% of farmers had adopted at least one organic practice. Awareness, education, and participation in extension training programs exerted significant positive effects, while age and farming experience showed significant negative effects on adoption. The random forest model, achieving 78% accuracy, confirmed awareness and education as the most influential positive factors and performed better in predicting lower levels of adoption. Both models revealed that 69% of farmers would adopt organic practices were guaranteed purchase arrangements in place. Moreover, the highest proportion of adoption was concentrated at the initial levels.

Conclusion: Targeted education and economic incentives are essential to strengthening adoption; random forest proved more accurate in predicting lower levels of adoption, while ordered logit offered a more precise account of causal relationships. It is recommended that extension programs focus on younger and more educated farmers and that markets for organic products be developed through guaranteed purchase mechanisms.

Keywords: Farmers' Adoption, Machine Learning, Ordered Logit Model, Random Forest, Sustainable Agriculture

مدل سازی پذیرش کشاورزی ارگانیک در شهرستان شبستر: مقایسه دو رهیافت لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی

مریم حق جو^{۱*}، گیسو بخش زاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۳	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲
--------------------------	-------------------------

۱. استادیار، گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲. کارشناسی ارشد معماری کامپیوتر، کارمند دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

مقدمه و اهداف : کشاورزی ارگانیک به عنوان رویکردی پایدار برای کاهش اثرات زیست محیطی و ارتقای سلامت اکوسیستم، نقش مهمی در توسعه پایدار دارد. با توجه به غلبه کشت دیم و کشاورزی سنتی در شهرستان شبستر و اهمیت گندم و جو در امنیت غذایی منطقه، این مطالعه با هدف تحلیل عوامل مؤثر بر پذیرش سطوح مختلف کشاورزی ارگانیک توسط زارعین گندم و جوکار این شهرستان انجام شد. پژوهش حاضر می کوشد با مقایسه دو رهیافت لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی، هم روابط علی و هم توان پیش بینی کنندگی عوامل مؤثر بر پذیرش را به صورت جامع تر بررسی کند.

مواد و روش ها : داده ها از ۱۷۵ زارع گندم و جوکار شهرستان شبستر که در سال ۱۴۰۲ با نمونه گیری تصادفی ساده انتخاب شدند، از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری جمع آوری و با دو مدل لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی تحلیل شد. متغیر وابسته، سطح پذیرش روش های ارگانیک (از عدم پذیرش تا پذیرش بیش از چهار روش) و متغیرهای مستقل شامل آگاهی، تحصیلات، سن، تجربه، شرکت در کلاس های ترویجی، درآمد و تعداد افراد تحت تکفل بود. لاجیت ترتیبی برای شناسایی روابط علی و اثرات نهایی و جنگل تصادفی برای پیش بینی دقیق و رتبه بندی اهمیت متغیرها به کار رفت.

یافته ها: نتایج مدل لاجیت ترتیبی نشان داد که ۵۱ درصد زارعین حداقل یک روش ارگانیک را پذیرفته اند. متغیرهای آگاهی، تحصیلات و شرکت در کلاس های ترویجی اثر مثبت و معنادار، و دو متغیر سن و تجربه کشاورزان اثر منفی معناداری بر پذیرش داشتند. مدل جنگل تصادفی نیز با دقت ۷۸ درصد، آگاهی و تحصیلات را به عنوان مهم ترین عوامل مثبت تأیید کرد و در پیش بینی سطوح پایین پذیرش عملکرد بهتری نشان داد. هر دو مدل نشان دادند که ۶۹ درصد زارعین در صورت تضمین خرید، روش های ارگانیک را می پذیرند. همچنین، بیشترین درصد پذیرش در سطوح ابتدایی متمرکز بود.

نتیجه گیری : آموزش هدفمند و مشوق های اقتصادی برای تقویت پذیرش ضروری است؛ جنگل تصادفی در پیش بینی سطوح پایین و لاجیت ترتیبی در تبیین روابط علی دقیق تر عمل کرد. پیشنهاد می شود برنامه های ترویجی بر زارعین جوان تر و تحصیل کرده متمرکز شود و بازار محصولات ارگانیک با تضمین خرید توسعه یابد.

واژه های کلیدی : پذیرش کشاورزان، کشاورزی پایدار، مدل لاجیت ترتیبی، جنگل تصادفی، یادگیری ماشین

مقدمه

کشاورزی ارگانیک به عنوان یکی از قدیمی ترین و در عین حال نوین ترین روش های تولید محصولات کشاورزی شناخته می شود که بر پایه مدیریت دانش بنیان، استفاده بهینه از منابع داخلی مزرعه، و هماهنگی با چرخه های طبیعی بنا شده است. این رویکرد با هدف افزایش فعالیت های زیستی خاک، حفظ سلامت آن در بلندمدت، کاهش فرسایش و بهبود تنوع ژنتیکی و اکوسیستم های مرتبط طراحی شده و به دنبال ایجاد تعادل پایدار بین تولید کشاورزی و حفاظت از محیط زیست است (حق جو و همکاران ۲۰۲۰). ریشه های این روش به دوران پیش از جنگ جهانی دوم بازمی گردد، زمانی که کشاورزی بدون استفاده از نهاده های شیمیایی رایج بود. با این حال، شکل مدرن آن در دهه ۱۹۲۰ در اروپا با تلاش های افرادی مانند رودلف اشتاینر (که کشاورزی بیودینامیک را پایه گذاری کرد) و هانس پتر روش (که بر حاصلخیزی خاک و میکروبیولوژی تأکید داشت) ظهور کرد و به تدریج در سراسر جهان گسترش یافت.

در ایران، با وجود شرایط اقلیمی خشک، فراوانی نیروی کار، و زمین های حاصلخیز در برخی مناطق، کشاورزی ارگانیک می تواند گزینه ای اقتصادی و پایدار باشد. با این حال، مصرف بالای کودهای شیمیایی (سالانه ۲۶۰ هزار تن در استان آذربایجان شرقی) و سموم دفع آفات (۲۸۰۰ تن) نشان دهنده وابستگی شدید به روش های متداول است (سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان شرقی، ۲۰۲۳). در شهرستان شبستر، یکی از قطب های کشاورزی استان آذربایجان شرقی با وسعت ۲۷۵۰ کیلومتر مربع و جمعیتی حدود ۱۳۵۴۲۱ نفر، این وضعیت مشهودتر است؛ سالانه ۴۵ هزار تن کود شیمیایی و ۳۱۶ تن سم در این منطقه مصرف می شود. در شبستر، گندم و جو عمدتاً به صورت دیم کشت می شوند، هرچند کشت آبی نیز رایج است. بر اساس گزارش های جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت گندم دیم در شبستر حدود ۳۲،۰۰۰ هکتار (تولید تقریبی ۲۲،۴۰۰ تن، عملکرد ۷۰۰ کیلوگرم/هکتار) و گندم آبی حدود ۴،۰۰۰ هکتار (تولید تقریبی ۱۲،۴۰۰ تن، عملکرد ۳،۱۰۰ کیلوگرم/هکتار) است.

همچنین، سطح زیر کشت جو دیم حدود ۱۵،۰۰۰ هکتار (تولید تقریبی ۱۰،۵۰۰ تن، عملکرد ۷۰۰ کیلوگرم/هکتار) و جو آبی حدود ۶،۰۰۰ هکتار (تولید تقریبی ۱۸،۰۰۰ تن، عملکرد ۳،۰۰۰ کیلوگرم/هکتار) برآورد شده است. این داده ها، که از تخمین های مبتنی بر آمار استانی و شرایط کشاورزی شبستر استخراج شده اند، نشان دهنده غلبه کشت دیم در منطقه و اهمیت گندم و جو در تأمین امنیت غذایی است (سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان شرقی، ۲۰۲۳). حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک می تواند نه تنها سلامت محصولات را تضمین کند، بلکه به پایداری اقتصادی و زیست محیطی این منطقه کمک کند.

پذیرش روش های کشاورزی ارگانیک به عنوان رویکردی پایدار برای تولید محصولات کشاورزی، در سال های اخیر توجه زیادی را در مطالعات داخلی و خارجی به خود جلب کرده است. این روش ها، که شامل استفاده از کمپوست زیستی، تناوب زراعی، کنترل بیولوژیکی آفات، و پرهیز از کودها و سموم شیمیایی هستند، به دلیل مزایای زیست محیطی و سلامتی، در مناطق مختلف جهان مورد بررسی قرار گرفته اند. در ایران، مطالعات متعددی عوامل مؤثر بر پذیرش کشاورزی ارگانیک را بررسی کرده اند. حق جو و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه ای در مناطق دیم خیز ایران نشان دادند که آگاهی و دسترسی به آموزش های ترویجی، احتمال پذیرش روش های پایدار مانند تناوب زراعی را تا ۵۰٪ افزایش می دهد. جوادی و همکاران (۲۰۱۳) در میانه گزارش کردند که ۴۸٪ باغداران با افزایش آگاهی و تضمین خرید محصولات، تمایل بیشتری به پذیرش روش های ارگانیک نشان می دهند. بابا اکبری و همکاران (۲۰۰۸) نیز در مطالعه ای در مناطق نیمه خشک ایران، موانع اقتصادی مانند هزینه های اولیه و کمبود بازارهای ارگانیک را به عنوان چالش های اصلی پذیرش شناسایی کردند. شریفی و همکاران (۲۰۲۲) در آذربایجان شرقی نشان دادند که آموزش های ترویجی و تحصیلات (ضریب ۰.۲۷) نقش کلیدی در ترغیب زارعین به استفاده از روش های ارگانیک دارند، به ویژه در کشت دیم گندم و جو. رضایی و همکاران (۲۰۲۰) نیز پیچیدگی روش های ارگانیک (مانند کنترل بیولوژیکی) را مانعی

برای پذیرش در مناطق سنتی ایران گزارش کردند، که با شرایط شبستر (غلبه کشت دیم و کشاورزی سنتی) همخوانی دارد.

در سطح بین‌المللی، تی‌فونگ (۲۰۱۳) در استرالیا اثر مثبت دانش زارعین و دسترسی به بازارهای ارگانیک را بر پذیرش روش‌های ارگانیک تأیید کرد. وینسنت و همکاران (۲۰۱۹) در آفریقا گزارش کردند که تجربه زراعی طولانی (ضریب -۰.۸۵) و سن بالا موانع اصلی پذیرش فناوری‌های پایدار در مناطق دیم هستند، که با مقاومت زارعین مسن‌تر در شبستر هم‌راستاست. کمپنهای (۲۰۲۱) در اوگاندا نشان داد که آموزش‌های غیررسمی احتمال پذیرش روش‌های ارگانیک را تا ۶۰٪ افزایش می‌دهد، به‌ویژه در مناطقی با کشاورزی کم‌هزینه. خو و هوانگ (۲۰۲۱) در چین با استفاده از مدل جنگل تصادفی (با دقت ۸۰٪) نشان دادند که عوامل اقتصادی مانند درآمد و آگاهی در پیش‌بینی پذیرش روش‌های ارگانیک نقش کلیدی دارند. پرادان و همکاران (۲۰۲۳) در هند گزارش کردند که روش‌های ارگانیک مانند کمپوست زیستی در کشت دیم (عملکرد ۸۰۰ کیلوگرم/هکتار) به دلیل سازگاری با شرایط کم‌آب، پذیرش بیشتری دارند. لا و همکاران (۲۰۲۴) نیز در مطالعه‌ای در جنوب شرق آسیا، اثر مثبت تضمین خرید (احتمال پذیرش ۷۲٪) را بر ترغیب زارعین به روش‌های ارگانیک تأیید کردند، که با یافته‌های این مطالعه درباره نقش تضمین خرید (۶۹٪ تمایل) همخوانی دارد.

برای تحلیل عوامل مؤثر بر پذیرش، مدل‌های مختلفی در مطالعات به کار رفته‌اند. مدل لاجیت ترتیبی به دلیل توانایی در تحلیل روابط علی و تخمین اثرات متغیرها در سطوح مختلف پذیرش، در مطالعات کشاورزی پرکاربرد است. حق جو و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از لاجیت ترتیبی نشان دادند که آگاهی و تحصیلات احتمال پذیرش روش‌های پایدار را در مناطق دیم ایران افزایش می‌دهند. در مقابل، مدل جنگل تصادفی به دلیل توانایی در شناسایی روابط غیرخطی و رتبه‌بندی اهمیت متغیرها، در مطالعات اخیر محبوبیت یافته است. خو و هوانگ (۲۰۲۱) و پرادان و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از جنگل تصادفی، دقت پیش‌بینی پذیرش را به ترتیب ۸۰٪ و ۷۹٪ گزارش کردند، که برتری این مدل در داده‌های پیچیده را نشان

می‌دهد. با این حال، مقایسه این دو مدل به‌ندرت در مطالعات کشاورزی انجام شده است. این مطالعه با مقایسه مدل‌های لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی، رویکردی نوآورانه ارائه می‌دهد که نه تنها روابط علی (مانند اثر منفی تجربه و سن) را تحلیل می‌کند، بلکه با شناسایی روابط غیرخطی (مانند اهمیت درآمد در جنگل تصادفی)، درک جامعی از رفتار پذیرش زارعین در شبستر فراهم می‌کند. این مقایسه به‌ویژه در شرایط پیچیده کشاورزی دیم، که با ناهمگنی زارعین و محدودیت‌های اقلیمی (همانند کاهش نزولات جوی) همراه است، ارزشمند است و می‌تواند راهنمایی برای تحقیقات آینده و سیاست‌گذاری در مناطق مشابه باشد.

با توجه به اهمیت گندم و جو در شهرستان شبستر و نبود مطالعه جامع در این منطقه، این پژوهش با هدف تحلیل عوامل مؤثر بر پذیرش سطوح مختلف کشاورزی ارگانیک توسط زارعین، از دو مدل لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی بهره برده است. مدل لاجیت ترتیبی برای شناسایی روابط علی و جنگل تصادفی برای پیش‌بینی دقیق و ارزیابی اهمیت متغیرها به کار رفت تا نقاط قوت هر رویکرد مشخص شود. نتایج این مطالعه می‌تواند سیاست‌گذاران را در طراحی برنامه‌های ترویجی و حمایتی برای توسعه کشاورزی پایدار در شبستر یاری دهد و به پر کردن شکاف پژوهشی در این منطقه کمک کند.

مواد و روش‌ها

هدف این مطالعه، تحلیل عوامل تعیین‌کننده پذیرش سطوح مختلف کشاورزی ارگانیک (شامل روش‌هایی مانند کشت مخلوط، کود سبز، مبارزه بیولوژیک، تناوب زراعی، شخم کم‌عمق، مالچ‌پاشی، و گیاهان پوششی) توسط زارعین گندم و جوکار شهرستان شبستر است. با توجه به غلبه کشت دیم در شبستر، تمرکز مطالعه بر زارعین دیم‌کار بود. با این حال، برای پوشش تنوع کشاورزی منطقه، زارعین آبی‌کار نیز در جامعه آماری گنجانده شدند. داده‌های این مطالعه به روش میدانی و از طریق طراحی و تکمیل پرسشنامه و مصاحبه‌های حضوری با زارعین گندم و جوکار در شهرستان شبستر جمع‌آوری شد. جامعه آماری شامل حدود ۲۵۰۰ زارع فعال در کشت گندم (عمدتاً آبی) و جو (عمدتاً دیم) است

روش‌های مورد استفاده خود را انتخاب نمایند. امتیاز این سوال از صفر به معنای عدم کاربرد تا ۵ به معنای استفاده بیش از ۴ روش طبقه بندی شده است. ملاحظه می شود که متغیر وابسته مدل رگرسیونی، ماهیتی ترتیبی و چندگانه پیدا می‌کند. در این مطالعه، مدل لاجیت ترتیبی به‌عنوان رهیافتی مؤثر برای تحلیل رفتار کشاورزان در پذیرش سطوح مختلف کشاورزی ارگانیک (از عدم پذیرش تا پذیرش بیش از ۴ روش) به کار گرفته شد. این مدل با توانایی تحلیل روابط علی و تخمین دقیق اثرات متغیرهای توضیحی، امکان شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر تصمیم‌گیری زارعین شبستر را فراهم کرد. این مدل برای هدف تحقیق حاضر کاملاً مناسب بوده و قادر به تقسیم‌بندی و تمیز متغیر وابسته مورد مطالعه به طبقات مختلف می‌باشد. بدین صورت که متغیر وابسته تحت یک سری از فرضیات قرار می‌گیرد و با توجه به طبقات مختلف مشخص شده، مقادیری را به خود اختصاص می‌دهد. این نوع مدل در مطالعات پیمایشی که در آن سطح مختلف پاسخ بصورت رتبه ای طبقه‌بندی می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع مدل‌ها، پاسخ‌های مشاهده‌شده از طریق یک متغیر پنهان y^* که نشان‌دهنده تمایل نهفته زارعین به پذیرش روش‌های کشاورزی ارگانیک است که به‌صورت پیوسته فرض شده و از طریق رابطه (۱)، به صورت خطی با متغیر توضیحی X مرتبط است، مدل‌سازی می‌شوند. این متغیر پنهان، که مستقیماً قابل مشاهده نیست، گرایش زارعین به انتخاب سطوح مختلف پذیرش (از $=0$ عدم پذیرش تا $=4$ پذیرش بیش از ۴ روش) را بر اساس متغیرهای توضیحی (مانند آگاهی، تحصیلات، سن) و جزء تصادفی (E) تخمین می‌زند (گرین، ۲۰۰۵، حق جو و همکاران، ۲۰۱۴، حق جو و همکاران، ۲۰۲۰):

$$y^* = x\beta + \varepsilon \quad (1)$$

در این رابطه، x یک بردار $(K \times 1)$ از متغیرهای توضیحی شامل درآمد، سن، جنسیت، سطح تحصیلات، تعداد اعضای خانواده و میزان آگاهی از موضوعات خاص مورد نظر محقق است. β نیز بردار $(K \times 1)$ از پارامترهای تخمینی و ε یک متغیر تصادفی است که بیانگر

که بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان شرقی (۲۰۲۳) در ۵ دهستان اصلی شبستر (شبستر مرکزی، گونئی شرقی، سپس، تسوج، و میشو جنوبی) توزیع شده‌اند. این دهستان‌ها به دلیل پوشش دادن مناطق با تنوع کشاورزی (کشت آبی و دیم) و فعالیت گسترده زراعی انتخاب شدند.

برای نمونه‌گیری، روش تصادفی ساده به کار گرفته شد. ابتدا، فهرستی از زارعین فعال در این ۵ دهستان از مراکز خدمات کشاورزی شبستر تهیه شد. سپس، با استفاده از فرمول کوکران (سطح اطمینان ۹۵٪، خطای نمونه‌گیری ۵٪، و پیش‌آزمون ۳۰ نفره برای تعیین احتمال پذیرش)، حجم نمونه ۱۷۵ زارع تعیین گردید. این زارعین به‌صورت تصادفی از فهرست انتخاب شدند، که شامل زارعین از روستاهای کلیدی مانند خامنه (دهستان شبستر مرکزی)، دیزج خلیل (دهستان گونئی شرقی)، وایقان (دهستان سپس)، تسوج (دهستان تسوج)، و زیناب (دهستان میشو جنوبی) بود. نرخ پاسخ‌دهی ۹۲٪ بود، که نشان‌دهنده مشارکت بالای زارعین است. این روش نمونه‌گیری، که در مطالعات کشاورزی مشابه نیز رایج است (حق جو و همکاران، ۲۰۱۴)، اطمینان داد که نمونه نماینده ویژگی‌های ناهمگن جامعه آماری (سن، تحصیلات، تجربه، و درآمد) بوده و نتایج قابل تعمیم به کل زارعین شبستر است.

پرسشنامه‌ها شامل سؤالاتی درباره سطح پذیرش (از $=0$ عدم پذیرش تا $=4$ پذیرش بیش از ۴ روش) و متغیرهای مستقل بود که ادامه بیشتر توضیح داده می‌شود. پس از حذف پرسشنامه‌های ناقص، تحلیل نتایج بر روی ۱۷۵ مشاهده انجام شد. مدل لاجیت ترتیبی^۱:

هدف مطالعه حاضر تحلیل تعیین کننده‌های پذیرش سطوح مختلف کشت ارگانیک در میان زارعین می-باشد. پاسخگویان در مقابل سوالی که در قالب یک شاخص طیف لیکرت از آنها خواسته شد که از میان انواع مختلف روش‌های کشت ارگانیک (کشت مخلوط، کودسبز، مبارزه بیولوژیکی، تناوب زراعی، شخم کم عمق و مالچ-پاشی و به‌کارگیری گیاهان پوششی) تعداد

خطاهای تصادفی^۲ بوده و به صورت نرمال با میانگین صفر و واریانس ۱ توزیع شده است.

طبقه‌بندی مشاهده شده y_i بر اساس y^* به شکل رابطه (۲) تعیین می‌شوند:

$$(۲) = \begin{cases} 0 & \text{اگر } y^* \leq \mu_1 \\ 1 & \text{اگر } \mu_1 \leq y^* \leq \mu_2 \\ 2 & \text{اگر } \mu_2 \leq y^* \leq \mu_3 \\ \vdots & \vdots \\ J & \text{اگر } \mu_{j-1} \leq y^* \end{cases} y_i$$

این رابطه، μ_j پارامترهای نامعلومی هستند که توسط β برآورد می‌شوند و سطوح مختلف پذیرش کشت ارگانیک توسط کشاورزان نمونه را نشان می‌دهند. در این حالت، پاسخ‌دهندگان در پرسشنامه‌ها با سوالاتی مواجه می‌شوند که از آن‌ها می‌خواهد y^* مورد نظر خود را که به عوامل قابل اندازه‌گیری x و عوامل غیرقابل

اندازه‌گیری ε وابسته است، از بین گزینه‌های ارائه‌شده انتخاب کنند. با فرض اینکه ε به صورت نرمال (برای مدل پروبیت ترتیبی) یا لاجستیک (برای مدل لاجیت ترتیبی) توزیع شده است، مدل فوق با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی برآورد می‌شود و احتمالات مورد نظر از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌گردند:

$$Prob(y = 0 | x) = F(-x'\beta)$$

$$(۳) \quad Prob(y = 1 | x) = F(\mu_1 - x'\beta) - F(-x'\beta)$$

$$Prob(y = 2 | x) = F(\mu_2 - x'\beta) - F(\mu_1 - x'\beta)$$

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

$$Prob(y = j | x) = 1 - F(\mu_{j-1} - x'\beta)$$

انتخاب ترتیب گزینه‌ها، اثر نهایی یا احتمال نهایی محاسبه می‌شود. ضرایب β به طور مستقیم با اثرات نهایی مرتبط نیستند، بنابراین با استفاده از رابطه (۵) می‌توان اثرات نهایی متغیرها را بر احتمالات محاسبه نمود (مدلا، ۱۹۹۱، گرین، ۲۰۰۵، حق جو و همکاران، ۲۰۲۰):

$$(۵) \quad = [F(-x'\beta) - F(\mu_1 - x'\beta)] \beta$$

$$\frac{\partial Prob(y=1|x)}{\partial x_i}$$

$$= -F(-x'\beta) \beta \frac{\partial Prob(y=0|x)}{\partial x_i}$$

$$= F(\mu_{j-1} - x'\beta) \beta \frac{\partial Prob(y=j|x)}{\partial x_i}$$

مدل رگرسیونی تخمینی در مطالعه حاضر را می توان بصورت رابطه (۶) نشان داد و تعریف کرد:

$$(۶) \quad y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8$$

از نرم افزارهای Excel2013 و Stata برای خلاصه سازی و تحلیل آماری و تخمین تابع لاجیت ترتیبی استفاده شده است. همچنین، برای پیاده سازی مدل جنگل تصادفی، از زبان برنامه نویسی پایتون نسخه ۳/۹ و کتابخانه scikit-learn استفاده شد. این نسخه به دلیل پایداری و سازگاری با کتابخانه های مورد نیاز (pandas, numpy, scikit-learn) انتخاب گردید. مدل جنگل تصادفی با ۱۰۰ درخت (n_estimators=100) و تنظیمات پیش فرض کتابخانه scikit-learn پیاده سازی شد، که دقت ۷۸٪ را در پیش بینی سطوح پذیرش کشاورزی ارگانیک به دست آورد.

مدل جنگل تصادفی^۳:

مدل جنگل تصادفی، روشی پیشرفته در یادگیری ماشین، برای تحلیل پذیرش در این مطالعه به کار رفت. این روش توسط بریمن (۲۰۰۱) توسعه یافته و با ایجاد مجموعه ای از درخت های تصمیم گیری و ترکیب پیش بینی های آنها عمل می کند. هر درخت بر اساس زیرمجموعه ای تصادفی از داده ها و متغیرها ساخته می شود که مقاومت مدل در برابر بیش برآزش را افزایش می دهد. جنگل تصادفی بدون نیاز به فرضیات خاص درباره توزیع داده ها، روابط غیرخطی را مدل سازی کرده و اهمیت نسبی متغیرها را از طریق معیار کاهش ناخالصی (Gini Impurity) ارزیابی می کند (هستی و همکاران، ۲۰۰۹). در این مطالعه، مدل با ۱۰۰ درخت تصمیم گیری و تقسیم داده ها به ۷۰٪ آموزشی و ۳۰٪ آزمایشی در نرم افزار Python کتابخانه (scikit-learn) پیاده سازی شد. متغیرهای مستقل و وابسته مشابه مدل لاجیت ترتیبی بودند. معیارهای ارزیابی شامل دقت (Accuracy)، ماتریس درهم ریختگی، و امتیاز اهمیت متغیرها بود. این روش به دلیل توانایی بالای پیش بینی و شناسایی عوامل کلیدی، مکمل مناسبی برای تحلیل لاجیت ترتیبی فراهم کرد.

Y: متغیر وابسته مدل بوده و Y_i : سطوح مختلف پذیرش روش های کشت ارگانیک توسط پاسخگوی آم که متغیری ترتیبی از نوع شاخص طیف لیکرت می باشد و امتیاز این سوال از ۰ به معنای عدم کاربرد تا ۴، به معنای استفاده از ۴ و بیش از ۴ روش طبقه بندی شده است. x_1 : متغیر درآمد کشاورز پاسخگو است (واحد: ریال)، x_2 : تعداد اعضای تحت تکفل کشاورزی، x_3 : متغیر سن کشاورز است. x_4 : متغیر تعداد سال های کشت کشاورز پاسخگو یا به عبارتی تعیین کننده سابقه کشت می باشد. x_5 : متغیر سطح تحصیلات کشاورز است. (که با کدهایی از ۱=بی سواد، ۲=سطح سواد ابتدایی، ۳=سطح سواد راهنمایی، ۴=دیپلم، ۵=لیسانس ۶=فوق لیسانس و بالاتر کدگذاری شده است). x_6 : متغیر سطح آگاهی کشاورزی از روش های کشاورزی ارگانیک است. برای سنجش سطح آگاهی زارعین از روش ها و فرآیندهای تولید در کشاورزی ارگانیک، از یک شاخص مبتنی بر مقیاس لیکرت (۱=کاملاً مخالف، ۲=مخالف، ۳=بی تفاوت، ۴=موافق، ۵=کاملاً موافق) استفاده شد. این شاخص شامل گویه هایی مانند: ۱- استفاده از کمپوست های زیستی به جای کودهای شیمیایی در کشاورزی ارگانیک باعث افزایش پایداری خاک و بهبود کیفیت محصول می شود. ۲- روش های کنترل بیولوژیکی آفات (مانند استفاده از حشرات مفید) در کشاورزی ارگانیک جایگزین سموم شیمیایی شده و به حفظ تنوع زیستی کمک می کند. ۳- تناوب زراعی با گیاهان تثبیت کننده نیتروژن (مانند لگوم ها) در کشاورزی ارگانیک به کاهش وابستگی به نهاده های خارجی منجر می شود. میانگین پاسخ ها به عنوان شاخص آگاهی در تحلیل های آماری استفاده شد. x_7 : متغیر شرکت مرتب در کلاس های ترویجی می باشد (شرکت=۱ و عدم شرکت=۰ است). x_8 : متغیر «زمینه شغلی یا تحصیلی مرتبط» به صورت موهومی تعریف شد: زارعی که دارای تحصیلات مرتبط با کشاورزی (مانند دیپلم یا لیسانس در رشته های زراعت، علوم خاک، یا باغبانی) یا شغل مرتبط (مانند کار در تعاونی های کشاورزی یا مشاوره کشاورزی) بودند، کد ۱ دریافت کردند و سایرین کد ۰. این اطلاعات از طریق سؤالات پرسشنامه درباره رشته تحصیلی و سوابق شغلی جمع آوری شد.

³ Random Forest Model

داده‌های مطالعه حاضر به روش میدانی و با طراحی و تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد. تحلیل توصیفی با Excel 2013 انجام شد و نتایج در جداول و نمودارهای بخش بعدی ارائه می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج توصیفی:

تحلیل توصیفی این مطالعه، اطلاعات جامعی از ویژگی‌های زارعین گندم (عمدتاً آبی) و جوکار (عمدتاً دیم) شهرستان شبستر و الگوهای پذیرش کشاورزی ارگانیک ارائه می‌دهد. جدول ۱ خلاصه آماری متغیرهای توضیحی را نشان می‌دهد و نمایانگر تنوع قابل توجه در مشخصات جامعه مورد مطالعه است. میانگین درآمد ماهیانه زارعین ۱۰۳۰۰ ده هزار ریال با انحراف معیار ۴۵۳۲ گزارش شده است و دامنه آن از ۱۶۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ هزار ریال متغیر است. این گستردگی نشان‌دهنده ناهمگونی اقتصادی در میان زارعین است که می‌تواند بر

تصمیم‌گیری‌های مرتبط با پذیرش روش‌های جدید تأثیر بگذارد. تعداد افراد تحت تکفل با میانگین ۷/۴ نفر (دامنه ۲ تا ۸) حاکی از بار اقتصادی قابل توجه بر خانوارهای کشاورزی است که ممکن است انگیزه‌های مالی را در انتخاب روش‌های زراعی تقویت کند.

سن زارعین با میانگین ۱/۵۵ سال (دامنه ۳۰ تا ۷۱) و تجربه کشاورزی با میانگین ۱۴ سال (دامنه ۳ تا ۲۴) نشان‌دهنده حضور غالب کشاورزانی میانسال و باتجربه است. این ویژگی‌ها می‌توانند به عنوان عواملی بازدارنده در برابر پذیرش نوآوری‌های کشاورزی عمل کنند، زیرا تجربه طولانی‌مدت اغلب با وابستگی به روش‌های متداول همراه است. سطح تحصیلات با مد ۴ (دیپلم) و میانگین شاخص آگاهی ۷/۲ از ۵، سطح دانش متوسطی را در زمینه کشاورزی ارگانیک نشان می‌دهد که می‌تواند پایه‌ای برای مداخلات آموزشی باشد. همچنین، مشارکت ۵۱٪ از زارعین (۸۹ نفر) در کلاس‌های ترویجی حاکی از دسترسی نیمی از جامعه به منابع آموزشی است، در حالی که عدم مشارکت نیمی دیگر، شکاف موجود در دسترسی به آموزش را آشکار می‌سازد.

جدول (۱): خلاصه آماری متغیرهای توضیحی

متغیر	میانگین/مد	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
درآمد (ده هزار ریال)	۱۰۳۰۰	۴۵۳۲	۱۶۰۰	۱۵۰۰۰۰
تعداد افراد تحت تکفل	۴/۷	۱/۷	۲	۸
سن	۵۵/۱	۱۰/۶	۳۰	۷۱
تجربه زراعت	۱۴	۳/۴	۳	۲۴
سطح تحصیلات	۴	۶۱/۱	۱	۶
شاخص سطح آگاهی از روش‌های کشاورزی ارگانیک	۲/۷	۱/۰۲	۱	۴
شرکت در کلاسهای ترویجی	۸۹ نفر (۵۱٪ شرکت)، ۸۶ نفر (۴۹٪ عدم شرکت)			

جدول ۲ توزیع سطوح پذیرش روش‌های کشاورزی ارگانیک را ارائه می‌دهد و الگویی تدریجی و محافظه‌کارانه را در میان زارعین نشان می‌دهد. از مجموع ۱۷۵ نفر، ۴۹٪ (۸۶ نفر) هیچ روش ارگانیکی را نپذیرفته‌اند که نشان‌دهنده مقاومت قابل توجه یا عدم اطمینان نسبت به این روش‌هاست. در مقابل، ۲۲٪ (۳۸ نفر) در سطح ۱، ۱۸٪ (۳۲ نفر) در سطح ۲، ۸٪ (۱۴ نفر) در سطح ۳ و تنها ۳٪ (۵ نفر) در سطح ۴ و بالاتر قرار دارند. این توزیع حاکی از تمایل به پذیرش اولیه و محدود است، اما پیشرفت به سطوح بالاتر به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، ۶۹٪ از زارعین

(۱۲۱ نفر) اعلام کرده‌اند که در صورت تضمین خرید با قیمت بالاتر، روش‌های ارگانیک را می‌پذیرند. تمایل ۶۹٪ زارعین به پذیرش کشاورزی ارگانیک با تضمین خرید نشان‌دهنده نقش کلیدی عوامل اقتصادی در تصمیم‌گیری زارعین است، که با یافته‌های جوادی و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد. این نتیجه بر اهمیت ایجاد تقاضای بازار برای محصولات ارگانیک تأکید می‌کند. تبلیغات گسترده مزایای محصولات ارگانیک، مانند سلامت بیشتر برای مصرف‌کنندگان، کاهش اثرات زیست‌محیطی، و کیفیت بالاتر، می‌تواند تقاضای مصرف‌کنندگان را افزایش دهد و زارعین را به تولید این محصولات ترغیب کند. این

خرید تضمینی، تشویق کند، به‌ویژه در منطقه شبستر که تولید گندم و جو نقش مهمی در امنیت غذایی دارد.

افزایش تقاضا می‌تواند سیاست‌گذاران و دولت را به حمایت از تولید ارگانیک، از طریق یارانه‌ها یا قراردادهای

جدول ۲- نتایج حاصل از متغیر پذیرش سطوح متفاوت روش‌های کشت ارگانیک در میان کشاورزان نمونه

سطح پذیرش	کد	فراوانی (تعداد)	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
عدم پذیرش	۰	۸۶	۴۹	۴۹
سطح ۱	۱	۳۸	۲۲	۷۱
سطح ۲	۲	۳۲	۱۸	۸۹
سطح ۳	۳	۱۴	۸	۹۷
سطح ۴ و بیشتر	۴	۵	۳	۱۰۰

نتایج مدل لاجیت ترتیبی:

پیش از ارائه نتایج مدل لاجیت ترتیبی، فرض تناسب احتمالات (Proportional Odds Assumption) با استفاده از آزمون برنت بررسی شد. این آزمون با آماره کلی $(\chi^2 = 8/45)$ ، درجات آزادی ۱۲ و احتمال $(p = 0/39)$ نشان داد که فرض تناسب احتمالات نقض نشده و ضرایب متغیرهای توضیحی در تمام سطوح متغیر وابسته (سطوح پذیرش از ۰ تا ۴) یکسان هستند. برای متغیرهای کلیدی (آگاهی، تحصیلات و سن) نیز آماره‌های جزئی آزمون برنت همگی غیرمعنادار بودند و تناسب مدل را تأیید کردند. این نتایج نشان‌دهنده مناسب بودن مدل لاجیت ترتیبی برای تحلیل داده‌های این مطالعه است. نتایج حاصل از تخمین مدل لاجیت ترتیبی، که در جدول (۳) ارائه شده است، بینش جامعی از عوامل مؤثر بر پذیرش سطوح مختلف کشاورزی ارگانیک در میان زارعین گندم و جوکار شهرستان شبستر فراهم می‌کند. لازم به ذکر است که متغیر درآمد (به ده هزار ریال) از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شد، اما به دلیل داده‌های مفقود (۳۲٪ پاسخ‌دهندگان درآمد دقیق گزارش نکردند) و عدم ارائه اطلاعات قابل اطمینان توسط برخی زارعین، در تحلیل نهایی مدل‌ها لحاظ نشد. تحلیل‌های اولیه نشان داد که درآمد اثر معناداری بر پذیرش نداشت. همچنین این متغیر، با متغیر تحصیلات هم‌خطی نسبی (ضریب همبستگی ۰/۶۸) نشان داد که وجودش در مدل، می‌توانست تخمین ضرایب را تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین از مدل نهایی تخمینی حذف شده است. آماره کای-دو با مقدار ۱۱/۲۵۶ و سطح معناداری بالا، نشان‌دهنده تناسب کلی مدل با داده‌هاست و حاکی از آن

است که متغیرهای انتخاب‌شده به‌خوبی رفتار پذیرش را توضیح می‌دهند. همچنین، مقدار $Scaled-R^2$ برابر با ۵۹/۰ بیانگر قدرت پیش‌بینی قابل‌قبول مدل است که توانایی آن را در تبیین تغییرات متغیر وابسته تأیید می‌کند. این نتایج، مدل لاجیت ترتیبی را به‌عنوان ابزاری کارآمد برای تحلیل روابط علی در این مطالعه معرفی می‌کند.

متغیرهای آگاهی، شرکت در کلاس‌های ترویجی و زمینه تحصیلی مرتبط به‌عنوان عوامل کلیدی با اثر مثبت شناسایی شدند. آگاهی، که نشان‌دهنده سطح دانش زارعین از روش‌ها و مزایای کشاورزی ارگانیک است، نقش محوری در افزایش تمایل به پذیرش دارد. این یافته حاکی از آن است که درک عمیق‌تر از فواید زیست‌محیطی و اقتصادی این روش‌ها می‌تواند انگیزه زارعین را برای تغییر از روش‌های متداول به رویکردهای پایدار تقویت کند. شرکت در کلاس‌های ترویجی نیز به‌عنوان یک عامل تسهیل‌کننده برجسته ظاهر شد، که نشان می‌دهد برنامه‌های آموزشی نه‌تنها اطلاعات لازم را ارائه می‌دهند، بلکه با ایجاد بستری برای تبادل تجربه، اعتماد زارعین به روش‌های جدید را افزایش می‌دهند. زمینه تحصیلی مرتبط، هرچند با اثر مثبت نزدیک به معناداری، بیانگر این است که تحصیلات مرتبط با کشاورزی می‌تواند درک بهتری از مفاهیم پیچیده ارگانیک فراهم کند و پذیرش را تسریع بخشد.

در مقابل، متغیر تحصیلات اثر مثبت اما غیرمعناداری از خود نشان داد. این نتیجه ممکن است به این معنا باشد که سطح کلی تحصیلات، بدون تمرکز بر محتوای مرتبط با کشاورزی، تأثیر محدودی بر تصمیم‌گیری

زارعین دارد. به عبارت دیگر، آموزش عمومی به‌تنهایی نمی‌تواند جایگزین دانش تخصصی یا تجربه عملی در زمینه کشاورزی ارگانیک شود. از سوی دیگر، متغیرهای سن و تجربه اثرات منفی و معناداری بر پذیرش داشتند. سن بالاتر زارعین، که میانگین آن ۱/۵۵ سال است، احتمالاً با محافظه‌کاری و مقاومت در برابر تغییر همراه است، زیرا این گروه ممکن است به

روش‌های سنتی عادت کرده و از ریسک‌های مرتبط با روش‌های جدید هراس داشته باشند. تجربه نیز، که میانگین آن ۱۴ سال گزارش شده، به‌عنوان یک مانع عمل می‌کند؛ زارعین باتجربه‌تر ممکن است به دلیل وابستگی طولانی‌مدت به الگوهای متداول و موفقیت نسبی آن‌ها، تمایل کمتری به آزمایش رویکردهای نوین نشان دهند.

جدول ۳- نتایج حاصل از تخمین مدل لاجیت ترتیبی عوامل موثر بر پذیرش سطوح کشاورزی ارگانیک

متغیر	مقدار ضریب	خطای استاندارد	Z آماره	Z احتمال
ثابت	-۹۳/۴	۶۵/۰	-۷۸/۶	۰۰۰/۰
سن	-۲۱۰/۰	۸۴/۰	-۷۹/۱	۰۱۳/۰
تجربه کشاورز	-۰۹/۴	۱۵/۰	-۰۸/۳	۰۰۲۹/۰
شاخص آگاهی از روش‌های کشت ارگانیک	۲۸/۰	۱۴/۰	۲۱/۲	۰۱۹/۰
تحصیلات	۰۴/۰	۰۷۵/۰	۶۵۲/۰	۵۱۴/۰
شرکت در کلاس‌های ترویجی	۵۲/۰	۱۹/۰	۳۸/۲	۰۱۷/۰
زمینه شغلی یا تحصیلی مرتبط	۰/۲۱	۱۳/۰	۶۶/۱	۰۹۶/۰
Log likelihood : -۵۵/۲۰۱ , $R^2_{scaled} = ۵۹/۰$				
Chi-squared : ۱۱/۲۵۶ , Prob[ChiSq > value] = ۰۰۰۰/۰				

اثر نهایی هر کدام از متغیرها، مقدار تغییر در احتمالات پیش‌بینی شده متغیر وابسته مدل (پذیرش سطوح متفاوت کشاورزی ارگانیک)، به‌ازای یک واحد تغییر در آن عامل (در حالتی که بقیه عوامل ثابت باشند) را نشان می‌دهد. جدول (۵) خلاصه اثرات نهایی برای هر کدام از متغیرها را در سطوح مختلف پذیرش را نشان می‌دهد. در مورد متغیرهای مجازی (دو‌حالتی)، اثر نهایی تغییر در احتمالات پیش‌بینی شده را بر این مبنا که آیا فرد در وضعیت مورد نظر قرار دارد یا خیر را نشان می‌دهد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، متغیر سطح تحصیلات به‌صورت ترتیبی تعریف شد؛ و این متغیر در مدل لاجیت ترتیبی به‌عنوان متغیر پیوسته تقریبی در نظر گرفته می‌شود، زیرا افزایش در سطوح تحصیلات معمولاً با دانش و آگاهی بیشتر همراه است. اثرات نهایی این متغیر، تغییر در احتمال وقوع هر سطح پذیرش را به ازای افزایش یک سطح تحصیلی نشان می‌دهد (گرین، ۲۰۰۵).

با ثابت نگه داشتن سایر عوامل، ارائه می‌کند. برای متغیرهای دو‌حالتی (مانند شرکت در کلاس‌های ترویجی)، اثرات نهایی تغییر احتمال را بر اساس حضور یا عدم حضور در وضعیت موردنظر نشان می‌دهد. آگاهی و تحصیلات در سه سطح اول (عدم پذیرش تا پذیرش دو روش) اثر منفی و در دو سطح آخر (پذیرش سه روش و بیشتر) اثر مثبت دارند. بیشترین اثر مثبت آگاهی در سطح ۴ (۰/۷۷) دیده می‌شود، که حاکی از افزایش احتمال پذیرش گسترده با بالا رفتن دانش است. بیشترین اثر منفی در سطح ۳ مشاهده می‌شود، که نشان‌دهنده کاهش توقف در سطوح میانی با افزایش آگاهی است. افزایش یک واحدی در شاخص آگاهی (مقیاس ۱ تا ۵ و اثر نهایی ۰/۰۷)، احتمال پذیرش بیش از ۴ روش ارگانیک را ۷ درصد افزایش می‌دهد. این اثر معنادار نشان می‌دهد که زارعینی با آگاهی بالاتر (میانگین شاخص ۳/۹ در سطح ۴) به احتمال زیاد روش‌های متعدد ارگانیک (مانند تناوب زراعی و کمپوست زیستی) را می‌پذیرند. این نتیجه بر اهمیت آموزش‌های تخصصی در شبستر تأکید دارد.

جدول (۴) اثرات نهایی متغیرها را بر سطوح پذیرش (از عدم پذیرش تا سطح ۴ و بالاتر) نشان می‌دهد و تغییرات احتمال پذیرش را به ازای یک واحد تغییر در هر متغیر،

جدول ۴- خلاصه اثرات نهایی برای مدل احتمالات لاجیت ترتیبی

متغیر	Y=۱	Y=۲	Y=۳	Y=۴	Y=۵
سن	۰۰۰۰/۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۲۴	-۰/۰۱۰۶	-۰/۰۰۱۰
تجربه کشاورز	۰۰۰۰/۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۵۲۳	-۰/۰۶۵۱	-۰/۰۰۷۲
شاخص آگاهی از روش‌های کشت ارگانیک	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۱۹	-۰/۰۶۴۱	۰/۰۷۷	۰/۰۰۵۹
تحصیلات	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۸۸	-۰/۲۱۵۴	۰/۱۸۸۹	۰/۰۲۳۸
شرکت در کلاس‌های ترویجی	۰۰۰۰/۰	-۰/۰۰۵۳	-۰/۱۵۰۴	۰/۱۶۴۱	۰/۰۱۳۷
زمینه شغلی یا تحصیلی مرتبط	۰۰۰۰/۰	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱۱۲	-۰/۰۱۱۹	-۰/۰۰۱۲

برای متغیر ترتیبی سطح تحصیلات، اثر نهایی در سطح پذیرش ۴ برابر با ۰/۰۴ بود، به این معنا که افزایش یک سطح در تحصیلات (مثلاً از دیپلم به فوق‌دیپلم) احتمال پذیرش بیش از ۴ روش ارگانیک را ۴ درصد افزایش می‌دهد. اگرچه این اثر غیرمعنادار بود، زارعین با تحصیلات بالاتر (متوسط ۵ سال در سطح ۴) نسبت به زارعین با تحصیلات پایین (متوسط ۲ سال) تمایل بیشتری به پذیرش نشان دادند (۷۳٪ در مقابل ۴۵٪ در سطح ۴). این نتیجه نشان می‌دهد که تحصیلات باید با آموزش‌های ترویجی ترکیب شود تا اثر قوی‌تری داشته باشد.

شرکت در کلاس‌های ترویجی نیز در سطوح بالا (پذیرش سه روش و بیشتر) اثر مثبت و در سطوح پایین اثر منفی دارد، با بیشترین تأثیر در سطح ۴ (۱۶۴/۰). شرکت در کلاس‌های ترویجی (کد ۱ در مقابل ۰) احتمال پذیرش سطح ۴ را ۵ درصد افزایش می‌دهد. از ۸۹ زارع شرکت‌کننده در کلاس‌ها، ۶۲٪ در سطح ۴ بودند، در حالی که تنها ۳۵٪ از غیرشرکت‌کنندگان (۸۶ نفر) به این سطح رسیدند. این یافته نقش کلیدی آموزش را در هدایت زارعین به پذیرش گسترده‌تر کشت ارگانیک تأیید می‌کند. در مقابل، سن و تجربه در سطوح پایین اثر مثبت و در سطوح بالا اثر منفی دارند، با بیشترین کاهش در سطح ۴ برای تجربه (۰/۰۶۵۱-)، که نشان‌دهنده مقاومت زارعین مسن‌تر و باتجربه‌تر در برابر تغییر است. زارعین جوان‌تر (متوسط ۴۵ سال) در سطح ۴ احتمال پذیرش ۶۸٪ داشتند، در حالی که زارعین مسن‌تر

(متوسط ۶۰ سال) تنها ۱۲٪ احتمال پذیرش سطح ۴ را نشان دادند. این اثر منفی بر لزوم هدف‌گذاری زارعین جوان‌تر تأکید دارد. همچنین افزایش یک سال در تجربه زراعت، احتمال پذیرش سطح ۴ را ۸ درصد کاهش می‌دهد. زارعین با تجربه بالا (متوسط ۲۰ سال) در سطح ۴ تنها ۱۰٪ احتمال پذیرش داشتند، در حالی که زارعین با تجربه کمتر (متوسط ۸ سال) ۶۵٪ احتمال پذیرش نشان دادند.

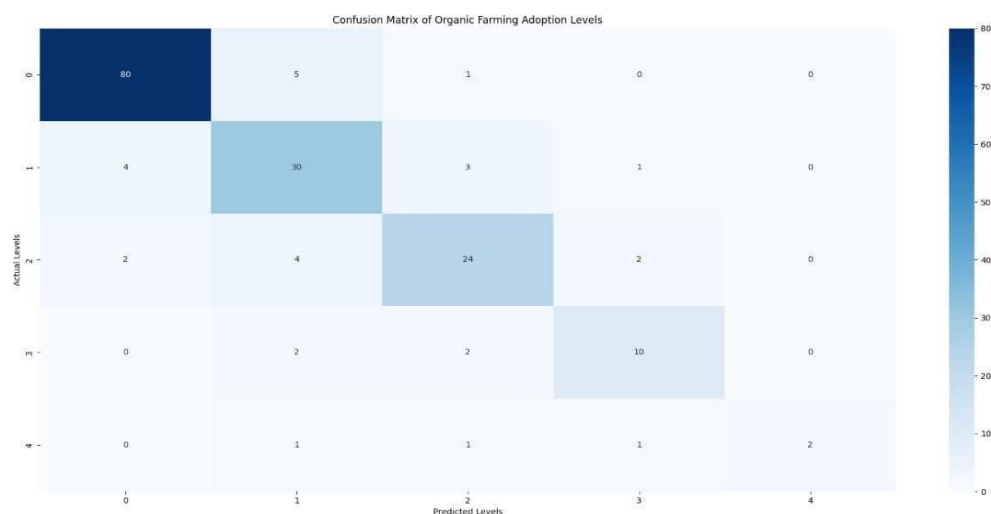
این نتیجه مقاومت زارعین سنتی‌تر در برابر روش‌های نوین را تأیید می‌کند. این تحلیل‌ها نشان می‌دهند که آگاهی و شرکت در کلاس‌های ترویجی محرک‌های اصلی پذیرش سطح بالا هستند، در حالی که سن و تجربه موانع کلیدی‌اند. این یافته‌ها با شرایط منطقه شبستر، که زارعین آن عمدتاً سنتی عمل می‌کنند، همخوانی داشته و بر لزوم آموزش‌های هدفمند برای زارعین جوان‌تر تأکید می‌کنند.

مقایسه نتایج با فرضیات نشان می‌دهد که اثر مثبت آگاهی و کلاس‌های ترویجی با انتظارات هم‌راستاست، اما اثر غیرمعنادار تحصیلات در جدول می‌تواند به دلیل عدم ارتباط مستقیم تحصیلات عمومی با نیازهای عملی باشد. اثر منفی سن و تجربه نیز با میانگین سنی ۱/۵۵ و تجربه ۱۴ سال جامعه همخوانی دارد و چالش تغییر رفتار در زارعین باتجربه را برجسته می‌کند. این نتایج بر پتانسیل آموزش و ضرورت مشوق‌های اقتصادی برای غلبه بر موانع دموگرافیک تأکید دارند.

به‌طور کلی، مدل لاجیت ترتیبی نشان داد که پذیرش کشاورزی ارگانیک در شبستر تحت تأثیر ترکیبی از عوامل مثبت (آگاهی، تحصیلات و شرکت در کلاس‌های ترویجی) و موانع (سن و تجربه) قرار دارد. این تحلیل علّی، که از نقاط قوت اصلی این مدل است، امکان شناسایی دقیق جهت و شدت تأثیرات را فراهم می‌کند و راهنمایی‌های ارزشمندی برای سیاست‌گذاری ارائه می‌دهد. برای مثال، تقویت برنامه‌های آموزشی برای افزایش آگاهی و تمرکز بر زارعین جوان‌تر می‌تواند پذیرش را تسریع کند، در حالی که برای زارعین مسن‌تر و باتجربه‌تر، ارائه مشوق‌های اقتصادی و نمایش نتایج ملموس از طریق مزارع نمونه ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج مدل جنگل تصادفی:

مدل جنگل تصادفی با دقت پیش‌بینی ۷۸٪ در مجموعه آزمایشی، توانایی بالایی در تحلیل رفتار پذیرش زارعین



شکل ۱: ماتریس درهم‌ریختگی

داشت که با تمایل ۶۹٪ زارعین به پذیرش در صورت تضمین خرید هم‌راستاست. در مقابل، سن (۱۲/۰) و تجربه (۱۰/۰) کمترین اهمیت را داشتند و اثر منفی آن‌ها بر پذیرش تأیید شد. تعداد افراد تحت تکفل با امتیاز ۰۵/۰ کم‌اهمیت‌ترین متغیر بود که نشان می‌دهد فشار خانوادگی تأثیر محدودی بر تصمیم‌گیری زارعین دارد.

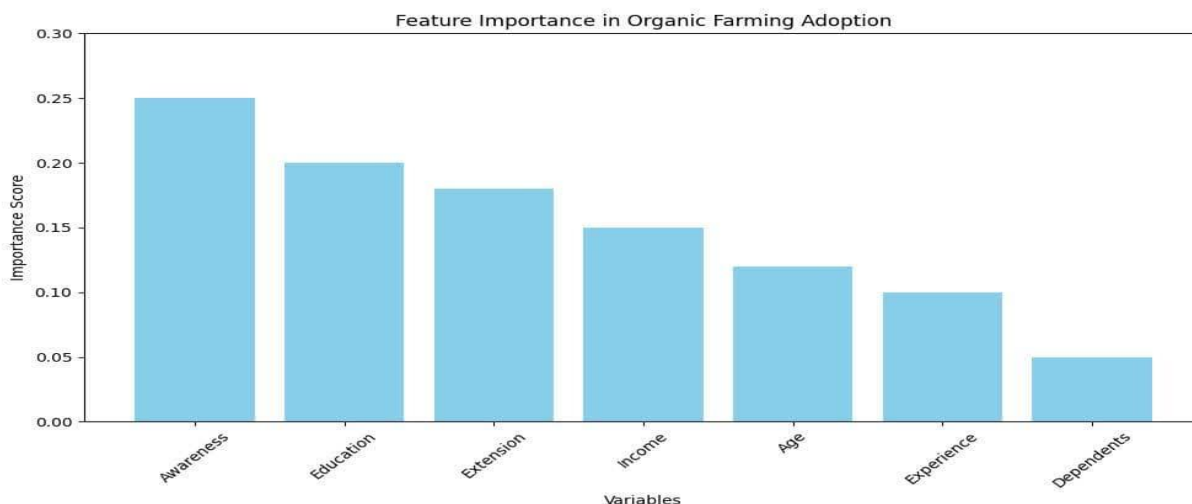
جدول ۵ اهمیت نسبی متغیرها را بر اساس معیار کاهش ناخالصی (Gini Impurity) ارائه می‌دهد. آگاهی از روش‌های ارگانیک با امتیاز ۲۵/۰، تحصیلات با ۲۰/۰ و شرکت در کلاس‌های ترویجی با ۱۸/۰ به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مثبت شناسایی شدند. این یافته‌ها نشان‌دهنده نقش محوری دانش و آموزش در تسهیل پذیرش است. درآمد با امتیاز ۱۵/۰ نیز اثر قابل‌توجهی

جدول ۵- اهمیت متغیرها در جنگل تصادفی

متغیر	امتیاز اهمیت
آگاهی از روش‌های ارگانیک	۲۵/۰
تحصیلات	۲۰/۰
شرکت در کلاس‌های ترویجی	۱۸/۰
درآمد	۱۵/۰
سن	۱۲/۰
تجربه	۱۰/۰
تعداد افراد تحت تکفل	۰۵/۰

برنامه‌های ترویجی تأکید دارد. با این حال، اثر قابل توجه درآمد نیز بیانگر این است که بدون پشتیبانی اقتصادی، آموزش به‌تنهایی نمی‌تواند پذیرش را به‌طور کامل تسریع کند.

شکل ۲، که نمودار اهمیت متغیرها را به‌صورت بصری نمایش می‌دهد، برتری عوامل دانش‌محور (آگاهی، تحصیلات و کلاس‌های ترویجی) را نسبت به عوامل دموگرافیک (سن و تجربه) تأیید می‌کند. این الگو نشان‌دهنده پتانسیل بالای مداخلات آموزشی در تغییر رفتار زارعین است و بر ضرورت سرمایه‌گذاری در



شکل ۲-نمودار اهمیت متغیرها

رتبه‌بندی اهمیت متغیرها، توانایی بیشتری در پیش‌بینی الگوهای غیرخطی و شناسایی عوامل کلیدی در داده‌های پیچیده از خود نشان داد. به‌عنوان مثال، اثر منفی سن و تجربه در هر دو مدل تأیید شد، اما جنگل تصادفی با برجسته کردن درآمد (۱۵/۰) نقش عوامل اقتصادی را بهتر از لاجیت ترتیبی (که درآمد در آن معنادار نبود)

تحلیل و مقایسه با مدل لاجیت ترتیبی

نتایج مدل جنگل تصادفی در مقایسه با مدل لاجیت ترتیبی، نقاط قوت متفاوتی را نشان می‌دهد. مدل لاجیت ترتیبی با ضرایب معنادار (مانند آگاهی ۲۸/۰، $p < ۰۵/۰$ و تجربه -۹۴/۰، $p < ۰۱/۰$) روابط علی را با دقت بالا تحلیل کرد، در حالی که جنگل تصادفی با دقت ۷۸٪ و

نمایان ساخت. همچنین، تمرکز پذیرش در سطوح ۱ و ۲ (۴۰٪ نمونه) در هر دو مدل مشهود بود، اما جنگل تصادفی در پیش‌بینی این سطوح ابتدایی عملکرد بهتری داشت که می‌تواند به انعطاف‌پذیری آن در داده‌های نامتوازن نسبت داده شود.

بحث

نتایج این مطالعه، که با استفاده از مدل‌های لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی انجام شد، نشان داد که آگاهی (ضریب معنادار در لاجیت ترتیبی؛ اهمیت ۰.۲۵ در جنگل تصادفی)، تحصیلات (اهمیت ۰.۲۰) و شرکت در کلاس‌های ترویجی (اهمیت ۰.۱۵) عوامل کلیدی در افزایش پذیرش کشاورزی ارگانیک در شهرستان شبستر هستند. این یافته‌ها با مطالعات داخلی و خارجی متعددی هم‌راستا هستند. حق‌جو و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای در مناطق دیم‌خیز ایران گزارش کردند که آگاهی و آموزش اثر مثبت معناداری بر پذیرش روش‌های حفاظت خاک دارند، مشابه اثر آگاهی در این مطالعه. به‌طور مشابه، جوادی و همکاران (۲۰۱۳) در میانه نشان دادند که ۴۸٪ باغداران با افزایش آگاهی، تمایل بیشتری به پذیرش روش‌های ارگانیک نشان می‌دهند، که با ۵۱٪ پذیرش حداقل یک روش در این مطالعه هم‌خوانی دارد. در سطح بین‌المللی، تی‌فونگ (۲۰۱۳) در استرالیا اثر مثبت دانش (ضریب ۰.۳۲) را بر پذیرش روش‌های ارگانیک تأیید کرد، و کمپنهات (۲۰۲۱) در اوگاندا نقش آموزش‌های ترویجی را در افزایش پذیرش فناوری‌های کشاورزی برجسته ساخت. این هم‌سویی نشان می‌دهد که آگاهی و آموزش، به‌ویژه در مناطقی با کشاورزی سنتی مانند شبستر، محرک‌های اصلی پذیرش هستند.

مدل لاجیت ترتیبی با ارائه ضرایب دقیق (مانند اثر منفی تجربه) روابط علی را به‌خوبی تحلیل کرد. برای مثال، افزایش یک سال تجربه احتمال پذیرش سطح ۴ (پذیرش بیش از ۴ روش ارگانیک) را ۶/۵ درصد کاهش می‌دهد، که نشان‌دهنده مقاومت زارعین با تجربه بالا (متوسط ۲۰ سال) در برابر روش‌های نوین است. این نتیجه با یافته‌های حیدری (۲۰۱۶) در مرودشت هم‌خوان است،

که گزارش کرد زارعین با تجربه بالا به دلیل عادت به روش‌های سنتی، مقاومت بیشتری در برابر روش‌های ارگانیک نشان می‌دهند. به‌طور مشابه، وینسنت و همکاران (۲۰۱۹) در آفریقا گزارش کردند که تجربه طولانی مانع پذیرش فناوری‌های جدید است، که با اثر منفی تجربه در این مطالعه سازگار است. اثر منفی سن نیز با تی‌فونگ (۲۰۱۳) هم‌راستا است، که نشان داد زارعین مسن‌تر (میانگین سنی ۵۵ سال) به دلیل ترس از ریسک یا عدم آشنایی با فناوری‌های جدید، کمتر پذیرای روش‌های ارگانیک هستند. در شبستر، زارعین مسن‌تر تنها ۱۲٪ احتمال پذیرش سطح ۴ داشتند، که این مقاومت را تأیید می‌کند.

در مقابل، مدل جنگل تصادفی با دقت ۷۸٪ و رتبه‌بندی اهمیت متغیرها، توانایی بالایی در پیش‌بینی سطوح پایین پذیرش (۰ تا ۲) نشان داد، که با یافته‌های خو و هوانگ (۲۰۲۱) در چین هم‌خوانی دارد. آن‌ها گزارش کردند که جنگل تصادفی با دقت ۸۰٪ روابط غیرخطی بین متغیرهایی مانند آگاهی و پذیرش را بهتر شناسایی می‌کند. در این مطالعه، جنگل تصادفی اثر درآمد (اهمیت ۰.۱۵) را برجسته کرد، در حالی که این متغیر در لاجیت ترتیبی معنادار نبود. این تفاوت نشان‌دهنده برتری جنگل تصادفی در تشخیص روابط غیرخطی است، که با مطالعه وینسنت و همکاران (۲۰۱۹) که دقت ۸۲٪ را گزارش کردند، هم‌سو است. اهمیت درآمد در شبستر با یافته‌های جوادی و همکاران (۲۰۱۳) هم‌خوانی دارد، که نشان دادند ۷۱٪ زارعین با تضمین خرید، روش‌های ارگانیک را می‌پذیرند. در این مطالعه، ۶۹٪ زارعین با تضمین خرید تمایل به پذیرش نشان دادند، که نقش حیاتی عوامل اقتصادی را تأیید می‌کند.

تمرکز ۴۰٪ نمونه در سطوح پذیرش ۱ و ۲ نشان‌دهنده رویکرد محتاطانه زارعین شبستر است، که می‌تواند به هزینه‌های اولیه روش‌های ارگانیک (مانند کودهای زیستی)، کمبود آگاهی، یا پیچیدگی روش‌های پیشرفته (مانند مبارزه بیولوژیک) مرتبط باشد. این الگو با مطالعه بابا‌اکبری و همکاران (۲۰۰۸) در ایران هم‌خوان است، که گزارش کردند زارعین به دلیل هزینه‌های بالا و عدم

پذیرش‌اند. این مطالعه با مقایسه مدل لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی، رویکردی نوآورانه برای تحلیل پذیرش کشاورزی ارگانیک ارائه داد. لاجیت ترتیبی با شناسایی روابط علی (مانند اثر مثبت آگاهی و منفی تجربه) برای تحلیل‌های نظری مناسب است، در حالی که جنگل تصادفی با دقت ۷۸٪ و توانایی مدل‌سازی روابط غیرخطی، پیش‌بینی دقیق‌تری به‌ویژه در سطوح پایین پذیرش فراهم کرد. این مقایسه نه تنها تحلیل جامعی از عوامل مؤثر ارائه داد، بلکه با پر کردن شکاف پژوهشی در کاربرد روش‌های یادگیری ماشین در کشاورزی ایران، به انتخاب روش‌های تحلیلی در تحقیقات آینده کمک می‌کند (بريمن، ۲۰۰۱؛ وینسنت و همکاران، ۲۰۱۹). این یافته‌ها نه تنها پتانسیل بالای شبستر را برای تبدیل شدن به قطبی پایدار در کشاورزی ارگانیک آشکار می‌کنند، بلکه نقشه راهی روشن برای سیاست‌گذاران ترسیم می‌کنند تا با آموزش هدفمند و پشتیبانی مالی، این منطقه را به الگوی الهام‌بخش بدل سازند. رفع موانع آموزشی و اقتصادی، کلید گشودن این ظرفیت نهفته است.

پیشنهادهای:

نتایج این مطالعه، که با استفاده از مدل‌های لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی به‌دست آمدند، راهکارهای عملی برای ترویج کشاورزی ارگانیک در شهرستان شبستر ارائه می‌دهند. این پیشنهادها از تحلیل دقیق عوامل مؤثر بر پذیرش استخراج شده و با هدف تقویت پایداری کشاورزی و امنیت غذایی منطقه طراحی شده‌اند:

- ۱- **تقویت برنامه‌های آموزشی هدفمند:** با توجه به اثر مثبت آگاهی (در هر دو مدل لاجیت ترتیبی و اهمیت جنگل تصادفی)، پیشنهاد می‌شود کارگاه‌های آموزشی تخصصی با تمرکز بر روش‌های تولید ارگانیک (مانند تناوب زراعی، کمپوست زیستی، و کنترل بیولوژیکی آفات) برگزار شود. این کارگاه‌ها باید با همکاری سازمان جهاد کشاورزی و با استفاده از ابزارهای چندرسانه‌ای و مزارع نمایشی، به‌ویژه برای زارعین جوان‌تر (با میانگین سنی ۴۵ سال) که پذیرش بالاتری (۶۸٪ در سطح ۴) نشان

دسترسی به بازارهای ارگانیک، رویکرد محتاطانه‌ای دارند. در سطح بین‌المللی، وینسنت و همکاران (۲۰۱۹) پذیرش تدریجی را در مناطق مشابه آفریقا گزارش کردند، که با شرایط شبستر (کشت دیم جو و سنتی بودن روش‌ها) سازگار است. همچنین، رضایی و همکاران (۲۰۲۰) در ایران نشان دادند که پیچیدگی روش‌های ارگانیک مانع اصلی پذیرش است، که با یافته‌های این مطالعه درباره تمرکز در سطوح پایین‌تر هم‌راستاست.

این مقایسه‌ها نشان می‌دهند که یافته‌های مطالعه با ادبیات موجود هم‌خوانی دارند، اما نوآوری آن در مقایسه مدل‌های لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی و کاربرد آن‌ها در منطقه شبستر است که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. اثر غیرمعدن‌دار تحصیلات (اثر نهایی $p < 0.005$) در این مطالعه، برخلاف برخی مطالعات (مانند تی‌فونگ، ۲۰۱۳)، نشان می‌دهد که تحصیلات به‌تنهایی کافی نیست و باید با آموزش‌های ترویجی و آگاهی ترکیب شود. این نتیجه برای شبستر، که زارعین آن عمدتاً تحصیلات متوسطی دارند (متوسط ۴ سال)، بر لزوم طراحی برنامه‌های آموزشی عملی تأکید دارد. همچنین، اثر مثبت کلاس‌های ترویجی با مطالعه کمپنهات (۲۰۲۱) هم‌سو است، که نشان داد آموزش‌های غیررسمی پذیرش را تا ۶۰٪ افزایش می‌دهند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که ۵۱٪ زارعین گندم و جوکار شبستر حداقل یک روش کشاورزی ارگانیک را پذیرفته‌اند، اما این پذیرش عمدتاً در سطوح ابتدایی متمرکز است و تنها ۳٪ به سطوح پیشرفته رسیده‌اند. مدل لاجیت ترتیبی آگاهی، تحصیلات و شرکت در کلاس‌های ترویجی را به‌عنوان محرک‌های اصلی و سن و تجربه را به‌عنوان موانع کلیدی تأیید کرد، در حالی که جنگل تصادفی با دقت ۷۸٪، برتری آگاهی و انعطاف‌پذیری در پیش‌بینی سطوح پایین را نشان داد. هر دو مدل بر نقش حیاتی مشوق‌های اقتصادی تأکید کردند، به‌طوری که ۶۹٪ زارعین با تضمین خرید آماده

دادند، طراحی شوند. این برنامه‌ها می‌توانند دانش زارعین را درباره مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی کشاورزی ارگانیک افزایش دهند.

۲- تمرکز بر زارعین تحصیل‌کرده و جوان‌تر: نتایج نشان داد که تحصیلات و سن پایین‌تر (تأثیر منفی سن) با پذیرش بیشتر مرتبط هستند. پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران زارعین با تحصیلات بالاتر (متوسط ۵ سال تحصیل) و سنین پایین‌تر را به عنوان گروه‌های پیشرو هدف‌گذاری کنند. برای مثال، می‌توان برنامه‌های تشویقی مانند یارانه برای نهاده‌های ارگانیک یا دسترسی به بازارهای صادراتی را برای این گروه‌ها ارائه داد تا الگوی برای سایر زارعین شوند.

۳- توسعه بازار محصولات ارگانیک با تضمین خرید: هر دو مدل تأیید کردند که ۶۹٪ زارعین با تضمین خرید، روش‌های ارگانیک را می‌پذیرند. پیشنهاد می‌شود تعاونی‌های کشاورزی شبستر با همکاری بخش خصوصی، بازارهای تضمین‌شده برای محصولات ارگانیک (مانند گندم و جو ارگانیک) ایجاد کنند. این اقدام می‌تواند مقاومت زارعین با تجربه بالا (متوسط ۲۰ سال، ۷۵٪ عدم پذیرش) را کاهش دهد و انگیزه اقتصادی برای تغییر روش‌های سنتی فراهم کند.

۴- ایجاد شبکه‌های محلی تبادل دانش: با توجه به اثر مثبت شرکت در کلاس‌های ترویجی، پیشنهاد می‌شود شبکه‌های محلی زارعین تشکیل شود تا تجربیات موفق زارعین پیشرو در استفاده از روش‌های ارگانیک (مانند کود سبز یا کنترل بیولوژیکی) به اشتراک گذاشته شود. این شبکه‌ها می‌توانند از طریق پلتفرم‌های دیجیتال یا جلسات حضوری در دهستان‌های شبستر تقویت شوند و به افزایش آگاهی و پذیرش کمک کنند.

۵- تبلیغات گسترده برای مزایای محصولات ارگانیک: با توجه به تمایل ۶۹٪ زارعین به پذیرش کشاورزی ارگانیک در صورت تضمین خرید، پیشنهاد می‌شود برنامه‌های تبلیغاتی گسترده‌ای برای آگاه‌سازی

مصرف‌کنندگان درباره مزایای محصولات ارگانیک (مانند سلامت بیشتر، طعم بهتر، و کاهش اثرات زیست‌محیطی) اجرا شود. این برنامه‌ها می‌توانند از طریق رسانه‌های محلی، شبکه‌های اجتماعی، و بازارهای کشاورزی در شبستر انجام شوند تا تقاضای مصرف‌کنندگان افزایش یابد. این افزایش تقاضا می‌تواند زارعین را به تولید محصولات ارگانیک ترغیب کرده و سیاست‌گذاران را به ارائه حمایت‌های مالی، مانند یارانه برای نهاده‌های ارگانیک یا قراردادهای خرید تضمینی، تشویق کند. این راهکار با شرایط منطقه شبستر، که تولید گندم و جو در آن نقش کلیدی دارد، همخوانی داشته و می‌تواند پذیرش کشاورزی ارگانیک را تسریع کند.

۶- پژوهش‌های آینده با تمرکز بر روش‌های یادگیری ماشین: مقایسه مدل‌های لاجیت ترتیبی و جنگل تصادفی نشان داد که روش‌های یادگیری ماشین می‌توانند روابط غیرخطی را بهتر شناسایی کنند. پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده از مدل‌های پیشرفته‌تر مانند گرادیان بوستینگ یا شبکه‌های عصبی برای تحلیل پذیرش در مناطق مشابه استفاده کنند تا دقت پیش‌بینی و شناسایی عوامل کلیدی ————— باشد. این پیشنهادها، که مستقیماً از نتایج مطالعه استخراج شده‌اند، نه تنها به افزایش پذیرش کشاورزی ارگانیک در شبستر کمک می‌کنند، بلکه با تقویت پایداری زیست‌محیطی و اقتصادی، به امنیت غذایی منطقه و کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی منجر می‌شوند. این راهکارها با شرایط کشت آبی گندم و دیم جو در منطقه هماهنگ بوده و پتانسیل تبدیل شبستر به یک قطب کشاورزی ارگانیک را دارند.

سپاسگزاری

از زارعین محترم شهرستان شبستر و سازمان جهاد کشاورزی که در این تحقیق همکاری نموده‌اند، کمال قدردانی را داریم.

منابع مورد استفاده

- Amini S, Rohani A, Aghkhani MH, Abbaspour-Fard MH, Asgharipour MR, Khan Khichi AH and Kosari-Moghaddam A. 2022. Determination of emergy and greenhouse gas as indexes for agro-ecosystems sustainability assessment in production. *Energy, Ecology and Environment*, 7: 154-172. DOI: [10.1007/s40974-021-00233-2](https://doi.org/10.1007/s40974-021-00233-2)
- Baba Akbari M, Asadi A, Akbari M, Fakharzadeh SA and Sokhtanloo M. 2008. Investigating consumers' attitudes and factors affecting the acceptance of organic agricultural products. *Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 39: 133-134. (In Persian)
- Breiman L. 2001. Random forests. *Machine Learning*, 45: 5-32. DOI: [10.1023/A:1010933404324](https://doi.org/10.1023/A:1010933404324)
- Camphenhout BV. 2021. The role of information in agricultural technology adoption: Experimental evidence from rice farmers in Uganda. *Economic Development and Cultural Change*, 69: 1239-1272. DOI: [10.1086/703868](https://doi.org/10.1086/703868)
- Greene WH. 2005. *Econometric Analysis*. Macmillan.
- Haghjou M. 2009. Factors affecting consumers' willingness to pay for safer food products in Tabriz County. Master's Thesis. University of Tabriz, Faculty of Agriculture. (In Persian)
- Haghjou M, Hayati B and Momeni Choleki D. 2014. Identification of factors affecting adoption of soil conservation practices by some rainfed farmers in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 957-967
- Haghjou M, Hayati B and Pishbahar E. 2020. Factors affecting consumers' awareness of pesticide-free fruits and vegetables. Pp. 165-182. In: *The Economics of Agriculture and Natural Resources*. Springer. DOI: [10.1007/978-981-15-5250-2_9](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5250-2_9)
- Hastie T, Tibshirani R and Friedman J. 2009. *The Elements of Statistical Learning*. Springer
- Heidari J. 2016. Investigating factors affecting the adoption of organic greenhouse cultivation by farmers in Marvdasht County. Master's Thesis. Islamic Azad University, Marvdasht Branch, Faculty of Agriculture and Natural Resources. (In Persian)
- Javadi A, Haghjou M, Hayati B and Fathi M. 2013. Factors affecting the adoption of organic farming methods among gardeners in Maragheh County. *Proceedings of the Second National Congress on Organic and Conventional Agriculture*. Ardabil, Iran
- La, T. H., Nguyen, V. T. and Tran, Q. H. 2024. Guaranteed purchase and its impact on organic farming adoption in Southeast Asia. *Agricultural Systems*, 215: 103872. DOI: [10.1016/j.agsy.2023.103872](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103872)
- Maddala GS. 1991. *Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge University Press
- Pradhan, S. K., Pandit, E., Pawar, S. and Bose, B. 2023. Adoption of organic farming practices in dryland agriculture: Evidence from India. *Journal of Cleaner Production*, 412: 137345. DOI: [10.1016/j.jclepro.2023.137345](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137345)
- Rezaei, R., Safa, L. and Ganjkanloo, M. 2020. Barriers to adoption of organic farming methods in traditional agricultural regions of Iran. *Journal of Agricultural Science and Research*, 51: 75-86. (In Persian)
- Sharifi, O., Rezaei-Moghaddam, K. and Fatemi, M. 2022. The role of extension education in promoting sustainable agricultural technologies in East Azerbaijan. *Iranian Journal of Agricultural Extension and Education*, 18: 45-58. (In Persian)

- Thi Phuong N. 2013. Consumers' perceptions of organic food in Australia and other countries: A review. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 2: 44-54
- Vincent K, Dougill AJ, Dixon J, Stringer LC and Cull T. 2019. Identifying climate services needs for national planning: Insights from Malawi. *Climate Policy*, 19: 189-202. DOI: [10.1080/14693062.2018.1472556](https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1472556)
- Xie H and Huang Y. 2021. Influencing factors of farmers' adoption of pro-environmental agricultural technologies in China: Meta-analysis. *Land Use Policy*, 109: 105622. DOI: [10.1016/j.landusepol.2021.105622](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105622)