The University of Tehran Press

Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research

Online ISNN: 2008-4838

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

Exploring the Barriers and Constraints to the Adoption of the Dry Direct-Seeded Rice System among Paddy Farmers

Morteza pasha[1], Fatemeh Razzaghi Borkhani[2]✉, Taher Azizi-Khalkheili[3], Mohammad Mehdi Mardanshahi[4]

1. Department of Agricultural Extension and Education, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Sari, Iran. E-mail: morteza.pashapasandi@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari. Iran. E-mail: f.razzaghi@sanru.ac.ir
3. Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari. Iran. E-mail: t.azizi@sanru.ac.ir
4. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: mehdy1352@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 15 December 2025
Received in revised form 29 December 2022
Accepted 30 December 2025
Published online: Winter 2025

Keywords:
Barriers to Adoption,
Climate Change,
Dry Direct-Seeded Rice,
Eastern Mazandaran
Water Resource Management

ABSTRACT

Given the issue of intensifying climate change and growing environmental risks, the adoption of dry direct-seeded rice (Dry-DSR) cultivation has increasingly been recognized as a strategic approach for reducing water and labor inputs while maintaining crop performance. This system has become particularly important in efforts to strengthen national food security**.** This study aims to identify and prioritize the key barriers to the adoption of the Dry-DSR system among rice farmers in eastern Mazandaran Province during the 2022–2023 cropping season. This research is applied in purpose and follows a descriptive–survey design. The target population consisted of 27292 rice farmers in eastern Mazandaran., that sample size of 294 respondents was determined, and participants were selected using proportionate multistage random. Data were collected using a researcher-designed questionnaire based on the PESTEL framework, and reliability was confirmed through Cronbach's alpha coefficients exceeding 0.7. Data analysis was carried out using Confirmatory Factor Analysis (CFA) with the Partial Least Squares (PLS) method in SmartPLS version 3.0. Results from the factor analysis revealed that among the six PESTEL dimensions, economic barriers (0.897) were the most influential factor shaping farmers' reluctance to adopt Dry-DSR. This was followed by political (0.837), environmental (0.813), legal (0.808), technological (0.731), and social (0.727) barriers. Within the economic dimension, "insufficient governmental banking facilities and credit" emerged as the most critical constraint, while within the political dimension, "lack of governmental oversight of groundwater extraction" was identified as the primary barrier. The findings indicate that the major obstacles to adopting the Dry-DSR system in the region stem not from limited awareness or technological shortcomings, but rather from structural issues related to agricultural financing and water governance. Accordingly, the successful promotion and expansion of Dry-DSR cultivation will require policy measures such as providing long-term subsidized loans and strengthening monitoring and enforcement mechanisms within water resource management regulations.

Cite this article: Pasha, M., Razzaghi Borkhani, F., Azizi-Khalkheili, T & Mardanshah, M.M. (2025). Exploring the Barriers and Constraints to the Adoption of the Dry Direct-Seeded Rice System among Paddy Farmers. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 56-2 (4), 377-419. DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2025.393076.669369

© The Author(s).
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2025.393076.669369

Extended Abstract

Context and Purpose

In order to ensure food security and enhance productivity, rice cultivation technologies must be developed to simultaneously reduce labor requirements and irrigation water inputs while maintaining yield potential. Accordingly, the application of modern technologies and the development of water-saving methods in rice cultivation–such as dry direct-seeded rice (Dry-DSR) aimed at increasing water use efficiency (WUE), reducing resource losses, and promoting sustainable agricultural development, have become a global strategic concern. This method, which seeks to significantly reduce water consumption and labor demand, despite its ecological and economic advantages, faces major challenges that hinder its widespread adoption. Therefore, the present study was conducted with the aim of identifying and prioritizing the most important barriers and limitations to the adoption of the dry direct-seeded rice system among rice farmers in eastern Mazandaran Province during the 2023–2024 cropping year.

Research Methodology

This study was applied in terms of its objective and descriptive survey in nature. The statistical population of this study comprised all rice farmers in eastern Mazandaran Province-including the counties of Galugah, Behshahr, Neka, and Miandorud-during the 2022–2023 cropping year.The statistical population comprised 27,292 rice farmers in eastern Mazandaran Province, and a sample of 294 respondents was determined based on statistical power analysis using GPower software. participants were selected using proportionate multistage random. Data were collected using a researcher-developed questionnaire grounded in the PESTEL analysis framework. Face and content validity were confirmed by experts in agricultural water management and rice agronomy, as well as by university faculty members. Discriminant validity was assessed using the Average Variance Extracted (AVE) criterion, and reliability was confirmed through Cronbach's alpha coefficients exceeding 0.70. Data were analyzed using confirmatory factor analysis based on the partial least squares (PLS) approach with SmartPLS software, version 3.0.

Findings

Based on the factor analysis model across the six PESTEL dimensions, economic barriers (0.897) were identified as the most influential constraint on the adoption of dry direct-seeded rice. They were followed, respectively, by political (0.837), environmental (0.813), legal (0.808), technological (0.731), and social (0.727) barriers.

Conclusion

As the three priority dimensions, economic, political, and environmental barriers exert a dominant and decisive influence on the non-adoption of the technology. This finding indicates that as long as initial investment requirements for farmers are not met and water resource monitoring is not improved, any extension efforts are likely to fail. In particular, the strong effects of "insufficient access to banking facilities" and "increased farm equipment costs" within the economic dimension confirm that failure in financial support represents the greatest obstacle to sustainable development. In fact, the financial risk arising from the high initial costs of equipment and the potential for lower initial returns compared to the flooded (conventional) method has cast doubt on the economic feasibility of adopting the technology for farmers in the region. Within the political dimension, "lack of government oversight over groundwater extraction" emerged as the most influential variable, indicating that weak enforcement of regulations and poor water governance have indirectly reduced farmers' incentives to conserve water. Moreover, the lack of coordination among agencies and stakeholders in water management, although less significant, demonstrates that the absence of synergistic collaboration between institutions such as the Regional Water Company and the Agricultural Jihad Organization weakens the practical enforcement of legal and incentive mechanisms (e.g., subsidies) and further reduces farmers' motivation to change their cultivation system. Furthermore, the high factor loading of "unsuitable temporal distribution of rainfall" within the environmental dimension highlights the necessity of addressing climate change impacts and local soil conditions through agricultural land zoning and climate-adapted training programs to enhance farmers' adaptability. Although legal, technological, and social barriers ranked lower in priority, they function as complementary constraints, creating conditions that reinforce the primary barriers. Overall, the results of this study provide a clear and operational framework for policymakers and executive institutions, emphasizing that prioritizing economic support measures and regulatory reforms in the water sector constitutes a critical prerequisite for the successful promotion of agricultural water-conservation technologies in eastern Mazandaran Province. From a practical perspective, the findings emphasize the need for optimal water management in rice cultivation based on good water governance. Strengthening water withdrawal monitoring systems and institutional coordination can enable the effective adoption of water-saving technologies in rice fields. Simultaneously, upgrading irrigation infrastructure and

implementing appropriate agricultural practices through climate-smart systems and cropping plans aligned with local climatic conditions can significantly improve water-use efficiency and the sustainability of rice production.

Author Contributions

This article is derived from a Master's thesis, and the authors' contributions correspond to the order in which their names appear. The overall direction of the research process and the preparation of the manuscript were led by the corresponding author.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants of the present study.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲- ۵۶، شماره ۴

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۵X-۲۴۲۳

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

واکاوی موانع و چالش های به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج در میان شالیکاران

مرتضی پاشا[۱] | فاطمه رزاقی بورخانی[۲] ✉ | طاهر عزیزی خالخیلی[۳] | و محمد مهدی مردانشاهی

۱. گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: morteza.pashapasandi@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: f.razzaghi@sanru.ac.ir

۳. گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: t.azizi@sanru.ac.ir

۴. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: mehdy1352@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹

تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:

سیستم خشکه‌کاری برنج، تغییرات اقلیم، موانع به‌کارگیری، مدیریت منابع آب، شرق مازندران.

چکیده

باتوجه به تشدید تغییرات اقلیمی و مخاطرات محیطی، امروزه ضرورت پذیرش سیستم خشکه‌کاری برای کاهش مصرف آب و نیروی کار و در عین حال حفظ عملکرد، به‌منظور تامین امنیت غذایی کشور، مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش حاضر یک مطالعه پیمایشی و توصیفی است که با هدف شناسایی و اولویت‌بندی مهم‌ترین موانع پذیرش سیستم خشکه‌کاری برنج در میان شالیکاران شرق استان مازندران در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام شد. جامعه آماری تحقیق شامل بهره‌برداران شالیکار شرق استان مازندران (۲۷۲۹۲ نفر) بود. نمونه مورد مطالعه ۲۹۴ نفر بودند که با روش نمونه‌گیری تصادفی چندمرحله‌ای با انتساب متناسب انتخاب شدند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه محقق‌ساخته بود که پایایی آن از طریق محاسبه ضریب آلفای کرونباخ (بالاتر از ۰/۷) تأیید شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تحلیل عاملی تأییدی و بر اساس مدل شش بُعدی PESTEL انجام شد. بر اساس نتایج، موانع اقتصادی با ضریب مسیر ۰/۸۹۷ به‌عنوان مؤثرترین مانع در به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری شناخته شد. پس از آن به‌ترتیب موانع سیاسی (۰/۸۳۷)، زیست‌محیطی (۰/۸۱۳)، قانونی (۰/۸۰۸)، تکنولوژیکی (۰/۷۳۱) و اجتماعی (۰/۷۲۷) قرار گرفتند. در بُعد موانع اقتصادی، «کافی نبودن تسهیلات و اعتبارات بانکی دولتی» و در بُعد موانع سیاسی، «عدم نظارت دولت در برداشت آب منابع زیرزمینی» به‌عنوان مهم‌ترین متغیرها شناسایی شدند. نتیجه‌گیری کلی پژوهش حاکی از آن است که موانع به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری در منطقه، بیش از آنکه ریشه در ضعف آگاهی یا تکنولوژیکی داشته باشد، ریشه در مشکلات ساختاری در سطوح تأمین مالی و حکمرانی آب دارد. بنابراین، توسعه موفقیت‌آمیز این سیستم نیازمند اتخاذ سیاست‌هایی چون تخصیص وام‌های بلندمدت و یارانه‌ای و نیز تقویت نظارت بر اجرای قوانین و سیاست‌های مدیریت منابع آب است.

استناد: پاشا، مرتضی؛ رزاقی بورخانی، فاطمه؛ عزیزی خالخیلی، طاهر و مردانشاهی، محمدمهدی (۱۴۰۴). واکاوی موانع و چالش های به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج در میان شالیکاران. *مجلهٔ تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۲-۵۶ (۴)، ۴۱۹-۳۹۹. DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.407996.669408

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.407996.669408

مقدمه

افزایش بی‌سابقه جمعیت جهانی و توسعه اقتصادی مناطق مختلف، فشار فزاینده‌ای بر منابع محدود آب شیرین زمین وارد کرده و منجر به کاهش شدید آب در دسترس برای بخش کشاورزی شده است (Johnson et al., 2023; Ghorbani Kolahi et al., 2010). همزمان، پدیده تغییر اقلیم و گرمایش زمین نیز سبب بروز تغییرات آب‌وهوایی شدید از جمله وقوع خشکسالی‌های گسترده در اغلب مناطق کره زمین شده است. در نتیجه، تنش خشکی حاصل از خشکسالی یکی از عوامل مهم محدودکننده در کشت محصولات زراعی محسوب می‌شود و پایداری تولید بسیاری از آن‌ها از جمله برنج را تهدید می‌کند (Moumeni, 2017). در قرن اخیر، مصرف جهانی آب بیش از دو برابر سرعت رشد جمعیت افزایش یافته است؛ امری که به گسترش بحران کم‌آبی در بسیاری از مناطق جهان، از جمله ایران، منجر شده است (Johnson et al., 2023). بخش کشاورزی، به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین (حدود ۷۲ درصد از کل برداشت جهانی)، در مرکز این بحران قرار دارد. در این میان، کشت برنج آبی به دلیل ماهیت غرقابی خود، بیشترین سهم را در مصرف منابع آبی داشته و به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین در میان محصولات کشاورزی شناخته می‌شود (Pata, 2021; Golpazir et al., 2023). از سوی دیگر، افزایش تقاضا برای مصارف شهری و صنعتی و کاهش سرانه منابع آب، فشار بی سابقه‌ای بر کشاورزی وارد کرده و رقابت را برای آب تشدید نموده است (Wu et al., 2022). پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۲۵، بیش از یک‌پنجم جمعیت جهان با کمبود مطلق آب مواجه خواهند شد (Johnson et al., 2023).

برنج پس از گندم، دومین محصول استراتژیک ایران و جهان به شمار می‌رود. عملکرد تولید برنج در ایران طی سال‌های اخیر روند کاهشی داشته است؛ به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۸ میزان عملکرد تولید برنج حدود ۴۹۲۹ کیلوگرم بر هکتار بوده و در سال ۲۰۲۰ به ۴۷۳۱ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است (FAOSTAT, 2022; Irannejad et al., 2020). این افت عملکرد بیانگر تاثیرکاهش منابع آبی و تغییرات اقلیمی بر پایداری تولید برنج در کشور است. در این میان، استان مازندران با بیشترین سطح زیر کشت برنج در کشور، رتبه نخست را داراست. در این استان، روش‌های سنتی و غرقابی همچنان شیوه غالب کشت محسوب می‌شوند. ازاین‌رو، بروز بحران آب و تغییرات اقلیمی می‌تواند مستقیماً میزان تولید، اقتصاد کشاورزی و معیشت روستاییان را تحت تأثیر قرار دهد. افزایش دما، کاهش بارندگی و تغییر الگوی مصرف آب در سال‌های اخیر نشانه‌هایی از تحول اقلیمی در مازندران است (Irannejad et al., 2020). مطابق با آمارهای سال ۱۴۰۱، در شرق این استان و سد شهید رجایی ساری، به دلیل کاهش ۴۰ درصدی آورد رودخانه‌ها، ذخیره آب مخازن با افت حدود ۲۴ درصد نسبت به سال قبل مواجه شده است. این کاهش، کشت ارقام پرمحصول برنج را در شرق استان با تهدید کمبود آب مواجه کرده است. به‌عنوان نمونه، میزان آبگیری سد گلورد – با ظرفیت ۱۱۵ میلیون مترمکعب – در سال ۱۴۰۱ تنها حدود ۲۰ درصد گزارش شده است. در نتیجه، کمبود آب به‌عنوان یک مسئله جدی، ۲۵ هزار هکتار از اراضی کشاورزی شرق استان را تحت تأثیر قرار داده است (Toosi, 2022). همچنین، افزایش برداشت آب از منابع زیرزمینی و عدم رعایت حجم مجاز تخلیه سالیانه چاه‌ها موجب افت سطح ایستایی و تهدید سلامت منابع آب زیرزمینی و خاک استان شده است که این امر ضرورت مدیریت بهینه و مصرف آب را در کشت برنج بیش از پیش برجسته می‌سازد (Razzaghi & Mirtorabi., 2020). بر اساس آمارنامه جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۰، سطح زیرکشت برنج کشور حدود ۶۳۷۲۴۲ هکتار گزارش شده است که از این میزان، ۲۵۲۵۷۳ هکتار (تقریباً ۴۰ درصد) به استان مازندران اختصاص دارد و رتبه اول کشور را به خود اختصاص داده است. همچنین، از مجموع ۲۹۴۳۳۷۵ تُن تولید برنج کشور در همان سال، سهم استان مازندران ۱۲۷۲۹۵۹ تُن بود (Agricultural Statistics, 2022). این داده‌ها نشان می‌دهد مازندران نقش کلیدی در تأمین برنج کشور دارد و در عین حال بیش از سایر مناطق در معرض ریسک‌های آبی و اقلیمی قرار دارد. بنابراین، توجه هم‌زمان به امنیت غذایی و امنیت آبی در این منطقه و در سطح ملی امری حیاتی است.

در چنین شرایطی، بهبود بهره‌وری مصرف آب به عنوان یک الزام حیاتی برای امنیت غذایی و پایداری کشاورزی مطرح است. بر همین اساس، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد بر مدیریت جامع منابع آب در بخش کشاورزی از طریق اصلاح

قوانین، مدیریت مزرعه (استفاده از سامانه‌ها و روش‌های نوین کم‌آب‌بر)، ارائه خدمات مشاوره‌ای برای پذیرش فناوری‌ها و آموزش و توانمندسازی کشاورزان جهت مدیریت جامع آب تأکید دارد (Noorbakhsh Zameleh et al., 2024). به‌کارگیری فناوری‌های نوین برای افزایش راندمان استفاده از آب در کشت برنج و تضمین امنیت آب، به یک موضوع راهبردی در جهان تبدیل شده است (Cole et al., 2018; Ghorbani Kolahi et al., 2010). توسعه فناوری‌های تولید برنج مقاوم در برابر خشکسالی و صرفه‌جویی در مصرف آب، نه‌تنها راندمان مصرف آب (WUE)[1] را بهبود می‌بخشد، بلکه هدررفت منابع آب و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از سیستم‌های غرقابی را نیز کاهش داده و توسعه پایدار کشاورزی را ارتقا می‌دهد (Zhang et al., 2020). در حال حاضر، سه روش رایج کاشت برنج شامل کشت نشائی[2](TPR)، کشت مستقیم بذر در بستر مرطوب[3](WSR) و کشت مستقیم بذر در بستر خشک[4](DSR) مورد استفاده قرار می‌گیرند (Jin et al., 2023). سیستم کشت غرقابی سنتی برنج، علاوه بر مصرف بسیار بالای آب، عامل اصلی انتشار گاز متان است که حدود ۲۰ تا ۴۰ تراگرم در سال تخمین زده می‌شود و تقریباً ۱۱ درصد از کل انتشار سالانه گازهای گلخانه‌ای را شامل می‌شود (Dastan et al., 2016). از سوی دیگر، بررسی ردپای محیطی نشان می‌دهد که در مناطقی با منابع آب محدود، تنش آبی ناشی از تولید برنج بسیار بالا است (Dehghanpir et al., 2024). با توجه به محدودیت منابع آب و افزایش هزینه‌های کارگری برای کشت نشائی، روش کشت مستقیم بذر برنج در بستر خشک (DSR) با کاهش ۵۰ تا ۶۰ درصدی در مصرف آب، به‌تدریج به یک گزینه جایگزین مهم تبدیل شده است (Farooq et al., 2011; Namikawa et al., 2023). انتظار می‌رود این تغییر الگوی کشت، به‌طور قابل‌توجهی نیاز آبی محصول، سرعت تجزیه ماده آلی خاک، پویایی عناصر غذایی، فرایندهای ذخیره‌سازی کربن، تنوع زیستی علف‌های هرز و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد (Farooq et al., 2011). به‌طوری‌که مطابق تحقیق (Moumeni, 2017)، عملکرد دانه برخی از ارقام برنج هوازی با مصرف ۵۰ درصد آب کمتر، حدود ۱۱ تن در هکتار گزارش شد که قابلیت تغییر الگوی کشت را در مناطق کم‌آب توجیه می‌کند.

علی‌رغم مزایای زیست‌محیطی قابل توجه کشت خشکه‌کاری برنج، انتقال و نهادینه‌سازی این فناوری با موانع جدی روبه‌رو است که موجب شده پذیرش گسترده آن در بسیاری از مناطق جهان با کندی مواجه شود. شواهد پژوهشی نشان می‌دهد این موانع ماهیتی چندبعدی داشته و در قالب ابعاد اجتماعی، فناورانه، زیست‌محیطی، اقتصادی، سیاسی و قانونی قابل تبیین هستند.

از منظر سیاسی، یافته‌های (Singh et al., 2024) نشان می‌دهد که ضعف حمایت‌های سیاستی، ناکارآمدی نظام ترویج کشاورزی و نبود برنامه‌های منسجم برای ارتقای ظرفیت کشاورزان، از موانع مهم در سطح سیاست‌گذاری به شمار می‌رود. عدم وجود سیاست‌های تشویقی هدفمند و هم‌راستایی ناکافی برنامه‌های توسعه کشاورزی با شرایط محلی منابع آب، فرآیند گسترش کشت خشکه‌کاری برنج را با محدودیت مواجه کرده است. در بعد اقتصادی، یافته‌های (Kaur et al., 2024) و (Ramezani & Mahloji., 2021) نشان می‌دهد هزینه‌های اولیه بالای تجهیز به ماشین‌آلات اختصاصی، نیاز به مصرف بیشتر بذر در واحد سطح و ریسک کاهش عملکرد از مهم‌ترین موانع اقتصادی پذیرش کشت خشکه‌کاری برنج محسوب می‌شود. این مطالعات تأکید دارند که در نبود زیرساخت‌های مکانیزه مناسب برای کاشت و برداشت و خدمات مشاوره‌ای تخصصی برای مدیریت نهاده‌ها در شرایط خشک، پذیرش این سیستم به‌ویژه برای کشاورزان خرده‌پا با دشواری جدی مواجه خواهد شد. از نظر اجتماعی، مطالعه (Boazar et al., 2019) در ایران نشان داد متغیرهایی نظیر هنجار اخلاقی، احساسات و منافع درک‌شده کشاورزان تأثیر معناداری بر تمایل آن‌ها به تغییر الگوی کشت برنج دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد تصمیم کشاورزان برای

---

[1].Water-Use Efficiency (WUE)

[2].Transplanted Rice

[3].Wet Seeded Rice

[4]. Dry Seeded Rice

پذیرش کشت خشکه‌کاری، صرفاً تابع ملاحظات فنی یا اقتصادی نیست، بلکه به‌شدت تحت تأثیر نگرش‌ها، باورهای اجتماعی، هنجارهای محلی و ریسک‌گریزی آنان قرار دارد؛ عواملی که می‌توانند مقاومت را در برابر تغییر شیوه‌های سنتی کشت تقویت کنند. در بعد فناورانه، پژوهش‌های (Negi et al., 2024) و (Farooq et al., 2011) نشان می‌دهد پذیرش گسترده سیستم کشت مستقیم بذر در بستر خشک (DSR) در سطح جهانی با چالش‌های بیولوژیکی و فنی قابل توجهی مواجه است. از جمله مهم‌ترین این محدودیت‌ها می‌توان به رقابت شدید علف‌های هرز (به‌عنوان مشکل‌سازترین محدودیت بیولوژیکی)، استقرار ضعیف گیاهچه‌ها به دلیل عمق کم کاشت و آماده‌سازی حداقلی زمین و همچنین آسیب‌پذیری بذرها در برابر آفات اشاره کرد که عملکرد و پایداری این سیستم را مختل می‌کند. در همین راستا، (Liang et al., 2023) نشان دادند محدودیت دسترسی به ارقام برنج مناسب و سازگار با شرایط خشکه‌کاری، مانع اصلی پذیرش گسترده این روش کشت در شمال‌شرقی چین بوده است. علاوه‌بر این، (Singh et al., 2024) گزارش کردند پذیرش کشت مستقیم بذر برنج با محدودیت‌های فناورانه، شکاف دانش و تخصص کشاورزان و ضعف خدمات ترویجی مواجه بوده و رفع این چالش‌ها مستلزم سرمایه‌گذاری در تحقیقات کاربردی، توسعه خدمات ترویجی و برنامه‌های ظرفیت‌سازی کشاورزان است. از منظر زیست‌محیطی مطالعه (Rabiei et al., 2016) با بهره‌گیری از تحلیل SWOT در استان خوزستان نشان داد کاهش زمان کشت و صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف آب از مهم‌ترین نقاط قوت کشت خشکه‌کاری برنج به شمار می‌رود؛ با این حال، افزایش علف‌های هرز و ناهمواری زمین به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین نقطه ضعف و تهدید این سیستم معرفی شدند. علاوه‌بر این، فراتحلیل (Xu et al., 2019) هشدار می‌دهند که سیستم‌های DSRدر شرایط ویژگی‌های نامناسب خاک و ضعف شیوه‌های مدیریتی، نسبت به روش نشاءکاری مستعد کاهش عملکرد دانه هستند. این مسئله، نااطمینانی زیست‌محیطی و تولیدی ایجاد کرده و موجب تردید کشاورزان نسبت به تغییر سیستم کشت می‌شود. در بعد قانونی، (Noorbakhsh Zameleh et al., 2024) تأکید می‌کنند ضعف در ارکان مدیریت نهادی و فقدان قوانین و مقررات محلی متناسب با شرایط آبی و الگوی کشت، مانع از ارائه حمایت‌های مؤثر برای توانمندسازی کشاورزان و توسعه کشت خشکه‌کاری برنج شده است. نبود چارچوب‌های قانونی شفاف در حوزه مدیریت منابع آب، مکانیزاسیون و حمایت از نوآوری‌های کشاورزی، بستر نهادی لازم برای نهادینه‌سازی این فناوری را تضعیف کرده است.

در جمع‌بندی مطالب گفته شده، نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که میزان پذیرش و به‌کارگیری این سیستم در میان کشاورزان همچنان محدود است. این وضعیت بیانگر وجود مجموعه‌ای از موانع و محدودیت‌ها در سطوح مختلف است که فراتر از عوامل فنی صرف بوده و ابعاد سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناورانه، زیست‌محیطی و قانونی را در بر می‌گیرد. ازاین‌رو، عدم شناسایی نظام‌مند و یکپارچه این موانع موجب شده است که برنامه‌ها و سیاست‌های ترویجی و حمایتی در توسعه خشکه‌کاری برنج از اثربخشی لازم برخوردار نباشند. در این چارچوب، مسئله اصلی تحقیق آن است که مهم‌ترین موانع و محدودیت‌های به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج بر اساس ابعاد شش‌گانه مدلPESTEL چیست و هر یک از این عوامل[1] چگونه بر فرآیند توسعه این سیستم اثر می‌گذارند؟ پاسخ به این پرسش می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای اصلاح سیاست‌ها، طراحی برنامه‌های حمایتی هدفمند و تسهیل‌گذار به نظام‌های پایدار تولید برنج فراهم آورد.

بر اساس مطالعات نظری و بررسی پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده، موانع و محدودیت‌های پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج استخراج و بر مبنای چارچوب PESTEL دسته‌بندی شد. نتایج این فرآیند در جدول (۱) با ابعاد شش‌گانه موردنظر همراه با محققان مربوطه، سال انجام تحقیق و متغیرهای کلیدی شناسایی‌شده در هر پژوهش گزارش شده است.

[1].Political, Economic, Social, Technological, Environmental and Legal

جدول ۱. طبقه‌بندی موانع و محدودیت‌های پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

Table 1. Classification of barriers and limitations to the adoption and application of the dry direct-seeded rice system

مؤلفه component	گویه/متغیر object/variable	محققان/ سال Researchers/year
سیاسی Political	عدم نظارت دولت در برداشت آب منابع زیرزمینی و حفر چاه‌های غیر مجاز؛ ناهماهنگی بین دستگاه‌ها و کنشگران و ذی‌نفعان مدیریت منابع آب برای حکمرانی خوب آب؛ نبود تخصیص ردیف بودجه اعتباری مشخص برای اجرای برنامه‌ها و طرح‌های توسعه خشکه‌کاری؛ نبود سیاست‌هایی جهت تقویت زیرساخت‌های فیزیکی، اطلاعاتی و تامین منابع انسانی در توسعه خشکه‌کاری برنج؛ فقدان سیاست‌های مناسب کشت برنج برای امنیت غذایی و امنیت آبی Lack of government supervision over the extraction of water from underground sources and the drilling of unauthorized wells; Incoordination between water resources management agencies, stakeholders, and stakeholders for good water governance; Lack of allocation of a specific budget line for the implementation of drywall development programs and plans; Lack of policies to strengthen physical and information infrastructure and provide human resources for the development of rice drying; Lack of appropriate rice cultivation policies for food security and water security	Kaur et al., (2024); Noorbakhsh Zameleh et al., (2024); Boazar et al., (2019); Rabiei et al., (2016)
اقتصادی Economical	کافی نبودن تسهیلات و اعتبارات بانکی دولتی برای به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج؛ هزینه زیاد کنترل آفات و علف هرز (هزینه نیروی کارگری برای وجین و هزینه سموم)؛ افزایش هزینه‌های مدیریت مزرعه برای تجهیز مزرعه به سیستم‌های نوین و تجهیزات و تسطیح؛ ریسک‌پذیری پایین کشاورزان؛ پتانسیل و بازده کمتر سیستم خشکه‌کاری برنج Insufficient government bank facilities and credits to implement the rice drying system; High cost of pest and weed control (labor costs for weeding and pesticide costs); Increasing farm management costs to equip the farm with modern systems and equipment and leveling; Low risk-taking by farmers; lower potential and yield of the dry direct-seeded rice system	Kaur et al., (2024); Negi et al., (2024); Rabiei et al., (2016)
اجتماعی social	کمبود دانش و آگاهی لازم برای مدیریت منابع آب در خشکه‌کاری (نبود سواد آبی و زیست محیطی)؛ کمبود نیروهای متخصص در زمینه خشکه‌کاری؛ عدم مشارکت بین کشاورزان در مدیریت بهینه آب؛ کاهش دسترسی به خدمات ترویجی و آموزشی در سیستم خشکه‌کاری برنج Lack of knowledge and awareness necessary for managing water resources in dry direct-seeded rice system (lack of water and environmental literacy); Lack of specialized personnel in the field of drywall; Lack of participation among farmers in optimal water management; Reduced access to extension and educational services in the rice dry farming system	Kaur et al. (2024); Ramezani & Mahloji., (2021); Ghorbani Kolahi et al., (2010);
تکنولوژیکی Technological	عدم دسترسی آسان به تجهیزات لازم و تکنولوژی‌های مناسب همانند کارنده‌ها و دروگرها؛ کمبود زیرساخت‌های فنی به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند آبیاری قطره‌ای و تسطیح و زهکشی؛ عدم اعتماد کشاورزان به سیستم‌ها و شیوه‌های نوین آبیاری و کشت؛ کمبود مهارت فنی کشاورزان در مورد سیستم خشکه‌کاری برنج؛ پایین بودن سازگاری اکوفیزیولوژیکی واریته‌ها و ارقام موجود Lack of easy access to necessary equipment and appropriate technologies, such as planters and harvesters; Lack of technical infrastructure to use modern technologies such as drip irrigation, leveling, and drainage; Farmers' lack of trust in modern irrigation and cultivation systems and methods; Lack of technical skills among farmers regarding the dry direct-seeded rice system; Low ecophysiological compatibility of existing varieties and cultivars	Xu et al., (2019); Rabiei et al., (2016)
زیست‌محیطی Environmental	کم‌توجهی به عملیات زراعی و مکانیکی کنترل علف‌های هرز؛ نامساعد بودن خاک برای کشت خشکه‌کاری (سبک بودن خاک زراعی)؛ نامناسب بودن پراکنش زمان بارندگی؛ وجود مخاطرات و تهدیدهای زیست‌محیطی (خشکسالی و کمبود بارش و تنش خشکی)؛ عدم توجه به الگوی کشت مناسب منطقه Lack of attention to agricultural and mechanical weed control operations; The soil is unsuitable for dryland farming (the soil is light); Inappropriate distribution of rainfall timing; The existence of environmental hazards and threats (drought, lack of rainfall, and drought stress); Lack of attention to the appropriate cultivation pattern of the region	Kaur et al. (2024); Rabiei et al., (2016)

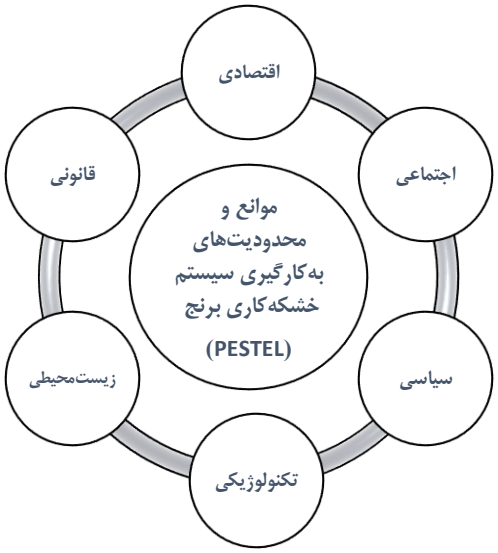
مؤلفه component	گویه/متغیر object/variable	محققان/ سال Researchers/year
قانونی Legal	نبود زمینه حمایت و پشتیبانی دولتی و قانونی؛ نبود پوشش بیمه‌ای مناسب برای کشت خشکه‌کاری برنج؛ نبود قانون و برنامه‌های عملیاتی جامع برای توسعه کشت خشکه‌کاری برنج و مدیریت منابع آب؛ Lack of government and legal support and backing; Lack of appropriate insurance coverage for dryland rice cultivation; Lack of comprehensive laws and operational plans for the development of dryland rice cultivation and water resources management	Kaur et al. (2024); Rabiei et al., (2016)

مدل مفهومی

برای واکاوی جامع و سیستماتیک موانع پیرامون پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج، از چارچوب تحلیلی PESTEL استفاده شد. این مدل یکی از مهم‌ترین ابزارهای استراتژیک در جهت شناسایی و تحلیل عوامل محیطی بیرونی است که بر تصمیم‌گیری در یک سیستم تولیدی مانند کشاورزی تأثیر می‌گذارند.

مطابق نظر (Song et al., 2017)، PESTEL رویکردی چندوجهی برای بررسی است و به ارزیابی عوامل مهم، درک بهتر موانع در دیدی گسترده‌تر و ارائه تصمیم‌گیری‌های سنجیده و آگاهانه کمک می‌کند . در حقیقت، واکاوی PESTEL دو کارکرد اساسی برای سیستم تولید دارد؛ اول اینکه امکان شناسایی محیط کلان عملیاتی را فراهم می‌آورد و دوم اینکه با جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات حیاتی، به سیستم تولید این امکان را می‌دهد تا موقعیت‌ها و شرایطی را که ممکن است در آینده با آن مواجه شود پیش‌بینی کند (Yüksel, 2012).

مدل PESTEL یک چارچوب ساده اما جامع است که درک محیط گسترده‌تر را تسهیل می‌کند و از مدل اولیه PEST که توسط فرانسیس جی آگیلار در سال ۱۹۶۷ مطرح شد، تکامل یافته است. سپس دو عامل «محیطی (Environmental)» و «قانونی (Legal)» به مدل اولیه اضافه شدند تا تحلیل جامع‌تر شده و مدل PESTEL را تکمیل کنند (Çitilci & Akbalık, 2020). این مدل ترکیبی از شش عامل خارجی شامل عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژیکی، زیست‌محیطی و نهایتاً قانونی است که موانع پذیرش خشکه‌کاری برنج را در ابعاد کلان بررسی می‌کند. در این پژوهش موانع و محدودیت‌های به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج به صورت مدل مفهومی زیر (شکل ۱) مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱. مدل مفهومی موانع و محدودیت‌های به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

Figure 1. Conceptual model of barriers and limitations in the use of the rice dry-farming system

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی است ؛ زیرا نتایج آن در برنامه‌ریزی‌های بخش کشاورزی و ترویج برای تسهیل پذیرش فناوری خشکه‌کاری برنج قابل استفاده خواهد بود. از نظر شیوه اجرا، این مطالعه در زمره تحقیقات توصیفی-پیمایشی قرار می‌گیرد. این تحقیق با هدف شناسایی و تحلیل موانع و محدودیت‌های به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج شرق مازندران و به صورت مقطعی انجام شد. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسشنامه محقق‌ساخته‌ای بود که پس از مرور دقیق مبانی نظری و پیشینه تحقیقاتی، بر مبنای چارچوب PESTEL طراحی شد و موانع در شش دسته سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژیکی، محیطی و قانونی بر اساس جدول(۲) مورد واکاوی قرار گرفت.

جدول ۲. فهرست مولفه‌ها و متغیرهای تحلیل PESTEL **برای موانع به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج**

Table 2. List of PESTEL analysis components and variables for barriers to implementing dry direct-seeded rice system

مؤلفه component	گویه/متغیر object/variable	نماد Symbol
سیاسی (Political)	عدم نظارت دولت در برداشت آب منابع زیرزمینی و حفر چاه‌های غیر مجاز Lack of government oversight over the extraction of groundwater resources and the drilling of unauthorized wells	Political1
	ناهماهنگی بین دستگاه‌ها و کنشگران و ذی‌نفعان مدیریت منابع آب برای حکمرانی خوب آب Incoherence between water resources management agencies, actors, and stakeholders for good water governance	Political2
	نبود تخصیص ردیف بودجه اعتباری مشخص برای اجرای برنامه‌ها و طرح‌های توسعه خشکه‌کاری Lack of allocation of a specific budget line for the implementation of drywall development programs and projects	Political3
	نبود سیاست‌هایی جهت تقویت زیرساخت‌های فیزیکی، اطلاعاتی و تامین منابع انسانی در توسعه خشکه‌کاری برنج Lack of policies to strengthen physical and information infrastructure and provide human resources for the development of dry direct-seeded rice	Political4
	فقدان سیاست‌های مناسب توسعه کشت برنج برای امنیت غذایی و امنیت آبی Lack of appropriate rice cultivation policies for food security and water security	Political5
اقتصادی (Economical)	کافی نبودن تسهیلات و اعتبارات بانکی دولتی برای به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج Insufficient government bank facilities and credits for implementing the rice drying system	Economical 1
	هزینه زیاد کنترل آفات و علف هرز (هزینه نیروی کارگری برای وجین و هزینه سموم) High cost of pest and weed control (labor costs for weeding and pesticide costs)	Economical 2
	افزایش هزینه‌های مدیریت مزرعه برای تجهیز مزرعه به سیستم‌های نوین و تجهیزات و تسطیح Increasing farm management costs to equip the farm with modern systems and equipment and leveling	Economical 3
	ریسک‌پذیری پایین کشاورزان Low risk tolerance of farmers	Economical 4
	پتانسیل و بازده کمتر سیستم خشکه‌کاری برنج Less potential and efficiency of rice drying system	Economical 5
اجتماعی (social)	کمبود دانش و آگاهی لازم برای مدیریت منابع آب در خشکه کاری (نبود سواد آبی و زیست‌محیطی) Lack of knowledge and awareness necessary for water resource management in dryland farming (lack of water and environmental literacy)	Social1
	کمبود نیروهای متخصص در زمینه خشکه‌کاری Lack of skilled workers in the field of drywall	Social2
	عدم مشارکت بین کشاورزان در مدیریت بهینه آب Lack of participation among farmers in optimal water management	Social3
	کاهش دسترسی به خدمات ترویجی و آموزشی در سیستم خشکه‌کاری برنج Reduced access to extension and educational services in the dry direct-seeded rice system	Social4
تکنولوژیکی (Technological)	عدم دسترسی آسان به تجهیزات لازم و تکنولوژی‌های مناسب همانند کارنده‌ها و دروگرها Lack of easy access to necessary equipment and appropriate technologies, such as planters and harvesters	Technological1
	کمبود زیرساخت‌های فنی به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند آبیاری قطره‌ای و تسطیح و زهکشی	Technological2

مؤلفه component	گویه/متغیر object/variable	نماد Symbol
	Lack of technical infrastructure to use modern technologies such as drip irrigation, leveling, and drainage	
	عدم اعتماد کشاورزان به سیستم‌ها و شیوه‌های نوین آبیاری و کشت Farmers' lack of trust in modern irrigation and cultivation systems and methods	Technological3
	کمبود مهارت فنی کشاورزان در مورد سیستم خشکه‌کاری برنج Lack of technical skills among farmers regarding rice drying system	Technological4
	پایین بودن سازگاری اکوفیزیولوژیکی واریته‌ها و ارقام موجود Low ecophysiological compatibility of existing varieties and cultivars	Technological5
زیست‌محیطی (Environmental)	کم‌توجهی به عملیات زراعی و مکانیکی کنترل علف‌های هرز Lack of attention to agricultural and mechanical weed control operations	Environmental1
	نامساعد بودن خاک برای کشت خشکه‌کاری (سبک بودن خاک زراعی) Soil unsuitable for dryland cultivation (lightness of the arable soil)	Environmental2
	نامناسب بودن پراکنش زمان بارندگی Inappropriate distribution of rainfall time	Environmental3
	وجود مخاطرات و تهدیدهای زیست‌محیطی (خشکسالی و کمبود بارش و تنش خشکی) The existence of environmental hazards and threats (drought, lack of rainfall, and drought stress)	Environmental4
	عدم توجه به الگوی کشت مناسب منطقه Lack of attention to the appropriate cultivation pattern of the region	Environmental5
قانونی (Legal)	نبود زمینه حمایت و پشتیبانی دولتی و قانونی Lack of government and legal support	Legal1
	نبود پوشش بیمه‌ای مناسب برای کشت خشکه‌کاری برنج Lack of appropriate insurance coverage for dryland rice cultivation	Legal2
	نبود قانون و برنامه‌های عملیاتی جامع برای تو سعه ک شت خ شکه‌کاری برنج و مدیریت منابع آب Lack of comprehensive laws and operational plans for the development of dryland rice cultivation and water resources management	Legal3

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه بهره‌برداران شالیکار در منطقه شرق استان مازندران (شهرستان‌های گلوگاه، بهشهر، نکا و میاندورود) در سال زراعی ۱۴۰۲–۱۴۰۱ است. تعداد کل بهره‌برداران شالیکار در این چهار شهرستان بر اساس آمار سطح زیر کشت، ۲۷۲۹۲ نفر تعیین شد. برای انتخاب نمونه، از روش نمونه‌گیری تصادفی چندمرحله‌ای با انتساب متناسب استفاده شد. بدین منظور، چهار شهرستان مذکور به‌عنوان چهار طبقه اصلی در نظر گرفته شدند. سپس از هر طبقه، بخش‌ها، دهستان‌ها یا روستاهای تولیدکننده عمده برنج به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. تعداد نمونه‌ها از هر طبقه متناسب با سهم آن شهرستان از کل جامعه آماری تخصیص یافت تا نمونه نهایی به‌ترین شکل توزیع جمعیت شالیکاران در منطقه را نمایندگی کند.

برای تعیین حجم نمونه، از تحلیل توان آماری و نرم‌افزار G-Power استفاده شد. با در نظر گرفتن اندازه اثر ۰/۲۵، توان آماری ۰/۸ و سطح احتمال ۰/۰۵، حداقل حجم نمونه لازم برای تشخیص اثر، ۲۸۱ بهره‌بردار محاسبه شد. برای افزایش دقت و اطمینان از کفایت نمونه‌ها، ۱۳ پرسشنامه دیگر به حجم محاسبه‌شده افزوده شد و حجم نمونه نهایی به ۲۹۴ بهره‌بردار افزایش یافت.

برای تحلیل توصیفی موانع، از شاخص‌های میانگین، انحراف معیار و درصد فراوانی استفاده شد. روایی و پایایی پرسشنامه نیز مورد سنجش قرار گرفت. روایی محتوایی ابزار با نظر متخصصان تأیید شد. بدین منظور، پس از تهیه پیش‌نویس پرسشنامه، نظرات سه نفر از اعضای هیأت علمی گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشگاه ساری و سه نفر از کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی اخذ شد. پس از اعمال اصلاحات پیشنهادی، روایی ابزار نهایی تأیید شد.

برای تعیین پایایی، پیش‌آزمونی با توزیع ۳۰ پرسشنامه در میان گروه کوچکی از بهره‌برداران شالیکار که جزو نمونه اصلی نبودند، انجام شد. سازگاری درونی مقیاس‌ها با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ سنجیده شد. داده‌های پیش‌آزمون با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل و مقدار آلفای کرونباخ برای هر یک از بخش‌های پرسشنامه محاسبه شد. مقادیر آلفای کرونباخ برای

کلیه سازه‌های پژوهش بالای ۰/۷ به‌دست آمد. بنابراین، پایایی پرسشنامه تأیید و ابزار برای جمع‌آوری داده‌های اصلی آماده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای پاسخ‌دهندگان

نتایج آمار توصیفی نشان داد که ۹۲/۵ درصد از پاسخ‌دهندگان را مردان تشکیل می‌دهند. میانگین سنی شالیکاران ۵۲/۳۸ سال و میانگین سابقه فعالیت کشاورزی آنان ۲۶/۴۰ سال است که حکایت از تجربه بالا و سن نسبتاً زیاد بهره‌برداران دارد. میانگین تعداد اعضای خانوار ۵/۰۵ نفر و میانگین نیروی کار خانوادگی فعال در شالیزار ۲/۱۹ نفر گزارش شده است. از نظر سطح تحصیلات، بیشترین فراوانی مربوط به شالیکاران دارای تحصیلات دیپلم با فراوانی ۲۶/۶ درصد (۷۸ نفر) و کمترین فراوانی به افراد بی‌سواد با ۶/۸ درصد (۲۰ نفر) است.

در رابطه با روش آبیاری شالیزارها، نتایج نشان داد که ۹۷/۵ درصد از شالیکاران همچنان تنها از روش سنتی یا غرقابی استفاده می‌کنند. تعداد کمی از شالیکاران (۷/۸ درصد) از روش‌های نوین مانند خشکه‌کاری و آبیاری قطره‌ای بهره می‌برند و تنها ۱/۶ درصد از ترکیب دو یا سه روش آبیاری استفاده می‌کنند. بررسی منابع تأمین آب نیز نشان داد که ۵۵/۹ درصد از شالیکاران، از آب‌های زیرزمینی (چاه) به عنوان منبع اصلی استفاده می‌کنند. در مقابل، ۳۶/۴ درصد از رودخانه، ۵/۸ درصد از چشمه و تنها ۱/۳ درصد از آب سد برای آبیاری زمین‌های خود بهره می‌برند. نکته قابل توجه آن است که ۵۱/۴ درصد از شالیکاران ، اغلب با کمبود آب مواجه هستند و تنها ۵/۵ درصد اعلام کرده‌اند که مشکل دسترسی به آب ندارند. در نهایت، بررسی نوع سیستم کشت برنج در منطقه نشان داد که سه شیوه مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی (غیرمکانیزه) در مزارع مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشترین سهم مربوط به سیستم کشت نیمه‌مکانیزه با ۷۴/۱ درصد است و سیستم کشت مکانیزه با ۸/۱ درصد، کمترین سهم را در مزارع شالیزاری مورد مطالعه دارد.

اولویت‌بندی موانع پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج بر اساس اجماع نظر پاسخگویان

نتایج تحلیل پژوهش، شش گروه از موانع کلیدی پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج را در میان شالیکاران شناسایی کرد. این موانع بر اساس میزان اجماع نظر پاسخگویان و با محاسبه ضریب تغییرات اولویت‌بندی شدند (جدول ۳). بر این اساس، چالش‌های سیاسی در اولویت نخست قرار گرفتند و پس از آن به ترتیب موانع زیست‌محیطی، قانونی، اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژیکی در رتبه‌های دوم تا ششم جای گرفتند. بررسی جزئی‌تر موانع درون هر گروه (جدول ۴) نشان می‌دهد مهم‌ترین موانع و محدودیت‌ها به شرح زیر است:

موانع سیاسی (اولویت اول): مهم‌ترین عوامل در این گروه، «نبود تخصیص ردیف بودجه اعتباری مشخص برای اجرای برنامه‌ها و طرح‌های توسعه خشکه‌کاری» (۰/۲۶۸) و «نبود سیاست‌هایی جهت تقویت زیرساخت‌های فیزیکی، اطلاعاتی و تأمین منابع انسانی در توسعه خشکه‌کاری برنج» (۰/۲۸) هستند. این یافته‌ها بیانگر ضعف در حمایت‌های مالی و برنامه‌ریزی کلان دولتی برای ترویج این سیستم است. در مقابل، «عدم نظارت دولت در برداشت آب منابع زیرزمینی و حفر چاه‌های غیرمجاز» (۰/۳۳۳) در اولویت‌های آخر این مؤلفه قرار دارد.

موانع زیست‌محیطی (اولویت دوم): مهم‌ترین مانع در این بخش، «نامساعد بودن خاک برای کشت خشکه‌کاری (سبک بودن خاک زراعی)» (۰/۲۸۵) است که به دلیل محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه، کاربرد این سیستم را دشوار می‌سازد.

موانع قانونی (اولویت سوم): عمده‌ترین مانع قانونی، «نبود قانون و برنامه‌های عملیاتی جامع برای توسعه کشت خشکه‌کاری برنج و مدیریت منابع آب» (۰/۲۷۶) گزارش شد که خلا یک چارچوب حقوقی و اجرایی قوی را برای توسعه نشان می‌دهد.

موانع اقتصادی (اولویت چهارم): بالاترین اولویت در این مؤلفه به «افزایش هزینه‌های مدیریت مزرعه برای تجهیز مزرعه به سیستم‌های نوین و تجهیزات و تسطیح» (۰/۲۶۵) و «هزینه زیاد کنترل آفات و علف‌هرز (هزینه نیروی کارگری برای وجین و هزینه سموم)» (۰/۲۸۹) تعلق دارد. این عوامل توجیه اقتصادی پذیرش فناوری جدید را برای شالیکاران با مشکل مواجه می‌سازد.

موانع اجتماعی (اولویت پنجم): مهم‌ترین موانع اجتماعی شامل «عدم مشارکت بین کشاورزان در مدیریت بهینه آب» (۰/۳۱۵) و «کمبود نیروهای متخصص در زمینه خشکه‌کاری» (۰/۳۲۷) است که به ضعف در سرمایه اجتماعی و دانش فنی محلی اشاره دارد.

موانع تکنولوژیکی (اولویت ششم): اصلی‌ترین مانع تکنولوژیکی، «کمبود زیرساخت‌های فنی به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند آبیاری قطره‌ای و تسطیح و زهکشی» (۰/۳۰۴) است که محدودیت‌های زیرساختی را در سطح مزرعه تأیید می‌کند.

جدول۳. اولویت‌بندی موانع و محدودیت‌های پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

Table 3. Prioritization of barriers and limitations to the adoption and application of the rice dry farming system

مؤلفه component	میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات Coefficient of variation	اولویت Priority
سیاسی Political	3.733	0.871	0.233	1
اقتصادی Economical	3.348	0.894	0.267	4
اجتماعی social	2.744	0.818	0.298	5
تکنولوژیکی Technological	2.920	0.887	0.303	6
زیست‌محیطی Environmental	3.662	0.873	0.238	2
قانونی Legal	3.596	0.887	0.246	3

جدول٤. اولویت‌بندی و مقادیر ضریب تغییرات موانع و محدودیت‌های پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

Table 4. Prioritization and coefficient of variation values of barriers and limitations to the adoption and application of the rice dry farming system

مؤلفه component	نماد Symbol	میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation	CV	اولویت Priority
سیاسی (Political)	Political1	3.87	1.290	0.333	5
	Political2	3.65	1.038	0.284	3
	Political3	3.77	1.012	0.268	1
	Political4	3.73	1.046	0.280	2
	Political5	3.64	1.078	0.296	4
اقتصادی (Economical)	Economical1	3.77	1.335	0.354	5
	Economical2	3.71	1.073	0.289	2
	Economical3	3.85	1.023	0.265	1
	Economical4	3.47	1.109	0.319	4
	Economical5	3.52	1.022	0.290	3
اجتماعی (social)	Social1	2.44	0.962	0.394	4
	Social2	3.00	0.981	0.327	2
	Social3	2.83	0.894	0.315	1
	Social4	2.71	1.051	0.387	3
تکنولوژیکی (Technological)	Technological1	2.87	1.063	0.370	2
	Technological2	3.01	0.916	0.304	1

مؤلفه component	نماد Symbol	میانگین Average	انحراف معیار Standard deviation	CV	اولویت Priority
	Technological3	3.16	1.177	0.372	3
	Technological4	2.81	1.143	0.406	4
	Technological5	2.76	1.199	0.434	5
زیست‌محیطی (Environmental)	Environmental1	3.03	1.972	0.650	5
	Environmental2	3.03	0.865	0.285	1
	Environmental3	3.42	1.097	0.320	3
	Environmental4	3.43	1.128	0.328	4
	Environmental5	3.84	1.122	0.292	2
قانونی (Legal)	Legal1	3.43	1.082	0.315	3
	Legal2	3.52	1.097	0.311	2
	Legal3	3.85	1.066	0.276	1

عامل‌بندی موانع پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

بر اساس مطالعات نظری و چارچوب PESTEL، موانع پژوهش در شش بعد اقتصادی (۵ گویه)، سیاسی (۵ گویه)، اجتماعی (۴ گویه)، زیست‌محیطی (۵ گویه) و قانونی (۳ گویه) دسته‌بندی شدند. در مجموع، ۲۷ نشانگر برای سنجش این ابعاد در نظر گرفته شد. تحلیل عاملی تأییدی داده‌ها با کمک نرم‌افزار Smart PLS3 صورت گرفت.نتایج تحلیل نشان داد ضرایب بارهای عاملی همه گویه‌ها برابر یا بزرگتر از ۰/۷ و قدر مطلق ضرایب معناداری بزرگتر از ۲/۵۴ است. بنابراین، همه نشانگرها در سطح اطمینان ۹۹ درصد (خطای ۱ درصد) معنادار هستند. در فرآیند تحلیل با نرم‌افزار Smart PLS، یک نشانگر از بعد زیست‌محیطی به دلیل پایین بودن بار عاملی و معناداری، از مدل نهایی حذف شد.

بررسی برازش مدل اندازه‌گیری موانع پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

بر اساس نتایج جدول ۵، مقادیر بارهای عاملی همه گویه‌های انتخاب شده برای هر شش بعد موانع بالاتر از ۰/۷ و مقادیر t نیز بالاتر از ۲/۵۴ است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که همه نشانگرهای انتخاب شده برای ابعاد شش‌گانه از برازش مناسبی برخوردارند. برای سنجش روایی سازه‌ها و گویه‌های موانع از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. مطابق جدول (۶)، مقدار آلفا برای هر یک از گویه‌های پرسشنامه در بخش موانع بالاتر از ۰/۷ به‌دست آمد که روایی پرسشنامه را تأیید می‌کند. در نرم‌افزار PLS، از شاخص AVE (روایی همگرا) برای برازش مدل‌های اندازه‌گیری و نشان‌دادن میزان تأثیر نشانگرها بر واریانس سازه استفاده می‌شود. نتایج نشان داد مقدار AVE بالای ۰/۶ و مقدار CR بزرگتر از ۰/۸ است که حکایت از روایی سازه و پایایی ترکیبی قابل قبول دارد. برای سنجش روایی واگرا در روش‌های حداقل مربعات جزئی، از ماتریس فورنل– لارکر در نرم‌افزار SmartPLS استفاده شد. مطابق جدول (۷)،مقادیر روی قطر اصلی ماتریس از تمامی مقادیر موجود در ستون مربوط به آن بزرگتر است. بنابراین، مدل از روایی واگرای مطلوبی برخوردار است.

جدول ۵. بررسی مدل اندازه‌گیری موانع پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

Table 5. Review of the measurement model of barriers to acceptance and implementation of the rice dry farming system

مؤلفه component	نماد Symbol	بار عاملی Factorial load	مقدار t t-statistic	ضریب مسیر Coefficient of variation
سیاسی (Political)	Political1	0.838	45.517	0.837
	Political2	0.742	24.549	
	Political3	0.780	26.245	
	Political4	0.804	33.015	
	Political5	0.810	36.504	
اقتصادی (Economic)	Economic1	0.876	63.189	0.876
	Economic2	0.763	27.146	
	Economic3	0.764	28.047	
	Economic4	0.762	25.071	
	Economic5	0.738	21.418	
اجتماعی (social)	Social1	0.807	26.613	0.727
	Social2	0.891	72.922	
	Social3	0.869	57.768	
	Social4	0.788	28.398	
تکنولوژیکی (Technological)	Technological1	0.883	54.008	0.731
	Technological2	0.775	26.562	
	Technological3	0.833	47.354	
	Technological4	0.728	23.533	
	Technological5	0.803	27.998	
زیست‌محیطی (Environmental)	Environmental1	-	-	0.813
	Environmental2	0.740	22.099	
	Environmental3	0.885	63.010	
	Environmental4	0.800	29.444	
	Environmental5	0.837	44.408	
قانونی (Legal)	Legal1	0.787	34.976	0.808
	Legal2	0.839	41.621	
	Legal3	0.834	42.512	

جدول ٦. شاخص‌های ارزیابی برازش مدل

Table 6. Model fit evaluation indices

	بار عاملی Factorial load	آماره t t-statistic	R^2	CR	AVE	آلفای کرونباخ Cronbach's alpha
سیاسی Political	0.837	42.775	0.700	0.896	0.633	0.885
اقتصادی Economic	0.804	80.091	0.804	0.887	0.611	0.840
اجتماعی social	0.528	29.832	0.528	0.905	0.705	0.863
تکنولوژیکی Technological	0.535	27.536	0.535	0.905	0.650	0.865
زیست‌محیطی Environmental	0.813	30.798	0.661	0.889	0.668	0.832
قانونی Legal	0.837	37.448	0.653	0.861	0.637	0.757

جدول ۷. ماتریس سنجش روایی واگرا (معیار فورنل–لارکر)
Table 7. Divergent validity assessment matrix (Fornell-Larker criterion)

متغیرها	اقتصادی Economic	زیست‌محیطی Environmental	قانونی Legal	سیاسی Political	اجتماعی social	تکنولوژیکی Technological
اقتصادی Economic	0.782					
زیست‌محیطی Environmental	0.707	0.817				
قانونی Legal	0.748	0.559	0.821			
سیاسی Political	0.771	0.691	0.697	0.837		
اجتماعی social	0.531	0.443	0.472	0.727	0.840	
تکنولوژیکی Technological	0.509	0.489	0.481	0.731	0.703	0.806

پس از تأیید برازش بخش اندازه‌گیری، مدل عاملی مرتبه دوم به دلیل معناداری ضرایب مسیر (شکل ۲) تأیید شد. بنابراین، سازه‌ها و گویه‌های انتخاب‌شده برای موانع پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج از اعتبار کافی برخوردارند.

تفسیر موانع و محدودیت‌های پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

بر اساس نتایج پژوهش و شکل (۲)، عوامل اقتصادی (با ضریب مسیر ۰/۸۹۷) از میان شش بعد، مؤثرترین مانع در پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج به‌شمار می‌رود. در این بعد، دو متغیر «کافی نبودن تسهیلات و اعتبارات بانکی دولتی برای به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج» (۰/۸۷۶) و «افزایش هزینه‌های مدیریت مزرعه برای تجهیز مزرعه به سیستم‌های نوین و تجهیزات و تسطیح» (۰/۷۶۴) به‌ترتیب مهم‌ترین چالش‌ها بودند.

پس از عوامل اقتصادی، عوامل سیاسی با ضریب مسیر ۰/۸۳۷ قرار دارند. در این میان، متغیر «عدم نظارت دولت در برداشت آب زیرزمینی و حفر چاه‌های غیرمجاز» (۰/۸۱۰) بالاترین اولویت را داشت و «ناهماهنگی بین دستگاه‌ها و کنشگران مدیریت آب» (۰/۷۴۲) کم‌اهمیت‌ترین متغیر از دید شالیکاران ارزیابی شد.

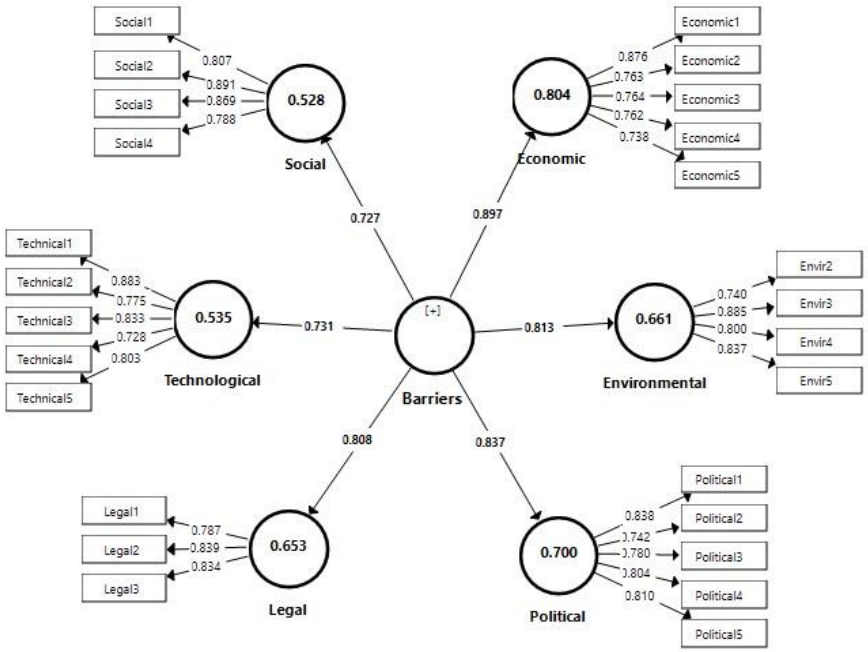
عوامل زیست‌محیطی با ضریب مسیر ۰/۸۱۳ در رتبه بعدی جای گرفتند. دو متغیر «نامناسب بودن پراکنش بارندگی» (۰/۸۸۵) و «عدم توجه به الگوی کشت مناسب منطقه» (۰/۸۳۷) بیشترین اهمیت را در این بعد داشتند.

سایر عوامل به ترتیب شامل موارد زیر بودند:

عوامل قانونی (ضریب مسیر ۰/۸۰۸) با دو متغیر «نبود پوشش بیمه‌ای مناسب» (۰/۸۳۹) و «نبود برنامه‌های عملیاتی جامع» (۰/۸۳۴)

عوامل تکنولوژیکی (ضریب مسیر ۰/۷۳۱) با دو متغیر «عدم دسترسی به تجهیزات تخصصی» (۰/۸۸۳) و «عدم اعتماد به سیستم‌های نوین» (۰/۸۳۳)

عوامل اجتماعی (ضریب مسیر ۰/۷۲۷) با دو متغیر «کمبود نیروهای متخصص» (۰/۸۹۱) و «عدم مشارکت در مدیریت بهینه آب» (۰/۸۶۹)



شکل ۲. مقادیر بارهای عاملی و ضرایب مسیر مدل موانع موجود در پذیرش و به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج

Figure 2. Values of factor loadings and path coefficients of the obstacle model in accepting and using the direct-seeded rice system

بحث

هدف این پژوهش، شناسایی و تحلیل موانع به‌کارگیری سیستم خشکه‌کاری برنج در میان شالیکاران شرق استان مازندران بود. نتایج مدل‌سازی تحلیل عاملی تاییدی نشان داد از میان شش بُعد بررسی شده، عوامل اقتصادی، سیاسی و زیست‌محیطی به ترتیب، قوی‌ترین عوامل بازدارنده در این زمینه هستند.

بر اساس یافته‌های پژوهش، عوامل اقتصادی با بالاترین ضریب مسیر به‌عنوان اصلی‌ترین مانع تأیید شد. این نتیجه با یافته‌های (Rabiei et al., 2016) و (Ramezani & Mahloji., 2021) هم‌راستاست که بر اهمیت متغیرهای مالی در پذیرش فناوری‌های جدید کشاورزی تأکید کرده‌اند. در این بعد، بار عاملی بالای متغیرهای «کافی نبودن تسهیلات و اعتبارات بانکی دولتی» (۰/۸۷۶) و «افزایش هزینه‌های مدیریت مزرعه برای تجهیز و تسطیح» (۰/۷۶۴) نشان می‌دهد علی‌رغم مزایای زیست‌محیطی خشکه‌کاری، فقدان نقدینگی و توان سرمایه‌گذاری پایین شالیکاران بزرگ‌ترین مانع عملی است. ریسک مالی ناشی از هزینه‌های اولیه گزاف برای تجهیزات و احتمال کاهش بازده اولیه نسبت به روش غرقابی، توجیه اقتصادی پذیرش فناوری را برای کشاورزان منطقه با تردید مواجه کرده است.

عوامل سیاسی پس از عوامل اقتصادی، دومین مانع کلیدی شناسایی شد. متغیر «عدم نظارت دولت در برداشت آب منابع زیرزمینی و حفر چاه‌های غیرمجاز» با بالاترین بار عاملی در این بُعد (۰/۸۱)، نشان‌دهنده مشکلی بنیادین در حکمرانی آب است. این نتیجه با مطالعات (Kaur et al., 2024) و (Rabiei et al., 2016) همخوانی دارد و بر نقش محوری سیاست‌های نظارتی و اجرایی در مدیریت منابع تأکید می‌کند. ناهماهنگی بین دستگاه‌ها و ذی‌نفعان در مدیریت آب، اگرچه اهمیت کمتری داشت، نشان می‌دهد فقدان همکاری هم‌افزا میان نهادهایی مانند شرکت سهامی آب منطقه‌ای و جهاد کشاورزی، سازوکارهای قانونی و ترغیبی را تضعیف کرده و انگیزه لازم را برای تغییر سیستم کشت در کشاورزان کاهش می‌دهد.

عوامل زیست‌محیطی، سومین مانع مهم بودند. این یافته با پژوهش‌های (Rabiei et al., 2016) و پژوهشگرانی چون (Xu et al., 2019) هم‌راستاست که بر ارتباط تنگاتنگ اقلیم و موفقیت فناوری تأکید دارد. بالاترین بار عاملی مربوط به «نامناسب بودن پراکنش زمان بارندگی» (۰/۸۸۵) و «عدم توجه به الگوی کشت مناسب منطقه» (۰/۸۳۷) است. این نشان می‌دهد ریسک‌های ناشی از تغییرات اقلیمی (مانند تنش خشکی) و ناآگاهی مهندسان و کشاورزان نسبت به ساختار خاک منطقه، به شکست‌های اولیه منجر شده و اعتماد بهره‌برداران به این روش را کاهش داده است. این امر بر ضرورت پهنه‌بندی کشاورزی و تطبیق فناوری با شرایط بومی تأکید می‌کند.

موانع فرعی‌تر (قانونی، تکنولوژیکی و اجتماعی) نیز نقش مهمی در تکمیل موانع اصلی ایفا می‌کنند. در موانع قانونی، متغیرهایی چون «نبود پوشش بیمه‌ای مناسب» ضرورت اتخاذ راهکارهای قانونی برای حمایت از کشت‌های کم‌آب‌بر را تأیید می‌کند و که با مطالعات (Kaur et al., 2024) و (Rabiei et al., 2016) همراستاست. در موانع تکنولوژیکی، یافته‌های مربوط به «عدم دسترسی آسان به تجهیزات تخصصی» و «عدم اعتماد کشاورزان به سیستم‌های نوین» نیاز به سرویس‌های مکانیزاسیون محلی و ارائه نمونه‌های موفق میدانی را برجسته می‌سازد که با نتایج (Rabiei et al., 2016)، (Kaur et al., 2024) و (Negi et al., 2024) همسو است. در موانع اجتماعی، چالش‌هایی نظیر «کمبود نیروهای متخصص» و «عدم مشارکت بین کشاورزان» با مطالعات (Rabiei et al., 2016)، (Boazar et al., 2019)، (Noorbakhsh Zameleh et al., 2024) و (Kaur et al., 2024) همگام است.

علاوه بر این، کم‌توجهی به نقش زنان شالیکار در برنامه‌ریزی‌های ترویجی، یکی از ضعف ساختاری در استان مازندران به شمار می‌رود. برای رفع این مسئله، سرمایه‌گذاری در آموزش و توانمندسازی زنان با هدف افزایش سواد آبی آنان ضروری است. در این راستا، برگزاری کلاس‌های آموزشی، توزیع بروشور و نشریات ترویجی، و تشکیل جلسات هم‌اندیشی برای تشویق زنان به مشارکت در مدیریت سیستم خشکه‌کاری برنج و منابع آبی پیشنهاد می‌شود. اجرای طرح گسترش سواد زیست‌محیطی با هدف آگاه‌سازی بهره‌برداران و مشارکت آنان در ترویج فرهنگ حفاظت از منابع آب و مدیریت بهینه مصرف، می‌تواند گامی مؤثر در این زمینه باشد. تحقق این مهم نیازمند مشارکت نهاد ترویج کشاورزی و حمایت سازمان حفاظت محیط‌زیست، شرکت آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی استان است. در مجموع، نتایج این پژوهش بر خلاف برخی تحقیقات که بر عوامل فردی تمرکز دارند، به‌وضوح نشان می‌دهد حل موانع ساختاری در سطوح اقتصاد و سیاست، پیش‌نیاز هرگونه پذیرش موفقیت‌آمیز فناوری در شرق مازندران است. به‌طوری‌که در بخش پذیرش فناوری خشکه‌کاری، اهمیت بعد تکنولوژیکی در کنار ابعاد دیگر مورد توجه قرار دارد. از تکنیک‌های نوآورانه‌ی آماده‌سازی زمین گرفته تا تجهیزات کاشت دقیق، پیشرفت‌های آبیاری و فناوری‌های مدیریت علف‌های هرز، هر جنبه‌ای از ماشین‌آلات مدرن به ساده‌سازی عملیات و بهبود نتایج برای کشاورزان کمک می‌کند. این پیشرفت‌های تکنولوژیکی نه‌تنها بار نیروی کار را کاهش می‌دهد، بلکه استفاده از منابع را بهینه می‌سازد، آب را حفظ می‌کند، سلامت خاک را افزایش می‌دهد و اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد. با نگاهی به آینده، همگام با مطالعات (Manoj Kumar et al., 2025) آینده‌ی مکانیزاسیون و تجهیزات نوین در کشت برنج، نویدبخش نوآوری‌های بیشتر است که می‌توانند کارایی، بهره‌وری و پایداری را در چشم‌انداز کشاورزی افزایش دهند و در نهایت آینده‌ای انعطاف‌پذیرتر را برای کشاورزان و زنجیره‌ی تأمین غذای جهانی تضمین کنند.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش، شناسایی موانع سیستم خشکه‌کاری برنج در شرق استان مازندران بود. این ضرورت از آنجا ناشی می‌شود که کشت سنتی برنج (غرقابی) بزرگترین مصرف‌کننده آب است و بحران آب و تغییرات اقلیمی، توسعه روش‌های کم‌آب‌بر مانند سیستم خشکه‌کاری برنج را حیاتی ساخته است. به‌کارگیری فناوری‌های نوین و توسعه روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب در کشت برنج (نظیر روش‌های مقاوم در برابر خشکسالی)، برای افزایش کارایی مصرف آب (WUE)، کاهش

هدررفت منابع و ارتقاء توسعه پایدار کشاورزی، به موضوعی استراتژیک در سطح جهانی تبدیل شده است. با این وجود، پذیرش این روش با چالش‌های عمده‌ای مواجه است. نتایج تحلیل عاملی تاییدی، ضمن تأیید وجود موانع چندگانه، اولویت‌بندی و اهمیت نسبی آن‌ها را به‌وضوح مشخص کرد.

به طور خلاصه، می‌توان نتیجه گرفت که تصمیم شالیکاران برای عدم پذیرش سیستم خشکه‌کاری، بیش از آنکه متأثر از ضعف فردی در آگاهی یا مهارت باشد، ریشه در مشکلات سیستمی، اقتصادی و حکمرانی آب دارد. تحلیل ضرایب مسیر نشان داد موانع اقتصادی، سیاسی و زیست‌محیطی به عنوان سه بعد اولویت‌دار، تأثیر غالب و تعیین‌کننده‌ای بر عدم پذیرش فناوری دارند. این یافته بیانگر آن است که تا زمانی که سرمایه‌گذاری اولیه برای کشاورزان تأمین نشود و نظارت بر منابع آب بهبود نیابد، هرگونه تلاش ترویجی با شکست روبه‌رو خواهد شد. تأثیر قوی «کافی نبودن تسهیلات بانکی» و «افزایش هزینه‌های تجهیز مزرعه» بر این نکته صحه می‌گذارد که ناتوانی در تأمین مالی، بزرگ‌ترین مانع توسعه پایدار است. دومین یافته مهم، قرارگیری «عدم نظارت دولت در برداشت آب منابع زیرزمینی» به عنوان مهم‌ترین متغیر آشکار در بعد سیاسی بود. این امر به وضوح نشان می‌دهد فقدان اجرای قوانین و حکمرانی ضعیف آب، به طور غیرمستقیم انگیزه صرفه‌جویی را از کشاورزان سلب کرده است. علاوه بر این، بار عاملی بالای «نامناسب بودن پراکنش زمان بارندگی» در بعد زیست‌محیطی، لزوم توجه به تغییرات اقلیمی و شرایط بومی خاک را یادآوری می‌کند. توسعه سیستم خشکه‌کاری بدون انجام پهنه‌بندی کشاورزی و آموزش‌های متناسب با شرایط آب‌وهوایی منطقه، ریسک تولید را افزایش داده و اعتماد کشاورزان به این فناوری را تضعیف می‌کند. موانع قانونی، تکنولوژیکی و اجتماعی اگرچه در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند، اما به عنوان موانع مکمل، زمینه را برای تقویت موانع اصلی فراهم می‌کنند. نبود پوشش بیمه‌ای مناسب (قانونی) و عدم دسترسی آسان به تجهیزات تخصصی (تکنولوژیکی) دو خلأ اساسی هستند که ریسک‌پذیری مالی و عملیاتی کشت خشکه‌کاری را به شدت افزایش می‌دهند. همچنین، کمبود نیروی متخصص و نادیده گرفتن نقش زنان در آموزش‌های ترویجی، از ضعف‌های نهادی در بعد اجتماعی به شمار می‌رود.

در نهایت، نتایج این پژوهش چارچوب عملیاتی روشنی برای سیاست‌گذاران و نهادهای اجرایی ترسیم می‌کند. بر این اساس، تقدم اقدامات حمایتی اقتصادی و اصلاحات نظارتی در بخش آب، پیش‌شرط حیاتی هرگونه موفقیت در ترویج فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف آب در شرق مازندران است.

REFERENCES

Agricultural Statistics. (2022). Report on the level, production and yield of agricultural products in the 2020-2021 crop year. Ministry of Agricultural Jihad, Deputy of Statistics, Center for Statistics, Information Technology and Communications. 98 pages. (in Persian)

Boazar,M. , Yazdanpanah,M. and Abdeshahi,A. (2019). Determinants of Change the Pattern of Rice Cultivation in Shushtar County Using Theory of Interpersonal Behavior Models and Health Belief Model. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, *14*(2), 125-141. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20081758.1397.14.2.8.5 (in Persian with English abstract)

Çitilci, T., & Akbalık, M. (2020). The importance of PESTEL analysis for environmental scanning process. In Handbook of research on decision-making techniques in financial marketing (pp. 336-357). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2559-3.ch016

Cole, M. B., Augustin, M. A., Robertson, M. J., and Manners, J. M. (2018). The science of food security. npj Science of Food, 2(1), 14. https://doi.org/10.1038/s41538-018-0021-9

Dastan, S. , Soltani, A. , Noormohamadi, G. , Madani, H. and Yadi, R. (2016). Estimation of carbon footprint and global warming potential in rice production systems. *Advanced Environmental Sciences*, *14*(1), 19-28. (in Persian with English abstract)

Dehghanpir, S. , Bazrafshan, O. , Ramezani Etedali,, H. , Holisaz, A. and Ababaei, B. (2024). Evaluation of water stress index and water poverty in rice production based on the water footprint concept in Iran. *Water and Soil Management and Modelling*, *4*(1), 18-35. https://doi.org/10.22098/mmws.2023.12116.1206 (in Persian with English abstract)

FAOSTAT. (2022). Production - Crops and livestock products. https://www.fao.org/faostat/en/#compare

Farooq, M., Siddique, KHM., Rehman, H., Aziz, T., Lee, D. and Wahid, A. (2011). Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. Journal of Soil & Tillage Research, 111: 87-98. https://doi.org/10.1016/j.still.2010.10.008

Ghorbani Kolahi, M., Rezaei Moghadam, K., and Ajili, A. (2010). Adoption of dry farming in rice cultivation: A case study of Khuzestan province. Iranian Agricultural Extension and Education Sciences. 1(6), 59-69. (in Persian)

Golpazir, M. , Ebrahimi, K., Modaresi, F. and Shamsi, M. (2023). Quantifying the economic value of Isfahan agricultural water sources with the approach of modifying the cultivation pattern and based on virtual water. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *54*(3), 575-592. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2023.353719.669200 (in Persian with English abstract)

Irannejad, A. H., Mohammadi, R., and Barna, R. (2020). The impact of climate change on rice water requirement in Mazandaran Province. *Natural Geography*, 12(46), 1–14. (in Persian)

Jin, Z., Mu, Y., Li, Y., and Nie, L. (2023). Dry direct-seeded rice has higher energy and carbon production efficiencies without reducing economic benefits. Journal of the Science of Food and Agriculture, 103(12), 6044-6054. https://doi.org/10.1002/jsfa.12675

Johnson, J. M., Becker, M., Dossou-Yovo, E. R., and Saito, K. (2023). Farmers' perception and management of water scarcity in irrigated rice-based systems in dry climatic zones of West Africa. Agronomy for Sustainable Development, 43(2), 32. https://doi.org/10.1007/s13593-023-00878-9

Kaur, S., Ahmed, S., Awan, T.H., Ali, H.H., Singh, R., Mahajan, G., and Chauhan, B.S. (2024). Adoption Pattern of Direct-Seeded Rice Systems in Three South Asian Countries during COVID-19 and Thereafter. Crops. 2024; 4(3):324-332. https://doi.org/10.3390/crops4030023

Liang, C., Li, Y., Zhang, K., Wu, Z., Liu, J., Liu, J., ... & Sui, G. (2023). Selection and yield formation characteristics of dry direct seeding rice in Northeast China. Plants, 12(19), 3496. https://doi.org/10.3390/plants12193496

Manoj Kumar, S. , Karthikeyan, R. , Thirukumaran, K. , Senthil, A. and Dhananchezhiyan, P. (2025). Prospects of Mechanization in Direct Seeded Rice: A Comprehensive Review. Journal of Agricultural Machinery, 15(3), 419-434. https://doi.org/10.22067/jam.2024.87897.1247

Moumeni, A. (2017). An overview on potential of aerobic rice production in water crisis conditions in Iran. Iranian Journal of Crop Sciences. 18 (3) :179-195.

https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15625540.1395.18.3.1.4 (in Persian with English abstract)

Namikawa, M., Matsunami, T., Yabiku, T., Takahashi, T., Matsunami, M., and Hasegawa, T. (2023). Analysis of yield constraints and seasonal solar radiation and temperature limits for stable cultivation of dry direct-seeded rice in northeastern Japan. Field Crops Research, 295, 108896. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108896

Negi, P., Rane, J., Wagh, R., Bhor, T., Godse, D., Jadhav, P., et al. (2024). Direct Seeded Rice: Genetic Improvement of Game Changer Traits for Better Adaption. Rice Science 31(4),417-433. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2024.04.006

Noorbakhsh Zameleh, S. , Salehi, L. and Monavvarifard, F. (2024). Farmers' Social Responsibility to Sustainable Use of Water in Bilevar Plain: Multi-Groups Analyses. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *55*(1), 15-37. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2024.366120.669256 (in Persian with English abstract)

Pata, U. K. (2021). Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. Renewable Energy, 173, 197-208. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.125

Rabiei, Z. , Sadighi, H. and Abbasi, E. (2016). Developing of Dry-Bed Rice Seeding in Khuzestan Province: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT), Iran. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *26*(3), 171-185. (in Persian with English abstract)

Ramezani, A and Mahloji, M. (2021). Using dry rice cultivation technique to improve water use efficiency and fodder production. Fodder and Animal Feed, 2(1), 103-96. (in Persian)

Razzaghi, F. and Mirtorabi, M. S. (2020). Modeling the Optimal Use of New Technologies for Water Conservation among Farmers. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *51*(4), 699-714. https://ijaedr.ut.ac.ir/article_78906.html (in Persian with English abstract)

Singh, Sumit Kumar, Harsh Jainth Monu Kumar, Stuti Maurya, Amit Kumar, Sachin Yadav, and Dinesh Sah. (2024) . "Direct-Seeded Rice: Potential Benefits, Constraints and Prospective". Journal of Scientific Research and Reports. 30 (7):272- 80. https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i72143.

Song, J., Sun, Y. and Jin, L. (2017). PESTEL analysis of the development of the waste-to-energy incineration industry in China, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80(3),276-289. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.066

Toosi, J. (2022). Water shortage and warning of the end of rice cultivation in eastern Mazandaran. Official statement of Mazandaran Regional Water Company. IRNA. 25 May2022, news code 84733270. Available at: https://www.irna.ir/news. (in Persian)

Wu, K., Li, W., Wei, Z., Dong, Z., Meng, Y., Lv, N., and Zhang, L. (2022). Effects of mild alternate wetting and drying irrigation and rice straw application on N 2 O emissions in rice cultivation. Soil, 8(2), 645-654. https://doi.org/10.5194/soil-8-645-2022

Xu, L., Li, X., Wang, X., Xiong, D., & Wang, F. (2019). Comparing the grain yields of direct-seeded and transplanted rice: A meta-analysis. Agronomy, 9(11), 767. https://doi.org/10.3390/agronomy9110767

Yüksel, I. (2012). Developing a multi-criteria decision-making model for PESTEL analysis. International Journal of Business and Management,7(24),52. https://doi.org/10.5539/ijbm.v7n24p52

Zhang, Y., Liu, G., Cheng, Y., Xu, J., Wang, C., and Yang, J. (2020). The effects of dry cultivation on grain-filling and chalky grains of upland rice and paddy rice. Food Energ Secur 9 (2): 19. https://doi.org/10.1002/fes3.198