Research Article

Agricultural Engineering., 49(2) (2026) -

ISSN (P): 2588-526X

DOI: 10.22055/agen.2026.52387.1816

ISSN (E): 2588-5944

Analysis of the Impacts of Physical Land Structure on the Mechanization Process and Economic Consequences in Strategic Crop Cultivation

S. M. Hosseini[1] H. Mohammad-Ghasemnejad Maleki [2*], M. Mansourifar [3] and M. Aghapur.[4]

1- PhD Student in Agricultural Mechanization, Department of Agricultural Mechanization, Faculty of Agriculture, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar Branch, Iran.

2- *Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Agricultural Mechanization and Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.(Email: Heydar.ghasemnejad@iau.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Agricultural Mechanization and Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

4- Associate Professor, Department of Agricultural Management, Faculty of Agriculture, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

Received: …….. Accepted: …….

*Corresponding Author: Heydar.ghasemnejad@iau.ac.ir

Abstract

Introduction: Agricultural mechanization is recognized as one of the principal pillars of improving productivity, ensuring food security, and increasing rural income. The efficient use of machinery reduces labor intensity, shortens the production cycle, and improves the timeliness of field operations. However, its effectiveness is strongly conditioned by the physical and structural characteristics of farmland. In many developing countries, including Iran, agricultural land is characterized by small size, excessive fragmentation, and inappropriate spatial distribution, which together create serious constraints on the adoption of modern machinery. Land fragmentation increases machinery movement time, raises fixed costs per hectare, and reduces the economic returns on mechanization investments. Despite this, most previous studies have relied on descriptive analysis or simple linear relationships between farm size and productivity, and comprehensive structural models that simultaneously test the mediating role of mechanized production remain scarce. Accordingly, this study uses Structural Equation Modeling to explain the relationship between land structure (fragmentation and dispersion), mechanized

production, and the economic performance of strategic-crop farmers in Noorabad Mamasani County.

Materials and Methods: The study area is Noorabad Mamasani County, located in the west of Fars Province, covering approximately 5,600 square kilometers, with nearly 90,000 hectares of agricultural land at an average altitude of 920 meters above sea level. The statistical population consisted of 19,601 farmers of strategic crops (wheat, barley, and sugar beet). Using Cochran's formula, a sample of 377 respondents was selected through random sampling. Data were collected using a researcher-made questionnaire covering plot area, number of plots, type of strategic crop, total production cost per hectare, net income, and more than fifty supplementary items. The land-structure construct was treated as a latent variable measured by two observed indicators: land dispersion and land fragmentation (average plot size), with plots smaller than four hectares classified as fragmented. Mechanized production was assessed as a composite index of machinery use across the three main stages of cultivation (planting, growing, and harvesting) based on a five-point Likert scale. Economic performance was measured through the two quantitative indicators of net income and total production cost per hectare. Data analysis was conducted using a two-step approach with Structural Equation Modeling in AMOS, following the method of Hair et al. (2019). Model fit was evaluated using GFI, CFI, RMSEA, and CMIN/DF indices, and path coefficients were tested at the five percent significance level.

Results: The goodness-of-fit indices indicated an acceptable and desirable model fit. GFI and CFI were both equal to 0.914, exceeding the recommended threshold of 0.90; RMSEA was 0.091, within the acceptable range; and CMIN/DF was 4.095, below the standard value of 5. The structural model showed that the path from land structure to mechanized production was statistically significant and negative ($\beta = -0.193$; $p = 0.033$), meaning that the less favorable the land structure, the lower the level of mechanized production. Both components—land fragmentation and land dispersion—had significant relationships with the land-structure construct (coefficients of 0.847 and 1.273, respectively, with significance levels below 0.001).

In contrast, the direct path from mechanized production to economic performance was not statistically significant ($\beta = -0.139$; $p = 0.243$); therefore, the hypothesis of a significant direct effect of mechanization on economic performance was rejected. Although the theoretical framework proposed mechanized production as a mediator between land structure and economic performance, the available model output was insufficient for a definitive confirmation of the indirect effect, since the indirect coefficient and its bootstrap significance test were not reported. Moreover, the t-statistic for the "cost" variable within the economic performance factor was non-significant, indicating that farmers' economic behavior in the study area is not necessarily shaped by precise profit-and-cost calculations.

Discussion: The findings indicate that land structure plays a decisive role in shaping the level of mechanization. In small and dispersed plots, mechanized operations face limitations such as repeated machinery relocation, wasted time, and reduced field efficiency. The negative loadings for machinery-related items reinforce a structural contradiction: as fragmentation increases, mechanization turns from a productive driver into an overhead cost burden.

The non-significant relationship between mechanization and economic performance can be explained by the high and inefficient costs of mechanization services in fragmented lands, where the link between cost and economic performance becomes disconnected. Farmers here continue cultivating due to subsistence dependence on land—a form of traditional

persistence—even when production costs exceed income. This emphasizes the need to revise support models toward incentives that directly target input costs. The high factor loadings of the land-structure items also confirm the depth of the fragmentation crisis facing the study area.

Conclusion: The present study examined the relationship between land structure, mechanized production, and the economic performance of strategic-crop farmers in Noorabad Mamasani County. The structural model confirmed a negative and significant relationship between land structure and mechanized production, while the direct effect of mechanization on economic performance was not confirmed. From an applied perspective, the findings emphasize the necessity of simultaneously addressing the structural characteristics of land and the scale of mechanization technology. In small and dispersed plots, mechanization policy should not rely solely on large and heavy machinery; rather, technology must be selected in proportion to plot size, type of operation, and the farmer's economic conditions. It is recommended that planners integrate land consolidation with mechanization programs, develop scale-appropriate technologies for small plots, strengthen accessible mechanization services, and conduct complementary economic studies that directly measure rental, fuel, maintenance, and depreciation costs. Factors such as inheritance systems, fuel costs, and access to credit were not independently tested in the present model and may constitute the subject of future research.

Keywords: Agricultural Mechanization, Land Structure, Strategic Crops, Structural Equation Modeling (SEM), Economic Performance, Nurabad Mamasani.

مقاله پژوهشی

تحلیل اثرات ساختار کالبدی اراضی بر مکانیزاسیون و پیامدهای اقتصادی در کشت محصولات استراتژیک

سیدمسعود حسینی[۱]، حیدر محمدقاسم نژادملکی [۲]*، محمد منصوری فر [۳] و محمد آقاپور [۴]

۱-دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

۲*-نویسنده مسئول: استادیار، گروه مکانیزاسیون و مهندسی بیو سیستم، دانشکده کشاورزی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی ، شوشتر، ایران. (ایمیل: Heydar.ghasemnejad@iau.ac.ir)

۳- استادیار، گروه مکانیزاسیون و مهندسی بیو سیستم، دانشکده کشاورزی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

۴- دانشیار، گروه مدیریت کشاورزی، دانشکده کشاورزی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

تاریخچه مقاله

(اینجا چیزی نوشته نشود)

دریافت:

دریافت پس از اصلاح:

پذیرش نهایی:

کلمات کلیدی:

مکانیزاسیون کشاورزی

ساختار اراضی

محصولات استراتژیک

مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)

عملکرد اقتصادی

نورآباد ممسنی

* عهده دار مکاتبات

Email:

Heydar.ghasemnejad@iau.ac.ir

چکیده

مکانیزاسیون کشاورزی یکی از ارکان اصلی ارتقای بهره‌وری، تأمین امنیت غذایی و افزایش درآمد روستایی است؛ اما اثربخشی آن به‌شدت به ویژگی‌های فیزیکی و ساختاری اراضی وابسته است. در ایران و بسیاری از کشورهای در حال توسعه، خردی، پراکندگی مفرط و توزیع فضایی نامناسب اراضی، موانع جدی برای پذیرش ماشین‌آلات نوین ایجاد می‌کند. با وجود این، بیشتر مطالعات پیشین بر تحلیل توصیفی یا روابط خطی ساده تکیه کرده‌اند و مدل‌های ساختاری جامعی که نقش میانجی تولید مکانیزه را آزمون کنند، کم‌شمار مانده‌اند. بر این اساس، پژوهش حاضر با مدل‌سازی معادلات ساختاری، رابطه میان ساختار اراضی، تولید مکانیزه و عملکرد اقتصادی بهره‌برداران محصولات استراتژیک در نورآباد ممسنی را تبیین می‌کند. منطقه مطالعه، شهرستان نورآباد ممسنی در غرب فارس با حدود ۹۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی است. جامعه آماری را ۱۹۶۰۱ بهره‌بردار محصولات استراتژیک (گندم، جو و چغندرقند) تشکیل داد و با فرمول کوکران، ۳۷۷ نفر به روش تصادفی انتخاب شدند. داده‌ها با پرسشنامه محقق‌ساخته گردآوری شد. ساختار اراضی به‌صورت متغیر مکنون با دو شاخص پراکندگی و خردی اراضی سنجیده شد؛ تولید مکانیزه

با شاخص ترکیبی استفاده از ماشین‌آلات در مراحل کاشت، داشت و برداشت و عملکرد اقتصادی با دو شاخص درآمد خالص و هزینه کل تولید در هکتار اندازه‌گیری شد. تحلیل با رویکرد دومرحله‌ای مدل‌سازی معادلات ساختاری در AMOS و برازش مدل با شاخص‌های GFI، CFI، RMSEA و CMIN/DF انجام شد. شاخص‌های برازش قابل قبول بود؛ GFI و CFI برابر ۰/۹۱٤، RMSEA برابر ۰/۰۹۱ و CMIN/DF برابر ٤/۰۹۵ به دست آمد. مسیر «ساختار اراضی ← تولید مکانیزه» معنادار و منفی بود (β=-0.193 ؛ p =0.033)؛ یعنی ساختار اراضی نامناسب‌تر، سطح تولید مکانیزه پایین‌تر. در مقابل، مسیر مستقیم «تولید مکانیزه ← عملکرد اقتصادی» معنادار نبود (β = -0.139 ؛ p =0.243) و اثر غیرمستقیم نیز به‌دلیل عدم گزارش آزمون بوت‌استرپ قطعی تأیید نشد. ساختار اراضی نقشی تعیین‌کننده در سطح مکانیزاسیون دارد؛ در قطعات کوچک و پراکنده، عملیات مکانیزه با جابجایی مکرر ماشین‌آلات و اتلاف زمان روبه‌رو می‌شود و مکانیزاسیون از پیشران تولید به هزینه سربار تبدیل می‌گردد. عدم معناداری رابطه مکانیزاسیون و عملکرد اقتصادی را می‌توان با هزینه‌های بالا و ناکارآمد خدمات مکانیزاسیون در اراضی پراکنده تبیین کرد؛ جایی که کشاورزان به دلیل وابستگی معیشتی، نوعی «پایداری سنتی» را ادامه می‌دهند. این امر بر ضرورت بازنگری در مدل‌های حمایتی و مشوق‌های هدفمند هزینه‌های نهاده تأکید دارد. مدل ساختاری، رابطه منفی و معنادار ساختار اراضی با تولید مکانیزه را تأیید کرد، اما اثر مستقیم مکانیزاسیون بر عملکرد اقتصادی تأیید نشد. پیشنهاد می‌شود ساماندهی اراضی با برنامه‌های مکانیزاسیون یکپارچه شود، فناوری متناسب با اراضی کوچک توسعه یابد و مطالعات اقتصادی تکمیلی برای اندازه‌گیری هزینه اجاره، سوخت، تعمیر و استهلاک انجام شود. عواملی مانند نظام ارث و دسترسی به اعتبار می‌توانند موضوع پژوهش‌های آینده باشند.

مقدمه

مکانیزاسیون به عنوان یکی از پیش‌ران‌های اصلی توسعه کشاورزی، نقشی کلیدی در ارتقای بهره‌وری ایفا می‌کند؛ از این رو، برنامه‌ریزی برای توسعه آن مستلزم شناخت دقیق وضعیت موجود و تحلیل شاخص‌های اثرگذار است. به‌منظور مشخص نمودن وضعیت موجود، عرضه مدل و برنامه مناسب، توسعه مکانیزاسیون و همچنین مقایسه وضعیت مکانیزاسیون به شاخص‌ها و

معیارهای تعریف‌شده و معنی‌داری نیاز است. خرد شدن اراضی و کاهش اندازه مزارع یک مشکل اساسی و ساختاری است که به کاهش بهره‌وری و رقابت‌پذیری در اقتصاد جهانی منجر می شود (Ahmadi et al., 2007).

تولید کشاورزی در مقیاس کوچک در مزارع معیشتی و نیمه معیشتی ادامه دارد و در این شرایط، مزارع دسترسی ضعیفی به بازارها دارند. خردی اراضی همچنین ازجمله دلایل اصلی مهاجرت افراد از مناطق روستایی بوده و در چندین کشور، دلیل اصلی رها شدن زمین های قابل کشت به شمار می رود (Islamic Consultative Assembly Research Center, 2022)

جلوگیری از نوسازی اراضی یا منطقی نمودن نظام بهره‌برداری از طریق به‌کارگیری فناوری‌های جدید کشاورزی، مانند ماشین‌های کشاورزی و دستگاه‌های آبیاری مدرن یکی دیگر از مشکلات اقتصادی است که در اثر خردی و پراکندگی اراضی کشاورزی به وجود می‌آید (Chen et al., 2024).

براساس تعریف بانک جهانی مزارع دارای مساحت کم‌تر از ۲ هکتار مزارع کوچک هستند. در حدود ۵۲۵ میلیون مزرعه در سطح جهان وجود دارد که از این میانگین تنها اطلاعات مربوط به ۴۷۰ میلیون آن‌ها در دسترس می‌باشد. ۸۵ درصد کل مزارع جهان دارای مساحتی کم‌تر از دوهکتار داشته که جزء مزارع کوچک بشمار می‌آیند. بیشترین تعداد مزارع کوچک در آسیا و به‌ویژه در کشور چین با ۱۹۳ میلیون مزرعه کوچک و کمترین درصد آن در آمریکا می‌باشد(Brian et al., 2006). مقایسه شاخص‌های مکانیزاسیون کشاورزی مناطق غرب و شرق ایالت اوتاربر پرادش هند نشان داد، شاخص‌های سطح و ظرفیت مکانیزاسیون در منطقه غرب نسبت به منطقه شرق آن ایالت بالاتر بوده اما انرژی انسانی در منطقه شرق بیشتر از منطقه غرب می‌باشد. درجه مکانیزاسیون در منطقه غرب در مقایسه با منطقه‌ای شرق در اکثر عملیات بیشتر بود (Gokdogan, 2012). مقایسه شاخص‌های مکانیزاسیون کشاورزی ترکیه و اتحادیه اروپا نشان داد، درجه مکانیزاسیون ترکیه کم‌تر از میانگین اتحادیه اروپا بود. سرانه توان تراکتوری برای هر هکتار در ترکیه ۲/۲۸ در اتحادیه اروپا ۸/۱۶ اسب بخار می‌باشد در ترکیه به‌ازای هر ۲۴/۸ هکتار یک تراکتور و در اتحادیه اروپا به ازای هر ۱۱/۳۰ هکتار یک تراکتور در دسترس بود (۱۵). با وجود مطالعات جهانی، در منطقه ممسنی به دلیل شرایط خاص توپوگرافی و ساختار مالکیتی، اثرات متقابل خردی اراضی و مکانیزاسیون بر عملکرد اقتصادی همچنان در هاله‌ای از ابهام قرار دارد.

در کنار تجارب جهانی، در مطالعات داخلی نیز بافکر، (Bafakr, 1993) در تحقیق خود تحت عنوان پراکندگی و یکپارچگی اراضی: علت ها، عوامل و آثار آن، به این نتایج دست یافت که کیفیت خاک، پوشش گیاهی، توپوگرافی و شبکه هیدروگرافی از عوامل موثر در پراکنده شدن اراضی بوده و نظام ارباب رعیتی، قوانین ارث و رشد جمعیت از عوامل تشدید کننده این پراکندگی هستند. در همین راستا تقوایی، (Taghavai, 1997) در مطالعه ای تحت عنوان «معرفی و مقایسه زمانی–مکانی عوامل موثر در خرد شدن و پراکندگی اراضی زراعی» این عوامل را به صورت کلی در دو گروه مکانی و زمانی دسته بندی نموده است. که عمده ترین عوامل آن عبارتند از: خرید و فروش زمین، اصلاحات ارضی، تنوع محصولات، آیش‌گذاری، مسایل اجتماعی، جمعیت، ارث، نوع کشت و الزامات اقلیمی. نوروزیان (Norouzian, 1999) در تحقیق خود تحت عنوان تحلیلی بر مسایل یکپارچه سازی اراضی در بخش مرکزی شهرستان بستان آباد به این نتایج دست یافت که سنت و آداب فرهنگی، تحول در خانواده های گسترده و تغییر وتحول در شیوه های بهره برداری از زمین همچون اجاره بهای مالکانه، رشد جمعیت، و عوامل بسیار متعدد دیگر نیز از جمله عوامل اجتماعی و فرهنگی موثر در پراکندگی اراضی به شمار می روند. زارع (Zare, 2000) در تحقیق خود تحت عنوان آثار و علل پراکندگی اراضی در استان فارس به این نتایج دست یافت که اصلاحات اراضی دهه ی ۱۳۴۰ عامل اصلی پراکندگی اراضی بوده و تفاوت در کیفیت و مرغوبیت اراضی تشدید کننده ی خردی و پراکندگی اراضی کشاورزی است.

حاجی میر رحیمی و شفیعی قصر (Haji Mirrahimi and Shafiei Qasr 2003) مهمترین عوامل بازدارنده توسعه مکانیزاسیون را گرانی ماشین‌های کشاورزی، کاهش سرمایه‌گذاری بخش های دولتی و خصوصی و خردبودن اراضی کشاورزی دانسته اند و راه‌های بهبود آن را فراهم سازی قوانین حفاظت از یکپارچگی اراضی کشاورزی، افزایش سطح دانش و مهارت کشاورزان می‌دانند. نجیبی خیرآبادی و همکاران (Najibi Kheirabadi rt al,. 2010) در تحقیق خود تحت عنوان خرد شدن اراضی کشاورزی چالش توسعه کشاورزی (عوامل و راهکارها) به این نتایج دست یافت که بین متغیر خردی و پراکندگی اراضی و سن کشاورز، سطح تحصیلات، تعداد محصولات کشت شده و دریافت تسهیلات بانکی رابطه مثبت و معنی داری وجود دراد. همچنین بر اساس نتایج این تحقیق متغیر تعداد محصولات کشت شده بیشترین تاثیر را بر روی خرد شدن اراضی داشته است.

جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al,. 2011) در تحقیق خود تحت عنوان بررسی عوامل موثر بر پراکنش اراضی زراعی در شهرستان شیروان و چرداول و ارائه راهکارهای مناسب برای ساماندهی آن ها به این نتایج دست یافتند که وسعت اراضی، متوسط اندازه قطعات خانوار و جاده های سنتی بین مزارع از مهم‌ترین عوامل موثر بر قطعه قطعه شدن اراضی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه است. رابطه بین بهره‌وری و متغیرهای اندازه مزرعه، تعداد قطعات زمین، هزینه ماشین‌ها و نیروی کار را با استفاده از توابع مختلف از جمله تابع کاب داگلاس و ترانس لک مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه، طرح یکپارچگی زمین‌های کشاورزی مورد تأیید قرار گرفت و تلاش بیشتر درجهت اجرای هرچه سریع‌تر آن در استان فارس، توصیه گردید همچنین پیشنهاد شد تا با به رسمیت شناختن خرید و فروش زمین‌های کشاورزی، امکان به‌هم پیوستن مزارع کوچک و تشکیل واحدهای بزرگ‌تر و کاراتر فراهم آید. لئو و وانگ (Liao and Wang, 2024)در تحقیقات خود بر این نکته تأکید دارند که پدیده پراکندگی اراضی دیگر تنها یک چالش فیزیکی نیست، بلکه به عنوان مانع اصلی برای استقرار «کشاورزی دقیق» شناخته می‌شود. مطالعه حاضر با نگاهی نو و با استفاده از داده‌های تجربی از ۳۷۷ بهره‌بردار، به دنبال واکاوی این پرسش است که آیا در سال ۲۰۲۵، مکانیزاسیون هنوز هم می‌تواند در اراضی خرد نقش یک راهکار موثر در ارتقای عملکرد اقتصادی را ایفا کند یا خیر؟ مطالعات اخیر میلر(Miller and Stewart, 2024) نشان داده‌اند که هرچه تعداد قطعات زمین افزایش یابد، احتمال به‌کارگیری ماشین‌های نوین تا ۴۵٪ کاهش می‌یابد. در تحقیق حاضر نیز رابطه ساختار زمین و تولید مکانیزه به عملکرد اقتصادی دقیقاً همین موضوع را در محصولات استراتژیک ایران هدف قرار داده است. برخی محققان مانند جانگ و براوان (Jang and Bryan, 2025) به این نتیجه رسیده‌اند که در مزارع کوچک زیر ۵ هکتار، مکانیزاسیون به جای افزایش سود، باعث افزایش هزینه‌های ثابت می‌شود. با وجود پیشینه پژوهشی موجود، مرور ادبیات نشان می‌دهد که اکثر مطالعات پیشین بر تحلیل توصیفی عوامل خردشدگی یا بررسی روابط خطی ساده میان اندازه مزرعه و بهره‌وری متمرکز بوده‌اند و به ندرت مدل‌های جامع ساختاری برای تبیین اثرات میانجی مکانیزاسیون در محیط‌های خرد توسعه یافته است. به‌ویژه در شرایط سال ۲۰۲۵، این پرسش که آیا مکانیزاسیون در اراضی خرد همچنان می‌تواند باعث افزایش درآمد کشاورزان شود یا به دلیل افزایش هزینه‌های ثابت (به شرح یافته‌های جانگ و براوان (Jang and Bryan, 2025)) منجر به کاهش رقابت‌پذیری می‌شود، یک خلأ پژوهشی جدی است.

مبانی نظری تحقیق

مبانی نظری این پژوهش بر پایه تئوری صرفه‌جویی نسبت به مقیاس استوار است. بر طبق این نظریه، خُردی و پراکندگی اراضی (ساختار زمین) موجب افزایش هزینه‌های ثابت شده و کارایی تولید مکانیزه را کاهش می‌دهد. در اراضی خُرد، هزینه کل تولید به دلیل جابجایی مکرر ماشین‌آلات و اتلاف زمان افزایش یافته و در نتیجه درآمد خالص کشاورز کاهش می‌یابد.

مدل فعلی با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)، به دنبال تبیین این رابطه است که چگونه ساختار فیزیکی زمین، اثرات مثبت مکانیزاسیون بر عملکرد اقتصادی را تعدیل یا تضعیف می‌کند.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

قلمرو مکانی این پژوهش، شهرستان نورآباد ممسنی با مساحت ۵۶۰۰ کیلومترمربع واقع در غرب استان فارس است. این شهرستان دارای اراضی کشاورزی به مساحت ۹۰۰۰۰هکتار و در ارتفاع ۹۲۰ متری از سطح دریا قرار دارد این منطقه با دارا بودن دشت‌های حاصلخیز و تنوع اقلیمی، یکی از قطب‌های تولید محصولات استراتژیک (گندم، جو و چغندرقند) در جنوب ایران محسوب می‌شود. با این حال، نظام مالکیت اراضی در این منطقه به شدت تحت تأثیر عوامل سنتی و تقسیمات ارثی بوده که منجر به شکل‌گیری اراضی خرد و پراکنده شده است؛ موضوعی که چالش‌های جدی را برای توسعه مکانیزاسیون فراهم آورده است.

جامعه آماری و روش جمع آوری داده ها

جامعه آماری این تحقیق شامل ۱۹۶۰۱ نفر از کشاورزان این شهرستان بوده است. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران، تعداد ۳۷۷ نفر به عنوان نمونه آماری با روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شدند. مواردی که به عنوان سوال در پرسشنامه آمده است عبارتند از مساحت زمین زراعی، تعداد قطعات زمین زراعی، نوع محصول استراتژیک، هزینه کل تولید، درآمد خالص و تعداد ۵۰ سوال دیگر در قالب پرسشنامه بین کشاورزان منطقه مورد مطالعه توزیع و جمع آوری شد. رابطه (۱) فرمول کوکران جهت بدست آوردن حجم نمونه استفاده شد(Cochran, 1977) .

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (۱)$$

n= حجم نمونه

N= اندازه جامعه آماری

t=ضریب اطمینان قابل قبول

S^2 =برآورد واریانس

D= دقت احتمالی مطلوب

متغیرهای تحقیق

۱- ساختار زمین: این متغیر به عنوان یک متغیر مکنون در نظر گرفته شده که از طریق دو شاخص «میزان پراکندگی قطعات» و «خُردی اراضی (متوسط اندازه هر قطعه)» سنجیده می‌شود. در مدل SEM، فرض بر این است که ساختار نامناسب زمین، مانعی جدی برای ورود تکنولوژی است.

۲- تولید مکانیزه (Mechanized Production): این متغیر در پژوهش حاضر به عنوان یک سازه مکنون در نظر گرفته شده است که سطح بکارگیری فناوری و ماشین‌ها را در مراحل اصلی زراعت ارزیابی می‌کند. سنجش این متغیر از طریق شاخص ترکیبی بکارگیری ماشین‌های کشاورزی در مراحل سه‌گانه (کاشت، داشت و برداشت) انجام شد. برای عملیاتی‌سازی این شاخص، از طیف لیکرت ۵ درجه‌ای استفاده گردید تا میزان استفاده از ادوات مکانیزه در مقابل روش‌های سنتی و نیروی کار انسانی سنجیده شود. گویه‌های سنجش این متغیر شامل: «میزان استفاده از تراکتور و ادوات متصل در تهیه بستر بذر»، «بکارگیری دستگاه‌های ردیف‌کار و عمیق‌کار»، «استفاده از سیستم‌های سمپاشی و کوددهی مکانیزه» و «بهره‌گیری از کمباین در برداشت محصول» می‌باشد. افزایش این شاخص نشان‌دهنده کاهش اتکا به نیروی کارگری و ارتقای سرعت و دقت عملیات زراعی است.

۳- عملکرد اقتصادی (Economic Performance): برآیند نهایی فعالیت کشاورزی که در این تحقیق از طریق دو شاخص کمی «درآمد خالص» و «هزینه کل تولید» در واحد سطح (هکتار) ارزیابی شده است.

Table 1. Measurement Items of the Research

No	Item	Question
1	S1	افزایش مسافت جابجائی و دورزدن در قطعات پراکنده، منجر به افزایش شدید مصرف سوخت ماشین آلات می شود.
2	S2	در قطعات پراکنده هزینه حمل ونقل محصول از مزرعه به انبار یا مراکز خرید افزایش می یابد
3	S3	پراکندگی اراضی، سبب افزایش شدید زمان تلف شده برای جابجائی ماشین آلات بین قطعات مختلف می شود.
4	S4	هماهنگی عملیات های کاشت، داشت و برداشت در زمین های پراکنده کمتر است.
5	L1	شکل نامنظم و باریک بودن قطعات، مانور ماشین آلات را دشوار کرده و منجر به افزایش سطح زمین های هرز(کشت نشده) در هنگام عملیات می شود
6	L2	عملیات همزمان در زمین‌های خرد با مشکلات بیشتری مواجه است، چون زمان بیشتری برای تنظیم و آماده سازی ماشین الات در هر قطعه صرف می شود.
7	L3	خرد و کوچک بودن زمین های کشاورزی باعث افزایش مصرف سوخت در ماشین‌آلات می‌شود.
8	L4	خردی زمین باعث می شود دقت عملیات هائی مانند کاشت دقیق بذر چغندر قند کاهش یابد.
9	SH1	میزان استفاده از تجهیزات مکانیزه خاک‌ورزی اولیه(حذف شده)
10	SH2	میزان بکارگیری ماشین‌آلات مدرن کاشت
11	SH3	میزان استفاده از تجهیزات سم‌پاشی و کوددهی مکانیزه
12	SH4	سطح بهره‌گیری از کمباین و ادوات برداشت
13	SH5	یزان اتکا به نیروی کارگری سنتی در مراحل زراعت
14	SH6	میزان هزینه/دسترسی به خدمات شرکتی مکانیزاسیون
15	Cost1	هزینه کل ناخالص تولید در واحد سطح (هکتار)

16	Cost2	هزینه‌های پرداختی بابت نیروی کار و ماشین‌آلات. ادغام در شاخص (COST)
17	Income1	درآمد کل حاصل از فروش محصول در واحد سطح
18	Income2	میزان سود خالص سالانه مزرعه.ادغام در شاخص (Income)

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش نیز داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ها پس از کدگذاری وارد نرم‌افزارهای آماری (SPSS)[1] (نسخه۲۶) شد و روابط میان متغیرها با استفاده از نرم افزار آموس[2] و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری رویکرد کوواریانس‌محور (SEM)[3] انجام شد. فرآیند تحلیل در این پژوهش بر اساس رویکرد استاندارد دو مرحله‌ای اندرسون و گربینگ[4] شامل دو گام اساسی زیر انجام شد:

۱. ارزیابی مدل‌های اندازه‌گیری (تحلیل عاملی تأییدی - CFA[5]):

در مرحله نخست، جهت اطمینان از دقت سنجش متغیرهای مکنون پژوهش شامل «ویژگی‌های ساختاری اراضی» (متغیر مستقل با سنجه‌های خردی و پراکندگی)، میزان تولید مکانیزاسیون (متغیر میانجی) و عملکرد اقتصادی (متغیر وابسته)، مدل‌های اندازه‌گیری مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای سنجش همسانی درونی و پایایی سازه‌ها از شاخص‌های آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی (CR)[6] با آستانه پذیرش بالای ۰/۷ استفاده گردید. همچنین روایی همگرا با استفاده از شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده با حداقل مقدار قابل‌قبول ۰/۵ و روایی واگرا بر اساس معیار فورنل و لارکر[7] ارزیابی شد.

۲. ارزیابی مدل ساختاری و آزمون فرضیه‌ها:

در مرحله دوم، پس از تایید برازش مدل‌های اندازه‌گیری، مدل ساختاری کل پژوهش جهت آزمون فرضیه‌ها ترسیم گردید. جهت بررسی میزان انطباق مدل با داده‌های تجربی، شاخص‌های برازش چندگانه شامل کای‌اسکوئر نسبی (CMIN/DF)[8]، شاخص نیکویی برازش (GFI)[9] شاخص برازش تطبیقی (CFI)[10] و ریشه میانگین مجذور خطای تقریب (RMSEA) مبنای تحلیل قرار گرفتند.

فرضیات

۱- بین پراکندگی اراضی کشاورزی با تولید مکانیزه محصولات استراتژیک رابطه معنی داری وجود دارد.

---

1. Statistical Package for the Social Sciences
2. Amos
3. Structural Equation Modeling
4. Anderson & Gerbing
5. Confirmatory Factor Analysis
6. Composite Reliability
7. Fornell-Larcker Criterion
8. Chi-square divided by Degrees of Freedom
9. Goodness of Fit Index
10. Comparative Fit Index

۲- بین خردشدن اراضی کشاورزی با تولید مکانیزه محصولات استراتژیک رابطه معنی داری وجود دارد.
۳- مکانیزاسیون در اراضی خرد و پراکنده، نقش میانجی در تغییر عملکرد اقتصادی کشاورزان ایفا می‌کند.

مبنای خرد بودن اراضی

طبق قانون «جلوگیری از خرد شدن اراضی کشاورزی و ایجاد قطعات مناسب فنی و اقتصادی» (مصوب ۱۳۸۵ مجلس شورای اسلامی و اصلاحیه ۱۳۹۵)، حد نصاب‌های فنی و اقتصادی برای مناطق مختلف کشور بر اساس شرایط اقلیمی، الگوی کشت و نوع بهره‌برداری (آبی، دیم و باغ) متفاوت تعیین شده است. در این پژوهش، با استناد به تصویب‌نامه هیئت وزیران در خصوص حد نصاب‌های فنی و اقتصادی اراضی کشاورزی در شهرستان ممسنی، عدد ۴ هکتار به عنوان حد نصاب قطعات اراضی زراعی آبی مبنای عمل قرار گرفت. بر این اساس، در این بخش، متغیر «خرد بودن» به صورت یک متغیر دووجهی (Dummy Variable) عملیاتی شد، به طوری که قطعات با مساحت کمتر از ۴ هکتار به عنوان «اراضی خرد» و قطعات با مساحت ۴ هکتار و بیشتر به عنوان «اراضی غیرخرد» طبقه‌بندی و وارد مدل شدند. این تفکیک جهت بررسی دقیق‌تر اثرات ساختار کالبدی بر میزان بهره‌گیری از تکنولوژی و مکانیزاسیون انجام یافته است.

شاخص‌های برازش مدل

برای ارزیابی میزان انطباق مدل نظری با داده‌های تجربی، از شاخص‌های مختلف برازش استفاده شد. مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده شامل:

مهمترین شاخص های برازش:

۱. شاخص کای-اسکوئر نسبی (CMIN/DF)[11]:

این شاخص از تقسیم مقدار کای-اسکوئر بر درجه آزادی مدل به‌دست می‌آید. از آن‌جایی که مقدار کای-اسکوئر به شدت به حجم نمونه حساس است، از نسبت آن برای ارزیابی برازش استفاده می‌شود. به طور کلی، مقادیر کمتر از ۳ (یا در برخی متون کمتر از ۵) نشان‌دهنده برازش قابل قبول مدل است و حاکی از آن است که مدل پیشنهادی با داده‌های واقعی سازگاری دارد (Hu and Bentler, 1999).

۲. شاخص برازش تطبیقی (CFI)[12]:

شاخص (CFI) یک شاخص تطبیقی است که مدل مورد مطالعه را با یک مدل پایه (Null Model) مقایسه می‌کند. مقدار این شاخص بین ۰ و ۱ متغیر است. بر اساس معیار مقادیر بالای ۰,۹۰ نشان‌دهنده برازش خوب و مقادیر بالای ۰,۹۵ نشان‌دهنده برازش عالی مدل می‌باشد (Hu and Bentler, 1999).

---

11. Chi-square divided by Degrees of Freedom
12. Comparative Fit Index

۳. شاخص نیکویی برازش [۱۳](GFI):

شاخص (GFI) میزان تفاوت بین ماتریس کوواریانس مشاهده شده و ماتریس کوواریانس مدل را اندازه می‌گیرد. این شاخص نشان می‌دهد که مدل تا چه حد توانسته است واریانس داده‌ها را تبیین کند. مقادیر نزدیک به ۱ نشان‌دهنده برازش کامل است و مقادیر بالای ۰,۹۰ به عنوان معیاری برای پذیرش مدل در نظر گرفته می‌شود (Hair et al., 2019).

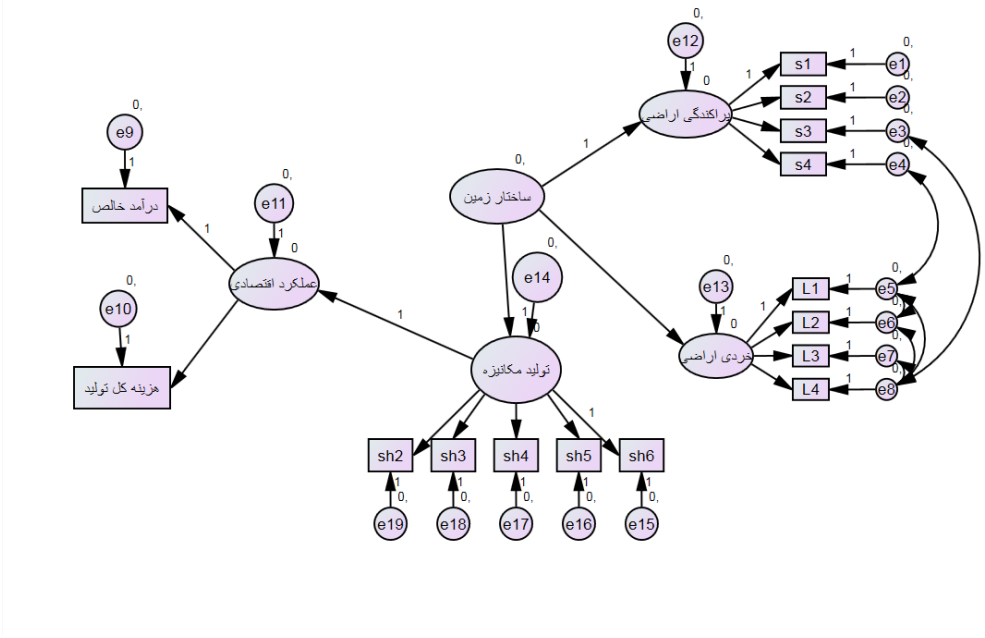
۴. ریشه میانگین مربعات خطای تقریب [۱۴](RMSEA):

شاخص RMSEA یکی از حساس‌ترین شاخص‌های برازش است که خطای تخمین مدل را نسبت به درجه آزادی می‌سنجد. برخلاف سایر شاخص‌ها، در اینجا هرچه مقدار کمتر باشد، برازش مدل بهتر است. بر اساس معیارهای استاندارد، مقادیر کمتر از ۰/۰۵ نشان‌دهنده برازش عالی و مقادیر بین ۰/۰۵ تا ۰/۰۸ نشان‌دهنده برازش قابل قبول مدل است (Hu and Bentler, 1999).

این شاخص‌ها نشان می‌دهند که مدل پیشنهادی تا چه میزان با داده‌های واقعی برای سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ سازگاری دارد.

نتایج و بحث

در این پژوهش، ساختار کالبدی اراضی به عنوان متغیر مستقل، تولید مکانیزه به عنوان متغیر میانجی و عملکرد اقتصادی به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. این چارچوب تحلیلی امکان بررسی دقیق اثرات زنجیره‌ای خردی و پراکندگی اراضی بر وضعیت اقتصادی کشاورزان را فراهم ساخته است.



13. Goodness of Fit Index
14. Root Mean Square Error of Approximation

Figure 1. The Structural Equation Model

برازش مدل ساختاری

به‌منظور بررسی میزان انطباق مدل مفهومی پژوهش با داده‌های تجربی، شاخص‌های برازش مدل در نرم‌افزار AMOS مورد ارزیابی قرار گرفت(شکل۱). نتایج حاصل از شاخص‌های برازش نشان داد که مدل از وضعیت قابل قبول و مطلوبی برخوردار است(جدول۱). مقدار شاخص GFI برابر با ۰/۹۱۴ و شاخص CFI نیز برابر با ۰/۹۱۴ به دست آمد که هر دو بالاتر از حد استاندارد ۰/۹۰ بوده و بیانگر برازش مناسب مدل هستند. همچنین مقدار RMSEA برابر با ۰/۰۹۱ محاسبه شد که با توجه به پیچیدگی مدل و حجم نمونه، در محدوده قابل قبول قرار دارد. مقدار CMIN/DF نیز برابر با ۴/۰۹۵ به دست آمد که کمتر از حد استاندارد ۵ است که نشان می‌دهد مدل ساختاری از قابلیت تبیین مناسبی برخوردار است. مقادیر به دست آمده برای شاخص‌های برازش در این پژوهش، با نتایج مطالعات پیشین در حوزه مدل‌سازی مکانیزاسیون کشاورزی آکچایاب و کیزیلکان (Agcayab and Kizilkan, 2024) همخوانی دارد. نتایج برازش مدل نشان می‌دهد که روابط تعریف‌شده میان متغیرهای ساختار زمین، تولید مکانیزه و عملکرد اقتصادی با داده‌های میدانی جمع‌آوری شده از منطقه مورد مطالعه هماهنگی داشته و مدل پژوهش توانسته است واقعیت‌های موجود در منطقه مورد مطالعه را به‌خوبی تبیین نماید.

Table (2)Goodness-of-Fit Indices for the Structural Model

Fit Index	Value	Recommended Value	Result
CMIN/DF	4.095	<5	Good Fit
GFI	0.914	>0.90	Good Fit
CFI	0.914	>0.90	Good Fit
(RMSEA)	0.091	<0.1	Acceptable

تحلیل اثر ساختار اراضی بر تولید مکانیزه

همان‌گونه که در جدول شماره (۳) آمده است نتایج مدل ساختاری نشان داد که مسیر ساختار اراضی به تولید مکانیزه دارای ضریب استاندارد ۰/۱۹۳- و سطح معناداری ۰/۰۳۳ است. بنابراین، این رابطه در سطح پنج درصد معنادار است. جهت منفی ضریب نشان می‌دهد که در چارچوب تعریف و کدگذاری سازه ساختار اراضی در این پژوهش، وضعیت نامناسب‌تر ساختار اراضی با کاهش سطح تولید مکانیزه همراه بوده است. این یافته با دیدگاه نظری مطرح‌شده در پژوهش درباره اهمیت ویژگی‌هایی مانند اندازه و پراکندگی قطعات در امکان استفاده از ماشین‌های کشاورزی سازگار است. در اراضی کوچک و پراکنده، اجرای عملیات مکانیزه ممکن است با محدودیت‌های عملیاتی بیشتری همراه باشد. با این حال، نتیجه حاضر نباید به

این معنا تفسیر شود که ساختار اراضی تنها عامل تعیین‌کننده مکانیزاسیون است. میزان مکانیزاسیون می‌تواند تحت تأثیر عوامل دیگری مانند دسترسی به ماشین‌ها، هزینه خدمات، نوع محصول، شرایط مزرعه، وضعیت اقتصادی بهره‌بردار و سایر عوامل قرار گیرد؛ اما این عوامل در مدل حاضر به‌عنوان مسیرهای مستقل آزمون نشده‌اند. بنابراین، نتیجه اصلی این بخش صرفاً آن است که در نمونه مورد مطالعه، مسیر ساختار اراضی به تولید مکانیزه از نظر آماری معنادار و دارای جهت منفی بوده است. این یافته با نتایج پژوهش آکچایاب و کیزیلکان (Agcayab and Kizilkan, 2024) که از طریق مدل‌سازی معادلات ساختاری بر تأثیر مستقیم یکپارچه‌سازی بر کارایی مکانیزاسیون تأکید داشتند، همسو است. همچنین، وانگ و لی (Wang and Li, 2023) نیز در مطالعات خود نشان دادند که پراکندگی اراضی با ایجاد تنگنا در دسترسی ماشین‌های کشاورزی، فرآیند نوسازی کشاورزی را با چالش جدی مواجه می‌کند. در تبیین این وضعیت در منطقه نورآباد ممسنی، می‌توان به نتایج تقوایی (Taghvai, 1997) و جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2011) استناد کرد که معتقد بودند ساختار کالبدی نامناسب اراضی، علاوه بر اتلاف زمان، مانع از نظارت مستمر و مدیریت بهینه تولید می‌گردد.

Table (3). Path coefficients and model hypothesis results

Model Paths	Standardized Coefficient (β)	Critical Ratio (C.R.)	Significance Level (P-value)	Hypothesis Result
Land Structure → Mechanized Production	-0.193	-2.130	0.033	**Supported**
Structure → Land Fragmentation	0.847	7.440	*	**Supported**
Land Structure → Land Dispersion	1.273	7.644	*	**Supported**
Mechanized Production → Economic Performance	-0.139	-1.168	0.243	**Rejected**

تحلیل رابطه تولید مکانیزه و عملکرد اقتصادی

نتایج مدل نشان داد که ضریب مسیر تولید مکانیزه به عملکرد اقتصادی برابر ۰/۱۳۹- است، اما مقدار P برابر ۰/۲۴۳ به دست آمده است. بنابراین، اگرچه جهت ضریب منفی است، این رابطه در سطح پنج درصد از نظر آماری معنادار نیست. بر این اساس، فرضیه وجود رابطه مستقیم معنادار میان تولید مکانیزه و عملکرد اقتصادی در پژوهش حاضر رد می‌شود. این یافته به این معنا نیست که مکانیزاسیون در همه شرایط اثر منفی بر عملکرد اقتصادی دارد. بلکه تنها نشان می‌دهد که در داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، شواهد آماری کافی برای تأیید یک رابطه مستقیم معنادار میان دو سازه وجود ندارد. یکی از دلایل احتمالی این نتیجه می‌تواند آن باشد که اثر اقتصادی مکانیزاسیون به شرایط استفاده از ماشین‌های کشاورزی و هزینه‌های مرتبط با آن وابسته است. در صورت بالا بودن هزینه خدمات، اجاره ماشین‌ها یا سایر هزینه‌های عملیاتی، افزایش استفاده از ماشین‌های کشاورزی لزوماً به افزایش عملکرد اقتصادی منجر نمی‌شود. با این حال، از آنجا که این عوامل به‌صورت مستقل در مدل حاضر آزمون نشده‌اند، نمی‌توان آنها را به‌عنوان علت اثبات‌شده نتیجه حاضر معرفی کرد. یافته حاضر با نتایج برخی مطالعات مورد

اشاره در مقاله درباره افزایش هزینه خدمات مکانیزاسیون در شرایط پراکندگی اراضی قابل مقایسه است. تحقیق حاضر، با یافته‌های جانگ و برایان (Jang and Brayan, 2025) در خصوص مفهوم "تله مکانیزاسیون" تطابق کامل دارد؛ آن‌ها استدلال می‌کنند که در اراضی خرد، هزینه‌های ثابت به‌قدری بالاست که صرفه‌های ناشی از مقیاس از بین می‌رود. همچنین چن و همکاران (Chen et al, 2024) از دیدگاه اقتصادسنجی فضایی تأیید کردند که پراکندگی اراضی منجر به افزایش تصاعدی هزینه خدمات مکانیزاسیون می‌شود که این امر می‌تواند توجیه‌کننده رد شدن فرضیه اثرگذاری مکانیزاسیون بر عملکرد اقتصادی در این منطقه باشد. این در حالی است که مطالعات کلاسیک نظیر ترکمانی و حاجی‌رحیمی (Torkamani and Haji Rahimi, 1998)بررابطه مثبت اندازه مزرعه و بهره‌وری تأکید داشتند، اما به نظر می‌رسد در شرایط فعلی، هزینه‌های عملیاتی که حاجی‌میررحیمی و شفیعی‌قصر (Haji Mirrahimi and Shafiei Qasr 2003) نیز به آن اشاره کرده‌اند، مزایای تولید مکانیزه را خنثی کرده است.

تحلیل بارهای عاملی

مطابق جدول شماره(۴) یافته‌های پژوهش مدل اندازه‌گیری نشان داد که شاخص‌های مربوط به پراکندگی و خردی اراضی ارتباط معناداری با سازه‌های مربوطه دارند. بارهای عاملی شاخص‌های پراکندگی اراضی شامل S2 ، S3و S4 به‌ترتیب ۰/۹۲۴، ۰/۸۶۳ و ۰/۷۳۸ گزارش شد. همچنین بارهای عاملی شاخص‌های خردی اراضی شامل L2 ، L3و L4 به‌ترتیب ۰/۷۶۸، ۰/۷۵۲و۰/۶۴۰ بود. آماره‌های گزارش‌شده برای این شاخص‌ها نیز معناداری آنها را تأیید می‌کند. در میان شاخص‌های پراکندگی اراضی، S2بیشترین بار عاملی را با مقدار ۰/۹۲۴ داشت. بنابراین، می‌توان گفت این شاخص در بازنمایی سازه پراکندگی اراضی سهم بیشتری نسبت به S3 و S4 دارد. با این حال، از روی مقدار بار عاملی به‌تنهایی نمی‌توان درباره علت ایجاد پراکندگی اراضی یا عوامل تاریخی و اجتماعی مؤثر بر آن نتیجه‌گیری کرد. در مورد خردی اراضی نیز هر سه شاخص L2، L3و L4 دارای بارهای عاملی مثبت و معنادار بودند. بالاترین مقدار مربوط به L2 با ضریب ۰/۷۶۸ و کمترین مقدار مربوط به L4 با ضریب ۰/۶۴۰ بود. برای سازه تولید مکانیزه، بارهای عاملیSh3 ، Sh4، Sh5و Sh6 به‌ترتیب ۰/۲۵۱، ۰/۲۸۱، ۰/۱۹۰- و ۰/۵۹۹- گزارش شده است. هر چهار شاخص از نظر آماری معنادار گزارش شده‌اند، اما جهت ضرایب یکسان نیست. این موضوع نشان می‌دهد که نحوه کدگذاری و معنای دقیق گویه‌های مربوط به تولید مکانیزه باید در تفسیر این ضرایب مورد توجه قرار گیرد. به‌ویژه، بار عاملی منفی Sh6 نباید به‌تنهایی به معنای «نامناسب بودن ماشین‌آلات سنگین» یا «ناموفق بودن فناوری نوین» تلقی شود. بار عاملی صرفاً جهت و شدت ارتباط شاخص مشاهده‌پذیر با سازه را در چارچوب کدگذاری انجام‌شده نشان می‌دهد. بنابراین، تفسیر ماهیت فناوری یا نوع ماشین‌آلات مستلزم اطلاع از عبارت دقیق گویه و نحوه کدگذاری آن است. در سازه عملکرد اقتصادی، بار عاملی Income برابر ۰/۶۴۴گزارش شد و به‌عنوان شاخص معنادار در مدل قرار گرفت. برای Cost نیز بار عاملی ۰/۵۱۰ و آماره ۰/۹۰۷گزارش شده و در جدول مقاله غیرمعنادار اعلام شده است. بنابراین، در تفسیر عملکرد اقتصادی باید میان شاخص درآمد و شاخص هزینه تمایز قائل شد و نمی‌توان از غیرمعناداری شاخص هزینه، درباره رفتار اقتصادی یا انگیزه‌های بهره‌برداران نتیجه‌گیری کرد. این یافته با مطالعات بافکر(Bafakr, 1993) و جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2011) که بر ریشه‌های تاریخی و کالبدی پراکندگی اراضی در ایران تأکید داشتند، همخوانی دارد. برخلاف تصور عامه که تنها کمبود منابع مالی را مشکل اصلی می‌دانند، این تحلیل عمیق نشان می‌دهد که "فاصله فیزیکی قطعات" و "تعدد مالکیت در ابعاد کوچک"، باعث افزایش هزینه‌های پنهان تولید و هدررفت زمان کشاورزان می‌شود. این نتایج با یافته‌های تقوایی (Taghavai, 1997) همسو بوده و تأکید می‌کند که بدون اصلاحات ساختاری در زمینه یکپارچه‌سازی، سایر حمایت‌های فنی ممکن است اثربخشی لازم را نداشته باشند. در بخش تولید مکانیزه،

وجود بارهای عاملی منفی در شاخص‌هایی مانند Sh6 (با مقدار۰/۵۹۹-)، دریچه‌ای جدید برای تحلیل وضعیت منطقه می‌گشاید. این معناداری منفی نشان‌دهنده یک تضاد ساختاری است؛ به این معنا که با افزایش خردی و پراکندگی اراضی، استفاده از تکنولوژی‌های نوین و ماشین‌آلات سنگین نه تنها باعث بهبود عملکرد نشده، بلکه ممکن است به دلیل عدم تناسب مقیاسِ زمین با نوع ماشین‌آلات، منجر به ناکارآمدی شود. این تحلیل همسو با نظریه وانگ و لی(Wang and Li, 2023) در خصوص "تنگنای دسترسی ماشین‌آلات" و همچنین یافته‌های ژو و ما (Zhou and Ma, 2024) است که استدلال کردند پراکندگی اراضی مانع از پذیرش ماشین‌آلات هوشمند و مدرن می‌شود. موضوعی که پیش‌تر حاجی‌میررحیمی و شفیعی‌قصر (Haji Mirrahimi and Shafiei Qasr 2003) نیز به عنوان یکی از موانع اصلی توسعه مکانیزاسیون در ایران به آن اشاره کرده بودند. در واقع، مکانیزاسیون در قطعات کوچک و پراکنده، به جای آنکه یک پیشران باشد، تبدیل به یک هزینه سربار شده است. این تحلیل به سیاست‌گذاران هشدار می‌دهد که ترویج مکانیزاسیون بدون در نظر گرفتن اندازه بهینه قطعات زمین، می‌تواند منجر به شکست طرح‌های توسعه‌ای گردد. یکی از نقاط تامل‌برانگیز در این پژوهش، غیرمعنادار شدن آماره t برای متغیر "هزینه" در عامل عملکرد اقتصادی بود. از منظر تحلیلی، این موضوع نشان می‌دهد که در جامعه مورد مطالعه، رفتارهای اقتصادی کشاورزان لزوماً بر اساس محاسبات دقیق سود و هزینه شکل نمی‌گیرد. این یافته برخلاف نتایج کلاسیک ترکمانی و حاجی‌رحیمی (Torkamani and Haji Rahimi, 1998) است که بر رابطه مستقیم اندازه مزرعه و بهره‌وری تأکید داشتند. این وضعیت را می‌توان با یافته‌های چن و همکاران (Chen et al, 2024) تبیین کرد که معتقدند در اراضی خرد، هزینه‌های خدمات مکانیزاسیون به قدری غیربهینه افزایش می‌یابد که عملاً پیوند منطقی بین هزینه و عملکرد اقتصادی گسسته می‌شود. به عبارت دیگر، کشاورزان منطقه به دلیل وابستگی معیشتی به زمین، حتی در صورت بالا بودن هزینه‌های تولید نسبت به درآمد، همچنان به فعالیت خود ادامه می‌دهند. این "پایداری سنتی" باعث شده است که شاخص هزینه نتواند به عنوان یک متغیر تفکیک‌کننده در عملکرد اقتصادی عمل کند. این یافته بر ضرورت بازنگری در مدل‌های حمایتی دولت و لزوم ارائه مشوق‌های مالی که مستقیماً هزینه‌های نهاده را هدف قرار می‌دهند، تأکید دارد. بالا بودن بارهای عاملی در گویه‌های ساختار زمین نشان‌دهنده عمق بحران خردی اراضی در منطقه است؛ موضوعی که در گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس (Islamic Consultative Assembly Research Center, 2022) نیز به عنوان یکی از چالش‌های اصلی ساختاری ایران ذکر شده و لزوم الگوبرداری از تجارب جهانی برای برون‌رفت از این وضعیت را دوچندان می‌کند. همچنین این نتایج با هشدارهای نجیبی خیرآبادی و همکاران (Najibi Kheirabadi rt al,. 2010) در خصوص تهدید توسعه کشاورزی توسط نظام ارث و خرد شدن اراضی همخوانی دارد.

Table 4. Factor Loadings, Fitness Criteria, and Their Significance Levels

Result	t-value	Standardized Factor Loading	Observed Variables	Latent Variables
Significant	25.925	0.924	S2	**Land Dispersion**
Significant	22.784	0.863	S3	
Significant	17.499	0.738	S4	
Significant	18.841	0.768	L2	**Land Fragmentation**
Significant	15.214	0.752	L3	
Significant	12.936	0.640	L4	

Significant	2.721	0.251	Sh3	**Mechanized Production**
Significant	2.475	0.218	Sh4	
Significant	-2.236	-.190	Sh5	
Significant	-2.977	-.599	Sh6	
Non-significant	0.907	0.510	Cost	**Economic Performance**
Significant	Reference	0.644	income	

تحلیل اثرات غیرمستقیم

در چارچوب مفهومی پژوهش، تولید مکانیزه به‌عنوان متغیر میانجی میان ساختار اراضی و عملکرد اقتصادی در نظر گرفته شد. بنابراین، از نظر نظری مسیر زیر مورد توجه قرار گرفت:

ساختار اراضی ⟶ تولید مکانیزه ⟶ عملکرد اقتصادی

با توجه به نتایج مدل، مسیر اول یعنی ساختار اراضی به تولید مکانیزه معنادار بود(β=-0/193) ، (p=0/033)، اما مسیر دوم یعنی تولید مکانیزه به عملکرد اقتصادی معنادار نبود (β=-0/139) ، (p=0/243) از این رو، صرفاً بر اساس این دو مسیر نمی‌توان وجود یک اثر میانجی معنادار را تأیید کرد. بنابراین، در پژوهش حاضر می‌توان گفت که مدل نظری امکان بررسی نقش میانجی تولید مکانیزه را فراهم کرده است، اما برای تأیید آماری میانجی‌گری باید مقدار اثر غیرمستقیم و سطح معناداری آن، ترجیحاً بر اساس روش بوت‌استرپ[15]، گزارش شود. تا زمانی که این اطلاعات در دسترس نباشد، تولید مکانیزه نمی‌تواند به‌عنوان یک میانجی معنادار بین ساختار اراضی و عملکرد اقتصادی معرفی شود. این زنجیره اثرگذاری با یافته‌های آکچایاب و کیزیلکان (Agcayab and Kizilkan, 2024) که بر نقش میانجی مکانیزاسیون در رابطه بین یکپارچه‌سازی و کارایی تأکید داشتند، مطابقت دارد. این زنجیره نشان می‌دهد که مشکلات اقتصادی کشاورزان تنها ناشی از کمبود فناوری نیست، بلکه ساختار سنتی مالکیت نقش اساسی در کاهش بازدهی سرمایه‌گذاری‌های مکانیزاسیون دارد. همان‌طور که لیائو و وانگ (Liao and Wang, 2024) اشاره کرده‌اند، پراکندگی فیزیکی به عنوان یک سد محکم در برابر گذار به کشاورزی هوشمند و سودآور عمل می‌کند. به عبارت دیگر، خردی و پراکندگی اراضی ابتدا باعث کاهش کارایی مکانیزاسیون شده و در ادامه از طریق افزایش هزینه‌ها و کاهش بهره‌وری، عملکرد اقتصادی را تضعیف می‌کند. بنابراین، هرگونه برنامه توسعه مکانیزاسیون بدون اصلاح ساختار اراضی، اثربخشی محدودی خواهد داشت.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی رابطه میان ساختار اراضی، تولید مکانیزه و عملکرد اقتصادی بهره‌برداران محصولات استراتژیک در شهرستان نورآباد ممسنی انجام شد. در این پژوهش، ساختار اراضی از دو مؤلفه خردی و پراکندگی اراضی تشکیل شد و تولید مکانیزه و عملکرد اقتصادی نیز بر اساس شاخص‌های مشاهده‌پذیر وارد مدل معادلات ساختاری شدند. نتایج مدل ساختاری نشان داد که رابطه میان ساختار اراضی و تولید مکانیزه از نظر آماری معنادار و دارای جهت منفی است(β=-

[15]. Bootstrapping

(0/193، p=0/033)بنابراین، در نمونه مورد مطالعه، نامناسب بودن ساختار اراضی با کاهش سطح تولید مکانیزه همراه بوده است. همچنین، دو مؤلفه خردی و پراکندگی اراضی با سازه ساختار اراضی رابطه معناداری داشتند؛ به‌ترتیب با ضرایب ۰/۸۴۷ و ۲۷۳/۱ و سطح معناداری کمتر از ۰/۰۰۱. در مقابل، رابطه مستقیم تولید مکانیزه با عملکرد اقتصادی معنادار نبود(β=- 0/139، p=0/243)بنابراین، فرضیه مربوط به وجود اثر مستقیم معنادار تولید مکانیزه بر عملکرد اقتصادی تأیید نشد. در نتیجه، از یافته‌های پژوهش نمی‌توان نتیجه گرفت که افزایش مکانیزاسیون به‌تنهایی موجب بهبود یا کاهش معنادار عملکرد اقتصادی بهره‌برداران شده است. همچنین، اگرچه در چارچوب نظری پژوهش نقش میانجی تولید مکانیزه میان ساختار اراضی و عملکرد اقتصادی مطرح شد، اطلاعات ارائه‌شده در خروجی مدل موجود برای تأیید قطعی اثر غیرمستقیم کافی نیست. برای اعلام میانجی‌گری معنادار لازم است ضریب اثر غیرمستقیم و آزمون معناداری آن گزارش شود. بنابراین، در نسخه حاضر از تأیید قطعی نقش میانجی تولید مکانیزه خودداری می‌شود. از نظر کاربردی، یافته‌های پژوهش بر ضرورت توجه هم‌زمان به ویژگی‌های ساختاری اراضی و نوع و مقیاس فناوری مکانیزاسیون تأکید دارد. در اراضی کوچک و پراکنده، سیاست توسعه مکانیزاسیون نباید صرفاً بر استفاده از ماشین‌آلات بزرگ و سنگین استوار باشد؛ بلکه انتخاب فناوری باید متناسب با اندازه قطعات، نوع عملیات و شرایط اقتصادی بهره‌بردار صورت گیرد. در نهایت، نتایج این مطالعه باید در محدوده جامعه آماری و متغیرهای بررسی‌شده تفسیر شود. عواملی مانند نظام ارث، هزینه سوخت، استهلاک ماشین‌آلات، دسترسی به اعتبار و خدمات مکانیزاسیون، اگرچه می‌توانند از نظر نظری با موضوع پژوهش مرتبط باشند، در مدل حاضر به‌صورت مستقل آزمون نشده‌اند. بنابراین، بررسی نقش مستقل این عوامل و همچنین آزمون دقیق اثر غیرمستقیم ساختار اراضی بر عملکرد اقتصادی می‌تواند موضوع پژوهش‌های آینده باشد.

پیشنهادهای پژوهش

بر اساس یافته‌های پژوهش، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱ .**توجه به ساختار اراضی در برنامه‌های توسعه مکانیزاسیون:** برنامه‌ریزی مکانیزاسیون باید علاوه بر شاخص‌های معمول ماشین‌آلات، ویژگی‌هایی مانند اندازه و پراکندگی قطعات را نیز در نظر بگیرد.

۲ .**توسعه فناوری متناسب با اراضی کوچک**: در قطعات کوچک و پراکنده، استفاده از ماشین‌های کشاورزی و تجهیزات متناسب با مقیاس زمین، به جای تأکید صرف بر ماشین‌آلات بزرگ و سنگین، مورد توجه قرار گیرد.

۳ .**تقویت خدمات مکانیزاسیون:** توسعه خدمات مکانیزاسیون در قالب خدمات قابل دسترس برای قطعات کوچک می‌تواند یکی از گزینه‌های سیاستی برای کاهش محدودیت‌های ناشی از اندازه بهره‌برداری باشد.

٤ .**توجه هم‌زمان به ساماندهی اراضی و مکانیزاسیون:** برنامه‌های یکپارچه‌سازی و ساماندهی اراضی در صورت امکان در کنار سیاست‌های مکانیزاسیون بررسی و ارزیابی شوند.

۵ .**انجام مطالعات اقتصادی تکمیلی**: با توجه به معنادار نبودن رابطه مستقیم تولید مکانیزه و عملکرد اقتصادی در پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده هزینه اجاره ماشین‌های کشاورزی، سوخت، تعمیر و نگهداری، استهلاک، زمان جابه‌جایی بین قطعات و هزینه خدمات مکانیزاسیون به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری و در مدل وارد شوند.

٦ .آزمون اثرات میانجی با روش‌های مناسب: برای بررسی دقیق نقش تولید مکانیزه در رابطه میان ساختار اراضی و عملکرد اقتصادی، استفاده از آزمون بوت‌استرپ و گزارش ضریب اثر غیرمستقیم، خطای استاندارد و فاصله اطمینان پیشنهاد می‌شود.

References

Ahmadi, A., & Amini, A. (2007). Factors affecting the demand for implementing integrated agricultural land projects from the perspective of experts in Kermanshah city and Lanjan region, Isfahan**.** Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources**,** (42). [In Persian]

Agcayab, M & ,.Kizilkan, G. (2024.Evaluating the impact of land consolidation on farm mechanization efficiency: A structural equation modeling approach .Land Use Policy, 138, 107042.

Bafakr, H. (1993). Land fragmentation and consolidation: Causes, factors, and effects. Quarterly Journal of Agricultural Economics and Development**,** (2), 167-171. [In Persian]

Brian G.S., and Kienzle J. 2006. Farm power and mechanization for sub-Saharan Africa. Agricultural and Food Engineering Technical Report. http://www.fao.org.

Chen, T., Yi, M & ,.Zhang, Z. (2024). Does land fragmentation increase the cost of mechanization services? A spatial econometric analysis **.**Agricultural Economics (Zemědělská ekonomika), 70(2), 65-78.

Cochran, W. G. 1977. Sampling Techniques. Third Edition, Publisher: John Wiley and Sons, 448p.

Demetriou, D. 2013. The development of an integrated planning and decision.

Gokdogan, O. 2012. Comparison of Indicators of Agricultural Mechanization Level of Turkey and the European Union. Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty, 9(2), 1-4.

Haji Mirrahimi, D., & Shafiei Qasr, M. (2003). Investigation of obstacles and strategies for the development of agricultural mechanization in Markazi province**.** Jehad Journal**,** 23(261), 40-50. [In Persian]

Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal**,** 6(1), 1-55.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate Data Analysis (8th ed.). Cengage Learning.

Islamic Consultative Assembly Research Center, (2022). Global experiences of agricultural land consolidation: Lessons for Iran. Report No. 18618. [In Persian]

Jamshidi, A. R., Teymouri, M., & Jamshidi, M. (2011). Investigation of factors affecting the dispersion of agricultural lands in Shirvan and Chardaval counties and providing appropriate solutions for their organization**.** Iranian Journal of Agricultural Research and Development**,** 2-42(3), 367-378. [In Persian]

Journal of the Faculty of Literature and Human Sciences, University of Isfahan**,** (9), 1-34. [In Persian]

Jang, H., & Bryan, B. A. (2025). Smallholder mechanization traps: Evaluating fixed cost thresholds in fragmented landscapes. World Development, 182, 106689.

Liao, J & ,.Wang, Y. (2024). Digital agriculture and land fragmentation: Beyond physical barriers to smart farming adoption .Technological Forecasting and Social Change , 199,123045.

Maheshwari, T. K., and Tripathi, A. 2019. Comparison of agricultural mechanization indicators between western and eastern region of Uttar Pradesh, India. International Journal of Agricultural Engineering. 12(2), 208-216.

Miller, A., & Stewart, R. (2024). The impact of land fragmentation on the adoption of precision agriculture technologies: A global meta-analysis. Journal of Agricultural Systems, 214, 103852.

Norouzian, M. (1999). An analysis of land consolidation issues in the central district of Bostanabad. (Master's thesis, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Isfahan). [In Persian]

Najibi Kheirabadi, H., Maghsoodi, T., & Amani, A. (2010). Fragmentation of agricultural lands: A challenge to agricultural development (Factors and solutions). National Conference on the Role of Agriculture and Natural Resources in the Development of the Islamic Republic of Iran toward 2025. [In Persian]

Torkamani, J., & Haji Rahimi, M. (1998). The relationship between farm size and productivity of production factors (A case study of farmers in Fars province). [In Persian]

Taghavai, M. (1997). Introduction and spatio-temporal comparison of factors affecting the fragmentation and dispersion of agricultural lands and the issue of land consolidation.

Wang, X & ,.Li, F. (2023. The dilemma of land fragmentation in the process of agricultural modernization: A perspective of machinery accessibility .Journal of Cleaner Production, 395, 136420.

Zare, A. (2000). Effects and causes of land fragmentation in Fars province**.** Proceedings of the 3rd Iranian Agricultural Economics Conference**.** Ferdowsi University of Mashhad, Vol 1, 1111-1123. [In Persian]

Zhou, Y & ,.Ma, X. 2024. How land fragmentation inhibits the adoption of smart agricultural machinery: Evidence from large-scale grain producers. Journal of Rural Studies, 106, 103215.

زود آنلاین