Journal of Agricultural Mechanization, 9 (4):71-88 (2025)

Journal of
Agricultural Mechanization

Online ISSN 2717-4107
Journal homepage: https://jam.tabrizu.ac.ir/?lang=en

Research Paper

Agricultural Mechanization Assessment in Boroujerd County by Mechanization Evaluation Indices

Mehrdad Jalalvand[1], Asadolah Akram[1]*, Majid Khanali[1]

1- Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

ARTICLE INFO

***Keywords*:**

Agricultural Mechanization,

Assessment,

Indicators

EXTENDED ABSTRACT

This study aimed to investigate agricultural mechanization status by agricultural mechanization indices in Boroujerd County. Statistics and Data were collected by specially designed questionnaires, field surveys, and data received from Boroujerd Agricultural Jihad Management and National Meteorological Organization. In this research Degree, Level, Economic Efficiency, Ratio of Power Sources to cultivated area and stakeholder, Executive Power, Productivity Coefficient, and Capacity of Mechanization indices were investigated. Based on the obtained results, in terms of the degree of mechanization of the Boroujerd county, the degree of power-intensive operations e.g., primary tillage had the highest value compared to control-intensive operations. The level of mechanization was computed in two forms that are standard and real, and values of 1.41 hp per ha and 3.08 hp per ha were obtained respectively. Economic efficiency was determined to be 261630.35 ton per hp for standard and 119772.33 tons per hp for real forms. There are approximately 6 tractors and 8.08 cereal combine machines for a 100 ha of underplanted area in the region. Also, the results show that one tractor and one cereal combine machine belong to 8.8 and 915 Stakeholder respectively. Executive power potentially is 520797.42 ha and with regard to Real Executive power (32369 ha), the productivity coefficient is 6.21 percent. The capacity of mechanization for harvested cereal by combines and harvester machines is 7.50 and 17.82 hp per h per ha respectively, and 7.40 hp per h per ha for alpha and clover crops.

Introduction

Agriculture plays an essential role in providing the basic necessary needs of humans. The increase in population and the decrease in production resources indicate the need to change the attitude in different sectors of agriculture by producers, specialists, and decision-makers. In the first view of this change, agricultural mechanization appears as a general concept. In the first step, agricultural mechanization appears as a general concept. The role of mechanization is more than a principle and an input in agricultural production. The most comprehensive definition of agricultural mechanization says that: agricultural mechanization is the use of mechanical equipment and tools, and in more general terms, it is the use of modern technology in agriculture to increase productivity, and in other words, it is a way to achieve sustainable development. Agricultural mechanization has experienced different situations in Iran. A review of the process of agricultural mechanization in the country and looking at the current situation reveals the non-implementation of written programs, which is caused by hasty decisions and a lack of logical justification. The first step in order to improve the agricultural mechanization of any region is to recognize and analyze the current situation. There are defined comparative factors that are called indices. These indices describe the agricultural mechanization status in each region. There are several indices such as Degree, Level, and Capacity of Mechanization. In this research, Degree, Level, Economic Efficiency, Ratio

How to cite:
Jalalvand, M., Akram, A. and Khanali, M. **(**2025**).** *Agricultural Mechanization Assessment in Boroujerd County by Mechanization Evaluation Indices*, Journal of Agricultural Mechanization, 9 (4): 71-88. https://doi.org/10.22034/jam.2024.62765.1285.

Received: August 2, 2024; Revised: November 3, 2024; Accepted: December 9, 2024

* Corresponding author: aakram@ut.ac.ir

of Power Sources to cultivated area and stakeholder, Executive Power, Productivity Coefficient, and Capacity of mechanization indices were investigated. The purpose of this research is to investigate the agricultural mechanization status in Borujerd County by calculating agricultural mechanization indices.

Materials and Methods

This research was conducted in Boroujerd County. There are 23000 ha of irrigated crops, 35000 ha of dryland crops, and more than 13000 ha of horticulture plants in this region. Necessary data were gathered by questionnaire, field survey, and data received from Boroujerd Agricultural Jihad Management and National Meteorological Organization. About 80% of the cultivated area is cereals and fodder plants (45.66% wheat and barley and 13.43% alfalfa and clover) and the share of other crops is insignificant. For this reason, this research is focused on the mechanization status of six important and major crops in the region, namely water wheat, dry wheat, water barley, dry barley, alfalfa, and clover. In this research, Degree, Level, Economic Efficiency, Ratio of Power Sources to cultivated area and stakeholder, Executive Power, Productivity Coefficient, and Capacity of mechanization indices were investigated.

Results and Discussion

Based on the obtained results, in terms of the degree of mechanization in Boroujerd County, the degree of power-intensive operations e.g., primary tillage had the highest value compared to control-intensive operations. The level of mechanization was computed in two forms, standard and real, and values of 1.41 hp per ha and 3.08 hp per ha were obtained respectively. Economic efficiency was determined to be 261630.35 and 119772.33 tons per ha for standard and real forms respectively. There are approximately 6 tractors and 8.08 cereal combine machines for 100 ha of cultivated area in the region. Also, the results show that one tractor and one cereal combine machine belong to 8.8 and 915 stakeholders respectively. Executive power potentially is 520797.42 ha and with regard to real executive power (32369 ha), the productivity coefficient is 6.21 percent. The capacity of mechanization for harvested cereal by combine and harvester machine is 7.50 and 17.82 hp per h per ha respectively, and 7.40 hp - h per ha for alpha and clover crop.

Conclusion

According to the results of this study, the following offers will be effective in improving mechanization evaluation indices in Borujerd County and other places with similar conditions:

- Observance of all necessary standards in the manufacture of agricultural machines and equipment by Producers
- Renovation of the agricultural machines and equipment
- Facilitating the conditions of receiving self-propelled machines and other equipment
- Supply of agricultural machines with various brands if there are suitable after-sales services.
- Timely provision of the machines and equipment
- Production of simpler machines and equipment that requires a lower level of technology
- Reducing the interest rate of bank facilities
- Preventing land fragmentation
- Teaching and explaining the need for mechanized agriculture instead of traditional agriculture
- Continuous and targeted training on the principle use of machines and equipment, including settings, time, and manner of use

نشریه
مکانیزاسیون کشاورزی
شاپا الکترونیکی 2717-4107
درگاه نشریه: https://jam.tabrizu.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی مکانیزاسیون در شهرستان بروجرد

مهرداد جلالوند[۱]، اسداله اکرم*[۱]، مجید خانعلی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹

۱- گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی - دانشکده کشاورزی – دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی - دانشگاه تهران - کرج - ایران
* مسئول مکاتبه E-mail:aakram@ut.ac.ir

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی در شهرستان بروجرد با استفاده از شاخص‌های ارزیابی مکانیزاسیون است. طی این تحقیق، شاخص‌های درجه، سطح، راندمان اقتصادی، نسبت منابع توان به‌سطح زیر پوشش و بهره‌بردار، توان اجرائی، ضریب بهره‌وری و ظرفیت مکانیزاسیون منطقه، محاسبه و بررسی شده است. طبق نتایج حاصله؛ درجه مکانیزاسیون برای عملیات‌های انرژی‌بر همچون خاک‌ورزی اولیه نسبت به‌سایر عملیات‌ها که میزان انرژی کمتر و کنترل بیشتری نیاز دارند، بیشتراست. سطح مکانیزاسیون شهرستان در دو حالت استاندارد و واقعی محاسبه و به‌ترتیب برابر با ۱/۴۱ و ۳/۰۸ اسب بخار در هکتار حاصل شده است. راندمان اقتصادی مکانیزاسیون محاسبه شده برای دو حالت استاندارد و واقعی به‌ترتیب برابر با ۲۶۱۶۳۰/۳۵ و ۱۱۹۷۷۲/۳۳ تن در اسب بخار تعیین شده است. نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد که در شهرستان بروجرد، به‌ازاء هر ۱۰۰ هکتار سطح زیر کشت نزدیک به ۶ دستگاه تراکتور و حدود ۰/۰۸ دستگاه کمباین غلات وجود دارد. بررسی‌های مربوط به‌موجودی منابع توان نسبت به‌بهره‌بردار نشان داد که یک دستگاه تراکتور و یک دستگاه کمباین غلات به‌ترتیب به‌ازاء هر ۸/۸ و ۹۱۵ نفر وجود دارد. توان اجرائی‌بالقوه تراکتورها برابربا ۵۲۰۷۹۷/۴۲ هکتار وبا توجه‌به توان اجرائی‌بالفعل یعنی ۳۲۳۶۹ هکتار، ضریب بهره‌وری تراکتورهای شهرستان معادل با ۶/۲۱ درصد است. همچنین ظرفیت مکانیزاسیون برای اراضی غلاتی که توسط کمباین و دروگر برداشت می‌شوند، به‌ترتیب برابر با ۷/۵۰ و ۱۷/۸۲ و برای اراضی تحت کشت یونجه و شبدر معادل با ۷/۴۰ اسب بخار- ساعت بر هکتار تعیین گردید.

کلمات کلیدی: ارزیابی، شاخص، مکانیزاسیون کشاورزی

۱- مقدمه

کشاورزی نقشی اساسی در تأمین اصلی‌ترین نیازهای بشر ایفا می‌کند. افزایش روزافزون جمعیت از یک سو و محدودیت منابع تولید از طرف دیگر، موجب لزوم تغییری در نگرش نسبت به شیوه‌های تولیدی در بخش‌های مختلف کشاورزی توسط متخصصین، تولیدکنندگان و تصمیم‌گیرندگان می‌گردد. در اولین منظر از این تغییر نگرش، مکانیزاسیون کشاورزی بعنوان یک مفهوم کلی جلوه‌گر می‌شود. نقش مکانیزاسیون بسیار بیشتر از یک اصل و نهاده در تولیدات کشاورزی مطرح بوده و حتی می‌توان مکانیزاسیون را بعنوان مدیریت کننده سایر نهاده‌ها در نظر گرفت (Abbasi et al. 2013). مکانیزاسیون به مفهوم کاربرد ماشین در فرآیند تولید و فرآوری محصولات مختلف کشاورزی است و اهدافی همچون کاهش هزینه-های تولید، اجرای به‌موقع عملیات کشاورزی، کاهش هزینه‌های کارگری و مدیریت مصرف نهاده‌ها را دنبال می‌نماید و در نهایت به ارتقاء بهره‌وری و افزایش کمی و کیفی تولیدات خواهد انجامید. کاهش شدید نیروی انسانی فعال در بخش کشاورزی، افزایش دستمزدها و افزایش تقاضا برای مواد مغذی و دیگر تولیدات کشاورزی باعث افزایش میل تولیدکنندگان این بخش به استفاده از ماشین و ادوات کشاورزی گردیده است (Abbaspour–Gilandeh et al. 2022). مکانیزاسیون کشاورزی در جامع‌ترین تعریف به معنای استفاده از تجهیزات و ادوات مکانیکی و بعبارت کلی‌تر استفاده از فناوری روز در کشاورزی برای افزایش بهره‌وری و به عبارتی دیگر راهی برای رسیدن به توسعه پایدار است (Almassi et al. 2008). با ورود مکانیزاسیون به کشور، کشاورزی دچار تغییر و تحولات بسیاری شده است. وجود منابع مختلف انرژی، موقعیت جغرافیائی و دیگر عوامل سبب شده که مکانیزاسیون کشاورزی در ایران موقعیت-های متفاوتی را تجربه نماید. در بعضی سال‌ها صرفاً ورود ماشین و موتور به مزارع، مورد توجه بوده و در بعضی دیگر به جنبه‌هائی همچون کیفیت محصول، ذخیره و کاهش مصرف انرژی، محافظت از منابع و یا افزایش بازده و کاهش سختی کار توجه شده است. با مرور روند مکانیزاسیون کشاورزی در کشور و نگاهی به وضعیت فعلی، عدم اجرای برنامه یا برنامه‌های مدون و مطابق با شرایط و نیازهای کشور و ناشی از تصمیم‌گیری‌های شتاب‌زده و فاقد توجیه منطقی و فنی، کاملاً مشهود است. در سال‌هائی که هدف ورود ماشین و موتور (منبع تولید توان) به مزارع بوده، توزیع جغرافیائی نامناسب ماشین‌های کشاورزی و فاصله زمانی نسبتاً زیاد بین زمان تقاضای بهره‌برداران و عرضه تسهیلات توسط سیستم بانکی باعث ناکارآمدی این روش شده است (Keshvari & Marzban, 2019). بررسی تاریخ مکانیزاسیون کشور نشان می‌دهد که حتی اگر برنامه و تصمیم مناسبی نیز در زمانی مصوب شده، عملاً در مراحل اجرا با موفقیت همراه نبوده است. به همین خاطر اولین گام به منظور ارتقاء وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی، شناخت و تحلیل وضعیت موجود است. همانطور که به منظور بررسی، ارزیابی و تعیین جایگاه هر سامانه باید از فاکتورهای مقایسه‌ای تعریف شده‌ای بنام شاخص و مبنا استفاده نمود، برای توصیف وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی در هر منطقه نیز شاخص‌های متعددی همچون درجه، سطح، ظرفیت، راندمان اقتصادی مکانیزاسیون و نسبت ماشین به سطح زیر پوشش تعریف شده است (Almassi et al, 2008).

مطالعه روند توسعه مکانیزاسیون در کشورهای پیشرفته نشان می‌دهد که در هر کشور و منطقه‌ای علت و یا مجموعه‌ای از عوامل زمینه‌ساز پیشرفت مکانیزاسیون در آن کشورها بوده‌اند. مثلاً در آمریکا؛ وجود اراضی بزرگ، در اروپا؛ وجود بازار فروش محصولات و در ژاپن؛ علاقه به کاهش هزینه‌های تولید بعنوان چرخ محرک توسعه مکانیزاسیون کشاورزی عمل نموده‌اند (Mesri – Gundoshmian, 2015).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی در شهرستان بروجرد از طریق محاسبه شاخص‌های ارزیابی مکانیزاسیون است.

۱-۱- پیشینه پژوهش

تا به حال مطالعات زیادی در خصوص مکانیزاسیون کشاورزی انجام شده است. هر کدام از آن تحقیقات، موضوع مکانیزاسیون را از ابعاد مختلفی مورد بررسی و تحقیق قرار داده‌اند که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

Esnashari & Piri (2012) تأثیر سیاست‌های کلان اقتصادی بر ارتقاء سطح مکانیزاسیون را طی سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۸ بررسی و وضعیت متغیر مکانیزاسیون را برای سال‌های آتی پیش بینی نمودند. در تحقیق ایشان، از مدل تصحیح خطای برداری و مدل خودرگرسیون واریانس ناهمسانی شرطی نوع تعمیم یافته استفاده گردید. نتایج این بررسی نشان داد که در کوتاه مدت و بلند مدت متغیرهای هزینه عمرانی و جاری دولت و حجم پول بر مکانیزاسیون اثری مستقیم دارند. همچنین پیشرفت مکانیزاسیون طی پنج سال آتی (در زمان تحقیق) روندی افزایشی خواهد داشت و به همین خاطر برنامه‌ریزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود.

Abbasi et al (2013) شاخص سطح مکانیزاسیون (اسب بخار بر هکتار) را به تفکیک برای ۳۰ استان ایران محاسبه و سپس چهار محصول عمده و اساسی گندم آبی، گندم دیم، جو آبی و جو دیم را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار دادند. آنالیز همبستگی نشان داد که بین دو متغیر عملکرد محصول و شاخص سطح مکانیزاسیون همبستگی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد. در نهایت یک مدل کارا برای چهار محصول یاد شده با ضریب قابل قبول ۰/۸۵۱ تدوین گردید.

Vahedi et al (2018) طی تحقیقی به بررسی وضعیت موجود و تعیین شاخص‌های مکانیزاسیون برنج در استان مازندران پرداختند. در این پژوهش شاخص‌های مکانیزاسیون، روزها و ساعات کاری و ضریب بهره‌وری ماشین محاسبه شد. طبق نتایج حاصله درجه مکانیزاسیون خاک‌ورزی اولیه و ثانویه در استان مازندران به‌ترتیب ۹۹/۷ و ۹۹/۳ درصد، کاشت با نشاکار ۲۲/۶۹ درصد و برداشت مکانیزه برنج با دروگر و کمباین برنج برابر با ۷۲/۸ درصد است. همچنین در استان مازندران، کمترین درجه مکانیزاسیون تولید برنج، ۸ درصد و برای عملیات وجین، سطح مکانیزاسیون برنج‌کاری، ۲/۶۳ اسب بخار بر هکتار، میانگین بازده اقتصادی مکانیزاسیون تولید برنج، ۱/۸۷ تن بر اسب بخار و متوسط ظرفیت مکانیزاسیون برنج برابر با ۲۳۵ اسب بخار- ساعت بر هکتار تعیین شد.

Keshvari & Marzban (2019) به منظور شناسائی روند گذشته و نیز شکاف میان وضع موجود و مطلوب در استان خوزستان، سطح مکانیزاسیون طی پنج دوره برنامه توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی را مورد بررسی قرار دادند. در این راستا به منظور اولویت‌بندی ورود توان به استان خوزستان از ترکیب روش‌های تاپسیس فازی و تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. نتیجه این تحقیق مشخص نمود که بین سطح مکانیزاسیون و ضریب پراکندگی اراضی و میانگین قطعات زراعی به‌ترتیب همبستگی منفی و مثبت وجود دارد و بر لزوم برنامه‌ریزی منطقه‌ای در برنامه‌های راهبردی استان برای برقراری تعادل و توازن بیشتر به‌منظور ایجاد شرایط مناسب و همگون کاربرد توان در کشاورزی تأکید گردید.

Emami et al (2021) راهبردهای تحقق امنیت غذائی پایدار ایران را بر مبنای مکانیزاسیون کشاورزی بررسی نمودند. طی این بررسی با در نظر گرفتن نقاط ضعف، قدرت، فرصت و تهدیدهای پیش روی امنیت غذایی کشور؛ یک چهارچوب تحلیلی شامل عوامل داخلی و خارجی مبتنی بر پیش‌بینی امنیت غذایی با استفاده از مدل‌های سری زمانی و تعیین ارتباط میان نمادهای مکانیزاسیون (سطح مکانیزاسیون، تعداد تراکتور و تعداد کمباین) ایجاد شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در زمان مطالعه، کشور از لحاظ موجودی امنیت غذائی در وضعیتی مطلوب قرار گرفته، ولی نیازمند توجه بیشتر به سایر ابعاد امنیت غذائی است. همچنین مشخص شد که علی‌رغم توسعه مکانیزاسیون کشاورزی، تغییر قابل انتظاری با نمودهای عملکردی محصولات کشاورزی مشاهده نمی‌گردد. در انتها پنج راهبرد و الزامات آن‌ها ارائه گردید و در این بین راهبرد اصلاح الگو و شیوه کشت در کنار نوسازی ناوگان مکانیزاسیون کشور و با دیدی آینده پژوهانه در جهت امنیت غذائی پایدار بعنوان مهمترین راهبرد پیشنهاد گردید.

Sabati-Gavgani et al, (2021) اثر خرد شدن سطوح بهره‌برداری بر توسعه مکانیزاسیون کشاورزی را با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی در شهرستان جیرفت بررسی نمودند. یافته‌های تحقیق نشان داد که عامل خانوادگی- اجتماعی در شهر جیرفت مهمترین عامل بازدارنده توسعه مکانیزاسیون بوده و عوامل فرهنگی- ارتباطی، آموزشی- فنی، حقوقی- قانونی و اقتصادی- مالی در رده‌های بعدی قرار گرفتند.

Moradi et al (2021) به بررسی و تحلیل راهبردی توسعه مکانیزاسیون زراعی شهرستان اهواز و تعیین نقاط ضعف، قدرت، فرصت و تهدیدهای توسعه مکانیزاسیون محصولات زراعی با استفاده از ماتریس تحلیل راهبردی پرداختند. در این تحقیق مهمترین نقاط قوت و شایستگی منطقه؛ وجود اراضی وسیع و مسطح، توانائی انتخاب ماشین‌ها و ادوات مناسب کشاورزی و افزایش رفاه کشاورزان، و مهمترین نقاط ضعف و کمبودها، شوری آب آبیاری و هزینه زیاد تأمین ماشین‌های کشاورزی تشخیص داده شد. همچنین امکان عرضه تسهیلات به کشاورزان و تعداد زیاد فارغ التحصیلان مکانیزاسیون کشاورزی و انگیزه زیاد کشاورزان به استفاده از ماشین‌های کشاورزی به‌عنوان مهمترین نقاط فرصت، و تمایل اندک به سرمایه‌گذاری در تولید محصولات زراعی و توجه کم مسئولین به بخش کشاورزی از مهمترین نقاط ضعف منطقه تشخیص داده شد.

Abbaspour–Gilandeh et al (2022) وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی ایران را بر اساس تولیدات زراعی و باغی مورد واکاوی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که وضعیت ضریب شاخص مکانیزاسیون تعاونی‌های تولیدی کشاورزی کشور از دیدگاه مکانیزاسیون چندان مناسب نیست و نقش مکانیزاسیون در افزایش تولید فرآورده‌های زراعی و باغی حدود ۳۵ درصد و مرهون حضور ماشین در فرآیند تولید است. همچنین مشخص شد که در کاهش هزینه‌های تولید، ماشین بطور میانگین ۶۰-۵۰ درصد نقش داشته و با اجرای مکانیزاسیون می‌توان به بخشی از اهداف کشاورزی پایدار دست یافت و کمترین تأثیر نامطلوب را بر محیط زیست برجای گذاشت.

تحقیقات صورت گرفته پیشین، هر یک از منظری خاص به موضوع مکانیزاسیون کشاورزی پرداخته‌اند. دقت به هر یک از پژوهش‌های انجام شده، اهمیت شناخت وضعیت مکانیزاسیون را به‌عنوان اولین گام حرکت در جهت توسعه مکانیزاسیون کشاورزی در مناطق مختلف گوشزد می‌کند. با توجه به وضعیت متغیر و ناهمگون کشاورزی در بخش‌های مختلف کشور، و ناصحیح بودن ارائه نسخه‌ای واحد برای تمام مناطق، لزوم شناخت و روشن‌شدن وضعیت فعلی مکانیزاسیون در مناطق مختلف نمایان می‌گردد. لذا با توجه به نبود سوابق مطالعاتی مکانیزاسیون در شهرستان بروجرد، این تحقیق به بررسی وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی مربوطه در منطقه می‌پردازد.

۲-۱- موقعیت جغرافیائی و شرایط اقلیمی شهرستان بروجرد

شهرستان بروجرد در شمال استان لرستان و در غرب کشور واقع شده و وسعت آن حدود ۱۶۰۶ کیلومتر مربع است. شهرهای ملایر و نهاوند در استان همدان، شازند در استان مرکزی و درود، خرم‌آباد و الشتر در استان لرستان در مجاورت شهرستان بروجرد قرار گرفته‌اند. ارتفاع شهرستان بروجرد از سطح دریا ۱۶۲۹ متر، بلندترین نقطه آن، قله ولاش با ارتفاع ۳۶۲۳ متر در غرب شهرستان و پست‌ترین ناحیه در دشت سیلاخور با ارتفاع تقریبی ۱۵۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته‌اند. مرکز این شهرستان در طول شرقی '۴۸°۷۵ و عرض شمالی '۳۳°۸۹ قرار دارد. اقلیم منطقه معتدل سرد و میانگین بارندگی سالیانه آن حدود ۵۰۰ میلی‌متر و بیشتر در فصل بهار اتفاق می‌افتد. تعداد روزهای بارندگی با بیش از ۱۰ میلی‌متر، ۱۸/۸ روز در طول سال است. بیشترین درجه حرارت در تابستان‌ها ۴۱/۴ درجه سلسیوس و کمترین آن در زمستان ۱۹ درجه سلسیوس زیر صفر برآورد شده است. تعداد روزهای یخبندان در بعضی نقاط این شهرستان به ۷۰ روز در طول سال می‌رسد. گاهی بادهائی با سرعت زیاد و خسارت‌زا نیز در این منطقه می‌وزد که پدیده خسارت‌زای بادی در اسفند ماه سال ۱۳۸۸ با سرعت ثبت شده حدود ۹۰ کیلومتر در ساعت توسط اداره هواشناسی از آن جمله است. در بخش کشاورزی، سطحی معادل ۲۳۰۰۰ هکتار از اراضی این منطقه به کشت محصولات آبی، ۳۵۰۰۰ هکتار به صورت دیم و بیش از ۱۳۰۰۰ هکتار نیز به محصولات باغی اختصاص دارد (Anonymous, 2023a).

شکل ۱- موقعیت شهرستان بروجرد، a: در کشور، b: در استان و c: نقشه بروجرد

Fig 1. The geographical location of Boroujerd county, in a: Country, b: State, and c: Boroujerd map

۳-۱- وضعیت کشاورزی شهرستان بروجرد

در شهرستان بروجرد بخش‌های مختلف تولیدی کشاورزی در حال فعالیت می‌باشند. در جدول (۱) نام هر بخش تولیدی، متوسط تولید سالیانه و سهم هر بخش در تولید کل محصولات کشاورزی شهرستان نشان داده شده است.

با توجه به جدول (۱) ملاحظه می‌شود که حدود ۶۰ درصد از تولید سالیانه شهرستان از بخش زراعت تأمین می‌گردد. در بخش زراعی شهرستان محصولات مختلفی از گروه‌های مختلف همچون غلات، حبوبات، دانه‌های روغنی و نباتات علوفه‌ای کشت می‌شود. جدول (۲) نوع، نحوه کاشت (آبی یا دیم) و سطح زیر کشت هر یک از محصولات زراعی را به تفکیک نشان می‌دهد.

جدول ۱- میزان تولید بخش‌های مختلف کشاورزی در شهرستان بروجرد و سهم هر بخش در تولید کل (Anonymous, 2022)

Table 1. The amount of production of different agricultural sections in Boroujerd county and the share of each section in the total production (Anonymous, 2022)

بخش‌های مختلف تولیدی کشاورزی	متوسط تولید سالانه (هزار تن)	نسبت تولید هر بخش به تولید کل (درصد)
زراعت	260	59.81
باغداری	95	21.85
گوشت قرمز	4.5	1.04
گوشت سفید	23	5.29
شیر	47	10.81
تخم مرغ	2.1	0.48
عسل	0.6	0.14
شیلات	2.5	0.58
جمع کل	434.7	100

جدول ۲- سطح زیر کشت محصولات زراعی در شهرستان بروجرد، سال زراعی ۰۳- ۱۴۰۲ (Anonymous, 2023b)

Table 2. The cultivated area of crops in Boroujerd county, crop year 2023 – 24 (Anonymous, 2023b)

ردیف	نام محصول	مساحت (هکتار)		
		آبی	دیم	جمع
1	گندم	6200	10200	16400
2	جو	2550	8000	10550
3	شلتوک	872	0	872
4	ذرت دانه‌ای	1	0	1
5	لوبیا	514	0	514
6	نخود	0	2270	2270
7	عدس	0	1076	1076
8	باقلا	270	0	270
9	ماش	1	0	1
10	چغندرقند	490	0	490
11	کلزا	183	0	183
12	گلرنگ	0	15	15
13	کاملینا	0	94	94
14	سویا	1	0	1
15	سیب‌زمینی	652	0	652
16	پیاز	420	0	420
17	گوجه فرنگی	318.5	0	318.5
18	هویج	1	0	1
19	سایر سبزیجات	185	0	185
20	خربزه	5	0	5
21	هندوانه	19	0	19
22	خیار	203	0	203
23	سایر محصولات جالیزی	17	0	17
24	یونجه	3360	0	3360
25	شبدر	2090	0	2090
26	گاودانه	0	23	23
27	ذرت علوفه‌ای	451.2	0	451.2
28	خلر	0	20.5	20.5
29	ماشک	0	22.5	22.5
30	سایر محصولات علوفه‌ای	28	0	28
31	سایر محصولات (کینوا)	1	0	1
	جمع	18832.7	21721	40553.7

با عنایت به جدول (۲) ملاحظه می‌گردد که حدود ۸۰ درصد سطح زیر کشت محصولات زراعی، شامل غلات و نباتات علوفه‌ای (۶۶/۴۵ درصد گندم و جو و ۱۳/۴۳ درصد یونجه و شبدر)، و سهم دیگر محصولات ناچیز است. به همین سبب این تحقیق به بررسی وضعیت مکانیزاسیون شش محصول مهم زراعی در منطقه یعنی گندم و جو آبی و دیم، یونجه و شبدر متمرکز شده است. محصولات مورد نظر در این تحقیق در سال‌های مختلف، با توجه به سیاست‌های ابلاغی و برنامه‌های کشت به روش‌های مختلف کشت می‌گردند. جدول (۳) نحوه کاشت این محصولات را در سال زراعی ۰۳-۱۴۰۲ نشان می‌دهد.

محصولات مورد بررسی در این تحقیق بر اساس زمان کاشت به دو دسته بهاره و پائیزه تقسیم می‌شوند. جدول (۴) زمان کاشت این محصولات را در شهرستان بروجرد نشان می‌دهد.

جدول ۳- نحوه کشت شش محصول زراعی مورد مطالعه به تفکیک سطح کاشت (Anonymous, 2023b)

Table 3. Cultivation method of the six agricultural crops studied by cultivated area (Anonymous, 2023b)

نام محصول	گندم آبی			گندم دیم			جو آبی			جو دیم			یونجه		شبدر	
نحوه کاشت	دستی	مکانیزه	حفاظتی	دستی	مکانیزه	حفاظتی	دستی	مکانیزه	حفاظتی	دستی	مکانیزه	حفاظتی	دستی	مکانیزه	دستی	مکانیزه
سطح کاشت (هکتار)	785	3584	1830	807	3393	6000	765	1785	0	4000	3680	320	1340	2010	1449	621
سطح کاشت (درصد)	12.66	57.82	29.52	7.91	33.26	58.82	30	70	0	50	46	4	40	60	70	30

جدول ۴- سطح زیر کشت شش محصول زراعی مورد مطالعه به تفکیک زمان کشت (Anonymous, 2023b)

Table 4. Cultivated area of six studied crops by cultivation time (Anonymous, 2023b)

نام محصول	مساحت (هکتار)		جمع
	بهاره	پائیزه	
گندم آبی	1	6199	6200
گندم دیم	0	10200	10200
جو آبی	0	2550	2550
جو دیم	0	8000	8000
یونجه	10	3350	3360
شبدر	20	2070	2090
مجموع	31	32369	32400

با توجه به جدول (۴) مشاهده می‌شود که کشت پائیزه، بیش از ۹۹ درصد از کل کشت را شامل می‌شود. لذا در این تحقیق، تقویم زراعی کشت پائیزه در منطقه که بیشترین تراکم عملیات ماشینی در آن زمان وجود دارد، در نظر گرفته شده است. همچنین بیشترین تراکم عملیات زراعی شش محصول مورد نظر در این تحقیق، مربوط به مرحله کاشت است، به همین خاطر در این پژوهش، تقویم زراعی این محصولات در مرحله کاشت مورد توجه قرار گرفته است. جدول (۵) تقویم زراعی عملیات کاشت محصولات مورد بررسی در شهرستان بروجرد را نشان می‌دهد.

جدول ۵- تقویم زراعی مرحله کاشت شش محصولات زراعی مورد مطالعه (Anonymous, 2023b)

Table 5. Crop calendar of the planting stage of the six studied crops (Anonymous, 2023b)

نام محصول	زمان شروع عملیات		زمان پایان عملیات	
	ماه	هفته	ماه	هفته
گندم آبی	شهریور	سوم	آذر	چهارم
گندم دیم	مهر	دوم	آذر	سوم
جو آبی	آبان	دوم	آذر	چهارم
جو دیم	مهر	دوم	آذر	سوم
یونجه	مرداد	چهارم	آبان	دوم
شبدر	شهریور	سوم	آبان	سوم

۴-۱- اطلاعات مورد نیاز برای انجام پژوهش

آمار و اطلاعات لازم برای انجام این پژوهش با استفاده از پرسش‌نامه‌های توزیع شده بین کارشناسان مرتبط در مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان، بهره‌برداران، تراکتورداران حرفه‌ای که عملیات کشاورزی ماشینی را برای عموم بهره‌برداران انجام می‌دهند، بررسی‌های میدانی، اطلاعات اخذ شده از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان بروجرد و سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان و نیز داده‌های مأخوذ از سازمان هواشناسی کشوری بدست آمده است.

۲- مواد و روش‌ها

افزایش روزافزون جمعیت و رشد صعودی تقاضا برای غذا و سایر ملزومات، نیازمند تغییری اساسی در روش‌های تولیدی سنتی و معیشتی است. مکانیزاسیون به عنوان اصلی‌ترین عامل در تغییر روش‌های تولیدی در کشاورزی، مهمترین نقش را در بهبود بهره‌وری دارد. با توجه به اهمیت ویژه مکانیزاسیون در تولیدات کشاورزی، وجود معیارهائی برای تعیین میزان، جایگاه و مقایسه آن لازم و ضروری است. این معیارها در حقیقت میزان بهره‌وری مکانیزاسیون را از جنبه‌ها و زوایای گوناگون مورد ارزیابی قرار می‌دهند. در این تحقیق با استفاده از ابزارهائی بنام شاخص‌های ارزیابی مکانیزاسیون کشاورزی، شش محصول زراعی مورد نظر در شهرستان بروجرد، مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است. شاخص‌های بررسی شده در این تحقیق عبارتند از:

۲-۱- درجه مکانیزاسیون

توان مورد نیاز برای انجام عملیات‌های مختلف کشاورزی از منابع متفاوتی همچون انسان، دام و یا موتور تأمین می‌گردد. درجه مکانیزاسیون عبارت است از نسبت عملیاتی که با استفاده از توان موتوری انجام می‌شود به کل عملیات انجام شده توسط سایر منابع، و توسط رابطه (۱) محاسبه می‌گردد (Mesri – Gundoshmian, 2015):

$$D_{Mech} = \frac{O_m^i}{O_T^i} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن، D_{Mech} درجه مکانیزاسیون عملیات i ام بر حسب درصد، O_m^i میزان عملیات کشاورزی i ام که با استفاده از توان موتوری انجام شده و O_T^i میزان کل عملیات کشاورزی i ام با استفاده از تمامی منابع توان است.

این شاخص معمولاً بر حسب درصد بیان می‌شود. درجه مکانیزاسیون شاخصی کمی و قابل استفاده برای مقایسه سطوح مختلف درجه مکانیزاسیون برای عملیات‌های مختلف و یا درجه مکانیزاسیون یک عملیات طی سال‌های مختلف است. لازم به ذکر است که درجه مکانیزاسیون برای عملیات‌های توان‌بر نسبت به عملیات‌های کنترل‌خواه بالاتر است (Almassi et al, 2008). در این تحقیق درجه مکانیزاسیون برای عملیات‌های مختلف در شش محصول مورد بررسی، محاسبه شده است.

۲-۲- سطح مکانیزاسیون

این شاخص بعنوان شاخصی که کیفیت را در مکانیزاسیون بررسی می‌کند مطرح بوده و برای محاسبه آن از رابطه (۲) استفاده می‌شود (Mesri – Gundoshmian, 2015):

$$L_{Mech} = \frac{\sum P_{br}^i}{A} \qquad (۲)$$

که در آن، L_{Mech} متوسط سطح مکانیزاسیون بر حسب واحد توان به واحد سطح مثلاً اسب بخار بر هکتار، $\sum P_{br}^i$ مجموع توان ترمزی ماشین‌های خودروی کششی و غیر کششی شامل تراکتور، تیلر، کمباین، دروگر و چاپر و A سطح زیر کشت بر حسب واحد سطح همچون هکتار است.

شاخص سطح مکانیزاسیون نباید از یک مقدار حداقل کم‌تر باشد، زیرا موجب کاهش بهره‌وری از منابع توان خواهد گردید. لازم به ذکر است که در صورت وجود مدیریتی قوی، بهبود توزیع، ترویج، آموزش و خدمات پس از فروش ماشین‌ها می‌توان با سطح مکانیزاسیون کم‌تر نیز کارائی لازم را کسب نمود (Almassi et al, 2008).

در مطالعه حاضر شاخص سطح مکانیزاسیون در دو حالت استاندارد و واقعی محاسبه شده است. در حالت استاندارد فقط توان ماشین‌های خودرو با عمر مفید کمتر از ۱۳ سال در نظر گرفته شده، در حالی که در حالت واقعی مجموع توان ماشین‌های خودرو با عمر کمتر از ۱۳ سال بعلاوه ۵۰ درصد توان ماشین‌های خودرو با عمر بیش از ۱۳ سال منظور شده است. لازم به توضیح است که در خصوص تیلر، عمر مفید ۵ سال در نظر گرفته شده است.

۲-۳- راندمان اقتصادی مکانیزاسیون

افزایش روزافزون جمعیت و متعاقب آن نیاز بیشتر به مواد غذائی و دیگر مایحتاج موجب لزوم تغییری انکار ناپذیر در شیوه‌های تولید محصولات کشاورزی شده است. مکانیزاسیون کشاورزی نقش اصلی تغییر در شیوه‌های تولید پیشرفته را به عهده دارد. ناگفته پیداست که اجرای مکانیزاسیون نیازمند سرمایه‌گذاری در منابع توان و تجهیزات مورد نیاز است. مهمترین نکته مطرح در این زمینه این است که افزایش توان و توسعه مکانیزاسیون در عملیات‌های مختلف کشاورزی، می‌بایست موجب تغییر (افزایش) عملکرد در محصولات گوناگون گردد. نگاهی به آمار و نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که روند صعودی افزایش تولیدات کشاورزی فارغ از افزایش تعداد کارگران در بخش کشاورزی اتفاق افتاده و این مهم به مدد روش‌هائی همچون شخم مناسب و یکنواخت، بهینه شدن بستر کاشت، کاشت بذور در عمق ثابت، رعایت فاصله مناسب بین بوته‌ها، وجین مؤثر، سمپاشی و کودپاشی تأثیرگذار و در نهایت کاهش ضایعات برداشت میسر شده و نیل به این نتایج جز با استفاده و کاربرد ماشین امکان‌پذیر نبوده است (Mesri – Gundoshmian, 2015). شاخص راندمان اقتصادی مکانیزاسیون به بررسی مفهوم افزایش عملکرد محصولات با توجه به میزان توان بکار گرفته شده می‌پردازد و عبارت است از نسبت متوسط عملکرد محصول و یا محصولات عمده منطقه به سطح مکانیزاسیون آن منطقه و بر حسب واحد جرم به واحد توان مثلاً تن در اسب بخار

بیان می‌شود. این شاخص قابل مقایسه در سال‌های مختلف در یک مزرعه بوده و به نوعی تأثیر مکانیزاسیون را در تغییر عملکرد نشان می‌دهد. در صورتیکه افزایش سطح مکانیزاسیون موجب افزایش عملکرد نشود، مهمترین علت آن عدم اعمال مدیریت صحیح در استفاده از ماشین‌ها و یا عدم توجه به سایر اصول کشاورزی است (Almassi et al, 2008).

۲-۴- نسبت منابع توان به سطح زیر پوشش

این شاخص قادر است تصویر مناسبی از توزیع منابع توان نسبت به سطح زیر پوشش ارائه نماید. با توجه به اینکه منابع توان قادر هستند که سطوح نسبتاً زیادی را پوشش دهند، این شاخص بر حسب تعداد منبع توان در ۱۰۰ هکتار زمین بیان می‌شود. لازم به ذکر است که هر اندازه مساحت مزارع بزرگتر باشد، با توان مصرفی کمتر در هکتار نیز می‌توان به نیازهای توانی پاسخ داد (Mesri – Gundoshmian, 2015).

۲-۵- نسبت منابع توان به بهره‌بردار

شاخص نسبت منبع توان به بهره‌بردار، میزان منابع توان را نسبت به بهره‌بردار نشان می‌دهد و با توجه به تعداد زیاد بهره‌برداران معمولاً این شاخص بر حسب منبع توان به ۱۰۰ نفر بهره‌بردار بیان می‌شود. بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های اقتصادی همچون سطح توجیه کننده مالکیت، به هر میزان که این نسبت بالاتر باشد، قدرت تصمیم-گیری و انجام به موقع عملیات بهبود خواهد یافت. حال آنکه به علت مسائل مربوط به هزینه‌ها و نیز کوچک بودن زمین‌های کشاورزی، در این خصوص محدودیت‌های زیادی وجود دارد (Almassi et al, 2008).

۲-۶- توان اجرائی منابع توان

شاخص توان اجرائی منابع توان به عنوان یک معیار ارزیابی عملی برای سنجش قابلیت منابع تأمین توان در انجام عملیات ماشینی مطرح و به صورت هکتار برای هر منبع قابل بیان است. با استفاده از این شاخص می‌توان در خصوص کفایت یا کمبود تعداد منابع تأمین توان اظهار نظر نمود. توان اجرائی منابع توان به دو صورت توان اجرائی بالقوه و بالفعل (واقعی) عنوان می‌شود. توان اجرائی بالقوه عبارت است از حداکثر میزان سطحی که یک منبع و یا مجموعه‌ای از منابع موجود در روزهای قابل کار در محدوده تقویم زراعی قادر به انجام کار هستند و در مقابل توان اجرائی بالفعل عبارت است از میزان سطحی که در حال حاضر و با توجه به وضعیت و شرایط موجود، عملیات ماشینی در آن صورت می‌پذیرد (Almassi et al, 2008). توان اجرائی با در نظر گرفتن شرایط آب و هوائی و روزهای قابل کار در محدوده تقویم زراعی عملیات مختلف تعیین می‌شود (Mesri – Gundoshmian, 2015) و به دو صورت قابل محاسبه است:

الف- بر حسب واحد سطح: که در این روش تولنائی تراکتورهای موجود برای انجام عملیات مختلف کشاورزی و در زمان تعیین شده بر حسب واحد سطح مثلاً هکتار بیان می‌شود.

ب- بر حسب واحد توان: این حللت مشخص کننده میزان توان تراکتورهای موجود در عملیات مختلف کشاورزی در بازه زمانی مقرر بر حسب واحد توان مثلاً اسب بخار است.

برای محاسبه توان اجرائی بالقوه تراکتورها بر حسب واحد سطح و توان به ترتیب از روابط (۳) و (۴) استفاده می‌شود (Almassi et al, 2008):

$$E_c = \frac{H.n}{h} \qquad (۳)$$

که در آن، E_c توان اجرائی بالقوه منطقه بر حسب واحد سطح مثلاً هکتار، H فرصت زمانی موجود برای انجام عملیات بر اساس تقویم زراعی بر حسب واحد زمان همچون ساعت، n تعداد تراکتورهای موجود در منطقه و h زمان موجود برای انجام عملیات در واحد سطح با استفاده از یک تراکتور بر حسب واحد زمان بر واحد سطح مثلاً ساعت بر هکتار است.

$$E_{cp} = \frac{E_c.h.p.mf}{H} \qquad (۴)$$

که در آن، E_{cp} توان اجرائی بالقوه منطقه بر حسب واحد توان مثلاً اسب بخار، P توان متوسط تراکتورهای منطقه بر حسب واحد توان مثلاً اسب بخار و mf ضریب اصلاح توان اسمی تراکتورها (حدود ۰/۷۵) است.

فرصت زمانی با توجه به روزهای کاری در محدوده تقویم زراعی تعریف می‌شود. روز کاری یعنی روزی که در آن رطوبت خاک در حدی باشد که ماشین بدون آسیب به دانه‌بندی خاک، قادر به انجام عملیات باشد (Kosari – Moghaddam et al, 2016). روز کاری در مزرعه به دو عامل میزان رطوبت خاک و میزان بارندگی بستگی دارد (Heydari & Borghaee, 2013). بارندگی روزانه کمتر از ۴ میلی-متر در ایام تقویم زراعی، به عنوان معیار پذیرش روز کاری در نظر گرفته می‌شود (Sanaee – Moghaddam et al, 2010: Kosari – Moghaddam et al, 2016) . لازم به ذکر است که به ازاء هر میلی‌متر بارندگی افزون بر ۴ میلی‌متر، یک روز بعد از آن نیز به عنوان روز غیرکاری محسوب می‌گردد (Sanaee – Moghaddam et al, 2010). با توجه به جدول (۴) و عنایت به این موضوع که بیشترین تراکم عملیات کشاورزی در شهرستان بروجرد مربوط به عملیات خاک‌ورزی و کاشت محصولات پائیزه است، در این مطالعه، توان اجرائی تراکتورهای موجود در بازه زمانی مذکور محاسبه شده است.

۲-۷- ضریب بهره‌وری منابع توان

شاخص ضریب بهره‌وری منابع توان با استفاده از نتایج حاصل از توان اجرائی محاسبه می‌شود و عبارت است از نسبت توان اجرائی بالفعل به توان اجرائی بالقوه در یک منطقه، و هر چقدر این ضریب بالاتر باشد نشان دهنده مدیریت قوی‌تر، بهره‌وری بیشتر و نیز سرویس و نگهداری و برنامه‌ریزی بهتر خواهد بود (Almassi et al, 2008).

۲-۸- ظرفیت مکانیزاسیون

شاخص ظرفیت مکانیزاسیون با در نظر گرفتن ساعت کارکرد منبع توان در یک فعالیت، میزان انرژی مصرف شده را در واحد سطح بیان می‌کند و برای محاسبه آن از رابطه (۵) استفاده می‌شود (Mesri – Gundoshmian, 2015):

$$C_{IMech} = \sum \frac{P_k^i \, T_k^i}{A_k^i} \qquad (۵)$$

که در آن، C_{IMech} ظرفیت مکانیزاسیون فعالیت i ام بر حسب واحد توان در واحد زمان، به عنوان مثال اسب بخار- ساعت بر هکتار، P_k^i توان ترمزی منبع موتوری k ام بر حسب واحد توان مثلاً اسب بخار، T_k^i ساعت کارکرد منبع توان k ام در فعالیت k ام بر حسب واحد زمان مثلاً ساعت و A_k^i میزان فعالیت i ام بر حسب واحد سطح مثلاً هکتار است. شاخص ظرفیت مکانیزاسیون در واقع ترکیبی از کمیت و کیفیت را در مسائل مکانیزاسیون بررسی می‌کند.

۳- نتایج

در این مطالعه به منظور ارزیابی وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی در شهرستان بروجرد، شاخص‌های ارزیابی متفاوتی محاسبه و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در ادامه به نتایج حاصله اشاره می‌گردد.

جدول (۶) نشان دهنده شاخص درجه مکانیزاسیون به تفکیک عملیات، ماشین استفاده شده و نوع محصول است. منظور از کوددهی در مرحله داشت، محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها است، که توسط دستگاه‌های سمپاش لانس‌دار و یا بوم‌دار به صورت مجزا و یا همزمان با عملیات سمپاشی اجرا می‌گردد. درجه مکانیزاسیون عملیات کوددهی برای تمام محصولات مورد مطالعه بغیر از یونجه برابر با ۱۰۰ درصد است.

جدول ۶- درجه مکانیزاسیون عملیات مختلف ماشینی برای شش محصول مورد مطالعه بر حسب درصد

Table 6. The degree of mechanization of different machine operations for the six studied products in percentage

عملیات	ادوات مورد استفاده	گندم آبی	گندم دیم	جو آبی	جو دیم	یونجه	شبدر
خاک‌ورزی اولیه	گاو آهن برگردان‌دار	80	30	80	50	100	0
	گاوآهن قلمی	5	40	0	25	0	0
	خاک‌ور حفاظتی	15	30	0	25	0	0
خاک‌ورزی ثانویه	دیسک	60	0	10	50	30	0
	رتیواتور، سیکلوتیلر	10	0	0	10	15	0
تسطیح	لولر	40	0	30	0	40	0
کاشت	کمبینات	15	0	10	0	0	0
	کشت مستقیم	15	30	0	25	0	0
	خطی‌کار	60	50	40	50	0	0
	ریزدانه‌کار	0	0	0	0	60	30
	بذرپاش (سانتریفوژ)	10	20	30	0	0	0
داشت	سمپاش لانس‌دار	20	30	15	25	20	0
	سمپاش بوم‌دار	70	60	60	55	70	0
	سمپاش توربینی	5	5	5	5	0	0
	کوددهی	100	100	100	100	0	100
برداشت	کمباین	90	80	90	80	0	0
	دروگر	5	5	5	5	0	0
	موور	0	0	0	0	100	60
پس از برداشت	ریک	0	0	0	0	100	0
	بیلر	0	0	0	0	100	0

در گندم آبی، بالاترین درجه مکانیزاسیون بعد از کوددهی، مربوط به عملیات‌های برداشت توسط کمباین، شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار و سمپاشی توسط سمپاش بوم‌دار، به ترتیب با شاخص‌های ۹۰، ۸۰ و ۷۰ درصد و سپس خاک‌ورزی ثانویه توسط دیسک و کاشت توسط خطی‌کار هر کدام با شاخص ۶۰ درصد است. در گندم دیم، برداشت توسط کمباین، سمپاشی توسط سمپاش بوم‌دار و کاشت توسط خطی‌کار به ترتیب با شاخص‌های ۸۰، ۶۰ و ۵۰ درصد بعد از کوددهی قرار می‌گیرند. در جو آبی، برداشت توسط کمباین، سمپاشی توسط سمپاش بوم‌دار و کاشت توسط خطی‌کار، شاخص‌های ۹۰، ۶۰ و ۴۰ درصد را بعد از کوددهی به خود اختصاص داده‌اند. در جو دیم، رده اول همچون سایر غلات متعلق به عملیات کوددهی با شاخص ۱۰۰ درصد و در رده‌های بعدی برداشت توسط کمباین و سمپاشی توسط سمپاش بوم‌دار به ترتیب با شاخص‌های ۸۰ و ۵۵ درصد و سپس و سه عملیات شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار، خاک‌ورزی ثانویه توسط دیسک و کاشت توسط خطی‌کار هر کدام با شاخص ۵۰ درصد قرار گرفته‌اند. در محصول یونجه؛ چهار عملیات شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار، برداشت توسط موور، ردیف کردن محصول توسط ریک و بسته بندی توسط بیلر هر کدام با شاخص ۱۰۰ درصد در رده اول و دو عملیات سمپاشی توسط سمپاش بوم‌دار و کاشت توسط ریزدانه‌کار به ترتیب با شاخص‌های ۷۰ و ۶۰ درصد در رده‌های بعدی قرار دارند. در نهایت سه عملیات کوددهی، برداشت توسط موور و کاشت توسط ریزدانه‌کار به ترتیب با شاخص‌های ۱۰۰، ۶۰ و ۳۰ درصد تنها عملیات‌های مکانیکی در محصول شبدر می‌باشند.

در تعیین میزان توان، ماشین‌های خودگردان موجود و مورد استفاده شامل تراکتور، کمباین، چاپر، دروگر و تیلر در نظر گرفته شده است. همچنین در این خصوص، تراکتورها، کمباین‌ها، چاپرها و دروگرها از لحاظ عمر مفید به سه دسته کمتر از ۱۳ سال، بین ۱۳ تا ۲۰ سال و بیشتر از ۲۰ سال و تیلرها نیز به دو دسته با عمر کمتر و بیشتر از ۵ سال تقسیم شده‌اند. در جداول (۷) و (۸) خلاصه اطلاعات مربوط به توان موتوری موجود در منطقه به تفکیک نوع و عمر مفید نشان داده شده است.

جدول ۷- ماشین‌های خودگردان به تفکیک نوع و عمر مفید بر حسب تعداد دستگاه

Table 7. Self - propelled machines by type and useful life in Number

نام دستگاه	توان لحاظ شده (اسب بخار)	عمر کمتر از 13 سال	عمر 20-13 سال	عمر بیشتر از 20 سال	مجموع (دستگاه)
تراکتور باغی	45	7	5	12	24
تراکتور زراعی با توان 80-45 اسب بخار	75	640	694	1391	2725
تراکتور زراعی با توان 120-80 اسب بخار	110	212	48	36	296
تراکتور زراعی با توان 160-120 اسب بخار	140	2	5	2	9
تراکتور زراعی با توان بالای 160 اسب بخار	170	1	0	1	2
کمباین غلات با توان 110 اسب بخار	110	0	1	12	13
کمباین غلات با توان 155-110 اسب بخار	130	6	4	0	10
کمباین برنج با توان 90-70 اسب بخار	75	25	0	0	25
چاپر با توان 200-100 اسب بخار	150	0	0	2	2
دروگر غلات	70	7	25	110	142

با توجه به جدول (۷) از لحاظ توان ترمزی، نزدیک به ۹۰ درصد تراکتورهای موجود در شهرستان بین ۸۰-۴۵ اسب بخار، و بعد از آن تراکتورهای ۱۲۰-۸۰، تا ۴۵، ۱۶۰-۱۲۰ و بیش از ۱۲۰ اسب بخار به ترتیب ۹/۶۸، ۰/۷۸، ۰/۲۹ و ۰/۰۶ درصد از کل تراکتورهای شهرستان را شامل می‌شوند. از لحاظ عمر تراکتور، حدود ۲۸/۲۰ درصد از تراکتورهای موجود، عمر کمتر از ۱۳ سال، و بعد از آن ۲۴/۶۰ و ۴۷/۱۸ درصد از کل تراکتورها به ترتیب دارای عمر ۲۰-۱۳ و بیش از ۲۰ سال می‌باشند. همچنین از لحاظ نوع و مدل تراکتور، ۷۱/۲۰ درصد از کل تراکتورهای موجود فرگوسن، و بعد از آن ۲۶/۵۳، ۰/۹۴ و ۰/۱۶ درصد به ترتیب شامل مدل‌های رومانی، جاندیر، نیوهلند و ۱/۱۴ درصد نیز شامل سایر مدل‌ها است. از لحاظ توان، ۵۶/۵۲ درصد از کمباین‌های غلات موجود، دارای توان ۱۱۰ اسب بخار و ۴۳/۴۷ درصد نیز دارای توان ۱۵۵-۱۱۰ اسب بخار، و از لحاظ سال‌های عمر ، ۲۶/۰۸ درصد دارای عمر کمتر از ۱۳ سال، ۲۱/۷۳ درصد ۲۰-۱۳ سال، ۵۲/۱۷ درصد دارای عمر بیش از ۲۰ سال و تماماً از نوع جاندیر می‌باشند. همچنین تمامی کمباین‌های برداشت برنج دارای عمر کمتر از ۱۳ سال و تمام چاپرهای برداشت ذرت دارای عمر بیش از ۲۰ سال می‌باشند. در نهایت ۴/۹۲ درصد از دروگرهای غلات دارای عمر کمتر از ۱۳ سال، ۱۷/۶۰ درصد، ۲۰-۱۳ سال و ۷۷/۴۶ درصد دارای عمر بیش از ۲۰ سال می‌باشند.

جدول ۸- تیلرهای موجود در شهرستان به تفکیک توان و عمر مفید بر حسب تعداد دستگاه
Table 8. Tillers available in county by capacity and useful life in Number

نام دستگاه	توان لحاظ شده (اسب بخار)	عمر کمتر از 5 سال	عمر بیشتر از 5 سال	مجموع
تیلر با توان تا 4.5 اسب بخار	4.5	0	0	0
تیلر با توان تا 7.5 اسب بخار	7.5	16	48	64
تیلر با توان تا 9 اسب بخار	9	2	32	34
تیلر با توان تا 13 اسب بخار	13	7	16	23

نتایج جدول (۸) نشان می‌دهد که ۵۲/۸۹، ۲۸/۰۹ و ۱۹ درصد از تیلرهای موجود در شهرستان به ترتیب دارای توان تا ۷/۵، تا ۹ و تا ۱۳ اسب بخار می‌باشند. همچنین ۲۰/۶۶ درصد از تیلرها دارای عمر کمتر از ۵ سال و ۷۹/۳۳ درصد دارای عمر بیش از ۵ سال می‌باشند. در ادامه با توجه به اطلاعات جداول (۲)، (۷) و (۸) سطح مکانیزاسیون شهرستان در دو حالت استاندارد و واقعی محاسبه و نتایج ذیل حاصل شده است:

سطح مکانیزاسیون استاندارد: ۱/۴۱ اسب بخار بر هکتار و سطح مکانیزاسیون واقعی: ۳/۰۸ اسب بخار در هکتارهمانطور که در بخش‌های قبلی نیز اشاره شد، تفاوت مشاهده شده در دو حالت استلندارد و واقعی بخاطر لحاظ نمودن تراکتورهای با عمر بیش از ۱۳ سال در محاسبات مربوط به سطح مکانیزاسیون واقعی است.

با عنایت به جدول (۱) و سطح مکانیزاسیون محاسبه شده، راندمان اقتصادی مکانیزاسیون نیز برای هر دو حالت استاندارد و واقعی محاسبه و مقادیر ۲۶۱۶۳۰/۳۵ و ۱۱۹۷۷۲/۳۳ تن در اسب بخار به ترتیب به شاخص‌های راندمان اقتصادی مکانیزاسیون استاندارد و واقعی اختصاص یافته است. با توجه به اینکه تراکتورهای موجود در شهرستان در دو بخش زراعی و باغی فعال می‌باشند، لذا در این بررسی مجموع تولیدات هر دو بخش، در محاسبات راندمان اقتصادی منظور شده است. در فصل برداشت با توجه به نوع محصول و موقعیت توپوگرافی اراضی، از ماشین‌های متفاوتی استفاده می‌شود. بر همین اساس نسبت منابع توان به سطح زیر پوشش به تفکیک محاسبه و نتایج در جدول (۹) نمایش داده شده است.

جدول ۹- نسبت منابع توان به سطح زیر کشت بر حسب تعداد بر هکتار
Table 9. The ratio of the power source to the cultivated area in Number to Hectare

شاخص	مقدار
نسبت تراکتور به سطح زیر کشت	0.07391
نسبت تراکتور به ۱۰۰ هکتار سطح زیر کشت	7.39129
نسبت کمباین غلات به سطح زیر کشت	0.00084
نسبت کمباین غلات به ۱۰۰ هکتار سطح زیر کشت	0.08442

با توجه به جدول (۹) مشخص می‌شود که در سطح شهرستان بروجرد، به ازاء هر ۱۰۰ هکتار سطح زیر کشت حدود ۷ دستگاه تراکتور و برای همین سطح حدود ۰/۰۸ دستگاه کمباین غلات وجود دارد. لازم به توضیح است که تراکتور به عنوان یک منبع مولد توان در عملیات‌های مختلف زراعی و در مراحل خاک‌ورزی، کاشت و داشت تمامی محصولات زراعی استفاده می‌شود، در حالی که از کمباین غلات تنها به منظور برداشت گندم و جو آبی و دیم، و همچنین برداشت سه محصول صنعتی کلزا، گلرنگ و کاملینا استفاده می‌شود. با توجه به آمار موجود در بخش زراعی شهرستان تعداد ۲۱۰۴۳ نفر و در بخش باغی نیز ۵۹۰۰ نفر بهره‌بردار مشغول فعالیت می‌باشند (Anonymous, 2023b). نتایج حاصل از محاسبات نسبت منابع توان به بهره‌بردار در جدول (۱۰) نشان داده شده است.

جدول ۱۰- نسبت منابع توان به بهره‌بردار بر حسب دستگاه بر نفر و یا برعکس

Table 10. The ratio of the power sources to stakeholder in number to stakeholder or inverse

شاخص	مقدار
نسبت تراکتور به بهره‌بردار	0.11342
نسبت تراکتور به 100 نفر بهره‌بردار	11.34246
تعداد بهره‌بردار به ازاء هر دستگاه تراکتور	8.81642
نسبت کمباین غلات به بهره‌بردار	0.00109
نسبت کمباین غلات به 100 نفر بهره‌بردار	0.10930
تعداد بهره‌بردار به ازاء هر دستگاه کمباین غلات	914.91304

با توجه به نتایج حاصله، در شهرستان بروجرد به ازای هر ۸/۸ نفر بهره‌بردار یک دستگاه تراکتور و به ازاء هر ۹۱۵ نفر بهره‌بردار زراعی، یک دستگاه کمباین غلات وجود دارد. با عنایت به جدول (۴) توان اجرائی بالفعل (واقعی) تراکتورها برای شش محصول مورد استفاده در کشت پائیزه برابر با ۳۲۳۶۹ هکتار است. به منظور تعیین تعداد روزهای کاری در محدوده تقویم زراعی از آمار ۱۰ ساله بارندگی (۲۰۲۲-۲۰۱۳) استفاده شده است. با توجه به جداول (۴) و (۵) و توضیحات مربوطه، فرصت زمانی مراحل خاک‌ورزی و کاشت شش محصول مورد نظر در این تحقیق، حدود ۱۳۰ روز و از این تعداد، ۱۰۶ روز قابل کار است. با در نظر گرفتن زمان کارکرد روزانه (۱۰ ساعت در روز) و زمان مورد نیاز برای انجام عملیات‌های مختلف، توان اجرائی بالقوه تراکتورهای شهرستان به ترتیب بر حسب هکتار و اسب بخار برابر با ۵۲۰۷۹۷/۴۲ و ۱۸۳۳۶۰، و به تبع آن ضریب بهره‌وری برابر با ۶/۲۱ درصد محاسبه شده است. در جدول (۱۱) روش‌های مختلف برداشت غلات و در جدول (۱۲) نوع عملیات مرسوم در مرحله خاک‌ورزی و کاشت و زمان لازم برای اجرای آن در محصولات مختلف نشان داده شده است.

نتایج جدول (۱۱) نشان می‌دهد که بطور متوسط حدود ۹۵، ۳/۵ و ۱/۵ درصد از محصول غلات در شهرستان به‌ترتیب توسط کمباین، دروگر و بصورت دستی برداشت می‌شوند.

جدول ۱۱- روش برداشت غلات به تفکیک روش و سهم هر کدام بر حسب درصد

Table 11. Grain harvesting method by method and share of each in percentage

نام محصول	برداشت (درصد)		
	کمباین	دروگر	دستی
گندم آبی	92.6	4.7	2.7
گندم دیم	94.6	3.6	1.8
جو آبی	96	3	1
جو دیم	96.7	2.6	0.7

جدول (۱۲) عملیات مرسوم در مراحل خاک‌ورزی و کاشت شش محصول مورد مطالعه و زمان لازم برای انجام هر عملیات به تفکیک روش‌های مختلف کاشت را نشان می‌دهد. لازم بذکر است که روش‌های مختلف کاشت و سهم هر روش؛ بر اساس الگوی کاشت، سهمیه‌های ابلاغی، شرایط متنوع در مناطق مختلف شهرستان و نیز امکانات موجود اجرا می‌گردد. با توجه به جداول (۱۲) و (۱۳) و نیز اطلاعات حاصل از توان موتوری مصرف شده، ظرفیت مکانیزاسیون به تفکیک نحوه برداشت و نیز نوع محصول محاسبه و نتایج در جدول (۱۳) نشان داده شده است.

همانطور که در جدول (۱۳) مشاهده می‌گردد، بالاترین ظرفیت مکانیزاسیون مربوط به اراضی غلاتی است که توسط دروگر برداشت می‌شوند و سپس غلاتی که برداشت آن‌ها توسط کمباین انجام می‌شود و اراضی تحت کشت یونجه و شبدر به ترتیب در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

جدول ۱۲- عملیات مرسوم در تولید ۶ محصول زراعی و زمان لازم برای اجرای عملیات بر حسب ساعت (Anonymous, 2012)

Table 12. Conventional operations in the production of 6 agricultural products and the time required to carry out operations in hours (Anonymous, 2012)

عملیات	نام محصول														
	گندم آبی			گندم دیم			جو آبی			جو دیم			یونجه	شبدر
	حفاظتی	مکانیزه	دستی	حفاظتی	مکانیزه	دستی	حفاظتی	مکانیزه	دستی	حفاظتی	مکانیزه	دستی		
گاوآهن برگردان دار	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	6	0
گاوآهن قلمی، چیزل، چیزل پکر	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
خاکورز حفاظتی	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
دیسک	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	۱	0
رتیواتور، سیکلوتیلر	0	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	1.25	0	1.25	0
لولر معمولی	0	1.25	0	0	0	0	0	1.25	0	0	0	0	1.25	0
کمبینات	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کشت مستقیم	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
خطی‌کار	0	1.5	0	0	1.5	0	0	1.5	0	0	1.5	0	0	0
ردیفکار	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ریزدانه‌کار	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5
بذرپاش سانتریفوژ	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0
سایر (مرزبند، نهرکن و ...)	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
جمع	2.5	12.5	4	2.5	6	4	0	10.25	4	2	7.75	3	11	1.5

جدول ۱۳- ظرفیت مکانیزاسیون به تفکیک نوع محصول و روش برداشت

Table 13. Agricultural Mechanization capacity by product type and harvesting method

ظرفیت مکانیزاسیون	مقدار (اسب بخار- ساعت بر هکتار)
ظرفیت مکانیزاسیون اراضی غلات که توسط کمباین برداشت می‌شوند	7.50
ظرفیت مکانیزاسیون اراضی غلات که توسط دروگر برداشت می‌شوند	17.82
ظرفیت مکانیزاسیون اراضی تحت کشت یونجه و شبدر	7.40

۴- بحث

اهمیت ورود توان مکانیکی به عملیات کشاورزی به اندازه‌ای است که از آن به عنوان انقلاب دوم کشاورزی یاد می‌شود. طی این دوره ابتدا از مولدهای توان ثابت و در مرحله بعد از انواع متحرک استفاده شده است. در جایگزینی و استفاده از توان مکانیکی بجای توان انسان و دام، اولویت با فعالیت‌های انرژی‌بر مثل آسیاب کردن، کوبیدن محصول، پمپاژ و خاک‌ورزی اولیه بوده است، زیرا در اینگونه فعالیت‌ها بهره‌وری نیروی کار، یعنی نسبت ستانده به نهاده کارگری به مقدار زیادی پائین است. در مراحل بعدی انقلاب مذکور، عملیات‌های کنترل‌محور همچون خاک‌ورزی ثانویه، داشت، وجین، برداشت، باغداری و دامداری که جنبه کنترل و پیچیدگی آن‌ها چشم‌گیرتر از توان‌بری آن‌ها است، به شرط سودمندی و پائین بودن فاکتور قیمت نسبی ماشین به هزینه نیروی کارگری توانستند تجربه مکانیزه شدن را با موفقیت پشت سر بگذارند. درجه مکانیزاسیون در عملیات‌های مختلف را می‌توان به عنوان یکی از سطوح تکنولوژی قلمداد نمود. از طرفی سطح استفاده از تکنولوژی علاوه بر وابستگی به مقیاس تولید، با سرمایه و نیروی کارگری مرتبط بوده، و عامل قیمت یعنی حاصل نسبت این دو به هم (سرمایه به هزینه نیروی کار)، یک مؤلفه اصلی در تغییر سطح تکنولوژی است. در خصوص عملیات برداشت، الگوی توسعه مکانیزاسیون با توجه به وجود سه شرط ذیل محقق خواهد شد:

الف) توان‌بر بودن عملیات برداشت محصول ب) داشتن توجیه اقتصادی برای سطح تکنولوژی مورد نیاز پ) عدم آسیب فیزیکی به محصول تا حد امکان

درجه مکانیزاسیون عملیات‌های مختلف کشاورزی از جمله عملیات برداشت و زمان پذیرش و اجرای آن توسط بهره‌برداران،

بستگی به شروط فوق دارد. مثلاً برداشت محصولات ریشه‌ای همچون چغندرقند با جود احتیاج به توان بالا، به علت نیازمندی به سطح بالای تکنولوژی و سیستم‌های کنترلی، دیرتر از برداشت غلات که سطح تکنولوژی متوسطی نیاز دارند، مکانیزه شده است. همچنین در بخش باغی، محصولات درختی و میوه‌جات با هدف مصرف تازه‌خوری که نیازمند سطح بالای تکنولوژی می‌باشند، بطور کامل مکانیزه نشده و درجه مکانیزاسیون پائینی دارند (Mesri–Gundoshmian, 2015).

بررسی شاخص درجه مکانیزاسیون از دو جنبه متفاوت حائز اهمیت است: یکی با توجه به نوع عملیات کشاورزی و ابزار مورد استفاده و دیگری با توجه به نوع محصول. بطور خلاصه عوامل زیر بر درجه مکانیزاسیون عملیات‌های مختلف در محصولات متفاوت تأثیر گذار خواهند بود:

الف) ماهیت و نوع عملیات با توجه به انرژی مورد نیاز (انرژی‌بر یا کنترل‌خواه بودن عملیات) ب) سطح تکنولوژی مورد نیاز برای اجرای عملیات پ) سرعت و کیفیت انجام عملیات ت) وقوع آثار و عینی بودن نتایج مثبت استفاده از ادوات و تجهیزات ث) اجرای الگو و نحوه کشت، مانند برنامه کشت حفاظتی و لزوم استفاده از کارنده‌های با قابلیت کشت مستقیم در بقایای محصول قبلیر شاخص سطح مکانیزاسیون از میزان توان موجود تأثیر می‌پذیرد. حدود ۹۰ درصد از تراکتورهای موجود در شهرستان توانی بین ۸۰-۴۵ اسب بخار و اکثر آن‌ها (بیش از ۹۷ درصد) شامل فرگوسن و رومانی می‌باشند. این موضوع از جنبه‌های زیر قابل تأمل است:

الف) تراکتورهای رومانی با وجود داشتن توان ترمزی کمتر (۶۵ اسب بخار) نسبت به تراکتورهای فرگوسن در این رده توانی (۷۵ اسب بخار) به علت برتری و داشتن مزیت در زنجیره انتقال توان، بازدهی کششی بهتری دارند (نتایج حاصل از بررسی‌های میدانی و نیز تجارب بهره‌برداران) ب) بخاطر عدم تنوع مدل‌های در دسترس، عملاً زمینه انتخاب قابل توجی برای بهره‌برداران وجود ندارد پ) تغییر خط تولید مدل‌های موجود برای سازندگان مشکل و بسیار هزینه‌بر خواهد بود. از طرفی بیش از ۷۰ درصد تراکتورهای موجود دارای عمر بیش از ۱۳ سال و در واقع فرسوده می‌باشند. اهمیت این موضوع در میزان توان قابل استحصال از منبع توان متناسب با سن آن است، به صورتی که با افزایش سن، ضریب توان افزایش و توان در دسترس کاهش خواهد یافت. موارد فوق یعنی عدم تنوع و فرسودگی در مورد کمباین‌های غلات و دروگرهای موجود در شهرستان نیز صادق است، بطوریکه بیش از ۷۰ درصد کمباین‌های غلات و نزدیک به ۹۵ درصد از دروگرها دارای عمری بیش از ۱۳ سال هستند. در این تحقیق شاخص سطح مکانیزاسیون در دو حالت استاندارد و واقعی محاسبه و به ترتیب ارقام ۱/۴۱ و ۳/۰۸ اسب بخار در هکتار را به خود اختصاص داده‌اند. نکته حائز اهمیت این است که شاخص سطح مکانیزاسیون استاندارد به خاطر اینکه فقط تراکتورهای در محدوده عمر مفید اقتصادی را لحاظ می‌کند و به همین خاطر موضوع عدم استفاده از تراکتورهای فرسوده در آن مستتر است، دارای اهمیت بیشتری نسبت به شاخص سطح مکانیزاسیون واقعی خواهد بود. با در نظر گرفتن این موضوع که ارتباط بین شاخص سطح مکانیزاسیون و عملکرد در محدوده ۲/۷۸-۰/۶۴ اسب بخار در هکتار به صورت خطی بوده و ارتقاء آن در این بازه موجب افزایش عملکرد خواهد شد (Abbasi et al, 2013)، شاخص سطح مکانیزاسیون استاندارد در شهرستان بروجرد، تقریباً در میانه این بازه قرار گرفته و تا رسیدن به اندازه حداکثری، نیازمند افزایشی حدود ۱/۳ اسب بخار در هکتار است. ضمن اینکه تحقیق صورت گرفته توسط دنگ و همکاران در ۱۵ استان از کشور چین و مشخص شدن تأثیر ۴۵ درصدی استفاده از کودهای شیمیائی و مکانیزاسیون بر تولید، تأئید دیگری بر نیاز به افزایش سطح مکانیزاسیون منطقه مورد مطالعه خواهد بود (Deng et al, 2005). همچنین توجه به این نکته ضروری است که ارتقاء سطح مکانیزاسیون در افزایش درجه مکانیزاسیون نیز تأثیرگذار خواهد بود. البته باید به خاطر داشت که شاخص سطح مکانیزاسیون بعلت نداشتن بعد زمانی، به تنهائی تصویر مناسبی از کیفیت مکانیزاسیون را نشان نخواهد داد. آنچنان‌که سین طی تحقیقی در کشور هند، تأثیر نسبتاً کم (۳۲ درصدی) توان مصرفی را در افزایش تولید عنوان نمود و به همین علت، نسبت هزینه استفاده از ماشین‌آلات به مجموع هزینه‌های نیروی کار انسان، دام و ماشین‌آلات را بعنوان یک شاخص برتر نسبت به شاخص سطح مکانیزاسیون پیشنهاد داد (Singh, 2006).

لازم به توضیح است که به منظور افزایش و یا حفظ راندمان اقتصادی مکانیزاسیون فعلی، می‌بایست افزایش عملکرد محصولات به واسطه سایر موارد همچون استفاده از بذور با عملکرد بالا، کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و دیگر موارد، مورد توجه متخصصان مربوطه قرار بگیرد. در خصوص نسبت منابع توان به سطح زیر پوشش و بهره‌بردار، خصوصاً در مورد کمباین‌های برداشت غلات، کمبود شدید حس می‌شود، و این مشکل هر ساله به‌واسطه ورود حدود ۲۰۰-۱۸۰ دستگاه کمباین مهاجر از سایر استان‌ها مرتفع می‌گردد (Anonymous, 2023a). ذکر این نکته ضروری است که قوانین حاکم بر تقسیم ارث و خرد شدن زمین‌های کشاورزی موجب تشدید معظل و بحرانی‌تر شدن این نسبت‌ها (نسبت منابع توان به سطح زیر کشت و بهره‌بردار) می‌گردد. با توجه به نتایج بدست آمده در خصوص توان‌های اجرائی بالفعل (واقعی) و بالقوه، ضریب بهره‌وری تراکتورهای موجود در شهرستان برابر با ۶/۲۱ درصد است. به عبارتی در کاربرد تراکتورها در منطقه، تنها از حدود ۶ درصد فرصت زمانی استفاده می‌شود و در این مورد بهره‌وری بسیار پائین است. پائین بودن ضریب بهره‌وری تراکتورها به علل مختلفی وابسته است. به عنوان مثال می‌توان به در اختیار نداشتن ادوات متنوع و متناسب با انواع مختلف عملیات کشاورزی اشاره نمود. تفاوت ظرفیت مکانیزاسیون بین اراضی

غلاتی که توسط کمباین برداشت می‌شوند با دیگر اراضی غلات که برداشت در آن‌ها توسط دروگر انجام می‌شود، بخاطر تعداد بسیار کم کمباین‌های موجود در شهرستان است. توضیح این که، هر چند که عملیات برداشت به مدد کمباین‌های مهاجر از دیگر مناطق انجام و این نیاز مرتفع می‌شود، ولی این توان موقت ورودی به شهرستان، در محاسبات مربوط به موجودی توان شهرستانی منظور نمی‌گردد. همچنین ظرفیت مکانیزاسیون بیش از ۷ اسب بخار- ساعت بر هکتار برای دو محصول یونجه وشبدر، نشأت گرفته از میزان بالای درجه مکانیزاسیون عملیات‌های عمده زراعی در این دو محصول است.

۵- نتیجه‌گیری نهائی

این تحقیق به منظور ارزیابی وضعیت مکانیزاسیون کشاورزی در شهرستان بروجرد و با تمرکز بر شش محصول گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم، یونجه و شبدر اجرا شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که درجه مکانیزاسیون در عملیات‌های انرژی‌بر نسبت به سایر عملیات‌ها، وضعیت مناسب‌تری دارد. با توجه به بررسی‌های میدانی و تحلیل پرسش‌نامه‌ها، ارتقاء آموزش‌ها و تسهیل دریافت ادوات، خصوصاً کارنده‌ها موجب افزایش درجه مکانیزاسیون در سایر عملیات‌های کشاورزی که انرژی نسبتاً کمتری نیاز دارند، خواهد شد. کمبود آموزش‌ها و عدم تنظیمات و استفاده صحیح بعضی از ادوات همچون کارنده‌ها در بعضی سال‌ها، موجب ایجاد حس بدبینی نسبت به عملیات مکانیزه شده است. همچنین تمایل به استفاده از ادوات و تجهیزات در بین تعداد زیادی از بهره‌برداران وجود دارد، ولی عدم وجود بستری مناسب برای تأمین و یا تأمین به موقع ماشین‌ها، به عنوان یک عامل بازدارنده در توسعه استفاده از آن‌ها عمل می‌کند. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، موارد زیر در ارتقاء شاخص‌های ارزیابی مکانیزاسیون کشاورزی در شهرستان بروجرد و همچنین سایر مناطق با شرایط مشابه مؤثر خواهد بود:

الف) رعایت تمامی استانداردهای لازم در ساخت ماشین‌ها و ادوات توسط تولیدکنندگان، بدین ترتیب ضمن رسیدن به اهداف بکارگیری مکانیزاسیون، کیفیت محصول و منابع نیز حفظ خواهد شد ب) ایجاد بستر مناسب، تسهیل شرایط و توجه جدی به موضوع نوسازی ناوگان ماشین‌های کشاورزی موجود، به خصوص ماشین‌های مولد توان. با عنایت به فرسوده بودن اکثر ماشین‌ها، عدم توجه به این موضوع در سال‌های نه چندان دور به یک مشکل حاد تبدیل خواهد شد. به نظر می‌رسد که نوسازی ماشین‌آلات موجود، اهمیتی بیشتر از عرضه ماشین به بهره‌برداران جدید داشته باشد. این مطلب با قیاس سرعت فرسودگی ماشین‌های موجود و عرضه محدود ماشین‌ها، اهمیت نوسازی را بیش از پیش آشکار می‌کند و حداقل نتیجه آن حفظ سطح مکانیزاسیون فعلی خواهد بود. پ) زمینه‌سازی و تسهیل شرایط برای ورود ماشین‌های مولد توان و سایر ادوات دنباله‌بند جدید به چرخه تولید (درجه دوم اهمیت نسبت به نوسازی) ت) ایجاد بستری مناسب برای عرضه متنوع ماشین‌آلات به منظور ایجاد حق انتخاب برای بهره‌برداران به شرط اطمنیان از تأمین به موقع قطعات و خدمات پس از فروش ث) تأمین به موقع ماشین‌آلات مورد نیاز متقاضیان، با این توضیح که از زمانی که بهره‌بردار نیاز به دستگاه دارد تا زمانی که آن را دریافت می‌کند، بعضاً فاصله زمانی زیادی طی می‌شود. به همین علت دستگاه در زمانی بدست بهره‌بردار می‌رسد که در آن فصل زراعی نیازی به آن نداشته و دستگاه بدون استفاده و نو در هانگار نگهداری می‌گردد. این موضوع در کنار افزایش بدون ضابطه قیمت‌ها، اثر بسیار بدی در زنجیره تولید می‌گذارد، زیرا دستگاهی که به صورت کار نکرده و نو در هانگار نگهداری شده و با افزایش قیمت نیز مواجه می‌شود به یک کالای سرمایه‌ای و مستعد برای فروش تبدیل خواهد شد (Jalalvand & Akram, 2023). ج) تولید ادوات و تجهیزات ساده‌تر که نیاز به سطح تکنولوژی پائین‌تری داشته و به عنوان یک ابزار محرک در افزایش درجه مکانیزاسیون عمل خواهند نمود چ) کاهش نرخ سود تسهیلات بانکی ح)تصویب قوانین مرتبط با جلوگیری از تقسیم و کوچک شدن اراضی و اجرای قاطعانه آن‌ها توسط دستگاه‌ها و نهادهای متولی خ) آموزش‌های مستمر و هدف‌مند در خصوص مواردی همچون برتری‌های کشاورزی مکانیزه به جای کشاورزی معیشتی و سنتی، استفاده به‌موقع و صحیح از ادوات و تجهیزات؛ شامل تنظیمات، زمان و نحوه استفاده.

منابع

Abbasi, K., Almassi, M., Borghaee, S.A.M., & Minaee, S. (2013). *Modeling of Yield Estimation for The Main Crops in Iran Based on Mechanization Index*. Journal of Agricultural Machinery, 4(2), 344 – 351. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jam.v4i2.34826

Abbaspour–Gilandeh, Y., Mohtasebi, S.S., & Borghaee, S.A.M. (2022). *Status of Mechanization of Agricultural and Horticultural Products in Iran*. Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 7(1), 51 – 62. (In Persian). https://10.22047/SRJASNR.2022.147430

Almassi, M., Kiani, Sh., & Loveimi, N. (2008). *Principles of Agricultural Mechanization*. Jungle, publication. 4th edition. (In Persian).

Anonymous. (2012). *Guideline of Agricultural Mechanization Development Center*. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. (In Persian).

Anonymous. (2022). *Agricultural data*. Jihad-e-Agriculture Management of Boroujerd County.

Anonymous. (2023a). *Agricultural data*. Jihad-e-Agriculture Organization of Lorestan. State.

Anonymous. (2023b). *Agricultural data*. Jihad-e-Agriculture Management of Boroujerd County.

Deng, X., Y. Luo, S. Dong, X. Yang. (2005). *Impact of resources and technology on farm production in northwestern China*. Agricultural Systems Journal. 84(2), 155-169. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.05.004

Emami, M., Almassi, M., Bakhoda, H. & Kalatari, I. (2021). *Designing a Strategic Model for Food Security in the Islamic Republic of Iran Emphasizing the Role of Agricultura Mechanization*. Quarterly Journal of Strategic Studies of Public Policy, 11(38), 298-323. (In Persian).

Esnashari, H., Karbasi, A., & Piri J. (2012). *The effect of fiscal and monetary policies on mechanization and Forecasting mechanization trend in Iran in Iran's agriculture*. The 8th biennial conference on agricultural economics. Shiraz, Iran. (In Persian).

Heydari, M., and Borghaee, S.A.M. (2013). *Determination of the number of working days of mechanized planting and semi – mechanized harvesting of sugar beet in Nahavand region*. Journal of Sugar Beet, 29(1), 85 – 97. (In Persian). https://dx.doi.org/10.22092/jsb.2013.1082

Jalalvand, M., & Akram, A. (2023). *Evaluation and ranking of the effecting factors on development of Agricultural Mechanization in Boroujerd County by Analytical Hierarchy Process*. 15th National & 1st International Congress on Mechanics of Biosystems Engineering & Agricultural Mechanization. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. (In Persian).

Keshvari, A. and Marzban, A. (2019). *Prioritizing the Power Arrival in Khuzestan Province Agriculture using FAHP and FTOPSIS*. Journal of Agricultural Machinery, 9(1), 235 – 251. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jam.v9i1.69258

Kosari–Moghaddam, A., Sadrnia, H., Aghel, H., & Bannayan-Aval, M. (2016). *Predicting working days for secondary tillage and planting operation in fall*. Journal of Agricultural Machinery, 6(2), 537 – 546. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jam.v6i2.38089

Mesri–Gundoshmian, T. (2015). *Mechanization of Agricultural Industries (Strategy & Approaches in Biosystem Industries)*. University of Mohaghegh Ardabili Publication, 1st Edition. (In Persian).

Moradi, N., Asakereh, A., & Sheikh – Davoodi, M.J. (2021). *Challenges and Opportunities in Development of Agricultural Mechanization in Ahvaz County Using SWOT Method*. Journal of Agricultural Machinery, 11(2), 534 – 548. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jam.v11i2.83348

Sabati-Gavgani, M, Mohammd-Zamani, D, & Gholami-Par-Shokohi, M. (2021). *Effect of Fragmentation of Land on Agricultural Mechanization Development Using AHP Technique*. Journal of Agricultural Machinery, 11(1), 43-53. https://doi.org/10.22067/jam.v11i1.82910

Sanaee Moghaddam, A., Aghel, H., Jafarian, M., & Naaimi, A. (2010). *Presenting the best mechanization model of Dargaz county (Morad Abad and Ghareh Tapeh Region)*. 6th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. (In Persian).

Singh, G. (2006). *Estimation of a Mechanization Index and its impact on production and Economic factors a case study in India*. Biosystem Engineering Journal, 93(1), 99-106. https://10.1016/j.biosystcmscng.2005.08.003

Vahedi, A., Younesi – Alamouti, M., & Sharifi – Malvajerdi, A. (2018). *Assessment of Current Status and Determination of Rice Mechanization Indices (Case Study in Mazandaran Province)*. Journal of Agricultural Mechanization and System Research, 19(70), 25 – 40. (In Persian). https://doi.org/10.22092/erams.2017106975.1114