نشریه مکانیزاسیون کشاورزی/ دوره ۹ شماره ۱/ سال ۱۴۰۳/ صفحه‌های ۱-۱۱

رتبه‌بندی و تحلیل چالش‌های توسعه پایدار مکانیزاسیون کشاورزی در منطقه نی‌ریز

نجمه توکلی[۱]، حسن قاسمی‌مبتکر[۱]، محمد شریفی[۱*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷

۱- گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

* مسئول مکاتبه: محمد شریفی E-mail: m.sharifi@ut.ac.ir

چکیده

مکانیزاسیون یکی از راه‌های گذار از کشاورزی سنتی به کشاورزی پایدار است. مواجه شدن با منابع محدود در تولید و نهاده‌ها از یک طرف و افزایش روزافزون جمعیت از طرف دیگر، جایگاه و اهمیت مکانیزاسیون را بیش از پیش در توسعه امنیت غذایی کشور نشان می‌دهد. بنابراین می‌بایست با دیدی فراتر از یک نهاده به مکانیزاسیون نگریست، چرا که به کمک آن می‌توان ضمن مدیریت نهاده‌های بذر، کود، سم و حتی مدیریت آب و خاک، لقدام‌به تولید پلیدار و اقتصادی نمود. بنابراین شناخت پارامترهای مؤثر بر توسعه مکانیزاسیون و در اولویت قرار دادن پارامترهای مهم برای مدیران بخش کشاورزی امری مهم می‌باشد. پارامترها به وسیله سه روش معمول مجموع ساده وزین (SAW)، تاپسیس (TOPSIS) و الکتر (ELECTER) رتبه‌بندی شدند. نتایج حاصل از رتبه‌بندی در سه روش، متفاوت بود که با ادغام سه‌گانه، یکپارچه شد و رتبه‌بندی واحدی برای پارامترها به‌دست آمد. بعد از ادغام سه‌گانه، چالش‌های عدم وجود برنامه مدون و منسجم، کوچک و پراکنده بودن بهره‌بردارهای زراعی و فرسوده بودن ماشین‌های کشاورزی در رتبه اول قرار گرفتند. پس از آن، عدم مهارت فنی کشاورز، متغیر بودن قیمت مواد اولیه، نبود تعمیرگاه در محل، مشکل اشتغال و بیکاری، عدم انتخاب بهترین روش مکانیزه، عدم کنترل و تولید نهاده‌های کشاورزی، پایین بودن کیفیت ماشین‌های کشاورزی ساخت داخل و عدم ارتباط بین کاربران ماشین‌های کشاورزی و صاحبان این صنایع در رتبه دوم تا نهم قرار گرفتند. در پایان با یکی بودن نتایج روش تاپسیس و نتایج حاصل از ادغام سه‌گانه، روش تاپسیس به عنوان روشی مناسب برای رتبه‌بندی تأیید گردید.

واژه‌های کلیدی: مکانیزاسیون، کشاورزی پایدار، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، منطقه نی‌ریز.

How to cite:
N Tavakoli, H Ghasemi-Mobtaker, M Sharifi. 2024. Ranking and analysis of the challenges of sustainable development of agricultural mechanization in Neyriz region. *Journal of Agricultural Mechanization* 9 (1):1-11

Ranking and analysis of the challenges of sustainable development of agricultural mechanization in Neyriz region

Najmeh Tavakoli[1], Hassan Ghasemi-Mobtaker[1], Mohammad Sharifi[1*]

Received: October 22, 2023 Accepted: January 27, 2024

1- Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
*Corresponding Author: m.sharifi@ut.ac.ir

Abstract

Mechanization is one of the transition ways from traditional agriculture to sustainable agriculture. Facing with limited resources in production and inputs on the one hand and increasing rate of population growth on the other hand demonstrate position and the importance of mechanization in the development of food security in the country more than ever. Therefore, mechanization should be looked beyond an input point of view, because seed, fertilizer, poison, and even soil and water inputs can be managed with its help, and sustainable production can also be achieved. Therefore, it is important to know the effective parameters in the development of mechanization and to prioritize the important parameters for agriculture managers. Thus, in this study, multi-criteria decision making techniques were discussed to rank these parameters. The parameters were ranked by three common methods including simple additive weighting (SAW), TOPSIS and ELECTER. The results of the ranking were different in the three methods, which were integrated with the triple integration, and a uniform ranking was obtained for the parameters. After the triple merger, small and scattered agriculture holdings, worn out of agriculture machinery and the lack of a coherent and codified operational plan were in the first rank. Subsequently, lack of technical skills of the farmer, variability of raw material prices, lack of on-site repair, employment and unemployment problems, lack of best mechanization, lack of control and production of agricultural inputs, poor quality agricultural machinery produced internally and Lack of communication between agricultural machinery users and owners of these industries ranks second to ninth. Finally, according to the concordance of the results of TOPSIS method and the results of triple integration, TOPSIS method was approved as a suitable method for ranking.

Keywords: Mechanization, Sustainable Agriculture, Multi-attribute Decision Making Techniques, Neyriz Region.

۱- مقدمه

در کشور ایران به دلیل تکیه بر درآمدهای نفتی و توجه ویژه به بخش صنعت، سهم بخش کشاورزی از اقتصاد کشور کاهش یافته است. توزیع نامطلوب صنایع بین دو بخش کشاورزی و صنعت و بی‌وجهی به ظرفیت‌ها و نیازهای بخش کشاورزی در تخصیص بودجه کشور و موجودی سرمایه، منجر به توسعه ناکافی و گاهی عقب‌افتادگی این بخش شده است. گواه این موضوع نقطه اتصال اصلی دو بخش صنعت و کشاورزی است که مکانیزاسیون کشاورزی نامیده می‌شود. اگرچه نیم قرن از کاربرد نسبتاً گسترده ماشین‌های کشاورزی در ایران می‌گذرد، اما مکانیزه کردن کشاورزی هنوز جایگاه واقعی خود را نیافته است. محققان اعتقاد دارند که در گذشته کشاورزی و زمین فقط با آب شناخته می‌شده، اما با گذر زمان و پیشرفت علم و فناوری در حوزه کشاورزی نیز تغییراتی به وجود آمده و سبب مکانیزه شدن کشاورزی شده است که این امر منجر به افزایش کمی و کیفی محصولات شده است (Mohammadi & Zarifiyan, 2008).

مکانیزاسیون را مجموعه‌ای از علوم و فنون کاربردی می‌دانند که مطالعه، شناخت و به‌کارگیری انواع ماشین و نیروی محرک را در مراحل مختلف تولید و فرآوری محصولات کشاورزی را در برمی‌گیرد (Behroozilar, 1987). ارتقاء دانش فنی کشاورزان نیز مهم است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد با افزایش دانش فنی و یکپارچه‌سازی اراضی درجه مکانیزاسیون افزایش می‌یابد (Shojaei, 2009). محققان دریافتند که تجاری‌سازی نیز از اساسی‌ترین عوامل توسعه کشاورزی به‌شمار می‌آید که مکانیزاسیون با کاهش هزینه‌ها و افزایش عملکرد، نقش مهمی در آن دارد. همچنین مواجه شدن با منابع محدود در تولید و نهاده‌ها و افزایش روزافزون جمعیت از طرفی دیگر، جایگاه مکانیزاسیون را بیش از پیش در توسعه امنیت غذایی کشور نشان می‌دهد (Nepal & Thapa, 2009). بنابراین تحقیقات زیادی روی چالش‌های توسعه مکانیزاسیون انجام شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که مکانیزاسیون در زمین‌های زراعی و باغی به بهبود کیفی تولید، افزیش بهره‌وری و درآمد کشاورزان منجر می‌شود؛ اما وجود مشکلات و تنگناها از قبیل خرد بودن اراضی کشاورزی، کوچک بودن وسعت اراضی و نبود افزایش درآمد از موانع توسعه مکانیزاسیون می‌باشد (Motiee-Langroodi *et al*., 2013).

نتایج پژوهش‌ها نشان‌دهنده این امر است که بین سطح استفاده از ماشین‌های کشاورزی و اندازه زمین رابطه معنی‌داری وجود دارد و با

به‌کار بردن روش‌ها و سیاست‌های یکپارچه‌سازی اراضی می‌توان سطح استفاده ماشین‌های کشاورزی را بالا برد (Mehrabi-Basharabadi & Gilanpoor, 2005). اندازه و بستر کار عملیات کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به دلیل اینکه برای به کار بردن وسایل و ادوات کشاورزی باید وسعت زمین زیاد باشد (Ebne Abbasi, 2004). در بررسی تأثیر مکانیزاسیون بر رشد بخش کشاورزی در ایران دریافتند که در مناطق مختلف کشور مکانیزاسیون کشاورزی از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست Nabiyian & Alavi-Naeeni, (2012). در پژوهشی در منطقه پنجاب به این نتیجه رسیدند که دانش فنی کشاورزان در رابطه با مکانیزاسیون از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Mozaffari, 1994). در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر ابزار و دارایی‌های ماشین‌ها در شرکت‌های کشاورزی به این نتیجه رسیدند که دسترسی به اراضی بزرگ‌تر، افزایش میزان کشت محصول و یکپارچگی اراضی کشاورزی از عوامل مؤثر بر گسترش مکانیزاسیون می‌باشند (Keskin *et al*., 2010).

محققانی همچون Amjadi & Chizari, 2006؛ Mohammadi & Zarifiyan, 2008؛ Moazzen, 2010 و Bagheri *et al*., 2014 در بسیاری از پژوهش‌های حوزه کشاورزی، ضمن بررسی مشکلات توسعه مکانیزاسیون در ایران، موانع تأثیرگذار را بیان می‌دارند که در جدول (۱) به آن‌ها اشاره شده است. اکثر تصمیم‌گیری‌های مدیران تحت تأثیر عوامل مختلف کمّی و کیفی قرار دارد که اغلب این عوامل با یکدیگر در تعارض هستند و آنان سعی می‌کنند که بین چندین گزینه موجود بهترین گزینه را در اولویت قرار دهند. اشتباه و عدم دقت در تصمیم‌گیری مستلزم پرداخت هزینه خطاست. هر چه قدرت و اختیارات مدیریت بیشتر باشد؛ هزینه تصمیم غلط نیز بالاتر خواهد بود (Ghodsipour, 2002).

جدول ۱- چالش‌های توسعه پایدار مکانیزاسیون کشاورزی

Table 1- Challenges of sustainable development of agricultural mechanization

نماد پارامتر	پارامتر
A_1	عدم وجود تعمیرگاه در محل برای ماشین‌های کشاورزی
A_2	عدم کنترل و تولید نهاده‌های کشاورزی
A_3	عدم ارتباط بین کاربران ماشین‌ها و صاحبان این صنایع
A_4	عدم انتخاب بهترین روش مکانیزاسیون
A_5	عدم وجود یک برنامه مدون و منسجم عملیاتی
A_6	مشکل اشتغال و بیکاری
A_7	کوچک و پراکنده بودن بهره‌بردارهای زراعی
A_8	فرسوده بودن ماشین‌های کشاورزی
A_9	پایین بودن مهارت فنی کشاورزان
A_{10}	پایین بودن کیفیت ماشین‌های ساخت داخل
A_{11}	متغیر بودن قیمت مواد اولیه

روش‌های چندمعیاره دارای تکنیک‌های متنوعی در مراحل مختلف تصمیم‌گیری هستند. در این روش‌ها چندین گزینه بر اساس چندین معیار مختلف با هم مقایسه شده؛ بهترین گزینه یا ترتیب گزینه‌های مناسب انتخاب می‌شوند. روش‌های چندمعیاره، بر پایه استدلال‌های ریاضی، بهترین گزینه تصمیم‌گیری را از بین گزینه‌های موجود با اولویت‌بندی آن‌ها تعیین می‌کنند. به دلیل اینکه هر کدام از این روش‌ها با رویکرد و مفروضات خاص خود به مدل‌سازی و حل مساله می‌پردازند؛ بنابراین در شرایط مختلف هر یک دارای مجموعه جواب-های متفاوت خواهند بود (Hwang & Kwang, 1981; Sharifi *et al*., 2021).

به طور کلی مکانیزاسیون تمام سطوح فناوری‌های تولید و فرآوری از ابزاردستی ساده تا تجهیزات موتوری و پیچیده را شامل می‌شود که باعث کاهش سختی کار، برطرف شدن مشکل کمبود کارگر، بهبود بهره‌وری و انجام به موقع عملیات کشاورزی، بهبود استفاده مؤثر از منابع، دسترسی بهتر به بازار و مشارکت در کاهش خطرات تغییر اقلیم می‌گردد. مکانیزاسیون پایدار هنگام مشارکت در توسعه پایدار بخش غذا و کشاورزی، جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و فرهنگی را در نظر می‌گیرد (FAO, 2022). بدین منظور در قالب چارچوب توسعه پایدار، در تحلیل مکانیزاسیون کشاورزی سه جنبه باید دیده شود. جنبه اقتصادی که به افزایش عملکرد، ارزش افزوده و درآمد بالاتر اشاره دارد. جنبه اجتماعی که می‌بایست مکانیزاسیون در بستر اجتماعی دیده شود و به منافعی مانند کاهش سختی کار و افزایش زمان فراغت و اشتغال توجه کند. جنبه زیست محیطی که به نگرانی‌های زیست محیطی مانند تخریب منابع طبیعی رسیدگی می-کند (Mishra & Satapathy, 2022). برای توسعه پایدار و پایداری تولید محصول، می‌بایست مفهوم پایداری در مکانیزاسیون را تبیین کرد. مکانیزاسیون کشاورزی پایدار را می‌توان این‌گونه تعریف کرد: مکانیزاسیونی که از نظر اقتصادی ممکن، از نظر زیست‌محیطی

حساس و از نظر اجتماعی مقبول باشد (Sims & Kienzle, 2016). در اصول اولیه انتخاب سامانه‌های مکانیزه کشاورزی روابط، روش‌ها و مدل‌های بسیاری ارائه شده است که عمده تمرکز مطالعات انجام گرفته بر تحلیل فنی و اقتصادی بوده است. در این زمینه، می‌توان در انتخاب تراکتور و توان مورد نیاز و در انتخاب تجهیزات مناسب بر اساس توان در دسترس تراکتور یا زمان مورد نیاز اشاره کرد (Bochtis *et al.*, 2018).

Banerjee & Punekar (2020) به ارزیابی پایداری در طراحی و ساخت ماشین‌های کشاورزی پرداخته‌اند. رهیافت‌های طراحی پایدار را مورد آزمایش قرار دادند و طی فرایند طراحی، توسعه، ساخت، فروش، کاربرد، تعمیر و نگهداری و اسقاط کردن، هر سه بعد پایداری را به طور یکپارچه مورد ارزیابی قرار دادند. تعداد مطالعاتی که از شناسایی تأثیرات مخرب مکانیزاسیون کشاورزی و خدمات اکوسیستم مربوط به آن بر روی پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی انجام شده، بسیار کم هستند (Banerjee and Punekar, 2020; Kiani *et al.*, 2022).

با توجه به موارد ذکر شده مکانیزاسیون کشاورزی درحال حاضر وضعیت مطلوبی ندارد و با توجه به اهمیت مسئله امنیت غذایی که درگرو پیشرفت و بهبود وضعیت کشاورزی کشور است در این پژوهش تلاش شده است که چالش‌ها و موانع توسعه مکانیزاسیون را شناسایی و به رتبه‌بندی آن‌ها پرداخته شده تا به تصمیم‌گیری در زمینه رفع این چالش‌ها کمک کند. چون روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مثل ساو، الکتر، تاپسیس، ای اچ پی و ... ممکن است در یک زمینه خاص با روش‌های مختلف پاسخ متفاوتی را ارائه دهند؛ به همین دلیل استفاده از روش ادغامی که به نوعی ویژگی کلیه روش‌ها در آن وجود دارد؛ قابل دفاع‌تر خواهد بود. از این رو در پژوهش حاضر با کمک روش ادغام سه‌گانه، به رتبه‌بندی چالش‌های توسعه پایدار مکانیزاسیون پرداخته شد.

۲- روش تحقیق

شهرستان نی‌ریز با وسعت ۱۰۶۸۰ کیلومتر مربع در نیمه جنوبی استان فارس واقع گردیده است. این شهرستان در بین شهرستان‌های داراب، استهبان، ارسنجان، بوانات و خرامه و همچنین استان‌های کرمان، هرمزگان و یزد قرار گرفته است. این شهرستان ۸/۵ درصد کل وسعت استان را به خود اختصاص داده و در واقع نی‌ریز دومین شهرستان استان فارس از بعد مساحت می‌باشد. شهرستان نی‌ریز دارای چهار شهر نی‌ریز، آباده طشک، مشکان، قطرویه می‌باشد و چهار بخش مرکزی، پشتکوه، آباده طشک و قطرویه را در خود جای داده است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۲۱۰۰ متر و در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۲ دقیقه واقع شده است. این بخش قطب کشاورزی شهرستان می‌باشد و محصولات باغی از قبیل پسته، لنار، بادام، زیتون، هلو، زردآلو، گردو، آلو بخار دیم، شلیل، سیب، انگور و ... و محصولات کشاورزی از قبیل گندم، جو، ذرت، تریتیکاله، ارزن، منداب، کنجد، گوجه‌فرنگی، خیار، لوبیا، عدس، نخود و غیره می‌باشد.

در این پژوهش فاکتورهایی که در تحقیقات Amjadi & Chizari, 2006؛ Mohammadi & Zarifiyan, 2008؛ Moazzen, 2010 و Bagheri *et al.*, 2014 مانع توسعه پایدار مکانیزاسیون بودند و از عمومیت بیشتری برخوردار بودند مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). در این راستا پرسش‌نامه‌ای با هدف شناسایی چالش‌های توسعه مکانیزاسیون پایدار طراحی گردید و در بین گروهی از کشاورزان توزیع گردید که حجم نمونه آماری براساس فرمول کوکران (رابطه ۱) ۳۷۰ نفر برآورد گردید (Asgharpour, 2010):

$$A = \frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{z^2pq}{d^2}-1\right)} \qquad (۱)$$

که در آن: A حجم نمونه، N حجم جمعیت آماری، P نسبتی از جمعیت دارای صفت معین، q (1-p) نسبتی از جمعیت فاقد صفت معین، D درجه اطمینان یا دقت احتمالی مطلوب و z درصد خطای معیار ضریب اطمینان قابل قبول است.

برای بررسی پایایی پرسش‌نامه از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد. آزمون کرونباخ آلفا، قابلیت اعتماد یا پایایی پرسش‌نامه یک آزمون آماری است که حاصل آن یک ضریب به نام آلفای کرونباخ می‌باشد. این شاخص برای آزمون قابلیت اعتماد یا پایایی پرسش‌نامه‌ای که به‌صورت طیف لیکرت طراحی شده و جواب‌های آن چند گزینه‌ای می‌باشند، به‌کار می‌رود. ترتیب پارامترها (از نظر امتیاز سوالات) برای ضریب کرونباخ مهم نیست، چون این ضریب براساس واریانس، محاسبات را انجام می‌دهد. از رابطه (۲) برای آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد.

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1-\frac{\sum_{i=1}^{k} S_i^2}{S^2}\right) \qquad (۲)$$

که در آن: k تعداد پارامترها، S^2 واریانس جمع نمره‌های هر پاسخگو و S_i^2 واریانس نمرات مربوط به پارامتر شماره iام است (Fathi-Ashtiyani, 2010).

پس از تعیین پایایی، گروهی از کشاورزان به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شدند و پرسش‌نامه را تکمیل نمودند. شناسایی چالش‌های موجود در توسعه مکانیزاسیون پایدار برای تصمیم‌گیری مدیر در رفع این چالش‌ها، یک فرآیند خطی و تک‌بعدی نیست، بلکه مدیر باید موضوع تصمیم را از جوانب مختلف مورد بررسی قرار داده و از چندین پارامتر به‌طور مشترک و هم‌زمان استفاده کند و سپس ضمن بررسی عوامل مختلف و مؤثر بر آن، بهترین گزینه‌ها را برحسب اولویت انتخاب کند. رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، این امکان را برای مدیر فراهم می‌کند. به همین دلیل، این پژوهش جهت شناسایی و رتبه‌بندی مهم‌ترین چالش‌های توسعه مکانیزاسیون پایدار از سه روش

تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل روش مجموع ساده وزین، روش الکتر و روش تاپسیس بهره گرفته است.

در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، داشتن و دانستن اوزان شاخصه‌های موجود گام مؤثر در فرآیند حل مسئله بوده و مورد نیاز است. از جمله روش‌های تعیین وزن شاخص‌ها، می‌توان به روش‌های استفاده از پاسخ خبرگان، روش آنتروپی شانون، روش لینمپ، روش کمترین مجذورات، روش بردار ویژه و ... اشاره کرد (Zhao *et al.*, 2010; Tavakoli *et al.*, 2017). در این پژوهش از روش آنتروپی شانون به‌عنوان یکی از معروف‌ترین روش‌های محاسبه اوزان شاخص‌ها استفاده شده است. آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (Pi) به‌گونه‌ای که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد. این عدم اطمینان به‌صورت رابطه (۳) تشریح می‌شود (Sharifi *et al.*, 2017). ابتدا ارزشی با نماد E محاسبه می‌گردد:

$$E = -K\sum_{i=1}^{n}|p_i \times lnp_i| \qquad (۳)$$

به‌طوری‌که K یک ثابت مثبت است. به‌منظور تأمین ۰≤E≤۱، E از توزیع احتمال P_i براساس مکانیزم آماری محاسبه شده و مقدار آن در صورت تساوی P_iها با یکدیگر بیشینه ممکن خواهد بود. یک ماتریس تصمیم‌گیری از یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزیابی آن به‌کار رود. یک ماتریس تصمیم‌گیری به صورت جدول (۲) در نظر گرفته می‌شود:

جدول ۲- ماتریس تصمیم‌گیری

Table 2- Decision matrix

	X_1	X_2	.	.	.	X_n
A_1	r_{11}	r_{12}	.	.	.	r_{1n}
A_2	r_{21}	r_{22}	.	.	.	r_{2n}
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
A_m	r_{m1}	r_{m2}	.	.	.	r_{mn}

در جدول (۲)، A_i گزینه‌هایی است که قرار است رتبه‌بندی شوند و X_j شاخص‌هایی است که گزینه‌ها براساس آن ارزیابی می‌شوند و r_{ij} ارزش هر شاخص متناسب با هریک از گزینه‌ها است. محتوای اطلاعاتی از این ماتریس ابتدا به صورت P_{ij} می‌باشد.

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}, \forall i,j \qquad (۴)$$

که در آن r_{ij} ارزش هر شاخص متناسب با هر گزینه و P_{ij} ارزش هر شاخص به صورت بی‌وزن شده است. در ادامه ماتریس E_j با توجه به رابطه (۵) محاسبه گردید.

$$\frac{1}{\ln m}E_j = -k\sum_{i=1}^{m}|p_{ij} \times lnp_{ij}|, k = \frac{1}{\ln m} \qquad (۵)$$

که در آن E_j بیانگر مقدار عدم اطمینان است.

سپس میزان انحراف از معیار هر شاخص با استفاده از رابطه (۶) محاسبه شد.

$$d_j = 1 - E_j, \forall j \qquad (۶)$$

که در آن، d_j درجه انحراف از اطلاعات ایجاد شده به ازای گزینه j است.

برای تعیین وزن شاخص‌ها از رابطه (۷) استفاده شد (Asgharpour, 2010):

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}, \forall j \qquad (۷)$$

پس از تعیین وزن شاخص‌ها با سه روش مذکور، پارامترها رتبه‌بندی شدند:

۱- با استفاده از روش ساو (SAW) که یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، مهم‌ترین پارامتر (A^*) تعیین و سایر پارامترها با توجه به آن رتبه‌بندی گردید. برای این کار، چنانچه W با استفاده از مراحل بالا محاسبه شده باشد، A^* از رابطه (۸) محاسبه می‌گردد (Asgharpour, 2010).

$$A^* = \left\{A_i \middle| \max \sum_{j=1}^{n} n_{ij} \times W_j\right\} \qquad (۸)$$

۲- مدل الکتر در اواخر دهه ۱۹۸۰ مطرح شد. در این روش کلیه گزینه‌ها با استفاده از مقایسات "غیررتبه‌ای" مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. کلیه مراحل انجام این روش بر مبنای یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه ناهماهنگ پایه‌ریزی می‌شوند (Asgharpour, 2010). برای تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی‌مقیاس شده از رابطه (۹) استفاده می‌شود:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^2}} \qquad (۹)$$

که در آن r_{ij} ارزش هر شاخص متناسب با هر گزینه و n_{ij} ارزش هر شاخص به صورت بی‌وزن شده است.

در مرحله بعد با استفاده از بردار معلوم W (رابطه ۷) و رابطه (۱۰)، ماتریس بی‌مقیاس وزین (V) به دست می‌آید:

$$v = N_D \times W_{m.n} \qquad (۱۰)$$

که در آن $W_{m.n}$ بردار وزن و N_D ارزش هر شاخص به صورت بی‌وزن شده است.

مشخص نمودن مجموعه هماهنگی و مجموعه ناهماهنگی برای زوج گزینه‌ها

- اگر شاخص مورد نظر دارای جنبه مثبت باشد:

$$S_{k,l} = \{j|v_{kj} \geq v_{lj}\}, j = 1,2,\dots,m \qquad (۱۱)$$

- اگر شاخص دارای جنبه منفی باشد:

$$S_{k,l} = \{j|v_{kj} \leq v_{lj}\}, j = 1,2,\dots,m \qquad (۱۲)$$

که در آن S_{kl} مجموعه هماهنگی، v_{lj} و v_{kj} گزینه‌های مورد مقایسه هستند.

مجموعه ناهماهنگ $D_{k,l}$ نیز شامل شاخص‌هایی است که در آن‌ها، گزینه‌های A_K نسبت به گزینه‌های A_l مطلوبیت کم‌تری داشته باشد، یعنی:

- برای شاخص‌های مثبت:

$$D_{k,l} = \{j | v_{kj} < v_{lj}\}, j = 1,2, \dots, m \quad (۱۳)$$

- برای شاخص منفی

$$D_{k,l} = \{j | v_{kj} > v_{lj}\}, \mathrm{j} = 1,2, \dots, \mathrm{m} \quad (۱۴)$$

که در آن D_{kl} مجموعه ناهماهنگ، v_{lj} و v_{kj} گزینه‌های مورد مقایسه هستند.

محاسبه ماتریس هماهنگی

این ماتریس، یک ماتریس مربع m*m بوده که قطر آن فاقد عنصر می‌باشد. سایر عناصر این ماتریس نیز از جمع اوزان شاخص‌های متعلق به مجموعه هماهنگ حاصل می‌شود. یعنی:

$$I_{kl} = \sum_{j \in s_{k,l}} w_j \quad (۱۵)$$

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1 \quad (۱۶)$$

محاسبه ماتریس ناهماهنگی

این ماتریس با NI نشان داده می‌شود و مانند ماتریس هماهنگ، ماتریسی m*m است. قطر اصلی این ماتریس، عنصری ندارد و سایر عناصر این ماتریس، از ماتریس بی‌مقیاس شده موزون به ازای مجموعه ناهماهنگ $D_{k,l}$ با استفاده از رابطه (۱۷) محاسبه می‌گردد.

$$NI_{k,l} = \frac{max|v_{kj} - v_{lj}| \quad , j \in D_{k,l}}{max|v_{kj} - v_{lj}| \quad , j \in J} \quad (۱۷)$$

مشخص نمودن ماتریس هماهنگ مؤثر

ارزش‌های I_{kl} از ماتریس هماهنگی باید نسبت به یک ارزش آستانه سنجیده شوند تا شانس ارجحیت A_k بر A_l بهتر مورد قضاوت واقع شود. برای تعیین حد آستانه، می‌توان از اطلاعات گذشته و نظر تصمیم‌گیرنده استفاده کرد. یک معیار عمومی برای مشخص شدن این حد، عبارت است از میانگین مقادیر ماتریس I:

$$I^- = \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} I_{k,l}/m(m-1) \quad (۱۸)$$

براساس حداقل آستانه، یک ماتریس بولین Fبا عناصر صفر و یک تشکیل شده به گونه‌ای که:

- اگر $\mathrm{f_{k,l}} \geq \mathrm{I}^-$ باشد: $f_{k,l} = 1$
- اگر $f_{k,l} < I^-$ باشد: $\mathrm{f_{k,l}} = 0$

آن‌گاه هر عنصر واحد در ماتریس F (ماتریس هماهنگ مؤثر) نشان‌دهنده یک گزینه مؤثر و مسلط بر دیگری است.

مشخص نمودن ماتریس ناهماهنگ مؤثر

عناصر $NI_{k,l}$ از ماتریس ناهماهنگ نیز باید نسبت به یک ارزش آستانه سنجیده شوند. حد آستانه برای این ماتریس از رابطه (۱۹) محاسبه می‌شود:

$$NI^- = \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} NI_{k,l}/m(m-1) \quad (۱۹)$$

سپس یک ماتریس بولین معروف به ماتریس ناهماهنگ مؤثر (G) تشکیل گردید به گونه‌ای که:

$NI_{k,l} \leq NI^-$ باشد: $g_{k,l} = 1$

و اگر $NI_{k,l} > NI^-$ باشد: $g_{k,l} = 0$

مشخص کردن ماتریس کلی و مؤثر: این ماتریس از ترکیب ماتریس هماهنگ مؤثر (F) و ماتریس ناهماهنگ مؤثر (G) به دست می‌آید:

$$h_{k,l} = f_{k,l}.\, g_{k,l} \quad (۲۰)$$

حذف گزینه‌های کم جاذبه: ماتریس کلی H نشان دهنده ترتیب برتری راهکارهای مختلف نسبت به یکدیگر می‌باشد. یعنی اگر $h_{k,l}$ برابر با یک باشد، می‌توان گفت A_k بر A_l ارجحیت دارد. البته ممکن است این ارجحیت تحت تأثیر راهکارهای دیگر قرار بگیرد. بنابراین شرط این که در روش فوق A_k یک گزینه ارجح باشد این است که:

برای حداقل یک l و $F_{k,l} = 1$

برای کلیه l ها و $F_{k,l} = 0$

می‌توان هر ستونی از F را که حداقل دارای یک "عنصر یک" باشد حذف کرد، سپس بر اساس سطرهای دیگر تصمیم‌گیری کرد.

۳- روش تاپسیس در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارائه گردید. اساس این روش انتخاب گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از جواب ایده‌آل منفی دارد. حل یک مسئله به روش تاپسیس شامل شش مرحله به شرح زیر می‌باشد (Asgharpour, 2010):

تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری به یک ماتریس بی مقیاس شده (رابطه ۹)؛

محاسبه بردار W از طریق آنتروپی شانون؛

تعیین ماتریس بی مقیاس وزین (رابطه ۱۰)؛

مشخص نمودن راه‌حل ایده آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی.

گزینه ایده‌آل مثبت:

$$A^+ = \{(\overset{max}{i} V_{ij} | \, j \in J), (\overset{min}{i} V_{ij} | j \in J')\}, i = 1,2,3, \dots, m \quad (۲۱)$$
$$A_i^+ = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+\}$$

گزینه ایده‌آل منفی:

$$A^- = \{(\overset{min}{i} V_{ij} | \, j \in J), (\overset{max}{i} V_{ij} | j \in J')\}, i = 1,2,3, \dots, m \quad (۲۲)$$
$$A_i^- = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\}$$

محاسبه اندازه جدایی (فاصله)

فاصله گزینه iام با ایده‌آل‌ها با استفاده از روش اقلیدسی به شرح زیر است:

- فاصله گزینه iام از ایده‌آل مثبت برابر است با:

$$d_{i+} = \left\{ \sum_{j=1}^{n} \left(V_{ij} - V_j^+\right)^2 \right\}^{0.5}, i = 1,2,3, \dots, m \quad (۲۳)$$

- فاصله گزینه iام از ایده‌آل منفی برابر است با:

$$d_{i-} = \left\{ \sum_{j=1}^{n} \left(V_{ij} - V_j^- \right)^2 \right\}^{0.5} , i = 1,2,3, \dots, m \qquad (۲۴)$$

محاسبه نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه حل ایده‌آل

شاخص نزدیکی نسبی با استفاده از رابطه (۲۵) محاسبه می‌شود:

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})} , 0 < cl_{i+} < 1 , i = 1,2, \dots, m \qquad (۲۵)$$

هر اندازه گزینه‌ها به راه حل ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، ارزش cl_{i+} به واحد نزدیک‌تر خواهد بود.

رتبه‌بندی گزینه‌ها

براساس ترتیب نزولی cl_{i+} می‌توان گزینه‌های موجود از مسئله را براساس بیشترین اهمیت رتبه‌بندی نمود. برای رسیدن به یک اجماع کلی از رتبه‌بندی پارامترها، از تکنیک‌های ادغامی (Poset) که شامل روش‌های میانگین، بردا و کپ‌لند است، استفاده گردید. در نهایت چالش‌های توسعه پایدار مکانیزاسیون رتبه‌بندی شدند. در روش میانگین، گزینه‌ها براساس میانگین رتبه‌های به دست آمده از روش‌های مختلف مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره اولویت‌بندی می‌شوند. روش بردا براساس قاعده اکثریت استوار است. برای مثال دو گزینه A_1 و A_3 موجود است. اگر تعداد روش‌هایی که A_1 را بر A_3 ترجیح می‌دهند بیشتر از تعداد روش‌هایی که A_3 را بر A_1 ترجیح می‌دهند باشد، این مورد در این مقایسه زوجی، با M نشان داده می‌شود. اگر در این مقایسه زوجی، رأی اکثریت وجود نداشت یا آرا باهم مساوی بود، آنگاه با X کدگذاری می‌شود. M به منزله آن است که سطر بر ستون ارجحیت دارد و X نشانگر آن است که ستون بر سطر ارجحیت دارد. هر مقایسه زوجی به‌صورت جداگانه، مورد بررسی قرار می‌گیرد. تعداد مقایسات برابر $\frac{m(m-1)}{2}$ است که m تعداد گزینه‌هاست. معیار اولویت در این روش، آن است که در چند دفعه، بردهای گزینه در سطر، دارای اکثریت است. روش کپ‌لند، با پایان روش بردا شروع می‌شود. روش کپ‌لند نه فقط تعداد بردها، بلکه تعداد باخت‌ها را هم برای هر گزینه محاسبه می‌کند. امتیازی که کپ‌لند به هر گزینه می‌دهد، با کم کردن تعداد باخت‌ها از تعداد بردها است (Momeni, 2006).

۳- نتایج و بحث

نتیجه محاسبه آلفای کرونباخ در نرم‌افزار SPSS در جدول (۳) آورده شده است. خروجی نرم افزار بیش از ۰/۷ می‌باشد، بنابراین می‌توان از همبستگی درونی سوالات مطمئن بود. در غیر این صورت باید با حذف سوالات اضافی به پایایی مطلوب رسید، که در این پژوهش، پرسش‌نامه از پایایی مطلوبی برخوردار بود.

جدول ۳- آماره قابل اعتماد بودن یا پایایی

Table 3- Reliability statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
۰/۷۱۴	۰/۷۳۵	۸۰۳۷۰

نتایج حاصل از اجرای تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، در جدول (۴) ارائه گردیده است.

جدول ۴- نتایج رتبه‌بندی با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

Table 4- Ranking results with multi-criteria decision making methods

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
SAW	۵	۷	۹	۶	۱	۴	۱	۱	۲	۸	۳
ELECTER	۳	۶	۸	۵	۱	۴	۱	۱	۲	۷	۳
TOPSIS	۴	۷	۹	۶	۱	۵	۱	۱	۲	۸	۳

در بین چالش‌های توسعه مکانیزاسیون مورد سنجش قرار گرفته، پس از محاسبه A^* و رتبه‌بندی آنها، عدم وجود برنامه مدون و منسجم، کوچک و پراکنده بودن زمین‌های زراعی و فرسوده بودن ماشین‌های کشاورزی از مهم‌ترین چالش‌های توسعه مکانیزاسیون بوده و در رتبه اول قرار گرفتند. اولین و مهم‌ترین مشکل عمده توسعه مکانیزاسیون کشاورزی به‌خصوص در بعد اجرایی، عدم افق دید مشخص برنامه‌ای قابل اجرا و تلاش در جهت تحقق این برنامه‌ها می‌باشد. چرا که هزینه تولید محصولات کشاورزی در صورت ادامه روند نادرست، بسیار بالا رفته و محصولات تولیدی به لحاظ کیفی و کمی از استانداردهای روز جهان فاصله زیادی خواهند گرفت. وسعت کم بهره‌برداری‌ها و محدودیت واحدهای تولیدی در عرصه کشاورزی را می‌توان از جمله مهم‌ترین موانع اساسی در کاربرد گسترده ماشین‌های کشاورزی و توسعه مکانیزاسیون دانست و از آنجا که اکثر زمین‌های کشاورزی کشور به نسبت کوچک و شیوه کشاورزی غالب براساس شیوه معیشتی استوار است، بنابراین درآمد حاصل از کشاورزی پایین بوده و این امر در حالی است که قیمت تراکتور به عنوان مهم‌ترین ماشین مولد نیرو در کارهای کشاورزی روز به روز درحال افزایش است. بحران مکانیزاسیون و عدم تأمین نیرو محرکه لازم سبب شده که بسیاری از عملیات کشاورزی در خارج از زمان مناسب و با کیفیت پایین صورت پذیرد. بنابراین عدم استفاده از ماشین‌های فرسوده باید در دستورکار

توسعه مکانیزاسیون قرار بگیرد؛ چون آثار کمبود ماشین‌های کشاورزی در مراحل تولید محصولات و همچنین ضایعات و تلفات وارده از به‌موقع نبودن عملیات کشاورزی ناشی می‌شود، که این نتایج با پژوهش‌های ترکی بلداجی و قنبری مطابقت دارد. در این پژوهش نیز ۳ عامل ذکر شده جز مهم‌ترین چالش‌های توسعه مکانیزاسیون در منطقه بروجن ذکر شده است، بنابراین در اولویت قرار دادن موارد فوق در برنامه توسعه مکانیزاسیون امری ضروری و واجب است (Torki-Beldaji & Ghanbari, 2013).

در این پژوهش مهارت فنی پایین کشاورزان در رده دوم قرار گرفته، بنابراین ضرورت توجه به برنامه‌های آموزشی در مورد نگهداری و استفاده درست از ماشین‌های کشاورزی برای کشاورزان ماشین‌های کشاورزی از مهم‌ترین مواردی است که باید به آن توجه گردد؛ چرا که عدم مهارت فنی کشاورزان و استفاده نادرست از ماشین‌ها سبب کم شدن عمر مفید ماشین‌ها می‌گردد. نتایج تحقیق براهوئی اول و همکاران نشان دهنده این امر است که پایین بودن سواد و آگاهی کشاورزان، از چالش‌های مهم توسعه مکانیزاسیون می‌باشد و با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (Barahoei-Aval *et al*., 2014).

از دیگر مشکلاتی که امروزه در توسعه مکانیزاسیون بسیار مشکل‌ساز شده است عدم تثبیت نرخ فروش و عرضه مواد اولیه مصرفی که بعضاً به‌صورت روزانه متغیر و غیرقابل کنترل می‌باشد و رتبه سوم چالش‌های مکانیزاسیون را به خود اختصاص داده است، چراکه نوسانات قیمت تمام شده نابسامانی‌هایی را در رابطه با عقد قراردادهای تولید و فروش و عرضه موجب شده است و این امر از طرف دیگری موجب تقاضای کاذب و بیش از حد مصرف‌کنندگان مواد اولیه می‌گردد.

مشکل اشتغال و بیکاری در رتبه چهارم معضلات مکانیزاسیون قرار گرفته است. چون با توجه به روند سنتی تولید محصولات کشاورزی و ریشه‌دار بودن آن در بین تمامی بهره‌برداران بخش کشاورزی، قطعا با کاربرد هر نوع ماشین کشاورزی کارگران زیادی در این بخش از دور خارج خواهند شد و این امر با توجه به اشتغال‌زایی بسیار کم کشورها به‌ویژه کشورهای درحال توسعه و ازجمله کشور ما، باعث مشکلات فراوانی ازجمله مهاجرت گسترده جوانان فعال و مولد روستایی به شهرهاست که امری قابل تأمل جهت برنامه‌ریزان توسعه همه‌جانبه کشور می‌باشد. رتبه پنجم مشکلات مکانیزاسیون مربوط به نبود تعمیرگاه ماشین‌های کشاورزی در محل است. بنابراین به منظور بهره‌برداری مؤثر و نگهداری ماشین‌های کشاورزی شرط لازم وجود تعمیرگاه‌های مناسب در مناطق مختلف کشور و تأمین قطعات یدکی و تدارک سوخت و تعمیرکاران مجرب می‌باشد.

عدم انتخاب بهترین نوع مکانیزاسیون که در رتبه ششم موانع موجود در توسعه مکانیزاسیون قرار گرفته است که بستگی به اهداف توسعه کشاورزی و منابع موجود و نیز محدودیت‌های محیطی دارد. استراتژی توسعه مکانیزاسیون کشاورزی خود مستلزم افزایش تولید و افزایش درآمد روستایی و ایجاد امکانات اشتغال نیروی انسانی است. مناسب‌ترین نوع مکانیزاسیون مزرعه در بخش خرده‌مالکی اکثر کشورهای درحال توسعه باید براساس امکان دستیابی سریع و قابلیت تجدید و نیز خودکفایی منابع، استوار باشد. ولی وضعیت قیمت‌گذاری در اقتصاد بسیاری از کشورهای درحال توسعه در غالب موارد نارساست و ضرورتاً به سمت بهترین نحوه استفاده از منابع موجود سوق داده نمی‌شود.

عدم کنترل نهاده‌های کشاورزی از دیگر معضلات مکانیزاسیون کشور است. چون مواد اولیه توسط ارگان‌های مختلف توزیع می‌گردد، لزوم ایجاد هماهنگی و درج اقلام تحویلی به هریک از تولیدکنندگان ضرورت دارد. پایین بودن کیفیت ماشین‌های ساخت داخل به دلیل اطلاعات ناقص و غلط تولیدکنندگان از مراجع مختلف در رتبه هشتم معضلات مکانیزاسیون قرار گرفته است که موجبات رکود و ضرر و زیان بخش کشاورزی را به‌خصوص در فصل کار که همواره با محدودیت زمانی مواجه می‌باشند فراهم می‌سازند (Bagheri *et al*., 2014).

در پایان عدم ارتباط میان کاربران ماشین‌های کشاورزی و صاحبان این صنایع مطرح شده است. چون صاحبان صنایع ماشین‌های کشاورزی از نیاز روز کشاورزان بی‌اطلاع خواهند ماند و نمی‌توانند مطابق با نیازهای آنها ماشین‌هایی را طراحی کنند. پارامترهای ذکر شده که در رتبه سوم تا نهم قرار گرفته‌اند از چالش‌های تأثیرگذار در توسعه پایدار مکانیزاسیون به‌شمار می‌آیند که در تحقیقات امجدی و چیذری، و محمدی و ظریفیان به آن اشاره شده است (Bagheri *et al*., 2014).

روش الکتر و تاپسیس نیز نتایج مشابهی را دربرداشتند (جدول ۵). به دلیل این‌که نتایج حاصل از سه روش تا حدودی با یکدیگر متفاوت بودند، روش ادغام سه‌گانه جهت رتبه‌بندی نهایی به‌کار گرفته شد که در گام اول میانگین رتبه هر گزینه حساب گردید و نتایج به شرح جدول (۵) ارائه شد. نتایج میانگین رتبه‌ها نشان می‌دهد که نتایج حاصل از رتبه‌بندی با روش تاپسیس، همخوانی بیشتری با نتایج به دست آمده از میانگین رتبه‌ها دارد که بیانگر مناسب بودن این روش برای رتبه‌بندی چالش‌های توسعه مکانیزاسیون در شهرستان نی‌ریز است.

نتایج روش بردا به شرح جدول (۶) می‌باشد. نتایج حاصل از این روش با نتایج روش تاپسیس کاملا مطابقت دارد و این امر، تأییدکننده روش تاپسیس به‌عنوان یک روش مناسب رتبه‌بندی در این پژوهش است.

نتایج روش کپلند به شرح جدول (۷) است. نتایج این روش نیز با نتایج حاصل از روش تاپسیس یکی است که به‌عبارتی روش تاپسیس را برای رتبه‌بندی چالش‌های توسعه مکانیزاسیون پایدار در شهرستان نی‌ریز مناسب می‌داند. پس از آن‌که رتبه‌بندی پارامترها توسط هر سه روش به دست آمد، نتایج با هم تلفیق شد و رتبه‌بندی واحدی برای پارامترها به دست آمد (جدول ۸).

در پایان، با یکی بودن نتایج روش تاپسیس و نتایج حاصل از ادغام سه‌گانه می‌توان گفت روش تاپسیس روشی مناسب برای رتبه‌بندی این پژوهش است. همچنین چالش‌های عدم وجود برنامه مدون و منسجم، کوچک و پراکنده بودن بهره‌بردارهای زراعی و فرسوده بودن ماشین‌های کشاورزی در رتبه اول قرار گرفتند.

جدول ۵- نتایج رتبه‌بندی با روش میانگین رتبه‌ها

Table 5- The results of ranking by the method of average ranks

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
SAW	۵	۷	۹	۶	۱	۴	۱	۱	۲	۸	۳
ELECTER	۳	۶	۸	۵	۱	۴	۱	۱	۲	۷	۳
TOPSIS	۴	۷	۹	۶	۱	۵	۱	۱	۲	۸	۳
میانگین رتبه‌ها	۴	۶/۷	۸/۷	۵/۷	۱	۴/۳	۱	۱	۲	۷/۷	۳

جدول ۶- نتایج رتبه‌بندی با روش بردا

Table 6- Results of ranking by Barda method

A_i	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	$\sum C$	رتبه بندی
A_1	-	M	M	M	X	M	X	X	X	M	X	۵	۴
A_2	X	-	M	X	X	X	X	X	X	M	X	۲	۷
A_3	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	۰	۹
A_4	X	M	M	-	X	X	X	X	X	M	X	۳	۶
A_5	M	M	M	M	-	M	X	X	M	M	M	۸	۱
A_6	X	M	M	M	X	-	X	X	X	M	X	۴	۵
A_7	M	M	M	M	X	M	-	X	M	M	M	۸	۱
A_8	M	M	M	M	X	M	X	-	M	M	M	۸	۱
A_9	M	M	M	M	X	M	X	X	-	M	M	۷	۲
A_{10}	X	X	M	X	X	X	X	X	X	-	X	۱	۸
A_{11}	M	M	M	M	X	M	X	X	X	M	-	۶	۳
$\sum R$	۵	۸	۱۰	۷	۰	۶	۰	۰	۳	۹	۴		

جدول ۷- نتایج رتبه‌بندی با روش کپلند

Table 7- Ranking results by Copeland method

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
$\sum C$	۵	۲	۰	۳	۸	۴	۸	۸	۷	۱	۶
$\sum R$	۵	۸	۱۰	۷	۰	۶	۰	۰	۳	۹	۴
$\sum C - \sum R$	۰	-۶	-۱۰	-۴	۸	-۲	۸	۸	۴	-۸	۲
رتبه‌بندی	۴	۷	۹	۶	۱	۵	۱	۱	۲	۸	۳

جدول ۸- رتبه‌بندی نهایی با ادغام سه‌گانه

Table 8- Final ranking with triple integration

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
میانگین رتبه‌ها	۴	۶/۷	۸/۷	۵/۷	۱	۴/۳	۱	۱	۲	۷/۷	۳
بردا	۴	۷	۹	۶	۱	۵	۱	۱	۲	۸	۳
کپلند	۴	۷	۹	۶	۱	۵	۱	۱	۲	۸	۳
میانگین روش‌ها	۴	۶/۹	۸/۹	۵/۹	۱	۴/۸	۱	۱	۲	۷/۹	۳
رتبه‌بندی نهایی	۴	۷	۹	۶	۱	۵	۱	۱	۲	۸	۳

۴- نتیجه‌گیری نهایی

تحقیق حاضر با هدف شناسایی و رتبه‌بندی چالش‌های توسعه مکانیزاسیون انجام گرفته است. مراحل مختلفی به منظور دستیابی به این هدف صورت گرفت و از سه روش ساو، تاپسیس و الکتر بهره گرفته شد:

- در هر سه روش، پارامترهای عدم وجود برنامه مدون و منسجم، کوچک و پراکنده بودن بهره‌بردارهای زراعی و فرسوده بودن ماشین‌های کشاورزی در درجه اول اهمیت قرار گرفتند و سایر پارامترها با تفاوت ناچیزی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

- به‌دلیل تفاوت نتایج رتبه‌بندی در سه روش با استفاده از روش ادغام سه‌گانه رتبه‌بندی نهایی انجام شد و با یکی بودن نتایج روش تاپسیس و نتایج حاصل از ادغام سه‌گانه می‌توان گفت روش تاپسیس روشی مناسب برای رتبه‌بندی چالش‌های توسعه مکانیزاسیون پایدار است.

در این پژوهش با استفاده از ترکیب روش‌های کمّی و کیفی به مقایسه و رتبه‌بندی گزینه‌ها پرداخته شد و یک جواب بهینه قطعی با استفاده از تکنیک ادغام سه‌گانه به‌دست آمد که این جواب قطعی معیار قرار داده شد تا بر اساس آن سایر تکنیک‌ها مورد مقایسه قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود در آینده از ترکیب روش‌های کمّی و کیفی و مقایسه با جواب بهینه، بهترین تکنیک شناسایی شده و نتیجه این پژوهش مورد مقایسه و تحلیل قرار گیرد.

۵- منابع

Amjadi, A., & Chizari, A. (2006). Status of Iranian Agricultural Mechanization. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 55, 155-182. (In Persian).

Asgharpour. (2010). Multi-criteria decision making, Chapter1: Multi Attribute Decision Making. Tehran University. (In Persian)

Bagheri, N., Javadi, A., & Yunesi Alamoti, M. (2014). Drawing favorable conditions for agriculture in the country of Authority. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 3, 45-62. (In Persian).

Banerjee, S., & Punekar, R. M. (2020). A sustainability-oriented design approach for agricultural machinery and its associated service ecosystem development. *Journal of Cleaner Production*, *264*, 121642.

Barahoei-Aval, M., Ahmadizade, M., Miri Kamk, M., & Mozafaripour, Y. (2014). Investigating Factors Affecting Mechanization Development in Rural Areas (Kashkouiee village of Dashtab district of Baft city of Kerman province). *Third Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources.* Tehran, Iran. (In Persian)

Behroozilar, M. (1987). Mechanization Level and Needs in Iran. In *Int Symp on agricultural mechanization and international cooperation in high technology Era, Tokyo* (pp. 451-455).

Bochtis, D., Sorensen, C. A. G., & Kateris, D. (2018). *Operations management in agriculture*. Academic Press.

Ebne Abbasi, A. (2004). Integration of agricultural lands, the alphabet of sustainable development in agriculture: *First National Conference on Sustainable Development Solutions.* Ministry of Interior, Tehran, Iran. (In Persian)

FAO, Sustainable Agricultural Mechanization. http://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization, Fleming, P.H. (2022). Farm technical manual.

Fathi-Ashtiyani. A. (2010). Psychological tests, 171-183, Tehran. (In Persian)

Ghodsipour, H. (2002). Analytical Hierarchy data Process, Amirkabir University of Technology publisher, Tehran. (In Persian)

Hwang, C., Kwang, Y. (1981). Multiple Attribute Decision Making, Chapter3: Methods of Multi Attribute Decision Making, 2, 68-75, Berlin: Springer varlag.

Keskin, A., Ikikat Tumer, E., & Birinci, A. (2010). Analysis of the Factors Affecting the Instrument and Machinery Assets in Enterprises that Deal with Agricultural Production: The case of Erzurum Province. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 600-605.

Kiani, F., Randazzo, G., Yelmen, I., Seyyedabbasi, A., Nematzadeh, S., Anka, F. A., ... & Muzirafuti, A. (2022). A smart and mechanized agricultural application: From cultivation to harvest. *Applied Sciences*, *12*(12), 6021.

Mehrabi-Basharabadi, H., Gilanpoor, O. (2005). Investigating the Relationship between Farm Size and Level of Mechanization and Productivity of Agricultural Machinery in Kerman Province: *Fifth Iranian Agricultural Economics Conference*, University of Zahedan. Iran. (In Persian)

Mishra, D., & Satapathy, S. (2022). Sustainability-assessment for farm-machinery. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, *13*(5), 2165-2174.

Moazzen, S. A. A. (2010). Determination of the most important challenges for agricultural mechanization development in Iran. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, *12*(3-4), 87-91.

Mohammadi, O., Zarifiyan, Sh. (2008). Factors Affecting Mechanization: *Fifth National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization*. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Momeni, M. (2006). New topics of research in operations. 1th edition, 65-78, Tehran. Tehran University Publishers. (In Persian)

Motiee-Langroodi, S.A., Hesam, M., Cheraghi, M., Ashoor, H. (2013). Analysis of Factors Affecting Mechanization Development in Rural Areas, *Journal of Rural Researchs*, 3, 481-503. (In Persian)

Mozaffari, S. (1994). The effects of mechanization on production and employment in Punjab, *Journal of Agricultural Economics and Development*, 7, 106-136. (In Persian)

Nabiyian, S., Alavi-Naeeni, S. (2012). Investigating the impact of mechanization on agricultural development, *Journal of Agricultural Economics and Development*, 3, 54-68. (In Persian)

Nepal, R., & Thapa, G. B. (2009). Determinants of agricultural commercialization and mechanization in the hinterland of a city in Nepal. *Applied Geography*, *29*(3), 377-389.

Sharifi, M., Akram, A., Tavakoli, N. (2017). Evaluation and selection of the most important parameters in the distribution chain agility Combine Owners Cooperative Fars province. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 48(2), 201-209. (In Persian)

Sharifi, M., Tavakoli, N., Akram, A. (2021). Review and Rating of the Combine Owners' Cooperative Distribution Chain in Fars Province Using TOPSIS Approach. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 52(3), 409-420. (In Persian)

Shojaei, M. (2009). Study of Mechanization and its Role in Kerman: Kerman province support services company. (In Persian)

Sims, B., & Kienzle, J. (2016). Making mechanization accessible to smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *Environments*, *3*(2), 11.

Tavakoli, N., Sharifi, M., Akram, A. (2017). Performance evaluation of the most common multi criterion decision

making techniques to rank the effective parameters in agility of distribution chain of combine owners in Fars province. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 48(3), 299-308. (In Persian)

Torki-Beldaji, B., & Ghanbari, Y. (2013). Identification and analysis of factors affecting the development of agricultural mechanization in Borujen. *The first conference on sustainable development of agriculture and healthy environment.* Hamedan, Iran. (In Persian)

Zhao, M., Qiu, W. H., & Liu, B. S. (2010). Relative entropy evaluation method for multiple attribute decision making. *Control and Decision*, *25*(7), 1098-1100.