Research Article

Agricultural Engineering., 47(1) (2024) 1-18
DOI: 10.22055/agen.2024.45327.1688

ISSN (E): 2588-526X
ISSN (P): 2588-5944

Prioritization of effective factors on determining the appropriate crop cultivation pattern by decision-making methods (case study: Silakhor plain)

N. Bagheri[1*], A.R, Sabzevari[2] and A. Rajabipour[3]

1. Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Karaj, Iran
2. Former Ph.D Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received: 9 December 2023 Accepted: 29 January 2024 *Corresponding Author: n. Bagheri@areeo.ac.ir

Abstract

Introduction: The main reasons for the low productivity in agricultural production are the inappropriate allocation of resources and production factors. Although farmers have different options for agricultural activities and crop selection, their production factors are limited. By formulating and implementing an optimal cropping pattern in a region, it is possible to familiarize farmers with the available potentials while considering the constraints of production resources, reducing risk, ensuring system stability, improving income in production, and creating the groundwork for the growth and prosperity of agricultural regions. This leads to agricultural development and increasing profitability. Decision-making is one of the most important and fundamental tasks of management, and the quality of decision-making determines the achievement of organizational goals. However, the main focus of research has been on improving crop productivity based on water and soil resources, with little attention paid to the agricultural mechanization and the criteria of regional operators. Taking farmers' criteria into account in decision-making processes increase the acceptance of programs and cooperation in their implementation. Additionally, most studies have only used one decision-making method, but each decision-support method provides a unique outcome and may differ from the results of other methods. The objective of this research is to prioritize the factors influencing the determination of suitable cropping patterns for agricultural products using four different decision-making approaches and introduce the best one.

Materials and Methods: The research area is situated in Silakhour Plain, in Lorestan Province, between the cities of Doroud and Borujerd. In this study, the Analytic Hierarchy Process (AHP), TOPSIS, VIKOR, and Simple Weighted Average methods were utilized for decision-making. The parameters employed in this study were technical-agricultural, economic, macro-governmental, soil and climate, social, and production support factors. These factors included sub-factors such as the presence of mechanized planting and harvesting equipment, farming unit larger than one hectare, water requirements of plants, distance from the place of consumption, farming unit smaller than one hectare, crop profitability, required capital, suitable market for the product, customs and farmer habits, farmer education, crop cultivation experience, guaranteed purchases of the product, government incentive policies, physical characteristics of the local soil, chemical characteristics of the local soil, average temperature during the growing season, elevation of the region, average rainfall in the region, insurability of the product, sustainability of crop production, availability of seeds compatible with regional conditions, and prevalent pests in the region.

Results and Discussion:

© 2024 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

In this study, the researchers identified 22 indicators that could affect the success of a farming operation. These indicators include factors such as the use of mechanized equipment for planting and harvesting, the size of the operational unit, crop water requirement, the distance from the consumption site, profitability of the product, and the education and experience of the farmer. Other factors such as the suitability of the market for the product, agricultural customs and habits, and government incentives were also considered. Additionally, factors such as the physical and chemical characteristics of the local soil, average temperature during the growth season, elevation, and precipitation in the region were taken into account. The study also considered the availability of seeds compatible with the regional conditions, insurability of the product, stability of crop production, and the prevalence of common pests in the region.
Among the mentioned parameters, cash capital (0.236), water requirement for cultivation (0.233), product profitability (0.098), and operational unit larger than one hectare (0.039) are considered as the most important factors. Certain purchase of the product (0.3), product profitability (0.0125), government incentive policy for products (0.122), and required cash capital for cultivation (0.116) were identified as the most important factors influencing the cropping pattern, respectively. The results showed that the ranking of agricultural products for inclusion in the regional cropping pattern differs in each decision-making method. Although grains and sugar beets have high rankings in all groups, it is necessary to validate and finalize these methods with integrated approaches to reach a general conclusion. In a multi-criteria decision-making problem, multiple decision-making methods may be used because decision-makers do not limit themselves to one decision-making method, and they may obtain different results using different methods. To reach a general conclusion, it is necessary to validate and finalize these methods with integrated validation and finalization approaches. Finally, although the saffron product is highly profitable from an economic point of view, the cultivation of this product is limited due to the need for large initial capital and the need of mechanized equipment for planting and harvesting. The existence of exploitation levels of less than one hectare in many parts of the region justifies the cultivation of this crop, and due to its multi-year cultivation, it plays a significant role in the sustainability of production in the region.
Conclusion: In the hierarchical method, wheat and canola were ranked first with weights of 0.162 and 0.161, respectively, followed by autumn sugar beet (0.152), saffron (0.105), barley (0.092), quinoa (0.086), rice (0.079), from first to eighth place. In the TOPSIS method, autumn sugar beet (0.598), wheat (0.589), barley (0.558), canola (0.556), autumn chickpea (0.515), rice (0.499), quinoa (0.471), and saffron (0.390) had the highest priority. In the Vikor method, barley (0.008), wheat (0.116), canola (0.226), autumn sugar beet (0.263), quinoa (0.734), rice (0.841), saffron (0.986), and autumn chickpea (0.001) had the highest priority for cultivation. In the weighted simple average method, wheat (0.843), autumn sugar beet (0.812), canola (0.770), barley (0.742), rice (0.543), autumn chickpea (0.438), quinoa (0.423), and saffron (0.262) had the highest priority for placement in the regional cropping pattern. Finally, by integrating the strategies and using the average ranking method, the prioritized regional cropping pattern is as follows: wheat (1.5), sugar beet (2.5), canola (3), barley (3.5), rice (6), quinoa (6.25), autumn chickpea, and saffron (6.75). The determined cropping pattern based on the integration of methods showed the highest similarity in terms of product ranking with the weighted simple average decision-making method. Therefore, this method has shown the greatest capability when compared with the other decision-making approaches.

Keywords: Cropping pattern, decision-making methods, farming element, prioritization

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۷ شماره۱، بهار ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تعیین الگوی کشت مناسب محصولات زراعی با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: دشت سیلاخور)

نیکروز باقری [۱*]، علیرضا سبزواری [۲] و علی رجبی‌پور [۳]

۱- دانشیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات فنّی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲- دانش‌آموخته دکتری، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۱/۰۹

کلمات کلیدی:

الگوی کشت،

اولویت‌بندی،

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره،

عوامل کشت

چکیده

انتخاب الگوی کشت یکی از عوامل اصلی افزایش بهره‌وری تولید در کشاورزی محسوب می‌شود. با توجه به گستردگی عامل‌ها و تأثیر متفاوت آن‌ها بر الگوی کشت، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری ضروری است. از این‌رو، پژوهش حاضر به اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تعیین الگوی کشت مناسب محصولات کشاورزی با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌پردازد. پژوهش در پهنه کشاورزی دشت سیلاخور در استان لرستان اجرا شد. از چهار روش تصمیم‌گیری شامل تحلیل سلسله مراتبی، میانگین ساده وزنی، تاپسیس، و ویکور برای تعیین اولویت عوامل کشت استفاده شد. با ادغام استراتژی‌ها و روش میانگین رتبه، الگوی کشت منطقه به‌ترتیب اولویت و رتبه، به صورت گندم، چغندرقندپاییزه، کلزا، جو، برنج، کینوا، نخودپاییزه و زعفران، پیشنهاد شد.

* عهده دار مکاتبات:

Email: n. Bagheri@areeo.ac.ir

مقدمه

یکی از مشکلات اساسی کشورهای در حال توسعه کمبود بهره‌وری در بخش‌های مختلف اقتصادی، به‌ویژه در بخش کشاورزی است (۱۲). از علت‌های اصلی کاهش بهره‌وری در تولید کشاورزی، نامناسب بودن تخصیص منابع و عوامل تولید است. با وجود آن‌که کشاورزان با گزینه‌های مختلف فعالیت‌های زراعی برای انتخاب کشت روبه‌رو هستند، اما عوامل تولید آن‌ها محدود است. از این‌رو، آن‌ها ضمن انتخاب فعالیت بهینه باید ترکیب عوامل تولید را نیز مشخص سازند تا با در نظر گرفتن مجموعه‌ای

از عامل‌ها، برنامه‌ریزی درستی برای تولید محصول داشته باشند. به‌طور کلی، کشاورزان به دنبال کاشت محصولات با عملکرد و تقاضای بیشتر هستند (۲۵). با تدوین و اجرای الگوی کشت بهینه در یک منطقه، امکان آشنایی و بهره-مندی کشاورزان از پتانسیل‌های قابل وصول با درنظر گرفتن محدودیت منابع تولید، کاهش خطرپذیری، پایداری سیستم و بهبود درآمد در تولید محصولات فراهم شده و زمینه رشد و شکوفایی کشاورزی مناطق و به‌دنبال آن توسعه کشاورزی و افزایش سودآوری به‌وجود می‌آید (۱). الگوی‌کشت محصولات، به سطح زیرکشت و نوع محصولات مختلف زراعی یک منطقه در یک فصل گفته می شود که بر حسب شرایط آب‌وهوایی، وضعیت و موقعیت اراضی، وضعیت منابع آب و خاک، تغییر شرایط بازار، دوری یا نزدیکی بازارهای مصرف، و عوامل اقتصادی تغییر می‌کند (۲۰). رشد تولید کشاورزی از دو منبع اصلیِ گسترش سطح زیرکشت محصولات یا افزایش عملکرد تولید ناشی می‌شود که به‌دلیل محدودیت افزایش سطح کشت، افزایش عملکرد عملاً تنها عامل رشد تولید است. افزایش عملکرد محصولات کشاورزی را می‌توان با افزایش تراکم کشت، تغییر الگوی‌کشت به سمت محصولات با بهره‌وری بیشتر و بهبود شیوه‌های کشت به‌دست آورد (۱۱). بر این اساس برنامه‌ریزان و مدیران بخش کشاورزی با آگاهی از الگوی‌کشت، سیاست‌های اجرایی و مدیریتی مناسب را در زمینه تعیین نوع کشت مناسب منطقه، ساخت سیلوها و انبارهای موردنیاز، مدیریت بازار محصول و خدمات مکانیزه منطبق با نیازها و شرایط بومی اتخاذ می‌کنند (۲۷). تصمیم‌گیری، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین وظایف مدیریت است و دستیابی به اهداف سازمانی به کیفیت آن بستگی دارد. یکی از روش‌های تصمیم‌گیری با استفاده از داده‌های کمّی، تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به مدیر کمک می‌کند با در نظر گرفتن معیارهای متفاوت تصمیم‌گیری که گاهی اوقات با یکدیگر در تعارض هستند، به طریقی عقلایی تصمیم‌سازی کند (۲۵). براساس مطالعه‌های انجام‌شده، الگوی‌کشت تنها با در نظر گرفتن یک عامل تعیین نمی‌شود و باید طی یک فرآیند هوشمند مبتنی بر روش-های پشتیبان تصمیم‌گیری با درنظر گرفتن ویژگی‌های زمانی-مکانی به‌دست آید (۷). مزایای الگوی‌کشت غیر تک محصولی مانند کاهش خطرپذیری تولید، افزایش درآمد، کاهش فقر، توسعه و بهبود زیرساخت‌ها، ایجاد تعادل عرضه و تقاضا از جمله مواردی هستند که نمی‌توان از آن‌ها چشم‌پوشی کرد. در شرایط رقابتی کنونی، یک کشاورز برای موفقیت به آموزش بهتر، تخصص در کسب و کار، دانش کافی در مورد فناوری‌ها و ابزار نیاز دارد. کشاورزان، معمولاً مطابق دانش سنتی و تجربه گذشته خود در کشاورزی، محصول را برای کشت انتخاب می کنند، اما پیش‌بینی یک کشاورز به دلایل مختلف ممکن است اشتباه باشد. بنابراین، لازم‌است برای کمک به کشاورزان در مورد انتخاب کشت محصولات زراعی از روش‌های تصمیم‌گیری و با در نظر گرفتن همه عامل‌های مؤثر، استفاده شود (۵). برای سنجش تناسب اراضی در سطح منطقه‌ای و تحلیل الگوی‌کشت محصولات لازم است از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شود. در بین این روش‌ها، تحلیل سلسله مراتبی[1](AHP)، یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌یار به شمار می‌رود که مجموعه‌ای از داوری‌ها و ارزش گذاری‌ها به شیوه منطقی است؛ به‌طوری‌که از یک سو به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله وابسته است و از سوی دیگر با منطق، درک و تجربه را برای تصمیم‌سازی و داوری نهایی مرتبط می‌شود (۱۴). روش‌شناسی و مطالعه ۵۵ مقاله منتشر شده از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۹ نشان می‌دهد که درک روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره ترکیبی، کاربردی‌ترین روش برای انتخاب بهترین راهبرد در حوزه کشاورزی است (۹). در پژوهش‌های متعددی، از روش‌های تصمیم‌گیری در حوزه کشاورزی استفاده

1- Analyticsis Hierarchical Process

شده است. به عنوان مثال، در پژوهشی با هدف شناسایی عوامل مؤثر و متقابل بر تولید پایدار مرکبات، سه عامل شامل وضعیت اقتصادی، اجتماعی، توپوگرافی و آب و هوا در نظر گرفته‌شد. با استفاده از مدل ترکیبی تصمیم-گیری خبره[1] و[2] GIS، ۱۴ زیر عامل به‌وسیله ارزیابی تحلیل شبکه‌ای[3]، وزن‌دهی شدند. مناطق بالقوه بر اساس مهم‌ترین عوامل محدود کننده مشخص شدند. نتایج نشان داد که رویکرد تحلیل تناسب زمین[4]، برای دستیابی به تولید بهینه محصول و کاهش تلفات مرکبات به مدیران کمک می-کند. طبق نظر خبرگان، وزن‌های بیشتر به حداقل دما و ارتفاع در مقایسه با عامل های دیگر تعلق داشت. نتایج نشان داد، که شرایط آب و هوایی و توپوگرافی نقش مهمی در افزایش سطح زیرکشت احتمالی مرکبات داشتند (۲۶). در پژوهشی با استفاده از نظر خبرگان و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مشخص شد که با استفاده از شیوه‌های مدیریتی خاص از جمله افزایش مواد آلی خاک، کاهش شوری در زمین، حفاظت خاک و آبیاری تکمیلی، می‌توان کیفیت زمین‌های کم توان و منابع زیست محیطی را بهبود داد (۱۶). مقایسه و اولویت‌بندی عامل‌های الگوی‌کشت بر اساس مقایسه ویژگی روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره در هند نشان داد که آفتابگردان سودآورترین محصول است. در این پژوهش از چهار روش تصمیم‌گیری چندمعیاره[5]، میانگین ساده وزنی[6]، تاپسیس[7]، روش وزن تولیدشده[8] و روش پرامیته[9] با پنج محصول (گندم، خردل، نخود، آفتابگردان و گلرنگ)، سه نوع نوع خاک (رسی، رسی لومی و شنی لومی)، و پنج عامل سطح زیرکشت، مصرف آب، هزینه تولید، هزینه کشت (شامل هزینه آبیاری) و قیمت فروش محصولات درنظر گرفته‌شد (۶). در پژوهشی در حوضه سد سفیدرود برای مدیریت پایدار منابع آب، عوامل اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و مقدار مصرف آب برای کشت محصولات به‌عنوان عوامل تأثیرگذار معرفی شدند. این مطالعه یک چارچوب جدید برنامه‌ریزی راهبردی برای سیستم‌های منابع بزرگ آب ارائه می‌دهد. یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی برای رتبه‌بندی جایگزین‌های مدیریت منطقه‌ای برای مدیریت آب کشاورزی با در نظر گرفتن عامل‌های پایداری منابع آب، ارائه شده است. در این پژوهش، مدل تصمیم‌گیری ترکیبی از تحلیل سلسله مراتبی و روش فازی تاپسیس بود (۲۱). در پژوهشی، الگوی کشت مناسب محصولات کشاورزی با هدف افزایش درآمد کشاورزان تعیین شد. آمار و اطلاعات موردنیاز از سازمان جهاد کشاورزی و از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه به روش نمونه گیری ساده از ۲۰ کارشناسان خبره و ۲۰ کشاورز از ۸ روستای شهرستان چناران جمع‌آوری شد. عامل‌های این مطالعه، مقدار آب مصرفی محصول در هکتار، عملکرد آب در تولید محصول، تعداد دفعات آبیاری و عامل پرت آب، هزینه تولید محصول و فروش تضمینی محصول بود. سپس الگوی کشت بهینه در روستاهای نمونه با استفاده از روش سلسله مراتبی، تعیین شد. برای صحت‌سنجی از مدل تصمیم‌گیری تاپسیس استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که بهترین الگوی‌کشت در منطقه، به ترتیب اولویت محصولات ذرت علوفه‌ای، گندم، جو و کلزا است. همچنین، پیشنهاد شد که کشت چغندر و یونجه به حداقل ممکن کاهش یابد (۲۰). پژوهشگران در تعیین الگوی‌کشت محصولات زراعی به عنوان راهکاری برای کاهش مخاطرات امنیت غذایی کشور، ضمن اولویت‌بندی معیارهای مؤثر، الگوی کشت مناسب دشت سیلاخور را تعیین کردند. بر این اساس شش عامل مکانیزاسیونی- زراعی، خاک و اقلیم، عوامل مدیریتی کلان دولت، عوامل پشتیبان تولید، عوامل اجتماعی و عوامل حاشیه تولید دسته‌بندی شد. در این پژوهش چهار زیرعامل دسترسی به سرمایه نقدی مورد نیاز کشت‌وکار، نیاز آبی محصول، سود

1. Expert Decision Making
3- Geographic Information system
4- Analytic Network Process
5- Land Suitability Procedure
5- Multi-criteria Decision Making
7- Sample Additive Weight (SAW)
8- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
9- Wight Product Method (WPM)
10-Promehtee

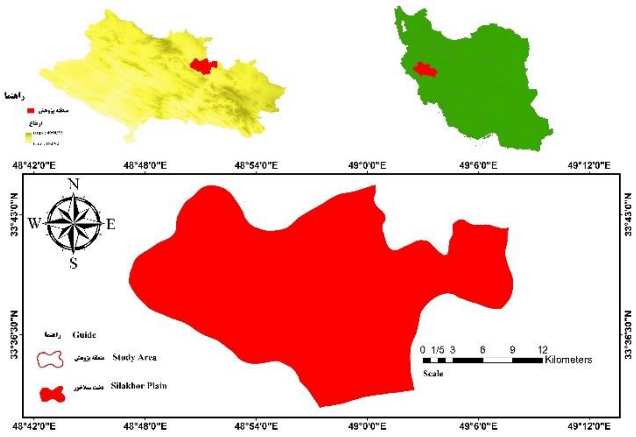
محصول و واحد بهره‌برداری کمتر از یک هکتار برای محصول به ترتیب مهم‌ترین عوامل تعیین الگوی‌کشت از طرف کشاورزان شناسایی شدند (۲۲). در پژوهشی دیگری، کاشت محصولات کشاورزی با استفاده از معیارهای چندگانه و روش تحلیل سلسله مراتبی، در دشت فراهان با چهار عامل آب، غذا، انرژی و سود اقتصادی اولویت‌بندی شد. نتایج نشان می‌دهد که عامل سود اقتصادی با وزن ۰/۳۵ و مقدار آب مصرفی با وزن ۰/۳۱ مهم‌ترین معیارها به‌شمار می‌روند. نتایج این پژوهش نشان داد که بر اساس عامل آب مصرفی، سه محصول زعفران، زیره و کاملینا، بر اساس عامل کالری تولیدی، سورگوم علوفه‌ای، سیب زمینی و ذرت علوفه‌ای، بر اساس انرژی مصرفی، سورگوم، ذرت، انگور و در نهایت بر اساس سود محصول، اسطوخودوس، آویشن و گل گاوزبان باید در الگوی‌کشت منطقه قرار بگیرند (۱۲). در یک تصمیم-گیری چندمعیاره می توان از روش‌هایی مانند نظرخواهی از خبرگان برای گزینش معیارها، و از نتایج ماتریس تصمیم روش آنتروپی و یا روش سلسله مراتبی برای وزن‌دهی به عامل‌ها استفاده کرد که در نهایت اهمیت گزینه‌های مسئله تعیین می‌شود (۸).

برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک افزون‌بر حفاظت آن‌ها، افزایش تولید، و رشد درآمد کشاورزان، رشد اقتصاد روستایی را به همراه دارد. با توجه به محدود بودن منابع باید الگوی کشت بهینه هر منطقه مناسب و کارا صورت پذیرد. انتخاب الگوی‌کشت مناسب و در صورت نیاز اصلاح کشت با توجه به نیازهای منطقه‌ای- ملّی و مزیت نسبی محصولات در مناطق مختلف بسیار اهمیت دارد. تاکنون مطالعات زیادی برای بهینه‌سازی الگوهای‌کشت انجام شده است. اما تمرکز اصلی پژوهش‌ها، روی منابع آب و خاک بوده و توجهی به موضوع مکانیزاسیون کشاورزی و همچنین علایق و معیارهای بهره‌برداران منطقه‌ای نشده است. این در حالی است که توجه به معیارهای بهره‌برداران در تصمیم‌گیری‌ها، باعث افزایش مقبولیت برنامه و همکاری بهتر کشاورزی در اجرای آن می‌شود. از طرفی، در اغلب پژوهش‌ها تنها از یک روش تصمیم‌گیری استفاده است اما هر روش تصمیم‌یار یک نتیجه منحصر به‌فرد ارائه می‌دهد و ممکن است با نتایج روش‌های دیگر متفاوت باشد. بنابراین، در این پژوهش چند روش تصمیم‌گیری ارزیابی و با هم مقایسه شدند تا بهترین روش برای تعیین الگوی کشت مناسب، شناسایی شود. با توجه به توضیحات گفته شده، هدف از این پژوهش اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تعیین الگوی‌کشت مناسب محصولات زراعی با استفاده از چهار روش تصمیم‌گیری متفاوت و معرفی بهترین روش است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه

منطقه پژوهش، دشت سیلاخور پایین در استان لرستان، بین شهرستان‌های دورود و بروجرد در مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی واقع در زون مختصاتی ۳۹ قرار دارد (شکل۱). این دشت با میانگین ارتفاعی ۱۵۲۲ متر از سطح دریا و میانگین بارش سالیانه ۶۲۷ میلی‌متر بزرگ‌ترین زمین هموار استان لرستان است که با تکیه بر منابع آب سطحی و زیرزمینی، از قطب‌های مهم کشاورزی و زراعی استان و کشور به‌شمار می‌رود (بی‌نام، ۱۳۹۶). براساس آمارنامه سال ۱۳۹۷ وزارت جهاد کشاورزی، گندم و جو با سطح زیرکشت بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار و برنج با سطح زیرکشت بیش از ۳۰۰۰ هکتار از محصول‌های زراعی عمده کشت در این پهنه هستند.



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure (1) Location of the Study Area

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (تصمیم‌یار)

در این پژوهش روش‌های تصمیم‌گیری تحلیل سلسله مراتبی، تاپسیس، ویکور[1] و میانگین ساده وزنی استفاده شد. براساس پژوهش‌های قبلی این روش‌ها قابلیت خوبی در اولویت‌دهی دارند.

عامل‌های شناسایی شده شامل عامل‌های اصلی و زیرعامل‌ها بودند. عوامل اصلی از جمله فنی- زراعی، اقتصادی، کلان دولت، خاک و اقلیم، اجتماعی و پشتیبان تولید بودند. این عوامل شامل زیرعامل‌ها از جمله وجود تجهیزات کاشت و برداشت مکانیزه، واحد بهره‌برداری بیشتر از یک هکتار، نیاز آبی گیاه، فاصله از محل مصرف، واحد بهره‌برداری کمتر از یک هکتار، سود محصول، سرمایه نقدی مورد نیاز، بازار مناسب محصول، رسوم و عادت کشاورز، تحصیلات داشتن کشاورز، تجربه کشت محصول، خرید تضمینی محصول، سیاست تشویقی دولت، خصوصیات فیزیکی خاک منطقه، خصوصیات شیمیایی خاک منطقه، میانگین درجه حرارت فصل رشد، ارتفاع منطقه، میانگین بارش منطقه، بیمه‌پذیر بودن محصول، پایداری تولید کشت محصول، و وجود بذر سازگار با شرایط منطقه و آفات شایع منطقه بودند. عوامل و زیرعوامل تعیین الگوی بهینه کشت براساس پژوهش قبلی نویسندگان این مقاله شناسایی شده است[2](۲۲). برای شناسایی عوامل اصلی در انتخاب الگوی-بهینه‌با کمک روش‌های خبره در ابتدا با انجام پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان و بر اساس نتایج تحلیل‌عاملی و روش های آماری، عامل‌ها و زیر عامل‌های اصلی مؤثر بر انتخاب الگوی کشت شناسایی شدند (جدول ۱).

تجزیه واریانس عامل‌های اصلی نشان داد که، عوامل مکانیزاسیونی و زراعی مهمترین عامل، با مقدار ویژه ۳/۹۶ به تنهایی ۱۸/۰۳ درصد واریانس مؤثر بر الگوی کشت را تبیین کرد. عوامل خاک و اقلیم، مدیریت کلان دولت، عوامل اجتماعی، عوامل پشتیبان تولید و حاشیه ای تولید، در اولویت-های بعد قرار گرفتند. سپس وزن نهایی عوامل و زیر عامل‌ها با روش تصمیم‌گیری خبره AHP تعیین شد (۲۲). مدل مفهومی سلسله مراتبی تعیین الگوی کشت محصولات زراعی در شکل (۲) نشان داده شده است.

جزییات روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌به شرح زیر است. تمامی محاسبات و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل و اکسپرت چوییس[3] ۱۱، انجام شده است.

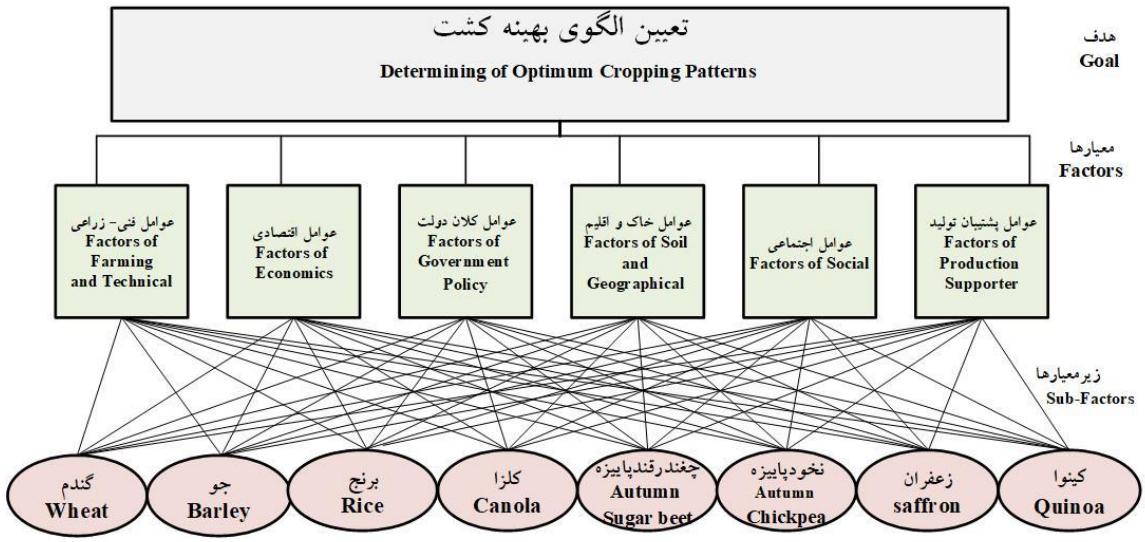
1- VIKOR

2- Sabzevari *et al.*
3- Expert Choice

جدول(۱) عوامل و زیر عوامل معیارهای پژوهش

Table(1) Factors and sub-factors of research criteria

ردیف Row	عامل Factor	وزن عامل Factor Weight	زیرعامل Sub Agent
۱	فنی- زراعی Technical-Agricultural	0.11	وجود تجهیزات مکانیزه در منطقه The presence of agricultural equipment
			واحد بهره‌برداری بیشتر از یک هکتار Exploitation unit of more than one hectare
			فاصله مزرعه تا بازار مصرف Distance from the farm to the market
			نیاز آبی محصول Water requirement
			واحد بهره‌برداری کمتر از یک هکتار Exploitation unit of less than one hectare
۲	اقتصادی Economic	0.26	سود تولید محصول Product profit
			سرمایه نقدی مورد نیاز کشت وکار Necessary capital for cultivation
			بازار محصول Marketing
۳	اجتماعی Social	0.04	آداب و رسوم کشاورز Farmer customs
			آموزش و ترویج Education and Extension
			داشتن تجربه در کشت محصول Experienced in crop cultivation
۴	مدیریت و کلان دولت Management and macro-government	0.42	خرید تضمینی Guaranteed purchase
			سیاست‌های تشویقی Incentive policies
۵	خاک و اقلیم Soil and Climate	0.13	خصوصیات فیزیکی خاک Physical characteristics of the soil
			خصوصیات شیمیایی خاک Chemical characteristics of the soil
			درجه حرارت منطقه در فصل رشد The temperature of the region during the growing season
			ارتفاع منطقه از سطح دریا The height of the area above sea level
			میانگین سالانه بارش Annual average rainfall
۶	پشتیبان و حاشیه‌ای تولید Production support	0.02	بیمه محصول Crop insurance
			پایداری کشت محصول Crop cultivation sustainability
			وجود بذر سازگار با شرایط منطقه The presence of seeds adapted to the conditions of the region
			آفات شایع در منطقه Common pests in the region



شکل(۲) مدل مفهومی سلسله مراتبی برای تعیین الگوی‌مناسب کشت محصولات زراعی (نگارنده)

Figure (2) Hierarchical theoretical model used for determining suitable cropping pattern (author)

روش تاپسیس

اساس این روش انتخاب گزینه‌ای‌است که کمترین فاصله را از جواب ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از جواب ایده‌آل منفی داشته باشد. حل یک مسئله به روش تاپسیس، شامل مراحل زیر است (۳):

بی مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از روش نرمال‌سازی اقلیدسی

در این مرحله ماتریس تصمیم R با روش نرمال‌سازی اقلیدسی، برای از بین بردن مقیاس عامل‌های مختلف و ایجاد قابلیت مقایسه گزینه‌ها و ترکیب نتایج، به فرم بدون بعد و نرمال‌سازی می‌شود.

محاسبه ماتریس بی‌مقیاس موزون

روش تاپسیس به تنهایی قادر به محاسبه وزن عامل‌ها نیست؛ بنابراین باید از روش‌های دیگر وزن عامل ها به‌عنوان ورودی به این روش استفاده کرد. بنابراین، در این پژوهش وزن هر عامل از روش سلسله مراتبی، محاسبه شد.

محاسبه نقاط ایده‌آل مثبت و منفی[1]

عامل های مثبت، عواملی هستند که افزایش آن‌ها باعث بهبود در هدف تصمیم‌گیری می‌شوند و برعکس.

فاصله اقلیدسی تک تک گزینه‌ها از مقادیر ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

در این مرحله فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی اش محاسبه شد.

محاسبه عامل شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها

در پایان روش تاپسیس، بعد از مرتب کردن گزینه‌ها، هر گزینه‌ای که دارای نسبت دوری بیشتری باشد، برتری بیشتری برای انتخاب دارد.

روش ویکور

این روش که مبتنی بر برنامه‌ریزی توافقی در تصمیم‌گیری چندمعیاره است، مسائلی با عوامل نامتناسب و ناسازگار را ارزیابی می‌کند. در شرایطی که فرد تصمیم‌گیرنده قادر به‌شناسایی و بیان برتری‌های مسئله در زمان شروع و طراحی آن نیست، روش ذکر شده، می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای تصمیم‌گیری مطرح شود (۱۹).

تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر عامل

بعد از تعیین ماتریس تصمیم، بی‌مقیاس‌کردن ماتریس تصمیم و تعیین بردار وزن عامل‌ها طبق مراحل انجام شده در روش تاپسیس، بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود محاسبه شد.

محاسبه مقدار معیار سودمندی و معیار تأسف

1- Concordance Measure

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (۱)$$

$$R_i = \text{Max}\left\{ W_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right\} \quad (۲)$$

که در آن:

Si: فاصله نسبی از گزینه iام، از راه حل ایده‌آل (بهترین ترکیب)

Ri: بیانگر حداکثر تأسف گزینه iام، از دوری از راه حل ایده‌آل (بهترین ترکیب)

Wj: مقدار وزن برای معیار j

محاسبه معیارهای ویکور

$$Q_i = \left(v \times \frac{(S_i - S^*)}{(S^- - S^*)} \right) + \left((1-v) \times \left(\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right) \right) \quad (۳)$$

$$S^- = \text{Max } Si \quad , \quad S^* = \text{Min } Si \quad (۴)$$

$$R^- = \text{Max } R_i \quad , \quad R^* = \text{Min } R_i \quad (۵)$$

که در آن:

$\frac{Si - S^*}{S^- - S^*}$: نرخ فاصله از حد ایده‌آل مثبت

$\frac{Ri - R^*}{R^- - R^*}$: نرخ فاصله از حل ایده‌آل منفی

V: با توجه به میزان توافق گروه تصمیم‌گیرنده انتخاب می‌شود.

در صورت توافق بالا، مقدار آن بیشتر از ۰/۵، در صورت توافق با اکثریت آراء مقدار آن مساوی ۰/۵ در صورت توافق پائین، مقدار آن کمتر از ۰/۵، خواهد بود.

مرتب کردن گزینه‌های عامل‌های ویکور

بعد از محاسبه همه عامل‌های ویکور، گام نهایی این روش، ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌های پژوهش است که برای رتبه‌بندی مقادیر R، S و Q، به ترتیب نزولی مرتب شده و هر کدام که از مقدار Q_i کمتری برخوردار باشند، اولویت بیشتری دارند .

V: عددی بین صفر و یک (تعیین مقدار آن با توجه به نظر تصمیم‌گیرنده تغییر می‌کند که اغلب مقدار ۰/۵، در نظر می‌گیرند).

روش تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند رتبه‌بندی و اولویت‌بندی گزینه‌ها در این روش در برگیرنده مراحلی به‌شرح زیر است:

ساخت سلسله مراتبی عوامل مؤثر بر الگوی کشت محصولات زراعی

در این مرحله مسئله تعریف می‌شود و هدف از تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی از عوامل و عناصر تشکیل دهنده تصمیم ترسیم می‌شود. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، نیازمند شکستن مسئله تصمیم با چندین عامل به سلسله مراتبی از سطوح است. بدین منظور از درخت تصمیم استفاده می‌شود که از چهار سطح تشکیل شده است. سطح اول شامل هدف کلی از تصمیم‌گیری است. در سطح دوم عامل های کلی قرار دارند که تصمیم‌گیری بر اساس آن‌ها صورت می‌گیرد. در سطح سوم زیر عامل ها قرار می‌گیرند و در آخرین سطح نیز گزینه‌های تصمیم قرار می‌گیرند (۴).

اعتبارسنجی مدل و نرخ ناسازگاری

برای اعتبارسنجی قضاوت‌های انجام شده در روش سلسله مراتبی، از نرخ ناسازگاری استفاده شد. نرخ ناسازگاری شاخصی است که مقدار آن نشان‌دهنده تناقضات و ناسازگاری‌های احتمالی در ماتریس مقایسات زوجی است. چنانچه نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، سازگاری ماتریس مقایسات مورد تأیید و قابل قبول است. اما در صورتی که نرخ ناسازگاری بزرگتر از این عدد باشد، نشان دهنده تناقض در ارزیابی‌ها و قضاوت‌های خبرگان است. در این پژوهش، نرخ ناسازگاری در همه مراحل در این روش کمتر از ۰/۱ محاسبه شد (۱۰).

روش میانگین ساده وزنی

برای استفاده از این روش، مراحل زیر انجام شد (۳):

محاسبه بردار وزن

مطابق رابطه (۶)، برای معیارهای مدنظر تعیین شد.

$$W = [W_1 \quad W_2 \quad W_3] \quad (۶)$$

که در آن:

W: وزن معیارها

گزینه‌ها[1] (آلترناتیوها)، ارجح A^*، به‌صورت زیر انتخاب می‌شود که در نهایت با استفاده از این وزن‌ها ارزش گزینه‌ها مشخص شده و هر گزینه‌ای که به عدد ۱، نزدیک‌تر باشد، اولویت بالاتری دارد (رابطه۷۸).

$$A^* = \left\{ A_j \mid \text{Max} \frac{\sum_{j=1}^{n} w_j x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} w_j} \right\} \quad (۷)$$

Xij: خروجی گزینه‌های i ام، و صفت j ام، با یک مقیاس کمی‌قابل مقایسه است. کلیه وزن‌ها لازم است نرمال سازی شده و بی‌مقیاس شوند (رابطه ۸ و ۹).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{Max}} \quad , \quad i = 1, \ldots, m \quad (۸)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{min}}{x_{ij}} \quad , \quad i = 1, \ldots, m \quad (۹)$$

که r_{ij} در رابطه (۸)، معیار با جنبه مثبت (معیار سود) و در رابطه (۹)، عامل هزینه یا عامل با جنبه منفی است. همچنین X_j^{min} و X_j^{Max} به ترتیب بیشترین و کمترین درایه در هر ستون از ماتریس نرمال هستند.

تجمیع روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

برای رسیدن به یک اجماع کلی از رتبه‌بندی عامل‌ها، از روش‌های ادغامی شامل سه روش میانگین، بردا و کپ لند[2]، استفاده می‌شود. در این پژوهش از روش میانگین رتبه استفاده شد و در نهایت هر مقایسه زوجی به صورت جداگانه، بررسی شد. تعداد مقایسه‌های زوجی از رابطه (۱۰)، محاسبه‌شد (۱۸).

(۱۰)

$$\text{تعداد مقایسات زوجی} = \frac{m(m-1)}{2}$$

که در این رابطه m، برابر با تعداد گزینه‌هاست.

نتایج و بحث

زیر عامل به شرح زیر بررسی شده که عبارت‌است‌از: وجود تجهیزات کاشت و برداشت مکانیزه (۰/۰۶۱)، واحد بهره‌برداری بیشتر از یک هکتار (۰/۰۲۱)، نیازآبی گیاه (۰/۰۱۴)، فاصله از محل مصرف (۰/۰۰۸)، واحد بهره‌برداری کمتر از یک هکتار (۰/۰۰۶)، سود محصول (۰/۱۲۵)، سرمایه نقدی مورد نیاز (۰/۱۱۶)، بازار مناسب محصول (۰/۰۲۰)، رسوم و عادت کشاورز (۰/۰۲۸)، تحصیلات داشتن کشاورز (۰/۰۰۶)، تجربه کشت محصول (۰/۱۳)، خرید تضمینی محصول (۰/۳)، سیاست تشویقی دولت (۰/۱۲۲)، خصوصیات فیزیکی خاک منطقه (۰/۰۷۵)، خصوصیات شیمیایی خاک منطقه (۰/۰۲۲)، میانگین درجه حرارت فصل رشد (۰/۰۲۲)، ارتفاع منطقه (۰/۰۰۸)، میانگین بارش منطقه (۰/۰۰۶)، بیمه‌پذیربودن محصول (۰/۰۱۳)، پایداری تولید کشت محصول (۰/۰۰۷)، وجود بذر سازگار با شرایط منطقه (۰/۰۰۴) و آفات شایع منطقه (۰/۰۰۲) (۲۳). در بین عامل‌های ذکر شده، سرمایه نقدی (۰/۲۳۶)، نیاز آبی کشت (۰/۲۳۳)، سود محصول (۰/۰۹۸) و سطح بهره‌برداری بیشتر از یک هکتار (۰/۰۳۹).

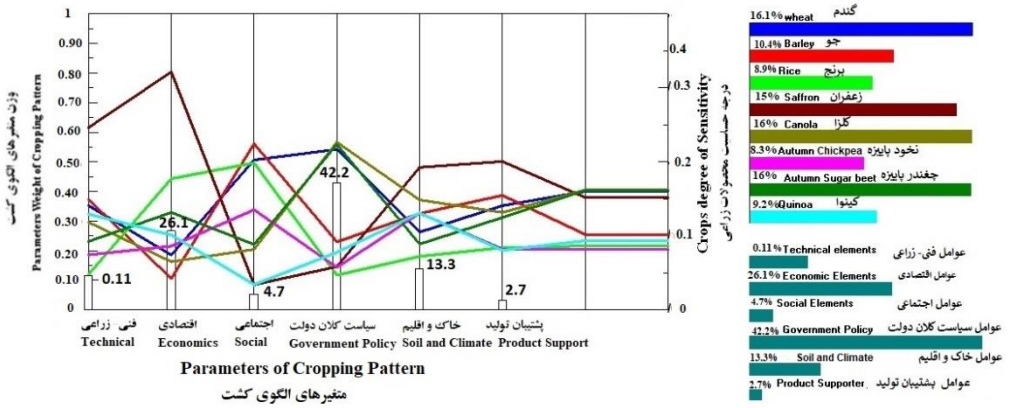
خرید تضمینی محصول (۰/۳)، سود محصول (۰/۱۲۵)، سیاست تشویقی دولت به محصولات (۰/۱۲۲) و سرمایه نقدی مورد نیاز کشت (۰/۱۱۶) با روش وزن‌دهی سلسله مراتبی به‌ترتیب اولویت اول تا چهارم، به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر الگوی‌کشت بودند. سود محصول و سرمایه نقدی جزو عوامل مؤثر در طراحی الگوی‌کشت محصولات زراعی اند.

نقطه سر به سر در نمودار تحلیل حساسیت نرم‌افزار اکسپرت چوییس یکی از روش‌های مهم برای تحلیل اثربخشی متغیرها است. نمودار تحلیل حساسیت به‌عنوان یک خروجی مناسب در روش تحلیل سلسله مراتبی و نرم‌افزار اکسپرت چوییس، برای تعیین وزن‌های عوامل مؤثر به‌کار می‌رود. در این پژوهش پس از دسته بندی عوامل و زیر عوامل و تعیین جایگزین‌های الگوی کشت (۸ محصول زراعی مختلف) برای تعیین میزان تأثیر هر کدام از زیرعوامل بر جایگزین‌های کشت از تحلیل حساسیت استفاده شد تا هم‌زمان تأثیر سه جانبه عوامل، زیر عوامل و جایگزین‌های کشت بر یکدیگر محاسبه شود. همچنین، در این روش متغیرهای مختلف یک تصمیم به صورت جفتی با یکدیگر مقایسه می‌شوند تا تأثیر آن‌ها بر یک عامل موردنظر سنجیده شود. پس از انجام مقایسه‌ها بین تمام

1- Alternatives
1- Borda and Copeland

زوج‌های متغیرها، این نمودار نشان می‌دهد که هر متغیر چه میزان تأثیر بر نتیجه نهایی دارد و کدام یک از متغیرها بیشترین تأثیر را دارد. نقطه سر به سر در نمودار تحلیل حساسیت به ما کمک می‌کند تا متغیرهایی که بیشترین تأثیر را دارند، شناسایی شده و بهترین تصمیم اتخاذ شود. این روش می‌تواند در تحلیل ریسک‌ها، انتخاب استراتژی‌ها و تصمیم‌گیری‌های مختلف به پژوهشگر کمک کند. در شکل (۳)، هر متغیر در محور افقی قرار دارد و مقادیر مربوط به آن توسط خطوط رنگی نمایش داده شده است. محور عمودی سمت چپ، نشان دهنده مقدار تأثیرگذاری عوامل کشت و محور عمودی سمت راست نمودار نشان‌دهنده میزان حساسیت محصولات نسبت به متغیر عوامل کشت است. نتایج نشان می‌دهد که هر متغیر چه تأثیری روی نتیجه نهایی دارد. با توجه به مقادیر نمایش داده شده در شکل۳، براساس تحلیل سلسله مراتبی مؤلفه مسائل کلان دولت با وزن (۰/۴۲)، اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار بر انتخاب الگوی‌کشت است و پس از آن متغیرهای مسائل اقتصادی، مسائل فنی-زراعی کشت، مسائل خاک و اقلیم، مسائل اجتماعی و حاشیه‌ای تولید به ترتیب (به‌ترتیب با وزن‌های، ۰/۲۶، ۰/۱۳، ۰/۱۱، ۰/۰۴ و ۰/۰۲)، در اولویت‌های بعدی تعیین الگوی‌کشت محصولات زراعی منطقه قرار دارند. در این بین کاشت محصولات کلزا، چغندرقندپاییزه، گندم و زعفران نسبت به چهار محصول جو، کینوا، برنج و نخودپاییزه اولویت بالاتری دارند. بر این اساس، سیاست‌های کلان دولت، نقطه تغییر فاز کلی محصولات به‌شمار می‌رود؛ به‌طوری‌که تغییر اهمیت این شاخص سبب تغییر رتبه‌بندی اکثر محصولات می‌شود. پس از مسائل کلان و سیاست‌های کلی دولت، مسائل اقتصادی از نظر کارشناسان بیشترین تأثیر را در انتخاب الگوی‌کشت ایفا می‌کنند. همچنین محصول زعفران در بین هشت محصول موردنظر بیشترین حساسیت را در بخش مسائل اقتصادی به‌خود اختصاص می‌دهد، به‌طوری که بالاترین شیب نمودار در نقطه سر به سر، به این محصول اختصاص دارد.

نتایج جدول ۲، نشان می‌دهد که رتبه محصول‌های زراعی برای قرارگیری در الگوی‌کشت منطقه در هر روش تصمیم-گیری، نتیجه متفاوتی دارد. هرچند که غلات و چغندرقند در همه گروه‌ها رتبه بالا دارند، اما برای رسیدن به یک نتیجه کلی لازم است که این روش‌ها با روش‌های ادغامی اعتبارسنجی و نهایی شوند. زیرا در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، ممکن است از چند روش تصمیم‌یار استفاده شود. بنابراین، تصمیم گیرندگان، نباید خود را به یک روش تصمیم‌گیری محدود کنند و امکان دارد با استفاده از روش‌های مختلف، نتایج مختلفی به دست آید. در مواقعی که نتایج روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره یکسان نیست سؤال این است که کدام گزینه باید انتخاب شود. در این حال سه روش میانگین‌گیری، بردا و کپ‌لند مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بین روش‌های ادغامی، روش‌های بردا و کپ‌لند به‌این علت - که به سه محصول رتبه مشابه صفر اختصاص داده‌شد از فرایند ادغام حذف شدند و فقط از روش میانگین رتبه‌ها استفاده شد. در نهایت محصول زعفران، هر چند که دارای سودآوری بالایی به لحاظ اقتصادی است، اما کشت این محصول به دلیل نیاز به سرمایه اولیه زیاد و نبود تجهیزات مکانیزه برای کاشت و برداشت، محدود شده‌است. وجود سطوح بهره‌برداری کمتر از یک هکتار در بخش‌های زیادی از منطقه، کشت این محصول را توجیه‌پذیر می‌کند و با توجه به چندساله بودن کشت آن، نقش به‌سزایی در پایداری تولید در منطقه دارد.



شکل (۳) تحلیل حساسیت مؤلفه‌های اصلی الگوی کشت

Figure (3) Sensitivity analysis of the main components of the cultivation pattern

جدول (۲) رتبه محصول در روش‌های تصمیم‌گیری با وزن‌دهی بردار ویژه سلسله مراتبی

Table (2) Table (2) Product ranking in decision-making methods with AĨP special vector weighting

میانگین رتبه‌ها Average Ranks	میانگین ساده وزنی SAW رتبه محصول Product Scale	ویکور VIKOR رتبه محصول Product Scale	تاپسیس TOPSIS رتبه محصول Product Scale	سلسله مراتبی AHP رتبه محصول Product Scale	محصول Product
1.5	0.843 1	0.116 2	0.589 2	0.162 1	گندم Wheat
3.2	0.742 4	0.008 1	0.558 3	0.105 5	جو Barley
6.0	0.543 5	0.841 6	0.499 6	0.086 7	برنج Rice
3.0	0.770 3	0.226 3	0.556 4	0.162 2	کلزا Canola
2.5	0.812 2	0.263 4	0.598 1	0.161 3	چغندر قند پاییزه Autumn Sugarbeet
6.7	0.438 6	0.455 5	0.515 5	0.079 8	نخود پاییزه Autumn Chickpea
6.7	0.262 8	0.986 7	0.390 8	0.152 4	زعفران Saffron
6.2	0.423 7	0.734 5	0.471 7	0.092 6	کینوا Quinoa

سود محصول و سرمایه نقدی جزو عوامل مؤثر در طراحی الگوی‌کشت محصولات زراعی‌اند. مقدار این عامل ها نشان می‌دهد که محصول با میانگین رتبه کمتر، اولویت بیشتری دارد. به‌عنوان مثال، محصول گندم در دو روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی (با وزن ۰/۱۶۲) و میانگین ساده وزنی (با وزن ۰/۸۴۳)، دارای رتبه یک و در دو روش تاپسیس و ویکور به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۵۸۹ و ۰/۱۱۶، رتبه دو را به خود اختصاص دادند. بنابراین، اولویت کشت محصولات در پهنه به کمک این روش به صورت، گندم> چغندرقند> کلزا> جو> برنج> کینوا> حبوبات=زعفران است. این الگوی‌کشت نشان می‌دهد که کشت گندم به عنوان یک محصول استراتژیک مورد نظر کارشناسان و خبرگان است و به لحاظ مجموع شرایط، مثل وجود مکانیزاسیون کاشت تا برداشت محصول، خرید تضمینی دولت و مسائل اقتصادی، آداب و رسوم کشاورزان و تجربه سالیان متمادی کشت این محصول و مسئله امنیت غذایی کشور همچنان کشت این محصول را توجیه می‌کند. واقعیات منطقه هم این موضوع را نشان می‌دهد. همچنین الگوی کشت اشاره شده با الگوی روش تصمیم‌گیری میانگین ساده وزنی، گندم (۱/۵)> چغندرقند(۲/۵)> کلزا(۳)> جو(۳/۲۵)> برنج(۶)> کینوا(۶/۲۵)> زعفران و نخودپاییزه (۶/۷۵)، به لحاظ رتبه محصولات، انطباق بالایی داشته و این روش در بین روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چندمعیاره توانایی بیشتری را به خود اختصاص داده است. کشت چغندرقند در منطقه پژوهش دارای تراکم سطح زیرکشت بالایی نیست. اما دلیل پیشنهاد این کشت برای قرارگیری در فرآیند تصمیم‌گیری، این موضوع بود که این محصول تنها محصول قابل رقابت با کشت برنج در منطقه در حال حاضر است و چنانچه این محصول به‌صورت پاییزه، کشت شود نقش به‌سزایی در حفظ منابع آبی پهنه دارد و در عین حال به لحاظ اقتصادی از کم شدن شدید سود کشاورزان جلوگیری می‌شود. با وجود توصیه کارشناسان و سیاست های دولت برای افزایش سطح زیرکشت دانه‌های روغنی در کشور و پتانسیل زیاد این منطقه به لحاظ شرایط مناسب آب‌وهوایی و دسترسی به منابع آب فراوان، به‌دلیل نبود تجهیزات مناسب برداشت، نبود بذرهای سازگار با شرایط منطقه، عدم ترویج و آموزش صحیح کشاورزان در زمینه تهیه بستر مناسب بذر این محصول برای جوانه‌زنی موفق اولیه، عدم رقابت‌پذیری اقتصادی کشت این محصول با کشت برنج و تجربه ناموفق کشت برخی کشاورزان در این زمینه، شرایط را برای کشت این محصول نامناسب کرده است. در مورد کشت محصولات دیگر نظیر نخودپاییزه با رتبه (۵) در روش تاپسیس، می‌توان اذعان داشت که با توجه به این‌که شرایط سازگاری حبوبات با اقلیم‌های متفاوت بالاست، این محصول توانایی رقابت با غلات را دارد و در مناطقی که منابع آبی کمتری در دسترس کشاورزان است، کشت این محصول توجیه پذیری دارد. کینوا با رتبه (۵) در روش ویکور، به عنوان یک محصول نوظهور و مقاوم به شرایط نامناسب آب‌و هوایی، در مناطق شمالی این پهنه که ارتفاع بالاتر و خاک فقیرتر دارند به‌عنوان جایگزین مناسب کشت جو و گندم دیم، امکان معرفی پیدا می‌کند، هرچند که برای توصیه کشت آن، روش های بهره برداری و رقم‌های سازگار مستلزم برنامه‌ریزی دقیقی برای رسیدن به موفقیت کشت این محصول و قرارگیری در الگوی‌کشت منطقه است. در نهایت زعفران با رتبه (۴) در روش سلسله مراتبی، – هر چند که دارای سودآوری بالایی به لحاظ اقتصادی است– اما به دلیل نیاز به سرمایه اولیه زیاد و نبود تجهیزات مکانیزه برای کاشت و برداشت، محدود شده‌است. اما وجود سطوح بهره‌برداری کمتر از یک هکتار در بخش‌های زیادی از منطقه، کشت این محصول توجیه‌پذیر است و این با توجه به چندساله بودن کشت آن، نقش به‌سزایی در پایداری تولید در منطقه دارد. یکی از دلایل مهم، روی آوردن کشاورزان به کشت برنج، به‌عنوان یکی از عمده‌ترین محصولات زراعی منطقه است، و سود بالایی که از

این محصول عاید کشاورزان می‌شود در مقابل محصولات مشابه در منطقه توان رقابت با این محصول را نداشته و با وجود هشدار کارشناسان به استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در منطقه و احداث چاه‌های غیرمجاز، کشاورزان حاضر به کنار گذاشتن یا کم کردن سطح زیر-کشت برنج نیستند. در طرف مقابل توصیه کشت زعفران به‌عنوان یک محصول قابل رقابت با برنج در منطقه، به‌علت سرمایه نقدی مورد نیاز بالای این کشت، با عدم اقبال کشاورزان مواجه شده‌است. دو عامل خرید تضمینی محصول از سوی دولت و سیاست‌های تشویقی دولت به محصولات، نشان می‌دهد این دو عامل نقش زیادی در روی آوردن کشاورزان و بهره‌برداران به محصولات مورد حمایت، دارند. تجربه سالیان گذشته در مورد کشت گندم و حمایت دولت از این محصول نشان داده که سیاست‌های کلان دولت به یک محصول، موجب روی آوردن کشاورزان به آن شده و کشت آن محصول نهادینه می-شود. به‌این‌منظور حمایت‌های اولیه، هدفمند و پایدار موجب تثبیت کشت محصولات پربازده و کم مصرف به لحاظ منابع آبی بالاخص در صورت کشت پاییزه می‌شود و موجب تشویق کشاورزان به استفاده از کشت گیاهان روغنی، چغندرقند و حبوبات در منطقه می‌شود، زیرا سطح زیرکشت این محصولات در منطقه بسیار کم است.

در مقایسه نتایج این پژوهش با نتایج سایر پژوهشگران در مورد عامل‌های انتخاب الگوی‌کشت منطقه، نتایج یک پژوهش با استفاده از عامل های چندگانه و روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که الگوی‌کشت فعلی مناسب نیست و برای اصلاح الگوی‌کشت، اولویت‌بندی عامل ها باید در دستور کار مدیران اجرایی قرار گیرد (۱۲). در مورد ادغام روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، پژوهشگران از روش بردا استفاده کردند و گندم به‌عنوان اولویت اول کشت منطقه معرفی شد (۱۵). در پژوهش دیگری، براساس روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس، کشت‌های چغندر پاییزه، گندم، جو، کلزا، نخود پاییزه، برنج، کینوا و زعفران را به‌عنوان الگوی کشت مناسب پهنه موردمطالعه پیشنهاد کردند (۲۲). در همین سال پژوهشگران برای تعیین الگوی‌کشت منطقه از روش سلسله مراتبی استفاده کردند و بر مبنای روش تحلیل سلسله مراتبی۵۶ درصد از اراضی استان در موقعیت کاملاً مناسب و مناسب کشت زعفران قرار گرفتند (۱۴). پژوهشگران دیگری نیز از روش تلفیق چندین روش تصمیم‌گیری برای گزینه نهایی استفاده کردند (۱۳؛ ۲؛ ۲۳؛ ۱۷؛ ۲۴ و ۲۰). به عنوان نمونه، در ارزیابی تناسب اراضی استان فارس برای کشت گندم دیم براساس عوامل اقلیمی، از مدل تلفیقی TOPSIS-AHP استفاده شد و پژوهشگران با اولویت‌بندی و ارزیابی عامل‌ها و وزن‌دهی آن‌ها بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی، نشان دادند که حدود ۱۴ درصد از مساحت استان در پهنه بسیار خوب و حدود ۲۸ درصد از مساحت استان در پهنه‌های خیلی ضعیف و ضعیف برای کشت گندم دیم قرار دارد (۲). در پژوهش دیگری برای تعیین الگوی‌کشت بهینهٔ محصولات کشاورزی از مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه و روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. برای صحت‌سنجی نیز از روش تاپسیس استفاده شد که با توجه به پایش صورت‌گرفته بهترین الگوی کشت در منطقه مذکور، کاشت ذرت علوفه‌ای از گروه نباتات علوفه‌ای، گندم و جو از گروه غلات و کلزا از گروه محصولات صنعتی انتخاب شد (۲۰).

نتیجه‌گیری

هدف از این مقاله کاربرد چهار روش تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل تاپسیس، میانگین ساده وزنی، سلسله مراتبی و ویکور برای تعیین الگوی‌کشت بهینه محصولات کشاورزی است. عامل های بررسی‌شده در این پژوهش شامل عوامل فنی- زراعی، اقتصادی، کلان دولت، خاک و اقلیم، اجتماعی و پشتیبان تولید بودند. در روش سلسله مراتبی به ترتیب اولویت گندم و کلزا، چغندرپاییزه،

زعفران، جو، کینوا، برنج و نخود پاییزه، از رتبه اول تا هشتم قرار گرفتند. در روش تاپسیس، چغندرپاییزه، گندم، جو، کلزا، نخودپاییزه، برنج، کینوا و زعفران بیشترین اولویت را داشتند. در روش ویکور، جو، گندم، کلزا، چغندرپاییزه ، کینوا، برنج، زعفران و نخودپاییزه، بیشترین اولویت کشت را داشتند. در روش میانگین ساده وزنی، گندم، چغندرپاییزه، کلزا، جو، برنج، نخودپاییزه، کینوا و زعفران، برای قرارگیری در الگوی کشت منطقه بیشترین اولولیت را داشتند. در نهایت با ادغام استراتژی‌ها و روش میانگین رتبه، الگوی‌کشت منطقه به‌ترتیب اولویت، گندم، چغندرقندپاییزه، کلزا، جو، برنج، کینوا، نخودپاییزه و زعفران بود. نتایج الگوی‌کشت تعیین شده براساس ادغام روش‌ها به لحاظ رتبه محصولات بیشترین شباهت را به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره میانگین ساده وزنی داشت. بنابراین، این روش در بین روش‌های دیگر تصمیم‌گیری، توانایی بیشتری را نشان داده‌است. در دشت سیلاخور، یکی از محصولاتی که به‌طور گسترده کشت می‌شود محصول برنج است که نیاز آبی آن در تابستان از طریق چاه‌های عمیق زیرزمینی تأمین می‌شود. روش تأمین آب برای کشت برنج استفاده از چاه‌های عمیق و آب‌های زیرزمینی بوده که ادامه این روند منجر به‌وجودآمدن مخاطرات زیست‌محیطی و کاهش منابع آب می‌شود. به‌منظور حفاظت از منابع آب و از طرفی عدم کاهش سود کشاورزان، نیاز به تغییر الگوی‌کشت است و با توجه به نزدیکی منطقه به کارخانه قند، و مناسب‌بودن خاک منطقه برای کاشت محصول، جایگزینی کشت برنج با چغندرقند توصیه می‌شود. همچنین، کشت پاییزه این محصول باعث صرفه‌جویی در مصرف منابع آب هم می‌شود. بنا به نتایج تصمیم‌گیری چندمعیاره و با در نظرگرفتن مؤلفه‌های مؤثر بر الگوی‌کشت محصولات زراعی، کشت‌های چغندرقند و کلزا با ثابت ماندن حاشیه سود کشاورزان، می‌تواند به الگوی‌کشت منطقه اضافه شوند. طراحی بهینه الگوی‌کشت منجر به دسترسی بهتر کشاورزان به زمین و سایر نهاده‌های زراعی به منظور افزایش بهره‌وری و درآمد خانوار زراعی شده و همچنین، در کاهش مخاطرات ناشی از کمبود مواد غذایی در آینده، نقش به‌سزایی دارد. این امر مستلزم اجرای اثربخش این سیاست است. ضروری است برای موفقیت الگوی-کشت محصولات زراعی به طور ویژه، در حوزه برداشت مکانیزه محصولاتی غیر از گندم و جو، تحقیق و توسعه انجام گیرد تا تشویق به تغییر در الگوی کشت به‌صورت جدی و عملی با اقبال کشاورزان مواجه شود.

Reference

1. Ahmad, A., and Isvilanonda, S. 2003. Rural Poverty and Agriculture Diversification in Thailand. Paper presented at the Second Annual Swedish School of Advance Asia and Pacific Studies (SSAAP): 24- 26.

2. Amiri, F., and Naji Domirani, P. 2017. Assessment of land suitability of Fars province for dry wheat cultivation based on climatic-physiographical factors and TOPSIS-hierarchical integrated model in GIS environment. Agricultural Applied Research, 30 (4): 74-92. (in Persian with English abstract)

3. Amiri-Kia, M., Darestani-Farahani, A., and Mehboob-Qodsi, M. 2016. Multi-criteria decision making, Kian Sabze Rayan Publications.

4. Asgharpour, M.J. 2016. Multi-criteria decision making. Tehran University Publications.

5. Deppa, N., and Ganesan, K. 2019. Decision-making tool for crop selection for agriculture development. Neural Computing and Application,‹ 31(4):1215-1225.

6. Devatha, C. P., and Thalla, A. K. 2019. Prioritizing cropping alternatives based on attribute specification and comparison using MADM models. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences,18 (3): 337-343.

7. Dury, J., Garcia‹ Reynaud, F., A and Bergez, J. E. 2013. Cropping-plan decision-making on irrigated crop farms, A spatio-temporal analysis. European Journal of Agronomy, 50: 1-10.

8. Ekhtesasi, M.R., and Sepehr, A. 2019. Methods and models for evaluating and preparing desertification maps, Yazd University. 312 p. (in Persian with English abstract)

9. Emovon, I., and Oghenenyerovwho, O. S. 2020. Application of MCDM method in material selection for optimal design: A review. Results in Materials 7: 100115.

10. Isalou, A. A., Ebrahimzadeh, H., and Shahmoradi, B. 2014. Feasibility Study of Intervention Urban Inefficient and Old Texture Using Analytic Network Process-Case study: Qom city (district No. 6). Geography and Development, 12(34): 57-68.

11. Ghosh, B. K. 2011. Determinants of the Changes in Cropping Pattern in India: 1970-71 to 2006-07. The Bangladesh Development Studies‹ 34(2): 109-120.

12. Goodarzi, M. 2022. Prioritization of Arable Crops Using Multiple Criteria and Analytical Hierarchy Process (AHP) Method, Case Study: Markazi Province - Farahan Plain. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 16(3): 485-498 . (in Persian with English abstract)

13. Hayat- Ghaibi, F., Karbasi, A.R. 2012. Utilizing the process of network analysis in prioritizing effective strategies on the success of agricultural products insurance fund: a case study of Chaharmahal Bakhtiari province. Rural Development Quarterly, (3) 16: 59-81. . (in Persian with English abstract)

14. Heydari, M., Yousefi, A., Rostami, F., and Hosseini, S.M. 2019. Agroclimatic zoning of saffron cultivation in Hamedan province, an approach to change the cropping pattern. Environmental planning. 30 (4): 99-114. . (in Persian with English abstract)

15. Honar, T., Ghazali, M., and Niko, M.R. 2021. Selecting the Right Crops for Cropping Pattern Optimization Based on Social Choice and Fallback Bargaining Methods Considering Stakeholders' Views. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering 45(2): 1077-1088.

16. Kazemi, H., and Akinci, H. 2018. A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). Ecological Engineering, 116: 1-6.

17. Lak, M., and Borghaee, A. M. 2011. Multi-Criteria Decision Making Based in Choosing an Appropriate Tractor. Journal of Agricultural Machinery, 1(1). . (in Persian with English abstract)

18. Momeni, M. 2016. New topics of research in operations. Tehran University Publications.

19. Mehrgan, M.R. 2013. Decision making with multiple objectives, Tehran University Publications. 336 p.

20. Mousavi, M., .,- Jahani, M., and Jafari, H. 2018. Determination of Optimal Cropping Pattern with an Emphasis on Farmers' Incomes Increase (Case Study: Villages of Chenaran County). Journal of Research and Rural Planning, 6(4): 1-14. . (in Persian with English abstract)

21. Radmehr, A., Bozorg-Haddad, O., and Loaiciga, H, A. 2022. "Integrated strategic planning and multi-criteria decision-making framework with its application to agricultural water management, Scientific Reports, 12(1): 8406.

22. Sabzevari, A.R., Rajabipour, A., Bagheri, N., and Omid, M. 2020. Determining the Cropping Pattern of Agricultural Products as a Strategy to Reduce Food Security Disaster in Iran. Environmental Hazards Management, 7 (1): 23-38. (in Persian with English Abstract)

23. Tamaloki, H., and Ahmadvand, M. 2014. Prioritization of Islamic financing techniques for housing in the country's banking system using the VIKOR method. Journal of Islamic Finance Research, 2 (2): 57-77. (in Persian with English abstract)

24. Tavakoli, N., Sharifi, M., and Akram, A. 2016. Evaluation of the performance of the most common multi-criteria decision-making techniques in ranking the effective parameters in the agility of the cooperative distribution chain of combine harvesters in Fars province. Biosystem Engineering of Iran, 48: 299-308. . (in Persian with English abstract)

25. Timmer, C. P. 1997. Farmers and Markets: The Political Economy of New Paradigms. American Journal of Agricultural Economics, 79(2): 621-627.

26. Zabihi, H., Ahmad‹ A., Vogeler‹ I., Said‹ M. N., Golmohammadi, M., Golein, B, and Nilashi, M. (2015). Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. Computers and Electronics in Agriculture, 117: 114-126.

27. Ziaiean Firouzabadi, P., Sayyad Bidhendi, L., and eskandari nodeh, M. 2010. Mapping and Acreage Estimating of Rice Agricultural Land using RADARSAT a Satellite images. Physical Geography Research Quarterly, 41(68). (in Persian with English abstract)