

Prioritizing Agricultural Water Allocation under Drought and Water Scarcity Conditions; A Case Study of Zanjan Province

Nader Abbasi^{1*}, Farshid Taran¹, Samira Vahedi² and Samar Behrouzinia³

¹Agricultural Engineering Research Institute (AERI); Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Karaj, Iran.

² Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran.

³ Regional Water Company of Zanjan, Iran.

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 30 April 2026

Revised 04 July 2026

Accepted 27 August 2026

Published online 22 June 2026

Keywords:

Analytic Hierarchy Process

Multicriteria analysis

Water productivity

Sustainable development

ABSTRACT

Objective: Population growth and recurring droughts have intensified water scarcity in arid and semi-arid regions. Optimal allocation of water resources is one of the most important management strategies for prioritizing water use across different sectors. The aim of this study was to prioritize the allocation of agricultural water among agricultural sub-sectors in Zanjan Province.

Methods: To achieve this objective, the main criteria, sub-criteria, and allocation options were determined based on expert opinions. The options were then prioritized using the Analytic Hierarchy Process (AHP). The five main criteria included food security, economic potential, technical and operational feasibility, resource and environmental sustainability, and governance and comparative advantage. Each criterion included several sub-criteria for evaluating the options. The allocation options consisted of crop farming, horticulture, livestock production, poultry farming, aquaculture, and greenhouse cultivation.

Results: The results showed that food security (weight = 0.40) was the most important criterion, highlighting the necessity of focusing on staple food products. Economic potential (weight = 0.08) ranked as the lowest priority criterion. Among the food security sub-criteria, equitable access to food and resilience to drought each had the highest importance (weight = 0.40), while the self-sufficiency ratio had the lowest importance (weight = 0.20). Comparison of the allocation options showed that irrigated crop farming (weight = 0.25) had the highest priority and plays a key role in ensuring food security and supporting employment. Sensitivity analysis indicated that irrigated crop farming and poultry farming ranked highest, and only under very high weighting of technical or economic criteria could greenhouse cultivation or poultry farming replace crop farming.

Conclusions: The findings of this study indicate that agricultural water allocation in Zanjan Province requires a comprehensive and multidimensional approach in which sustainable food security is given the highest priority.

*Corresponding author, Email: nabbasi.iaeri@gmail.com

Cite this article: Abbasi, N., Taran, F., Vahedi, S., & Behrouzinia, S. (2026). Prioritizing Agricultural Water Allocation under Drought and Water Scarcity Conditions; A Case Study of Zanjan Province. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 5(2), 152-171. <https://doi.org/10.22034/nawee.2026.563434.1181>



© The Author(s).

Publisher: Gonbad Kavous University.

DOI: <https://doi.org/10.22034/nawee.2026.563434.1181>

Introduction

Population growth and the occurrence of droughts in arid and semi-arid regions have led to water scarcity. This issue has turned optimal water resource allocation into a key strategy for prioritizing water use across different sectors. Under such conditions, making informed and scientific decisions for water allocation, especially in the agricultural sector which is the largest water consumer, is of vital importance. The aim of this study is to prioritize the allocation of agricultural water among sub-sectors in Zanzan Province. As one of Iran's agricultural-prone areas, this province faces serious challenges due to drought and increasing water demand; therefore, identifying water allocation priorities among agricultural sub-sectors can play an effective role in sustainable water resource management.

Method

To achieve the objective, the main criteria and sub-criteria, as well as allocation options, were determined based on expert opinions from fields of water resources, agriculture, and the environment. The Analytic Hierarchy Process (AHP), as a multi-criteria decision-making method, was used to prioritize the options. The five main criteria selected for evaluation included: (1) food security, indicating the importance of meeting the basic food needs of society; (2) economic potential, referring to the profitability and economic return of each sub-sector; (3) technical and operational feasibility, encompassing infrastructure, technical knowledge, and ease of implementation; (4) resource and environmental sustainability, including considerations for water, soil, and ecosystem conservation; and (5) governance and comparative advantage, related to macro-policies, laws, and regional capabilities. The allocation options consisted of crop farming, horticulture, livestock production, poultry farming, aquaculture and greenhouse cultivation. Sensitivity analysis was conducted to test the robustness of the rankings under varying criterion weights. In this analysis, the weights of different criteria were altered across various scenarios to observe whether the final priority of options remained resistant to these changes.

Results

The results of the AHP showed that the food security criterion (weight=0.40) was the most important among the five main criteria. This finding highlights the need to focus on food-basket products (basic and strategic products for community nutrition). In contrast, the economic potential criterion (weight=0.08) ranked lowest in priority, indicating the dominance of security and sustainability perspectives over purely economic perspectives under water scarcity conditions. Among the sub-criteria, equitable access to food and drought resilience each had the highest importance (weight=0.40). This means that from the experts' viewpoint, the fair distribution of water resources so that all segments of society have access to sufficient and healthy food, as well as increasing the capacity of the agricultural system to cope with and recover from drought, are the main priorities. In contrast, the self-sufficiency ratio sub-criterion (weight=0.20) had the lowest importance, likely due to the high costs of achieving complete self-sufficiency in specific products under water shortage conditions. Among the allocation options, irrigated crop farming (weight=0.25) received the highest priority. This result underscores the role of irrigated crop farming in ensuring food security and supporting widespread employment in rural areas of Zanzan Province. The sensitivity analysis results revealed that under most scenarios, irrigated crop farming and poultry farming ranked highest overall. Only under extreme weighting of technical or economic criteria (i.e., when technical feasibility or economic return was assumed far more important than all other criteria) could greenhouse cultivation or poultry farming replace crop farming as the top priority. This finding

indicates the relatively high robustness of the final decision in favor of irrigated crop farming, except under completely exceptional conditions.

Conclusions

The findings indicate that agricultural water allocation in Zanjan Province requires a comprehensive and multi-dimensional approach in which achieving sustainable food security is prioritized as the main goal. In other words, during water scarcity, decisions cannot be made solely on economic or technical considerations; rather, food security, drought resilience, and equity in food access must also be considered simultaneously. Therefore, water resource policymakers and managers in Zanjan Province should allocate water first toward irrigated crop farming (as the top priority) and then to other sub-sectors based on the obtained ranking, while always emphasizing the preservation of resource and environmental sustainability.

Author Contributions

Data collection: Nader Abbasi, Samira Vahedi, Farshid Taran; Original draft preparation: Nader Abbasi, Samira Vahedi, Samar Behrouzinia; Data analysis: Nader Abbasi, Samira Vahedi, Farshid Taran.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank the agriculture-Jahad Organization of Zanjan Province and the Agricultural engineering Research Institute (AERI) for their financial and moral supports in conducting this research.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Funding

The study was funded by the Agriculture-Jahad Organization of Zanjan Province.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process

During the preparation of this work the authors didn't use any AI-assisted tools.



اولویت بندی تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشک سالی و کم آبی؛

مطالعه موردی: استان زنجان

نادر عباسی^۱، فرشید تاران^۱، سمیرا واحدی^۲، ثمر بهروزی نیا^۳

^۱ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج، ایران.
^۲ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ زنجان، ایران.
^۳ شرکت آب منطقه ای استان زنجان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: رشد جمعیت و خشکسالی ها موجب بحران کم آبی در مناطق خشک و نیمه خشک شده است. تخصیص بهینه منابع آب در این مناطق از مهم ترین راهکارهای مدیریتی برای اولویت بندی مصرف آب در بخش های مختلف است. هدف این پژوهش، اولویت بندی تخصیص آب کشاورزی به زیربخش های آن در استان زنجان است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱	مواد و روش ها: معیارهای اصلی و فرعی و گزینه های تخصیص با نظر خبرگان تعیین و سپس گزینه ها با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اولویت بندی شدند. پنج معیار اصلی شامل امنیت غذایی، پتانسیل اقتصادی، قابلیت های فنی و عملیاتی، پایداری منابع و محیط زیست، و حکمرانی و مزیت نسبی، و هر کدام شامل زیرمعیارهایی برای ارزیابی گزینه ها بودند. گزینه ها شامل زراعت، باغداری، دام پروری، پرورش طیور، آبی پروری و گلخانه بودند.
کلیدواژه ها: بهره وری آب تحلیل چندمعیاره توسعه پایدار فرایند تحلیل سلسله مراتبی	نتایج: نتایج نشان داد امنیت غذایی با وزن ۰/۴۰ مهم ترین معیار و بیانگر ضرورت تمرکز بر محصولات اساسی سبذ غذایی مردم است. پتانسیل اقتصادی با وزن ۰/۰۸ در پایین ترین اولویت قرار گرفت. در مورد زیرمعیارها، در حوزه امنیت غذایی، دسترسی عادلانه به غذا و تاب آوری در برابر خشکسالی، هر کدام با وزن ۰/۴۰ بالاترین و ضریب خوداتکایی با وزن ۰/۲۰ پایین ترین اهمیت را داشتند. مقایسه گزینه ها نشان داد زراعت آبی با وزن ۰/۲۵ و بیشترین اولویت، نقش کلیدی در امنیت غذایی و اشتغال ایفا می کند. تحلیل حساسیت نشان داد زراعت آبی و پرورش طیور در رتبه های نخست اند و تنها با وزن دهی بسیار بالا به معیارهای فنی یا اقتصادی، گلخانه یا پرورش طیور جایگزین زراعت می شوند.
	نتیجه گیری: نتایج این پژوهش نشان می دهد تخصیص آب کشاورزی استان زنجان نیازمند رویکردی جامع و چندبعدی است که در آن، تامین پایدار امنیت غذایی در اولویت قرار می گیرد.

*نویسنده مسئول، Email: nabbasi.iaeri@gmail.com

استناد: عباسی، نادر؛ تاران، فرشید؛ واحدی، سمیرا؛ بهروزی نیا، ثمر (۱۴۰۵). اولویت بندی تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشک سالی و کم آبی؛

مطالعه موردی: استان زنجان. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۵ (۲)، ۱۷۱-۱۵۲

<https://doi.org/10.22034/nawee.2026.563434.1181>

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.



مقدمه

محدودیت منابع آب تجدیدپذیر، توسعه زندگی شهری و افزایش تقاضا برای مصارف مختلف از یک سو و استفاده بی‌رویه و اختلافات عدیده بهره‌برداران از سوی دیگر، اولویت‌بندی تخصیص مصارف مختلف را به‌منظور پاسداری از حقوق تمام بهره‌برداران، اجتناب‌ناپذیر کرده است. اولویت‌بندی تخصیص بهینه آب برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، به‌دلیل نوسانات جریان‌های ورودی و وقوع خشکسالی‌های مکرر، اهمیتی دوچندان دارد. در این مناطق، توزیع نابرابر مکانی و زمانی منابع آب منجر به ایجاد تنش بین عرضه و تقاضا و همچنین، تشدید چالش‌های اجتماعی و سیاسی مرتبط شده است (Sabater et al, 2025). بهبود مدیریت منابع آب از طریق تخصیص بهینه آب، یکی از موثرترین ابزارهای مدیریتی به‌شمار می‌آید (انصاری و همکاران، ۱۳۹۶). سیاست‌ها و ساختارهای تخصیص آب باید طوری طراحی شوند که ضمن حفظ عدالت، بهره‌وری و پایداری زیست‌محیطی را نیز تضمین کنند (Malghan, 2010).

در این چارچوب، توجه به مسئله تخصیص آب در ایران اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا قرار گرفتن این کشور در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، پایین بودن متوسط بارندگی و تبخیر بسیار بالا همراه با رشد جمعیت و افت شدید منابع آب زیرزمینی، بحران کم‌آبی را به یکی از مهم‌ترین چالش‌های ملی تبدیل کرده است (شفیعی، ۱۳۹۰؛ جواهریان و همکاران، ۱۳۹۵). از آن‌جاکه آب نقش کلیدی در تولید محصولات کشاورزی و تامین امنیت غذایی دارد، ارتقای بهره‌وری و مدیریت صحیح تخصیص آن ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. گزارش‌های جهانی نیز نشان می‌دهند که بحران آب بیش از آنکه ناشی از کمبود منابع باشد، ناشی از ضعف مدیریت و تخصیص نادرست است (Knieper and Pahl-Wostl, 2016؛ Global Risk Report, 2015).

بنابراین، تخصیص آب به‌عنوان فرآیندی برای استفاده بهینه و منطبق بر اولویت‌ها و قوانین، نقشی اساسی در کاهش شکاف عرضه و تقاضا و جلوگیری از تشدید بحران ایفا می‌کند. نمونه‌هایی مانند افزایش دشت‌های ممنوعه و افت شدید سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد که بدون مدیریت علمی و جامع در تخصیص آب، امنیت غذایی، توسعه پایدار و حتی ثبات اجتماعی کشور با تهدید جدی مواجه خواهد شد (United Nations, 2017؛ دشت‌های ممنوعه کشور، ۱۳۹۸). از این‌رو، اتخاذ رویکرد سیستمی و برنامه‌ریزی همه‌جانبه در تخصیص آب، کلید عبور از بحران و تضمین آینده‌ای پایدار برای بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب است.

در چنین شرایط پیچیده‌ای، اتخاذ رویکردهای علمی در تصمیم‌گیری اهمیتی اساسی می‌یابد. تصمیم‌گیری، یکی از پایه‌های اصلی مدیریت و تخصیص منابع آب است و زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که با محدودیت منابع، معیارهای متضاد، عدم قطعیت و حضور ذی‌نفعان مختلف مواجه شویم. تصمیم‌گیری معمولاً شامل تعریف مساله، شناسایی گزینه‌ها، ارزیابی پیامدها، انتخاب مدل تصمیم‌گیری و ارزیابی نتایج است. بطور کلی روش‌های تصمیم‌گیری به دو دسته کلی تک‌معیاره (که بر یک معیار واحد مانند هزینه یا زمان تکیه دارند) و چندمعیاره (که امکان مقایسه گزینه‌ها یا تعیین میزان تحقق اهداف را بر پایه چندین معیار فراهم می‌کنند) تقسیم می‌شوند. روش‌های چندمعیاره خود شامل دو گروه تصمیم‌گیری چندهدفه (زمانی که چندین هدف باید هم‌زمان بهینه شوند) و تصمیم‌گیری چندشاخصه (زمانی که باید از میان چند گزینه، مناسب‌ترین گزینه بر اساس شاخص‌های مختلف انتخاب یا رتبه‌بندی شود) هستند. مدل‌های چندشاخصه نیز به دو دسته جبرانی و غیرجبرانی تقسیم می‌شوند. در روش‌های غیرجبرانی، ضعف یک شاخص قابل جبران نیست، در حالی که در روش‌های جبرانی، امکان جبران‌پذیری وجود دارد. روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۱ (AHP) یکی از روش‌های مشهور جبرانی است. مراحل کلی انجام AHP شامل گام‌های اصلی تعیین هدف، شناسایی معیارها، ایجاد ساختار یا درخت سلسله‌مراتب، ارزیابی گزینه‌ها، محاسبه وزن‌ها، بررسی سازگاری و تصمیم‌نهایی است. اساس این روش، تصمیم‌گیری بر مبنای مقایسه‌های زوجی است. یعنی پس از تدوین ساختار کلی و یا درخت سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری، معیارها با یکدیگر و نیز هریک از گزینه‌ها بر اساس معیارهای مختلف به‌صورت دوه‌دو مقایسه می‌شوند. ساختار و یا درخت سلسله‌مراتبی شامل سه سطح کلی هدف، معیارها و گزینه‌ها است. خود معیارها نیز بسته به ماهیت و اهمیت مساله

^۱. Analytic Hierarchy Processes

می‌توانند در دو سطح مجزا شامل معیارهای اصلی و زیرمعیارها تعریف شوند که در این صورت، ساختار سلسله‌مراتبی دارای چهار سطح هدف، معیارهای اصلی، زیر معیارها و گزینه‌ها خواهد بود.

استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مطالعات تخصیص آب مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. برای مثال در خارج از ایران، Zhao و همکاران، (۲۰۱۷) از یک مدل برنامه‌ریزی کسری خطی برای به‌حداکثر رساندن بهره‌وری در تخصیص منابع آب کشاورزی استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که به‌واسطه هماهنگی عوامل گوناگون با زمینه‌های اجتماعی و اقتصادی، سیستم یکپارچه توسعه یافته، امتیازاتی در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی دارد و می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان محلی در تخصیص منابع آب کمک کند. Zhang و همکاران، (۲۰۲۰) با استفاده از یک روش برنامه‌ریزی کسری مبتنی بر تصادفی- فازی به بهینه‌سازی تخصیص منابع آب در آسیای مرکزی پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که ارتقای راندمان آبیاری، به‌عنوان یک عامل کلیدی در الگوهای تخصیص آب، می‌تواند منجر به کاهش خسارات اقتصادی و زیست‌محیطی شود. Luo و همکاران، (۲۰۲۱) با در نظر گرفتن اولویت تخصیص آب بر اساس داده‌های سنجش از دور و به‌کارگیری روش AHP-TOPSIS، به بررسی مدیریت آب کشاورزی پرداختند. آنها برای تخصیص بهینه زمین کشاورزی و منابع آب، نتایج ارزیابی را با یک مدل چندهدفه غیرخطی ادغام کردند. نتایج نشان داد که اولویت تخصیص آب می‌تواند اطلاعات مکانی بیشتری را منعکس کند و پشتیبانی تصمیم‌گیری عملی را برای توزیع منابع آب فراهم کند. در ایران، صحابی‌فرد، شاهنظری و صادقی، (۱۴۰۳) با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تاثیر تخصیص بهینه آب بر افزایش بهره‌وری کشاورزی در حوضه تجن در استان مازندران را بررسی کردند. نتایج نشان داد که بهینه‌سازی موجب افزایش بهره‌وری به‌میزان ۴۷ تا ۷۷ درصد برای محصولات مختلف شد. سود اقتصادی در اثر تخصیص بهینه، ۳۳ درصد افزایش یافت. سطح زیر کشت بهینه برای گندم، سبزیجات و دانه‌های روغنی به‌ترتیب ۳۲۰۰، ۲۷۰۰ و ۵۵۲۳ هکتار تعیین شد. عسگری، شانه‌ساززاده و صفاری، (۱۴۰۳) به اصلاح برنامه تخصیص آب زاینده‌رود به شبکه‌های آبیاری از طریق اعمال سطوح مختلف مداخله، شامل بهبود توزیع آب بین شبکه‌ها در شرایط فعلی کشت، تغییر الگوی کشت، افزایش راندمان آبیاری و توسعه صادرات محصولات کشاورزی پرداختند. نتایج نشان دادند که در توزیع آب بین شبکه‌های مختلف، اهداف اقتصادی و اشتغال‌سازگاری داشته و الگوی تخصیص فعلی بین شبکه‌های آبیاری بهینه نیست. همچنین، در صورت تلفیق تمام سطوح مداخله، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب سطحی در بخش کشاورزی می‌تواند تا ۳۰ برابر افزایش یابد. مولایی، اردستانی و نبی‌بیدهندی، (۱۴۰۳) با استفاده از معیارها و شاخص‌های مختلف به تحلیل وضعیت تخصیص منابع آب و مشارکت اجتماعی در حوزه کهورستان پرداختند. آنها پس از تعیین اولویت و وزن‌دهی به شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، نقشه‌ای برای تخصیص منابع آب تهیه کردند. نتایج نشان داد که حدود ۱۷ درصد از منطقه در طبقه‌بندی بالای تخصیص قرار دارد، اما به‌دلیل موقعیت جغرافیایی در انتهای حوزه، با خطر آلودگی و افت کیفیت منابع آب مواجه است. همچنین، ۶۶ درصد از حوزه از سطح پایین یا بسیار پایین تخصیص منابع آب برخوردار است که نیازمند بازنگری در الگوی کشت و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی منطقه می‌باشد. بر اساس الگوی کشت، تنها ۱۲ درصد از اراضی به منابع آب با سطح تخصیص بالا دسترسی دارند. جهانگیری، (۱۴۰۴) از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای حذف آلاینده‌های دیرپای محیطی در منابع آب استفاده نمود. همچنین در تحقیقات دیگری برای بررسی سناریوهای تخصیص آب سدها، بهینه‌سازی کاربرد منابع آب از مدل‌های دیگری نظیر WEAP استفاده شده است (اکبری و همکاران، ۱۴۰۲؛ علایی و همکاران، ۱۴۰۳).

جمع‌بندی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که با وجود کارهای انجام‌شده، همچنان شکاف مهمی در تعیین اولویت تخصیص آب در سطح استانی، متناسب با ویژگی‌های اقلیمی، ساختار کشاورزی و محدودیت‌های منابع آب هر منطقه وجود دارد. از این رو، ورود به مقیاس‌های منطقه‌ای و استانی امری ضروری است. در این میان، استان زنجان به‌عنوان منطقه‌ای با اقلیم نیمه‌خشک، ساختار کشاورزی متنوع و منابع آب محدود، نمونه‌ای مناسب برای مطالعه تخصیص آب محسوب می‌شود. افزایش جمعیت، فشار بر منابع آب و قرارگیری این استان در شرایط تنش آبی، ضرورت حکمرانی هوشمندانه و مشارکتی در مدیریت آب را بیش از پیش برجسته کرده است. حکمرانی آب در این منطقه باید فراتر از تخصیص فنی عمل کرده و ابعاد اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و نهادی را نیز در تصمیم‌گیری لحاظ کند. بر این اساس و با توجه به سهم بالای بخش کشاورزی در مصرف آب و

اهمیت راهبردی آن در امنیت غذایی استان زنجان، در این مطالعه به بررسی تخصیص آب در این بخش مصرفی به صورت جداگانه و دقیق پرداخته شد. هدف تحقیق حاضر، اولویت‌بندی تخصیص آب کشاورزی استان زنجان با استفاده از روش چندمعیاره تحلیل سلسله‌مراتبی است. در مقایسه با پژوهش‌های پیشین که اغلب به تحلیل کلی تخصیص آب در سطح کشور یا حوضه‌های بزرگ پرداخته‌اند، این مطالعه با تمرکز بر سطح استانی و زیربخش‌های کشاورزی استان زنجان و استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، امکان اولویت‌بندی دقیق گزینه‌ها را بر اساس معیارهای چندبعدی، شامل امنیت غذایی، پتانسیل اقتصادی، قابلیت‌های فنی و عملیاتی، پایداری منابع و محیط زیست و حکمرانی و مزیت نسبی فراهم می‌کند. این رویکرد چندمعیاره می‌تواند قابلیت تصمیم‌گیری علمی و عملی برای تخصیص منابع محدود آب به بخش‌های مختلف کشاورزی استان را بهبود بخشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان زنجان در مختصات جغرافیایی بین $35^{\circ} 35'$ تا $37^{\circ} 15'$ عرض شمالی و $47^{\circ} 11'$ تا $49^{\circ} 25'$ طول شرقی و ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا در شمال غربی ایران واقع شده است. این استان از شمال به استان‌های آذربایجان شرقی، اردبیل و گیلان، از شرق به استان‌های قزوین و گیلان، از جنوب به استان‌های همدان و قزوین و از غرب به استان‌های آذربایجان غربی و کردستان محدود است. جغرافیای زنجان ترکیبی از دشت‌های مرتفع، دره‌های پهن و کوهستان‌های بلند است. اقلیم استان عمدتاً سرد و نیمه‌خشک با زمستان‌های طولانی، سرد و برفی و تابستان‌های نسبتاً معتدل و خشک است. با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک استان زنجان در دوره ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰، میانگین دمای سالانه استان حدود $12/2$ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه آن حدود ۲۹۳ میلی‌متر برآورد شد.

سیمای کشاورزی و آب استان زنجان

استان زنجان با حدود ۸۴۰ هزار هکتار اراضی کشاورزی، نزدیک به ۵ درصد از اراضی کشور را در اختیار دارد و در تولید محصولات زراعی و باغی رتبه ۱۸ کشوری را داراست. این اراضی، شامل ۳۳۸ هزار هکتار زراعت دیم، ۱۰۶ هزار هکتار زراعت آبی و ۸۳ هزار هکتار باغ هستند که محصولاتی همچون گندم، جو، سیب‌زمینی، لوبیا، انگور، زیتون، زردآلو و سیب در آنها کشت می‌شود. در بخش گلخانه‌ای، ۳۳۴ واحد فعال وجود دارد که بیشترین تمرکز آنها بر تولید سبزی و صیفی با ۱۶۲ واحد و محصولات جالیزی با ۱۰۴ واحد است و در کنار آنها تولید گل و گیاهان زینتی نیز جایگاه ویژه‌ای دارد. دام‌پروری استان با ۶۰۴ مرکز، گستره‌ای متنوع از فعالیت‌ها را شامل می‌شود که پرورش گوسفند داشتی با ۲۱۲ مرکز و پرواربندی گوساله با ۱۴۴ مرکز بیشترین سهم را دارند. همچنین، پرورش گاو شیری، بز داشتی، اسب، شتر و حتی آهو نیز در برخی شهرستان‌ها انجام می‌شود. در حوزه طیور صنعتی، ۳۳۵ واحد فعال عمدتاً در شهرستان‌های زنجان، ابهر و خدابنده مستقر هستند و نقش مهمی در تأمین گوشت سفید استان ایفا می‌کنند. آبی‌پروری نیز با ۴۱۶ مرکز جایگاه قابل توجهی دارد و ۹۶ درصد آنها به پرورش ماهیان سردابی اختصاص یافته است. شهرستان ماهنشان با ۲۴۳ مرکز، قطب اصلی این فعالیت محسوب می‌شود و در کنار آن، پرورش ماهیان زینتی و زالو نیز هرچند محدود، اما بخشی از ظرفیت‌های استان را تشکیل می‌دهد. این تنوع در بخش‌های زراعت، باغبانی، گلخانه، دام، طیور و آبی‌پروری، نشان‌دهنده ظرفیت‌های گسترده استان زنجان در کشاورزی و تولیدات وابسته است.

در بخش آب‌های سطحی، قزل‌اوزن اصلی‌ترین رود استان زنجان است که از کوه‌های چهل‌چشمه کردستان سرچشمه گرفته و از شهرستان خدابنده وارد استان می‌شود. زنجان‌رود، سجاس‌رود، ایجرو، بزینهرود، ابهرود و خرابود از دیگر رودهای مهم این استان هستند. قزل‌اوزن با متوسط آورد بلندمدت ۴۴۸ میلیون متر مکعب، پرآب‌ترین رود استان به‌شمار می‌رود و پس از آن، زنجان‌رود با آورد بلندمدت ۱۱۹/۶ میلیون متر مکعب قرار دارد. برداشت آب سطحی در استان زنجان از طریق نهرها، سدها، آب‌بندها و ایستگاه‌های پمپاژ انجام می‌شود.

در بخش آب‌های زیرزمینی، سفره‌های آبرفتی بیشترین اهمیت را دارند. بزرگ‌ترین آبخوان استان زنجان، آبخوان زنجان با وسعت ۱۱۴۷/۶۷۴ کیلومتر مربع است که در حال حاضر در وضعیت ممنوعه قرار دارد. آبخوان‌های ابهر و سجاس نیز از دیگر آبخوان‌های وسیع استان هستند که در گروه آبخوان‌های ممنوعه طبقه‌بندی می‌شوند. چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌ها دیگر منابع برداشت آب زیرزمینی هستند. در مجموع، ۶۵/۹ درصد از مصرف آب استان از منابع زیرزمینی و ۳۴/۱ درصد از منابع سطحی تامین می‌شود. در این میان، چاه‌ها با سهم ۶۷/۳ درصد بیشترین فراوانی را دارند و پس از آن، چشمه‌ها و انهار به‌ترتیب با ۱۸/۵ و ۹/۵ درصد قرار می‌گیرند.

روش انجام پژوهش

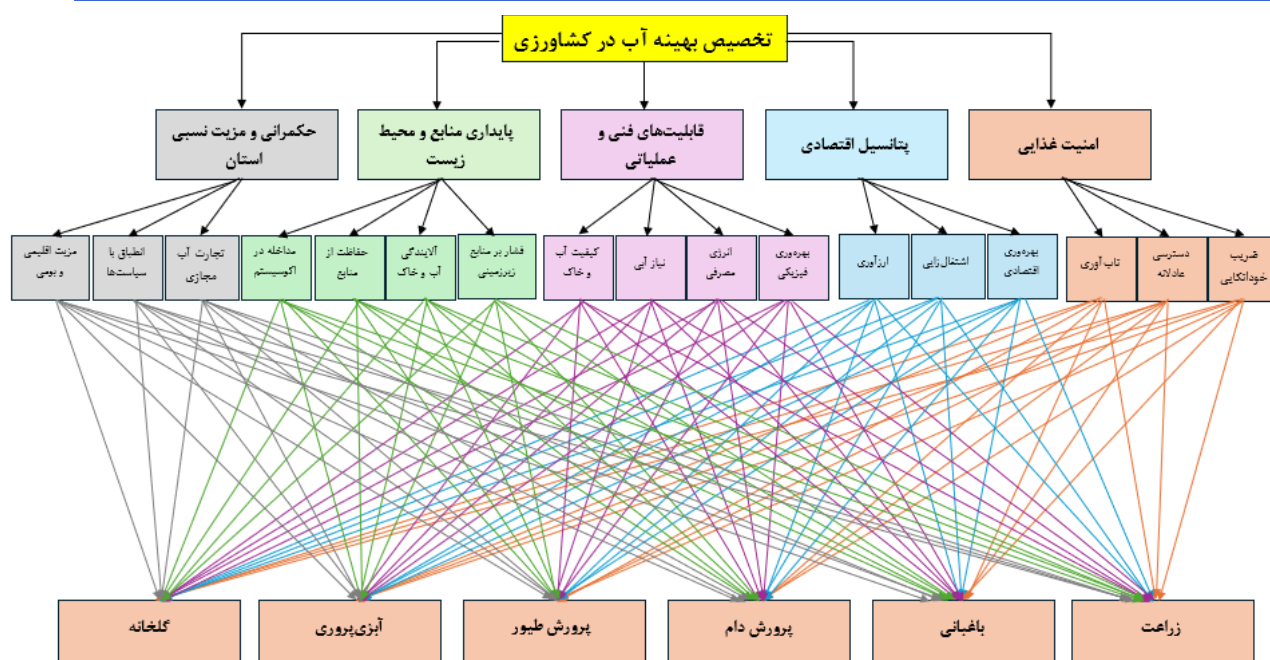
در این تحقیق، برای اولویت‌بندی تخصیص آب کشاورزی استان زنجان از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. با توجه به پیچیدگی مساله و وجود معیارهای متضاد، روش تحلیل سلسله‌مراتبی انتخاب شد. در این چارچوب، ابتدا معیارهای اصلی و زیرمعیارها با نظر خبرگان تعیین و سپس گزینه‌های مصرف آب در ساختار سلسله‌مراتبی جای‌گذاری شدند. مقایسه‌های زوجی میان معیارها و گزینه‌ها انجام و وزن‌دهی آنها با استفاده از نرم‌افزار Super Decision محاسبه شد. این رویکرد، امکان ارزیابی جامع گزینه‌ها را بر اساس ابعاد مختلف فراهم کرده و مبنای تحلیل قرار گرفت.

در تحقیق حاضر، تحلیل سلسله‌مراتبی برای اولویت‌بندی تخصیص آب کشاورزی استان به زیربخش‌های آن انجام گرفت. گزینه‌های این تحلیل سلسله‌مراتبی، شامل زراعت، باغداری، پرورش دام (سیک و سنگین)، طیور و ماکیان، آبی‌پروری و گلخانه بود. برای تعیین معیارها و زیرمعیارها جلسات هم‌اندیشی با کارشناسان و خبرگان برگزار شد و بر این اساس، جدول ۱ طراحی شد. سپس، نمودارهای درختی ساختار سلسله‌مراتبی مطابق شکل ۱ رسم شد.

در AHP برای انجام مقایسات زوجی از پرسشنامه‌هایی استفاده می‌شود که متشکل از چند ماتریس مقایسه زوجی بین معیارهای اصلی با یکدیگر، زیرمعیارهای هر یک از معیارهای اصلی با یکدیگر و گزینه‌ها بر اساس تک تک زیرمعیارها است. تعداد مقایسات زوجی بین n گزینه یا n معیار برابر با $\frac{n-1}{2} \times n$ است. در پژوهش حاضر که شامل ۵ معیار اصلی و ۱۷ زیرمعیار (دو معیار اصلی دارای ۴ زیرمعیار و سه معیار اصلی دارای ۳ زیرمعیار) و ۶ گزینه بود، پرسشنامه‌ای شامل یک ماتریس با ۱۰ مقایسه زوجی برای مقایسه معیارهای اصلی با یکدیگر، ۵ ماتریس برای ارزیابی زیرمعیارها با یکدیگر، هر کدام به‌تعداد ۳ یا ۶ مقایسه زوجی (بسته به تعداد زیرمعیارها) و ۱۷ ماتریس، هر کدام با ۱۵ مقایسه زوجی تهیه شد. بدین ترتیب، این پرسشنامه حاوی ۲۸۱ مقایسه زوجی برای مقایسه معیارها و زیرمعیارها با یکدیگر و گزینه‌ها بر اساس زیرمعیارها بود که توسط پرسش‌شوندگان در هر مقایسه، امتیازی بین ۱ تا ۹ (بر اساس میزان ارجحیت) به یکی از طرفین مقایسه زوجی داده شده است.

اساساً، یکی از مزایای اصلی AHP آن است که در آن، انجام تحلیل الزاماً به حجم نمونه‌ای با معنی‌داری آماری نیاز ندارد و برخلاف بسیاری از روش‌ها، مقایسه مستقیم ویژگی‌ها یا سطوح مختلف شاخص‌ها صورت نمی‌گیرد. از این‌رو، حتی در شرایط خاص می‌تواند با حداقل تعداد پاسخ‌دهنده و در حالت حدی، با یک نفر نیز اجرا شود (Dutta, 2007). این روش، به‌طور گسترده در پژوهش‌ها به‌کار گرفته می‌شود و تعداد مشارکت‌کنندگان در این مطالعات می‌تواند از چند کارشناس تا صدها فرد متغیر باشد؛ چیزی که با هدف کلی این نوع مطالعات، یعنی گردآوری داده‌های نماینده از جامعه آماری، هم‌راستا است (Melillo and Pecchia, 2016). از این‌رو، اساس این روش استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان متخصص به‌صورت قضاوت کارشناسی برای تکمیل پرسشنامه است، برخلاف اغلب مطالعات اجتماعی، هدف آن نمایندگی جامعه یا ذی‌نفعان است و به تعداد نمونه زیادی لازم است. در پژوهش‌هایی که هدف تصمیم‌گیری تخصصی است، تعداد کم ولی خبره بسته به ماهیت کار از ۵ الی ۲۰ نفر کفایت می‌کند (Melillo and Pecchia, 2016; Baby, 2013; Dutta, 2007). از این‌رو، در این پژوهش، پرسشنامه تهیه‌شده به‌صورت حضوری و مشارکت ۱۵ نفر از اساتید، کارشناسان و کشاورزان پیشرو و خبره از دستگاه‌های ملی و استانی در حوزه‌های مختلف کشاورزی و آب تکمیل شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۱- معیارهای اصلی و زیرمعیارهای تخصیص بهینه آب کشاورزی به زیربخش‌های آن در استان زنجان		
معیار اصلی	زیرمعیار	علامت اختصاری زیرمعیار
امنیت غذایی	بهبود ضریب خوداتکایی در محصولات اساسی	FS1
	دسترسی عادلانه به سبد غذایی کافی	FS2
	تاب‌آوری در شرایط کم‌آبی و خشک‌سالی	FS3
پتانسیل اقتصادی	بهره‌وری اقتصادی آب	EC1
	اشتغال‌زایی	EC2
	پتانسیل ارزآوری	EC3
قابلیت‌های فنی و عملیاتی	بهره‌وری فیزیکی آب	TO1
	مقدار انرژی مصرفی	TO2
	نیاز آبی	TO3
	کیفیت آب و خاک	TO4
	(وضع کیفی موجود، امکان استفاده از منابع آب با کیفیت پایین‌تر و یا آب‌های نامتعارف)	
پایداری منابع و محیط زیست	فشار بر منابع آب زیرزمینی	SE1
	میزان آلاینده‌گی آب و خاک	SE2
	حفاظت از منابع طبیعی و اکوسیستم‌ها (تغذیه آبخوان، فرسایش خاک، حفظ مراتع، جنگل‌ها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها و برکه‌های طبیعی و مصنوعی)؛ این معیار، وجه مثبت دارد: "چقدر خوب محافظت می‌کند؟"	SE3
	شدت مداخله در اکوسیستم طبیعی (تغییر در پوشش گیاهی طبیعی، اختلال در زیستگاه‌های جانوری، تغییر در چرخه‌های طبیعی منطقه، تغییر در کاربری اراضی)؛ این معیار، وجه منفی دارد: "چقدر آسیب می‌زند؟"	SE4
حکمرانی و مزیت نسبی استان	تجارت آب مجازی	GC1
	(افزایش واردات آب مجازی، کاهش صادرات آب مجازی)	
	انطباق با سند الگوی کشت و سیاست‌های دامپروری استان	GC2
	مزیت‌های اقلیمی و بومی استان	GC3



شکل ۱- ساختار تحلیل سلسله‌مراتبی با هدف تخصیص بهینه آب کشاورزی به زیربخش‌های آن

روش تحلیل نتایج

در این تحقیق برای تکمیل پرسشنامه‌ها از نظرات خبرگانی از دستگاه‌های علمی و اجرایی استانی و ملی استفاده شد. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها، از نرم‌افزار Super Decision برای تحلیل نتایج استفاده شد. در این نرم‌افزار، مقایسه‌های زوجی در قالب‌های مختلف قابل انجام است. یکی از نکات مهم در تکمیل پرسشنامه‌ها رعایت هماهنگی بین پاسخ‌ها یا سازگاری جواب‌ها است. مفهوم ناسازگاری این است که اگر A مهم‌تر از B و B مهم‌تر از C باشد، آنگاه A خیلی مهم‌تر از C است. این مفهوم باید در مقایسه‌های زوجی رعایت شود. نرخ ناسازگاری پاسخ‌ها با شاخص نرخ ناسازگاری (CR) تعیین می‌شود. چنانچه مقدار CR از ۰/۱ کمتر باشد، بین امتیازهای داده‌شده به معیارها (یا گزینه‌ها) در ماتریس مقایسه‌های زوجی، هماهنگی وجود دارد. در غیر این صورت، نتیجه آزمون منفی است و باید تغییراتی در امتیازدهی‌ها انجام شود تا هماهنگی بیشتری ایجاد شود و مقدار CR به کمتر از ۰/۱ برسد. این شاخص در نرم‌افزار مذکور برای هریک از ماتریس‌ها همزمان با ورود اطلاعات محاسبه می‌شود. در تحقیق حاضر، این ضریب برای هریک از پاسخ‌ها تعیین و در مواردی که نیاز بود، اصلاحات لازم انجام شد. پس از انجام مقایسه‌های زوجی بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌های مختلف با یکدیگر، امتیاز گزینه‌ها محاسبه شد.

نتایج و بحث

ارزیابی و تعیین وزن معیارهای اصلی

با توجه به امتیازدهی انجام شده برای مقایسه بین پنج معیار اصلی، وزن‌های هریک از معیارها محاسبه شد (شکل ۲). از نظر خبرگانی، معیار امنیت غذایی در مقایسه با سایر معیارها از ارجحیت بیشتری برخوردار است. با توجه به شکل ۲، نتایج زیر به دست می‌آیند:

امنیت غذایی با وزن ۰/۴۰ بالاترین وزن را دارد، که نشان‌دهنده اهمیت زیاد تامین پایدار مواد غذایی برای جمعیت استان است. این اولویت، بیانگر آن است که تخصیص آب باید در درجه اول به محصولاتی اختصاص یابد که نقش کلیدی در سید غذایی مردم دارند. از آن‌جاکه کشاورزی، علاوه بر تامین غذا، منبع اصلی درآمد بخش قابل توجهی از جمعیت کشور و استان است،

هرگونه اختلال در تخصیص آب می‌تواند هم‌زمان تولید غذا و وضعیت اقتصادی خانوارهای کشاورز را تحت تأثیر قرار دهد؛ در واقع، کشاورزی به‌طور هم‌زمان، منبع اصلی تولید غذا و درآمد بسیاری از خانوارها است. بنابراین، امنیت غذایی به‌عنوان یک عامل حیاتی در اولویت‌بندی تخصیص آب در نظر گرفته شده است.

پایداری منابع و محیط زیست با وزن ۰/۲۸ رتبه دوم را دارد. این معیار، نشان‌دهنده توجه به حفظ منابع طبیعی، جلوگیری از تخریب اکوسیستم‌ها و مدیریت بلندمدت منابع آب است. وزن بالای این معیار، بیانگر آن است که تصمیم‌گیرندگان باید به آثار زیست‌محیطی تخصیص آب توجه ویژه داشته باشند.

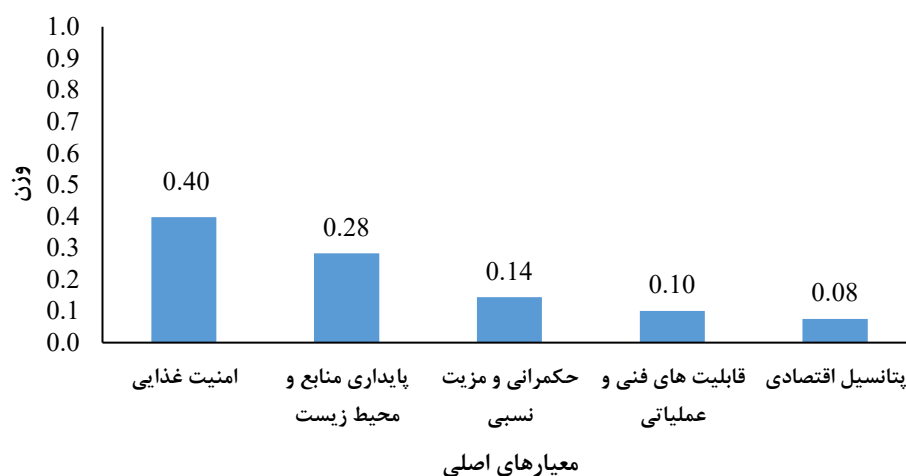
حکمرانی و مزیت نسبی دارای وزن ۰/۱۴ است. این معیار به سیاست‌گذاری‌ها اشاره دارد. وزن متوسط آن نشان می‌دهد که اگرچه حکمرانی موثر و شناخت مزیت‌های محلی مهم است، اما در مقایسه با امنیت غذایی و پایداری محیط زیست، اولویت پایین‌تری دارد.

قابلیت‌های فنی و عملیاتی دارای وزن ۰/۱۰ است. این معیار شامل زیرساخت‌ها، دانش فنی و امکان اجرای طرح‌های تخصیص آب است. وزن پایین آن ممکن است نشان‌دهنده فرض وجود حداقل‌های فنی لازم یا تمرکز بیشتر بر اهداف کلان باشد تا محدودیت‌های اجرایی.

پتانسیل اقتصادی با وزن ۰/۰۸ پایین‌ترین وزن را دارد، که نشان می‌دهد سودآوری اقتصادی مستقیم از تخصیص آب در اولویت پایین‌تری نسبت به اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی قرار دارد. این می‌تواند بیانگر سیاست‌گذاری مبتنی بر عدالت اجتماعی و پایداری باشد، نه صرفاً بازده مالی.

در کل، این وزن‌دهی‌ها نشان می‌دهد که در تخصیص آب کشاورزی استان زنجان باید رویکردی جامع و متوازن داشت که در آن، امنیت غذایی و پایداری محیط زیست در صدر اولویت‌ها قرار دارند، در حالی که ابعاد اقتصادی و فنی می‌توانند نقش پشتیبان داشته باشند.

در برخی مطالعات پیشین نیز به اهمیت و محوریت امنیت غذایی و پایداری محیط زیست اشاره شده است. در این مطالعات، تاکید شده است که آب به‌عنوان منبعی حیاتی، نقشی مستقیم در تولید غذا و معیشت جوامع دارد و هرگونه اختلال در تامین آن می‌تواند به کمبود مواد غذایی منجر شود (Pandya, 2023). همچنین، بیان شده است که مدیریت موثر منابع آب و به‌کارگیری شیوه‌های کشاورزی پایدار، علاوه بر ارتقای امنیت غذایی، موجب حفظ اکوسیستم‌های سالم و جلوگیری از چرخه کمبود منابع می‌شود (Boelee et al, 2013). در این چارچوب، ایجاد توازن میان نیازهای کشاورزی و حفاظت محیط زیست برای پیشگیری از منازعات بر سر منابع آب ضروری دانسته شده است (Molden et al, 2002). هرچند معیارهایی مانند حکمرانی و ظرفیت‌های فنی نیز اهمیت دارند، اما در این رویکرد به‌عنوان چارچوب‌های پشتیبان تلقی می‌شوند و تمرکز اصلی بر پاسخ به نیازهای فوری غذایی و زیست‌محیطی قرار دارد.



شکل ۲- میزان ارجحیت معیارهای اصلی تخصیص آب کشاورزی استان زنجان

ارزیابی و تعیین وزن زیرمعیارها

پس از تعیین وزن‌های معیارهای اصلی، وزن زیرمعیارهای هریک از معیارهای اصلی نیز محاسبه شدند.

معیار اصلی امنیت غذایی در قالب سه زیرمعیار شامل دسترسی عادلانه به غذا، تاب‌آوری در برابر خشکسالی و اهمیت استراتژیکی (ضریب خوداتکایی) مورد بررسی قرار گرفت که وزن هریک از آنها مطابق شکل ۳ است. دسترسی عادلانه به غذا با وزن ۰/۴۰ نشان می‌دهد که عدالت در توزیع منابع غذایی، به‌ویژه در میان گروه‌های آسیب‌پذیر، از اهمیت بالایی برخوردار است. تاکید بر این معیار، بیانگر آن است که تخصیص آب باید به گونه‌ای باشد که تولیدات کشاورزی بتوانند نیازهای غذایی همه اقشار جامعه را پوشش دهند. این رویکرد با اهداف توسعه پایدار و عدالت اجتماعی هم‌راستا است. تاب‌آوری در برابر خشکسالی، هم‌وزن با معیار قبلی است و نشان‌دهنده اهمیت بالای پایداری تولید در شرایط اقلیمی نامساعد است. این اولویت، بیانگر آن است که تخصیص آب باید به محصولاتی یا مناطقی صورت گیرد که در برابر خشکسالی مقاوم‌ترند، یا بتوانند با کم‌آبی سازگار شوند. چنین نگاهی، به کاهش ریسک بحران‌های غذایی در سال‌های خشک کمک می‌کند. وزن پایین‌تر ضریب خوداتکایی (۰/۲۰) نشان می‌دهد که اگرچه تولید داخلی و کاهش وابستگی به واردات مهم است، اما در مقایسه با عدالت غذایی و تاب‌آوری، اهمیت کمتری دارد. این می‌تواند ناشی از واقع‌گرایی در سیاست‌گذاری باشد؛ یعنی تمرکز بر تامین پایدار و عادلانه غذا حتی اگر بخشی از آن از خارج تامین شود. در مجموع، وزن‌دهی زیرمعیارهای امنیت غذایی، نشان‌دهنده یک رویکرد اجتماعی-پایدار در تخصیص منابع آب است. اولویت با عدالت در دسترسی و مقاومت در برابر بحران‌های اقلیمی است، در حالی که خودکفایی غذایی به‌عنوان یک هدف بلندمدت اما نه فوری باید در نظر گرفته شود.

معیار اصلی پایداری منابع و محیط زیست در قالب چهار زیرمعیار شامل فشار بر منابع آب زیرزمینی، حفاظت از اکوسیستم، میزان مداخله در اکوسیستم و میزان آلاینده‌گی منابع آب و خاک بررسی شد که وزن هریک از آنها مطابق شکل ۳ است. فشار بر منابع آب زیرزمینی بالاترین وزن را دارد (۰/۳۸)، که نشان‌دهنده نگرانی جدی نسبت به افت سطح آب‌های زیرزمینی و برداشت‌های بی‌رویه است. این اولویت، بیانگر آن است که در تخصیص آب، مناطق یا محصولاتی که فشار کمتری بر منابع زیرزمینی وارد می‌کنند، در اولویت قرار دارند. همچنین، به‌نوعی می‌تواند بازتاب‌دهنده بحران آب در استان زنجان و وابستگی شدید به منابع زیرزمینی باشد. حفاظت از اکوسیستم وزن قابل توجهی دارد (۰/۳۱)، که نشان می‌دهد حفظ تنوع زیستی، پوشش گیاهی و تعادل اکولوژیکی در تصمیم‌گیری‌ها باید لحاظ شود. این معیار، به‌ویژه در مناطقی که کشاورزی در مجاورت تالاب‌ها، مراتع یا جنگل‌ها انجام می‌شود، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. مداخله در اکوسیستم دارای وزن ۰/۱۸ است. این زیرمعیار به میزان تغییرات انسانی در ساختار طبیعی محیط اشاره دارد (مانند زهکشی، تغییر مسیر رودخانه‌ها یا تخریب زیستگاه‌ها). وزن متوسط آن نشان می‌دهد که اگرچه مداخله انسانی مهم است، اما نسبت به فشار بر منابع و حفاظت کلی از اکوسیستم در اولویت پایین‌تری قرار دارد. آلاینده‌گی آب و خاک کمترین وزن را دارد (۰/۱۳). با این حال، این معیار همچنان در مدل لحاظ شده و نشان می‌دهد که آلودگی ناشی از کودها، سموم و فاضلاب‌های کشاورزی به‌عنوان یک دغدغه مطرح است. به‌طور کلی، این وزن‌دهی نشان می‌دهد که در رویکرد تخصیص آب، پایداری منابع آب (به‌ویژه زیرزمینی) و حفظ اکوسیستم‌های طبیعی در صدر توجه قرار دارند. در مقابل، آلودگی و مداخلات انسانی نیز مهم هستند، اما نسبت به بحران کم‌آبی و تخریب زیست‌محیطی در اولویت پایین‌تری قرار گرفته‌اند.

معیار اصلی حکمرانی و مزیت نسبی استان در قالب سه زیرمعیار شامل مزیت اقلیمی و بومی، انطباق با سند الگوی کشت و سیاست‌های دامپروری و تجارت آب مجازی مورد بررسی قرار گرفت که وزن هریک از آنها مطابق شکل ۳ تعیین شد. مزیت‌های اقلیمی و بومی بالاترین وزن را دارد (۰/۴۹)، که نشان‌دهنده تاکید بر استفاده بهینه از شرایط خاص اقلیمی، خاک، منابع محلی و دانش بومی است. این اولویت، بیانگر آن است که تخصیص آب باید به محصولات یا مناطقی اختصاص یابد که با اقلیم استان سازگارتر هستند و بازدهی بیشتری دارند. انطباق با سند الگوی کشت و سیاست‌های دامپروری وزن قابل توجهی دارد (۰/۳۱)، که نشان می‌دهد سیاست‌گذاری‌های ملی و استانی در زمینه کشاورزی و دامپروری نقش مهمی در تصمیم‌گیری تخصیص آب می‌تواند داشته باشند. این معیار به هم‌راستایی با برنامه‌های توسعه‌ای و جلوگیری از پراکندگی و بی‌نظمی در تولید اشاره دارد.

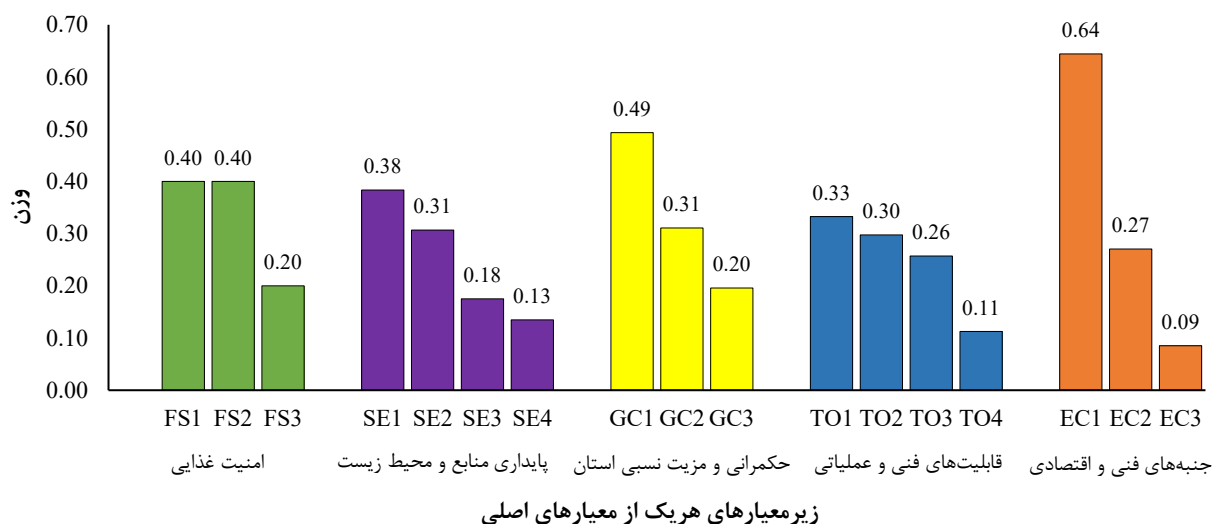
تجارت آب مجازی کمترین وزن را دارد (۰/۲۰)، که نشان می‌دهد مفهوم تجارت آب مجازی (یعنی صادرات یا واردات محصولات با مصرف آب بالا) هنوز در سیاست‌گذاری استان جایگاه محدودی دارد. با این حال، حضور این زیرمعیار در مدل، نشان‌دهنده آگاهی از اهمیت آن در مدیریت منابع آب است. در کل، اولویت با مزیت‌های بومی و اقلیمی است، که نشان‌دهنده رویکردی مبتنی بر بهره‌برداری هوشمندانه از ظرفیت‌های محلی است. انطباق با سیاست‌های رسمی نیز نقش مهمی دارد، در حالی که تجارت آب مجازی به عنوان یک مفهوم نوظهور، هنوز در مرحله آشنایی و پذیرش قرار دارد.

معیار اصلی قابلیت‌های فنی و عملیاتی در قالب چهار زیرمعیار شامل انرژی مصرفی، بهره‌وری فیزیکی آب، نیاز آبی و کیفیت آب و خاک مورد بررسی قرار گرفت که وزن هریک از آنها مطابق شکل ۳ به دست آمد. کیفیت آب و خاک بالاترین وزن را دارد (۰/۳۳) که نشان‌دهنده اهمیت بالای شرایط فیزیکی و شیمیایی منابع برای تولید کشاورزی است. این اولویت، بیانگر آن است که تخصیص آب باید به مناطقی صورت گیرد که کیفیت آب و خاک مناسب‌تری دارند یا امکان استفاده از منابع آب با کیفیت پایین‌تر و یا آب‌های نامتعارف در آنها وجود دارد، تا بازدهی و سلامت محصولات تضمین شود. نیاز آبی وزن قابل توجهی دارد (۰/۳۰)، که نشان می‌دهد که میزان آب مورد نیاز برای هر محصول یا منطقه، نقش مهمی در تصمیم‌گیری تخصیص دارد. این زیرمعیار به بهینه‌سازی مصرف آب و جلوگیری از تخصیص بی‌رویه به محصولات پرمصرف کمک می‌کند. بهره‌وری فیزیکی آب دارای وزن ۰/۲۶ است. این زیرمعیار به میزان تولید محصول در ازای هر واحد آب مصرفی اشاره دارد. وزن نسبتاً بالای آن نشان می‌دهد که کارایی مصرف آب در تولید، یکی از شاخص‌های مهم در تخصیص منابع است. این نگاه می‌تواند به افزایش بهره‌وری و کاهش فشار بر منابع آب منجر شود. انرژی مصرفی کمترین وزن را دارد (۰/۱۱)، که نشان می‌دهد هزینه‌های انرژی (برای پمپاژ، انتقال یا تصفیه آب) در اولویت پایین‌تری قرار دارد. با این حال، حضور این معیار، نشان‌دهنده آگاهی از نقش انرژی در پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی سیستم‌های آبی است. در مجموع، اولویت با شرایط طبیعی منابع (کیفیت آب و خاک) و نیاز آبی محصولات است، که نشان‌دهنده تمرکز بر بهره‌برداری موثر و پایدار از منابع موجود است. بهره‌وری فیزیکی آب نیز نقش مهمی دارد، در حالی که مصرف انرژی به عنوان یک عامل مکمل می‌تواند در نظر گرفته شود.

معیار اصلی جنبه‌های اقتصادی در قالب سه زیرمعیار شامل بهره‌وری اقتصادی آب، اشتغال‌زایی و ارزآوری مورد بررسی قرار گرفت که وزن هریک از آنها مطابق شکل ۳ تعیین شد. بهره‌وری اقتصادی آب بالاترین وزن را دارد (۰/۶۴)، که نشان‌دهنده اولویت بالای تولید ارزش اقتصادی در ازای هر واحد آب مصرفی است. این معیار، بیانگر آن است که تخصیص آب باید به محصولات یا فعالیت‌هایی صورت گیرد که بیشترین درآمد یا ارزش مالی را نسبت به مصرف آب ایجاد می‌کنند. این نگاه، بهینه‌سازی اقتصادی منابع را تقویت کرده و می‌تواند به افزایش درآمد کشاورزان و بهره‌وری منطقه‌ای منجر شود. اشتغال‌زایی وزن قابل توجهی دارد (۰/۲۷)، که نشان می‌دهد نقش آب در ایجاد فرصت‌های شغلی، به ویژه در مناطق روستایی، مهم تلقی شده است. این معیار می‌تواند به کاهش مهاجرت، افزایش رفاه اجتماعی و تقویت اقتصاد محلی کمک کند. ارزآوری کمترین وزن را دارد (۰/۰۹)، که نشان می‌دهد صادرات محصولات کشاورزی و تاثیر آن بر درآمد ارزی کشور در اولویت پایین‌تری قرار دارد. این ممکن است ناشی از تمرکز بیشتر بر بازار داخلی یا محدودیت‌های صادراتی محصولات کشاورزی استان باشد. در کل، اولویت با بهره‌وری اقتصادی آب است، که نشان‌دهنده رویکردی مبتنی بر حداکثرسازی ارزش مالی منابع آبی است. اشتغال‌زایی نیز به عنوان یک هدف اجتماعی مهم در نظر گرفته شده است، در حالی که ارزآوری، به عنوان یک مزیت جانبی و نه اصلی تلقی شده است.

به طور کلی، تحلیل نتایج فوق نشان می‌دهد که نیاز به اتخاذ رویکردی چندبعدی برای مدیریت منابع است که ابعاد مختلف امنیت غذایی، پایداری محیط‌زیست، حکمرانی، ظرفیت‌های فنی و جنبه‌های اقتصادی را در کنار هم قرار دهد. در این چارچوب، دسترسی عادلانه به غذا و افزایش تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی به عنوان عوامل کلیدی در امنیت غذایی مطرح شده‌اند (Rees, 2018)، در حالی که نگرانی از کاهش منابع آب زیرزمینی و ضرورت حفاظت از اکوسیستم‌ها در بعد زیست‌محیطی وجود دارد (Knox, 2024; Rezaee, Bozorg-Haddad and Chu, 2021). همچنین، بهره‌گیری از ظرفیت‌های محلی و همسویی با سیاست‌های رسمی کشاورزی به عنوان عناصر موثر در حکمرانی معرفی شده‌اند (Fragoso, Bushenkov and Marques,).

2010). در بخش فنی، کیفیت آب و خاک، نیاز آبی محصولات و کارایی مصرف آب اهمیت ویژه‌ای دارند (Hutagalung et al, 2025). مصرف انرژی بیشتر به‌عنوان عامل مکمل در مدیریت آب در نظر گرفته شده است. از منظر اقتصادی نیز تمرکز بر افزایش بهره‌وری و ایجاد اشتغال به‌عنوان اهداف اصلی مطرح شده و درآمدهای ناشی از تجارت خارجی در اولویت‌های ثانویه قرار دارند (Rezaee, Bozorg-Haddad and Chu, 2021). در مجموع، مطالعات مختلف تاکید دارند که رویکرد چندبعدی به تخصیص آب اگرچه سودمند است، اما به‌دلیل تقاضاهای رقابتی می‌تواند منجر به تعارض شود و نیازمند چارچوب‌های مدیریت یکپارچه برای ایجاد تعادل میان این نیازهای متنوع است (Fragoso, Bushenkov and Marques, 2010).



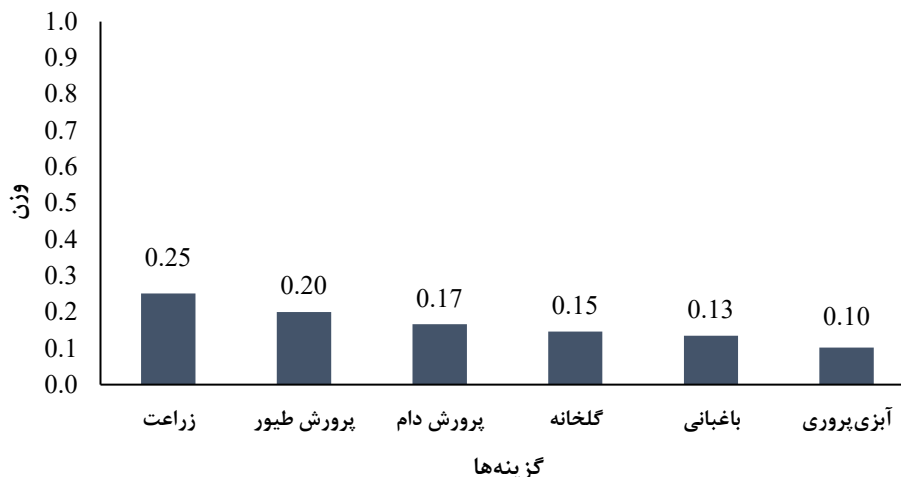
شکل ۳- وزن زیرمعیارهای هریک از معیارهای اصلی در ارزیابی گزینه‌ها

ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌ها

پس از تعیین وزن معیارهای اصلی زیرمعیارها، گزینه‌های مورد بررسی شامل زراعت آبی، پرورش طیور، پرورش دام، گلخانه، باغبانی و آبی‌پروری به‌تعداد ۱۷ بار (تعداد کل زیرمعیارها) به‌صورت دوبعدی و در هر بار بر اساس یکی از زیرمعیارها مقایسه شدند. برآیند این مقایسات، وزن یا اولویت هریک از گزینه‌ها را مشخص می‌کند، که نتایج حاصل از آن در شکل ۴ ارائه شده‌اند. بر این اساس، اولویت تخصیص آب کشاورزی به‌این شرح است:

زراعت آبی با وزن ۰/۲۵ بالاترین وزن را دارد، که نشان‌دهنده نقش کلیدی زراعت در تامین امنیت غذایی، اشتغال و بهره‌برداری از منابع موجود است. این گزینه، احتمالاً به‌دلیل گستردگی اراضی زراعی، زیرساخت‌های موجود و سازگاری با اقلیم استان، در اولویت قرار گرفته است. پرورش طیور با وزن ۰/۲۰ جایگاه دوم را دارد، که نشان می‌دهد این فعالیت از نظر اقتصادی، اشتغال‌زایی و بهره‌وری آب، گزینه‌ای مناسب تلقی شده است. همچنین، نیاز آبی نسبتاً پایین و بازده اقتصادی بالا می‌تواند از دلایل این رتبه باشد. پرورش دام با وزن ۰/۱۷ با وجود اهمیت سنتی در معیشت روستایی، وزن کمتری نسبت به طیور گرفته است. این گزینه، احتمالاً به‌دلیل مصرف بالای آب (مستقیم و غیرمستقیم) و چالش‌های زیست‌محیطی مانند تولید گازهای گلخانه‌ای در رتبه پایین‌تری قرار گرفته است. گلخانه با وزن ۰/۱۵ با وجود بهره‌وری بالای آب و امکان تولید در تمام فصول، هنوز در مرحله توسعه است. وزن نسبتاً پایین آن می‌تواند ناشی از هزینه‌های اولیه بالا، نیاز به دانش فنی و محدودیت در مقیاس‌پذیری باشد. باغبانی با وزن ۰/۱۳ با وجود مزایای اقتصادی و تنوع محصولات، به‌دلیل نیاز آبی بالا در برخی محصولات باغی و زمان‌بر بودن بازدهی اقتصادی، در رتبه پایین‌تری قرار گرفته است. آبی‌پروری با وزن ۰/۱۰ کمترین وزن را دارد، که ممکن است به‌دلیل محدودیت‌های اقلیمی و زیرساخت‌های محدود در استان باشد. با این حال، حضور آن در مدل، نشان‌دهنده توجه به تنوع‌بخشی در کشاورزی

است. در مجموع، این وزن‌دهی نشان می‌دهد که در تخصیص آب کشاورزی، زراعت و پرورش طیور به‌عنوان گزینه‌های اصلی و آبی‌پروری و باغبانی به‌عنوان گزینه مکمل در نظر گرفته شده‌اند. این اولویت‌بندی، ترکیبی از کارایی اقتصادی، پایداری منابع و قابلیت اجرایی را منعکس می‌کند.



شکل ۴- اولویت‌بندی گزینه‌های تخصیص آب کشاورزی استان زنجان

با توجه به نتایج برخی مطالعات دیگر نیز می‌توان گفت که زراعت آبی اهمیت نسبتاً بالایی دارد، زیرا این گزینه، نقش قابل‌توجهی در امنیت غذایی، اشتغال و بهره‌برداری بهینه از منابع دارد (Zardari et al, 2012; Nhundu and Mushunje, 2015). پرورش طیور نیز به‌دلیل کارایی اقتصادی بالا و بهره‌وری مطلوب از آب اهمیت زیادی دارد (Darko et al, 2016). دامداری، با وجود اهمیت سنتی، به علت مصرف بالای آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای در اولویت‌های پایین‌تر قرار می‌گیرد (Angood, 2004). کشت گلخانه‌ای نیز با وجود امکان تولید سالانه و کارایی مناسب، به‌دلیل هزینه‌های اولیه بالا و موانع فنی در سطح متوسط قرار داده می‌شود (El-Shahed, 2022). همچنین، باغبانی علی‌رغم پتانسیل اقتصادی، به دلیل نیاز آبی فراوان و بازدهی کند، رتبه پایین‌تری دارد (Darko et al, 2016). آبی‌پروری با وجود ظرفیت تنوع‌بخشی، به‌دلیل محدودیت‌های اقلیمی و زیرساختی، کمترین اولویت را به خود اختصاص می‌دهد (Angood, 2004). با این حال، تاکید می‌شود که تمرکز بیش از حد بر کشاورزی آبی و طیور ممکن است موجب نادیده گرفتن فرصت‌های مهمی همچون ادغام آبی‌پروری و باغبانی در یک ساختار کشاورزی متنوع شود؛ ادغامی که می‌تواند تاب‌آوری سیستم کشاورزی را در برابر نوسانات اقلیمی و تغییرات بازار افزایش دهد.

تحلیل حساسیت گزینه‌ها

برای بررسی پایداری نتایج بدست آمده در برابر تغییرات وزن معیارها تحلیل حساسیت توسط نرم‌افزار Super Decision و در چهار سناریو انجام شد. این تحلیل حساسیت مشخص می‌کند که تغییرات جزئی در اولویت معیارها تا چه اندازه می‌تواند منجر به تغییرات اساسی در نتایج شود. برای نمونه، نمودار تحلیل حساسیت گزینه‌ها بر اساس معیار امنیت غذایی در شکل ۵ آورده شده است.

سناریوی یک: بررسی تاثیر وزن معیار امنیت غذایی

معیار امنیت غذایی با وزن ۰/۴۰ بیشترین اهمیت را برای تخصیص آب کشاورزی به کاربری‌های مختلف به خود اختصاص داده است. با این وزن برای امنیت غذایی، گزینه زراعت آبی رتبه اول و گزینه پرورش طیور رتبه دوم را دارند و گزینه‌های پرورش دام، گلخانه، باغبانی و آبی‌پروری به‌ترتیب در رتبه‌های سوم تا ششم قرار دارند. بر اساس تحلیل حساسیت، با تغییر وزن معیار

امنیت غذایی از صفر تا ۰/۱۷ گزینه پرورش طیور رتبه اول و گزینه زراعت آبی رتبه دوم می‌شود، اما با افزایش وزن معیار امنیت غذایی از ۰/۱۷ به بعد، گزینه زراعت آبی (خط قرمز رنگ در شکل ۵) اول و گزینه پرورش دوم می‌شود. بنابراین، به‌ازای تمام مقادیر وزن امنیت غذایی، گزینه زراعت آبی و گزینه پرورش طیور، اول و دوم و گزینه پرورش دام همواره به‌عنوان گزینه سوم باقی می‌مانند و علیرغم تغییرات جزئی در وزن سایر گزینه‌ها، تغییرات محسوسی در رتبه سایر گزینه‌ها رخ نمی‌دهد.

سناریوی دو: بررسی تاثیر وزن معیار پایداری منابع و محیط زیست

معیار حکمرانی و مزیت نسبی استان با وزن ۰/۲۸ دومین معیار بااهمیت بعد از امنیت غذایی تعیین شده است. تحلیل حساسیت نشان داد که به‌ازای وزن‌های مختلف برای معیار پایداری منابع و محیط زیست از صفر تا ۰/۷۵ گزینه زراعت آبی دارای رتبه اول و گزینه پرورش طیور دارای رتبه دوم است، اما از ۰/۷۵ به بعد، گزینه پرورش طیور اول و گزینه زراعت آبی دوم می‌شود. با این حال، همانند سناریوی یک، به‌ازای تمام مقادیر وزنی برای پایداری محیط زیست، گزینه پرورش دام دارای رتبه سوم خواهد بود و در رتبه‌بندی سایر گزینه‌ها تغییر قابل توجهی رخ نخواهد داد.

سناریوی سه: بررسی تاثیر وزن معیار حکمرانی و مزیت نسبی استان

معیار پایداری منابع و محیط زیست با وزن ۰/۱۴ از درجه سوم اهمیت بعد از معیارهای امنیت غذایی و پایداری محیط زیست قرار دارد. تحلیل حساسیت نشان داد که به‌ازای وزن‌های مختلف برای حکمرانی و مزیت نسبی استان، گزینه زراعت آبی اول، گزینه پرورش طیور دوم و گزینه پرورش دام سوم است، به‌طوری‌که با هر تغییری در وزن این معیار، تغییری در رتبه‌بندی گزینه‌ها اتفاق نمی‌افتد. دلیل این امر شاید این باشد که پاسخ‌دهندگان پرسشنامه‌ها در امتیازدهی بر اساس سایر معیارها مزیت نسبی استانی را نیز در نظر گرفته‌اند. به‌عبارتی دیگر، این معیار در سایر معیارها نیز مستتر است.

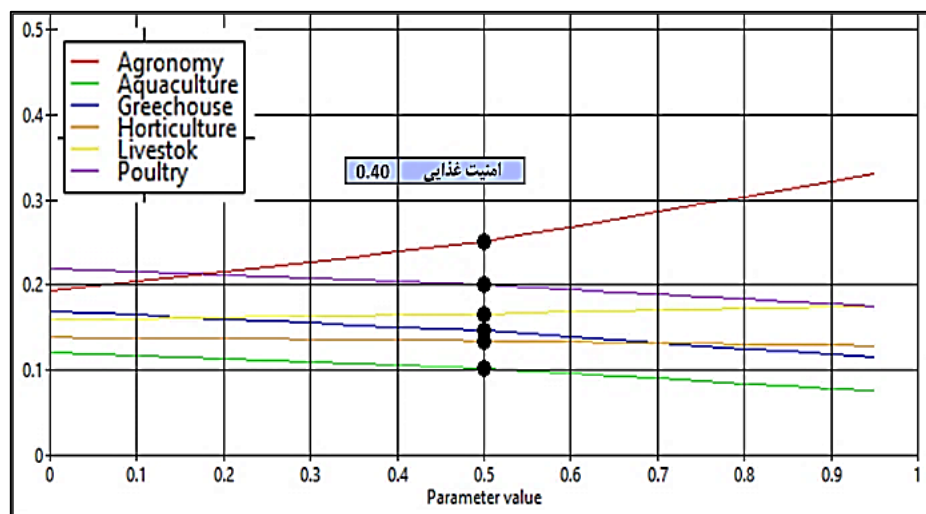
سناریوی چهار: بررسی تاثیر وزن معیار قابلیت‌های فنی و عملیاتی

معیار قابلیت‌های فنی و عملیاتی از درجه چهارم اهمیت برخوردار است. به‌ازای وزن‌های مختلف این معیار تا وزن ۰/۶۱ رتبه‌بندی گزینه‌ها مانند رتبه‌بندی پایه تعیین شده بر اساس نظر خبرگانی ثابت است، به‌طوری‌که تا این مقدار وزنی، گزینه‌های زراعت آبی، پرورش طیور، پرورش دام، گلخانه، باغبانی و آبی‌پروری به‌ترتیب رتبه‌های اول تا ششم را دارند. با افزایش وزن معیار قابلیت‌های فنی و عملیاتی از ۰/۶۱ تا ۰/۸۰ همچنان زراعت و پرورش طیور گزینه‌های اول و دوم هستند، اما گلخانه سوم می‌شود. از وزن ۰/۸۰ به بعد، گلخانه به رتبه اول می‌رسد و پرورش طیور همچنان گزینه دوم باقی می‌ماند. با افزایش وزن معیار قابلیت‌های فنی و عملیاتی به مقادیر بیش از ۰/۹۰ تنها آبی‌پروری جایگزین زراعت در رتبه سوم می‌شود.

سناریوی پنج: بررسی تاثیر وزن معیار پتانسیل اقتصادی

معیار پتانسیل از درجه پنجم اهمیت برخوردار است. به‌ازای وزن‌های مختلف برای این معیار تا وزن ۰/۷۲ رتبه‌بندی گزینه‌ها مانند رتبه‌بندی پایه است و گزینه‌های زراعت آبی، پرورش طیور، پرورش دام، گلخانه، باغبانی و آبی‌پروری به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا ششم قرار دارند. با افزایش وزن معیار اقتصادی از ۰/۷۲ تا ۰/۸۰ گزینه پرورش طیور اول و گزینه زراعت آبی دوم می‌شود و گزینه گلخانه به رتبه سوم ارتقا می‌یابد. با افزایش وزن معیار اقتصادی تا ۰/۸۶ همچنان گزینه طیور اول است، اما گلخانه دوم و زراعت آبی سوم می‌شود. از این مقدار به بعد نیز گزینه‌های طیور و گلخانه اول و دوم باقی می‌مانند، اما دام سوم و زراعت آبی چهارم می‌شود. بنابراین، رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس معیار اقتصادی به مقادیر وزنی بزرگ‌تر از ۰/۷۲ حساسیت است. نکته قابل توجه، حساسیت گلخانه به وزن معیار اقتصادی در مقادیر بالاتر از ۰/۷۲ است، به‌طوری‌که حتی تا رتبه دوم نیز ارتقا می‌یابد؛ به این معنی که با لحاظ کردن وزن بیشتر برای جنبه‌های اقتصادی، گلخانه پررنگ‌تر دیده می‌شود. با این حال، از نظر خبرگانی، معیار اقتصادی کمترین وزن را دارد و از کمترین اهمیت برای تخصیص آب برخوردار است. به‌نظر می‌رسد که حصول وزن بیش

از ۰/۷۲ برای معیار اقتصادی بسیار دور از ذهن است و همچنان زراعت آبی و پرورش طیور گزینه‌های برتر تخصیص آب در استان زنجان هستند.



شکل ۵- تحلیل حساسیت گزینه‌ها بر اساس معیار امنیت غذایی

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که تخصیص بهینه آب کشاورزی در استان زنجان نیازمند رویکردی چندبعدی است که هم‌زمان، امنیت غذایی، پایداری محیط‌زیست، حکمرانی، ظرفیت‌های فنی و ملاحظات اقتصادی را در نظر بگیرد. بر این اساس، نتایج اصلی این تحقیق را در مورد تخصیص منابع آب این استان می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

۱- امنیت غذایی و پایداری محیط‌زیست در مرکز تصمیم‌گیری قرار دارند؛ به‌طوری‌که تامین پایدار غذا، تاب‌آوری در برابر خشکسالی و حفاظت از منابع آب زیرزمینی، موثرترین عوامل در جهت‌دهی به الگوهای تخصیص هستند.

۲- زیرمعیارهای مربوط به عدالت در دسترسی به غذا، مقاومت در برابر بحران‌های اقلیمی، فشار بر منابع زیرزمینی و حفظ اکوسیستم، نقش تعیین‌کننده‌ای در اولویت‌بندی داشته و جهت‌گیری تصمیم‌گیرندگان را به سمت رویکردهای پایدار و اجتماعی هدایت می‌کنند.

۳- در بعد حکمرانی، مزیت‌های اقلیمی و بومی و انطباق با سیاست‌های رسمی، بیشترین نقش را داشته و نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری باید بر پایه ظرفیت‌های محلی و چارچوب‌های برنامه‌ریزی شده انجام شود. مفاهیمی مانند تجارت آب مجازی هنوز در مرحله پذیرش هستند و اثرگذاری کمتری دارند.

۴- در بعد فنی، تاکید بر کیفیت آب و خاک، نیاز آبی محصولات و کارایی مصرف آب، بیانگر آن است که بهره‌برداری موثر از منابع موجود باید محور تخصیص باشد و مولفه‌هایی مانند انرژی مصرفی، نقش پشتیبان دارند.

۵- از دیدگاه اقتصادی، بهره‌وری اقتصادی آب و نقش‌آفرینی در اشتغال، مهم‌ترین عوامل هستند، در حالی که ارزآوری، کمتر در تصمیم‌گیری نقش دارد. این امر، نشان‌دهنده تمرکز بر بازار داخلی و اهداف توسعه منطقه‌ای است.

۶- اولویت‌گذاری گزینه‌ها نشان می‌دهد که زراعت آبی و پرورش طیور، بیشترین سازگاری را با ترکیب معیارهای پایدار، اقتصادی و فنی دارند. فعالیت‌های آبی‌پروری و باغبانی به‌عنوان گزینه‌های مکمل و با اولویت پایین‌تر دیده شده‌اند.

۷- تحلیل حساسیت نشان داد که ساختار اولویت‌بندی از پایداری و ثبات نسبی برخوردار است. در واقع، تغییر وزن معیارهای اصلی یا زیرمعیارها موجب تغییر اساسی در رتبه‌بندی گزینه‌ها نمی‌شود. این موضوع، اعتبار مدل تصمیم‌گیری و اطمینان‌پذیری نتایج را تقویت می‌کند.

در مجموع، نتایج این پژوهش تاکید می‌کند که مدیریت یکپارچه، مبتنی بر اولویت‌های اجتماعی و زیست‌محیطی همراه با توجه به ظرفیت‌های بومی می‌تواند به تخصیص موثرتر آب و کاهش تعارضات میان بخش‌های مختلف کشاورزی منجر شود.

افزون بر این، پیشنهاد می‌شود توسعه سامانه‌های پایش منابع آب برای رصد مستمر وضعیت آبخوان‌ها، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین آبیاری و کشت کم‌مصرف، تنوع‌بخشی به الگوی کشت با توجه به شرایط اقلیمی و تقویت حکمرانی مشارکتی با حضور ذی‌نفعان محلی در دستور کار قرار گیرد. همچنین، انجام مطالعات مقایسه‌ای در سایر استان‌ها و افزودن شاخص‌های بومی و منطقه‌ای بیشتر به مدل‌های تصمیم‌گیری می‌تواند جامعیت و کارآمدی سیاست‌های تخصیص آب را افزایش دهد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

جمع‌آوری داده‌ها: نادر عباسی؛ سمیرا واحدی، فرشید تاران؛ تهیه گزارش پژوهش: نادر عباسی، سمیرا واحدی، ثمر بهروزی‌نیا؛ تحلیل داده‌ها: نادر عباسی، سمیرا واحدی، فرشید تاران

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی سازمان جهادکشاورزی استان زنجان انجام شد.

سپاسگزاری

از سازمان جهادکشاورزی استان زنجان و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به خاطر حمایت مالی و همکاری در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- اکبری، یوسف، شمسی، زهرا، خانی تملیه، ذبیح‌الله، میرعباسی نجف‌آبادی، رسول (۱۴۰۲). ارزیابی بهره‌برداری از سدها تحت برنامه‌های مختلف مدیریتی با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی: سد کارده مشهد). رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست، ۲ (۱)، ۱۴۵-۱۶۰. <https://doi.org/10.22034/nawee.2023.409943.1049>
- جواهریان، زهرا، فاتح وحدتی، سید امیر، رحمتی، علیرضا، زمانی، لیلال (۱۳۹۵). اهداف توسعه پایدار. تهران: سازمان حفاظت محیط زیست.
- جهانگیری، عباس (۱۴۰۴). ارزیابی و انتخاب روش‌های نوین برای حذف آلاینده‌های دیرپای محیطی در منابع آب با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست، ۴ (۱)، ۱۷۸-۱۸۹. <https://doi.org/10.22034/nawee.2025.499431.1131>
- دشت‌های ممنوعه کشور (۱۳۹۸). دفتر حفاظت و بهره‌برداری منابع آب و امور مشترکین، شرکت مدیریت منابع آب، وزارت نیرو. شفیع، مسعود (۱۳۹۰). چشم‌انداز منابع زیست و آب در ایران با نگاهی به شرایط جهانی و چالش‌های کنونی. گزارش شماره ۱۳۵، مجمع تشخیص مصلحت نظام.
- صحبای‌فرد، فاطمه زهرا، شاهنظری، علی، صادقی، سونیا (۱۴۰۳). افزایش بهره‌وری آب کشاورزی تحت سناریوی بهینه‌سازی تخصیص منابع آب با استفاده از الگوریتم (NSGA-II). مدیریت آب و آبیاری، ۱۴ (۲)، ۴۰۵-۴۱۹. <https://doi.org/10.22059/jwim.2024.369097.1122>
- عسگری، سعید، شانه‌ساززاده، احمد، صفاری، بابک (۱۴۰۳). اصلاح الگوی تخصیص آب برای افزایش بهره‌وری آب بخش

- کشاورزی در در حوضه آبریز زاینده‌رود. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۸ (۴)، ۳۷۴-۳۵۷.
<https://doi.org/10.22092/jwra.2025.365867.1043>
- علایی، یاسر، شمسی، زهرا، خانی تملیه، ذبیح الله، میرعباسی نجف‌آبادی، رسول (۱۴۰۳). بررسی سناریوهای مختلف تخصیص منابع آب سد جیرفت با استفاده از مدل WEAP. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست، ۳ (۱)، ۱۳-۳۳.
<https://doi.org/10.22034/nawee.2024.446877.1067>
- مولایی، هوشنگ، اردستانی، مجتبی، نبی بیدهندی، غلامرضا (۱۴۰۳). تدوین مدل تخصیص بهینه منابع آب با استفاده الگوی مشارکتی بهره‌برداران (مطالعه دشت کهورستان هرمزگان). مدیریت آب و آبیاری، ۱۴ (۴)، ۷۸۹-۸۰۹.
<https://doi.org/10.22059/jwim.2024.371132.1137>
- Akbari, Y., Shamsi, Z., Khani Temeliyeh, Z., Mirabbasi Najafabadi, R., 2023. Evaluating the operation of dams under different management programs using the WEAP model (case study: Kardeh Dam of Mashhad). *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 2 (1), 145-160. <https://doi.org/10.22034/nawee.2023.409943.1049> (In Persian)
- Alaee, Y., shamsi, Z., Khani Temeliyeh, Z., Miraasi R., 2024. Investigating different scenarios of Jiroft dam water resources allocation using WEAP model. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 3 (1), 13-33. <https://doi.org/10.22034/nawee.2024.446877.1067> (In Persian)
- Angood, C., 2004. Contribution of irrigation to sustaining rural livelihoods: Bangladesh case study (Report OD/TN 114). HR Wallingford Ltd.
- Asgari, S., Shanahsazadeh, A., Safari, B., 2024. Reforming the water allocation pattern to increase water productivity in the agricultural sector of the Zayandeh-Roud Basin. *Agricultural Water Research*, 38 (4), 357-374. <https://doi.org/10.22092/jwra.2025.365867.1043> (In Persian)
- Baby, S., 2013. AHP Modeling for Multicriteria Decision-Making and to Optimise Strategies for Protecting Coastal Landscape Resources. *International Journal of Innovation, Management and Technology (IJIMT)*, 4 (2), 218-223.
- Boelee, E., Coates, D., Khaka, E., Pert, P.L., Thiombiano, L., Scherr, S.J., Cook, S., Sanford, L., 2013. Managing Water and Agroecosystems for Food Security. Wallingford, UK: CABI.
- Darko, R.O., Yuan, S., Hong, L., Liu, J., Yan, H., 2016. Irrigation, a productive tool for food security- a review. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 66 (3), 191-206. <https://doi.org/10.1080/09064710.2015.1093654>
- Dutta, D., 2007. Climate perturbation and coastal zone systems in Asia Pacific region: Holistic approaches and tools for vulnerability assessment and sustainable management strategy. Final Report submitted to Asia-Pacific Network for Global Change Research, 52, 2007.
- El-Shahed, M.F., 2022. An analytical economic study for the optimal use of irrigation water in Egyptian agriculture. *Aquatic Science and Fish Resources*, 3 (0), 34-57. <https://doi.org/10.21608/asfr.2022.162071.1025>
- Forbidden Plains of the Country., 2019. Office of Water Resources Protection and Utilization and Customer Affairs, Water Resources Management Company, Ministry of Energy. (In Persian)
- Fragoso, R., Bushenkov, V.A., Marques, C., 2010. Multi-objective Water allocation in the Alqueva Region. *New Medit*, 9 (3), 28-36.
- Global Risks., 2015. World Economic Forum. 10th Edition, Geneva.
- Hutagalung, C.M., Yuda, A.D.A., Ghadati, A.S., Suryandika, F., 2025. A holistic approach to sustainable agriculture: synergistic effects of food security, environmental sustainability, and economic balance. 5th International Conference on Agriculture and Environmental Sciences (ICAES) 2024. Nusantara Science and Technology Proceedings. 26-34. <https://doi.org/10.11594/nstsp.2025.4904>
- Jahangiri, A., 2025. Evaluation and selection of modern methods for removing persistent environmental pollutants in water resources using the analytic hierarchy process. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 4 (1), 178-189. <https://doi.org/10.22034/nawee.2025.499431.1131> (In Persian)
- Javaherian, Z., Vahdati, S.A.F., Rahmati, A., Zamani, L., 2016. Sustainable Development Goals. Department of Environment, Tehran. (In Persian)
- Knieper, C., Pahl-Wostl, C., 2016. A comparative analysis of water governance, water management, and environmental performance in river basins. *Water Resources Management*, 30 (7), 2161-2177. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1276-z>
- Knox, J., 2024. Reconciling water needs for food, the environment, energy and society – a quadrilemma facing the future of global irrigated agriculture (pp. 3-28). Burleigh Dodds Science Publishing Limited. <https://doi.org/10.19103/as.2023.0123.01>

- Luo, B., Zhang, F., Liu, X., Pan, Q. and Guo, P., 2021. Managing agricultural water considering water allocation priority based on remote sensing data. *Remote Sensing*, 13 (8), 1536. <https://doi.org/10.3390/rs13081536>
- Malghan, D., 2010. On the relationship between scale, allocation, and distribution. *Ecological Economics*, 69 (11), 2261-2270. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.015>
- Melillo, P., Pecchia, L., 2016. What is the appropriate sample size to run analytic hierarchy process in survey-based research? In *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process* (pp. 4-8). ISAHP. <https://doi.org/10.13033/isahp.y2016.130>
- Molden, D., Rijsberman, F., Matsuno, Y., Amarasinghe, U., 2002. Increasing productivity of water: A requirement for food and environmental security. 7th Edition. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- Mollaei, H., Ardestani, M., Nabi-Bidhendi, G., 2025. Elaboration of the optimal allocation model of underground water resources using social participation Water users (Case study of Hormozgan Kahoristan Plain). *Water and Irrigation Management*, 14 (4), 789-809. <https://doi.org/10.22059/jwim.2024.371132.1137> (In Persian)
- Nhundu, K., Mushunje, A., 2012. Irrigation Development: A Food Security and Household Income Perspective. InTech. <https://doi.org/10.5772/30865>
- Pandya, A.B., 2023. Towards sustainable agricultural water management. *Irrigation and Drainage*, 72 (4), 1188-1191. <https://doi.org/10.1002/ird.2893>
- Rees, P.L.S., 2018. Advancing agricultural water security and resilience under non-stationarity and uncertainty: evolving roles of blue, green, and grey water. *Journal of Contemporary Water Research and Education*, 165 (1), 1-3. <https://doi.org/10.1111/J.1936-704X.2018.03288.X>
- Rezaee, A., Bozorg-Haddad, O., Chu, X., 2021. Reallocation of water resources according to social, economic, and environmental parameters. *Scientific Reports*, 11 (1), 17514. <https://doi.org/10.1038/S41598-021-96680-2>
- Sahabifard, F.Z., Shahnazari, A., Sadeghi, S., 2024. Increasing the productivity of agricultural water under the optimization scenario of water resource allocation using the algorithm (NSGA-II). *Water and Irrigation Management*, 14 (2), 405-419. <https://doi.org/10.22059/jwim.2024.369097.1122> (In Persian)
- Shafiei, M., 2011. Outlook on Biological and Water Resources in Iran with a View to Global Conditions and Current Challenges. Report No. 135, Expediency Discernment Council. (In Persian)
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division., 2017. World Population Prospects: The 2017 Revision. New York: United Nations. Accessed at <https://population.un.org/wpp/>
- Sabater, S., Barquin, J., Blasco, J., Elozegi, A., Garcia, C., Ginebreda, A., Gomez, C.M., Munoz, I., Rico, A., Rovira, J., Batalla, R.J., 2025. Water scarcity challenges water security: A case for Spain's freshwater ecosystems. *Environmental Research Letters*, 20 (9), 091008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ADFBFC>
- Zardari, N.H., Yusop, Z., Shirazi, S.M., Roslan, N.A.B., 2015. Prioritization of farmlands in a multicriteria irrigation water allocation: PROMETHEE and GAIA applications. *Transactions of the ASABE*, 58 (1), 73-82. <https://doi.org/10.13031/TRANS.58.10682>
- Zhang, Y.F., Li, Y.P., Sun, J., Huang, G.H., 2020. Optimizing water resources allocation and soil salinity control for supporting agricultural and environmental sustainable development in Central Asia. *Science of the Total Environment*, 704, 135281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135281>
- Zhao, J., Li, M., Guo, P., Zhang, C., Tan, Q., 2017. Agricultural water productivity oriented water resources allocation based on the coordination of multiple factors. *Water*, 9 (7), 490. <https://doi.org/10.3390/w9070490>