

Management Modeling for Optimal Selection of Solutions in the mDSS Environment with the DPSIR Approach (Case Study: Taleghan Town Watershed)

Omid Asadi Nalivan^{1*} , Ali Shahbazi² , Gholamreza Khosravi³ , Atefeh Jafarpoor⁴ 

Received: 20-10-2025, Revised 01-11-2025, Accepted: 11-11-2025, Published: 12-11-2025

<https://doi.org/10.22034/19.70.3>

Extended Abstract

Introduction

Watersheds face challenges in the field of unsustainable resource exploitation, climate change, and human pressures, which have led to a decrease in the quality and quantity of water resources, soil erosion, reduction of vegetation cover, and ultimately the functional instability of ecosystems. Watersheds, as the basic units of land management, are of great importance in environmental planning due to their strategic position in nourishing water resources, reducing the effects of floods, preserving biodiversity, and ensuring the sustainability of ecosystems. Unauthorized construction, extensive changes in land use, destruction of vegetation cover, and overexploitation of water resources have changed the natural state of the Taleghan Town watershed. The DPSIR framework, with a logical structure including drivers, pressures, status, impacts, and responses, is considered a suitable tool for causal analysis of environmental consequences resulting from human development and formulation of management responses. However, for the effective application of this framework in planning, it is necessary to integrate it with mDSS multi-criteria decision-making tools. This tool allows for the evaluation and comparison of different management options in the form of measurable scenarios and, by integrating environmental, social, and economic data, assists decision-makers in selecting optimal solutions. In the present study, by simultaneously using the DPSIR conceptual approach and the mDSS environment, an appropriate management model for the Taleghan town watershed is designed, which can accurately identify the factors affecting ecological instability and provide optimal and applicable management responses to improve the current situation.

Materials and Methods

The Taleghan town watershed is located in Alborz Province, and with a total area of 3,667.9 hectares, it is considered part of the Taleghan Dam watershed. In this study, management modeling for the optimal selection of solutions in the mDSS environment with the DPSIR approach of the Taleghan town watershed in Alborz province has been studied. The mDSS software is a modeling environment that has 4 stages of conceptual model explanation, design, selection, and group decision-making. For this purpose, first, the watershed status was analyzed through the DPSIR approach. After identifying the problems and determining their

1. Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran. Corresponding author: o.asadi@maragheh.ac.ir

2. Ph.D. Graduate of Watershed Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran. ashahbazi@ut.ac.ir

3. Ph.D. Graduate of Watershed Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. gholamreza.khosravi@yahoo.com

4. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Atefeh.jafarpoor@uk.ac.ir

relative importance and considering the results of the DPSIR approach, 12 management activities were prepared to solve the problems of the watershed. In this stage, according to the selected evaluation criteria (economic, social and environmental) and the selected solutions presented in the previous stage (proposed management activities), the analysis matrix was formed. After forming the analysis matrix, the evaluation criteria were normalized. In the next stage, a sustainability chart was prepared. Finally, the SAW technique was used in the mDSS software environment to prioritize the proposed management activities. Also, the selected solutions were prioritized according to the criteria of feasibility, effectiveness, public acceptance, cost-effectiveness and quick return, in order to formulate executive plans at the Taleghan town watershed level using the SAW method.

Results and Discussion

Based on the prepared DPSIR model, the drivers have four factors, pressures have one factor, the status has three factors, the effects have two factors, and the solutions are based on the opinions of local communities, 12 cases. The results showed that the solution "Implementing biomechanical flood control and water storage measures" with a score of (0.658) was ranked first, and the solution "Developing agricultural and livestock product conversion and processing industries" with a score of (0.625) was ranked second. The point that shows the performance in the Taleghan town watershed sustainability diagram was located near the center of the triangle, but the environmental and economic macro criteria have assigned more weight than the social macro criterion, which has caused the performance point to be biased towards environmental and economic criteria. Analysis of the sustainability graph showed that environmental and economic criteria had more weight than social criteria. This indicates the region's high sensitivity to ecological sustainability and the necessity of preserving natural resources for sustainable development. The results of prioritizing the selected solutions using the SAW method in the mDSS software environment showed that the solution "Implementing biomechanical flood control and water storage measures" with a score of (0.8) was ranked first, and the solutions "Developing greenhouse product production" with a score of (0.7) and "Implementing biological measures" with a score of (0.6) were ranked second and third, respectively.

Conclusion

The results of this study indicate that in the current critical conditions of this area, solutions that directly affect the control of hydrological processes, reduce flood risk, and increase water productivity are more important than other measures. The results of the sustainability analysis showed that environmental and economic criteria had more weight than social criteria. This led to the solutions that have direct and rapid effects on improving the environmental and economic situation to obtain higher rankings. The DPSIR framework is a powerful conceptual tool for analyzing cause and effect in human-environmental systems. On the other hand, mDSS provides an analytical environment that can model and evaluate management responses in the context of multidimensional data and indicators. The combination of these two tools, along with multi-criteria decision-making methods, provides a suitable platform for developing efficient and sustainable management solutions in watersheds. The present study, using the DPSIR analytical approach and the mDSS decision-support tool, showed that selecting watershed management solutions requires a systematic, data-driven, and participatory approach. The use of multi-criteria decision-making tools, along with accurate knowledge of the environmental and social situation, can lead to more effective, sustainable, and locally appropriate decisions. However, to enhance the comprehensiveness and generalizability of the results, it is necessary in the future to: expand the scope of stakeholder participation; compare and integrate different multi-criteria decision-making methods; include social data more carefully alongside environmental and economic data; and monitor the effectiveness of selected measures over time in the field.

Keywords: Integrated Watershed Management, Decision Support System, Multi-criteria decision making, Sustainable development, Conceptual decision making model

Article Type: Research Article

Acknowledgement

The authors of the article are grateful for the financial support of the General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Alborz Province, especially the Deputy Director of Watershed Management, in preparing the aforementioned article.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement:

The data and results used in this research will be available through correspondence with the corresponding author.

Authors' contribution

All authors reviewed and approved the final version. Individual contributions were as follows: Omid Asadi Nalivan: conceptualization, methodology, project management, formal analysis, writing of the main draft of the article. Ali Shahbazi: validation, research, software, review, and editing. Gholamreza Khosravi and Atefeh Jafarpour: supervision, validation, writing, field visits, data collection, review, and editing.

Citation: Asadi Nalivan O, Shahbazi A, Khosravi GH, Jafarpour A, Management Modeling for Optimal Selection of Solutions in the mDSS Environment with the DPSIR Approach (Case Study: Taleghan Town Watershed). jwmseir 2025; 19 (70): 38- 56
Iran-Watershed Management Science & Engineering, Year 2025, Vol 19, No 70, PP 38-56

Publisher: Watershed Management Society of Iran

© Author(s)



مدل سازی مدیریتی برای انتخاب بهینه راهکارها در محیط mDSS با رویکرد DPSIR (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهرک طالقان)

امید اسدی نلیوان^{۱*}، علی شهبازی^۲، غلامرضا خسروی^۳، عاطفه جعفرپور^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۸، تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱

<https://doi.org/10.22034/19.70.3>

چکیده

در پژوهش حاضر، با استفاده هم‌زمان از رویکرد مفهومی DPSIR و محیط mDSS، الگوی مدیریتی مناسب برای آبخیز شهرک طالقان طراحی شد. نرم‌افزار mDSS یک محیط مدل‌سازی و دارای چهار مرحله تبیین مدل مفهومی، طراحی، انتخاب و تصمیم‌گیری گروهی است. برای این منظور ابتدا، از طریق رویکرد DPSIR وضعیت حوزه آبخیز بررسی و پس از شناسایی مشکلات و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها و با توجه به نتایج رویکرد DPSIR، ۱۲ فعالیت مدیریتی تهیه شد. سپس با توجه به معیارهای ارزیابی انتخابی (اقتصادی، اجتماعی و محیطی) و راهکارهای منتخب ارائه‌شده (فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی)، ماتریس تجزیه و تحلیل تشکیل شد. سپس جهت اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی از روش SAW در محیط نرم‌افزار mDSS استفاده شد. همچنین راهکارهای منتخب با توجه به معیارهای امکان‌پذیری، اثربخشی، پذیرش مردمی، به‌صرفه بودن و زودبازده بودن، با استفاده از روش SAW اولویت‌بندی شدند. بر اساس مدل تهیه‌شده DPSIR، محرک‌ها دارای چهار، فشارها یک، وضعیت سه، اثرات دو عامل و راهکارها بر اساس نظرات جوامع محلی ۱۲ مورد است. نتایج نشان داد که راهکار اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب با امتیاز (۰/۶۵۸) در اولویت اول و راهکار توسعه صنایع تبدیلی و فراوری محصولات کشاورزی و دامی با امتیاز (۰/۶۲۵) رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. نقطه‌ای که عملکرد را در نمودار پایداری حوزه آبخیز شهرک طالقان نشان می‌دهد در نزدیکی مرکز مثلث قرار داشت. نتایج اولویت‌بندی راهکارهای منتخب با استفاده از روش SAW در محیط نرم‌افزار mDSS نشان داد که راهکار اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب امتیاز (۰/۸) در اولویت اول و راهکارهای توسعه تولید محصولات گلخانه‌ای با امتیاز (۰/۷) و اجرای اقدامات بیولوژیک با امتیاز (۰/۶) به ترتیب در اولویت دوم و سوم قرار گرفتند. به کارگیری ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره در کنار شناخت دقیق وضعیت محیطی و اجتماعی می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیم‌هایی مؤثرتر، پایدارتر و سازگارتر با شرایط بومی شود.

کلیدواژه‌ها: مدیریت جامع حوزه آبخیز، سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیری چندمعیاره، توسعه پایدار، مدل مفهومی تصمیم‌گیری

نوع مقاله: پژوهشی

استناد: اسدی نلیوان امید، شهبازی علی، خسروی غلامرضا، جعفرپور عاطفه. مدل‌سازی مدیریتی برای انتخاب بهینه راهکارها در محیط mDSS با رویکرد DPSIR (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهرک طالقان) علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱۴۰۴؛ ۱۹(۷۰): ۳۸-۵۶

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۱۴۰۴، دوره ۱۹، شماره ۷۰، صفحه ۳۸ تا ۵۶



© نویسندگان

ناشر: انجمن آبخیزداری ایران

۱. استادیار و نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران o.asadi@maragheh.ac.ir

۲. فارغ‌التحصیل دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران، کرج، ایران. ashahbazi@ut.ac.ir

۳. فارغ‌التحصیل دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. gholamreza.khosravi@yahoo.com

۴. استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران Atefeh.jafarpoor@uk.ac.ir

شد. در نهایت به منظور اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی از روش‌های TOPSIS³ و SAW⁴ در محیط نرم‌افزار mDSS استفاده کرد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین فشارهای مؤثر بر سیستم تصرف و تغییر کاربری و از بین رفتن پوشش گیاهی است. همچنین مهم‌ترین اثرات ایجاد شده بر وضعیت، معیارهای از بین رفتن پوشش گیاهی، کاهش تغذیه آب زیرزمینی و افزایش خطر و خسارت سیل بودند. با توجه به نتایج به دست آمده از اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی در کلیه روش‌های پیشنهادی، فعالیت درخت‌کاری بیش‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده است و در اولویت ابتدایی قرار گرفته است و فعالیت کتور فارو کم‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده است و در اولویت انتهایی قرار دارد. Afedor و همکاران [۱] در پژوهشی کاربرد مدل DPSIR را برای تعیین نیروهای محرک و تأثیرات آن‌ها بر حوزه ولتا^۵ بررسی کردند. حوزه ولتا آب مورد نیاز برای مصارف خانگی، صنعتی، آبیاری و تولید برق را برای غنا و بورکینافاسو^۶ فراهم می‌کند. این پژوهش از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، گزارش‌ها و سیاست‌های مربوط به حوزه ولتا و همچنین اطلاعات نهادهای بین‌المللی مانند بانک جهانی، سازمان ملل متحد و اتحادیه اروپا و سایر موارد انجام شده است. چارچوب DPSIR به دلیل سهم زیاد غنا ۴۱/۶ درصد و بورکینافاسو ۴۳ درصد از مساحت حوزه، بر آن‌ها متمرکز بود. نتایج نشان داد که استفاده از مدل DPSIR به دینفعان و سیاست‌گذاران در تصمیم‌گیری صحیح کمک خواهد کرد. چارچوب DPSIR نیروهای محرکه بر حوزه رودخانه به دلیل تقاضای آب برای آبیاری و صنعت را تأیید کرده است. همچنین فشارهای وارده بر بوم‌سازگان شامل استفاده نامناسب از منابع طبیعی، تغییرات کاربری اراضی و دفع زباله‌های شیمیایی تأیید شد. آن‌ها توصیه کردند که مقررات سیاستی برای کاهش تأثیر بر محیط‌زیست وجود داشته باشد.

Karimi و Talebi [۲۰] در پژوهشی باهدف بررسی دلایل پیشرفت رواناب در بازه سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ و ارائه راهکارهای مدیریتی با مشارکت دینفعان در حوزه آبخیز زاینده‌رود-زیرآبخیز اسکندری پرداختند. در این پژوهش ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی به دست آمد و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 5, 8 مربوط به سال ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ تهیه شد. همچنین، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده (۲۰۳۱) با استفاده از مدل مارکوف انجام پذیرفت. با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی توسط دینفعان و تهیه درخت مشکلات و اهداف، فهرست اولیه راهکارهای پیشنهادی برای زیرآبخیز اسکندری ارائه گردید. به منظور مدل‌سازی برای انتخاب راهکارها و اولویت‌بندی آن‌ها از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS استفاده شد. نتایج نشان

در دهه‌های اخیر، فشارهای روزافزون انسانی و اقلیمی بر منابع طبیعی، به‌ویژه در حوزه‌های آبخیز، موجب بروز چالش‌های پیچیده‌ای در مدیریت پایدار منابع آب و خاک شده است [۴، ۲۴، ۲۸]. حوزه‌های آبخیز به‌عنوان واحدهای پایه مدیریت سرزمین، به دلیل موقعیت استراتژیک در تغذیه منابع آبی، کاهش اثرات سیلاب، حفظ تنوع زیستی و پایداری بوم‌سازگان‌ها، از اهمیت بالایی در برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی برخوردارند [۳، ۱۴، ۱۶، ۲۳]. با این حال، روند شتابان تخریب منابع طبیعی، تغییرات کاربری اراضی، بهره‌برداری‌های ناپایدار و افزایش مخاطرات محیطی مانند فرسایش، سیلاب و خشک‌سالی، ضرورت تدوین راهبردهای مدیریتی کارآمد و هماهنگ با ویژگی‌های بوم‌شناختی و اجتماعی هر حوزه را دوچندان کرده است [۶، ۲۶، ۲۹، ۳۱]. یکی از رویکردهای تحلیلی نوین که توانسته در دهه اخیر نقش مؤثری در تحلیل نظام‌مند مسائل محیط‌زیستی ایفا کند، چارچوب DPSIR^۱ (محرک‌ها - فشارها - وضعیت - تأثیر - پاسخ) است [۱۸، ۲۲، ۳۰]. این چارچوب که توسط آژانس محیط‌زیست اروپا توسعه یافته، باهدف تبیین روابط علی بین انسان و محیط طراحی شده و امکان شناسایی ریشه‌ای عوامل مؤثر بر تخریب محیط‌زیست و تدوین پاسخ‌های مدیریتی هدفمند را فراهم می‌سازد [۱، ۲، ۱۰، ۱۷]. به کمک این مدل مفهومی، می‌توان درک عمیق‌تری از نحوه تأثیر فعالیت‌های انسانی بر ساختار و عملکرد حوزه‌های آبخیز به دست آورد و راهکارهای مدیریتی را بر اساس تعاملات سیستماتیک طراحی کرد [۳]. از سوی دیگر، برای تصمیم‌گیری مؤثر در محیط‌های پیچیده‌ای چون حوزه‌های آبخیز، ابزارهایی همچون سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری چندمعیاره (mDSS^۲) بسیار ضروری است [۸]. این ابزار، امکان ارزیابی و مقایسه گزینه‌های مختلف مدیریتی را در قالب سناریوهای قابل‌سنجش فراهم می‌کند و با تلفیق داده‌های محیطی، اجتماعی و اقتصادی، به تصمیم‌گیرندگان در انتخاب راه‌حل‌های بهینه یاری می‌رساند [۴، ۱۱، ۱۵، ۲۱]. محیط mDSS با قابلیت مدل‌سازی و تحلیل تصمیمات در فضای عدم قطعیت، بستری قدرتمند برای به‌کارگیری چارچوب DPSIR به شمار می‌آید، چراکه می‌توان از طریق آن، پاسخ‌های مدیریتی مؤثر بر وضعیت موجود و آینده حوزه را طراحی و اولویت‌بندی کرد [۵، ۱۳، ۱۸، ۱۹]. مطالعات مختلفی در این زمینه انجام شده است. Alvandi [۴] در پژوهشی مدل‌سازی اثرات اقدامات مدیریتی به‌منظور بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوزه آبخیز تویسرکان را در محیط نرم‌افزار mDSS انجام داد. در این پژوهش ابتدا، با توجه به نتایج رویکرد DPSIR، هفت فعالیت مدیریتی پیشنهادی برای بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوزه با توجه به نظرات خبرگان تهیه گردید. در ادامه برای پیش‌بینی اثرات هر یک از فعالیت‌های مدیریتی از چهار ملاک فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و بوم‌شناختی استفاده

3. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
4. Simple Additive Weighting
5. Volta basin
6. Ghana and Burkina Faso

1. Drivers, Pressures, State, Impact, and Response
2. Modified Decision Support System

داد، یکی از دلایل اصلی پیشرفت رواناب در منطقه کشاورزی غیراصولی است. درواقع، به دلیل کم‌آبی، درآمد ناکافی، عدم وجود قوانین و نظارت در منطقه؛ آبخیزنشینان به تغییر کاربری اراضی و کشت در اراضی کم‌بازده به‌صورت غیراصولی می‌پردازند. هم‌چنین، با توجه به اهداف پژوهش ۱۱ راهکار مدیریتی و ۱۲ شاخص مؤثر (بخش اقتصادی- اجتماعی و محیطی) در وضعیت کنونی حوضه به دست آمد. نتایج حاصل از اولویت‌بندی بر اساس روش TOPSIS نشان داد که راهکار ایجاد زراعت پوششی بیش‌ترین اولویت را به خود اختصاص داده است. Ahtiainen و همکاران [۲] به کمی‌سازی اثربخشی و کفایت اقدامات کاربردی از چارچوب DPSIR برای محیط‌زیست دریایی حوزه دریای بالتیک پرداختند. هدف از این پژوهش کمک به کشورهای ساحلی دریای بالتیک و کنوانسیون دریایی منطقه‌ای (HELCOM^۱) در ارزیابی اثربخشی و کفایت اقدامات در دستیابی به اهداف محیط‌زیستی توافق‌شده بیان شد. نتایج نشان داد که تلاش‌های فعلی برای دستیابی به اهداف محیط‌زیستی در دریای بالتیک کافی نیست. آن‌ها بیان داشتند که کاربرد فعلی گامی مهم در مدل‌سازی مدیریت دریایی در مقیاس‌های بزرگ است و چارچوبی منسجم برای پشتیبانی بیش‌تر از تصمیمات سیاستی برای محیط‌زیست دریایی و سایر محیط‌های محیط‌زیستی ارائه می‌دهد. هم‌چنین به برجسته کردن چالش‌های اساسی ادغام داده‌ها و دسترسی ناشی از چنین تلاشی کمک می‌کند. درحالی‌که عدم قطعیت بالا، کاربرد مستقیم برخی از نتایج را محدود می‌کند، چندین نتیجه کوتاه‌مدت (سهم فشار فعالیت، اثربخشی اقدامات، اقدامات اجراشده) نیز از نظر نهادی مفید بودند.

حوزه آبخیز شهرک طالقان باوجود دارا بودن منابع آبی ارزشمند و ویژگی‌های اقلیمی کوهستانی، در سال‌های اخیر با تغییرات جدی در کاربری اراضی، افزایش فشارهای انسانی و ناپایداری بوم‌شناختی روبه‌رو بوده است [۷]. به همین دلیل، بررسی دقیق روابط بین فشارها و پیامدهای محیطی و طراحی پاسخ‌های مدیریتی سازگار با شرایط بومی آن ضروری است. هدف اصلی این پژوهش، مدل‌سازی مدیریتی حوزه آبخیز شهرک طالقان با رویکرد DPSIR در محیط mDSS به‌منظور انتخاب بهینه راه‌حل‌های مدیریتی است. از اهداف دیگر می‌توان به شناسایی و تحلیل وضعیت موجود منابع طبیعی، اجتماعی و اقتصادی حوزه آبخیز شهرک طالقان؛ شناسایی محرک‌ها و فشارهای مؤثر بر تخریب منابع در چارچوب DPSIR؛ طراحی سناریوهای مدیریتی مبتنی بر شاخص‌های محیطی، اقتصادی و اجتماعی و اولویت‌بندی راه‌حل‌های مدیریتی در محیط mDSS با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره SAW اشاره کرد. با توجه به اهمیت حوزه آبخیز شهرک طالقان در تغذیه آب سد طالقان، تأمین آب شرب و کشاورزی مناطق پایین‌دست و حفظ تعادل محیط‌زیستی منطقه، مدیریت بهینه این حوضه ضرورتی انکارناپذیر است [۷]. استفاده هم‌زمان از چارچوب DPSIR و سامانه mDSS، این امکان را فراهم می‌آورد که به‌جای

رویکردهای مقطعی و سطحی، تحلیلی جامع، ساختارمند و بر پایه داده در سطح حوضه انجام‌شده و راه‌حل‌هایی انتخاب شود که نه‌تنها فنی، بلکه اجتماعی و اقتصادی باشند. این پژوهش از منظر روش‌شناسی، الگوسازی و کاربرد ابزارهای تصمیم‌گیری، گامی مؤثر در جهت ارتقاء رویکردهای مدیریتی منابع طبیعی کشور خواهد بود. از نوآوری‌های پژوهش حاضر می‌توان به ترکیب کاربردی دو چارچوب علمی DPSIR و mDSS برای تحلیل نظام‌مند مسائل حوزه آبخیز و ارائه الگوی عملیاتی برای مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز قابل‌تعمیم به مناطق مشابه در کشور نام برد.

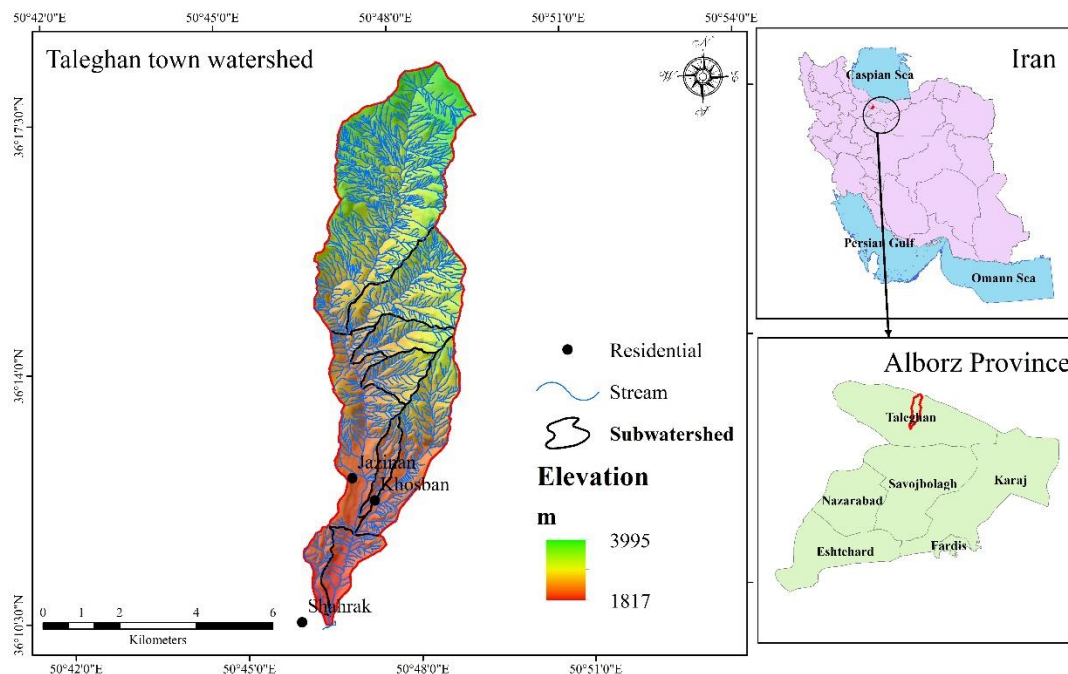
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شهرک طالقان در استان البرز قرارگرفته است که با مجموع مساحت ۳۶۶۷/۹ هکتار بخشی از حوزه آبخیز سد طالقان محسوب می‌شود. میزان تغییرات ارتفاعی از ۱۸۱۷ تا ۳۹۹۵ متر متغیر است. شیب حوضه بین صفر تا ۲۴۶ درصد متغیر است و بیش از ۵۰ درصد حوضه شیب بالای ۵۰ درصد دارد. زمان تمرکز کل حوضه بر اساس روش کریچ ۱/۴۵ ساعت است که بر این اساس یک حوضه کشیده محسوب می‌شود. میانگین میزان بارندگی بر اساس اطلاعات ۱۳ ایستگاه و یک دوره آماری ۳۲ ساله (سال ۱۳۷۰-۱۴۰۲) بین ۴۹۱ الی ۹۶۵ میلی‌متر متغیر است. میزان تبخیر و تعرق حوزه آبخیز شهرک طالقان بین ۱۲۵۰ الی ۱۷۵۰ میلی‌متر در سال متغیر است و در شمال حوضه بر اساس نوع اقلیم و ارتفاع میزان تبخیر و تعرق کمتر از جنوب حوضه است. حوزه آبخیز شهرک طالقان دارای چهار نوع کاربری اراضی (مرتع، باغ و زراعت، مسکونی، برونزد سنگی) است. بیش‌ترین میزان کاربری مربوط به مراتع (۶۱/۶۳ درصد) کم‌ترین میزان کاربری مربوط به مسکونی با ۰/۵۳ درصد است. تعداد ۱۴۵۳ نفر در حوضه ساکن هستند [۷]. شکل ۱ نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه در تقسیمات سیاسی را نشان می‌دهد.

چارچوب مفهومی DPSIR

چارچوب DPSIR توسط آژانس محیط‌زیست اروپا باهدف تحلیل علی‌پویایی‌های محیط‌زیستی در پاسخ به فعالیت‌های انسانی توسعه‌یافته است [۱]. این چارچوب امکان شناسایی زنجیره‌ای از روابط بین عوامل انسانی و تغییرات محیط‌زیستی را فراهم می‌کند. اجزای DPSIR شامل محرک‌ها: عوامل کلان مانند رشد جمعیت، تولید غذا و تغییرات اقلیمی؛ فشارها: اثرات مستقیم مانند برداشت منابع، آلودگی، تغییر کاربری؛ وضعیت: شرایط فعلی منابع طبیعی (مثلاً کاهش کیفیت آب یا پوشش گیاهی)؛ تأثیرات: پیامدهای بوم‌شناختی، اجتماعی یا اقتصادی مانند سیل، مهاجرت، کاهش درآمد کشاورزی و پاسخ‌ها: سیاست‌ها، اقدامات مدیریتی، برنامه‌های اصلاحی است. از مزایای استفاده از DPSIR می‌توان به ساختار علی-تحلیلی، کمک به سیاست‌گذاری محیط‌زیستی، قابل‌تلفیق با



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز مورد مطالعه در استان البرز و ایران
Fig 1. Location of the studied watershed in Alborz Province and Iran

محرك، فشارها، وضعیت و اثرات شناسایی شده با استفاده از نظرات کارشناسان (هشت نفر) و جوامع محلی (تعداد سه روستا و ۱۸ نفر)، چهار مؤلفه اول مدل DPSIR در محیط mDSS تشکیل شد و سپس با استفاده از لیست راهکارهای پیشنهادی به منظور برنامه ریزی مدیریت حوزه آبخیز، مؤلفه پنجم یعنی راهکارها تعیین شد. در ادامه با استفاده از فرایند مدل سازی و شاخص های ارزیابی، میزان اثربخشی هر کدام از این فعالیت های مدیریتی پیشنهادی محاسبه شد.

مرحله طراحی

پس از شناسایی مشکلات و تعیین اهمیت نسبی آن ها و با توجه به نتایج رویکرد DPSIR، ۱۲ راهکار مدیریتی برای برطرف نمودن مشکلات حوضه تهیه شد. در این مرحله با توجه به معیارهای ارزیابی انتخابی (اقتصادی، اجتماعی و محیطی) و راهکارهای منتخب ارائه شده در مرحله قبل (فعالیت های مدیریتی پیشنهادی)، ماتریس تجزیه و تحلیل تشکیل شد. در سطرهای این ماتریس معیارهای ارزیابی انتخابی و در ستون های ماتریس راهکارهای منتخب قرار داده خواهند شد. نرم افزار mDSS سه روش تصمیم گیری چندمعیاره SAW، TOPSIS و ELECTRE به منظور اولویت بندی دارد [۴، ۱۶]. در این پژوهش از روش SAW استفاده شد.

مرحله انتخاب

به منظور آماده سازی ماتریس تصمیم و قابل مقایسه بودن راهکارها، همه معیارهای ارزیابی انتخابی به مقیاس واحدی تبدیل می شوند. در این مرحله پس از تشکیل ماتریس تجزیه و تحلیل، اقدام به

ابزارهای تصمیم گیری و کمک به مشارکت ذی نفعان در فهم سیستم اشاره کرد [۱، ۲، ۱۰، ۱۷، ۱۸، ۲۹، ۳۰].

چارچوب مفهومی mDSS

mDSS ابزاری تصمیم یار است که برای ارزیابی گزینه ها و سناریوهای مدیریتی بر اساس معیارهای چندگانه طراحی شده است [۴]. این سامانه ها ترکیبی از مدل سازی، تحلیل فضایی و روش های تصمیم گیری چندمعیاره را در یک محیط تلفیق می کنند. اجزای اصلی mDSS شامل پایگاه داده محیطی و اجتماعی، ماژول های تصمیم گیری و واسط کاربر برای تحلیل سناریوها و نمایش نتایج است. از کاربرد mDSS در مدیریت حوزه آبخیز می توان به تحلیل هزینه-فایده راهکارها، رتبه بندی گزینه های مدیریتی، ارزیابی مشارکتی راه حل ها با حضور ذی نفعان و امکان ترکیب نتایج مدل های بوم شناختی با نظرات کارشناسی اشاره کرد [۳، ۱۲، ۲۵، ۲۷].

مراحل اجرای پروژه در نرم افزار mDSS

نرم افزار mDSS یک محیط مدل سازی است که به منظور توسعه سامانه های پشتیبان تصمیم مورد استفاده قرار می گیرد و دارای چهار مرحله تبیین مدل مفهومی، طراحی، انتخاب و تصمیم گیری گروهی است [۴، ۱۵، ۱۶].

مرحله تبیین مدل مفهومی

در نرم افزار mDSS بر مبنای رویکرد DPSIR مدل مفهومی شکل خواهد گرفت [۴]. بدین منظور، با استفاده از نیروی های

استانداردسازی معیارهای ارزیابی شد. در نرم افزار mDSS برای روش SAW از روش نرم خطی برای نرمال سازی داده ها استفاده می شود. پس از تشکیل ماتریس ارزیابی برای راهکارهای منتخب، لازم است اهمیت نسبی هر یک از معیارهای ارزیابی برآورد شود. در این پژوهش با انتخاب وزن برابر، برای کلیه معیارهای ارزیابی، مدل SAW مورد استفاده قرار گرفت [۴].

نمودار پایداری

کاربران نرم افزار mDSS به منظور به دست آوردن سه معیار کلان (محیطی، اقتصادی و اجتماعی)، با کلیک کردن بر روی دکمه «نمودار پایداری»، می توانند معیارهای ارزیابی را بر اساس ویژگی های آنها جمع کنند. بنابراین وزن ها برای معیار کلان جمع شده و اهمیت معیارهای کلان در یک نمودار مثلثی نشان داده شده است. لازم به ذکر است، اگر سه معیار کلان وزن های برابر داشته باشند، نقطه ای که عملکرد انتخاب را نشان می دهد دقیقاً در مرکز مثلث واقع می شود. اما اگر این نقطه نزدیک به یکی از گوشه های مثلث باشد، به این معنی است که معیار کلان مربوطه بیشتر از دو معیار دیگر مدنظر قرار گرفته است. در پایین نمودار پایداری دایره های رنگی به همراه خطوط سیاه رنگ وجود دارد. دایره ها نشان دهنده فعالیت های مدیریتی و اندازه دایره ها میزان امتیازات کلی مربوط به هر یک از آنها هستند. طول خطوط سیاه نیز نشان دهنده تغییرپذیری مقادیر امتیاز مربوط به هر یک از فعالیت های مدیریتی است. هرچه قدر خطوط طولانی تر باشد، دامنه امتیاز آن گسترده تر خواهد بود [۱۶].

مرحله تصمیم گیری گروهی

در نرم افزار mDSS امکان تصمیم گیری گروهی و رتبه بندی های مختلفی از گزینه ها و مقایسه آنها وجود دارد. این مرحله در شرایطی که ذینفعان مختلف گزینه های جداگانه، با نتایج مختلف را ارزیابی می کنند مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در این مرحله آخرین رتبه بندی به دست آمده از قوانین تصمیم گیری ارائه شده است. کاربران مختلف می توانند در این مرحله رتبه بندی دستی را انجام دهند و اولویت بندی نهایی راهکارهای پیشنهادی را ملاحظه نمایند [۴].

تدوین برنامه اقدام

در این پژوهش پس از اولویت بندی راهکارهای منتخب بر اساس ضرورت اهمیت و تأثیرگذاری معیارهای ارزیابی، در این بخش راهکارهای منتخب با توجه به معیارهای امکان پذیری، اثربخشی، پذیرش مردمی، به صرفه بودن و زودبازده بودن، به منظور تدوین برنامه های اجرایی در سطح حوزه آبخیز شهرک طالقان با استفاده از روش SAW اولویت بندی شدند.

آنالیز حساسیت

یکی از بخش های ارائه شده در محیط نرم افزار mDSS در بحث

مدل سازی تحلیل است که نتایج این تحلیل عموماً توسط نموداری موسوم به نمودار تورنادو^۱ نمایش داده می شود. با انجام تحلیل حساسیت، مشخص می شود که کدام معیار ارزیابی، بیشترین پتانسیل اثرگذاری را دارد [۹].

نتایج

جدول ۱ فهرست معیارهای انتخابی جهت اثربخشی راهکارها بر اساس رویکرد DPSIR و جدول ۲ فهرست راهکارهای منتخب مورد استفاده را نشان می دهد که با مشارکت جوامع محلی و کارشناسان تهیه شده است. با استفاده از نظرات کارشناسی، معیارهای افزایش اشتغال، افزایش تولید کشاورزی، افزایش تولید دامی و کاهش فقر و آسیب های اجتماعی از نیروهای پیشران انتخاب شدند. از فشارهای وارد بر حوضه معیار دسترسی به خدمات/ زیرساخت ها انتخاب شد. همچنین مهم ترین تغییر در وضعیت سیستم، معیارهای افزایش حاصلخیزی خاک و تثبیت کربن، تقویت پوشش گیاهی و رژیم هیدرولوژیکی و تغذیه آب زیرزمینی معرفی شد. در نهایت از مهم ترین اثرات ایجاد شده، معیارهای کاهش خطر و ریسک مخاطرات محیطی و کاهش مهاجرت انتخاب شدند.

جدول ۱- فهرست معیارهای انتخابی به منظور اثربخشی راهکارها

Table 1- List of selected criteria for the effectiveness of solutions

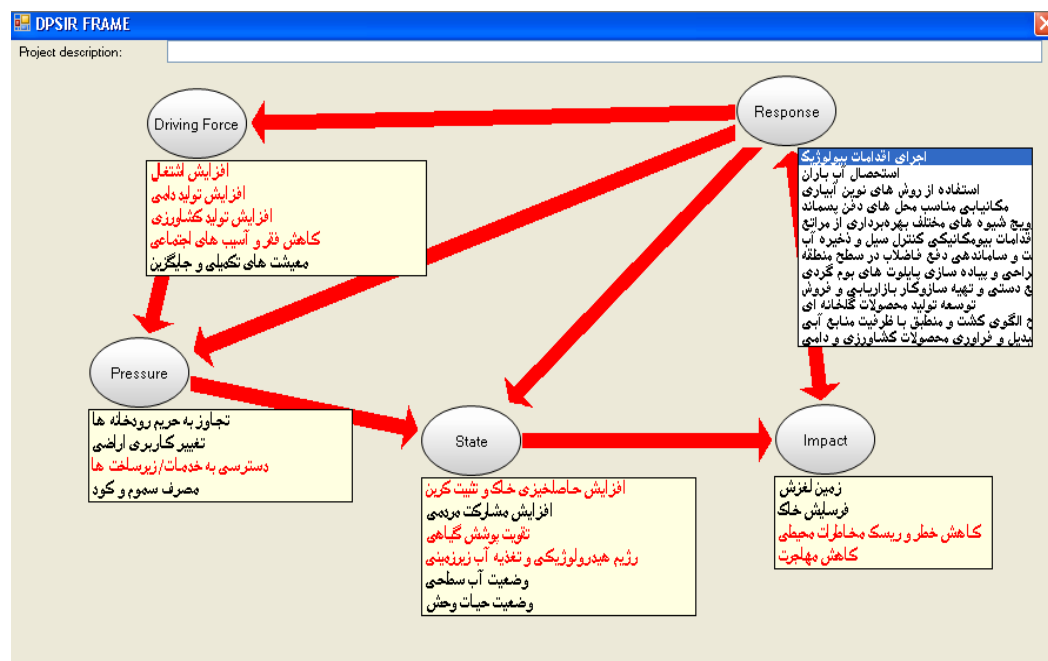
شاخص های اثربخشی Effectiveness indicators	بعد Dimension
Employment increase	اقتصادی Economic
۱- افزایش اشتغال	
۲- افزایش تولید کشاورزی	
Agricultural production increase	اجتماعی Social
۳- افزایش تولید دامی	
Livestock production increase	
۱- کاهش فقر و آسیب های اجتماعی	محیطی Environmental
poverty and social harms	
۲- دسترسی به خدمات/ زیرساخت ها	
Access to services/infrastructure	محیطی Environmental
۳- کاهش مهاجرت	
Reducing immigration	
۱- کاهش خطر و ریسک مخاطرات محیطی	محیطی Environmental
the risk and danger of environmental hazards	
۲- افزایش حاصلخیزی خاک و تثبیت کربن	
Increasing soil fertility and carbon fixation	محیطی Environmental
۳- رژیم هیدرولوژیکی و تغذیه آب زیرزمینی	
Hydrological regime and groundwater recharge	
۴- تقویت پوشش گیاهی	محیطی Environmental
Strengthening vegetation	

در شکل ۲ مدل تهیه شده برای حوزه آبخیز شهرک طالقان در محیط نرم افزار mDSS بر اساس رویکرد DPSIR ارائه شده است. بر اساس مدل تهیه شده محرک ها دارای چهار عامل، فشارها یک عامل،

جدول ۲- فهرست راهکارهای منتخب به منظور برنامه‌ریزی مدیریت حوزه آبخیز شهرک طالقان

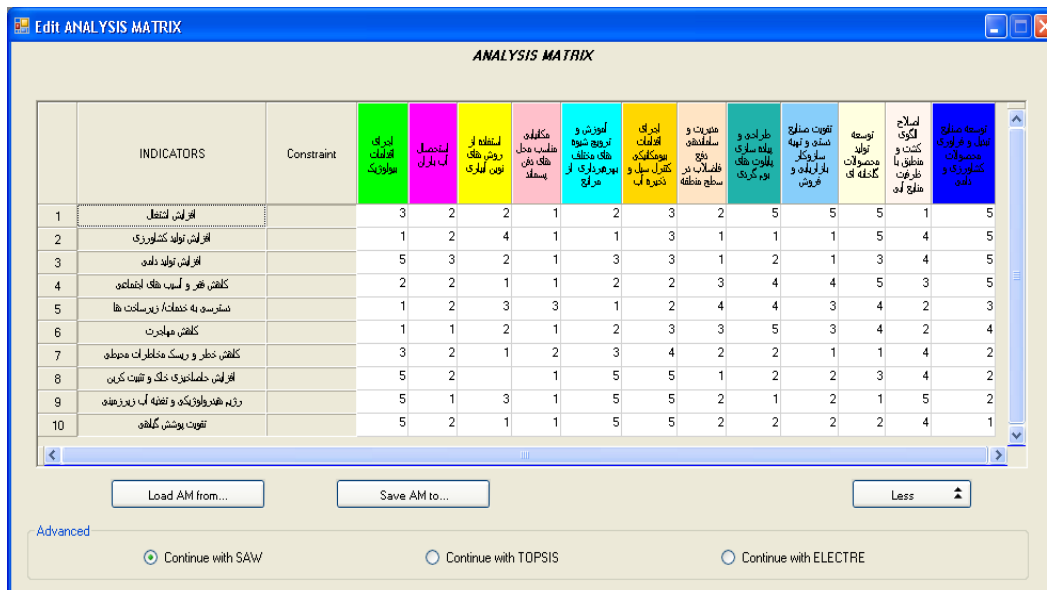
Table 2- List of selected solutions for planning the watershed management of Taleghan town watershed

ردیف Row	راهکارهای منتخب selected solutions	کد راهکار Solution code
1	اجرای اقدامات بیولوژیک (نهال‌کاری، بوته‌کاری، بذرپاشی و ...) (Implementing biological measures (planting seedlings, planting bushes, sowing seeds, etc	R1
2	استحصال آب باران Rainwater harvesting	R2
3	استفاده از روش‌های نوین آبیاری Using modern irrigation methods	R3
4	مکان‌یابی مناسب محل‌های دفن پسماند Appropriate location of waste landfills	R4
5	آموزش و ترویج شیوه‌های مختلف بهره‌برداری اصولی و پایدار از مراتع Educating and promoting various methods of principled and sustainable exploitation of rangelands	R5
6	اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب Implementing biomechanical flood control and water storage	R6
7	مدیریت و ساماندهی دفع فاضلاب در سطح منطقه Managing and organizing wastewater disposal at the regional level	R7
8	طراحی و پیاده‌سازی پایلوت‌های بوم‌گردی پایدار Design and implementation of sustainable ecotourism pilots	R8
9	تقویت صنایع دستی و تهیه سازوکار بازاریابی و فروش Strengthening handicrafts and providing a marketing and sales mechanism	R9
10	توسعه تولید محصولات گلخانه‌ای Development of greenhouse production	R10
11	اصلاح الگوی کشت و منطبق با ظرفیت منابع آبی Modifying the cultivation pattern and adapting it to the capacity of water resources	R11
12	توسعه صنایع تبدیلی و فراوری محصولات کشاورزی و دامی Development of agricultural and livestock product conversion and processing industries	R12



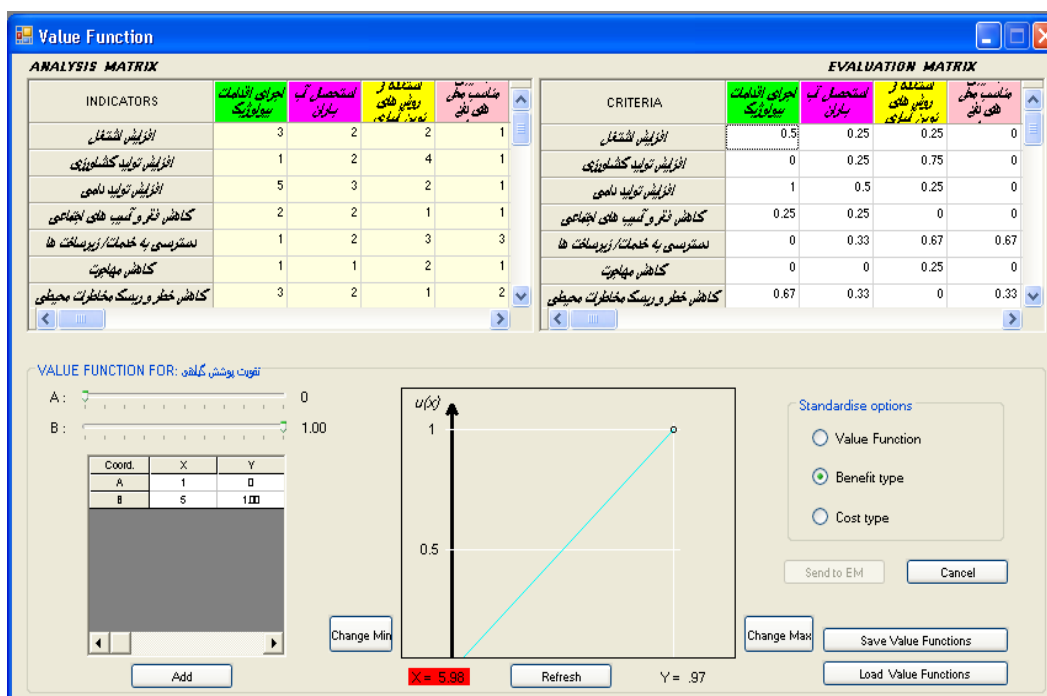
شکل ۲- مدل DPSIR تهیه شده برای حوزه آبخیز شهرک طالقان در محیط نرم‌افزار mDSS

Fig 2. DPSIR model prepared for the Taleghan Town watershed in the mDSS software



شکل ۳- ماتریس تجزیه و تحلیل معیارها و راهکارهای حوزه آبخیز شهرک طالقان در محیط mDSS

Fig. 3 Matrix for analyzing criteria and solutions for the Taleghan Town watershed in the mDSS software



شکل ۴- نرمال سازی ماتریس تجزیه و تحلیل، حوزه آبخیز طالقان در محیط mDSS

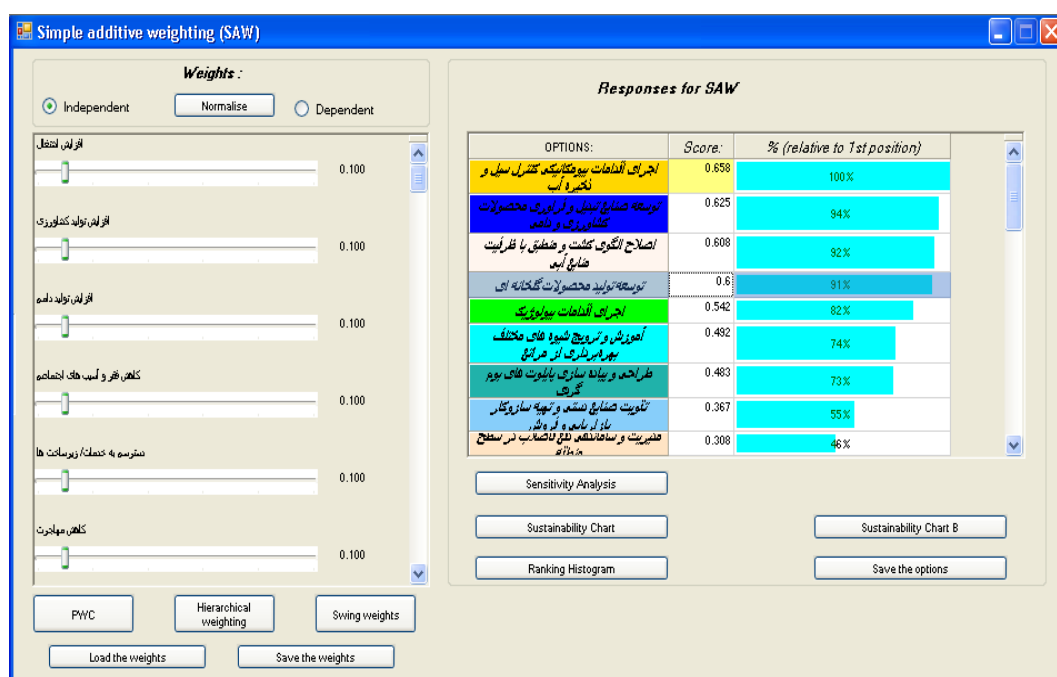
Fig 4. Analysis matrix normalization, Taleghan watershed in mDSS software

است. همچنین در شکل ۵ ماتریس تجزیه و تحلیل و ماتریس ارزیابی معیارهای حوزه آبخیز شهرک طالقان در محیط نرم افزار mDSS ارائه شده است.

وضعیت سه عامل، اثرات دو عامل و راهکارها بر اساس نظرات جوامع محلی و کارشناسی ۱۲ مورد است. در شکل ۳ ماتریس ارزیابی تهیه شده برای حوزه آبخیز شهرک طالقان به همراه میانگین امتیازات ذینفعان ارائه شده است. مراحل نرمال سازی ماتریس تجزیه و تحلیل با استفاده از روش نرم خطی برای حوزه آبخیز شهرک طالقان در شکل ۴ ارائه شده



شکل ۵- ماتریس تجزیه و تحلیل و ماتریس ارزیابی معیارهای حوزه آبخیز شهرک طالقان در محیط mDSS
Fig.5 Analysis matrix and evaluation matrix of Taleghan town watershed criteria in the mDSS software



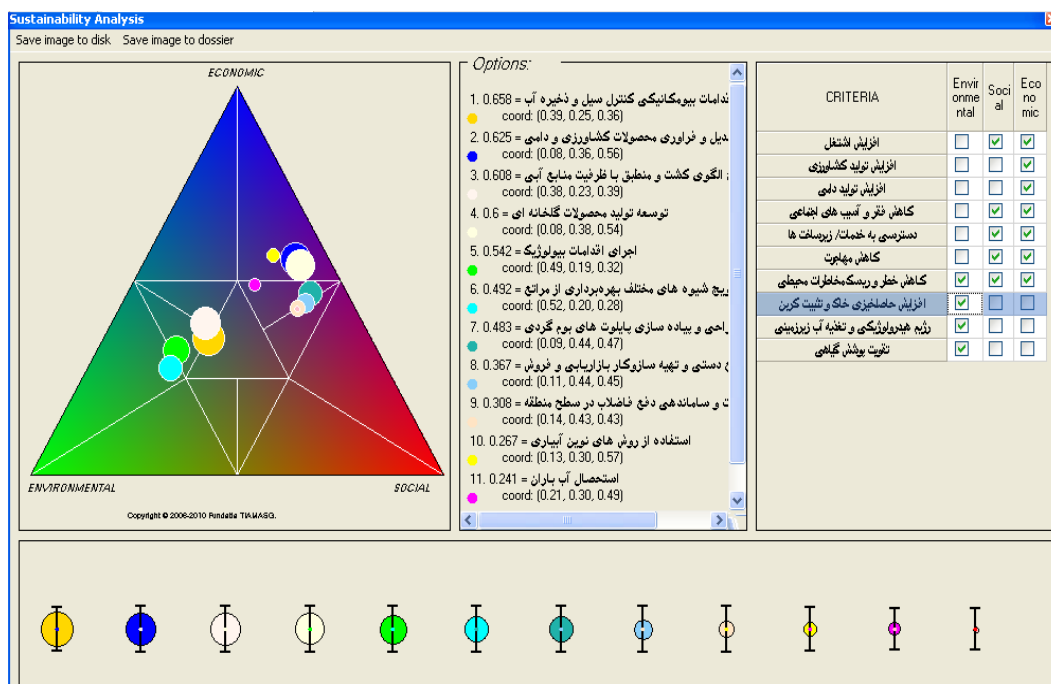
شکل ۶- اولویت بندی ۱۲ راهکار منتخب بر اساس شاخص های ارزیابی با استفاده از روش SAW در محیط mDSS
Fig 6. Prioritization of 12 selected solutions based on evaluation indicators using the SAW method in the mDSS software

دامی» ۹۴ درصد، راهکار «اصلاح الگوی کشت و منطبق با ظرفیت منابع آبی» ۹۲ درصد و راهکار «توسعه تولید محصولات گلخانه‌ای» ۹۱ درصد نسبت به راهکار «اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب» در اولویت‌های بعدی قرار دارند. نمودار پایداری برای حوزه آبخیز شهرک طالقان با توجه به ۱۲ راهکار منتخب در محیط نرم‌افزار mDSS در شکل‌های ۷ و ۸ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، نقطه‌ای که عملکرد را در نمودار پایداری حوزه آبخیز شهرک طالقان نشان

در شکل ۶ اولویت‌بندی ۱۲ راهکار منتخب با استفاده از روش SAW بر اساس شاخص‌های ارزیابی در محیط mDSS ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است راهکار «اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب» با امتیاز (۰/۶۵۸) در اولویت اول به دلیل کارایی بالا و سازگاری با شرایط بومی و راهکار «توسعه صنایع تبدیلی و فراوری محصولات کشاورزی و دامی» با امتیاز (۰/۶۲۵) رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. لازم به ذکر است که راهکار «توسعه صنایع تبدیلی و فراوری محصولات کشاورزی و

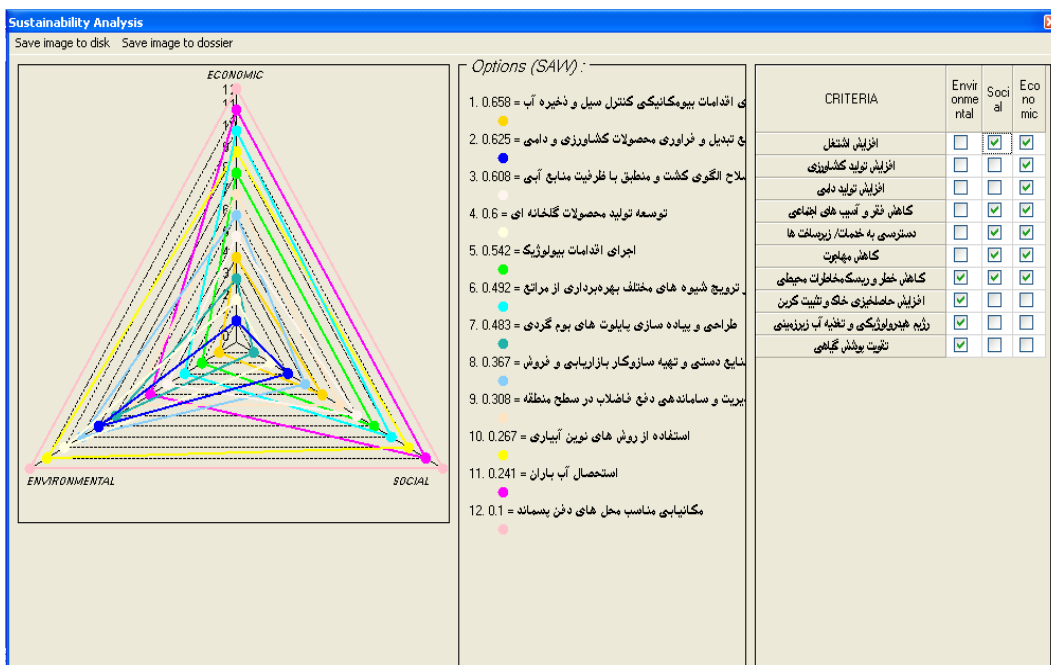
تحلیل نمودار پایداری نشان داد که معیارهای محیطی و اقتصادی نسبت به اجتماعی وزن بیشتری داشته‌اند. این موضوع بیانگر حساسیت بالای منطقه به پایداری بوم‌شناختی و ضرورت حفظ منابع طبیعی برای توسعه پایدار است. باین حال، لازم است در برنامه‌های اجرایی به ابعاد اجتماعی از جمله اشتغال‌زایی و کاهش مهاجرت نیز توجه بیشتری شود.

می‌دهد در نزدیکی مرکز مثلث قرار دارد، اما معیارهای کلان محیطی و اقتصادی وزن بیش‌تری را نسبت به معیار کلان اجتماعی به خود اختصاص داده‌اند، که این امر باعث متمایل شدن نقطه عملکرد به سمت معیارهای محیطی و اقتصادی شده است. به عبارت دیگر می‌توان گفت تأثیر معیارهای محیطی و اقتصادی در مثلث پایداری حوزه آبخیز شهرک طالقان بیشتر از معیارهای اجتماعی بوده است.



شکل ۷- نمودار پایداری بر اساس سه معیار محیطی، اقتصادی و اجتماعی برای حوزه آبخیز شهرک طالقان

Fig 7. Sustainability diagram based on three environmental, economic and social criteria for the Taleghan town watershed



شکل ۸- نمودار پایداری حوزه آبخیز شهرک طالقان با توجه به ۱۲ راهکار منتخب در محیط نرم افزار mDSS

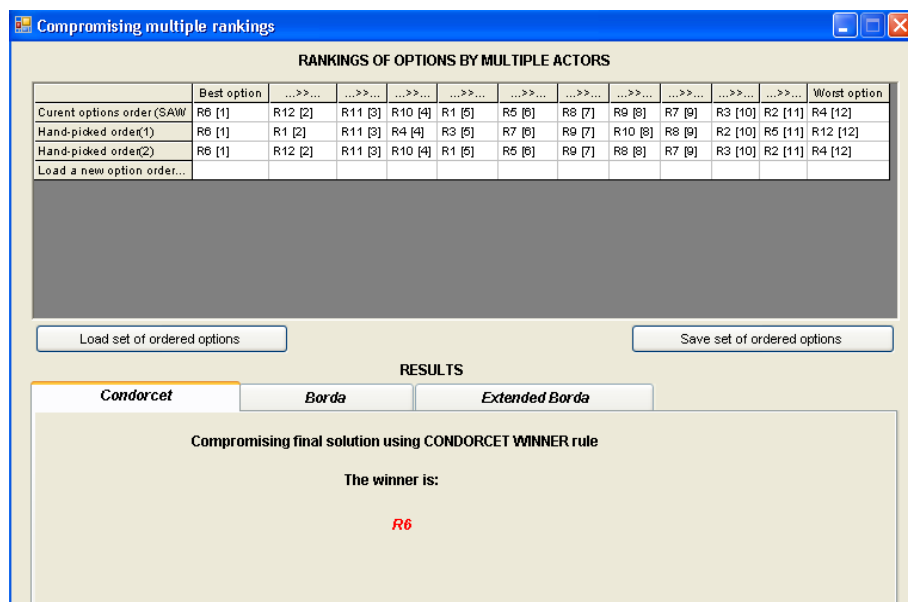
Fig 8. Sustainability diagram of the Taleghan town watershed according to the 12 selected solutions in the mDSS software

«اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب» بیشترین امتیاز (۰/۸) را به خود اختصاص داده است و در اولویت ابتدایی قرار گرفته است. راهکارهای «توسعه تولید محصولات گلخانه‌ای» با امتیاز (۰/۷) و «اجرای اقدامات بیولوژیک» با امتیاز (۰/۶) به ترتیب در اولویت دوم و سوم قرار گرفتند.

در شکل ۱۲ نمودار تورنادو بین دو راهکار «اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب» و راهکار «توسعه تولید محصولات گلخانه‌ای» برای حوزه آبخیز شهرک طالقان رسم شده

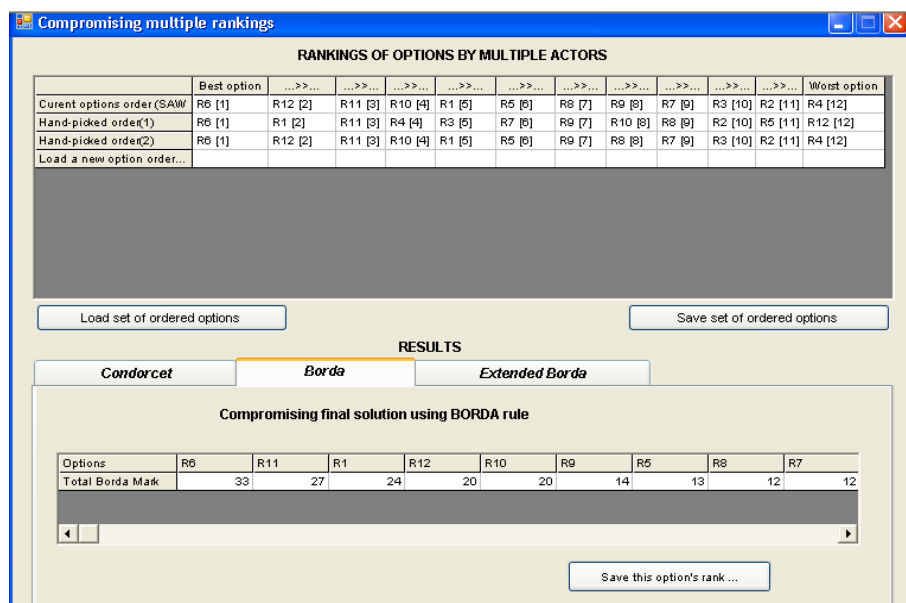
در شکل ۹ صفحه تصمیم‌گیری گروهی در نرم‌افزار mDSS برای حوزه آبخیز شهرک طالقان ارائه شده است. همچنین در شکل ۱۰ نتایج تلفیق رتبه تصمیم‌گیری گروهی با استفاده از روش بردار نمایش داده شده است. بر اساس این شکل‌ها راهکار اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب در رتبه اول قرار دارد.

نتایج اولویت‌بندی راهکارهای منتخب با استفاده از روش SAW بر اساس شاخص‌های ارزیابی در محیط نرم‌افزار mDSS در شکل ۱۱ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است راهکار



شکل ۹- صفحه تصمیم‌گیری گروهی در نرم‌افزار mDSS برای حوزه آبخیز شهرک طالقان

Fig 9. Group decision-making page in mDSS software for Taleghan town watershed



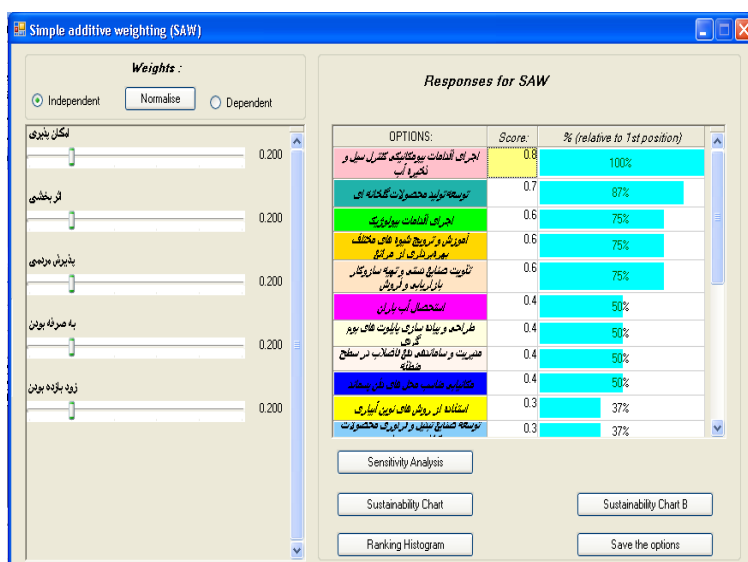
شکل ۱۰- صفحه تلفیق رتبه تصمیم‌گیری گروهی با استفاده از تکنیک بردا در نرم‌افزار mDSS

Fig 10. Group decision-making rank integration page using Borda technique in mDSS software

بحث و نتیجه گیری

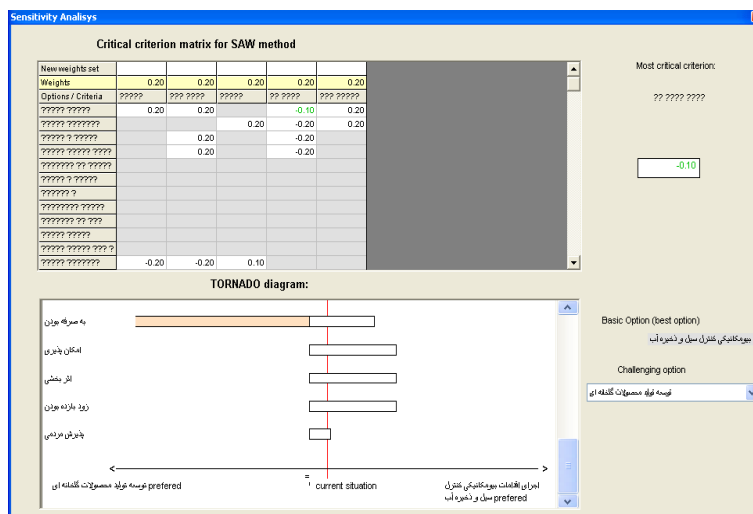
یافته‌های این پژوهش نشان داد که در حوزه آبخیز شهرک طالقان، اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب بالاترین اولویت را در میان راهکارهای مدیریتی دارد. پس از آن توسعه تولید محصولات گلخانه‌ای و اجرای اقدامات بیولوژیک (مانند نهال کاری و بوته کاری) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این نتایج حاکی از آن است که در شرایط بحرانی کنونی این حوزه آبخیز، راهکارهایی که مستقیماً بر کنترل فرآیندهای هیدرولوژیکی، کاهش ریسک سیلاب و افزایش بهره‌وری آب تأثیرگذارند، نسبت به سایر اقدامات از اهمیت بیشتری برخوردارند. مقایسه نتایج حاضر با مطالعات مشابه

است. همان‌طور که در نمودار مشخص است، از نظر کلیه معیارها به جز معیار به صرفه بودن، راهکار «اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب» امتیاز بیشتری را نسبت به راهکار «توسعه تولید محصولات گلخانه‌ای» به خود اختصاص داده است. همچنین همان‌طور که در نمودار مشخص است، معیار به صرفه بودن، شدیدترین اثر (انحراف) و معیار پذیرش مردمی کمترین اثر (انحراف) را در بین دو راهکار پیشنهادی خواهد داشت. بنابراین می‌توان گفت معیارهای ارزیابی که پتانسیل ایجاد انحرافات شدید را در بین راهکارها دارند می‌بایست در طول پروژه به دقت مورد پایش قرار گیرند.



شکل ۱۱- اولویت بندی راهکارهای منتخب به منظور تدوین برنامه اقدام با استفاده از روش SAW

Fig 11. Prioritization of selected solutions for the purpose of developing an action plan using the SAW method



شکل ۱۲- نمودار تورنادو بین دو راهکار «اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب» و «توسعه تولید محصولات گلخانه‌ای» در محیط نرم افزار mDSS

Fig 12. Tornado diagram between the two solutions “Implementing biomechanical flood control and water storage measures” and “Expanding greenhouse production” in the mDSS software environment

نشان می‌دهد که اولویت‌دهی به اقدامات بیومکانیکی و محیط‌زیستی هم‌راستا با یافته‌های پژوهش‌های پیشین است. به‌عنوان نمونه [۴] در مطالعه‌ای مشابه با استفاده از چارچوب DPSIR و نرم‌افزار mDSS نشان داد که در حوضه‌های با تغییرات شدید کاربری اراضی، اقدامات مدیریتی با محوریت کنترل رواناب و تثبیت پوشش گیاهی بیشترین کارایی را دارند. همچنین Karimi و Talebi [۲۰] نیز تأکید کرده‌اند که کشاورزی غیراصولی و تغییرات کاربری اراضی مهم‌ترین عوامل افزایش رواناب در حوزه زاینده‌رود بوده و اقدامات مدیریتی نظیر زراعت پوششی و اصلاح الگوی کشت از اولویت بالایی برخوردارند. شباهت نتایج این پژوهش با یافته‌های مذکور نشان‌دهنده اهمیت بالای مداخلات سازه‌ای و بوم‌شناختی در کاهش فشارهای انسانی و اقلیمی بر حوزه‌های آبخیز است. باین‌حال، تفاوت‌هایی نیز میان نتایج این پژوهش و سایر مطالعات مشاهده می‌شود. مطالعات دیگر نشان داده‌اند که دامنه وسیع‌تر مشارکت ذی‌نفعان می‌تواند نتایج را قابل‌اعتمادتر و گسترش‌پذیرتر سازد. در مطالعه Afedor و همکاران [۱] در حوزه ولتا، علاوه بر تأکید بر اقدامات حفاظتی، ابعاد سیاست‌گذاری و مقررات محیطی نیز برجسته شده است. این تفاوت را می‌توان ناشی از تفاوت در مقیاس پژوهش و میزان مشارکت ذی‌نفعان دانست. درحالی‌که مطالعه حاضر بر اساس داده‌های محلی و مشارکت محدود جوامع روستایی و کارشناسان منطقه‌ای انجام شد، پژوهش ولتا از داده‌ها و گزارش‌های بین‌المللی بهره برده و دامنه وسیع‌تری از ذی‌نفعان را دربر می‌گرفت. از سوی دیگر، نتایج تحلیل پایداری نشان داد که معیارهای محیطی و اقتصادی نسبت به معیار اجتماعی وزن بیشتری داشتند. این موضوع باعث شد تا راهکارهایی که اثرات مستقیم و سریع در بهبود وضعیت محیطی و اقتصادی دارند، رتبه‌های بالاتری کسب کنند. چنین نتایجی پیش‌تر نیز توسط [۱۱، ۱۵] گزارش شده است. آن‌ها نشان داده‌اند که در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، نحوه وزن‌دهی معیارها می‌تواند جهت‌گیری نهایی را به سمت ابعاد خاصی تغییر دهد. بنابراین، حساسیت‌سنجی وزن‌ها و مشارکت گسترده‌تر ذی‌نفعان در فرآیند تصمیم‌گیری، می‌تواند از سوگیری احتمالی نتایج بکاهد. استفاده از روش SAW در محیط mDSS، روشی روشن و شفاف برای جمع وزنی معیارها ارائه می‌کند. باین‌حال، مقایسه نتایج با روش‌هایی مانند TOPSIS، AHP یا ELECTRE می‌تواند پایداری و اعتبار تصمیم‌گیری را تقویت کند. مطالعات [۱۱، ۱۵] نشان می‌دهند که هر روش دارای قوت‌ها و ضعف‌های خاص خود است و ترکیب یا آزمون متقابل روش‌ها به کاهش سوگیری‌های متدولوژیک کمک می‌کند. تلاقی چارچوب DPSIR و سامانه mDSS، مزیت قابل‌توجهی در تبدیل تحلیل علی به گزینه‌های مدیریتی قابل اقدام دارد. این سازوکار به‌ویژه برای مدیران محلی که نیاز به اولویت‌بندی سریع و مستند دارند مفید است. باین‌حال، تجربه مطالعات Ahtiainen و همکاران [۲] نشان می‌دهد که کفایت و اثربخشی اقدامات نیازمند ارزیابی‌های بلندمدت و یکپارچه‌سازی

داده‌ها است و کاربرد مستقیم نتایج بدون آزمون و پایش میدانی ممکن است محدودیت‌هایی داشته باشد. به‌طورکلی، این پژوهش تأیید می‌کند که ادغام چارچوب مفهومی DPSIR با سامانه mDSS بستری مناسب برای تبدیل تحلیل علی به گزینه‌های مدیریتی عملی و قابل‌اجرا فراهم می‌آورد. چنین رویکردی نه تنها به درک بهتر تعاملات انسان-محیط کمک می‌کند، بلکه امکان تصمیم‌گیری داده‌محور و مشارکتی را نیز تقویت می‌سازد [۲۲، ۳۰]. باین‌حال، برای تقویت جامعیت و تعمیم‌پذیری نتایج، لازم است در آینده: دامنه مشارکت ذی‌نفعان گسترش یابد؛ روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره مقایسه و تلفیق شوند؛ داده‌های اجتماعی با دقت بیشتری در کنار داده‌های محیطی و اقتصادی لحاظ شوند؛ اثربخشی اقدامات منتخب در طول زمان به‌صورت میدانی پایش شود. پژوهش حاضر ضمن ارائه الگویی عملی برای مدیریت حوزه آبخیز شهرک طالقان، نشان می‌دهد که استفاده از ابزارهای نوین تصمیم‌یار در کنار چارچوب‌های تحلیلی می‌تواند مسیر تصمیم‌گیری‌های پایدارتر و مؤثرتر را هموار سازد. یافته‌های پژوهش حاضر از منظر کلی با ادبیات موضوع در تطابق است و در حوضه‌های با شیب و تغییر کاربری بالا، ترکیب اقدامات بیومکانیکی و اقدامات معیشتی-اقتصادی (مانند گلخانه‌ها) معمولاً بیشترین اثربخشی را دارند. اختلافات جزئی در رتبه‌ها عمدتاً ناشی از تفاوت در انتخاب معیارها، وزن‌ها، دامنه مشارکت ذی‌نفعان و روش‌های تصمیم‌گیری SAW در این مطالعه در مقابل TOPSIS یا روش‌های دیگر در مطالعات مقایسه‌ای است. نتایج این مطالعه با پژوهش‌های مشابه در سایر حوضه‌ها همخوانی دارد و نشان می‌دهد که ادغام ابزارهای تصمیم‌یار با مدل‌های مفهومی مانند DPSIR، می‌تواند رویکردی داده‌محور، مشارکتی و کارآمد برای مدیریت جامع منابع طبیعی باشد.

این پژوهش باهدف طراحی یک مدل مدیریتی تلفیقی برای حوزه آبخیز شهرک طالقان بر اساس چارچوب DPSIR و با استفاده از سامانه mDSS انجام شد. در این پروژه به مدل‌سازی برای انتخاب راه‌حل‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (SAW) در محیط نرم‌افزار mDSS پرداخته شد. نرم‌افزار mDSS یک محیط مدل‌سازی است که به‌منظور توسعه سامانه‌های پشتیبان تصمیم محیط‌زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد نرم‌افزار mDSS باقابلیت‌های بالا در مدل‌سازی، سادگی و واسط کاربر گرافیکی کاربرپسند می‌تواند به‌عنوان یک ابزار به‌منظور تسهیل در فرایند تصمیم‌گیری و توسعه سامانه‌های پشتیبان تصمیم محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین نتایج حاصل از اولویت‌بندی راهکارها در شرایط یکسان، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره SAW در محیط نرم‌افزار mDSS نشان داد که راهکار «اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب» در کلیه روش‌های تصمیم‌گیری در اولویت اول قرار دارد. بنابراین به‌منظور مدیریت بهتر حوزه آبخیز شهرک طالقان

پژوهش نشان داد که استفاده هم‌زمان از چارچوب مفهومی DPSIR و سامانه mDSS می‌تواند ابزاری کارآمد برای تحلیل سیستماتیک مسائل حوزه‌های آبخیز و انتخاب راهکارهای مدیریتی بهینه باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت‌های مالی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز به‌خصوص معاونت آبخیزداری در تهیه مقاله مذکور کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها و نتایج استفاده‌شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان نسخه نهایی را بررسی و تأیید کردند. مشارکت‌های فردی به شرح زیر بود: امید اسدس‌نلیوان: مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، مدیریت پروژه، تحلیل رسمی، نگارش پیش‌نویس اصلی مقاله. علی شهبازی: اعتبارسنجی، پژوهش، نرم‌افزار، بررسی و ویرایش. غلامرضا خسروی: نظارت، اعتبارسنجی، نگارش، بازدیدهای میدانی، گردآوری داده‌ها، بررسی و ویرایش. عاطفه جعفرپور: نظارت، اعتبارسنجی، نگارش، بازدیدهای میدانی، گردآوری داده‌ها، بررسی و ویرایش.

منابع مورد استفاده

1. Afedor, D., Amankwah, E. & Takase, M. (2024). Application of DPSIR model to ascertain driving forces and their impacts on the Volta basin. *Heliyon*, 10(19), e38734. doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38734.
2. Ahtiainen, H., Dodd, L.F., Korpinen, S., Pakalmiete, K. & Saikkonen, L. (2025). Quantifying effectiveness and sufficiency of measures – An application of the DPSIR framework for the marine environment. *Marine Policy*, 172. doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106480.
3. Alvandi, E. & Sadoddin, A. (2012). Introducing and using of ICMS for developing a decision support system. 8th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering, Iran, Khorramabad, May 16-17. 8 p. (In Persian)
4. Alvandi, E. (2022). Modeling of management resources to improve the water and soil conditions of the Tuyserkan watershed

و دستیابی به توسعه پایدار باید به راهکار «اجرای اقدامات بیومکانیکی کنترل سیل و ذخیره آب» بیشتر از راهکارهای دیگر توجه شود و در دستور کار مدیران و برنامه‌ریزان قرار گیرد. نتایج این پژوهش، الگویی برای مدیریت جامع و تصمیم‌گیری چندمعیاره در سایر حوزه‌های آبخیز کشور و مدلی قابل‌استفاده توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و همچنین بستری برای برنامه‌ریزی منطقه‌ای و سیاست‌گذاری محیط‌زیستی مبتنی بر داده و تحلیل علی و درنهایت ابزار آموزشی برای دانشجویان، محققان و کارشناسان حوضه منابع طبیعی و آبخیزداری محسوب می‌شود. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد تحلیلی DPSIR و ابزار تصمیم‌یار mDSS نشان داد که انتخاب راه‌حل‌های مدیریتی حوزه‌های آبخیز نیازمند نگاهی نظام‌مند، داده‌محور و مشارکتی است. به‌کارگیری ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره در کنار شناخت دقیق وضعیت محیطی و اجتماعی می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیم‌هایی مؤثرتر، پایدارتر و سازگارتر با شرایط بومی شود.

ورود سامانه‌های نوظهور پشتیبان تصمیم‌گیری به برنامه‌ریزی و مدیریت جامع حوزه آبخیز یک رویکرد جدید است که نیاز به آزمون بیشتری داشته تا بتواند کارایی، اهمیت و اثربخشی خود را در این ساختار نشان دهد. کاربردپذیری شدن سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری توسط گروداران (ذی‌نفعان و ذی‌مدخلان) یکی از چالش‌های عمده در طراحی این سامانه‌هاست، بنابراین تحقیقات آینده در زمینه توسعه مشارکتی سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری با حضور و نقش فعال توسط کلیه گروداران در همه مراحل طراحی، ساخت و استفاده از سامانه‌های پشتیبان تصمیم مورد تأکید است. نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان مدلی قابل‌تعمیم در سایر حوزه‌های آبخیز کشور مورد استفاده قرار گیرد و در راستای برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و ملی نقش مؤثری ایفا کند.

از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به وابستگی به داده‌های محلی و نظر خبرگان (بخش مهمی از مدل DPSIR و اولویت‌بندی راهکارها بر مبنای داده‌ها و نظرات کارشناسان و جوامع محلی شکل گرفته است؛ بنابراین نتایج ممکن است در شرایط متفاوت یا با حضور ذی‌نفعان دیگر تغییر کند)، استفاده از یک روش (SAW) و عدم مقایسه با سایر روش‌ها و توجه کمتر به ابعاد اجتماعی که معیارهای محیطی و اقتصادی نسبت به اجتماعی وزن بیشتری داشتند، این موضوع می‌تواند منجر به غفلت از مسائل اجتماعی در برنامه‌های اجرایی شود. از پیشنهادات برای تحقیقات آینده می‌توان به گسترش دامنه مکانی و بررسی چارچوب DPSIR و mDSS در سایر حوزه‌های آبخیز کشور و مقایسه تطبیقی نتایج؛ تقویت بعد اجتماعی و طراحی پژوهش‌های آتی با تمرکز بیشتر بر شاخص‌های اجتماعی، مانند عدالت محیطی، معیشت جوامع محلی و مشارکت ذی‌نفعان و استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره متنوع و مقایسه روش‌های مختلف مانند ANP، AHP، TOPSIS و ELECTRE برای افزایش اعتبار و جامعیت نتایج اشاره کرد. یافته‌های این

Development, 2, 93-115. (In Persian)

15. Giupponi, C. (2007). Decision Support Systems for implementing the European Water Framework Directive: The MULINO approach. *Environmental Modelling & Software*, 22(2), 248-258. doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.07.024.

16. Giupponi, C., Jaroslav, M. & Sgobbi, A. (2008). Participatory Modelling and Decision Support for Natural Resources Management in Climate Change Research. *Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM)*. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/40641/1/560337116.pdf>

17. Huang, X., Li, T., Li, L., Liu, Q. & Liu, Q. (2025). A DPSIR-Bayesian Network Approach for Tourism Ecological Security Early Warning: A Case Study of Sichuan Province, China. *Sustainability*, 17(4), 1555. doi.org/10.3390/su17041555.

18. Jayady, A., Hidayat, T., Qomariyah, E., Suriyani, B.B., Husain, N., Caniago, A., Rusmardiana, A., Delyana, R., Eteruddin, H., Elkana Timotius, E. & Siti Nurhayati, S. (2021). Decision Support System with Multi Criteria Decision Making Technique. *Journal of Physics: Conference Series*, 1933, Virtual Conference on Engineering, Science and Technology (ViCEST), Kuala Lumpur, Malaysia. 10.1088/1742-6596/1933/1/012017.

19. Kabaranzad, M. & Refogar, H. (2009). Designing a decision support system for resource allocation problems in project management using Genetic Algorithm (GA). *Journal of Information Technology Management*. 1(3), 69-88. (In Persian)

20. Karimi, Z. & Talebi, A. (2024). Development of Management Solutions to Increase Runoff from the Past to the Future (Case Study: Zayandeh Rooud Watershed, Eskandari sub-watershed). *Integrated Watershed Management*, 4(1), 61-75. doi: 10.22034/iwm.2024.2018157.1119. (In Persian)

21. Podvesovskii, A., Zakharova, A., Korostelyov, D. & Kuzin, A. (2021). Decision Master: A multi-criteria decision support system with ability to combine different decision rules. *Software X*, 16. doi.org/10.1016/j.softx.2021.100814.

22. Quevedo, J.M.D., Lukman, K.M., Ulumuddin, Y.I., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2023). Applying the DPSIR framework to qualitatively assess the globally important mangrove ecosystems of Indonesia: A review towards evidence-based policymaking approaches. *Marine Policy*, 147. doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105354.

23. Sadoddin, A., Shahabi, M. & Bai, M. (2017). Integrated watershed assessment and management Principles and approaches for modeling and decision making. *Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Publishing*. 170 p.

in the mDSS software environment. *Hydrogeomorphology*, 9(30), 139-159. Doi: 10.22034/hyd.2022.50851.1633. (In Persian)

5. Alvandi, E., Sadoddin, A. & Sheikh, V. (2020). Designing and Developing a Web-Based Decision Support System in Order to Improve Water Quantity and Quality in the Bonekoooh Watershed. *Ecohydrology*, 6(4), 849-863. Doi: 10.22059/IJE.2019.277816.1070. (In Persian)

6. Alvarez, I.N. (2010). A Bayesian model to construct a knowledge-based spatial decision support system for the Chaguana River Basin. *PhD Thesis in Engineering*. 164 p.

7. Asadi Nalivan, O. (2023). Integrated management in the Taleghan town watershed as a provincial pilot. *General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Alborz Province*. 147 p. (In Persian)

8. Ashrafi, M. & Mahmoudi, M. (2019). Developing a semi-distributed decision support system for great Karun water resources system. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 6: 16-24.

9. Babbar, M., Mukhopadhyay, S., Singh, V. & Piemontia, A. (2015). A web-based software tool for participatory optimization of conservation practices in watersheds. *Environmental Modelling & Software*, 69: 111-127. doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.03.011.

10. Bai, Y., Qin, J., Liu, W., Li, L., Wu, Y. & Zhang, P. (2024). The DPSIR Model-Based Sustainability Assessment of Urban Water Resources: A Comparative Study of Zhuhai and Macao. *Water*, 16(10), 1413. doi.org/10.3390/w16101413.

11. Cinelli, M., Kadzinski, M., Miebs, G., Gonzalez, M. & Slowinski, R. (2022). Recommending multiple criteria decision analysis methods with a new taxonomy-based decision support system. *European Journal of Operational Research*, 302(2), 633-651. doi.org/10.1016/j.ejor.2022.01.011.

12. Dragan, A., Savic, J.B. & Mark, S.M. (2011). A DSS generator for multi-objective optimization of spreadsheet-based models. *Journal of Environmental Modeling & Software*, 26 (5): 551-561. doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.11.004.

13. Fassio, A., Giupponi, C., Hiederer, R. & Simota, C. (2005). A decision support tool for simulating the effects of alternative policies affecting water resources: an application at the European scale. *Journal of Hydrology*, 304(1-4), 462-476. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.048.

14. Firuzi, M.A., Sajadian, N. & Sajadian, M. (2011). Spatial decision support system for natural disaster risk management in rural areas using GIS, step towards sustainable development: Case study villages in Mazandaran province. *Journal of Rural*

28. Yelmaz, B. & Harmancioglu, N.B. (2010). Multi- criteria decision making for water resource management: A case study of the Gediz River Basin, Turkey. *Journal of Water*, 36(5): 563-576.
29. Zhang, F., Zhang, J., Wu, R., Ma, Q. & Yang, J. (2015). Ecosystem health assessment based on DPSIRM framework and health distance model in Nansi Lake, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 15 p. 10.1007/s00477-015-1109-2.
30. Zhao, M.D., Wei, J.H., Han, Y.P., Shi, J.H. & Wang, S.B. (2024). Water resource security evaluation and barrier analysis in Henan Province utilizing the DPSIR framework. *Frontiers in Environmental Science*, 12. doi.org/10.3389/fenvs.2024.1354175.
31. Zulkafli, Z., Perez, K., Vitolo, C., Buytaert, W., Karpouzoglou, T., Dewulf, A., De Bievre, B., Clark, J., Hannah, D. & Shaheed, S. (2017). User-driven design of decision support systems for polycentric environmental resources management. *Environmental Modelling & Software*, 88, 58-73. doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.10.012.
- (In Persian)
24. Sharifi, F. & Kazemi, R. (2024). *Water resources Criticality, An overview of factors, consequences and solutions*. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute Publisher. 270 p. (In Persian)
25. Smith, R., Kasprzyk, J. & Dilling, L. (2017). Participatory Framework for Assessment and Improvement of Tools (ParFAIT): Increasing the impact and relevance of water management decision support research. *Environmental Modelling & Software*, 95: 432-446. doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.05.004.
26. Talebi, A., Shahrivar, M., Malekinezhad, H., Poormohamadi, S. & Hosseini, Z. (2019). Investigation of the Effects of Land Use Change on Flooding and Sedimentation in Honifaqan Watershed. *Journal of Watershed Management Research*. 10(20), 25-37. doi:10.29252/jwmr.10.20.25. (In Persian)
27. Weng, S.Q., Huang, G.H. & Li, Y.P. (2010). An integrated scenario-based multi-criteria decision support system for water resources management and planning- A case study in the Haihe River Basin. *Expert Systems with Applications*, 37: 8242-8254. doi.org/10.1016/j.eswa.2010.05.061.