

Multi-Criteria Analysis of the Effectiveness of Watershed Management Measures in Flood Control and Sustainable Livelihoods of Local Communities from the Experts' Perspective: A Case Study of the Firouzeh Mine Watershed

Ali Dastranj¹ , Hamzeh Noor² 

Received: 06-04-2026, Revised: 12-07-2026, Accepted: 23-07-2026, Published: 12-07-2026

<https://doi.org/10.22034/20.72.6>

Extended Abstract

Introduction

Watershed management interventions are pivotal human-induced strategies for the sustainable governance of natural resources. Evaluating their effectiveness demands a rigorous, multi-dimensional analysis that transcends purely technical metrics to encompass physical, economic, social, and ecological consequences. Environmental Impact Assessment (EIA) serves as a fundamental instrument within development planning, offering a structured lens through which to scrutinize the complex interplay between human activities and natural systems. By systematically uncovering the strengths and shortcomings of implemented projects, EIA provides an essential feedback mechanism for adaptive management. In the context of watershed projects specifically, impact assessment is not merely a procedural formality but a critical executive tool that underpins the long-term success, maintenance, and sustainability of these interventions. Within this framework, the Department of Natural Resources of Razavi Khorasan Province has undertaken structural watershed measures, primarily the construction of check dams, in the Firouzeh Mine watershed. A core objective of this intervention is the rehabilitation of qanats—traditional subterranean aqueducts vital to local water security. To holistically evaluate the effectiveness of these measures, the present study integrates two distinct but complementary methodologies: the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM). This synergistic approach seeks to move beyond descriptive evaluation by first leveraging expert judgment to prioritize and weight key impact criteria through AHP, and then applying RIAM to systematically quantify the project's diverse environmental and socio-economic effects. The integration yields a nuanced, weighted assessment that captures both the magnitude and the relative importance of the watershed project's outcomes

Materials and Methods

This research employed a hybrid methodology combining AHP and RIAM. First, a hierarchical framework comprising four main criteria (Physical, Economic, Social, Ecological) and 22 related sub-criteria was established based on research objectives and regional characteristics. To determine the relative weight (importance) of these criteria, 15 experts in natural resources and watershed management from Razavi Khorasan Province, possessing extensive knowledge of the local climatic, social, and economic conditions, were selected. A pairwise comparison questionnaire based on the AHP method (using a 1-9 Likert scale)

1. Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. Corresponding author: Email: a.dastranj@ut.ac.ir

2. Associate Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

was distributed to these experts. Their responses were analyzed using Expert Choice software, and consistency ratios were checked to ensure data validity, resulting in finalized weights for each criterion and sub-criterion. Subsequently, the RIAM method was applied to assess the environmental scores (ES) of the watershed management actions for each sub-criterion. Following standard RIAM protocol, two component scores were calculated for each main criterion: the Importance/Magnitude score (AT, derived from multiplying relevant sub-criteria values) and the Temporal Value score (BT, derived from summing relevant sub-criteria values). The overall Environmental Score (ES) for each parameter was the product of AT and BT. A key innovation in this study was the modification of the standard RIAM by integrating the AHP-derived weights. The final adjusted score (ES) for each sub-criterion was calculated by multiplying its raw ES by its corresponding AHP weight ($ES = ES \times W$). This weighted approach refined the final impact classification bands, creating a customized RIAM matrix specifically aligned with the prioritized perspectives of the regional experts.

Results and Discussion

The AHP results revealed a clear prioritization among experts. The Physical criterion received the highest weight (0.490), indicating that project evaluation was predominantly viewed through a hydrological and physical lens, primarily focused on flood control. Within this, the sub-criteria Flood Control (weight: 0.140) and Increased Qanat Discharge (weight: 0.099) were ranked first and second most important overall. The Economic criterion followed with a weight of 0.215, while Social and Ecological criteria received lower weights of 0.189 and 0.106, respectively. The weighted RIAM (ES) assessment confirmed the project's success in its primary physical objectives. The Flood Control sub-criterion achieved an adjusted score of 3.36, placing it in the +E (Large Positive Impact) band. Similarly, Increased Qanat Discharge scored 1.584, falling into the +D (Significant Positive Impact) band. These results validate the effectiveness of the constructed check dams in mitigating flood risk and enhancing groundwater recharge, crucial in this arid region. However, the integrated assessment also exposed significant limitations. Fourteen out of the 22 sub-criteria—primarily within the economic, social, and ecological domains—were assessed as having no significant impact (N band). Consequently, the project's final aggregate score was 0.28, categorizing its overall impact as +A (Negligible Positive Impact). This indicates that while the project excelled in targeted physical/hydrological functions, it failed to generate substantial, broader socio-economic benefits or ecological improvements. The discussion interprets this outcome as a potential consequence of a project design narrowly focused on structural flood control, without complementary biological measures, livelihood programs, or community capacity-building initiatives necessary to translate hydrological success into comprehensive rural sustainable development.

Conclusion

The integrated AHP-RIAM assessment confirms that the Firouzeh Mine watershed project has successfully achieved its primary physical objective of flood control. The substantial expert-assigned weight to physical criteria, combined with high positive environmental scores for flood mitigation and qanat discharge enhancement, robustly validates the technical effectiveness of the constructed check dams in this arid region. Nevertheless, the study reveals a fundamental disconnect between physical engineering success and broader sustainable development outcomes. The concentration of positive impacts within a narrow band of physical sub-criteria—contrasted with pervasive “no significant impact” classifications across economic, social, and ecological domains—yields a negligible positive aggregate score. This signals that the intervention has failed to catalyze meaningful improvements in local livelihoods, income generation, or community resilience. The finding strongly suggests that a mono-dimensional focus on structural measures, devoid of complementary biological rehabilitation, livelihood diversification, or participatory institutional strengthening, cannot independently propel holistic rural development. Qanat rehabilitation, while hydrologically significant, proves insufficient as a standalone mechanism for transformative socio-economic change. From a methodological perspective, this research demonstrates the efficacy of fusing AHP with a weight-integrated RIAM framework. This hybrid approach balances expert-driven criterion prioritization with systematic environmental scoring, producing a nuanced

picture neither method could achieve independently. Its flexibility and replicability render it a valuable tool for environmental impact assessments across diverse settings, enabling decision-makers to identify precisely where projects succeed, where they fall short, and which complementary strategies are necessary to bridge the gap between technical performance and genuine sustainable development.

Keywords: *Evaluation, Check Dam, Analytic Hierarchy Process (AHP), Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM), Firouzeh Mine Neyshabur.*

Article Type: Research Article

Acknowledgement:

The authors gratefully acknowledge the General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Khorasan Razavi Province for its cooperation and for making the data available.

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 datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' Contribution

Ali Dastranj: Conceptualization, Software, Formal analysis, Writing - original draft preparation

Hamzeh Noor: Conceptualization, Validation, Manuscript editing

Citation: Dastranj A, Noor H. Multi-Criteria Analysis of the Effectiveness of Watershed Management Measures in Flood Control and Sustainable Livelihoods of Local Communities from the Experts' Perspective: A Case Study of the Firouzeh Mine Watershed. *jwmseir* 2026; 20 (72): 75-91

Iran-Watershed Management Science & Engineering, Year 2026, , Vol 20, No 72, PP 75-91

Publisher: Watershed Management Society of Iran

© Author(s)



تحلیل چندمعیاره اثربخشی اقدامات آبخیزداری در کنترل سیلاب و معیشت پایدار جوامع محلی از نگاه کارشناسان (مطالعه موردی: حوزه معدن فیروزه)

علی دسترنج*^۱، حمزه نور^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۱۷، تاریخ داوری: ۱۴۰۵/۰۴/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۱، تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۱۲

<https://doi.org/10.22034/20.72.6>

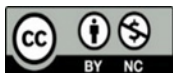
چکیده

اقدامات آبخیزداری به عنوان مداخلات مهم انسانی در مدیریت منابع طبیعی، نیازمند ارزیابی دقیق اثرات چندبعدی خود هستند. این پژوهش با هدف ارزیابی اثربخشی عملیات آبخیزداری (احداث بند خاکی) در حوزه آبخیز معدن فیروزه نیشابور، با تلفیق دو روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM) انجام شد. ابتدا با بهره گیری از نظر ۱۵ کارشناس خبره منابع طبیعی استان خراسان رضوی، وزن نسبی چهار معیار اصلی (فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی) و ۲۲ زیرمعیار مرتبط از طریق مقایسات زوجی تعیین گردید. سپس امتیاز محیط زیستی هر زیرمعیار با روش RIAM محاسبه و با اعمال وزن های AHP، امتیاز اصلاح شده نهایی به دست آمد. نتایج نشان داد معیار فیزیکی با وزن ۰/۴۹ بالاترین اولویت را نزد کارشناسان دارد و زیرمعیارهای کنترل سیلاب (وزن ۰/۱۴) و افزایش آبدهی قنات (وزن ۰/۰۹۹) مهم ترین دستاوردهای مورد انتظار پروژه محسوب می شوند. ارزیابی میدانی نیز مؤید عملکرد موفق پروژه در این دو حوزه بود؛ زیرمعیار کنترل سیلاب با امتیاز ۳/۳۶ در دامنه +E (اثر مثبت زیاد) و افزایش آبدهی قنات با امتیاز ۱/۵۸۴ در دامنه +D (اثر مثبت مشخص) قرار گرفتند. با این حال، ۱۴ زیرمعیار عمدتاً در حوزه های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی فاقد اثر قابل توجه (دامنه N) بودند و امتیاز نهایی پروژه ۰/۲۸ در دامنه +A (اثر مثبت ناچیز) برآورد شد. پروژه مذکور در دستیابی به هدف اصلی خود یعنی کنترل سیلاب موفق عمل کرده، اما تمرکز اثرات بر چند زیرمعیار محدود و بی اثری در ابعاد اقتصادی و اجتماعی، ضرورت طراحی اقدامات مکمل نظیر عملیات بیولوژیک و برنامه های توانمندسازی جوامع محلی را برای تبدیل موفقیت فیزیکی به توسعه پایدار روستایی آشکار می سازد. تلفیق AHP و RIAM به عنوان رویکردی کارآمد در ارزیابی پروژه های منابع طبیعی، قابلیت تعمیم به سایر مناطق را داراست.

کلیدواژه ها: ارزیابی، بند خاکی، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM)، معدن فیروزه نیشابور
نوع مقاله: پژوهشی

استناد: دسترنج علی، نور حمزه. تحلیل چندمعیاره اثربخشی اقدامات آبخیزداری در کنترل سیلاب و معیشت پایدار جوامع محلی از نگاه کارشناسان (مطالعه موردی: حوزه معدن فیروزه). علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱۴۰۵؛ ۲۰ (۷۲): ۷۵-۹۱

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران سال ۱۴۰۵، دوره ۲۰، شماره ۷۲، ۷۵-۹۱



ناشر: انجمن آبخیزداری ایران

- ۱- استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. نویسنده مسئول، A.dastranj@ut.ac.ir
- ۲- دانشیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

مدیریت آبخیز در مناطق خشک و نیمه خشک، مفهومی بسیار فراتر از مجموعه‌ای از عملیات سازه‌ای یا زیستی برای مهار رواناب است؛ این رویکرد، بخشی جدایی‌ناپذیر از حکمرانی پایدار در پیوند میان منابع آب، خاک و معیشت جوامع محلی به شمار می‌آید. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA^۱) به عنوان ابزاری ضروری در برنامه‌ریزی توسعه مطرح است [۱]. این حقیقتی انکارناپذیر است که هر فعالیت انسانی در طبیعت، تأثیری در پی دارد. در واقع، این اثرات، چشم‌اندازی از فعالیت‌های انسان بوده و شناخت آن‌ها می‌تواند نقاط ضعف و قوت برنامه‌ها را نشان دهد. بنابراین مشخص کردن نوع تغییرات، عوامل دخیل در آن و پیامدهای برخاسته از آن می‌تواند در مدیریت بهتر برنامه‌ها و در نتیجه، کاهش پیامدهای منفی حاصل از آنان و در نهایت اجرای موفق و پایدارسازی برنامه‌ها تأثیر بسزایی داشته باشند [۱۹]. هر مداخله انسانی در یک سامانه طبیعی، زنجیره‌ای از پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم را در مقیاس‌های زمانی و مکانی متفاوت ایجاد می‌کند؛ از این رو ارزیابی اثرات محیط‌زیستی به عنوان سازوکاری نظام‌مند برای آشکارسازی نقاط قوت، کاستی‌ها و پیامدهای ناخواسته طرح‌های توسعه، جایگاهی کلیدی در برنامه‌ریزی و مدیریت تطبیقی دارد. در طرح‌های آبخیزداری، اهمیت این ارزیابی دوچندان است؛ زیرا موفقیت پروژه تنها با احداث سازه یا کاهش لحظه‌ای سیلاب سنجیده نمی‌شود، بلکه باید در قالب پایداری منابع آب، کاهش فرسایش و رسوب، بهبود تاب‌آوری روستاها، حفظ کارکردهای اکولوژیک و ارتقای سرمایه اجتماعی تفسیر شود. ارزیابی اثرات طرح‌های آبخیزداری ابزار اجرایی مهمی برای مدیران و مجریان این گونه طرح‌ها محسوب می‌شود زیرا به منظور موفقیت در ساخت، نگهداری و توسعه طرح‌ها و مدیریت بهتر آن‌ها، انجام مطالعاتی در زمینه مشخص کردن آثار و پیامدهای ناشی از اجرای این طرح‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد [۱۰]. به همین دلیل، سنجش اجتماعی-اقتصادی طرح‌های منابع طبیعی از منظر ذی‌نفعان محلی می‌تواند نشان دهد که آیا منافع فیزیکی پروژه به بهبود واقعی معیشت، امنیت آب و مشارکت اجتماعی تبدیل شده است یا خیر.

در ایران، به‌ویژه در پهنه‌های کم‌بارش شرق و شمال‌شرق کشور، بندهای خاکی و دیگر سازه‌های آبخیزداری غالباً با هدف کنترل سیلاب، کاهش رسوب، افزایش نفوذ، تغذیه آبخوان و احیای منابع سنتی آب مانند قنات‌ها اجرا می‌شوند. مطالعه حوزه خانیک-گناباد نشان داده است که ماتریس ارزیابی سریع اثرات می‌تواند برای تفکیک اثرات مثبت، خنثی و منفی اقدامات آبخیزداری در شرایط محلی ایران به کار رود و تصویری کمی از پیامدهای پروژه ارائه کند [۳]. همچنین ارزیابی اقدامات آبخیزداری و تاب‌آوری روستایی در برابر خشکسالی بیانگر آن است که اثرگذاری این مداخلات در دوره‌های خشک و تر یکسان نیست و بدون پایش مستمر، نتایج مثبت دوره‌های عادی ممکن است در شرایط خشکسالی کاهش یابد

1. Environmental Impact Assessment (EIA)

یا بی‌اثر شود [۷]. در این راستا، اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی طی سال‌های گذشته اقدامات آبخیزداری (بندهای آبخیزداری) را به منظور احیا قنات در حوزه آبخیز معدن فیروزه واقع در استان خراسان رضوی انجام داده است. از این رو، در حوزه آبخیز معدن فیروزه نیشابور، که بندهای آبخیزداری با هدف کنترل سیلاب و کمک به احیای قنات پایین دست اجرا شده‌اند، ارزیابی چندبعدی باید هم‌زمان پیامدهای فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی را دربرگیرد و از نگاه صرفاً سازه‌محور فراتر رود.

ادبیات بین‌المللی سال‌های اخیر نیز نشان می‌دهد که ارزیابی اثربخشی آبخیزداری باید بر ترکیب داده‌های میدانی، مدل‌سازی هیدرولوژیک، سنجش‌ازدور، تحلیل کاربری اراضی و شاخص‌های مدیریتی استوار باشد. برای نمونه، مدل‌سازی SWAT در آبخیز مرق‌اللیل تونس نشان داد که اقدامات حفاظت آب و خاک می‌تواند رواناب سطحی و فرسایش را به‌طور معنادار کاهش دهند و ظرفیت تاب‌آوری محیطی آبخیز را تقویت کنند [۶]. در مقیاس زیرحوضه نیز استفاده از سازه‌های حفاظت آب و خاک همراه با مدل‌سازی SWAT برای کنترل فرسایش، اهمیت طراحی مکانی صحیح سازه‌ها و سنجش پیشینی پیامدهای هیدرولوژیک را برجسته کرده است [۱۵]. از سوی دیگر، تغییر کاربری و پوشش اراضی می‌تواند پاسخ رواناب و تولید رسوب را به شدت دگرگون کند و بنابراین ارزیابی اقدامات آبخیزداری بدون لحاظ پویایی کاربری اراضی ناقص خواهد بود [۴]. پژوهش‌های جدید در آبخیزهای نیمه‌خشک کوهستانی نیز نشان می‌دهند که ترکیب سناریوهای اقلیمی، تغییر کاربری و بهینه‌سازی مکانی اقدامات مدیریتی، ابزاری ضروری برای کنترل فرسایش و رسوب در شرایط آینده است [۵]. در کنار سنجش پاسخ‌های هیدرولوژیک و رسوبی، ارزیابی مدیریت آبخیز باید به کارایی و امکان‌پذیری اقدامات حفاظتی، کیفیت آب، آلودگی غیرنقطه‌ای و قابلیت تعمیم نتایج به آبخیزهای فاقد پایش نیز توجه کند. مقایسه اقدامات مدیریتی مختلف در یک آبخیز کشاورزی نشان داد که اثربخشی فنی در کاهش فرسایش باید همراه با امکان‌پذیری اجرایی و پذیرش مدیریتی بررسی شود [۲۰]. ارزیابی شیوه‌های مدیریت پایدار اراضی در یک حوضه کشاورزی اتریش نیز نشان داد که مدل‌سازی SWAT می‌تواند اثر اقدامات حفاظتی بر کیفیت آب را کمی‌سازی کند و در انتخاب سناریوهای مناسب برای کاهش بار آلاینده‌ها نقش داشته باشد [۱۴]. در آبخیزهای فاقد ایستگاه پایش، تلفیق SWAT با یادگیری عمیق BiLSTM برای سنجش اثر بهترین اقدامات مدیریتی نشان می‌دهد که روش‌های داده‌محور می‌توانند خلأ اطلاعاتی را کاهش دهند و امکان ارزیابی در مناطق کم‌داده را فراهم کنند [۲۳]. همچنین توجه به تغییرپذیری زمانی-مکانی آلودگی غیرنقطه‌ای و کاربری اقدامات مدیریتی، مبنایی برای مدیریت تطبیقی آبخیز و اولویت‌بندی مداخلات در زیرحوضه‌های حساس فراهم می‌آورد [۹]. با وجود اهمیت شاخص‌های فیزیکی، موفقیت نهایی آبخیزداری در گرو تبدیل دستاوردهای هیدرولوژیک به منافع

اجتماعی، اقتصادی و اکوسیستمی است. ارزیابی مشارکتی خدمات اکوسیستمی آب در حوضه آرنو ایتالیا نشان داده است که ارزش‌های آب از منظر ذی‌نفعان متنوع‌اند و تصمیم‌گیری مؤثر مستلزم واردکردن ادراکات محلی، نیازهای بهره‌برداران و منافع غیرقابل‌قیمت‌گذاری در فرایند ارزیابی است [۱۶]. تجربه پرداخت برای خدمات آبخیز در جنگل اطلس برزیل نیز تأکید می‌کند که ارزیابی پیامدهای برنامه‌ها باید نه تنها خروجی‌های زیست‌محیطی، بلکه منافع اجتماعی-اقتصادی و کیفیت تصمیم‌سازی را پوشش دهد [۱۲]. از منظر اقتصادی، تحلیل هزینه-اثربخشی کنترل فرسایش برای دستیابی به اهداف شفافیت آب در نیوزیلند نشان می‌دهد که محدودیت منابع مالی، لزوم انتخاب گزینه‌هایی را برجسته می‌کند که بیشترین منفعت محیط‌زیستی را با کمترین هزینه فراهم کنند [۱۸]. افزون بر این، ارزیابی اثربخشی مدیریت یکپارچه آبخیز در جنوب ایتالیایی نشان داده است که راهبردهای نوآورانه باید هم‌زمان ابعاد حفاظت منابع، مشارکت جامعه، ظرفیت نهادی و پایداری معیشت را تقویت کنند [۱۳]. از نظر روش‌شناختی، ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM¹) یکی از رویکردهای شفاف و قابل‌ردیابی برای تبدیل قضاوت‌های کیفی کارشناسی به امتیازهای کمی در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی است. این روش نخست توسط Pastakia و Jensen [۱۷] معرفی شد و بر تفکیک معیارهای مربوط به اهمیت و بزرگی اثر از معیارهای ارزشی مانند مدت، برگشت‌پذیری و تجمعی بودن استوار است. در روش RIAM، هر مؤلفه یا پارامتر محیط‌زیستی مورد نظر با توجه به مجموعه‌ای از معیارهای از پیش تعریف‌شده ارزیابی می‌شود. این معیارها به دو گروه (A) معیارهای تأثیرگذار (مانند اهمیت موضوع، بزرگی تغییر) و (B) معیارهای ارزشی (مانند قابلیت برگشت‌پذیری، تجمعی بودن) تقسیم می‌شوند. امتیازات گروه (A) با یکدیگر ضرب و امتیازات گروه (B) جمع شده و حاصل ضرب نهایی، امتیاز کلی محیط‌زیستی (ES) مربوط به آن مؤلفه را تشکیل می‌دهد Abbasi و همکاران [۱] اشاره می‌کنند که RIAM به دلیل توانایی یکپارچه‌سازی تمامی پارامترها، روشی مناسب برای تعیین سریع و شفاف اثرات محیط‌زیستی پروژه‌ها است. کاربرد RIAM در انتخاب واحدهای تصفیه فاضلاب نشان داده است که ترکیب آن با تحلیل پایداری و شاخص عملکرد محیط‌زیستی می‌تواند مقایسه گزینه‌های مدیریتی را شفاف‌تر سازد [۲]. نسخه‌های تعدیل‌شده RIAM نیز در ارزیابی مزارع بادی خشکی نشان داده‌اند که انعطاف‌پذیری این چارچوب امکان انطباق آن با پروژه‌ها و زمینه‌های محیط‌زیستی متفاوت را فراهم می‌کند [۸]. با این حال، محدودیت اصلی RIAM در شکل کلاسیک آن، فرض وزن یکسان برای معیارها و محدودبودن نقش اولویت‌های محلی در ساختار امتیازدهی است؛ ازاین‌رو تلفیق آن با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند دقت و عدالت ارزیابی را افزایش دهد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP²)

1. Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM)
2. Analytical Hierarchy process (AHP)

به‌عنوان یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مسئله پیچیده را به سطوح سلسله‌مراتبی تقسیم می‌کند و از طریق مقایسه‌های زوجی، وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها را به‌دست می‌آورد [۲۱]. مرور چهار دهه کاربرد AHP نشان می‌دهد که این روش همچنان یکی از ابزارهای غالب پشتیبانی تصمیم در مسائل چندمعیاره است و در حوزه‌های گوناگون برای ساختاردهی قضاوت کارشناسی و استخراج اولویت‌ها به‌کار می‌رود [۱۱]. در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی استخراج نفت شیل درجا نیز AHP توانسته است با تفکیک سلسله‌مراتبی مسئله، اهمیت نسبی عوامل اثرگذار را روشن کند و مبنایی برای تصمیم‌گیری مقایسه‌ای فراهم آورد [۲۲]. بنابراین، تلفیق AHP با RIAM در ارزیابی اقدامات آبخیزداری حوزه معدن فیروزه، امکان می‌دهد که از یک سو امتیازدهی منظم و قابل‌مقایسه RIAM حفظ شود و از سوی دیگر وزن معیارهای فیزیکی، اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی بر اساس قضاوت خبرگان محلی تعدیل گردد. چنین رویکردی با ماهیت چندبعدی آبخیزداری سازگار است و می‌تواند نشان دهد که آیا موفقیت در کنترل سیلاب و تغذیه قنات به بهبود پایدار معیشت جوامع محلی و ارتقای کیفیت اکولوژیکی آبخیز منجر شده است یا خیر. با توجه به موقعیت نیمه‌خشک منطقه فیروزه و نقش کلیدی بندهای خاکی در مدیریت منابع آب، تحلیل دقیق اثرات اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی این سازه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از RIAM این فرصت را می‌دهد که تمامی جنبه‌های مرتبط با این پروژه به‌طور شفاف و کمی در نظر گرفته شود. بنابراین در این تحقیق سعی شده ارزیابی اثرات اقدامات آبخیزداری انجام‌گرفته بر تغذیه قنات و جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی بر معیشت پایدار ذی‌نفعان حوزه آبخیز معدن فیروزه نیشابور در استان خراسان رضوی مورد توجه قرار گیرد، تا میزان تأثیرات این اقدامات بر معیشت ذی‌نفعان در اجرای پروژه‌های آبخیزداری سنجیده شود. نوآوری پژوهش حاضر در وزن‌دهی پویای زیرمعیارها بر اساس نظر کارشناسان محلی و به‌روزرسانی ماتریس RIAM با ساختار سلسله‌مراتبی بومی‌شده است که امکان اولویت‌بندی واقع‌بینانه‌تر اثرات را فراهم می‌کند. هم‌چنین، برخلاف کارهای گذشته که معمولاً به یک حوضه خاص محدود بودند، این مطالعه بر توسعه پایدار روستایی تمرکز دارد و می‌کوشد چارچوبی عملی برای مدیران و تصمیم‌گیران در مدیریت تطبیقی حوزه‌های آبخیز مشابه، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه معدن فیروزه، جزء حوزه آبخیز کویر مرکزی است که در شمال شهرستان فیروزه قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالانه حوزه ۲۷۰ میلی‌متر است. دمای متوسط سالانه حوزه ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد است. هم‌چنین اقلیم منطقه در روش آمبرژه خشک سرد و در روش دومارتن نیمه‌خشک است. به لحاظ زمین‌شناسی این حوزه

Table 1. Specifications of the Constructed Earth Dam in the Firouzeh Mine Village, Neyshabur

عنوان	حجم خاک برداری	حجم مخزن آبگیری (m ³)	تعداد آبگیری در	سال احداث	طول تاج (m)	ارتفاع (m)
Item (Title)	Excavation Volume (m ³)	Water Harvesting Reservoir Volume	Number of Fillings per Year	Year of Construction	Crest length	High
عملیات بند خاکی Earth Dam Operation	1364	6650	2-3	1398	60	8

از چهار معیار اصلی (اقتصادی، اجتماعی، فیزیکی و اکولوژیکی) و مجموعاً بیست و دو زیرمعیار شناسایی شد. انتخاب این معیارها و زیرمعیارها بر اساس اهداف پژوهش و مستندات موجود درباره ویژگی‌های حوزه آبخیز مطالعه انجام شد. سپس پرسش‌نامه مقایسات زوجی AHP به منظور اخذ نظرات خبرگان در خصوص اهمیت نسبی این معیارها تدوین و برای تکمیل در اختیار آنان قرار گرفت. در تهیه این پرسش‌نامه از مقیاس عددی یک تا نه طیف لیکرت استفاده شد تا اولویت هر شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها مشخص شود.

پاسخ‌های خبرگان جمع‌آوری و توسط نرم‌افزار Expert Choice تحلیل شد. همزمان، سازگاری مقایسات زوجی (مانند نسبت ناسازگاری) برای اطمینان از اعتبار داده‌ها بررسی شد. برای تلفیق قضاوت‌های ۱۵ خبره، از میانگین هندسی مقایسات زوجی استفاده شد که روش استاندارد در AHP گروهی برای حفظ خاصیت معکوس‌پذیری است.

پس از اولویت‌بندی معیارها و تعیین ضریب هر یکی از معیارها و زیرمعیارها در فرایند AHP، ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM) برای ارزیابی امتیازات اثرات محیط‌زیستی اقدامات آبخیزداری به کار گرفته شد. مطابق دستورالعمل‌های استاندارد RIAM، برای هر یک از چهار معیار اصلی دو مؤلفه وضعیت/اهمیت (A) و ارزش زمانی (B) در نظر گرفته شد. در این مطالعه، امتیازات A1 (اهمیت اثر) و A2 (بزرگی تغییر) برای هر زیرمعیار به‌طور جداگانه با تکیه بر بازدیدهای میدانی و هم‌چنین سوابق اجرایی منطقه تعیین شد. به دلیل کمبود داده‌های کمی پیوسته، در مواردی از قضاوت کارشناسی بر اساس شواهد عینی برای تعیین دامنه تغییرات استفاده شد. امتیاز مؤلفه اهمیت/وضعیت هر شاخص با ترکیب مقادیر زیرمعیارهای مربوط (معمولاً از طریق ضرب) محاسبه شد (رابطه ۱) و امتیاز مؤلفه ارزش زمانی با جمع مقادیر زیرمعیارهای مرتبط به‌دست آمد (رابطه ۲). در نهایت، امتیاز کلی اثر محیط‌زیستی (ES) هر پروژه با ترکیب (ضرب) این دو مؤلفه تعیین شد (رابطه ۳) [۱۷].

$$\begin{aligned} \text{رابطه (۱)} & A1(A2)=AT \\ \text{رابطه (۲)} & B1 + (B2) + (B3) = BT \\ \text{رابطه (۳)} & AT (BT) = ES \end{aligned}$$

در زون بینالود واقع شده که حوادث تکتونیکی زیادی را متحمل شده است. بزرگ‌ترین معدن فیروزه جهان در تراکی آندزیت‌های این بخش واقع شده است در پایین‌دست بخش کوهستانی حوزه تپه ماهورهای متشکل از واحدهای زمین‌شناسی E1cs و EL قرار دارند که رخساره‌های از نوع رخنمون سنگی را بوجود آورده‌اند. وضعیت اشتغال در سطح روستاهای معدن علیا به‌گونه‌ای است که بیشتر اهالی روستا به‌صورت کارگر در معدن فیروزه یا در کارهای دیگر وابسته به فیروزه از جمله فیروزه‌تراشی مشغول هستند. در این روستا بعد از فیروزه‌تراشی یا کارهای دیگر مرتبط با فیروزه، دامداری و کشاورزی به‌عنوان شغل دوم است. در این روستا یک‌بند خاکی با نظارت فنی و اجرای اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری باهدف کنترل سیل و رسوب و تغذیه قنوات پایین‌دست احداث شده است.

مراحل انجام تحقیق

ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری انجام‌شده

در این پژوهش از ترکیب دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM) برای سنجش میزان اثربخشی اقدامات آبخیزداری استفاده شد. برای این منظور ۱۵ نفر از کارشناسان حوزه منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی (شامل اعضای هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان) که شناخت کافی از شرایط منطقه داشتند، به‌عنوان خبرگان انتخاب شدند. این افراد به‌دلیل آشنایی با شرایط اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی ناحیه مطالعه، می‌توانستند ارزیابی معتبری از تأثیرات پروژه‌ها ارائه دهند. این کارشناسان دارای میانگین بالای ۱۰ سال سابقه کار در حوزه آبخیزداری، مدیریت منابع آب بودند و همگی تحصیلات تکمیلی در رشته‌های آبخیزداری، مهندسی منابع طبیعی یا جغرافیا داشتند و در طراحی و پایش بندهای خاکی مشارکت مستقیم داشته‌اند.

اطلاعات پایه درباره اقدامات اجراشده در حوزه آبخیز موردنظر از طریق مطالعات میدانی و آمار و اسناد مدیریتی مرتبط (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان) جمع‌آوری شد.

با توجه به اهداف پژوهش در اولویت‌بندی شاخص‌های اثرگذار بر اساس اهمیت نسبی آن‌ها، ابتدا چارچوب سلسله‌مراتبی متشکل

شاخص‌های مورد استفاده و راهنمای طبقه‌بندی ارزیابی اثرات در روش RIAM در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. نتایج حاصل از روش AHP مبنایی برای بازنگری جداول امتیازدهی RIAM قرار گرفت. به این ترتیب، وزن‌های استخراج شده از AHP برای تنظیم امتیازهای مربوط به هر زیرمعیار به کار گرفته شد و ساختار شاخص‌ها برای انطباق با اهداف پژوهش اصلاح شد. به منظور اصلاح روش ماتریکس ارزیابی سریع اثرات (RAIM) برای تمامی زیرمعیارها، وزن‌های حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی (w) در رتبه ارزیابی نهایی (ES) ضرب و امتیاز مربوط به هر زیر معیار (ES) اصلاح می‌شود و به طبع آن امتیازات مربوط به جدول راهنمایی روش RIAM جدول (۳) تغییر خواهد کرد. ضرب وزن‌ها

در ES مشابه وزن‌دهی خطی امتیازها در تحلیل‌های چندمعیاره (مانند روش مجموع ساده وزنی) بوده و توسط منابعی نظیر Korozi & Vagiona [۴] در ماتریس RIAM تعدیل شده به کار رفته است. از آنجایی که درصدی از وزن کل به هر زیرمعیار اختصاص می‌یابد، مجموع وزن کلیه زیرمعیارها برابر یک هست و باتوجه به اینکه در تحقیق حاضر ۲۲ زیر معیار جهت ارزیابی استفاده شده است، وزن متوسط و قابل انتظار برای هر زیرمعیار ۰/۰۴۵ (یک تقسیم بر ۲۲) است. با اعمال وزن متوسط زیرمعیارها، طبقه‌بندی ارزیابی اثرات در روش RIAM اصلاح شده، تصحیح و در جدول ۴ ارائه شده است. در نهایت، نسخه نهایی ماتریس RIAM شامل چهار معیار و ۲۲ زیرمعیار تدوین شد. لازم به ذکر است که تحلیل‌های AHP

جدول ۲- معیارهای روش RIAM [۱۷]

Table 2. RIAM Method Criteria[17]

Criterion / معیار	Score / نمره	Description / توصیف
A1 – Importance of the Effect / اهمیت اثر	4	Of national and/or international importance /
	3	Of regional or national importance /
	2	Of importance for areas adjacent to but outside local conditions /
	1	Only of importance for local conditions /
	0	Of no importance /
A2 – Magnitude of the Effect / دامنه اثر	+3	With large beneficial changes/effect /
	+2	With distinct improvement /
	+1	With improvement on site /
	0	With no change /
	-1	With negative effect on site /
	-2	With distinct negative changes /
	-3	With large negative changes /
B1 – Duration of the Effect / مدت اثر	1	No changes created /
	2	Temporary effect /
	3	Permanent effect /
B2 – Reversibility of the Effect / برگشت پذیری	1	No changes created /
	2	Reversible /
	3	Irreversible /
B3 – Cumulative Nature of the Effect / اثر تجمعی بودن اثر	1	No changes created – not feasible /
	2	Non-cumulative effect /
	3	Cumulative effect /

با بهره‌گیری از نرم‌افزار Expert Choice انجام شد و تنظیم نهایی جداول RIAM با استفاده از صفحات گسترده (Excel) صورت پذیرفت (رابطه ۴).
رابطه ۴: $ES^* = ESW$

نتایج

نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

نتایج حاصل از مقایسات زوجی معیارهای اصلی (جدول ۵) نشان داده شده، که معیار فیزیکی با وزن ۰/۴۹۰ بالاترین اولویت را از دیدگاه کارشناسان در حوزه آبخیز معدن فیروزه به خود اختصاص داده است. این وزن قابل توجه (نزدیک به نیمی از کل وزن معیارها) بیانگر آن است که کارشناسان، اقدامات آبخیزداری اجرا شده در این حوزه را عمدتاً از منظر تأثیرات فیزیکی و هیدرولوژیکی مورد قضاوت قرار داده‌اند. با استناد به نتایج و بازدهی‌های میدانی، این تأثیرات عمدتاً بیانگر کنترل سیلاب به عنوان مهم‌ترین کارکرد

سازه‌های احداثی (به ویژه بند خاکی) تعریف شده است. توجه این اولویت‌بندی را می‌توان در شرایط توپوگرافی منطقه، سابقه وقوع سیلاب‌های مخرب و خسارات وارده به تأسیسات انسانی (منازل، باغات و مزارع حاشیه رودخانه) جستجو نمود. در واقع، از منظر کارشناسان، مهم‌ترین دستاورد مورد انتظار از پروژه، مهار سیلاب و کاهش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی بوده است.

معیار اقتصادی با وزن ۰/۲۱۵ در رتبه دوم قرار گرفته است. این وزن نشان می‌دهد که اگرچه ابعاد اقتصادی پروژه (از قبیل افزایش تولیدات کشاورزی، ایجاد اشتغال و رونق اقتصادی) مورد توجه بوده است، اما در مقایسه با کارکردهای فیزیکی در اولویت پایین‌تری قرار داشته است. نکته قابل تأمل آنکه وزن معیار اقتصادی تقریباً معادل مجموع وزن معیارهای اجتماعی (۰/۱۸۹) و اکولوژیکی (۰/۱۰۶) است.

معیار اجتماعی با وزن ۰/۱۸۹ در جایگاه سوم قرار گرفته است. این وزن نشان‌دهنده اهمیت متوسط مؤلفه‌هایی مانند مشارکت

جدول ۳- راهنمای طبقه‌بندی ارزیابی اثرات در روش RIAM [۱۷]

Table 3. Guide for Impact Assessment Classification in the RIAM Method [17]

Description / توضیح	Letter Range / دامنه حرفی	Numerical Range / دامنه عددی	Environmental Score (ES) / نمره محیط‌زیستی (ES)
Large beneficial/positive effects and changes / اثرات و تغییرات مفید و مثبت زیاد	+E	5	+72 to +108
Distinct positive effects and changes / اثرات و تغییرات مثبت مشخص	+D	4	+36 to +71
Moderate positive effects and changes / اثرات و تغییرات مثبت متوسط	+C	3	+18 to +35
Minor positive effects and changes / اثرات و تغییرات مثبت کم	+B	2	+10 to +18
Negligible positive effects and changes / اثرات و تغییرات مثبت ناچیز	+A	1	+1 to +9
No effect or change on site, or not feasible / بدون اثر و تغییر در محل و یا امکان‌ناپذیر	N	0	-1 to +1
Negligible negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی ناچیز	-A	-1	-1 to -9
Minor negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی کم	-B	-2	-10 to -18
Moderate negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی متوسط	-C	-3	-19 to -35
Distinct negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی مشخص	-D	-4	-36 to -71
Large negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی زیاد	-E	-5	-72 to -108

Table 4. Guide for Impact Assessment Classification in the Modified RIAM Method

توضیح / Description	Letter Range /		Environmental Score (ES) / نمره محیط‌زیستی (ES)
	دامنه حرفی	دامنه عددی	
Large beneficial/positive effects and changes / اثرات و تغییرات مفید و مثبت زیاد	+E	5	+3.195 to +4.86
Distinct positive effects and changes / اثرات و تغییرات مثبت مشخص	+D	4	+1.575 to +3.195
Moderate positive effects and changes / اثرات و تغییرات مثبت متوسط	+C	3	+0.81 to +1.575
Minor positive effects and changes / اثرات و تغییرات مثبت کم	+B	2	+0.405 to +0.81
Negligible positive effects and changes / اثرات و تغییرات مثبت ناچیز	+A	1	+0.045 to +0.405
No effect or change on site, or not feasible / بدون اثر و تغییر در محل و یا امکان‌ناپذیر	N	0	-0.045 to +0.045
Negligible negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی ناچیز	-A	-1	-0.045 to -0.405
Minor negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی کم	-B	-2	-0.405 to -0.81
Moderate negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی متوسط	-C	-3	-0.81 to -1.575
Distinct negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی مشخص	-D	-4	-1.575 to -3.195
Large negative effects and changes / اثرات و تغییرات منفی زیاد	-E	-5	-3.195 to -4.86

جدول ۵- وزن و رتبه‌بندی معیارها در روستای معدن فیروزه
Table 5. Weight and Ranking of Criteria in the Firouzeh Mine Village

معیار / Criterion	وزن نهایی / Final Weight	رتبه‌بندی / Ranking
فیزیکی / Physical	0.49	1
اقتصادی / Economic	0.215	2
اجتماعی / Social	0.189	3
اکولوژیکی / Ecological	0.106	4
نرخ سازگاری (CR)	0.03	

می‌دهد، اطلاعات دقیق‌تری را در مورد اولویت‌های کارشناسی ارائه می‌دهد. نکته بسیار حائز اهمیت در این جدول، تطابق کامل رتبه‌بندی زیرمعیارها با اولویت معیار اصلی (فیزیکی) است. زیرمعیار کنترل سیلاب با وزن ۰/۱۴۰ بالاترین رتبه را در میان تمامی ۲۲ زیرمعیار به

مردمی، مهاجرت و انسجام اجتماعی در ارزیابی کارشناسان است. با عنایت به ماهیت پروژه‌های آبخیزداری که اغلب با مشارکت جوامع محلی اجرا می‌شوند، وزن این معیار را می‌توان منطقی و متناسب با شرایط منطقه ارزیابی نمود.

معیار اکولوژیکی با وزن ۰/۱۰۶ کمترین اولویت را از دیدگاه کارشناسان داشته است. این وزن پایین می‌تواند از چند منظر قابل تفسیر باشد، نخست آنکه پروژه‌های آبخیزداری در این منطقه با هدف اولیه کنترل سیلاب طراحی شده‌اند و اهداف اکولوژیکی مانند افزایش تنوع زیستی یا بهبود کیفیت زیستگاه‌ها در درجه بعدی اهمیت قرار داشته‌اند. دوم آنکه شاید اثرات اکولوژیکی پروژه در بلندمدت ظاهر می‌شوند و در کوتاه‌مدت چندان محسوس نیستند. سوم آنکه کارشناسان ممکن است ابزارهای سنجش کافی برای ارزیابی دقیق اثرات اکولوژیکی در اختیار نداشته باشند.

نتایج رتبه‌بندی زیرمعیارها

بررسی جدول ۶ که وزن زیرمعیارها و رتبه‌بندی آن‌ها را نشان

خود اختصاص داده است. این وزن که به تنهایی بیش از ۱۴ درصد از کل اهمیت را شامل می‌شود، بار دیگر تأکید می‌کند که کارشناسان، کارکرد مهار سیلاب را به عنوان اصلی‌ترین دستوردهنده پروژه تلقی می‌نمایند. پس از کنترل سیلاب، زیرمعیار افزایش آبدهی قنات با وزن ۰/۰۹۹ در رتبه دوم و زیرمعیار افزایش سطح اراضی باغی و زراعی با وزن ۰/۰۶۱ در رتبه سوم قرار دارند. این رتبه‌بندی نشان می‌دهد که کارشناسان، ذخیره سیلاب در پشت بند خاکی را نه تنها به عنوان عاملی برای کاهش خطر، بلکه به عنوان منبعی برای تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و قنوات (که در مناطق خشک و نیمه‌خشک

ایران از اهمیت حیاتی برخوردارند) و همچنین افزایش سطح زیر کشت از طریق تأمین آب بیشتر، مد نظر داشته‌اند. زیرمعیارهای دیگر معیار فیزیکی مانند آبدهی چاه‌های کشاورزی (وزن ۰/۰۵۴، رتبه ۴) و افزایش آبدهی چشمه‌ها (وزن ۰/۰۵۰، رتبه ۵) نیز در رتبه‌های بالای جدول قرار گرفته‌اند که همگی بر اهمیت منابع آبی از دیدگاه کارشناسان صحنه می‌گذارد. در میان زیرمعیارهای اقتصادی، زیرمعیار افزایش سطح اراضی باغی و زراعی (رتبه ۳) و افزایش قیمت اراضی (رتبه ۶) و افزایش تولیدات (رتبه ۸) بالاترین رتبه‌ها را دارند. این امر بیانگر آن است که کارشناسان، تأمین آب حاصل از

جدول ۶- وزن و رتبه‌بندی زیر معیارها در روستای معدن فیروزه

Table 6 . Weight and Ranking of Sub-Criteria in the Firouzeh Mine Village

Main Criterion / معیارها	Sub-Criterion / زیرمعیارها	Sub-Criterion Weight / وزن زیرمعیارها	Overall Ranking / رتبه‌بندی کل
Economic / اقتصادی	Tourism potential / پتانسیل گردشگری	0.044	11
	Increase in agricultural & orchard land area	0.061	3
	افزایش سطح اراضی باغی و زراعی / Increase in value of agricultural & orchard lands	0.048	6
	افزایش قیمت اراضی باغی و زراعی / Increase in agricultural & orchard production	0.046	8
	افزایش تولیدات باغی و زراعی / Job creation / ایجاد اشتغال	0.043	12
	Increase in livestock number & production	0.046	10
	افزایش تعداد و تولیدات دامی / Participation in project maintenance & implementation	0.034	14
	مشارکت در نگهداری و اجرای پروژه / Return of migrants from city to village	0.032	15
	بازگشت مهاجران از شهر به روستا / Reduction of rural migration to other areas	0.033	16
	کاهش مهاجرت روستائیان به سایر مناطق / Social conflicts and disputes	0.038	13
Physical / فیزیکی	اختلاف و درگیری‌های اجتماعی / Increased discharge of agricultural wells	0.054	4
	آبدهی چاه‌های کشاورزی / Increased discharge of qanats (aqueducts)	0.099	2
	افزایش آبدهی قنات / Increased discharge of springs	0.05	5
	افزایش آبدهی چشمه‌ها / Turbidity (sediment) control	0.033	14
	کنترل گل‌آلودگی / Flood control / کنترل سیلاب	0.14	1
	اصلاح شیب آبراهه / Stream gradient modification	0.027	18
	رسوب‌گیری / Sediment retention	0.047	7
	تأثیر بر تولید علوفه / Impact on forage production	0.023	19
	تأثیر بر فضای سبز / Impact on green space	0.021	20
	تأثیر بر مناظر و چشم‌انداز / Impact on landscape and scenery	0.03	17
Ecological / اکولوژیکی	چشم‌انداز Creation of suitable cultivation beds	0.018	21
	ایجاد بستر مناسب کشت / Impact on irrigation methods	0.013	22
	تأثیر بر نحوه آبیاری / نسبت سازگاری (CR)	0.08	

پروژه را به عنوان محرکی برای رونق بخش کشاورزی و در نتیجه افزایش ارزش اقتصادی زمین و تولیدات کشاورزی تلقی نموده‌اند. در میان زیرمعیارهای اجتماعی، بالاترین رتبه متعلق به زیرمعیار اختلاف و درگیری‌های اجتماعی (رتبه ۱۳) و سپس مشارکت در نگهداری و اجرای پروژه (رتبه ۱۴) است. نکته جالب توجه آنکه وزن این زیرمعیارها بسیار پایین و در محدوده ۰/۰۳۸ تا ۰/۰۳۲ قرار دارد. این امر نشان می‌دهد که از دیدگاه کارشناسان، اقدامات آبخیزداری تأثیر چندانی بر ساختارهای اجتماعی منطقه نداشته و یا شاید ارزیابی این تأثیرات به سادگی میسر نبوده است. پایین‌ترین رتبه‌ها (۲۰-۲۲) به زیرمعیارهای اکولوژیکی اختصاص یافته است که نشان از کم‌اهمیت‌ترین بودن این دسته از اثرات در ارزیابی کارشناسی دارد.

نتایج ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM)

جدول ۷، نتایج ارزیابی اثرات اقدامات آبخیزداری را با استفاده از ماتریس RIAM نشان می‌دهد. شامل سه بخش اصلی است: امتیاز خام ارزیابی محیط‌زیستی (ES) و وزن‌های نهایی و نرمال شده زیرمعیارها (برگرفته از AHP)، و امتیاز ارزیابی اصلاح شده (ES). تحلیل این بخش می‌تواند تصویر دقیق‌تری از اثرات واقعی پروژه ارائه دهد.

نتایج امتیاز خام ارزیابی محیط‌زیستی (ES)

امتیاز خام ES نشان‌دهنده ارزیابی اولیه اثرات پروژه بر هر یک از زیرمعیارها، بدون در نظر گرفتن اهمیت نسبی آن‌ها است. این امتیازات در دامنه حرفی N (بی‌اثر)، A+ (اثر مثبت ناچیز)، B+ (اثر مثبت متوسط)، C+ (اثر مثبت نسبتاً زیاد)، D+ (اثر مثبت مشخص) و E+ (اثر مثبت زیاد) طبقه‌بندی شده‌اند.

بر اساس داده‌های جدول ۷، از میان ۲۲ زیرمعیار مورد بررسی، ۱۴ زیرمعیار فاقد اثر قابل توجه (امتیاز N) ارزیابی شدند، ۶ زیرمعیار در دامنه اثر مثبت ناچیز (A+) قرار گرفتند، و صرفاً دو زیرمعیار موفق به کسب اثرات مثبت قابل ملاحظه گردیدند: افزایش آبدهی قنات با امتیاز D+ (اثر مثبت مشخص) و کنترل سیلاب با امتیاز E+ (اثر مثبت زیاد). این توزیع نشان می‌دهد که پروژه از نظر دامنه تأثیر، بسیار متمرکز عمل کرده است. به عبارت دیگر، اثرات مثبت پروژه عمدتاً به چند زیرمعیار خاص محدود شده و بسیاری از زیرمعیارهای دیگر (به ویژه در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی) از پروژه تأثیر قابل توجهی نپذیرفته‌اند. این یافته با نتایج AHP همخوانی کامل دارد؛ جایی که معیار فیزیکی بالاترین وزن را داشت و زیرمعیارهای کنترل سیلاب و افزایش آبدهی قنات در صدر اولویت‌ها قرار داشتند. در واقع، پروژه دقیقاً در همان حوزه‌هایی که کارشناسان انتظار داشتند (فیزیکی و به طور خاص کنترل سیلاب و تغذیه قنات)، موفق عمل کرده است.

بالاترین امتیاز خالص ES به زیرمعیار کنترل سیلاب با عدد ۲۴ تعلق گرفته است که در دامنه E+ (اثر مثبت زیاد) قرار می‌گیرد. پس از آن، افزایش آبدهی قنات با امتیاز ۱۶ در دامنه D+ (اثر مثبت مشخص) قرار دارد. این دو زیرمعیار، تنها مواردی هستند که از دامنه

اثرات ناچیز فراتر رفته و اثرات قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. زیرمعیارهای رسوب‌گیری (امتیاز ۷)، آبدهی چاه‌های کشاورزی (امتیاز ۶)، تأثیر بر مناظر و چشم‌انداز (امتیاز ۶)، مشارکت در نگهداری پروژه (امتیاز ۶)، کنترل گل‌آلودگی (امتیاز ۴) و اصلاح شیب آبراهه (امتیاز ۴) در دامنه A+ (اثر مثبت ناچیز) قرار گرفته‌اند. این زیرمعیارها اگرچه تأثیر مثبت داشته‌اند، اما شدت این تأثیرات در حدی نبوده که بتوان آن‌ها را به عنوان دستاوردهای اصلی پروژه تلقی نمود.

نکته بسیار مهم و قابل تأمل در این بخش، امتیاز N (بی‌اثری) برای تمامی زیرمعیارهای اقتصادی نظیر پتانسیل گردشگری، افزایش سطح و قیمت اراضی، افزایش تولیدات، ایجاد اشتغال و افزایش تولیدات دامی و نیز اکثر زیرمعیارهای اجتماعی (به جز مشارکت) و اکولوژیکی (به جز تأثیر بر مناظر) است. این یافته نشان می‌دهد که علیرغم انتظار کارشناسان برای تأثیرات اقتصادی پروژه که در وزن‌های تخصیص یافته در AHP منعکس شده بود، در عمل این تأثیرات یا محقق نشده‌اند و یا دست‌کم در مقطع زمانی انجام ارزیابی، قابل اندازه‌گیری نبوده‌اند. این مسئله می‌تواند ریشه در عواملی همچون کوتاه بودن مدت زمان اجرای پروژه داشته باشد، چرا که اثرات اقتصادی مانند افزایش سطح زیر کشت یا رشد تولیدات معمولاً نیازمند گذر زمان بیشتری برای بروز و تثبیت هستند. همچنین، ماهیت حفاظتی بند خاکی احداث شده که عمدتاً سازه‌ای حفاظتی محسوب می‌شود، به خودی خود و بدون اقدامات مکمل، قادر به افزایش مستقیم تولید نیست و دستیابی به چنین پیامدهایی مستلزم برنامه‌های پشتیبان نظیر بهبود سیستم‌های آبیاری، ارائه تسهیلات مالی و آموزش هدفمند بهره‌برداران محلی می‌باشد.

تحلیل امتیاز ارزیابی اصلاح شده (ES*)

امتیاز ارزیابی اصلاح شده (ES*) حاصل ضرب امتیاز خام ES در وزن نرمال شده هر زیرمعیار است. این عملیات، دیدگاه کارشناسی در مورد اهمیت نسبی زیرمعیارها را با ارزیابی میدانی اثرات تلفیق می‌نماید. نتایج این بخش، تغییرات جالبی را در رتبه‌بندی و دامنه اثرات نشان می‌دهد. بزرگترین امتیاز ES به زیرمعیار کنترل سیلاب با مقدار ۳/۳۶ تعلق دارد که پس از اعمال وزن، همچنان در دامنه E+ (اثر مثبت زیاد) باقی مانده است. این نشان می‌دهد که پروژه در مهم‌ترین اولویت از دیدگاه کارشناسان (که بالاترین وزن را نیز داشته است)، بهترین عملکرد را داشته است. دومین امتیاز بزرگ به زیرمعیار افزایش آبدهی قنات با مقدار ۱/۵۸۴ تعلق دارد که در دامنه D+ قرار دارد. این نیز تطابق خوبی با اولویت کارشناسی (رتبه دوم) دارد.

نکته قابل توجه در این بخش، افزایش دامنه اثرات برای زیرمعیارهای فیزیکی و اجتماعی است. به عنوان مثال، زیرمعیار آبدهی چاه‌های کشاورزی که امتیاز خام آن ۶ (دامنه A+) بود، پس از اعمال وزن (۰/۰۵۴) به امتیاز ۰/۳۲۴ (هم‌چنان دامنه A+) رسید، اما وزن آن باعث شد تا در مقایسه با سایر زیرمعیارهای هم‌دامنه، از اهمیت بیشتری برخوردار شود. هم‌چنین وضعیت برای زیرمعیار رسوب‌گیری (امتیاز خام ۷، وزن ۰/۰۴۷، امتیاز اصلاح شده ۰/۳۲۹) و مشارکت

اگرچه پروژه در دو زیرمعیار کلیدی عملکرد بسیار خوبی داشته، اما به دلیل پوشش محدود اثرات (تمرکز بر چند زیرمعیار خاص) و بی‌اثری در تعداد زیادی از زیرمعیارها، امتیاز کلی آن در سطح ناچیز مثبت باقی مانده است.

در نگهداری پروژه (امتیاز خام ۶، وزن ۰/۰۳۴، امتیاز اصلاح شده ۰/۲۰۴) نیز صادق است. امتیاز کلی پروژه در این روش، ۰/۲۸ با دامنه +A (اثر مثبت ناچیز) برآورد شده است. این عدد نشان‌دهنده عملکرد متوسط پروژه در مجموع تمامی زیرمعیارها و با در نظر گرفتن اهمیت آن‌ها است.

جدول ۷- نتایج ماتریس ارزیابی سریع اثرات اقدامات آبخیزداری در روستای معدن فیروزه

Table 7. Results of the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for Watershed Management Actions in Firouzeh Mine

Village									
Criterion / معیار	Sub-Criterion / زیرمعیار	Environmental Assessment Score (ES) / امتیاز ارزیابی / محیط‌زیستی (ES)		Final & Normalized Sub-Criterion Weights / وزن‌های نهایی و نرمال شده زیرمعیارها	Modified Assessment Score (ES*) / امتیاز ارزیابی اصلاح شده		Modified Score per Criterion / امتیاز ارزیابی اصلاح شده برای هر معیار (ES*)		
		Letter Score / امتیاز	Range / دامنه حرفی		Modified Score / امتیاز اصلاح شده	Letter Range / دامنه حرفی	Score / امتیاز	Letter Range / دامنه حرفی	
Economic اقتصادی	Tourism potential / پتانسیل گردشگری	.	N	0.044	0.000	N			
	Increase in agricultural & orchard land area افزایش سطح اراضی باغی و زراعی	.	N	0.061	0.000	N			
	Increase in value of agricultural & orchard lands افزایش قیمت اراضی باغی و زراعی	.	N	0.048	0.000	N			
	Increase in agricultural & orchard production افزایش تولیدات باغی و زراعی	.	N	0.046	0.000	N	0.000		N
	Job creation ایجاد اشتغال	.	N	0.043	0.000	N			
	Increase in livestock number & production افزایش تعداد و تولیدات دامی	.	N	0.046	0.000	N			
	Participation in project maintenance & implementation مشارکت در نگهداری و اجرای پروژه	۶	+A	0.034	0.204	+A			
	Return of migrants from city to village بازگشت مهاجران از شهر به روستا	.	N	0.032	0.000	N	0.050		N
Social اجتماعی	Reduction of rural migration to other areas کاهش مهاجرت روستائیان به سایر مناطق	.	N	0.033	0.000	N			
	Social conflicts and disputes / اختلاف و درگیری‌های اجتماعی	.	N	0.038	0.000	N			

Continued Table 7. Results of the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for Watershed Management Actions in Firouzeh Mine Village

Physical فیزیکی	Increased discharge of agricultural wells		۶	+A	0.054	0.324	+A	0.830	+C
	آبدهی چاه‌های کشاورزی								
	Increased discharge of qanats		۱۶	+B	0.099	1.584	+D		
	افزایش آبدهی قنات								
	Increased discharge of springs		۰	N	0.050	0.000	N		
	افزایش آبدهی چشمه‌ها								
	Turbidity (sediment) control		۴	+A	0.033	0.132	+A		
	کنترل گل‌آلودگی								
	Flood control / کنترل سیلاب		۲۴	+C	0.140	3.360	+E		
	Stream gradient modification		۴	+A	0.027	0.108	+A		
Ecological اکولوژیکی	اصلاح شیب آبراهه								
	Sediment retention / رسوب‌گیری		۷	+A	0.047	0.329	+A		
	Impact on forage production		۰	N	0.023	0.000	N	0.036	N
	تأثیر بر تولید علوفه								
	Impact on green space		۰	N	0.021	0.000	N		
	تأثیر بر فضای سبز								
	Impact on landscape and scenery		۶	+A	0.030	0.180	+A		
	تأثیر بر مناظر و چشم‌انداز								
	Creation of suitable cultivation beds		۰	N	0.018	0.000	N		
	ایجاد بستر مناسب کشت								
Overall Project Assessment ارزیابی کلی پروژه	Impact on irrigation methods		۰	N	0.013	0.000	N		
	تأثیر بر نحوه آبیاری								
			۳,۳	+A	-	0.28	+A	-	

بحث و نتیجه‌گیری

حوزه کنترل سیلاب، بهترین عملکرد را داشته است. به‌طوری که زیرمعیار کنترل سیلاب با امتیاز خام ۲۴ و امتیاز اصلاح شده ۳/۳۶ در دامنه +E (اثر مثبت زیاد) و زیرمعیار افزایش آبدهی قنات با امتیاز خام ۱۶ و امتیاز اصلاح شده ۱/۵۸۴ در دامنه +D (اثر مثبت مشخص) قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که اطلاعات مبتنی بر شواهد عینی بوده است. اگرچه آمار دبی پیوسته قنات در دسترس نبود، تراز آب در پایاب قنات (مشاهده در بازدید میدانی) مبنای امتیازدهی قرار گرفت.

با این حال، نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که اثرات پروژه بسیار

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثرات اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز معدن فیروزه نیشابور و با تلفیق دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM) انجام شده است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که از دیدگاه کارشناسان، معیار فیزیکی با وزن ۰/۴۹۰ بالاترین اولویت را داشته و زیرمعیارهای کنترل سیلاب (وزن ۰/۱۴۰) و افزایش آبدهی قنات (وزن ۰/۰۹۹) مهم‌ترین دستاوردهای مورد انتظار از پروژه محسوب می‌شده‌اند. ارزیابی میدانی اثرات نیز مؤید آن است که پروژه در

متمركز بوده و از ۲۲ زیرمعیار مورد بررسی، ۱۴ زیرمعیار (عمدتاً در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی) فاقد اثر قابل توجه (دامنه N) بوده‌اند. یافته‌ها بیان می‌کند که اثرات این طرح از نظر سه شاخص اجتماعی، اکولوژیکی و اقتصادی دارای اثرات و تغییرات خنثی یا بی‌اثر (N) ولی از لحاظ شاخص فیزیکی دارای اثرات و تغییرات مثبت و متوسط (+C) هستند.

امتیاز نهایی ارزیابی پروژه با روش ترکیبی AHP-RIAM معادل ۰/۲۸ در دامنه A+ (اثر مثبت ناچیز) برآورد شده است. این امتیاز، هرچند مثبت است، اما نشان‌دهنده آن است که پتانسیل پروژه برای ایجاد اثرات گسترده‌تر (به‌ویژه در ابعاد اقتصادی و اجتماعی) محقق نشده است. بند خاکی احداث شده، اگرچه در مهار سیلاب و کاهش خسارات ناشی از آن (که خود دستاورد بزرگی محسوب می‌شود) موفق عمل کرده، اما نتوانسته است به موتور محرکه‌ای برای توسعه اقتصادی و اجتماعی منطقه تبدیل شود. از منظر مقایسه با پژوهش‌های پیشین، نتایج این مطالعه با یافته‌های Rezaei و همکاران [۱۹] که در ارزیابی طرح‌های آبخیزداری در مناطق روستایی استان زنجان نشان دادند اثرات اجتماعی-اقتصادی این طرح‌ها محدود و عمدتاً متمركز بر اهداف فیزیکی، همسو است. همچنین Madadi و Maleki [۱۰] در ارزیابی پیامدهای اجتماعی-اقتصادی پروژه‌های منابع طبیعی از دیدگاه ذی‌نفعان، به شکاف میان انتظارات و عملکرد واقعی در ابعاد اقتصادی اشاره کرده‌اند که مؤید یافته‌های پژوهش حاضر است. همچنین Abbasi و همکاران [۱] بر توانایی RIAM در یکپارچه‌سازی پارامترها و شفاف‌سازی ارزیابی‌ها تأکید کرده‌اند که نتایج پژوهش حاضر نیز این قابلیت را تأیید می‌کند. تلفیق روش‌های AHP و RIAM در این پژوهش به‌عنوان یک رویکرد کارآمد در ارزیابی پروژه‌های منابع طبیعی ارائه می‌شود که تحت شرایط مشابه (اقلیم نیمه‌خشک و تمرکز بر سازه‌های کنترل سیلاب) می‌تواند برای ارزیابی‌های آتی مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، تعمیم‌پذیری نتایج به مناطقی با شرایط متفاوت اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی نیازمند انجام تحلیل حساسیت و مطالعات تطبیقی است.

تلفیق نتایج حاصل از AHP و RIAM، تصویری جامع و گویا از وضعیت پروژه ارائه می‌دهد. تطابق قابل ملاحظه‌ای میان انتظارات کارشناسی (وزن‌های AHP) و عملکرد پروژه (امتیازات RIAM) در مورد مهم‌ترین معیارها و زیرمعیارها وجود دارد. کارشناسان معیار فیزیکی و به‌طور خاص زیرمعیارهای کنترل سیلاب و افزایش آبدهی قنات را به‌عنوان مهم‌ترین دستاوردهای مورد انتظار پروژه معرفی کرده بودند و ارزیابی میدانی نیز نشان می‌دهد که پروژه دقیقاً در همین دو حوزه، بهترین عملکرد را داشته است. این تطابق، نشان‌دهنده طراحی هدفمند پروژه و تناسب آن با نیازهای منطقه و انتظارات کارشناسی است.

با این حال، شکاف قابل توجهی میان انتظارات کارشناسی در مورد اثرات اقتصادی و اجتماعی پروژه (که وزن‌های قابل توجهی نیز به آن‌ها اختصاص یافته بود) و عملکرد واقعی پروژه در این حوزه‌ها

(که عمدتاً بی‌اثر ارزیابی شده) وجود دارد. این شکاف را می‌توان به چند دلیل عمده تفسیر نمود:

ماهیت پروژه و زمانی اثرات: پروژه‌های آبخیزداری، به‌ویژه از نوع سازه‌ای مانند بند خاکی، به‌طور مستقیم و در کوتاه‌مدت منجر به ایجاد اشتغال یا افزایش تولیدات کشاورزی نمی‌شوند. این پروژه‌ها با کنترل سیلاب و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، زیرساخت‌های لازم برای توسعه کشاورزی را فراهم می‌آورند. اما تحقق این توسعه، نیازمند اقدامات مکمل (تسهیلات، آموزش، بهبود روش‌های آبیاری) و زمان کافی است. به عبارت دیگر، بند خاکی شرط لازم برای رونق کشاورزی را فراهم کرده، اما شرط کافی نبوده است.

از طرف دیگر؛ اثرات اقتصادی و اجتماعی معمولاً به صورت غیرمستقیم و از طریق زنجیره‌ای از علت و معلول‌ها بروز می‌کنند. به‌عنوان مثال، کنترل سیلاب باعث کاهش خسارات می‌شود که این خود می‌تواند به مرور زمان منجر به افزایش سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی و در نتیجه افزایش تولید و اشتغال شود. اما این زنجیره ممکن است در بازه زمانی ارزیابی تکمیل نشده باشد.

تعداد ناقص پروژه‌های آبخیزداری اجرا شده در منطقه: در حوزه آبخیز فیروزه فقط یک بند خاکی احداث شده است که منجر به کنترل سیلاب فقط یک آبراهه در منطقه شده است. در حالی که در بازدیدهای میدانی آبراهه‌های دیگری هم در بالادست روستا وجود دارد که منجر به تخلیه رواناب منطقه و از دسترس شدن آن می‌شود. همچنین، علاوه بر بند خاکی دیگر اقدامات تکمیلی از جمله سازه‌های گابیونی و سنگی و ملاتی در بالادست باید احداث شود تا تأثیرات بهتر و کارآمدتری داشته باشد. همچنین، اقدامات بیولوژیک از جمله کاشت درختان و گونه‌های بومی نیز به اثرگذاری بیش‌تر اقدامات آبخیزداری در منطقه کمک شایانی می‌کند.

محدودیت‌های روش ارزیابی: زمانی که در فرایند ارزیابی، دسترسی به داده‌های معتبر وجود نداشته باشد و تصمیم‌گیری بر اساس داده‌های ثانویه ناقص انجام گیرد، ارزیابی به سمت ذهنی‌گرایی سوق می‌یابد. بنابراین، ممکن است کمبود داده‌های کمی و معتبر در مورد اثرات اقتصادی و اجتماعی، منجر به ارزیابی محافظه‌کارانه و نسبت دادن امتیاز N به این زیرمعیارها شده باشد.

بر اساس یافته‌های این پژوهش و به‌منظور افزایش اثربخشی پروژه‌های مشابه در آینده، پیشنهادات زیر ارائه می‌شود.

طراحی و اجرای پروژه‌های مکمل: صرفاً احداث سازه‌های حفاظتی کافی نیست. باید هم‌زمان یا پس از آن، پروژه‌های مکملی مانند اقدامات بیولوژیک و سازه‌ای در منطقه به‌منظور افزایش کارآمدی اقدامات آبخیزداری طراحی و احداث شود.

ارزیابی بلندمدت: اثرات اقتصادی و اجتماعی پروژه‌های آبخیزداری معمولاً در میان‌مدت و بلندمدت ظاهر می‌شوند. بنابراین، توصیه می‌شود ارزیابی این پروژه‌ها در بازه‌های زمانی مختلف (مثلاً ۵ و ۱۰ سال پس از اجرا) تکرار شود تا تصویر دقیق‌تری از تحولات به‌دست آید.

and Management, 23 (1), 33–49. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2020.110157>.

3. Dastranj, A., Noor, H., & Salehpour Jam, A. (2025). Assessing watershed management measures using the rapid impact assessment matrix (RIAM) in the Khanik-Gonabad Watershed. *Watershed Management Research*, 38 (148), 1–15. (In Persian). https://wmrj.areeo.ac.ir/article_133321.html.

4. Dogiso, D., Muluneh, A., & Ketema, A. (2025). Surface runoff and sediment yield responses to land use and cover changes: Implications for watershed management in the Gidabo Watershed, Ethiopia. *Hydrological Processes*, 39 (8), Article e70245. <https://doi.org/10.1002/hyp.70245>.

5. Haji Mohammadi, M., Nazari Samani, A., Keshtkar, H., Zare Garizi, A., Arabkhdri, M., Shafaie, V., & Movahedi Rad, M. (2025). Incorporating climate and land use projections with spatial optimization of best management practices for soil erosion and sediment control in a semi-arid mountainous watershed. *Science of the Total Environment*, 1008, Article 180993. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180993>.

6. Hermassi, T., Jarray, F., Tlili, W., Achour, I., & Mechergui, M. (2025). Integrative hydrologic modelling of soil and water conservation strategies: A SWAT-based evaluation of environmental resilience in the Merguellil watershed, Tunisia. *Frontiers in Water*, 7, Article 1521812. <https://doi.org/10.3389/frwa.2025.1521812>.

7. Khatibi, A. (2017). Evaluation of watershed management measures and rural resilience against drought [Master's thesis, Ferdowsi University of Mashhad].

8. Korozi, O., & Vagiona, D. G. (2024). Environmental impact assessment of onshore wind farms in the region of Central Greece using a modified RIAM method. *Journal of Environmental & Earth Sciences*, 6 (1), 71–82. <https://doi.org/10.30564/jees.v6i1.6173>.

9. Li, J., Liu, G., & Shen, Z. (2025). Integrating spatiotemporal variability of non-point source pollution and best management practice efficiency to improve adaptive watershed management. *Water Research*, 284, Article 124042. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.124042>.

10. Madadi, E & Maleki, M. (2018). Socio-economic impact assessment of the implemented natural resource projects from the Stakeholders perspectives (Case Study: Watershed Andabil-Khalkhal City). *RANGELAND*, 12 (3), 267-280. SID. <https://sid.ir/paper/136351/en>.

11. Madzík, P., & Falát, L. (2022). State-of-the-art on analytic hierarchy process in the last 40 years: Literature review based on Latent Dirichlet Allocation topic modelling. *PLOS ONE*, 17 (5),

توجه به معیارهای اجتماعی: با توجه به پایین بودن وزن معیار اجتماعی در ارزیابی کارشناسی و همچنین عملکرد ضعیف پروژه در این حوزه (به جز مشارکت در نگهداری)، پیشنهاد می‌شود در پروژه‌های آتی، مؤلفه‌های اجتماعی مانند مشارکت واقعی جوامع محلی در تمام مراحل پروژه (از طراحی تا اجرا و بهره‌برداری)، توجه به نیازها و اولویت‌های آن‌ها، و تقویت سرمایه اجتماعی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

پایش مستمر: ایجاد یک سیستم پایش مستمر برای جمع‌آوری داده‌های کمی و کیفی در مورد اثرات پروژه (به‌ویژه در حوزه منابع آب، کشاورزی و وضعیت اجتماعی-اقتصادی منطقه) می‌تواند در ارزیابی‌های آتی مفید واقع شده و از ذهنی‌گرایی در قضاوت‌ها بکاهد.

در پایان، می‌توان گفت که پروژه آبخیزداری در حوزه معدن فیروزه نیشابور در دستیابی به هدف اصلی خود یعنی کنترل سیلاب و کاهش خسارات ناشی از آن موفق بوده است. با این حال، برای تبدیل این موفقیت فیزیکی به توسعه پایدار روستایی، نیازمند نگاه جامع‌تر و اقدامات تکمیلی در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی است.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب سپاسگزاری خود را از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی به خاطر همکاری و تأمین داده‌ها اعلام می‌دارند.

تضاد منافع نویسندگان

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

دسترسی به داده‌ها

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

مشارکت نویسندگان

علی دسترنج: مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماري، نگارش نسخه اولیه مقاله.

حمزه نور: راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج.

منابع مورد استفاده

1. Abbasi, S., Modibbo, U. M., Jafari Kolashlou, H., Ali, I., & Kavousi, N. (2024). Environmental impact assessment with rapid impact assessment matrix method: During disaster conditions. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 10, Article 1344158. <https://doi.org/10.3389/fams.2024.1344158>.

2. Chaudhary, S., & Rawal, N. (2020). Rapid impact assessment matrix, sustainable analysis and environmental performance index-based approach for selection of wastewater treatment units. *International Journal of Environmental Technology*

18. Polyakov, M., Walsh, P., Daigneault, A., Vale, S., Phillips, C., & Smith, H. (2024). Cost-effectiveness of erosion mitigation to meet water clarity targets in the Manawātū-Whanganui Region of New Zealand. *Journal of Environmental Management*, 359, Article 120991. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120991>.
19. Rezaei, R., Vadadi, E., Mehrdoost, K., & Safa, L. (2014). Identifying and analyzing the impacts of watershed plans implementation in rural areas of Zanjan Province: Case study: Khomarak village. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development*, 45 (1), 115–123. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2014.51584>.
20. Ricci, G. F., Jeong, J., De Girolamo, A. M., & Gentile, F. (2020). Effectiveness and feasibility of different management practices to reduce soil erosion in an agricultural watershed. *Land Use Policy*, 90, Article 104306. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104306>.
21. Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
22. Wang, X., Liu, B., He, S., Yuan, H., Ji, D., Qi, L., Song, Y., & Xu, W. (2024). An analytic hierarchy process method to evaluate environmental impacts of in situ oil shale mining. *Sustainability*, 16 (4), Article 1363. <https://doi.org/10.3390/su16041363>.
23. Zhang, X., Qi, Y., Li, H., Sun, S., & Yin, Q. (2023). Assessing effect of best management practices in unmonitored watersheds using the coupled SWAT-BiLSTM approach. *Scientific Reports*, 13, Article 17166. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44531-7>
- Article e0268777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268777>.
12. Monteiro dos Santos, F., Coelho-Junior, M., Chaves Cardoso, J., Basso, V., de Paula Marques, A., & Ribeiro da Silva, E. (2020). Program outcomes of payments for watershed services in Brazilian Atlantic Forest: How to evaluate to improve decision-making and the socio-environmental benefits. *Water*, 12 (9), Article 2441. <https://doi.org/10.3390/w12092441>.
13. Muche, A. T., Ketsela, Y. S., & Meketaw Ali, B. (2024). Assessing the effectiveness of integrated watershed management practices and suggesting innovative strategies in southern Ethiopia. *Heliyon*, 10 (19), Article e38619. [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)14650-6](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)14650-6).
14. Musyoka, F. K., Strauss, P., Zhao, G., Strohmeier, S., Mutua, B. M., & Klik, A. (2023). Evaluating the impacts of sustainable land management practices on water quality in an agricultural catchment in Lower Austria using SWAT. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, Article 485. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11079-y>.
15. Nabi, G., Hussain, F., Wu, R.-S., Nangia, V., & Bibi, R. (2020). Micro-watershed management for erosion control using soil and water conservation structures and SWAT modeling. *Water*, 12 (5), Article 1439. <https://doi.org/10.3390/w12051439>.
16. Pacetti, T., Castelli, G., Cecconi, L., Tilli, L., Caporali, E., & Bresci, E. (2019). Water values: Participatory water ecosystem services assessment in the Arno River basin. In *Managing Water Resources for a Sustainable Future* (pp. 503-504). EWRA Editorial Office: Iroon Polytechniou 9, 157 80, Athens, Greece. <https://flore.unifi.it/handle/2158/1169301>.
17. Pastakia, C. M. R., & Jensen, A. (1998). The rapid impact assessment matrix (RIAM) for EIA. *Environmental Impact Assessment Review*, 18 (5), 461–482. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(98\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(98)00018-3).