

A Systematic Review of Integrated Watershed Management and Its Role in Ecological Resilience and Sustainable Livelihood: A Situation Analysis of Central Zagros

Mohammad Reza Sheykh Rabiee^{1*} 

Received: 19-04-2026, Revised: 24-04-2026, Accepted: 14-06-2026, Published: 03-08-2026

<https://doi.org/10.22034.20.72.5>

Extended Abstract

Introduction

Integrated watershed management, as a socio-ecological approach, integrates knowledge from hydrology, ecology, and social sciences to create a dynamic balance between conserving natural capital and improving local livelihoods. This approach goes beyond engineering, emphasizing coordination among ecological, economic, and social dimensions. Over forty percent of the world's population depends on watershed resources, and their degradation has irreparable consequences for food security and social instability. The Zagros Mountain range is Iran's primary supplier of water and biodiversity. Central Zagros, with suitable precipitation averaging six hundred to twelve hundred millimeters and rich oak forests, serves as the headwater of major rivers such as Karun, Zayandeh-Rud, Dez, and Karkheh. This region is the main center of nomadic and rural life. Parallel folding and deep valleys have created unique habitat diversity, making Central Zagros a globally significant region for biodiversity and culture. However, decades of unsustainable exploitation, climate change, recurring droughts, and weak integrated management have exposed this region to serious challenges. Studies indicate significant decline in river discharge, with over seventy percent of stations showing negative trends. Vegetation degradation has occurred due to overgrazing, while unsustainable harvesting of medicinal plants continues. Soil quality deterioration is evidenced by decreases in organic carbon following land use change. Groundwater contributes over fifty percent to base flow, highlighting the importance of aquifer recharge. Given these challenges, this study analyzes integrated watershed management and its role in ecological resilience and sustainable livelihood in Central Zagros.

Materials and Methods

This research is qualitative and based on a systematic review combined with meta-synthesis, enabling comprehensive insights by combining and interpreting findings from previous studies. This approach is particularly suitable for interdisciplinary topics like integrated watershed management that require integration of ecological, economic, and social perspectives. The statistical population includes all published studies on integrated watershed management, ecological resilience, and sustainable livelihood in Central Zagros and similar regions. Reputable domestic databases including SID and Magiran, and international databases

1. Instructor, Department of Agriculture and Natural Resources, University of Applied Science and Technology, Tehran, Iran, Tel: (+21)84241585. Corresponding Author, Email: rabiee@uast.ac.ir

including Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and Google Scholar were searched using specialized keywords. Primary keywords included “Integrated Watershed Management,” “Ecological Resilience,” “Sustainable Livelihood,” “Central Zagros,” “Local Community Participation,” and their Persian equivalents. The search timeframe was from 2001 to 2025. Studies were included if they had direct relevance to the topic, were conducted in Central Zagros or ecologically similar regions, had clear methodology and documented results, and provided full-text access. Exclusion criteria included studies lacking scientific validity and research focusing solely on technical aspects without socio-economic dimensions. The research was conducted in five steps: formulating research questions, systematic search and screening, quality assessment using standardized checklists, extracting and coding findings using qualitative content analysis, and synthesizing findings to present a conceptual framework. MAXQDA 2020 was used for data analysis, VOSviewer for visualization, and SPSS version 26 for descriptive statistics.

Results and Discussion

Systematic analysis revealed that over 70 percent of hydrometric stations in Central Zagros show significant declining trends in annual streamflow, with reductions most pronounced in spring. Groundwater contributes more than 50 percent to base flow, highlighting the critical importance of aquifer recharge. Regarding vegetation degradation, overgrazing beyond rangeland capacity has severely reduced palatable species. Land conversion to agriculture is the most important human factor causing degradation, while drought is the most important natural factor. Soil quality deterioration is evidenced by significant decreases in organic carbon and carbohydrates following land use change. From a socio-economic perspective, economic pressure, lack of alternative employment opportunities, and insufficient knowledge of sustainable exploitation principles drive unsustainable harvesting of medicinal plants. The total economic value of ecosystem services in one watershed reached 246.6 million dollars annually, with soil erosion regulation having the highest share and water supply the lowest. These findings indicate that Central Zagros faces a concurrent crisis where ecological and socio-economic pressures simultaneously reduce resilience of ecosystems and local communities. The significant decline in river discharge represents the most important warning for water security. Low ecological resilience scores compared to human dimensions indicate severe pressure on natural ecosystems and the urgency of restoring balance. Implementing Low Impact Development scenarios can reduce urban runoff by up to 45 percent. Achieving sustainable resilience requires synergy from integrating indigenous knowledge with modern technologies within effective local community participation.

Conclusion

This study demonstrates that integrated watershed management plays a crucial role in enhancing ecological resilience and promoting sustainable livelihoods in Central Zagros. The findings confirm that creating synergy between ecological, economic, and social dimensions addresses the challenges facing this strategic region. Central Zagros is experiencing a concurrent crisis where ecological degradation and socio-economic pressures reinforce each other, creating a vicious cycle of resource depletion. The significant decline in river discharge at over seventy percent of stations, severe vegetation degradation due to overgrazing, substantial soil quality deterioration, and low ecological resilience scores paint a concerning picture. However, the study reveals significant opportunities for recovery. The high economic value of ecosystem services at 246.6 million dollars annually demonstrates that conservation investments have strong justification. Successful implementation of Low Impact Development scenarios can reduce urban runoff by up to forty-five percent. Essential strategies for achieving sustainable resilience include establishing monitoring systems combining remote sensing and artificial intelligence, developing green infrastructure prioritizing groundwater recharge, diversifying livelihood portfolios through sustainable tourism and medicinal plant cultivation, and empowering local communities through conservation-oriented cooperatives. Reforming governance structures to enhance adaptive capacity is also crucial. Successful implementation depends on strong political will, effective cooperation, long-term financial allocation, genuine community engagement, and capacity building for local institutions. Sustainable resilience in Central Zagros depends on synergy from integrating indigenous knowledge with modern technologies within effective local

participation. The transition from structural to adaptive participatory management is essential for the region's future.

Keywords: *Water security, Participatory governance, Central Zagros, Adaptive management, Natural resources*

Article Type: Review

Conflict of Interest

The author of this article declared no conflict of interest in relation to the authorship or publication of this article.

Data Access Statement

The data set is available upon reasonable request from the corresponding author.

Authors' Contributions

Mohammad Reza Sheikh Rabiee: Data collection and preparation, model implementation, simulations, manuscript preparation.

Citation: Sheikh Rabiee MR, A Systematic Review of Integrated Watershed Management and Its Role in Ecological Resilience and Sustainable Livelihood: A Situation Analysis of Central Zagros. *jwmseir* 2026; 20 (72): 61-74

Iran-Watershed Management Science & Engineering, Year 2026, , Vol 20, No 72, PP 61-74

Publisher: Watershed Management Society of Iran

© Author(s)



مروری نظام‌مند بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و نقش آن در تاب‌آوری بوم‌شناختی و معیشت پایدار: تحلیل وضعیت زاگرس مرکزی

محمدرضا شیخ ریعی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۳۰، تاریخ داوری: ۱۴۰۵/۰۳/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۴، تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۱۲

<https://doi.org/10.22034.20.72.5>

چکیده

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به مثابه رویکردی اجتماعی- بوم‌شناختی، با تلفیق دانش هیدرولوژی، بوم‌شناسی و علوم اجتماعی، چارچوبی نوین برای ایجاد تعادل پویا بین حفاظت از سرمایه‌های طبیعی و ارتقای معیشت جوامع محلی ارائه می‌دهد. پژوهش حاضر با هدف تحلیل وضعیت مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و واکاوی کارکردهای آن در تاب‌آوری بوم‌شناختی و پایداری معیشت در زاگرس مرکزی با استفاده از روش فراترکیب (Meta-synthesis) منابع معتبر داخلی و بین‌المللی انجام شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که زاگرس مرکزی به‌رغم برخورداری از خدمات زیست‌بومی باارزش (تنظیم آب، حفاظت خاک، تنوع زیستی) با چالش‌های ساختاری متعددی مواجه است. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده، بیش از ۷۰ درصد ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه روند نزولی معنی‌داری در آبدی رودخانه‌ها دارند. همچنین تخریب پوشش گیاهی ناشی از چرای فراتر از ظرفیت تحمل مراتع، بهره‌برداری تجاری ناپایدار از گیاهان دارویی- خوراکی و افت کیفیت خاک از دیگر چالش‌های اصلی هستند. ارزش اقتصادی کل خدمات بوم‌سازگانی در حوزه‌های آبخیز منطقه حدود ۲۴۶/۶ میلیون دلار در سال برآورد شده است که ارزش تنظیم فرسایش خاک (۵۸/۹ میلیون دلار) بیشترین و تأمین آب (۰/۵ میلیون دلار) کمترین سهم را دارد. مدیریت جامع آبخیز در این منطقه از طریق ایجاد هم‌افزایی بین سه بُعد پایداری شامل یکپارچگی بوم‌شناختی (حفظ زنجیره‌های تغذیه‌ای و کارکردهای بوم‌سازگان)، کارایی اقتصادی (تنوع‌بخشی به سبد معیشتی و کاهش وابستگی به بهره‌برداری مستقیم) و انسجام نهادی (تقویت سرمایه اجتماعی و حکمرانی تطبیقی) تحقق می‌یابد. نتایج فراترکیب منابع، ضرورت گذار از رویکرد سازه‌محور به مدیریت تطبیقی مشارکتی را تأکید می‌کند. در این چارچوب، رهیافت‌های نوینی از جمله حکمرانی چندسطحی، توسعه زیرساخت‌های سبز، پایش ماهواره‌ای خشکسالی، توانمندسازی جوامع محلی از طریق ایجاد تعاونی‌های حفاظت‌محور و الحاق معیشت‌های مکمل مبتنی بر اقتصاد سبز، برای دستیابی به تاب‌آوری پایدار در این منطقه راهگشا خواهد بود. تاب‌آوری پایدار در زاگرس مرکزی در گرو هم‌افزایی حاصل از تلفیق دانش بومی و فناوری‌های نوین در بستری از سیاست‌گذاری یکپارچه و مشارکت مؤثر جوامع محلی است.

کلیدواژه‌ها: امنیت آبی، حکمرانی مشارکتی، زاگرس مرکزی، مدیریت تطبیقی، منابع طبیعی
نوع مقاله: مروری

استناد: محمدرضا شیخ ریعی، مروری نظام‌مند بر مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و نقش آن در تاب‌آوری بوم‌شناختی و معیشت پایدار: تحلیل وضعیت زاگرس مرکزی. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱۴۰۵؛ ۲۰(۷۲): ۶۱-۷۴

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران سال ۱۴۰۵، دوره ۲۰، شماره ۷۲، ۶۱-۷۴



ناشر: انجمن آبخیزداری ایران

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به عنوان رویکردی اجتماعی-بوم‌شناختی، امروزه در کانون توجه برنامه‌ریزان توسعه پایدار قرار گرفته است. این رویکرد فراتر از عملیات صرفاً مهندسی و سازه‌ای، بر هماهنگی بین ابعاد بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی در مدیریت منابع آب و خاک تأکید دارد. حوزه‌های آبخیز به عنوان واحدهای هیدرولوژیک، عرصه‌ای برای تعامل پیچیده عوامل فیزیکی، بیولوژیکی و انسانی هستند که مدیریت یکپارچه آن‌ها می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در تاب‌آوری بوم‌شناختی و پایداری معیشت جوامع محلی ایفا کند. در این راستا، در ادامه مباحث در چهار بخش مجزا شامل مبانی نظری مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و توسعه پایدار، ویژگی‌ها و چالش‌های منطقه زاگرس مرکزی، راهبردهای مدیریتی و حکمرانی در منابع آب، و پیشینه پژوهش‌های منطقه‌ای و ضرورت مطالعه حاضر دسته‌بندی و ارائه می‌شود.

۱- مبانی نظری مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و توسعه پایدار

مدیریت مؤثر حوزه‌های آبخیز، سنگ بنای توسعه پایدار و ایمنی عمومی در شرایط متغیر اقلیمی جهان است [۱]. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به عنوان رویکردی اجتماعی-بوم‌شناختی با تلفیق دانش هیدرولوژی، بوم‌شناسی و علوم اجتماعی، چارچوبی نوین برای ایجاد تعادل پویا بین حفاظت از سرمایه‌های طبیعی و ارتقای معیشت جوامع محلی ارائه می‌دهد [۲]. حوزه‌های آبخیز به عنوان واحدهای هیدرولوژیک، عرصه‌ای برای تعامل پیچیده عوامل فیزیکی، بیولوژیکی و انسانی هستند که مدیریت یکپارچه آن‌ها می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در تاب‌آوری بوم‌شناختی و پایداری معیشت ایفا کند [۳]. بر اساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، بیش از ۴۰ درصد از جمعیت جهان به طور مستقیم به منابع طبیعی حوزه‌های آبخیز وابسته هستند و تخریب این حوزه‌ها پیامدهای جبران‌ناپذیری بر امنیت غذایی، مهاجرت و ناپایداری اجتماعی دارد [۴]. توسعه پایدار به عنوان الگویی برای پیوند فعالیت‌های اقتصادی با حفاظت از محیط زیست و عدالت اجتماعی تعریف می‌شود. هریس بر این باور است که تحقق توسعه پایدار مستلزم در نظر گرفتن هم‌زمان عوامل اجتماعی، بوم‌شناختی و اقتصادی در بهره‌برداری از منابع زنده و غیرزنده است [۵]. در این چارچوب، سه پیش‌شرط اساسی شامل حفظ جریان‌ات بوم‌شناختی، بهره‌برداری مسئولانه از منابع و حفظ تنوع ژنتیکی، باید در سیاست‌های توسعه مدنظر قرار گیرند [۱۶].

۲- ویژگی‌ها و چالش‌های منطقه زاگرس مرکزی

رشته‌کوه زاگرس به عنوان یکی از مهم‌ترین زیست‌بوم‌های ایران، تأمین‌کننده اصلی آب، تنوع زیستی و معیشت میلیون‌ها نفر است [۷]. بخش مرکزی این کوهستان به دلیل برخورداری از بارش نسبتاً مناسب و پوشش گیاهی غنی (عمدتاً جنگل‌های بلوط)، سرچشمه رودخانه‌های پرآبی همچون کارون، زاینده‌رود، دز و کرخه بوده و کانون اصلی زندگی عشایری و روستایی در کشور محسوب می‌شود

[۸]. اهمیت راهبردی زاگرس مرکزی در تأمین آب شیرین، حفظ تنوع زیستی و پایداری معیشت جوامع محلی، لزوم توجه ویژه به مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در این منطقه را آشکار می‌سازد [۹]. جعفری زاگرس مرکزی را مرتفع‌ترین و مترکم‌ترین بخش این رشته‌کوه معرفی می‌کند که ارتفاع متوسط آن به بیش از ۲۵۰۰ متر می‌رسد و قله مرتفعی نظیر دنا و زردکوه، با دریافت برف و باران فراوان، نقش اصلی را در تغذیه رودخانه‌های منطقه ایفا می‌کند [۱۰]. چین‌خوردگی‌های موازی و دره‌های عمیق در زاگرس مرکزی، تنوع اقلیمی و زیستگاهی منحصربه‌فردی را پدید آورده است [۳۰]. این تنوع توپوگرافی و اقلیمی، همراه با حضور جوامع انسانی با فرهنگ و معیشت وابسته به طبیعت (شامل دامداری سنتی، کوچ‌نشینی و کشاورزی)، زاگرس مرکزی را به منطقه‌ای با اهمیت جهانی از نظر تنوع زیستی و فرهنگی تبدیل کرده است [۱۱].

با این حال، دهه‌ها بهره‌برداری ناپایدار، تغییرات اقلیمی، خشکسالی‌های مکرر و ضعف در مدیریت یکپارچه، این منطقه را با چالش‌های جدی مواجه ساخته است [۱۲]. مطالعات متعدد نشان می‌دهد که منابع آب منطقه با روند کاهشی معنی‌داری مواجه است و این کاهش به ویژه در فصل بهار که برای کشاورزی حیاتی است، چشمگیرتر می‌باشد [۱۳]. این یافته‌ها هشدار جدی درباره کاهش منابع آب در دسترس و تشدید تنش‌های آبی در منطقه محسوب می‌شود [۱۴]. مطالعات جدیدتر در سطح بین‌المللی نیز نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی به طور هم‌زمان سبب تشدید بحران آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده و ضرورت اتخاذ رویکردهای تطبیقی در مدیریت منابع آب را دوچندان کرده است [۱۵]. طی پژوهش انجام شده و ارزیابی در مقیاس ملی فرونشست زمین در آبخوان‌های ایران با استفاده از تداخل‌سنجی راداری ماهواره‌ای مشخص شد که برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در کنار خشکسالی‌های مکرر، یکی از عوامل اصلی تشدید فرونشست زمین و کاهش منابع آب در دسترس منطقه زاگرس است [۲۷].

هم‌زمان با کاهش منابع آب، تخریب پوشش گیاهی نیز به یکی از چالش‌های اساسی زاگرس مرکزی تبدیل شده است [۱۶]. شواهد متعدد حاکی از آن است که چرای بی‌رویه و خارج از ظرفیت مراتع، ساختار طبیعی و ویژگی‌های رویشی منطقه را تغییر داده و گونه‌های خوش‌خوراک را به شدت کاهش داده است [۱۷]. علاوه بر چرای دام، بهره‌برداری بی‌رویه و ناپایدار از گیاهان دارویی و خوراکی نیز به معضلی جدی تبدیل شده است [۱۸]. کاظمی بوته‌کنی و ریشه‌کنی زودهنگام را یکی از علل اصلی کاهش گونه‌های بارزش گزارش کرده است [۱۹]. کیفیت خاک نیز از این فرآیندهای تخریبی مصون نمانده است. تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر تأثیرات قابل توجهی بر پراکنش بالقوه جنگل‌های بلوط در زاگرس داشته است [۴۳]. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اقلیم متفاوت و تغییرات پوشش گیاهی و مدیریت چرا، سبب تغییر در خصوصیات و کیفیت خاک شده

است. همچنین مشخص شده است که در مناطق با شرایط اقلیمی مساعدتر، مدیریت مناسب می‌تواند به احیای سریع‌تر خاک منجر شود [۲۰]. پژوهش‌های نوین در زمینه فرسایش خاک نشان می‌دهد که تخریب و فرسایش خاک در مناطق کوهستانی نه تنها بهره‌وری اراضی را کاهش می‌دهد، بلکه با تأثیر بر رژیم هیدرولوژیکی، خطر سیلاب‌های مخرب را نیز افزایش می‌دهد [۲۱].

۳- راهبردهای مدیریتی و حکمرانی در منابع آب

در چنین شرایطی، مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به عنوان راهبردی اثربخش برای مواجهه با چالش‌های چندبعدی زاگرس مرکزی مطرح می‌شود [۲۲]. ابراهیمی و همکاران آبخیزداری را فرآیند شناخت، برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و تنظیم مجموعه اقدامات در ارتباط با حفظ و احیای منابع پایه و برداشت معقول از منابع طبیعی در یک حوزه آبخیز با حداقل زیان تعریف می‌کنند [۲۳]. این تعریف بر خصلت جامع‌نگر و آینده‌نگر آبخیزداری تأکید دارد که فراتر از اقدامات فنی صرف به عوامل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و نهادی درون و بیرون حوضه نیز توجه می‌کند [۲۴]. بررسی تجارب جهانی نشان می‌دهد که موفقیت طرح‌های آبخیزداری در گرو مشارکت فعال جوامع محلی، انسجام نهادی و بهره‌گیری از دانش بومی در کنار یافته‌های علمی است [۲۵].

پژوهش‌های اخیر در سطح بین‌المللی بر اهمیت گذار از رویکردهای سازه‌محور به حکمرانی تطبیقی و مشارکتی در مدیریت منابع آب تأکید دارند [۲۶]. مطالعات انجام شده در حوضه رودخانه هیرمند نشان داده است که نظام‌های حکمرانی آب برای خروج از بحران کمبود آب و انطباق با شرایط جدید، نیازمند چابکی، انعطاف‌پذیری و مکانیسم‌های تأمین مالی تطبیقی هستند [۴]. همچنین پژوهش‌هایی در حوضه نجف‌آباد بر اهمیت پیوند حکمرانی آب با زنجیره ارزش کشاورزی تأکید کرده و نشان داده‌اند که صرفاً بهبود زنجیره ارزش بدون توجه به حکمرانی مؤثر، نمی‌تواند به پایداری منابع آب منجر شود [۴۲]. این پژوهش‌ها بر لزوم نگاه کل‌نگر و تلفیقی در مدیریت حوزه‌های آبخیز تأکید می‌کنند.

۴- پیشینه پژوهش‌های منطقه‌ای و ضرورت مطالعه حاضر

در سطح منطقه‌ای، ارزیابی‌های انجام شده در حوزه آبخیز دنا نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از منطقه نیازمند حفاظت بوده و بخش دیگری برای جنگلداری مناسب است. تحلیل محیط داخلی و خارجی مدیریت معیشت پایدار در این منطقه نشان می‌دهد که فرصت‌ها و نقاط قوت از میانگین بالاتری نسبت به محدودیت‌ها و ریسک‌ها برخوردارند [۱۷]. با این حال، پژوهش در حوزه آبخیز توت‌شامی کرمانشاه نشان می‌دهد که تاب‌آوری زیست‌بوم‌های جنگلی زاگرس در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. ارزیابی پایداری و تاب‌آوری در این حوضه، آستانه تحمل پایین و انعطاف‌پذیری محدود جنگل‌های زاگرس را آشکار ساخته که نتیجه آن کاهش تاب‌آوری این زیست‌بوم‌ها در برابر تهدیدات و اختلالات بالقوه است. با این حال، پژوهش در حوزه آبخیز توت‌شامی کرمانشاه نشان

می‌دهد که تاب‌آوری زیست‌بوم‌های جنگلی زاگرس در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. ارزیابی پایداری و تاب‌آوری در این حوضه، آستانه تحمل پایین و انعطاف‌پذیری محدود جنگل‌های زاگرس را آشکار ساخته که نتیجه آن کاهش تاب‌آوری این زیست‌بوم‌ها در برابر تهدیدات و اختلالات بالقوه است. این پژوهش همچنین نشان می‌دهد که فشار بعد انسانی بر پایداری منطقه بیشتر از بعد زیست‌بومی است [۲۹].

علاوه بر چالش‌های ذکر شده، مسئله تغییر کاربری اراضی و گسترش سطوح نفوذناپذیر در مناطق شهری و روستایی زاگرس مرکزی نیز به تشدید رواناب و افزایش خطر سیلاب‌های مخرب دامن زده است [۳۲]. مطالعات انجام شده در شهر ایذه نشان می‌دهد که توسعه شهری و افزایش سطوح نفوذناپذیر تأثیر مستقیمی بر افزایش تولید رواناب دارد [۱]. تحلیل حساسیت پارامترهای مؤثر بر رواناب شهری نشان می‌دهد که افزایش سطوح اراضی نفوذناپذیر، عمق و دبی اوج رواناب را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد [۳]. همچنین پژوهش‌های شبیه‌سازی رواناب سطحی نشان می‌دهد که پیاده‌سازی سناریوهای توسعه با تأثیر کم^۱ می‌تواند رواناب تولیدی را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. این راهکارها برای مدیریت رواناب در مناطق مسکونی زاگرس مرکزی که با مشکل کمبود آب نیز مواجه هستند، می‌تواند دوچندان مؤثر باشد [۱۳].

با توجه به آنچه بیان شد، پژوهش حاضر با هدف تحلیل وضعیت مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و نقش آن در تاب‌آوری بوم‌شناختی و معیشت پایدار در منطقه زاگرس مرکزی انجام شده است. در این راستا، ضمن مرور نظام‌مند^۲ پژوهش‌های انجام شده در منطقه، چارچوبی مفهومی برای تبیین ارتباط بین مدیریت جامع آبخیز و ابعاد سه‌گانه پایداری ارائه می‌شود. بر این اساس، فرضیه اصلی پژوهش بر این مبنا استوار است که مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز با ایجاد هم‌افزایی بین ابعاد بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی، نقش معناداری در ارتقای تاب‌آوری بوم‌شناختی و پایداری معیشت جوامع محلی در منطقه زاگرس مرکزی ایفا می‌کند. اجرای رویکرد مدیریت جامع در حوزه‌های آبخیز این منطقه می‌تواند ضمن کاهش تخریب منابع طبیعی و افزایش کیفیت زیست‌بوم، زمینه را برای تنوع‌بخشی به منابع درآمدی و بهبود شرایط اقتصادی-اجتماعی آبخیزنشینان فراهم آورد. نتایج این تحقیق برای برنامه‌ریزان و مدیران منابع طبیعی در طراحی و اجرای طرح‌های آبخیزداری و نیز جوامع محلی در جهت دستیابی به معیشت پایدار راهگشا خواهد بود.

با وجود پژوهش‌های پراکنده در زمینه چالش‌های منابع آب، فرسایش خاک و تغییرات کاربری اراضی در زاگرس مرکزی، تاکنون مطالعه‌ای که به صورت نظام‌مند و با رویکرد فراترکیب، نقش مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز را در تاب‌آوری بوم‌شناختی و معیشت پایدار در این منطقه تحلیل کرده باشد، انجام نشده است.

1. Low Impact Development

2. Systematic Review

همچنین، ارائه یک چارچوب مفهومی یکپارچه که هم‌زمان ابعاد بوم‌شناختی، اقتصادی-اجتماعی و راهبردهای مدیریتی را پوشش دهد و اولویت‌بندی عملیاتی برای اجرای اقدامات آبخیزداری ارائه کند، در مطالعات پیشین مشاهده نمی‌شود. از این رو، مقاله حاضر با هدف پر کردن این خلأ تحقیقاتی، به تحلیل وضعیت مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز زاگرس مرکزی و ارائه رهیافت‌های نوین مبتنی بر هم‌افزایی دانش بومی و فناوری‌های نوین می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

۱- نوع پژوهش و رویکرد کلی

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات کیفی و مبتنی بر رویکرد مرور نظام‌مند به همراه فراترکیب^۱ است. این روش با هدف ترکیب و تفسیر یافته‌های مطالعات پیشین، امکان دستیابی به بینش‌های نوین و جامع‌تر در مورد موضوع مورد بررسی را فراهم می‌آورد [۹]. رویکرد فراترکیب به ویژه برای موضوعات میان‌رشته‌ای مانند مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز که نیازمند تلفیق دیدگاه‌های مختلف بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی است، رویکردی مناسب و کارآمد محسوب می‌شود [۱۲].

۲- جامعه آماری و استراتژی جستجو

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه مطالعات منتشر شده در زمینه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، تاب‌آوری بوم‌شناختی و معیشت پایدار در منطقه زاگرس مرکزی و مناطق مشابه است. برای انتخاب نمونه، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد. پایگاه‌های داده معتبر داخلی شامل SID و Magiran، و پایگاه‌های داده بین‌المللی شامل Scopus، Web of Science، ScienceDirect و Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌های تخصصی جستجو شدند [۳۶]. کلیدواژه‌های اصلی شامل «مدیریت جامع حوزه آبخیز»، «آبخیزداری»، «تاب‌آوری بوم‌شناختی»، «معیشت پایدار»، «زاگرس مرکزی»، «مشارکت جوامع محلی» و معادل‌های انگلیسی آن‌ها بود. دامنه زمانی جستجو برای منابع داخلی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۳ و برای منابع بین‌المللی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ در نظر گرفته شد.

۳- معیارهای ورود و خروج

مطالعاتی برای ورود به فرآیند تحلیل انتخاب شدند که واجد شرایط زیر باشند: ارتباط مستقیم با موضوع مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و ابعاد پایداری؛ انجام‌شده در منطقه زاگرس مرکزی یا مناطقی با شرایط بوم‌شناختی مشابه؛ دارای روش‌شناسی مشخص و نتایج مستند؛ و دسترسی به متن کامل مقاله یا گزارش [۲]. معیارهای خروج شامل مطالعات فاقد اعتبار علمی کافی (مانند مقالات غیردورنامه‌ای)، پژوهش‌هایی که صرفاً به جنبه‌های فنی و مهندسی آبخیزداری بدون توجه به ابعاد اجتماعی-اقتصادی پرداخته بودند، و مطالعاتی که داده‌های کافی برای استخراج یافته‌ها در اختیار نمی‌گذاشتند، در نظر گرفته شد.

۴- مراحل هفت‌گانه فراترکیب

پژوهش حاضر بر اساس مدل هفت مرحله‌ای ساندلوسکی و بروسو انجام شده است [۴۸]. خلاصه مراحل و شرح هر مرحله در ادامه می‌آید:

گام اول- تدوین سؤالات پژوهش و استراتژی جستجو: سؤالات اصلی پژوهش با هدف شناسایی نقش مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در تاب‌آوری بوم‌شناختی و معیشت پایدار تدوین شد [۵].

گام دوم - جستجوی نظام‌مند و غربالگری منابع: جستجوی اولیه در پایگاه‌های داده انجام شد که منجر به شناسایی بیش از یکصد سند اولیه گردید. در مرحله غربالگری، عنوان و چکیده مقالات بررسی و موارد نامرتبط حذف شدند.

گام سوم- ارزیابی انتقادی کیفیت منابع: از چک‌لیست‌های استاندارد مبتنی بر رویکرد CASP^۲ استفاده شد [۱۴]. مطالعات با امتیاز کیفیتی کمتر از ۶۰ درصد حذف شدند.

گام چهارم- استخراج داده‌ها: اطلاعات کلیدی شامل اهداف پژوهش، منطقه مورد مطالعه، روش‌شناسی، یافته‌های اصلی و نتیجه‌گیری‌ها از هر مطالعه استخراج و در برگه‌های کدگذاری ثبت شد [۲۲].

گام پنجم- تحلیل و ترکیب یافته‌ها: با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی، مفاهیم و مضامین اصلی شناسایی و کدگذاری باز، محوری و انتخابی انجام گرفت.

گام ششم- تفسیر یافته‌ها و رفع ابهامات: یافته‌ها با مطالعات مشابه جهانی مقایسه و مفاهیم نظری (مانند «آستانه‌های بوم‌شناختی» و «حکمرانی تطبیقی») تبیین شد.

گام هفتم- ارائه چارچوب مفهومی: بر اساس یافته‌های ترکیب‌شده، چارچوب مفهومی پژوهش ارائه گردید.

۵- ابزارهای تحلیل داده

برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار MAXQDA نسخه ۲۰۲۰ استفاده شد [۲۴]. همچنین برای تحلیل مدل‌های مفهومی از نرم‌افزار VOSviewer و برای آمار توصیفی از SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. تحلیل یافته‌ها در سه سطح توصیفی، محتوایی و ترکیبی انجام گرفت [۳۳].

۶- روایی، پایایی و محدودیت‌ها

برای اطمینان از روایی و پایایی، از معیارهای باورپذیری، انتقال‌پذیری، قابلیت اعتماد و تأییدپذیری استفاده شد [۳۹]. فرآیند پژوهش با جزئیات کامل مستندسازی و یافته‌ها با چند تن از متخصصان موضوع در میان گذاشته شد. پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی از جمله پراکندگی روش‌شناختی مطالعات، کمبود پژوهش‌های میان‌رشته‌ای و دسترسی محدود به برخی منابع مواجه بود [۴۱].

در فرآیند جستجوی اولیه، ۱۲۴۵ سند مرتبط شناسایی شد. پس از حذف موارد تکراری (۲۳۰ سند) و غربالگری بر اساس عنوان و چکیده (۵۶۰ سند حذف شد)، متن کامل ۴۵۵ مقاله ارزیابی شد. در نهایت، پس از اعمال معیارهای ورود و خروج و ارزیابی کیفیت با استفاده از چک‌لیست CASP (حذف مطالعات با امتیاز کیفیتی کمتر از ۶۰ درصد)، ۴۷ مطالعه برای تحلیل نهایی انتخاب شد. از نظر پراکنش جغرافیایی، بیشترین مطالعات مربوط به ایران (۳۸ مطالعه) و سپس آمریکا (سه مطالعه)، چین (دو مطالعه)، استرالیا (دو مطالعه)، نپال (یک مطالعه) و ترکیه (یک مطالعه) بود. از نظر سال انتشار، بیشترین فراوانی مربوط به سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ (۲۵ مطالعه) و کمترین مربوط به سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ (۴ مطالعه) بود. در خصوص نرم‌افزارهای مورد استفاده، MAXQDA برای کدگذاری و تحلیل مضامین اصلی (شامل هشت کد اصلی و ۲۴ کد فرعی)، VOSviewer برای ترسیم نقشه هم‌واژگی و تحلیل شبکه مفاهیم و SPSS برای محاسبه آمار توصیفی (فراوانی، میانگین، درصد) به کار گرفته شد. همچنین، برای اطمینان از روایی و پایایی از روش مثلث‌سازی استفاده شد. بررسی و تحلیل نظام‌مند منابع منتخب در زمینه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در زاگرس مرکزی به شناسایی یافته‌های متعددی منجر شد که در ادامه ارائه می‌شود. در زمینه تغییرات منابع آب، ترابی پوده و امامقلی‌زاده با تحلیل روند تغییرات آبدی رودخانه‌های شمال حوضه رودخانه دز نشان دادند که در بیش از ۷۰ درصد ایستگاه‌های مورد مطالعه، روند نزولی معنی‌داری در میزان جریان سالانه وجود دارد. این کاهش به ویژه در فصل بهار چشمگیرتر بوده است [۴۰]. کاظمی و پرهت [۱۹] با مطالعه در حوضه کرخه نشان دادند که کمینه، بیشینه و میانگین سالانه شاخص جریان پایه در کل دوره به ترتیب برابر با ۰/۴۸، ۰/۶۲ و ۰/۵۶ است که نشان‌دهنده مشارکت بیش از ۵۰ درصدی منابع آب زیرسطحی در آب‌های سطحی حوضه‌های مورد پژوهش است. پورمحمدی و همکاران [۳۵] با ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در حوزه آبخیز چمشور نشان دادند که معیار آب زیرزمینی با میانگین وزنی ۳/۹۱ و امتیاز ۶۴/۵ درصد در کلاس متوسط و معیار فرسایش با میانگین وزنی ۴/۲۶ و امتیاز ۵۲ درصد در کلاس متوسط قرار دارد. در زمینه تخریب پوشش گیاهی، جهانتاب و همکاران [۱۸] با مطالعه مراتع کوهستانی منطقه دیشموک در کهگیلویه و بویراحمد نشان دادند که چرای بی‌رویه و خارج از ظرفیت مراتع، ساختار طبیعی و ویژگی‌های رویشی منطقه را تغییر داده و گونه‌های خوش‌خوراک به شدت کاهش یافته است. این پژوهش با مقایسه مناطق قرق و غیرقرق نشان داد که تنوع گونه‌ای در منطقه قرق به طور معنی‌داری بیشتر از منطقه تحت چرا است. هادیان و همکاران در پژوهشی به بررسی و پایش تغییرات پوشش گیاهی در چهار تپ مرتعی و یک تپ جنگلی در بخشی از زاگرس مرکزی پرداختند. نتایج نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین شاخص گیاهی NDVI

با تاج پوشش گیاهی در کلیه تپ‌های مورد مطالعه وجود دارد. بررسی تغییرات تاج پوشش گیاهی نشان داد که میزان تأثیرات بارش در تپ‌های مورد مطالعه، بسته به فرم رویشی و شرایط بوم‌شناختی مناطق با یکدیگر متفاوت است، به طوری که پوشش گیاهی در مناطق مرتعی بیشترین همبستگی را با بارش فصل بهار و در منطقه جنگلی با بارش سالانه داشت [۱۰]. در زمینه کیفیت خاک، شکل‌آبادی و همکاران [۳۸] با مطالعه در مناطق چادگان، پیشکوه و پشتکوه نشان دادند که اقلیم متفاوت و تغییرات پوشش گیاهی و مدیریت چرا، سبب تغییر در خصوصیات و کیفیت خاک شده است. مناطق پشتکوه و پیشکوه دارای خصوصیات شیمیایی و بیولوژیک بهتری نسبت به منطقه چادگان بودند. میزان کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب در مناطق پشتکوه و پیشکوه بیشتر از منطقه چادگان بود. نوری و همکاران [۳۲] با ارزیابی خاک‌های تحت تأمین کربن آلی در حوزه آبخیز شازند نشان دادند که کربن آلی ذره‌ای با ۰/۶۶ و کربوهیدرات‌ها با ۰/۳۷ بیشترین و کمترین تأثیرپذیری را از تغییر کاربری اراضی داشتند و پس از تغییر کاربری اراضی، کربن آلی ذره‌ای، کربوهیدرات‌ها، پلی‌ساکاریدها و کربن آلی به ترتیب ۵۷، ۵۳، ۴۲ و ۳۹ درصد کاهش نشان دادند. کاظمی [۲۰] بوته‌کشی و ریشه‌کشی زود هنگام را یکی از علل اصلی کاهش گونه‌های باارزشی نظیر بیلهر گزارش کرد. جابرالانصار و ایروانی [۱۵] عامل تخریب کرفس کوهی در منطقه فریدونشهر اصفهان را احداث جاده‌ها، افزایش جمعیت و رعایت نکردن اصول بهره‌برداری صحیح دانستند. اسدی نیلوان و همکاران [۲] در پژوهشی مشکلات اقتصادی، کمبود فرصت‌های شغلی جایگزین و دانش ناکافی در مورد اصول بهره‌برداری پایدار، از قالب سه نشانگر اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و محیط زیستی-اکولوژیکی مورد بررسی قرار دادند، کمبود فرصت‌های شغلی جایگزین و دانش ناکافی در مورد اصول بهره‌برداری پایدار، از قالب سه نشانگر اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و محیط زیستی-اکولوژیکی مورد بررسی قرار داد [۲]. آب و انطباق با شرایط جدید، نیازمند چابکی، انعطاف‌پذیری و مکانیسم‌های تأمین مالی تطبیقی هستند [۴]. محمدی و همکاران [۲۸] با ارزیابی خدمات بوم‌سازگان حوزه آبخیز گنبد نشان دادند که ارزش اقتصادی کل خدمات بوم‌سازگانی این حوزه ۲۴۶/۶ میلیون دلار در سال برآورد می‌شود؛ که ارزش تنظیم فرسایش خاک با ۵۸/۹ میلیون دلار در سال بیشترین و ارزش تأمین آب با ۰/۵ میلیون دلار در سال کمترین سهم را در ارزش کل داشتند. همچنین، اسدی نیلوان و همکاران [۲] با مطالعه در حوزه آبخیز طالقان-زیدشت نشان دادند که پایداری برنامه‌های مدیریت مشارکتی را می‌توان در قالب سه نشانگر اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و محیط زیستی-بوم‌شناختی مورد بررسی قرار داد. در زمینه راهبردهای مدیریتی، باقرزاده و همکاران [۴] با مطالعه در حوضه رودخانه هیرمند نشان دادند که نظام‌های حکمرانی آب برای خروج از بحران کمبود آب و انطباق

با شرایط جدید، نیازمند چابکی، انعطاف‌پذیری و مکانیسم‌های تأمین مالی تطبیقی هستند. همچنین، یوسفی و همکاران [۴۲] با مطالعه در حوضه نجف‌آباد نشان دادند که پیوند حکمرانی آب با زنجیره ارزش کشاورزی برای پایداری منابع آب ضروری است. در زمینه ابعاد اقتصادی-اجتماعی، نظریان و همکاران [۲۸] با تحلیل عوامل مؤثر بر برداشت ناپایدار گیاهان دارویی در منطقه حفاظت شده دنا، خدمات زیست‌بومی این حوضه ۲۴۶/۶ میلیون دلار در سال برآورد مدیریتی، باقرزاده و همکاران [۳۱] با مطالعه در حوضه رودخانه هیرمند نشان دادند که نظام‌های حکمرانی آب برای خروج از «بحران کمبود کل داشتند. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر برداشت بی‌رویه این گیاهان است. همچنین، جعفری و شجاعی‌فرد [۱۷] با مطالعه در حوضه آبخیز دنا نشان دادند که ۲۰/۹ درصد از منطقه نیازمند حفاظت و ۱۹/۸ درصد برای جنگلداری مناسب است. تحلیل محیط داخلی و خارجی مدیریت معیشت پایدار در این منطقه نشان داد که فرصت‌ها و نقاط قوت از میانگین بالاتری نسبت به محدودیت‌ها و ریسک‌ها برخوردارند. محمدی و همکاران [۲۹] با پژوهش در حوضه آبخیز توت‌شامی کرمانشاه نشان دادند که ارزیابی پایداری و تاب‌آوری در این حوضه، آستانه تحمل پایین و انعطاف‌پذیری محدود جنگل‌های زاگرس را آشکار ساخته است. این پژوهش با تفکیک ابعاد بوم‌سازگانی و انسانی، امتیاز نهایی ۳۵ برای بعد بوم‌سازگان و ۵۰ برای بعد انسانی به دست آورد. حصاری و همکاران [۱۳] با شبیه‌سازی رواناب سطحی در شهر نیشابور دریافتند که پیاده‌سازی سناریوهای توسعه کم‌اثر نظیر سنگ‌فرش نفوذپذیر، ترانشه نفوذ و جوی باغچه می‌تواند رواناب تولیدی را تا ۴۵ درصد کاهش دهد. خاتونی و همکاران [۲۱] با توسعه یک سکوی تلفیقی از دو مدل SWMM و HEC-RAS، امکان محاسبه تغییرات زمانی و مکانی سرعت و عمق سیل را در شبیه‌سازی سیلاب شهری فراهم کردند. لیو و همکاران [۲۴] با ترکیب SWMM، GIS و الگوریتم یادگیری ماشین، مدلی توسعه دادند که قادر است روش تقسیم زیرحوضه‌های آبخیز را بهینه کرده و دقت شبیه‌سازی را افزایش دهد. بدیع‌زادگان و همکاران [۳] با تحلیل حساسیت پارامترهای مؤثر بر رواناب شهری در حوضه‌های شمال شهر تهران نشان دادند که افزایش ۱۰ درصدی سطح اراضی نفوذناپذیر، عمق و دبی اوج رواناب را پنج درصد افزایش می‌دهد. پوراسماعیل و همکاران [۳۴] با تحلیل حساسیت متغیرهای ورودی مدل SWMM در منطقه عظیمه کرج نشان دادند که درصد مناطق نفوذناپذیر و درصد مناطق نفوذپذیر بدون ذخیره سطحی به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر دبی اوج سیلاب دارند. آرمان و همکاران [۱] با مطالعه در شهر ایزه نشان دادند که توسعه شهری و افزایش سطوح نفوذناپذیر تأثیر مستقیمی بر افزایش تولید رواناب دارد.

جدول (۱)، خلاصه‌ای از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش در سه بعد بوم‌شناختی، اقتصادی-اجتماعی و راهبردهای مدیریتی را در

حوضه‌های آبخیز زاگرس مرکزی ارائه می‌دهد [۱۹، ۱۸، ۳۸، ۲۸، ۱۳، ۲۱، ۳، ۲۹، ۳۴ و ۱]. در بعد بوم‌شناختی، کاهش ۷۰ درصدی آبدهی رودخانه‌ها، کاهش ۵۷ درصدی کربن آلی خاک و تخریب پوشش گیاهی ناشی از چرای بی‌رویه و خشکسالی گزارش شده است. در بعد اقتصادی-اجتماعی، ارزش کل خدمات بوم‌سازگان حدود ۲۴۶ میلیون دلار در سال برآورد شده که سهم تنظیم فرسایش خاک (۵۹/۸ میلیون دلار) بیشترین و تأمین آب (۰/۵ میلیون دلار) کمترین است. در بخش راهبردهای مدیریتی، بر ضرورت انعطاف‌پذیری حکمرانی، پیوند آن با کشاورزی، و استفاده از راهکارهای توسعه کم‌اثر برای کاهش رواناب شهری تأکید شده است.

تحلیل تطبیقی با تجارب جهانی

مقایسه وضعیت زاگرس مرکزی با تجارب موفق جهانی نشان می‌دهد که در هیمالیا (هند و نپال)، مشارکت جوامع محلی و استفاده از شاخص‌های مورفومتری، دقت اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها را تا ۴۰ درصد افزایش داده است [۴۶، ۳۳]. در استرالیا، حکمرانی تطبیقی در حوضه مورای-دارلینگ خسارات سیلاب را تا ۴۰ درصد کاهش داده [۴۷] که با راهکار گذار از رویکرد سازه‌محور در این مقاله هم‌خوانی دارد. در اروپا و چین، تلفیق مدل‌های SWMM و HEC-RAS با یادگیری ماشین، دقت شبیه‌سازی سیلاب شهری را بهبود بخشیده [۴۴، ۲] که برای شهرهای زاگرس مرکزی نیز پیشنهاد می‌شود. در مجموع، تجارب جهانی بر ضرورت رویکرد یکپارچه، مشارکتی و مبتنی بر فناوری‌های نوین تأکید دارند.

شکاف‌های دانشی و اولویت‌های پژوهشی

بررسی نظام‌مند منابع، پنج شکاف دانشی اصلی را آشکار می‌سازد: (الف) کمبود مطالعات میان‌رشته‌ای (تلفیق ابعاد بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی)، (ب) فقدان پایش بلندمدت و سیستماتیک [۳۷]، (ج) کمبود مدل‌سازی پیشرفته (یادگیری نرم‌افزارهایی مانند: WEPP، SWAT)، (د) عدم مشارکت جوامع محلی در پژوهش و تصمیم‌گیری، (ه) فقدان مطالعات ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات بوم‌سازگان در مقیاس وسیع و (و) توسعه مدل‌های ترکیبی سنجش از دور و یادگیری نرم‌افزارها و مدل‌های پیشرفته، انجام مطالعات میان‌رشته‌ای با مشارکت محلی، ارزش‌گذاری خدمات بوم‌سازگان در تمام زیرحوضه‌ها، و تدوین برنامه‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی.

نقشه راه اجرایی

الف) کوتاه‌مدت (۱-۲ ساله): زیرحوضه دران (اولویت اول) - احداث بندهای گابیونی، بذریاشی، قرق مراتع، جلوگیری از تغییر کاربری اراضی.

ب) میان‌مدت (۳-۵ ساله): زیرحوضه‌های ناوان، حسن دیرمانی، رزه و وزنه‌سر - تشکیل تعاونی‌های حفاظت‌محور، توسعه زیرساخت‌های سبز، تنوع‌بخشی به معیشت.

ج) بلندمدت (۵-۱۰ ساله): کل منطقه - مدل‌سازی پیشرفته، اصلاح قوانین، نظام هشدار سریع سیلاب و خشکسالی.

جدول ۱- خلاصه یافته‌های پژوهش در ابعاد بوم‌شناختی، اقتصادی-اجتماعی و راهبردهای مدیریتی در حوزه‌های آبخیز زاگرس مرکزی (۱۳۸۰-۱۴۰۳)

Table 1. Summary of research findings in ecological, socio-economic dimensions and management strategies in the watersheds of Central Zagros (2001-2025)

شاخص‌های کلان Macro Indicators	مؤلفه Component	یافته‌های اصلی Main Findings
بوم‌شناختی، Ecological	منابع آب Water Resources	کاهش آبدهی در ۷۰٪ ایستگاه‌ها (بیشترین در بهار)؛ مشارکت ۵۰٪ آب زیرسطحی در جریان پایه 70% decrease in river discharge (highest in spring); 50% contribution of subsurface water to base flow
	پوشش گیاهی Vegetation	کاهش گونه‌های خوش‌خوراک در اثر چرای بی‌رویه؛ تبدیل اراضی عامل اصلی زوال؛ خشکسالی مهمترین عامل طبیعی Reduction of palatable species due to overgrazing; land conversion as main cause of degradation; drought as most important natural factor
اقتصادی-اجتماعی Socio-Economic	خاک Soil	کاهش ۵۷٪ کربن آلی ذره‌ای و ۵۳٪ کربوهیدرات‌ها پس از تغییر کاربری؛ کیفیت بهتر خاک در مناطق پربارش 57% decrease in particulate organic carbon and 53% decrease in carbohydrates after land use change; better soil quality in high-rainfall areas
	معیشت Livelihood	فشار اقتصادی و کمبود اشتغال جایگزین عامل برداشت ناپایدار گیاهان دارویی Economic pressure and lack of alternative employment as drivers of unsustainable harvesting of medicinal plants
	خدمات بوم‌سازگان Ecosystem Services	ارزش کل ۲۴۶/۶ میلیون دلار در سال (تنظیم فرسایش: ۵۸/۹، تأمین آب: نیم میلیون دلار) Total value of \$246.6 million per year (soil erosion regulation: \$58.9 million, water supply: \$0.5 million)
	حکمرانی Governance	نیاز به انعطاف‌پذیری و تأمین مالی تطبیقی برای خروج از بحران کمبود آب؛ لزوم پیوند حکمرانی آب با زنجیره ارزش کشاورزی Need for flexibility and adaptive financing to overcome water scarcity crisis; necessity of linking water governance with agricultural value chain
راهبردهای مدیریتی Management Strategies	تاب‌آوری Resilience	امتیاز ۳۵ (بوم‌سازگان) و ۵۰ (انسانی)؛ آستانه تحمل پایین جنگل‌های زاگرس Score 35 (ecological) and 50 (human); low tolerance threshold of Zagros forests
	رواناب شهری Urban Runoff	کاهش ۴۵٪ رواناب با LID؛ افزایش ۱۰ درصد سطوح نفوذناپذیر = افزایش ۵٪ دبی اوج 45% runoff reduction with LID; 10% increase in impervious surfaces = 5% increase in peak discharge
	مدل‌سازی Modeling	تلفیق SWMM-HEC-RAS و یادگیری ماشین برای افزایش دقت شبیه‌سازی سیلاب Integration of SWMM-HEC-RAS and machine learning to increase flood simulation accuracy

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از مرور نظام‌مند منابع در زمینه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز زاگرس مرکزی، تصویری چندبعدی از چالش‌ها، فرصت‌ها و راهکارهای پیش روی این منطقه راهبردی ارائه می‌دهد. تحلیل و تفسیر این یافته‌ها در چارچوب نظریه‌های توسعه پایدار و مدیریت تطبیقی منابع طبیعی، حاکی از آن است که زاگرس مرکزی با نوعی «بحران هم‌آیند» مواجه است؛ جایی که فشارهای بوم‌شناختی و اقتصادی-اجتماعی به طور هم‌زمان و با اثری تشدیدکننده بر یکدیگر، تاب‌آوری زیست‌بوم و جوامع محلی را به شدت کاهش داده‌اند [۲]. کاهش معنی‌دار آبدهی رودخانه‌ها در بیش از ۷۰ درصد ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه، مهمترین زنگ خطر برای امنیت آبی زاگرس

مرکزی محسوب می‌شود [۲۶]. این یافته با نتایج پژوهش‌های مسعودیان و همکاران [۲۶] در حوضه‌های کارون و کرخه و نیز گزارش‌های هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم [۱۴] در مورد تأثیر تغییرات اقلیمی بر منابع آب مناطق خشک و نیمه‌خشک همخوانی کامل دارد. مشارکت بیش از ۵۰ درصدی آب‌های زیرسطحی در جریان پایه رودخانه‌ها، اهمیت حیاتی تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی را آشکار می‌سازد. این یافته با مدل هیدرولوژیکی تاد و میز [۳۹] در مورد ارتباط آب‌های سطحی و زیرزمینی در مناطق کوهستانی تطابق دارد و نشان می‌دهد که هرگونه اقدام آبخیزداری باید با اولویت افزایش نفوذ و تغذیه مصنوعی سفره‌ها طراحی شود. در زمینه تخریب پوشش گیاهی، یافته‌ها نشان می‌دهد که چرای بی‌رویه و بیش از

ظرفیت مراتع، مهمترین عامل کاهش گونه‌های خوش‌خوراک در مراتع کوهستانی است. این نتیجه با مطالعات جعفری و شجاعی فرد [۱۷] در مراتع یزد و نیز پژوهش‌های این نتیجه با مطالعات جعفری و شجاعی فرد [۱۷] در مراتع یزد همسو است.

نکته قابل تأمل آنکه بهره‌برداری تجاری ناپایدار از گیاهان دارویی و خوراکی، تهدیدی جدی برای تنوع زیستی منطقه محسوب می‌شود که تاکنون کمتر مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گرفته است. این مسئله با مفهوم «تراژدی منابع مشاع» هاردین [۱۱] قابل تبیین است؛ جایی که منفعت فردی بهره‌برداران، منجر به تخریب جمعی منابع می‌شود. کاهش ۵۷ درصدی کربن آلی ذره‌ای و ۵۳ درصدی کربوهیدرات‌ها پس از تغییر کاربری اراضی، هشدار جدی درباره پیامدهای بلندمدت تخریب و فرسایش خاک است. کربن آلی نقشی کلیدی در حاصل‌خیزی خاک، نفوذپذیری، پایداری ساختمان خاک و مقاومت به فرسایش ایفا می‌کند [۲۳]. این یافته با نتایج پژوهش‌های لال [۲۳] در مورد تأثیر تخریب خاک بر امنیت غذایی جهانی و نیز مطالعات خرمالی و همکاران [۲۲] در جنگل‌های شمال ایران همخوانی دارد.

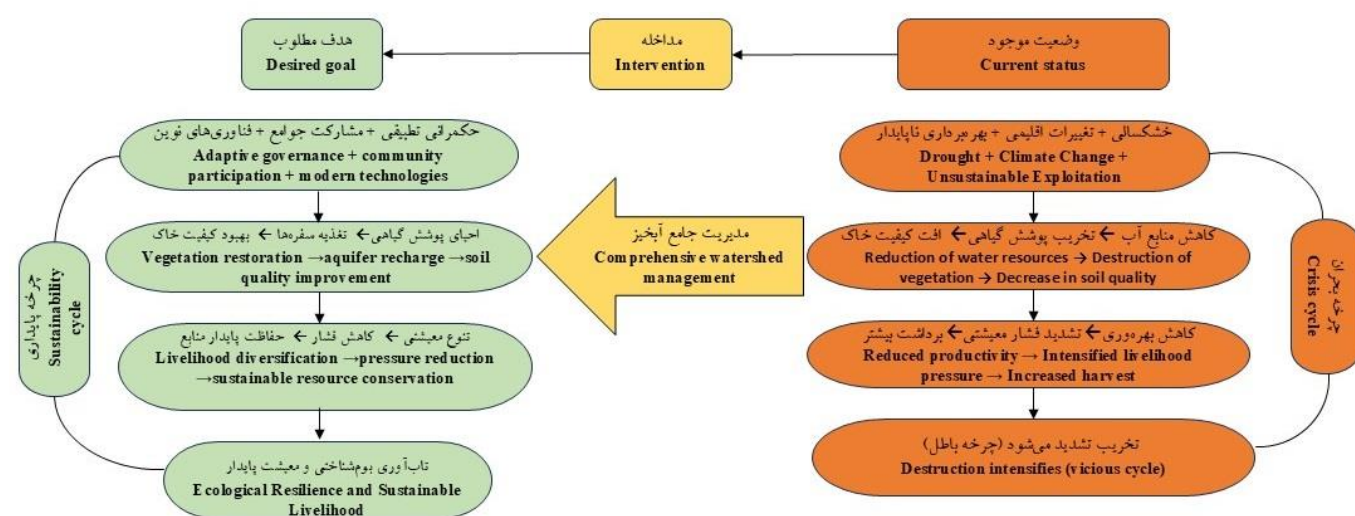
از منظر اقتصادی-اجتماعی، فشار معیشتی و کمبود فرصت‌های شغلی جایگزین، عامل اصلی برداشت ناپایدار از منابع طبیعی شناسایی شده است. این مسئله با نظریه «فقر-تخریب محیط زیست» در اقتصاد منابع طبیعی تطابق دارد و نشان می‌دهد که راهکارهای صرفاً حفاظتی بدون توجه به معیشت جوامع محلی، محکوم به شکست هستند [۲۳]. ارزش اقتصادی کل ۲۴۶/۶ میلیون دلار در سال برای خدمات زیست‌بومی حوزه گنبد، مؤید این نکته است که سرمایه‌گذاری در حفاظت از این خدمات، از توجیه اقتصادی قابل قبولی برخوردار است. مقایسه ارزش بالای کنترل فرسایش خاک

(۵۸/۹ میلیون دلار) با ارزش پایین تأمین آب (۰/۵ میلیون دلار) نشان‌دهنده کم‌توجهی به خدمات تأمین آب در مطالعات اقتصادی است [۲۸].

ظرفیت‌سنجی منطقه‌ای در حوضه دنا نشان می‌دهد که علیرغم چالش‌ها، فرصت‌های قابل توجهی برای احیا و توسعه پایدار وجود دارد [۱۷]. با این حال، امتیاز پایین بعد زیست‌بومی (۳۵) در مقایسه با بعد انسانی (۵۰) در حوضه توت‌شامی، نشان‌دهنده فشار شدید بر زیست‌بوم‌های طبیعی و ضرورت اقدام فوری برای بازگرداندن تعادل است [۲۹]. این الگو با مفهوم «آستانه‌های بوم‌شناختی» قابل تبیین است [۴۵]؛ جایی که عبور از یک آستانه بحرانی می‌تواند منجر به تغییرات غیرقابل بازگشت در زیست‌بوم شود.

یافته‌های مربوط به مدیریت رواناب شهری بر اهمیت توسعه کم‌اثر تأکید دارد. قابلیت کاهش ۴۵ درصدی رواناب با این راهکارها، با نتایج پژوهش‌های انجام شده در شهرهای اروپایی و آمریکای شمالی قابل مقایسه است و نشان می‌دهد که این رویکردها در شرایط اقلیمی ایران نیز کارایی مطلوبی دارند [۱۳]. تلفیق مدل‌های SWMM و HEC-RAS با الگوریتم‌های یادگیری ماشین، افق جدیدی در شبیه‌سازی دقیق سیلاب شهری گشوده است که می‌تواند برای شهرهای منطقه زاگرس مرکزی با کمبود داده‌های میدانی، بسیار راهگشا باشد [۲۱].

نقد و ارزیابی انتقادی پژوهش‌های موجود، کاستی‌های متعددی را آشکار می‌سازد. اغلب مطالعات به صورت مقطعی و پراکنده انجام شده‌اند و پایش بلندمدت و سیستماتیک در منطقه ضعیف است [۳۷]. از طرفی، پژوهش‌های میان‌رشته‌ای که هم‌زمان به ابعاد بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی بپردازند، بسیار محدود است. همچنین، مشارکت جوامع محلی در فرآیند پژوهش و تصمیم‌گیری،



شکل ۱ - چرخه بحران و گذار به پایداری در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز زاگرس مرکزی

Fig 1. Crisis cycle and transition to sustainability in comprehensive management of Central Zagros watersheds

را نیافته است. به طور کلی، شکاف قابل توجهی بین تولید دانش و بکارگیری آن در سیاست‌گذاری وجود دارد [۹].

شکل (۱) مدل مفهومی حاصل از یافته‌های این پژوهش را نمایش می‌دهد. بر این اساس، وضعیت موجود در زاگرس مرکزی شامل چرخه باطلی از خشکسالی، تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری ناپایدار است که به کاهش منابع آب، تخریب پوشش گیاهی، افت کیفیت خاک و تشدید فشار معیشتی منجر شده است. در مقابل، هدف مطلوب از طریق مداخله مدیریت جامع آبخیز و با تکیه بر حکمرانی تطبیقی، مشارکت جوامع محلی و فناوری‌های نوین محقق می‌شود. این مداخله موجب احیای پوشش گیاهی، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، بهبود کیفیت خاک و تنوع‌بخشی به معیشت شده و در نهایت به تاب‌آوری بوم‌شناختی و معیشت پایدار منجر می‌گردد.

هدف اصلی این مقاله، تبیین نقش مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در تاب‌آوری بوم‌شناختی و معیشت پایدار بود. یافته‌ها نشان می‌دهد که تحقق این هدف، نیازمند رویکردی یکپارچه و چندبعدی است که در آن، اقدامات فنی آبخیزداری با توانمندسازی اقتصادی جوامع محلی، اصلاح ساختار حکمرانی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین تلفیق شود [۲۵]. بر اساس یافته‌ها و تحلیل‌های ارائه شده، راهکارهای مدیریتی زیر برای زاگرس مرکزی پیشنهاد می‌شود: الف) ایجاد نظام پایش یکپارچه و بلندمدت با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و هوش مصنوعی، ب) توسعه زیرساخت‌های سبز با اولویت تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و کنترل سیلاب، ج) تنوع‌بخشی به معیشت‌های جایگزین با تأکید بر گردشگری پایدار، کشت گیاهان دارویی و صنایع دستی، د) توانمندسازی جوامع محلی و نهادهای مشارکت آن‌ها در مدیریت منابع از طریق تشکیل تعاونی‌های حفاظت‌محور، ه) اصلاح ساختار حکمرانی با تأکید بر انسجام نهادی، حکمرانی تطبیقی و تأمین مالی پایدار، و) بهره‌گیری از مدل‌سازی پیشرفته برای شبیه‌سازی سناریوهای مختلف مدیریتی [۳۳]. تحقق این راهکارها نیازمند اراده سیاسی، همکاری بین‌بخشی و تخصیص منابع مالی بلندمدت است [۵].

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به عنوان رویکردی یکپارچه، با تلفیق ابعاد بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی، نقش کلیدی در ایجاد تعادل بین حفاظت از منابع طبیعی و ارتقای معیشت جوامع محلی ایفا می‌کند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که سه مؤلفه اصلی تاب‌آوری بوم‌شناختی (یکپارچگی اکولوژیک)، معیشت پایدار (کارایی اقتصادی) و حکمرانی تطبیقی (انسجام نهادی) به طور مستقیم تحت تأثیر کیفیت مدیریت حوزه‌های آبخیز قرار دارند. از این رو، تقویت مدیریت جامع آبخیز می‌تواند به عنوان راهبردی اثربخش برای خروج از چرخه بحران و دستیابی به پایداری در زاگرس مرکزی محسوب شود.

دسترسی به داده‌ها

مجموعه داده‌ها بنا به درخواست منطقی نویسنده مسئول در

تعارض منافع

نویسنده این مقاله هیچگونه تعارض منافی در رابطه با تألیف یا انتشار این مقاله اعلام نکرد.

بیانیه دسترسی به داده‌ها

مجموعه داده‌ها بنا به درخواست منطقی نویسنده مسئول در دسترس هستند.

مشارکت نویسندگان

محمدرضا شیخ ربیعی: جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها، اجرای مدل، شبیه‌سازی‌ها، آماده‌سازی نسخه خطی.

منابع مورد استفاده

- 1- Arman, N., Shahbazi, A., Faraji, M. and Dehdari, S. 2019. Effect of urban development on runoff generation by SWMM, case study: Khuzeestan Province, Izeh. Watershed Engineering and Management, 11(3): 750-758. doi: 0.22092/ijwmse.2018.115272.1353. (In Persian)
- 2- Asadi Nilvan, O., Nazari Samani, A.A., Mohseni Saravi, M. and Zahedi Amiri, G. 2013. Determination and evaluation of sustainability criteria and indicators in Taleghan-Zidasht watershed. Land Planning Scientific Research Quarterly, 5(1): 133-154. (In Persian)
- 3- Badizadegan, R., Khodashenas, S.R. and Esmacili, K. 2021. Sensitivity Analysis of the Affecting Parameters on the Urban Runoff Results in SWMM Model (Case Study: North Catchments of Tehran City). Modares Civil Engineering Journal, 21(5): 57-63. (In Persian)
- 4- Bagherzadeh, M., Karimi, H. and Ahmadi, M. 2024. Adaptive water governance in the Hiran River Basin: Challenges and solutions. Journal of Water Science and Engineering, 14(2): 112-128. (In Persian)
- 5- Bastakoti, R.C., Suhardiman, D. and Bharati, L. 2021. Integrated Watershed Management: Evolution, Experiences, and Future Directions. Water, 13(18): 2541. doi: 10.3390/w13182541
- 6- Ebrahimi, A., Mohammadi, F., Kaveh, N. and Malekmohammadi, M. 2009. Analysis and evaluation of drought impact on water level reduction of wetlands in Chaharmahal and Bakhtiari province using GIS and RS techniques. National Conference on Watershed Science and Engineering of Iran, Tehran, Iran. (In Persian)
- 7- Ebrahimi, H., Nasr Azadani, A., Ramezani, B. and Jodi Moštafalu, A. 2009. Watershed management and its role in

ecosystems of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. Research Project: 14. (In Persian) [Research report - No DOI]

21- Khatooni, K., Hooshyaripor, F., Malek Mohammadi, B. and Noori, R. 2025. A new approach for urban flood risk assessment using coupled SWMM-HEC-RAS-2D model. *Journal of Environmental Management*, 374: 123849. doi: 10.1016/j.jenvman.2024.123849

22- Khoramali, F. et al. 2018. Effect of forest degradation on chemical and microbial properties of soil in boxwood forests. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 22(2): 115-130. (In Persian)

23- Lal, R. 2020. Soil degradation and food security. *Food Security*, 12(4): 687-702. doi: 10.1007/s12571-020-01074-3

24- Liu, C., Hu, C., Zhao, C., Sun, Y., Xie, T. and Wang, H. 2024. Research on urban storm flood simulation by coupling K-means machine learning algorithm and GIS spatial analysis technology into SWMM model. *Water Resources Management*, 38(6): 2059-2078. doi: 10.1007/s11269-024-03743-w

25- Mafi-Gholami, D., Jaafari, A. and Zenner, E.K. 2021. A participatory approach for assessing the sustainability of community-based watershed management projects in Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 64(5): 835-857. doi: 10.1080/09640568.2020.1798223

26- Masoudian, S.A., Khosravi, M., Rahimi, A. and Sharifi, F. 2019. Trend analysis of discharge changes in Karun and Karkheh rivers. *Journal of the Earth and Space Physics*, 45(2): 389-405. (In Persian)

27- Mesgaran, M.B. and Azadi, P. 2023. A national-scale assessment of land subsidence in Iran's aquifers using satellite radar interferometry. *Science of The Total Environment*, 859: 160226. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160226

28- Mohammadi, R., Karimi, A., Taghavi, S. and Nouri, Z. 2020. Evaluation of ecosystem services in Gonbad watershed. *Journal of Natural Resource Economics*, 6(2): 78-95. (In Persian)

29- Mohammadi, R. et al. 2023. Resilience assessment of forest ecosystems in Tout-Shami watershed, Kermanshah. *Journal of Watershed Management Research*, 14(1): 45-62. (In Persian)

30- Mozafari, K. and Haghighi, R. 2015. Central Zagros and regional-local communication routes. *Ilam Culture*, 14(38-39): 70-91. (In Persian)

31- Nazarian, M., Basiri, R. and Pourhasan, M. 2020. Analysis of factors affecting unsustainable harvesting of medicinal plants by local communities (Case study: Eastern Dena Protected Area). *Local Development (Rural) Studies*, 3(2): 303-322. (In Persian)

32- Nouri, Z., Mohammadi, R., Karimi, A. and Taghavi, S.

flood reduction. National Conference on Watershed Science and Engineering of Iran, Tehran, Iran. (In Persian)

8- FAO. 2022. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization.

9- Ghorbani, M., Azadi, H., Janečková, K., Sklenička, P. and Witlox, F. 2022. A social-ecological systems approach for assessing the sustainability of rangeland management in Iran. *Land Use Policy*, 114: 105974. doi: 10.1016/j.landusepol.2022.105974

10- Hadian, F., Jafari, M., Soltani, S. and Khajeddin, S.J. 2013. Monitoring and investigation of vegetation changes in four rangeland types and one forest type in Central Zagros. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 20(2): 245-260. (In Persian)

11- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859): 1243-1248. doi: 10.1126/science.162.3859.1243

12- Harris, J.M. 2000. Basic Principles of Sustainable Development. Global Development and Environment Institute, Tufts University.

13- Hesari, E., Akhoond-Ali, A.M. and Maddah, M.A. 2024. Simulating urban surface runoff and prioritizing low-impact development methods using the SWMM model (Case study: Neyshabur). *Water and Irrigation Management*, 14(2): 263-275. doi: 10.22059/jwim.2023.366666.1111. (In Persian)

14- IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781009157896

15- Jaberolansar, Z. and Irvani, M. 2005. Mountain celery, a plant species at risk in the Central Zagros region. Educational and Extension Publication, Isfahan University of Technology: 39. (In Persian)

16- Jafari, A. 2005. Geotourism of Iran, Volume 1: Mountains and Oronymy of Iran. Gitashenasi Publications, Tehran. (In Persian)

17- Jafai, M. and Shojaeifard, Z. 2022. Capacity assessment and sustainable livelihood strategies in Dena watershed. *Physical Geography Research*, 54(3): 89-106. (In Persian)

18- Jahantab, E., Sepehri, A., Hanafi, B. and Mirdilami, S.Z. 2010. Comparison of vegetation diversity in grazed and ungrazed areas in mountainous rangelands of Central Zagros. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(2): 292-300. (In Persian)

19- Kazemi, M. and Parhemat, J. 2020. Analysis of base flow index in Karkheh basin. *Journal of Water and Soil Conservation Research*, 27(4): 201-218. (In Persian)

20- Kazemi, S.E. 2005. Autecology study of Bilehr in rangeland

- 41- Wang, Z., Liu, J. and Li, J. 2022. A review of drought monitoring using remote sensing and its application in water resources management. *Remote Sensing*, 14(3): 650. doi: 10.3390/rs14030650
- 42- Yousefi, M. et al. 2025. Linking water governance with agricultural value chain for sustainable water resources management in Najafabad watershed. *Water Resources Management*, 39(2): 445-462. doi: 10.1007/s11269-024-03987-6
- 43- Yousefi, S., Mirzaee, S. and Tarkesh, M. 2020. Modeling the impacts of climate change on the potential distribution of *Quercus brantii* in the Zagros Mountains, Iran. *Forests*, 11(7): 735. doi: 10.3390/f11070735
- 44- Zhang, X., Kang, A., Lei, X. and Wang, H. 2024. Urban drainage efficiency evaluation and flood simulation using integrated SWMM and terrain structural analysis. *Science of The Total Environment*, 957: 177442. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.177442
- 45- Scheffer, M., Carpenter, S.R., Foley, J.A., Folke, C. and Walker, B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413(6856): 591-596. doi: 10.1038/35098000
- 46- Joshi, M., Kumar, P., Kumar, A., Singh, P.V. and Tomar, A.S. 2024. Erodibility prioritization and mapping of a mid Himalayan watershed using technique of order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS). *Asian Research Journal of Agriculture*, 17(4): 927-939.
- 47- Lebowitz, S., Colloff, M.J., Grafton, R.Q. and Williams, J. 2021. Adaptive governance in the Murray-Darling Basin: Lessons for transboundary water management. *Water Policy*, 23(2): 321-338. doi: 10.2166/wp.2021.235
- 48- Sandelowski, M. and Barroso, J. 2007. *Handbook for Synthesizing Qualitative Research*. Springer Publishing Company, New York. doi: 10.1891/9780826115249
2020. Evaluation of soils under organic carbon supply in Shazand watershed. *Iranian Journal of Soil Science*, 51(3): 567-582. (In Persian)
- 33- Pokharel, R., Tiwari, K.R. and Timilsina, Y.P. 2020. Assessment of watershed management practices on livelihood and ecosystem services in the mid-hills of Nepal. *Environmental Challenges*, 1: 100003. doi: 10.1016/j.envc.2020.100003
- 34- Pour Esmaeil, M., Salajegh, A., Malekian, A. and Keshtkar, A. 2023. Sensitivity analysis of input variables of SWMM model in estimating urban floods in Azimieh region of Karaj. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 17(62): 33-40. doi: 10.22034/17.62.33. (In Persian)
- 35- Pourmohammadi, S., Ghodrati, M., Jafari, H. and Soleimani, K. 2017. Assessment of desertification status in Chamshor watershed using IMDPA model. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 9(4): 512-526. (In Persian)
- 36- Rahimi, D. and Fatemi, M. 2021. Geomorphological classification and mapping of Central Zagros Mountains using object-based image analysis. *Geopersia*, 11(2): 299-314. doi: 10.22059/geope.2021.321587.648574
- 37- Sadeghi, S.H., Moghadam, E.S. and Delavar, M. 2023. Linking soil and water conservation to livelihood improvement in rural Iran: A multi-criteria analysis. *Agricultural Water Management*, 276: 108053. doi: 10.1016/j.agwat.2022.108053
- 38- Shakhbadi, M., Khademi, H., Karimian Eghbal, M. and Nourbakhsh, F. 2007. Effect of climate and long-term enclosure on some biological indicators of soil quality in parts of Central Zagros rangelands. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 11(41): 103-115. (In Persian)
- 39- Todd, D.K. and Mays, L.W. 2018. *Groundwater Hydrology* (4th ed.). John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781119183934
- 40- Torabi Podeh, H. and Emamgholizadeh, S. 2015. Trend analysis of discharge changes in rivers north of Dez River basin using TFPW-MK method. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 9(30): 39-55. doi: 10.22092/ijwmse.2015.101345 (In Persian)