

Quantitative and Qualitative Assessment of the Health and Sustainability of the Khansar Watershed in Yazd Using the Modified WHSI Model

Masoud Nasr Esfahani¹, Ali Talebi^{2*} , Ehsan Fathi¹, Ali Akbar Mahdavian Cheshmegol¹, Abolghasem Felahati¹

(Received: September 1-2025 ; Revised: November 26-2025 ; Accepted: December 14-2025)

1. Department of Watershed Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, University of Yazd, Yazd, Iran.

2. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*Corresponding author, E-mail: talebisf@iut.ac.ir

Abstract

The health and sustainability of a watershed are complex issues that must be evaluated from social, economic, and environmental perspectives using a variety of indicators. The objective of this study is to assess the sustainability and health status of the Khansar watershed in Yazd Province based on the modified WHSI model. This model, developed in accordance with local conditions in Iran and the available variables, includes 34 key variables, comprising 13 social variables, 5 hydrological variables, 10 water quality variables, and 6 land-use-related variables. In this study, ten-year data were collected for each variable and scored using quantitative methods. According to the results, 11 variables were in good condition, one variable was moderate, three variables were weak, and 19 variables were in a critical state. The WHSI model analysis showed that the social indicators were in a relatively better condition, whereas the hydrological, water quality, and land-use variables were predominantly in a critical state. The findings of this study also indicated that the health status of the Khansar watershed in Yazd, with a score of 74, falls within the intermediate health category, while its sustainability, with a score of 12, is classified as unsustainable. The results of this research provide a precise depiction of the critical variables and can serve as a foundation for formulating targeted management policies, improving the quality and quantity of water resources, restoring vegetation cover, controlling unsustainable exploitation, and strengthening climate adaptation programs. In doing so, it can play a significant role in enhancing resilience and improving the health and sustainability of the watershed.

Keywords: Land degradation, Sustainable development, Water quality, Watershed management, Hydrology

How to cite this article: Nasr Esfahani, M., Talebi, A., Fathi, E., Mahdavian Cheshmegol, A.K. and Felahati, A. 2026. Quantitative and Qualitative Assessment of the Health and Sustainability of the Khansar Watershed in Yazd Using the Modified WHSI Model). *J. Water and Soil Sci.* 30(1): 119-132. DOI: [10.47176/jwss.30.1.10685](https://doi.org/10.47176/jwss.30.1.10685)

Copyright © 2026 Nasr Esfahani et al. Published by Isfahan University of Technology.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

ارزیابی کمی و کیفی سلامت و پایداری حوزه آبخیز خوانسار یزد با استفاده از مدل اصلاح شده WHSI

مسعود نصر اصفهانی^۱، علی طالبی^{۲*} ID، احسان فتحی^۱، علی اکبر مهدویان چشمه‌گل^۱ و ابوالقاسم فلاحی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۱۰؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۹/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۲۳)

۱. گروه علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و کoirشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: talebisf@iut.ac.ir

چکیده

سلامت و پایداری آبخیز موضوعی پیچیده است که باید از جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و با استفاده از شاخص‌های گوناگون ارزیابی شود. هدف از این مطالعه بررسی وضعیت پایداری و سلامت حوزه آبخیز خوانسار در استان یزد بر اساس مدل اصلاح شده WHSI است. این مدل با توجه به شرایط بومی کشور ایران و متغیرهای موجود طراحی شده که شامل ۳۴ متغیر کلیدی که از این تعداد، ۱۳ متغیر اجتماعی، ۵ متغیر هیدرولوژیک، ۱۰ متغیر کیفیت آب و ۶ متغیر مرتبط با کاربری اراضی است. در این مطالعه، داده‌های ده‌ساله برای هر متغیر جمع‌آوری و با استفاده از روش‌های کمی امتیازدهی شدند. طبق نتایج ۱۱ متغیر در وضعیت خوب، یک متغیر متوسط، سه متغیر ضعیف و ۱۹ متغیر در وضعیت بحرانی قرار داشتند. تحلیل مدل WHSI نشان داد که شاخص‌های اجتماعی در وضعیت نسبتاً بهتری قرار دارند؛ درحالی‌که متغیرهای هیدرولوژیک، کیفیت آب و کاربری اراضی عمدتاً در وضعیت بحرانی قرار گرفتند. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد وضعیت سلامت حوزه آبخیز خوانسار یزد با امتیاز ۷۴ در وضعیت میانی سلامت و به لحاظ پایداری با امتیاز ۱۲ در وضعیت ناپایدار است. نتایج این پژوهش می‌تواند با ارائه تصویر دقیق از متغیرهای بحرانی، مبنایی برای تدوین سیاست‌های مشخص مدیریتی از جمله بهبود کیفیت و کمیت منابع آب، احیای پوشش گیاهی، کنترل بهره‌برداری ناپایدار و تقویت برنامه‌های سازگاری با تغییر اقلیم باشد و بدین ترتیب نقش مؤثری در افزایش تاب‌آوری و ارتقای سلامت و پایداری آبخیز ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: تخریب اراضی، توسعه پایدار، کیفیت آب، مدیریت آبخیز، هیدرولوژی

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. © ۱۴۰۴.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط به استناد صحیح به مقاله و با رعایت

شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است: (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



مقدمه

حوزه‌های آبخیز می‌توانند مزایایی را برای انسان‌ها که به‌عنوان خدمات حوزه آبخیز تعریف می‌شوند، فراهم کنند. خدمات حوزه آبخیز برای انسان ضروری هستند و از تأمین آب، غذا تا مزایای فرهنگی و کارکردهای محیط‌زیستی را شامل می‌شوند (۱۱). امروزه اکثریت مردم و مسئولین بخش‌های مختلف مدیریت منابع طبیعی به این امر واقف می‌باشند که تنها راه حل دائمی و پایدار به منظور استفاده مناسب از منابع طبیعی مدیریت صحیح تمامی فعالیت‌ها و فرآیندهای حوزه آبخیز در عرصه‌های مختلف است (۲). مدیریت جامع و هماهنگ حوزه آبخیز با در نظر گرفتن ابعاد اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی، علاوه بر حفظ و احیای منابع پایه، می‌تواند به کاهش مخاطرات طبیعی، بهبود معیشت جوامع محلی و دستیابی به توسعه پایدار منجر شود. مدیریت جامع حوزه آبخیز با پیچیدگی تعاملات بین سیستم‌های اجتماعی - اقتصادی و اکوسیستم‌ها مواجه است و هدف آن حفظ و احیای سلامت، تنوع زیستی و بهره‌وری اکوسیستم‌ها از طریق استراتژی‌هایی است که نیازهای اقتصاد و جامعه را یکپارچه می‌کند (۷ و ۲۲)؛ بنابراین هدف عمده در مدیریت حوزه‌های آبخیز و یا همان آبخیزداری حفظ سلامت اکولوژیک منابع طبیعی به‌عنوان پیش شرط نیل به توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی است (۳). مفهوم سلامت آبخیز عمدتاً برای ویژگی‌های زیستگاهی و هیدرولوژی به‌کاربرده می‌شود. سلامت آبخیز به حفظ وضعیت عادی سامانه پیچیده آبخیز اشاره دارد (۲۱). از طرفی دیگر پایداری آبخیز به معنای حفظ کارکردهای طبیعی و انسانی حوزه آبخیز در طول زمان است؛ به‌گونه‌ای که منابع آب، خاک و پوشش گیاهی بدون تخریب برای نسل‌های کنونی و آینده قابل استفاده باشند و این امر نیازمند مدیریت صحیح و مشارکت جوامع محلی است.

افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به منابع جدید موجب فشار مضاعف بر حوزه‌های آبخیز و تخریب آنها شده است؛ به‌گونه‌ای که تخریب و سیر قهقراپی آبخیزها یکی از معضلات قرن حاضر است. عوامل گوناگونی از جمله مدیریت نامناسب

در بهره‌برداری، شرایط اقلیمی، بوم‌شناختی و وضعیت اقتصادی - اجتماعی باعث ایجاد چنین وضعیتی است (۱۵). پیش آبخیزها و تعیین وضعیت سلامت و پایداری آنها در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برای مدیریت سازگار اجتناب‌ناپذیر است (۱۲)؛ چراکه شناسایی به‌موقع چالش‌ها و روندهای تخریبی، زمینه را برای تدوین راهکارهای پیشگیرانه، استفاده بهینه از منابع و دستیابی به توسعه پایدار فراهم می‌کند. پایداری مفهومی است که توجه اصلی آن بر حفظ کردن سرمایه‌های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی برای نسل‌های آینده است (۱۶). این کار مهم زمانی محقق می‌شود که توجه آن به همپوشانی دادن لایه های بوم شناختی، اقتصادی و اجتماعی فراهم باشد (۲۳). بدین ترتیب، تحقق توسعه پایدار در چارچوب آبخیز امکان‌پذیر است و سنجش سطوح پایداری و میزان دستیابی به آن از طریق به‌کارگیری شاخص‌های ارزیابی سلامت و پایداری صورت می‌گیرد. این شاخص‌ها باید ارتباط جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی پایداری را نشان دهد و بازتاب تغییر مدیریتی و فعالیت‌های انسانی را در گذر زمان در آبخیز اندازه‌گیری کند (۲۶).

با توجه به فشار مضاعف بر آبخیزها در سراسر جهان، کارشناسان و پژوهشگران در تلاش هستند تا به شیوه‌های علمی مؤثر و پایدار باعث کاهش تخریب و سیر قهقراپی آبخیزها شوند؛ بنابراین هدف از این مطالعه بررسی وضعیت پایداری و سلامت حوزه آبخیز خوانسار با استفاده از WHSI (Watershed Health and Sustainable Index) است. این روش، توسط ابراهیمی و همکاران (۶) در دانشگاه تهران تهیه شده است. مدل WHSI که شامل ۳۴ متغیر کلیدی در بخش‌های مختلف اجتماعی، هیدرولوژیک، کیفیت آب و متغیرهای مرتبط با کاربری اراضی است که می‌تواند مبنای پژوهش‌های آینده برای ارزیابی وضعیت سلامت و پایداری حوزه‌های آبخیز قرار گیرد. یکی از شکاف‌های مهم در مطالعات آبخیزها، نبود یک مدل بومی شده برای ارزیابی سلامت و پایداری آبخیز در مناطق مختلف ایران است. این مدل با توجه به شرایط بومی کشور ایران و متغیرهای

موجود طراحی شده است و وضعیت ۱۰ ساله حوزه‌های آبخیز را به صورت کمی و کیفی مشخص می‌کند. از این رو در پژوهش حاضر، ساختار مدل اصلی با شرایط بومی کشور تطبیق داده شد و برخی شاخص‌ها و واحدهای به‌کاررفته در مدل اصلی متناسب با شرایط منطقه و اهداف پژوهش تغییر یافته و اصلاح شده‌اند تا دقت ارزیابی و کاربرد مدیریتی آن افزایش یافته و نتایج حاصل از آن قابلیت کاربردی بیشتری در مدیریت آبخیزها داشته باشد.

تلاش‌های متعددی برای ارزیابی سلامت و پایداری حوزه آبخیز بر اساس عواملی مانند آب‌وهوا، فرسایش خاک، وقوع سیل، کمیت و کیفیت آب و یا شاخص اجتماعی - اقتصادی انجام گرفته است که در ادامه به چند مورد اشاره می‌شود. در پژوهشی پایداری آبخیز سراب صیدعلی در استان لرستان با استفاده از شاخص پایداری آبخیز (WSI) و چارچوب مفهومی HELP ارزیابی شد. نتایج نشان داد میانگین شاخص پایداری برابر با ۰/۶ و در سطح متوسط قرار دارد. عوامل هیدرولوژی و محیط زیست سطح ضعیفی از پایداری را نشان دادند؛ در حالی که معیارهای حیات و سیاست‌گذاری وضعیت بهتری داشتند (۲۴). در پژوهشی به ارزیابی اقدامات چندمنظوره از سلامت آبخیز از منظر کیفیت آب پرداختند. نتایج نشان داد که مقادیر سلامت آبخیز از لحاظ غلظت رسوب معلق و نیتروژن در حوزه آبخیز می‌سی‌سی‌پی فوقانی افزایش یافته است (۱۷). پژوهشگران در مطالعه‌ای شاخص‌های زیستی سلامت رودخانه و تأثیر آن بر سلامت حوزه رودخانه Huai چین را ارزیابی کردند. در مطالعه ایشان عوامل زیست‌محیطی از جمله آب‌وهوا، پوشش زمین، ویژگی‌های خاک، هیدرولوژی و کیفیت آب ارزیابی شدند. در منطقه مورد مطالعه مشخص شد که ۴۴ درصد این حوزه دارای وضعیت سالم، ۵۱ درصد کمی سالم و ۵ درصد باقیمانده ناسالم است (۲۵). در مطالعه‌ای به تحلیل سطح پایداری مبتنی بر تعادل رفاه اکولوژیکی انسانی در حوزه آبخیز توتلی پرداختند. در بخش پایداری اکوسیستم، چهار معیار، هشت شاخص و ۲۰ متغیر و در بخش رفاه انسانی دو معیار، هفت شاخص و ۱۹ متغیر

متناسب با شرایط جغرافیایی، جمعیتی و هیدروژئومورفولوژیکی انتخاب شد. نتایج تأییدکننده ناموزون بودن توزیع درون‌گروهی شاخص‌های پایداری در هر زیرحوضه بوده است. همچنین سطح پایداری در بخش‌های اکوسیستم و رفاه انسانی در حوزه آبخیز توتلی متوسط ارزیابی شد (۱۳). درجه سلامت زیرحوضه‌های قطورچای را با استفاده از پنج بخش وضعیت زیستی (غنا، گونه)، پیوستگی هیدرولوژیک (تعداد سازه در واحد طول رودخانه)، ژئومورفولوژی (حساسیت‌پذیری خاک به فرسایش و حساسیت‌پذیری اقلیم)، هیدرولوژی (پوشش گیاهی چندساله و سطوح غیرقابل نفوذ) و کیفیت آب (منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای) ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که وضعیت سلامت کلیه زیرحوضه‌ها متوسط است (۱۹). در پژوهشی با هدف ارزیابی پایداری حوزه آبخیز ملکشاهی بر اساس معیارهای بوم‌شناختی و اجتماعی - اقتصادی، چهار اکوسیستم جنگل، مرتع، منابع آبی و بخش اجتماعی - اقتصادی را بررسی کردند. نتایج نشان داد اکوسیستم‌های جنگل، انسانی و آبی در وضعیت خوب و اکوسیستم مرتع در وضعیت متوسط قرار دارند و امتیاز کلی پایداری حوزه آبخیز نیز ۸/۳۶ محاسبه شد که بیانگر سطح متوسط پایداری است. بر اساس این یافته‌ها، اجرای برنامه‌های احیا و بازسازی جنگل و مرتع، جلب مشارکت جوامع محلی و پایش مستمر منابع آب برای ارتقای پایداری توصیه شده است (۹). مرور منابع انجام‌شده نشان می‌دهد که ارزیابی سلامت و پایداری آبخیزها رویکردی چندبعدی است که در مطالعات مختلف با بهره‌گیری از شاخص‌های زیستی، شیمیایی، فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش‌ها بر اهمیت تلفیق معیارهای کمی و کیفی، استفاده از مدل‌های بومی متناسب با شرایط منطقه‌ای و توجه به پیوند میان ابعاد اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی تأکید دارند. همچنین، مطالعات پیشین بیانگر آن است که به‌کارگیری مدل‌های جامع و تطبیق‌پذیر می‌تواند علاوه بر شناسایی وضعیت موجود آبخیزها، راهنمای مؤثری برای تصمیم‌گیران به منظور بهبود مدیریت، افزایش

تاب‌آوری و تحقق توسعه پایدار باشد.

روش پژوهش

متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش طیف وسیعی از شاخص‌های اجتماعی و جمعیتی، شاخص‌های اقتصادی، شاخص‌های مدیریتی، شاخص‌های هیدرولوژیک و اقلیمی، شاخص‌های کیفی منابع آب و در نهایت شاخص‌های مرتبط با کاربری اراضی را شامل می‌شود (جدول ۱). این مدل با اتکا به مجموعه‌ای از ۳۴ متغیر کمی و کیفی (جدول ۲) قادر است ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، هیدرولوژیک، زمین‌شناسی و کاربری اراضی را در یک چارچوب یکپارچه ارزیابی کند (۶). داده‌های مورد نیاز با استفاده از آمار و اطلاعات موجود در دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ استخراج شد و سال ۱۴۰۰ به‌عنوان سال مبنا در مدل تعریف شد. بدین ترتیب، امکان تحلیل روند تغییرات ده‌ساله و تعیین وضعیت سلامت و پایداری حوزه آبخیز فراهم شد.

داده‌های مورد نیاز این پژوهش از چند منبع رسمی گردآوری شده‌اند تا دقت و قابلیت اتکای نتایج تضمین شود. اطلاعات مربوط به وضعیت کمی و کیفی آب، از شرکت آب منطقه‌ای استان تهیه شد. داده‌های مرتبط با کاربری اراضی و پوشش گیاهی نیز از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری و سازمان جهاد کشاورزی جمع‌آوری شد. آمار بارش، دما و سایر پارامترهای اقلیمی از اداره هواشناسی کشور دریافت شد. همچنین اطلاعات بخش کشاورزی، بهره‌برداری از منابع و الگوهای زراعی از سازمان جهاد کشاورزی استان اخذ شد. داده‌های مربوط به جمعیت، اشتغال، آموزش و خدمات عمومی از نتایج سرشماری‌ها و آمارهای رسمی منتشرشده توسط مرکز آمار ایران و اطلاعات مرتبط با شاخص‌های بهداشتی نیز از شبکه بهداشت شهرستان استخراج شد.

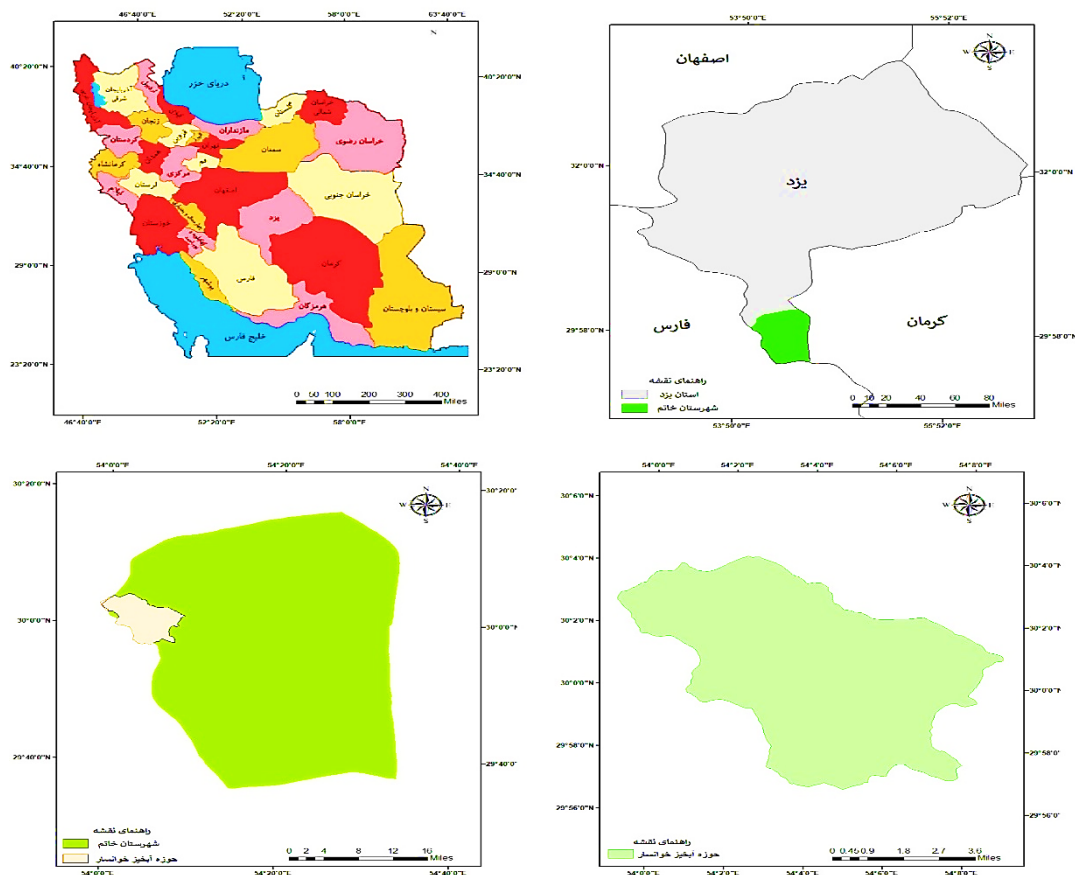
مدل WHSI با ترکیب متغیرها و به‌کارگیری ضرایب وزنی از پیش تعیین‌شده در قالب ساختار اصلی و داخلی نرم‌افزار، قادر است امتیاز نهایی سلامت و پایداری حوزه آبخیز را محاسبه کرده و وضعیت آن را در طبقات مختلف، از شرایط پایدار تا بحرانی، دسته‌بندی کند.

منابع طبیعی کشور با مشکلات و تهدیدات جدی مانند تغییرات اقلیم، خشکسالی‌ها، کمبود آب، آلودگی‌ها (آب، خاک، هوا)، فرسایش شدید خاک، بیابان‌زایی، تغییرات مدیریت اراضی همچون جنگل‌تراشی‌ها، تخریب مراتع، اقدامات کشاورزی نامناسب و غیراصولی و توسعه ناپایدار روبرو است (۲۰). تداوم تهدیدات انسانی و طبیعی سبب کاهش کیفیت و کمیت منابع آب و خاک، افت کارایی اکوسیستم‌ها و آسیب‌پذیری معیشت جوامع محلی می‌شود. این شرایط، ضرورت توسعه رویکردهای علمی دقیق برای ارزیابی سلامت و پایداری آبخیزها را دوچندان می‌کند. در این میان، نبود مدل‌های بومی‌شده و قابل اتکا یکی از شکاف‌های اصلی در پژوهش‌های گذشته است. بر همین اساس، نوآوری اصلی پژوهش حاضر استفاده و بومی‌سازی مدل WHSI برای ارزیابی سلامت آبخیز خوانسار در استان یزد است؛ مدلی که با تعدیل شاخص‌ها و سازگاری با ویژگی‌های اقلیمی و هیدرولوژیک منطقه، توانایی زیادی در تبیین وضعیت واقعی آبخیز دارد. این مطالعه با ارائه یک چارچوب ارزیابی قابل استفاده در سایر آبخیزها، می‌تواند برنامه‌ریزان و مدیران را در تصمیم‌گیری‌های حفاظتی، احیایی و مدیریت پایدار منابع طبیعی یاری دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز خوانسار در فاصله حدود ۳۵ کیلومتری جنوب غرب شهر هرات در استان یزد واقع شده است. مختصات جغرافیایی آن بین $53^{\circ}59'04''$ تا $54^{\circ}08'50''$ طول شرقی و $29^{\circ}56'43.5''$ تا $30^{\circ}04'09''$ عرض شمالی قرار دارد. مساحت این حوزه آبخیز ۱۱۵۹۵ هکتار است. موقعیت حوزه آبخیز در سطح کشور و استان یزد در شکل ۱ نمایش داده شده است. میانگین سالانه بارندگی حوزه آبخیز خوانسار در یک دوره ده‌ساله آماری، $235/3$ میلی‌متر محاسبه شده است. میانگین دمای بیشینه و کمینه نیز به ترتیب $34/3$ و $-4/7$ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. دسته‌بندی متغیرها بر اساس متغیرهای مختلف

متغیرهای مربوطه	نوع متغیر
X1 تا X13 (جمعیت، بهداشت، آموزش، اشتغال، خدمات عمومی)	متغیرهای اجتماعی
X14 تا X18 (رسوب، دبی، بارش، دما، تبخیر)	متغیرهای هیدرولوژیکی
X19 تا X28 (یون‌های محلول، مواد شیمیایی، هدایت الکتریکی)	متغیرهای کیفیت آب
X29 تا X34 (اراضی کشاورزی، باغی، مسکونی، مرتع، جنگل، اراضی بایر و سنگی)	متغیرهای کاربری اراضی

طبقه‌بندی سلامت و پایداری آبخیز بر اساس مدل WHSI آورده شده است.

نتایج و بحث

سلامت و پایداری آبخیز از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی وضعیت اکولوژیکی و کارکردی منابع طبیعی به شمار می‌روند

در مدل ارائه شده توسط دانشگاه تهران، متغیرها بر اساس مساحت (با واحد هکتار) و تعداد افراد تعریف شده بودند که نیازمند اصلاح برای به‌کارگیری در مناطق مختلف بودند. در این مطالعه، پارامترها به صورت درصدی بازتعریف و به‌گونه‌ای اصلاح شدند که قابلیت کاربرد در تمامی حوزه‌های آبخیز را داشته باشند. روش‌های امتیازدهی در مدل اصلاح شده WHSI در جدول ۳ ارائه شده است. در جدول ۴ و ۵ به ترتیب

جدول ۲. متغیرهای مورد استفاده در مدل WHSI

علامت متغیر	متغیر	واحد اندازه‌گیری	علامت متغیر	واحد اندازه‌گیری	متغیر	واحد اندازه‌گیری	علامت متغیر	واحد اندازه‌گیری
X۱	جمعیت شهری و روستایی	نفر	X۱۳	دارای تحصیلات عالیه	درصد شاغلان	درصد	X۲۵	بی‌کربنات
X۲	میزان مرگ‌ومیر	درصد	X۱۴	رسوب	درصد	mg/L	X۲۶	اسیدیته
X۳	تعداد مراجعه به مراکز بهداشتی و درمانی	درصد	X۱۵	دبی	(L/s)	X۲۷	هدایت الکتریکی	μS/cm
X۴	هزینه‌کرد خانواده روستایی	ریال	X۱۶	بارش	میلی‌متر	X۲۸	مجموع مواد محلول	mg/L
X۵	واکسیناسیون انسان	درصد	X۱۷	دما	درجه سلسیوس	X۲۹	کشاوری	درصد
X۶	تعداد خانواری که به آشامیدنی سالم دسترسی دارند	درصد	X۱۸	تبخیر	میلی‌متر	X۳۰	مسکونی	درصد
X۷	جمعیت تحت مراکز بهداشت	درصد	X۱۹	پتاسیم	mg/L	X۳۱	باغ	درصد
X۸	تعداد افراد دارای سن ۶۵ و بیشتر	درصد	X۲۰	سدیم	mg/L	X۳۲	مرتع	درصد
X۹	نسبت پزشک عمومی به ۱۰۰۰ نفر جمعیت	پزشک به ازای ۱۰۰۰ نفر	X۲۱	منیزیم	mg/L	X۳۳	توده سنگی و بایر	درصد
X۱۰	مخاطبان برنامه فرهنگی یا ترویجی	درصد	X۲۲	کلسیم	mg/L	X۳۴	جنگل	درصد
X۱۱	مشترکین برق	درصد	X۲۳	سولفات	mg/L	-	-	-
X۱۲	مشترکین آب	درصد	X۲۴	کلر	mg/L	-	-	-

جدول ۳. متغیرهای اصلاح‌شده مدل WHSI

وضعیت متغیر	خوب	متوسط	ضعیف	بحرانی
4	3	2	1	
X1	$x < 25$	$26 < x < 50$	$51 < x < 75$	$x > 75$
X2	$x < 25$	$25 < x < 50$	$50 < x < 75$	$x > 75$
X3	$x < 25$	$25 < x < 50$	$50 < x < 75$	$x > 75$
X4	$x < 3970000$	$3971000 < x < 7220000$	$7221000 < x < 15840000$	$x > 15840000$
X5	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X6	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X7	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X8	$x < 25$	$25 < x < 50$	$50 < x < 75$	$x > 75$
X9	$x > 12$	$8 < x < 11$	$5 < x < 7$	$x < 4$
X10	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X11	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X12	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X13	$28\% < x$	$27\% < x < 25\%$	$20\% < x < 24\%$	$x < 20\%$
X14	$x < 152034$	$152034 < x < 360005$	$360006 < x < 828409$	$828410 < x$
X15	$10.85 < x < 12.54$	$7.77 < x < 10.84$	$6.44 < x < 7.76$	$x < 6.43$
X16	$600.62 < x$	$471.21 < x < 600.61$	$446.88 < x < 471.20$	$x < 446.87$
X17	$9.6 < x < 10.47$	$10.48 < x < 11.21$	$11.22 < x < 11.3$	$11.3 < x$
X18	$1209 < x < 1294$	$1294.01 < x < 1620.11$	$1620.11 < x < 1661$	$1661.01 < x$
X19	$x < 0.017$	$0.018 < x < 0.025$	$0.026 < x < 0.033$	$x > 0.034$
X20	$x < 0.008$	$0.009 < x < 1.12$	$1.3 < x < 1.41$	$x > 1.42$
X21	$x < 0.97$	$0.98 < x < 1.11$	$1.12 < x < 1.32$	$x > 1.33$
X22	$x < 2.92$	$2.93 < x < 3.30$	$3.31 < x < 4.10$	$x > 4.11$
X23	$x < 1.99$	$2 < x < 2.75$	$2.76 < x < 3.40$	$x > 3.41$
X24	$x < 0.72$	$0.73 < x < 1.030$	$1.031 < x < 1.32$	$x > 1.33$
X25	$x < 1.31$	$1.32 < x < 1.5$	$1.51 < x < 2.31$	$x > 2.31$
X26	$7 < x < 7.57$	$7.58 < x < 7.75$	$7.76 < x < 7.96$	$x > 7.97$
X27	$x < 482.33$	$482.34 < x < 597.67$	$597.68 < x < 699.72$	$x > 669.72$
X28	$x < 271.50$	$271.51 < x < 378.92$	$378.93 < x < 443$	$x > 443.01$
X29	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X30	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X31	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X32	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$
X33	$x < 25$	$25 < x < 50$	$50 < x < 75$	$x > 75$
X34	$75 < x < 101$	$50 < x < 75$	$25 < x < 50$	$x < 25$

جدول ۴. طبقه‌بندی سلامت آبخیز طبق مدل WHSI (۶)

وضعیت سلامت	بسیار ناسالم	ناسالم	متوسط	سالم	بسیار سالم
امتیاز	۳۴-۵۶	۵۷-۷۳	۷۴-۹۵	۹۶-۱۱۵	۱۱۶-۱۳۶

جدول ۵. طبقه‌بندی پایداری آبخیز طبق مدل WHSI (۶)

وضعیت پایداری	ناپایدار	نیمه پایدار	نسبتاً پایدار	پایدار
امتیاز	۰-۲۵	۲۶-۵۰	۵۱-۷۵	۷۶-۱۰۰

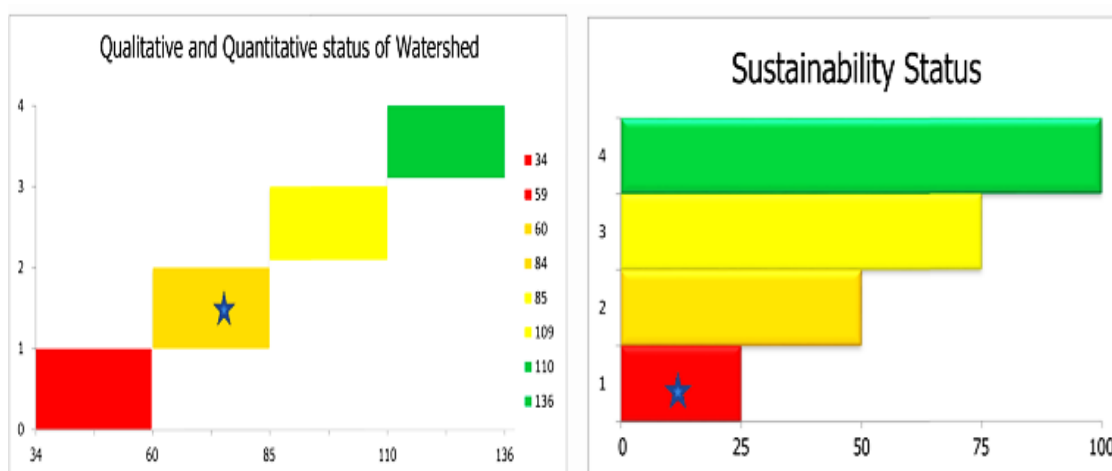
و بررسی آنها می‌تواند تصویری روشن از توانایی سیستم در حفظ تعادل بوم‌شناختی و تأمین خدمات زیست‌محیطی ارائه دهد. مقادیر هر یک از متغیرهای مدل WHSI برای حوزه آبخیز خوانسار در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که وضعیت سلامت آبخیز خوانسار یزد با کسب امتیاز ۷۴ در طبقه میانه قرار دارد (شکل ۲) و از منظر پایداری نیز با امتیاز ۱۲ در محدوده ناپایدار طبقه‌بندی می‌شود (شکل ۲).

تحلیل نتایج حاصل از مدل WHSI نشان داد که وضعیت شاخص‌های اجتماعی نسبت به سایر گروه‌ها از سلامت نسبی بهتری برخوردار است؛ به‌طوری که از ۱۳ متغیر اجتماعی، ۸ مورد در وضعیت خوب، ۲ مورد ضعیف و ۳ مورد در وضعیت بحرانی قرار داشتند. در گروه متغیرهای هیدرولوژیک، ۱ شاخص در وضعیت خوب و ۴ شاخص در وضعیت بحرانی بودند که بیانگر فشارهای قابل توجه بر منابع آب حوزه آبخیز خوانسار است. شاخص‌های مرتبط با کیفیت آب نیز وضعیت نامطلوبی داشتند؛ از ۱۰ متغیر این گروه، ۱ مورد در وضعیت خوب، ۱ مورد ضعیف و ۸ مورد در وضعیت بحرانی قرار گرفتند. همچنین، بررسی متغیرهای کاربری اراضی نشان داد که تنها ۱ شاخص در وضعیت خوب، ۱ شاخص در وضعیت متوسط و ۴ شاخص در وضعیت بحرانی هستند که حاکی از تخریب و تغییرات نامطلوب در پوشش و کاربری اراضی حوزه آبخیز است. این نتایج نشان می‌دهد که فشارهای انسانی و تغییرات کاربری اراضی و کیفیت آب، تهدیدات اصلی سلامت و پایداری اکوسیستم را تشکیل می‌دهند و نیازمند اقدامات مدیریتی هدفمند برای بازگرداندن پایداری اکولوژیکی هستند. طبق نتایج به‌دست‌آمده، متغیرهای ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۲۶ و ۳۳ در وضعیت خوب، متغیر ۳۲ در وضعیت

متوسط، متغیرهای ۷، ۱۰ و ۲۲ در وضعیت ضعیف و متغیرهای ۱، ۹، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱ و ۳۴ در وضعیت بحرانی قرار داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که با وجود برخی شاخص‌های مطلوب، بخش قابل توجهی از متغیرها وضعیت نامناسب و بحرانی را تجربه می‌کنند که می‌تواند سلامت و پایداری آبخیز را در بلندمدت تهدید کند. بهبود ابعاد توسعه از مهم‌ترین اهداف دولت‌ها به شمار می‌رود که در این میان، توسعه انسانی نقشی اساسی و بنیادین دارد. انسان‌ها به‌عنوان هم هدف و هم ابزار توسعه، نقش محوری در ارتقای سطح سلامت و رفاه جامعه ایفا می‌کنند. بر اساس یافته‌ها، با وجود تعداد محدود متخصصان بهداشت در حوزه آبخیز خوانسار، شاخص‌هایی مانند اجرای واکسیناسیون به‌موقع، افزایش تعداد مراکز بهداشتی، دسترسی به خدمات و امکانات درمانی، کیفیت ارائه خدمات، وجود آب آشامیدنی سالم و بهره‌مندی از زیرساخت‌های عمومی همچون آب و برق، در وضعیت مطلوبی قرار داشته و این امر به بهبود سطح بهداشت و رفاه ساکنان کمک شایانی کرده است. همچنین توسعه زیرساخت‌های بهداشتی و ارتقای امکانات درمانی نقش چشمگیری در کاهش مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌ها داشته است. از سوی دیگر، نتایج نشان داد که با وجود بالابودن شاخص آموزش در این حوزه آبخیز، وضعیت اشتغال در سطح بسیار پایینی قرار دارد. این شکاف میان آموزش و اشتغال می‌تواند به کاهش بهره‌وری نیروی انسانی و تضعیف توسعه پایدار منجر شود؛ بنابراین، اتخاذ سیاست‌های کارآمد در راستای ایجاد پیوند مؤثر میان آموزش و بازار کار، ضروری به نظر می‌رسد. وضعیت مناسب شاخص آموزش و مهارت و همچنین سطح خدمات و امکانات بهداشتی و درمانی در این منطقه با

جدول ۶. مقدار متغیرهای WHSI در حوزه آبخیز خوانسار

متغیر	مقدار متغیر	متغیر	مقدار متغیر	متغیر	مقدار متغیر	متغیر	مقدار متغیر
X8	0	X17	13.3	X19	0.047	X28	988.3
X3	0	X2	2	X20	7.14	X29	2
X15	0.39	X13	2	X21	3.59	X30	0.0002
X9	1	X16	235.3	X22	3.93	X31	3
X12	100	X7	35	X23	5.21	X32	72
X6	100	X10	36	X24	6.09	X33	2
X11	100	X4	3950000	X25	4.09	X34	3
X5	100	X14	465.5	X26	7.26	-	-
X1	114	X18	2172.5	X27	1471	-	-



شکل ۲. طبقه‌بندی وضعیت سلامت آبخیز طبق مدل اصلاح شده WHSI (سمت چپ) و پایداری حوزه آبخیز خوانسار یزد (سمت چپ)

می‌بایست به منظور کاهش نابرابری‌ها صورت‌بندی شود. به‌منظور دستیابی به شیوه‌های مناسب مداخله و توزیع عادلانه خدمات و منابع در میان سکونتگاه‌های روستایی، توجه به وضع موجود سکونتگاه‌ها و تعریف اولویت‌ها در محورهای مختلف بسیار دارای اهمیت است (۱۰).

آب‌های زیرزمینی به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین آب شیرین در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله حوزه آبخیز خوانسار یزد، نقشی اساسی در تداوم حیات جوامع انسانی و فعالیت‌های کشاورزی دارند. بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در حوزه آبخیز خوانسار نشان می‌دهد که کیفیت آب بر اساس شاخص WHSI در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. این امر بیانگر فشارهای محیطی و انسانی قابل توجهی است که

مطالعه اسماعیل‌زاده و زارع‌بیدکی (۱۳۹۸) همخوانی دارد. ایشان در تحلیل منابع انسانی در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص توسعه انسانی نشان دادند که امید به زندگی در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال‌های قبل به دلیل بالارفتن سطح خدمات و امکانات بهداشتی و درمانی، افزایش تعداد مراکز درمانی، کیفیت ارائه خدمات، زیرساخت‌های مناسب و تغذیه سالم روند افزایشی داشته است (۸).

پژوهشگران در بررسی سطح توسعه‌یافتگی دهستان‌های شهرستان رشت نتیجه گرفتند در زمینه‌های توسعه اجتماعی - فرهنگی، بهداشتی - درمانی و اقتصادی نابرابری‌های شدیدی در نقاط روستایی به چشم می‌خورد؛ از این‌رو برای ایجاد تعادل و ارتقای سطح توسعه در منطقه مورد مطالعه، مداخلات توسعه

منابع آبی را تهدید می‌کند. تخلیه پساب‌ها و فاضلاب‌های خانگی و کشاورزی به منابع آب، منجر به افزایش غلظت آلاینده‌ها، کاهش کیفیت آب آشامیدنی و بروز مشکلات زیست‌محیطی همچون آلودگی خاک و تهدید تنوع زیستی می‌شود. تداوم این روند می‌تواند پیامدهای جدی از جمله کاهش بهره‌وری کشاورزی، افزایش هزینه‌های تصفیه آب و به‌خطر افتادن سلامت ساکنان منطقه را به دنبال داشته باشد؛ بنابراین، اجرای مطالعات جامع و طرح‌های مدیریتی یکپارچه با محوریت مدیریت پساب، ارتقای زیرساخت‌های تصفیه و بهبود الگوهای مصرف آب، برای حفاظت و ارتقای کیفیت منابع آبی این حوزه آبخیز ضروری است. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه آتشی‌زودی و همکاران همخوانی دارد؛ در مطالعه‌ای برای ارزیابی ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی آبخوان دشت بهاباد یزد از شاخص کیفیت آب استفاده کردند. برای این منظور، ۱۷ نمونه آب جمع‌آوری و ده پارامتر کلسیم، سدیم، منیزیم، پتاسیم، سختی کل، TDS، pH، بی‌کربنات، سولفات و کلر را اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که طبق شاخص کیفیت آب، ۲۳/۵۳ درصد نمونه‌ها هیچ محدودیتی برای نوشیدن نداشتند، ۳۵/۲۹ درصد کیفیت پایینی داشتند، ۱۷/۶۵ درصد کیفیت نامرغوب‌تر داشتند و ۲۳/۵۳ درصد غیرقابل مصرف بودند. بررسی پارامترهای فیزیکی شیمیایی نیز نشان داد که به‌جز مقدار pH که در تمامی نمونه‌ها در محدود استاندارد قرار داشت، غلظت سایر پارامترهای در بیشتر نمونه‌ها به دلیل فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بیشتر از حد استاندارد گزارش شد (۱). در مطالعه‌ای دیگر کیفیت آب زیرزمینی شهرستان دیر در استان بوشهر را با استفاده از شاخص کیفی آب زیرزمینی (GQI) ارزیابی کردند. در این مطالعه از نتایج تحلیل شیمیایی نترات، کلسیم، سدیم، منیزیم، پتاسیم، سولفات، بی‌کربنات، کلراید، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و سختی کل استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار شاخص کیفی آب بین ۵۱ تا ۶۱ بود (۱۸).

افزایش جمعیت، رشد مصرف، توسعه فعالیت‌های صنعتی

و کشاورزی و تغییرات کاربری اراضی در این حوزه آبخیز، فشارهای فزاینده‌ای را بر محیط‌زیست وارد کرده است که در نهایت منجر به کاهش سلامت و پایداری حوزه آبخیز خوانسار شده است. تداوم این روند می‌تواند فرسایش خاک، افت کیفیت منابع آب، کاهش تنوع زیستی و در نهایت تضعیف کارکردهای اکولوژیکی آبخیز را به همراه داشته باشد. برای کاهش این فشارها و حرکت به سمت پایداری، اتخاذ راهکارهای مدیریتی و اجرایی ضروری است. اقداماتی مانند افزایش و گسترش پوشش جنگلی، احیای پوشش گیاهی از طریق روش‌های مدیریتی، بیولوژیکی، مکانیکی و بیومکانیکی، می‌تواند نقش مؤثری در بازسازی اکوسیستم ایفا کند. همچنین ایجاد مشاغل و معیشت‌های جایگزین همچون صنایع دستی، زنبورداری و گردشگری بومی، علاوه بر بهبود وضعیت اقتصادی ساکنان، فشار بر منابع طبیعی را کاهش داده و در بلندمدت موجب ارتقای سلامت و پایداری آبخیز خواهد شد. در مطالعه‌ای روند سلامت حوزه آبخیز گرگانرود را بر اساس چارچوب DPSIR ارزیابی کردند. طبق نتایج، سلامت حوزه آبخیز گرگانرود در طول زمان به دلیل فعالیت‌های اجتماعی - اقتصادی و فشارهای مربوطه بدتر شده است (۲۱). در ارزیابی پایداری بوم‌شناختی حوزه آبخیز توتلی واقع در شمال استان خراسان شمالی از چارچوب مفهومی هیدرولوژی، محیط‌زیست، زندگی و سیاست‌گذاری (HELP) و محاسبه شاخص پایداری آبخیز (WSI) استفاده کردند. نتایج حاصل از تلفیق کلیه معیارها و شاخص‌های مورد مطالعه نشان داد که امتیاز کلی WSI برابر ۰/۶۲ به دست آمد که نشان‌دهنده سطح پایداری بوم‌شناختی متوسط است (۱۴).

پایداری و سلامت حوزه‌های آبخیز نیازمند توجه همزمان به ابعاد محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی است. فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی و تغییرات کاربری اراضی، در صورت عدم مدیریت مناسب، می‌توانند منجر به تخریب منابع طبیعی، کاهش کیفیت آب و خاک و تهدید تنوع زیستی شوند. در این راستا، اجرای برنامه‌های جامع حفاظت از منابع طبیعی

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، پایداری حوزه آبخیز خوانسار در استان یزد با بهره‌گیری از مدل WHSI ارزیابی شد. نتایج نشان داد سلامت حوزه آبخیز خوانسار با امتیاز ۷۴ در سطح میانی سلامت اکوسیستمی قرار گرفت. همچنین نرخ پایداری حوزه آبخیز برابر با ۱۲ محاسبه شد که وضعیت ناپایدار را نشان داد. یافته‌ها حاکی از آن است که متغیرهای مدل WHSI توانایی مناسبی در بازتاب شرایط سلامت انسانی و محیطی بر اساس ویژگی‌های هر حوزه آبخیز دارند. این مدل امکان بررسی تغییرات سالانه متغیرها و مقایسه آنها با میانگین بلندمدت ده‌ساله را فراهم می‌کند. بر اساس تحلیل روند تغییرات در حوزه آبخیز خوانسار، وضعیت سلامت محیطی در مقایسه با متوسط ده‌ساله کاهش یافته و پیش‌بینی می‌شود این روند با شتاب کنونی ادامه یابد. انتخاب متغیرها در این مطالعه مطابق با پیش‌فرض نرم‌افزار صورت گرفته است؛ اما قابلیت بازنگری و به‌روزرسانی متناسب با اهداف مطالعاتی و میزان دسترسی به داده‌ها را دارد. با توجه به شواهد حاصل، ضروری است مدیریت حوزه آبخیز به سمت رویکردی تطبیقی و پیشگیرانه هدایت شود. تمرکز بر کاهش فرسایش، تقویت پوشش گیاهی، اصلاح الگوهای بهره‌برداری کشاورزی و کنترل فشارهای انسانی نقش مهمی در بهبود سلامت اکوسیستم خواهد داشت. ارتقای بهره‌وری آب، احیای اراضی تخریب‌شده و ایجاد نظام‌های پایش مستمر مبتنی بر داده نیز می‌تواند سلامت و پایداری این حوزه آبخیز را به طور معناداری افزایش دهد. مشارکت فعال جوامع محلی و هماهنگی میان دستگاه‌های اجرایی از دیگر ضرورت‌های اساسی برای مدیریت موفق و پایدار این حوزه آبخیز به شمار می‌رود. در مجموع، به‌کارگیری مدل WHSI در ارزیابی و پایش حوزه‌های آبخیز نه تنها امکان تحلیل روند تغییرات را فراهم می‌کند، بلکه می‌تواند به مدیران، ذی‌نفعان و سیاست‌گذاران در انتخاب راهبردهای مؤثر برای حفظ و احیای بوم‌سازگان و دستیابی به توسعه پایدار یاری رساند.

و آب، گسترش پوشش گیاهی و جنگل‌کاری، استفاده از روش‌های مدیریتی و بیومکانیکی برای احیای اکوسیستم و ارتقای زیرساخت‌های محیط‌زیستی، از ضرورت‌های اساسی به شمار می‌آید. ایجاد فرصت‌های اقتصادی جایگزین و پایدار، همچون توسعه صنایع دستی، زنبورداری و گردشگری بومی، می‌تواند علاوه بر کاهش فشار بر منابع طبیعی، رفاه و معیشت جوامع محلی را نیز بهبود بخشد.

امروزه اندیشمندان حوزه آبخیزداری و مدیریت منابع آب بر لزوم اتخاذ رویکرد مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز تأکید دارند که در آن حوزه آبخیز به‌عنوان واحد برنامه‌ریزی و اجرا مد نظر قرار می‌گیرد (۴). تأمین بهینه منابع آب در محدوده حوزه‌های آبخیز و حفظ یکپارچگی اکولوژیک، همواره از مهم‌ترین چالش‌های جوامع مدنی، بخش خصوصی و دولت بوده است (۵). نگرش جامع و نظام‌مند آبخیزداری با رویکرد کل‌نگر به تمامی جنبه‌ها، می‌تواند به تعادل توسعه و رشد پایدار در جامعه بینجامد. در ایران نیز این رویکرد در حال گسترش است و طرح‌هایی مانند مدیریت کلان حوزه‌های آبخیز کارون، کرخه، سفیدرود و گلستان و یا مدیریت پایدار منابع آب و خاک در حبله‌رود با هدف مشارکت مردم، نمونه‌هایی از اجرای این رویکرد می‌باشند. با توجه به اهمیت دسترسی به اطلاعات دقیق و کاربردی در فرآیند تصمیم‌گیری، استفاده از مدل‌های پایش و ارزیابی سلامت و پایداری حوزه‌های آبخیز که هم کاربرپسند باشند و هم با کمترین داده‌ها قابلیت اجرا داشته باشند، امری ضروری و حیاتی محسوب می‌شود. نتایج چنین مدل‌هایی می‌تواند وضعیت کنونی حوزه آبخیز را مشخص کرده و تصمیمات سیاسی، فرهنگی و محیط‌زیستی را به سمت تحقق پایداری هدایت کند. درنهایت، ترکیب مدیریت جامع آبخیز، مشارکت مردمی، بهبود زیرساخت‌ها و توسعه اقتصادی جایگزین، از مؤلفه‌های کلیدی برای تضمین سلامت و پایداری بلندمدت حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شود.

References

منابع مورد استفاده

1. Atashi yazdi, S.S., B. Motamedvaziri, S.Z. Hosseini and H. Ahmadi. 2022. Assessment of vulnerability and hydrogeochemical specifications of Bahabad Yazd Plain aquifer. *Environmental Monitoring and Assessment* 194(2): 1-24.
2. Akhmouch, A. and D. Clavreul. 2016. Stakeholder engagement for inclusive water governance: Practicing what we preach with the OECD Water Governance Initiative. *Journal of Water* 8: 1-17.
3. Baijius, W. 2015. Knowledge integration in watershed planning. Thesis, Department of Geography and Planning, University of Saskatchewan, Saskatchewan.
4. Bartel, R. 2014. Vernacular knowledge and environmental law: cause and cure for regulatory failure. *Local Environment* 19: 891-914.
5. Carr, G. 2015. Stakeholder and public participation in river basin management: an introduction. *Journal of Water* 2: 393-405.
6. Ebrahimi, P., M. Mohseni Sarvi and J. Salimeh-Kouchi. 2018. Assessment of health and sustainability of Taleghan watershed using WHSI model. In: The 13th National Conference on Watershed Science and Engineering of Iran and the 3rd National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment. Mohaghegh Ardabili University, Ardabili, Iran.
7. Einar, B. 2010. Integrated Watershed Management: Perspectives and Problems. Springer Capital Publishing Company, New Delhi.
8. Esmaeilzadeh, M. and R. Zare Bidaki. 2020. Human Resources Potential Analysis in Chaharmahal Bakhtiari Province Using Human Development Index. *Journal of Economic and Developmental Sociology* 8(2): 1-21.
9. Fathi, E., A. Talebi, M. Ekhtesasi, J. Mosaffaie and Z. Akbari. 2025. Sustainability assessment of the Malekshahi Watershed based on ecological and socio-economic criteria in Iran. *ECOPERSIA* 13(2): 165-181.
10. Ghazi, S.M., Z. Daghighi Masooleh and M. Daghighi Mohammadi. 2018. Assessment of the development level of rural districts in Rasht County using AHP and TOPSIS models. *Journal of Agricultural Extension and Education Research* 11(1): 1-10.
11. Hamel, P., D. Riveros-Iregui, D. Ballari, T. Browning, R. Céleri, D. Chandler, K.P. Chun, G. Destouni, S. Jacobs, S. Jasechko, M. Johnson, J. Krishnaswamy, M. Poca, P.V. Pompeu and H. Rocha. 2018. Watershed services in the humid tropics: opportunities from recent advances in ecohydrology. *Ecohydrology* 11(3): 1-42.
12. Hazbavi, Z. and S.H.R. Sadeghi. 2017. Watershed health (Part three): Vigor, organization and resilience conceptual model. *Journal of Extension and Development of Watershed Management* 5(16): 21-33.
13. Heirany, A.R., M. Behzadfar and Z. Hazbavi. 2021. Analyzing the sustainability level based on ecological-anthropogenic balance in the Toutli Watersheds. *Geography and Environmental Sustainability* 11(3): 9-30.
14. Heirany, A.R., M. Behzadfar, N. Alaei and Z. Hazbavi. 2022. Ecological sustainability assessment in the Tutli Watershed, North Khorasan Province. *Journal of Geography and Environmental Studies* 11(42): 152-169.
15. Karimi, Z., A. Sadoddin and V. Sheikh. 2022. Effects of watershed management practices on the quadric services of Chehel-Chai Watershed, Golestan Province. *Water and Soil Management and Modeling* 2(4): 18-36.
16. Kheirandish, H., A. Sadeghipour and H. Mohammadi Kangarani. 2021. An evaluation of the Bakhtegan Watershed sustainability using the HELP model. *Watershed Management Research* 34(2): 48-60.
17. Mallya, G., M. Hantush and R.S. Govindaraju. 2018. Composite measures of watershed health from a water quality perspective. *Journal of Environmental Management* 214: 104-124.
18. Mojarad, Z., A.R. Pazira and T. Tabatabaie. 2021. Evaluation of groundwater quality in Dayyer city, Bushehr using groundwater quality index (GQI). *Journal of Nature and Spatial Sciences (JONASS)* 1(2): 75-90.
19. Momenian, P., H. Nazarnezhad, M.H. Miryaghoubzadeh and R. Mostafazadeh. 2018. Assessment and prioritizing of subwatersheds based on watershed health scores (Case study: Ghotorchay, Khoy, West Azerbaijan). *Journal of Watershed Management Research* 9(17):1-13.
20. Mosaffaie, J. and A. Salehpour Jam. 2018. Economic assessment of the investment in soil and water conservation projects of watershed management. *Arabian Journal of Geosciences* 11(14):368.
21. Mosaffaie, J., A. Salehpour Jam, M.R. Tabatabaei and M.R. Kousari. 2021. Trend assessment of the watershed health based on DPSIR framework. *Land Use Policy* 100: 104911.

22. Qi, H. and M. Altinakar. 2013. Integrated watershed management with multi-objective land use optimizations under uncertainty. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 139(3): 239–243.
23. Remedio, E.M. and T.G. Bense. 2003. Socio-economic and environmental impacts of wood fuel consumption and production in South Asia, 54 p.
24. Shahedi, K., Kiani, A., Bayati, F. 2023. Evaluation of Sustainability in Sarab Seydali Watershed, Selseleh City. *Geography and Environmental Sustainability* 13(2): 39-57.
25. Xia, J., Y. Zhang, Ch. Zhao and S.E. Bunn. 2014. A bio indicator assessment framework of river ecosystem health and the detection of factors influencing the health of the Huai River Basin, China. *Journal of Hydrologic Engineering* 19(8): 1–34.
26. Yilmaz, B. and N. Harmancioglu. 2010. An indicator based assessment for water resources management in Gediz River Basin, Turkey. *Water Resources Management* 24(15): 4359–4379.