Integrated Watershed Management, Autumn, 2025, 5(3), 1-16 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2049954.1200 **Online ISSN: 2783-4581**

Identifying and determining the role of human and environmental factors in watershed degradation (Case study: Ilam Dam watershed)

Ehsan Fathi[1], Mohammadreza Ekhtesasi[1*], Ali Talebi[1], Jamal Mosaffaie[2]

1. Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran
2. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

***Corresponding author**: Mr_Ekhtesasi@yazd.ac.ir

(Received: 06 January 2025 Revised: 26 January 2025 Accepted: 09 March 2025)

Extended Abstract

Introduction: Watershed degradation is a critical environmental issue with significant impacts on water resources, local livelihoods, and ecosystem sustainability. These impacts include reduced water quality and quantity, soil erosion, decreased agricultural productivity, and disrupted ecological balance. The Ilam Dam watershed, affected by land-use changes, overexploitation of natural resources, and unsustainable human activities, has faced numerous challenges in recent years. This study aims to identify and assess the roles of human and environmental factors in the degradation of the Ilam Dam watershed.

Materials and methods: To achieve this, the study began with a comprehensive review of scientific literature to understand the factors contributing to watershed degradation. Additionally, consultations with local experts and residents were conducted to incorporate their insights and experiences. Field research, on-site visits, and analysis of previous studies and reports were also integral to identifying degradation factors. Two main categories of factors were identified: environmental and human-induced. Environmental factors included climate change, physiography, geology (rock type), and tectonics, with a total of 12 indicators. Human-induced factors encompassed high population growth and migration, infrastructure and settlement development, livestock farming, and agriculture, with 25 indicators. These indicators reflect the impacts of agricultural activities, infrastructure development, and land-use changes driven by population growth. The Analytical Hierarchy Process (AHP) and Expert Choice software were used to weigh and prioritize these factors. Expert judgments were collected through questionnaires distributed to 10 experts and university faculty members, providing accurate weights for each factor and indicator. These results formed the basis for developing strategies and management solutions to mitigate degradation and enhance the health of the Ilam Dam watershed.

Results and Discussion: The analysis revealed that climate change, with a weight of 0.550, was the most influential environmental factor contributing to watershed degradation. Among its indicators, drought (weight: 0.708) was the most critical, significantly affecting precipitation and water resources. In the physiography sub-criterion, steep slopes (weight: 0.723) were identified as a primary factor, increasing soil erosion and surface runoff. In geology, erosion-prone formations (weight: 0.708) accelerated soil erosion and land vulnerability. In tectonics, fracture density (weight: 0.731) reduced land stability and exacerbated degradation. Among human-induced factors, agriculture (weight: 0.566) was the most influential. Encroachment on natural resources and land conversion (weight: 0.337) were significant under high population growth and migration. The expansion of residential areas (weight: 0.651) was a key indicator in infrastructure development. Input consumption in livestock farming (weight: 0.416) and excessive water extraction in agriculture (weight: 0.395) also significantly impacted the watershed's natural resources and environmental health. These findings provide essential guidelines for planning and managing natural resources in the Ilam Dam watershed.

Conclusion: This study highlights climate change and agriculture as the most significant environmental and human factors, respectively, driving the degradation of the Ilam Dam watershed. These findings underscore the need for improved natural resource management and sustainable strategies to mitigate these impacts. Comprehensive management programs are recommended to address climate change effects, enhance agricultural practices, and prevent further degradation. This research serves as a valuable guide for policymakers and managers in protecting and managing the Ilam Dam watershed effectively.

Keywords: Degradation, Environmental Factors, Hierarchical Analysis, Human Factors, Watershed Management

Citation: Fathi, E., Ekhtesasi, M., Talebi, A., & Mosaffaie, J. (2025). Identifying and determining the role of human and environmental factors in watershed degradation (Case study: Ilam Dam watershed). *Integrated Watershed Management*, 5(3), 1-16. doi= 10.22034/iwm.2025.2049954.1200

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال پنجم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، صفحات (۱۶-۱) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2049954.1200

شناسایی و تعیین نقش عوامل انسانی و محیطی در تخریب حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد ایلام)

احسان فتحی[۱]، محمدرضا اختصاصی[۱*]، علی طالبی[۱]، جمال مصفایی[۲]

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: Mr_Ekhtesasi@yazd.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۹)

چکیده مبسوط

مقدمه: تخریب حوزه‌های آبخیز یکی از معضلات کلیدی محیط‌زیست است که اثرات ناگواری بر منابع آبی، معیشت جوامع محلی، و پایداری اکوسیستم‌ها دارد. این تأثیرات مخرب شامل کاهش کیفیت و کمیت منابع آبی، فرسایش خاک، افت تولیدات کشاورزی و در نهایت برهم خوردن تعادل زیستی و اکولوژیکی منطقه است. حوزه آبخیز سد ایلام نیز به دلیل عواملی چون تغییرات کاربری زمین، افزایش بهره‌برداری از منابع طبیعی، و فعالیت‌های انسانی ناپایدار از این اثرات مستثنی نبوده و در سال‌های اخیر با مشکلات فراوانی مواجه شده است. این مقاله با هدف شناسایی و تعیین نقش عوامل انسانی و محیطی در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها: در ابتدا منابع علمی متعددی مورد بررسی قرار گرفت تا شناخت دقیق‌تری از عوامل تخریب حوزه آبخیز سد ایلام حاصل شود. همچنین جلسات متعددی با کارشناسان محلی و ساکنان منطقه برگزار گردید. بررسی مطالعات و گزارش‌های کارشناسی پیشین و همچنین پژوهش‌ها و بازدیدهای میدانی نیز از دیگر مراحل شناسایی عوامل تخریب به شمار می‌روند. این بررسی‌ها منجر به شناسایی دو گروه کلی از عوامل، شامل عوامل محیطی و عوامل انسانی تخریب در حوزه آبخیز سد ایلام شد. در بخش عوامل محیطی، چهار زیر معیار مهم شامل تغییر اقلیم، فیزیوگرافی، زمین‌شناسی (جنس سنگ) و زمین‌ساخت و تکتونیک، و در مجموع ۱۲ شاخص به‌عنوان عوامل محیطی شناسایی شدند. در بخش عوامل انسانی نیز چهار زیرمعیار رشد جمعیت و مهاجرپذیری بالا، توسعه راه‌ها و سکونتگاه‌ها، دامداری و دامپروری و کشاورزی با در نظر گرفتن ۲۵ شاخص مرتبط بررسی شدند. این شاخص‌ها شامل اثرات فعالیت‌های کشاورزی، تخریب‌های ناشی از توسعه زیرساخت‌ها و تغییرات کاربری اراضی به دلیل رشد جمعیت بود. برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی این عوامل از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد. در این راستا، قضاوت‌های کارشناسی از طریق پرسشنامه با جامعه آماری ۱۰ نفر از خبرگان و اساتید دانشگاه جمع‌آوری گردید تا وزن هر یک از عوامل و شاخص‌ها به صورت دقیق تعیین شود.

نتایج و بحث: بررسی و تحلیل زیرمعیارها و شاخص‌های مرتبط با معیار محیطی نشان داد که زیرمعیار تغییر اقلیم، با وزن ۰/۵۵۰، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر تخریب حوزه آبخیز سد ایلام است. در این میان، شاخص خشکسالی با وزن ۰/۷۰۸ به‌عنوان مهم‌ترین شاخص این زیرمعیار شناخته شد. خشکسالی به دلیل کاهش بارش و تأثیر مستقیم بر منابع آب، به‌عنوان عاملی مهم در کاهش سلامت محیطی منطقه نقش دارد. همچنین، در بخش فیزیوگرافی، شاخص شیب زیاد منطقه با وزن ۰/۷۲۳ به‌عنوان عامل اصلی شناخته شد؛ چراکه شیب زیاد، پتانسیل فرسایش خاک و سرعت رواناب را افزایش می‌دهد. در زیرمعیار زمین‌شناسی نیز، سازندهای حساس به فرسایش با وزن ۰/۷۰۸ اهمیت بالایی دارند؛ وجود چنین سازندهایی فرسایش خاک را تسریع و آسیب‌پذیری زمین را بیشتر می‌کند. در زیرمعیار زمین‌ساخت و تکتونیک نیز، تراکم درز و شکاف با وزن ۰/۷۳۱ به‌عنوان شاخص مهم شناسایی شد که می‌تواند منجر به کاهش پایداری زمین و تشدید تخریب در نواحی مختلف حوزه آبخیز شود. نتایج تحلیل معیار انسانی نیز بیانگر آن است که زیرمعیار کشاورزی با وزن ۰/۵۶۶ به‌عنوان مهم‌ترین عامل در بین عوامل انسانی شناخته شده است. در این بخش، تخریب منابع طبیعی و همچنین تغییر کاربری اراضی طبیعی با وزن ۰/۳۳۷ بیشترین تأثیر را در زیرمعیار رشد جمعیت و مهاجرپذیری بالا داشته‌اند. روند افزایشی مناطق مسکونی با وزن ۰/۶۵۱ در زیرمعیار توسعه راه‌ها و سکونتگاه‌ها به‌عنوان شاخصی کلیدی محسوب می‌شود. مصرف نهاده‌ها در دامداری و دام‌پروری با وزن ۰/۴۱۶ و برداشت بی‌رویه آب در کشاورزی با وزن ۰/۳۹۵ نیز به‌عنوان شاخص‌های مهم در تخریب منابع طبیعی و کاهش سلامت محیطی حوزه آبخیز معرفی شده‌اند.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که تغییر اقلیم و فعالیت‌های کشاورزی به‌ترتیب مهم‌ترین عوامل محیطی و انسانی تخریب حوزه آبخیز سد ایلام بودند. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت توجه به مدیریت بهتر منابع طبیعی و اتخاذ راهکارهای پایدار برای کاهش تاثیرات منفی این عوامل است. پیشنهاد می‌شود برنامه‌های مدیریتی جامع‌تری برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و بهبود روش‌های کشاورزی و دیگر زیرمعیارها اعمال شود تا از تخریب بیشتر حوزه آبخیز سد ایلام جلوگیری شود. این تحقیق می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای سیاست‌گذاران و مدیران در راستای بهبود مدیریت و حفاظت از حوزه آبخیز سد ایلام مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سلسله‌مراتبی، تخریب، عوامل انسانی، عوامل محیطی، مدیریت آبخیز

استناد: فتحی، ا.، اختصاصی، م.، طالبی، ع؛ و مصفایی، ج. (۱۴۰۴). شناسایی و تعیین نقش عوامل انسانی و محیطی در تخریب حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد ایلام). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۳)، ۱۶-۱.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وب‌سایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

حوزه‌های آبخیز سامانه‌های اجتماعی - اکولوژیکی هستند که در آن انسان‌ها و دیگر موجودات زنده با محیط فیزیکی و یکدیگر تعامل دارند (Cabello *et al.*, 2015; Gari *et al.*, 2018). حوزه‌های آبخیز قادرند مزایای گوناگونی را در اختیار انسان قرار دهند که به‌عنوان خدمات حوزه آبخیز شناخته می‌شوند. این خدمات نقش حیاتی در زندگی انسان‌ها ایفا می‌کنند و طیف گسترده‌ای از نیازهای جوامع انسانی از قبیل تأمین آب و غذا تا ارزش‌های فرهنگی و عملکردهای زیست‌محیطی را در بر می‌گیرند (Hamel *et al.*, 2018). رشد جمعیت و لزوم تأمین نیازهای زیستی انسان به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، منجر به استفاده‌های غیراصولی از منابع سرزمین شده است، راهبرد افزایش تولید با بهره‌کشی بیش‌ازحد از منابع، امروزه کشور را با بحران جدی، به‌ویژه در زمینه آب و محیط‌زیست، مواجه کرده است. از طرفی مدیریت ناصحیح منابع آب و سرزمین، امنیت آبی و غذایی کشور که از اصلی‌ترین اهداف کلان ملی محسوب می‌شود را در معرض تهدید قرار داده است. به‌نحوی‌که افزایش تقاضا و رقابت برای دستیابی به منابع طبیعی بیشتر و باکیفیت‌تر موجب ناپایداری اجتماعی و سیاسی و ظهور ناپایداری در مؤلفه‌های محیطی می‌شود (Bayat *et al.*, 2021). امروزه، تخریب شدید محیط‌زیست و کاهش عملکرد آبخیزها در راستای تامین نیازهای مختلف جوامع بشری بسیار حائز اهمیت است. در ایران نیز منابع طبیعی با آسیب‌ها و تهدیدهای جدی چون تغییر اقلیم، خشکسالی، کمبود آب، آلودگی آب، خاک، هوا، فرسایش شدید خاک، بیابان‌زایی، تغییرات کاربری زمین مانند جنگل‌تراشی، تخریب مراتع، کشاورزی نامناسب و غیراصولی و توسعه ناپایدار روبه‌رو است (Mosaffaie *et al.*, 2021). رویکرد مدیریت جامع حوزه آبخیز یکی از رویکردهای مدیریتی قابل‌اتکا و موردپذیرش جامعه جهانی است (Sadeghi *et al.*, 2018). بنابراین در این فرآیند شناسایی صحیح مشکلات حوضه می‌تواند یکی از مهم‌ترین مراحل برای اجرای این رویکرد باشد. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و استفاده از اصول مدیریتی و انسانی نقش مهمی در کاهش تخریب خاک، بهبود پوشش گیاهی، افزایش جریان پایه و آبدهی منابع آب مانند چشمه‌ها و قنات‌ها دارد (Sadeghi *et al.*, 2023). همچنین، این رویکرد با افزایش زمان تمرکز و زبری سطح خاک از وقوع سیلاب جلوگیری کرده (Chamani *et al.*, 2020)، دبی پیک سیلاب را کاهش داده (PourNabi *et al.*, 2014) و با بهره‌برداری پایدار از منابع آب، به ارتقاء وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنین حوزه کمک می‌کند(Sadeghi *et al.*, 2023). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز مفهومی است که در دهه ۱۹۷۰ میلادی توسط سازمان‌های بین‌المللی چون فائو ارائه شد (Esmaili & Abdullahi, 2010). هدف اصلی این مفهوم، انسان‌محوری در روند توسعه است تا حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی و محیط‌زیست صورت بگیرد (Mohseni Saravi, 2013). آگاهی از آسیب‌های آبخیز و پیامدهای آن، اصولی‌ترین گام در اجرای طرح‌های مدیریتی آبخیز و دستیابی به هدف‌های مدیریت جامع آبخیز است (Sadoddin *et al.*, 2017; Mosaffaie & Malekinezhad, 2017). در ادامه اولویت‌بندی آسیب‌های آبخیز یکی از گام‌های اساسی و حیاتی در فرآیند مدیریت آبخیز به شمار می‌رود. این اقدام نقش کلیدی در مدیریت بهینه آبخیزها ایفا کرده و زمینه را برای رفع موانع موجود و اتخاذ تصمیمات مؤثر در برنامه‌ریزی جامع و کارآمد فراهم می‌کند (Kamali *et al.*, 2023). یکی از ابزارهای مدیریتی پرکاربرد در سال‌های اخیر، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] است. این روش‌ها امکان تحلیل و پشتیبانی از تصمیمات را حتی در شرایطی که اهداف متعدد و

1. Multiple Attribute Decision Making

گاه متناقض وجود دارد، فراهم می‌کنند (Soori *et al.*, 2017). در این پژوهش، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) برای وزن‌دهی به عوامل مؤثر در تخریب آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به‌عنوان یکی از جامع‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه شناخته می‌شود. از ویژگی‌های برجسته این روش می‌توان به قابلیت معادله‌سازی مسئله به‌صورت سلسله‌مراتبی و در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی مرتبط با موضوع اشاره کرد (Saaty & Vargas, 2001). در این راستا پژوهش‌های متعددی در آبخیزها با استفاده از روش AHP انجام‌شده است که در زیر به برخی موارد اشاره می‌شود. Preciado-Jiménez و همکاران (۲۰۱۴) با بهره‌گیری از روش AHP و شاخص پایداری، پایداری حوزه آبخیز لرما-چاپالا در کشور اسپانیا را ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که منطقه در وضعیت پایداری ضعیفی قرار دارد. در این مطالعه، فعالیت‌های شدید کشاورزی و دامداری، همراه با فقدان تعامل میان عوامل سیاسی، اقتصادی و اجتماعی، به‌عنوان عوامل اصلی تخریب این حوضه شناسایی شدند. Tarigan و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از روش AHP و تکمیل پرسش‌نامه‌ها، به اولویت‌بندی بازسازی زهکش‌های شهری برای مدیریت منابع آب در شهر مدان پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده از این روش با خروجی پرسش‌نامه‌های تکمیل‌شده توسط کارشناسان مطابقت داشت و توانمندی روش AHP در تصمیم‌گیری مسائل مدیریت شهری مورد تأیید قرار گرفت. Castillo و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از روش AHP و داده‌های سنجش از دور، منابع آب زیرزمینی را در حوزه آبخیز سان‌لوئیس پوتوسی مکزیک ارزیابی و پتانسیل‌یابی کردند. در این پژوهش، هفت لایه اطلاعاتی شامل زمین‌شناسی، تراکم خطی، کاربری و پوشش زمین، شاخص رطوبت توپوگرافی، بارندگی، تراکم زهکشی و شیب تهیه شد. پس از وزن‌دهی و رتبه‌بندی با روش AHP، این لایه‌ها از طریق محاسبه‌گر رستری ترکیب شدند و نقشه GWPZs به دست آمد. نتایج نشان داد که ۶۸/۲۱ درصد از منطقه در طبقه با پتانسیل کم آب زیرزمینی و ۲۶/۳۰ درصد در طبقه متوسط قرار دارد.

در تحقیقی دیگر، Rostami و Kazemi (۲۰۱۹) با در نظر گرفتن عواملی همچون ارتفاع، شماره منحنی، تراکم ساختمان، بافت فرسوده و تجمع جریان، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، جمعیت، زمین‌شناسی، شیب، خاک به پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر ایلام با استفاده از روش GIS و AHP پرداختند. نتایج نشان داد که مناطق با خطر سیلاب خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد به‌ترتیب ۰/۸، ۸/۵، ۴۹/۶، ۳۲/۵۴ و ۸/۵۶ درصد از مساحت حوضه را شامل می‌شوند. همچنین، فاصله از آبراهه، شماره منحنی، ارتفاع و کاربری اراضی به‌عنوان مؤثرترین عوامل در بروز خطر سیلاب شناسایی شدند. Pourfallah و همکاران (۲۰۱۹) نیز در پژوهشی به شناسایی مناسب‌ترین راهکار مدیریتی برای تعادل‌بخشی به آبخوان دشت ابرکوه با استفاده از روش AHP پرداختند. نتایج نشان داد که کشاورزی بیشترین تأثیر را در بی‌تعادلی آبخوان دارد. مهم‌ترین مشکلات این بخش به‌ترتیب شامل برداشت غیرمجاز آب، رقابت در بهره‌برداری، سامانه آبیاری ناکارآمد، الگوی کشت نامناسب، سطح زیرکشت گسترده، حفر چاه‌های غیرمجاز و توسعه صنایع پرآب‌خواه بودند. بر اساس یافته‌ها، راهکارهای مدیریتی نظیر مدیریت مصرف آب، اصلاح سامانه‌های آبیاری و بهبود الگوی کشت شناسایی و ارزیابی شدند. Habibnejad Roshan و همکاران (۲۰۲۳) برای شناسایی و اولویت‌بندی مناطق سیل‌گیر در حوزه آبخیز کارون از AHP مبتنی بر GIS استفاده کردند. در این تحقیق، ۱۵ پارامتر مؤثر در وقوع سیلاب انتخاب شد. وزن‌دهی این پارامترها با استفاده از مدل AHP در نرم‌افزار Expert Choice انجام شد. نتایج مدل AHP نشان داد که بارندگی، مقدار شیب و طبقات ارتفاعی

1- Analytical Hierarchy process

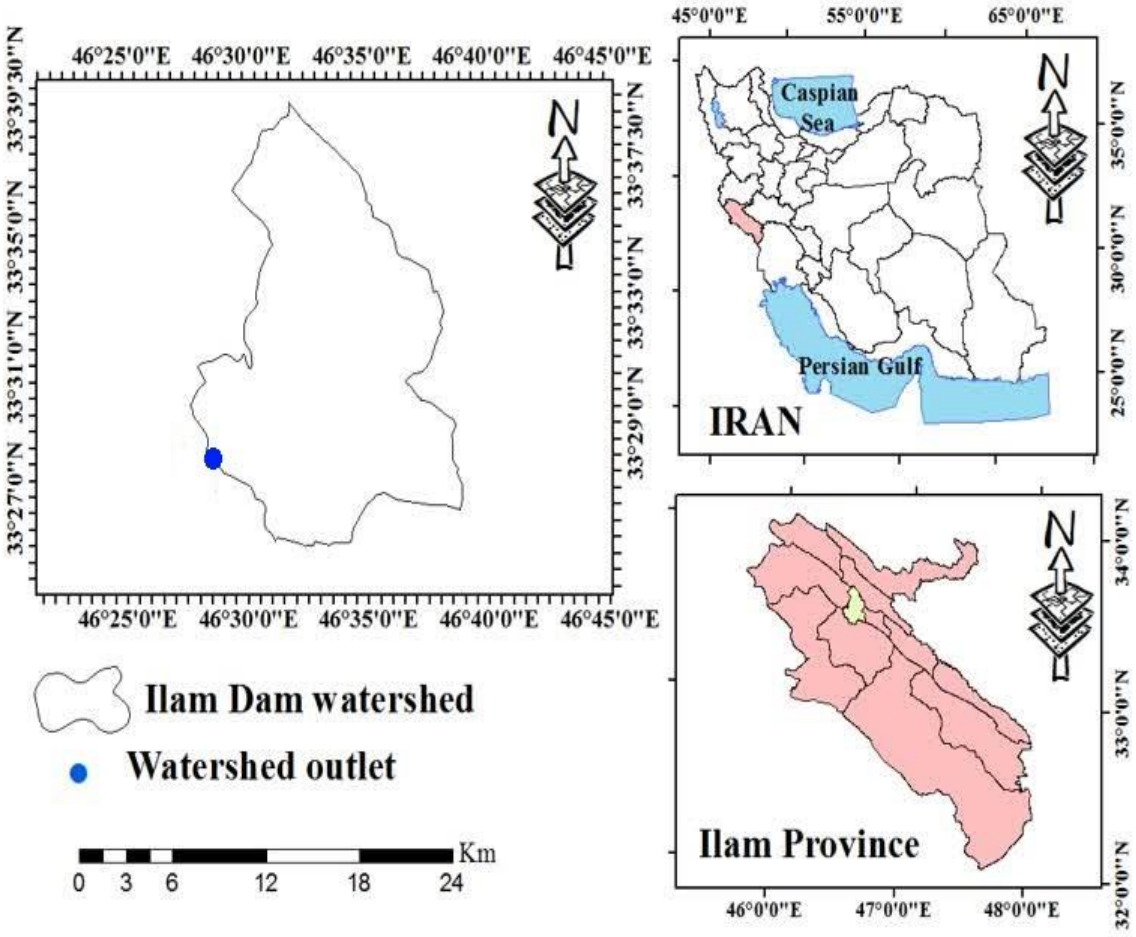
به‌ترتیب مهم‌ترین عوامل در بروز خطر سیلاب در حوزه آبخیز کارون هستند. برای کاهش خسارات ناشی از سیلاب و ارائه راهکارهای مدیریتی، توجه ویژه به این عوامل ضروری است.

بررسی مرور منابع نشان‌دهنده این است که روش AHP به دلایل سادگی و همچنین استفاده از نظریات و تجربیات کارشناسان، کاربرد بسیار مناسبی در ارزیابی و اولویت‌بندی مسائل و مشکلات در حوزه‌های آبخیز دارد. از طرف دیگر جمع‌بندی پژوهش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که باوجود استفاده از روش AHP در مطالعات مختلف، کمتر مطالعه‌ای به شناسایی و تعیین نقش عوامل انسانی و محیطی در تخریب حوزه آبخیز پرداخته است. همچنین، اکوسیستم‌های موجود در حوزه‌های آبخیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و بررسی منابع نشان‌دهنده روابط پیچیده و متقابل بین اجزای مختلف یک سامانه آبخیز است (Alizadeh, 2006; Esmaili & Abdullahi, 2010). برآیند این روابط به‌صورت مشکلات و چالش‌هایی در یک حوزه-های آبخیز بروز می‌کند. به همین دلیل بررسی مشکلات حوزه‌های آبخیز یکی از مباحث ضروری برای ارائه برنامه‌های مرتبط با منابع طبیعی است. به‌عبارت دیگر، طراحی برنامه‌ها در یک منطقه باید بر مبنای شناسایی و بررسی مشکلات آن منطقه در حوزه آبخیزها انجام گیرد (Ebrahimi Gatkash & Sadeghi, 2023). تخریب حوزه آبخیز به مجموعه فرآیندهایی گفته می‌شود که باعث کاهش کیفیت و کمیت منابع طبیعی آن می‌گردند. این فرآیندها ممکن است به‌صورت طبیعی رخ دهند یا نتیجه فعالیت‌های انسانی باشند و پیامدهای منفی بر محیط زیست، اقتصاد و جامعه بر جای بگذارند. لذا هدف از پژوهش حاضر شناسایی و تعیین نقش عوامل انسانی و محیطی در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام با استفاده از AHP است؛ تا با استفاده از نتایج آن بتوان با برنامه‌ریزی صحیح و کاربردی ضمن کاهش تخریب‌ها در حوضه از توانمندی‌های موجود در این حوزه آبخیز نیز استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

زیرحوزه گل‌گل با مساحت ۲۵۵۳۰ هکتار به‌عنوان یکی از زیرحوزه‌های آبخیز سد ایلام در استان ایلام قرار گرفته و از نظر موقعیت بین ″۴۴′۱۶°۴۶ تا ″۲۴′۱۸°۴۶ طول شرقی و ″۴′۱۹°۳۳ تا ″۱۲′۳۲°۳۳ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). بر این اساس حداکثر ارتفاع این حوضه ۲۶۰۵ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۰۵۲ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارش سالانه در این حوضه در دوره آماری سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ حدود ۵۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای حداکثر و حداقل نیز به‌ترتیب ۲۳/۲۵ و ۱۱/۰۶ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس روش آمبرژه نوع اقلیم منطقه نیمه‌مرطوب معتدل و در روش دومارتن نوع اقلیم مدیترانه‌ای است. حوضه مورد مطالعه در محدوده زاگرس چین‌خورده قرار گرفته است. واحدهای سنگی و آبرفتی موجود در حوضه مربوط به ادوار مختلف زمین شناسی می‌باشند. سن واحدهای سنگی مختلف منطقه درجات عمومی از سمت جنوب غرب به سمت شمال شرق و شمال کاهش می‌یابد. سنگ‌شناسی غالب حوضه نیز شامل آهک دولومیتی و مارنی، آهک رسی - مارن و آهک رسی و شیل- مارن، گچ، آهک رسی و انیدریت و رسوبات آبرفتی کواترنر می‌باشد. کاربری‌های این حوضه شامل مرتع، جنگل، اراضی کشاورزی دیم و آبی، باغ و مناطق مسکونی هستند (Tavakoli *et al.*, 2018).



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز سد ایلام در استان ایلام و ایران

Figure 1- Location of the Ilam dam watershed in Ilam Province and Iran

روش تحقیق

در این پژوهش، با هدف شناسایی و اولویت‌بندی عوامل انسانی و محیطی مؤثر در تخریب حوزه آبخیز، از یک روش توصیفی-تحلیلی استفاده شد. ابتدا برای شناسایی معیارهای مؤثر، چندین روش به‌طور همزمان به کار گرفته شد. این روش‌ها شامل بررسی منابع علمی و پیشینه تحقیق، برگزاری جلسات طوفان فکری با کارشناسان و متخصصان، مصاحبه با آبخیزنشینان و بازدید میدانی از منطقه بود. در این فرآیند، اطلاعات به‌دست‌آمده از منابع علمی و پیشینه تحقیق به‌منظور استخراج بهترین معیارها از دیدگاه‌های مختلف تحلیل شد. همچنین، جلسات طوفان فکری با مشارکت کارشناسان محیط‌زیست و منابع طبیعی برگزار گردید تا دیدگاه‌های مختلف در مورد مشکلات و چالش‌های حوزه آبخیز شناسایی شوند. علاوه بر این، از طریق مصاحبه‌هایی با آبخیزنشینان، تجربیات محلی و چالش‌های عملی در منطقه جمع‌آوری گردید. در نهایت، بازدید میدانی از منطقه برای تأیید اطلاعات و بررسی وضعیت فعلی منابع طبیعی، آب، خاک و پوشش گیاهی انجام شد.

طراحی پرسشنامه

پس از شناسایی معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌ها، یک پرسشنامه اختصاصی برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به نظرات خبرگان طراحی شد. این پرسشنامه با استفاده از مدل AHP برای ارزیابی وزن و اولویت معیارها مورد استفاده قرار گرفت. پرسشنامه توسط ۱۰ نفر از خبرگان و متخصصان حوزه آبخیز تکمیل گردید

تا داده‌های لازم برای تحلیل‌های بعدی جمع‌آوری شود.

روش AHP

مدل AHP، به‌عنوان یکی از روش‌های شناخته‌شده برای تصمیم‌گیری چندمعیاره، توسط Saaty در سال ۱۹۷۰ معرفی شد. این روش بر مقایسه زوجی معیارها و گزینه‌ها تمرکز دارد که باعث ساده‌سازی قضاوت‌ها و محاسبات می‌شود. یکی از مزایای عمده این روش، کاهش احتمال خطا و تسهیل اعمال‌نظر کارشناسان است. علاوه بر این، AHP این امکان را فراهم می‌آورد تا تعداد زیادی از عوامل مختلف را در نظر گرفته و وزن هر کدام را به دقت تعیین کرد (Haghighi *et al.*, 2023).

در این روش، معیارها به‌صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند و با استفاده از مقیاس ۹ درجه‌ای، درجه اهمیت هر معیار نسبت به دیگری مشخص می‌گردد. برای انجام این مقایسات، ماتریس مقایسات زوجی تنظیم می‌شود که در آن به هر مقایسه زوجی، یک عدد از ۱ تا ۹ اختصاص داده می‌شود (Agudelo-Vera *et al.*, 2014). در این مقایسات، اگر یک معیار نسبت به دیگری برتری داشته باشد، از اعداد بیشتر (۳، ۵، ۷ یا ۹) استفاده می‌شود، و در صورت برابری اهمیت، عدد ۱ در نظر گرفته می‌شود؛ به عبارت دیگر سطرهای جدول نسبت به ستون‌های جدول ارزیابی می‌شوند و در صورتی که ستون‌ها به سطرها ارجحیت داشته باشند، اعداد باید معکوس شوند (Brundtland & Khalid, 1987). ارزش‌گذاری معیارها و گزینه‌ها مطابق جدول ۱ صورت می‌گیرد.

جدول ۱ – مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی در مدل AHP
Table 1 – Preference values for pairwise comparisons in AHP model

ترجیحات	مقدار عددی
کاملاً مرجع یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	9
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	7
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	5
کمی مرجع یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	3
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	1
ترجیحات بین فواصل قبلی	2,4,6,8

استفاده از نرم‌افزار Expert Choice

برای محاسبه وزن‌ها و تحلیل مقایسات زوجی، از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد. این نرم‌افزار به‌طور خاص برای تحلیل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره طراحی شده است. در این فرآیند، پس از وارد کردن مقادیر عددی معیارها و گزینه‌ها در نرم‌افزار، مقایسه‌های زوجی انجام شده و وزن هر معیار و شاخص محاسبه می‌شود.

پس از وزن‌دهی، برای اطمینان از سازگاری مقایسات زوجی، نرخ ناسازگاری (IR)[1] محاسبه می‌شود. طبق استانداردهای AHP، اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسات زوجی به‌عنوان سازگار در نظر گرفته می‌شوند. در صورتی که نرخ ناسازگاری بیشتر از ۰/۱ باشد، نیاز به بازنگری در قضاوت‌ها و اصلاح مقایسات خواهد بود (Soori *et al.*, 2017).

1. Incompatibility Rate

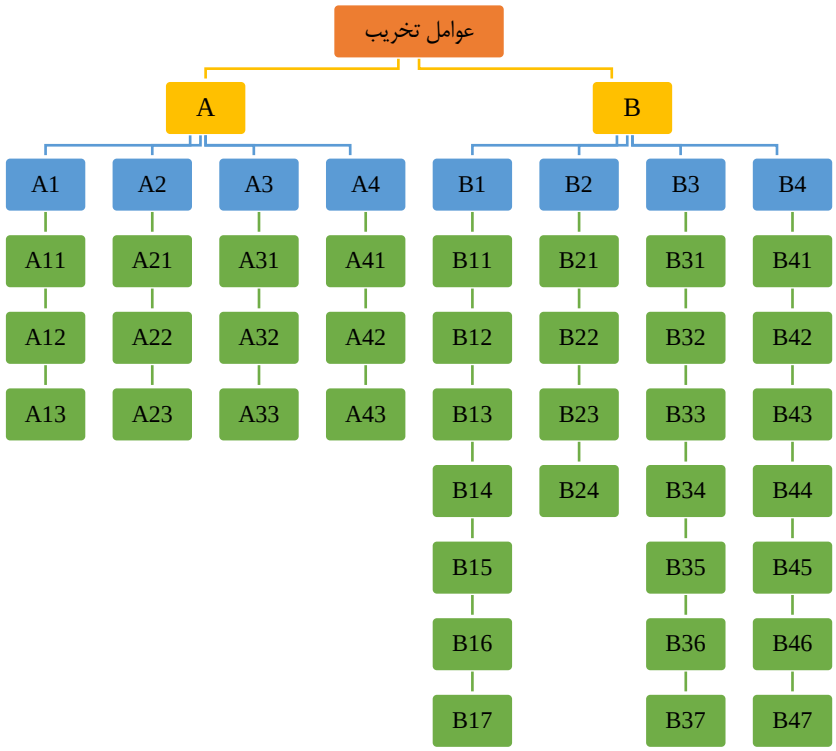
نتایج و بحث

پس از جمع‌آوری اطلاعات، تعداد ۸ زیرمعیار و ۳۷ گزینه یا شاخص (۴ زیرمعیار و ۱۲ گزینه به‌عنوان مهم‌ترین عوامل محیطی و ۴ زیرمعیار و ۲۵ گزینه یا شاخص به‌عنوان مهم‌ترین عوامل انسانی) در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام شناسایی شدند که در جدول ۲ آورده شده‌اند. همچنین شکل ۲، مهم‌ترین عوامل تخریب انسانی و محیطی را به صورت درخت سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد.

جدول ۲- معیارها، زیرمعیارها و شاخص‌های مورداستفاده جهت تعیین نقش عوامل انسانی و محیطی در شدت تخریب حوزه آبخیز سد ایلام

Table 2 – Criteria, sub-criteria, and indices used to determine the role of human and environmental factors in the Severity of degradation in the ilam dam watershed

معیار Criteria	زیرمعیار subcriteria	گزینه‌ها Options
محیطی (A)	تغییر اقلیم (A1)	خشکسالی (A11)، تغییر نوع بارش (A12)، تغییر مقادیر حدی پارامترهای اقلیمی (A13).
	فیزیوگرافی (A2)	شیب زیاد منطقه (A21)، تراکم نسبتاً زیاد آبراهه‌های حوضه (A22)، پدیده بادپناه (جهت حوضه) (A23).
	زمین‌شناسی (A3)	- وجود سازندهای حساس به فرسایش (A31)، هوازدگی زیاد و تولید رسوب (A32)، هم‌جهتی لایه‌بندی سنگ‌ها با شیب زمین (A33).
	زمین‌ساخت و تکتونیک (A4)	تراکم درز و شکاف‌ها (A41)، تراکم گسل‌ها (A42)، جهت شیب (A43).
انسانی (B)	رشدجمعیت‌و مهاجرپذیری بالا (B1)	افزایش تقاضا برای کشت (B11)، تخریب منابع طبیعی، تبدیل کاربری‌های طبیعی (B12)، تجاوزبه‌حریم رودخانه‌ها (B13)، تهیه چوب برای سوخت و ذغال (B14)، تولید فاضلاب و زباله (B15)، وابستگی اقتصاد جوامع محلی به منابع آب و منابع طبیعی حوضه (B16)، مصرف منابع آبخیز (B17).
	توسعه‌راه‌ها و سکونتگاه‌ها (B2)	خاکبرداری و خاکریزی (B21)، ریختن نخاله‌های ساختمانی در کنار جاده و آبراهه‌ها (B22)، توسعه‌ی خطوط انتقال گاز و برق (B23)، روند افزایشی مناطق مسکونی (B24).
	دامداری و دام‌پروری (B3)	تعداد دام مازاد حوضه (B31)، چرای زودرس دام (B32)، بریدن شاخه‌ها (B33)، چرای دام در جنگل (B34)، کوبیدگی و متراکم شدن خاک (B35)، بهره‌برداری مفرط از پوشش گیاهی (B36)، مصرف نهاده‌ها (B37).
	کشاورزی (B4)	مصرف مفرط سموم و کود (B41)، برداشت بیرویه آب (B42)، قطع درختان با هدف ایجاد اراضی قابل کشت (B43)، کشت محصولات پرمصرف آب (B44)، شخم‌زدن در جهت شیب (B45)، کشت در اراضی شیبدار بدون پتانسیل کشاورزی (B46)، تغییر غیراصولی کاربری زمین (B47).



شکل ۲ – درخت سلسله‌مراتبی عوامل انسانی و محیطی تخریب در حوزه آبخیز سد ایلام

Figure 2 - Hierarchical tree of human and environmental factors of degradation in Ilam Dam watershed

اولویت‌بندی عوامل محیطی و انسانی در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام

نتایج حاصل از وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها، زیرمعیارها و مهم‌ترین گزینه‌های تخریب محیطی و انسانی در حوزه آبخیز سد ایلام با استفاده از AHP و با کمک نرم‌افزار Expert Choice انجام گرفت. نرخ ناسازگاری تمامی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها کمتر از ۰/۱ به دست آمد که نشان داد وزن‌دهی و رتبه‌بندی تمامی عوامل مورد تایید واقع شده است. نتایج حاصل از وزن‌دهی و رتبه‌بندی زیرمعیارها محیطی و انسانی (جدول ۳)، شاخص‌های مربوط به معیار محیطی (جدول ۴) و گزینه‌ها یا شاخص‌های انسانی (شکل ۳) ارائه شده است. براساس نتایج معیار انسانی با وزن ۰/۸۷۵ بالاترین تأثیر را داشته و در رتبه نخست قرار گرفته است، در حالی که معیار محیطی با وزن ۰/۱۲۵ در رتبه دوم قرار گرفته است.

جدول ۳- وزن و رتبه‌بندی زیرمعیارهای محیطی و انسانی مربوط به تخریب در منطقه مورد مطالعه

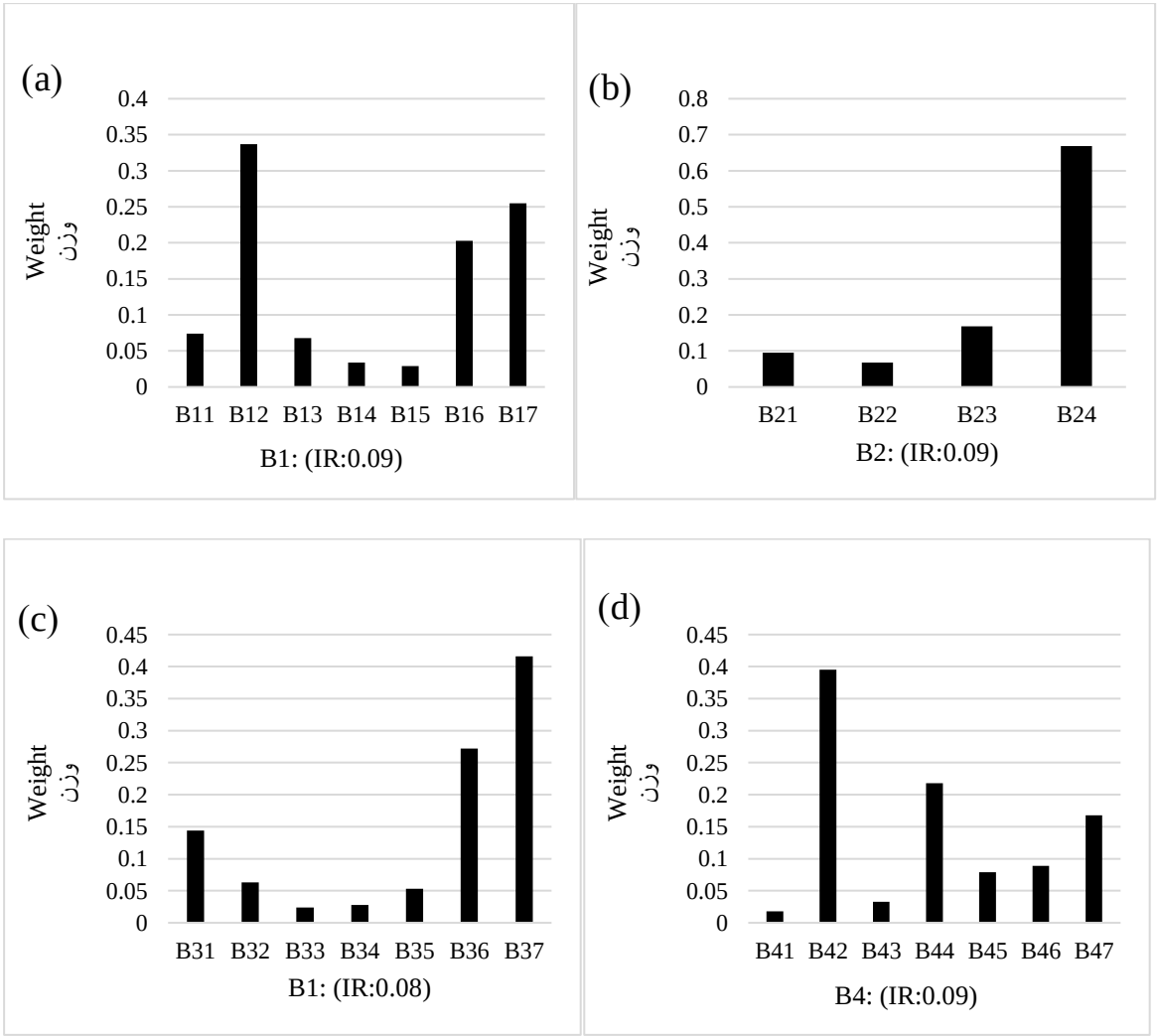
Table 3 – Weights and rankings of environmental and human sub-criteria related to degradation in the study area Watershed

رتبه‌بندی Ranking	وزن Weight	زیر معیارهای انسانی (IR: 0.09) Human Sub-criterions (IR: 0.09)	رتبه‌بندی Ranking	وزن Weight	زیرمعیار محیطی (IR: 0.09) Environmental sub-criteria (IR: 0.09)
3	0.123	رشدجمعیتو مهاجرپذیری بالا (B1)	1	0.550	تغییر اقلیم (A1)
4	0.055	توسعه‌راه‌ها و سکونتگاه‌ها (B2)	3	0.135	فیزیوگرافی (A2)
2	0.256	دامداری و دام‌پروری (B3)	2	0.232	زمین‌شناسی (A3)
1	0.566	کشاورزی (B4)	4	0.083	زمین‌ساخت و تکتونیک (A4)

جدول ۴- وزن و رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به معیار محیطی در تخریب در منطقه مورد مطالعه

Table 4 – Weights and Rankings of Indices Related to Environmental Criteria in the Degradation of the the study area

رتبه Rank	وزن Weight	شاخص index	زیرمعیار subcriteria	رتبه Rank	وزن Weight	شاخص index	زیرمعیار subcriteria
1	0.708	وجود سازندهای حساس به فرسایش (A31)	زمین‌شناسی (IR: 0.05)	1	0.708	خشکسالی (A11)	تغییر اقلیم (IR: 0.05)
2	0.179	هوازدگی زیاد و تولید رسوب (A32)		2	0.179	تغییر نوع بارش (A12)	
3	0.113	هم جهتی لایه‌بندی سنگ‌ها با شیب زمین (A33)		3	0.113	تغییر مقادیر حدی پارامترهای اقلیمی (A13)	
1	0.731	تراکم درز و شکاف‌ها (A41)	زمین‌ساخت و تکتونیک (IR: 0.06)	1	0.723	شیب زیاد منطقه (A21)	فیزیوگرافی (IR: 0.09)
3	0.081	تراکم گسل‌ها (A42)		2	0.199	تراکم نسبتا زیاد آبراهه‌های حوضه (A21)	
2	0.188	جهت شیب (A43)		3	0.068	پدیده بادپناه (A23)	



شکل ۳- وزن شاخص‌های انسانی مربوط به تخریب در منطقه مورد مطالعه

Figure 3 - Weights of Human-Induced Degradation Indicators in the Study Area

با توجه به وقوع مخاطرات محیطی و تخریب و فشار بر آبخیزها، شناسایی و تعیین نقش عوامل محیطی و انسانی برای مدیریت مخاطرات و کاهش اثرات آن، افزایش امنیت غذایی و حفظ منابع آبی برای حوزه‌های آبخیز کشور بسیار مهم می‌باشد. در این مطالعه، مهم‌ترین عوامل انسانی و محیطی بر تخریب حوزه آبخیز سد ایلام شامل ۸ زیرمعیار و ۳۷ شاخص شناسایی شد. طبق نظر خبرگان و بر اساس نتایج حاصل از مدل AHP با استفاده از نرم‌افزار معیار عوامل انسانی با وزن ۰/۸۷۵ نسبت به معیار عوامل محیطی عامل مهم‌تری در تخریب حوزه آبخیز معرفی شد. نتایج جدول ۳ نشان داد که تغییر اقلیم (A1) با وزن ۰/۵۵۰ مهم‌ترین عامل محیطی در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام است. پس از آن، زمین‌شناسی (A3) و فیزیوگرافی (A2) با وزن‌های ۰/۲۳۲ و ۰/۱۳۵ به‌ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. این نتایج بیانگر اهمیت بالای تغییرات آب و هوایی و تأثیرات گسترده آن بر منابع آب‌وخاک منطقه است. این تغییرات می‌توانند منجر به کاهش منابع آبی، تغییر در زمان و مقدار جریان رودخانه‌ها، و فرسایش خاک شوند. علاوه بر این، تغییر اقلیم می‌تواند بر تنوع زیستی و اکوسیستم‌های آبی تأثیر منفی بگذارد و امنیت آبی و غذایی را تحت تأثیر قرار دهد. فیزیوگرافی شامل ویژگی‌های فیزیکی و شکل زمینی حوزه آبخیز است که می‌تواند بر جریان آب و فرسایش خاک تأثیرگذار باشد. زمین‌شناسی نیز با تأثیر بر نوع و ساختار خاک و سنگ‌های منطقه، نقش مهمی در پایداری زمین و فرسایش دارد. این دو زیرمعیار با اینکه وزن کمتری نسبت به تغییر اقلیم دارند، اما همچنان نقش قابل‌توجهی در تخریب حوزه آبخیز دارند و نباید نادیده گرفته شوند. در نهایت، زمین‌ساخت و تکتونیک (A4) با وزن ۰/۰۸۳ کمترین تأثیر را در بین زیرمعیارهای محیطی دارد. این امر ممکن است به دلیل پایداری نسبی تکتونیکی منطقه یا تأثیر کمتر آن نسبت به دیگر عوامل محیطی باشد. بااین‌حال، نقش زمین‌ساخت و تکتونیک در طولانی‌مدت و در شرایط خاص نباید به کلی نادیده گرفته شود، زیرا تغییرات تکتونیکی می‌توانند به تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه آبخیز منجر شوند. نتایج جدول ۴ نشان داد که در زیرمعیار تغییر اقلیم، خشکسالی (A11) با وزن ۰/۷۰۸ به‌عنوان مهم‌ترین شاخص تأثیرگذار شناخته شده است. خشکسالی‌های مکرر می‌توانند منابع آبی را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهند، منجر به کاهش رطوبت خاک شوند و شرایط فرسایش خاک را تسریع کنند. همچنین، تغییر نوع بارش (A12) و تغییر مقادیر حدی پارامترهای اقلیمی (A13) با وزن‌های ۰/۱۷۹ و ۰/۱۱۳ به‌ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند که نشان می‌دهد تغییرات در الگوهای بارش و نوسانات شدید اقلیمی نیز بر تخریب حوزه آبخیز تأثیرگذار هستند. توجه به تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن‌ها نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. این امر شامل اقدامات پیشگیرانه و سازگاری با تغییرات آب و هوایی مانند مدیریت خشکسالی، استفاده از فناوری‌های جدید برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی، و اجرای برنامه‌های حفاظت از منابع طبیعی است. Pei و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود به بررسی تأثیرات خشکسالی بر عملکرد محصولات کشاورزی در چین پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که بین شدت و فراوانی وقوع خشکسالی و عملکرد محصولات کشاورزی، ارتباطی قوی وجود دارد و بروز خشکسالی می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در کاهش تولید محصولات زراعی و باغی داشته باشد. در زیرمعیار فیزیوگرافی، شیب زیاد منطقه (A21) با وزن ۰/۷۲۳ به‌عنوان عامل اصلی تخریب شناخته شده است. شیب زیاد می‌تواند باعث افزایش سرعت جریان آب و فرسایش خاک شود. تراکم نسبتاً زیاد آبراهه‌های حوضه (A22) با وزن ۰/۱۹۹ و پدیده بادپناه (A23) با وزن ۰/۰۶۸ در رتبه‌های بعدی قرار دارند که نشان‌دهنده تأثیر ساختار فیزیکی منطقه بر تخریب حوزه آبخیز است. در زیرمعیار زمین‌شناسی، وجود سازندهای حساس به فرسایش (A31) با وزن ۰/۷۰۸ به‌عنوان مهم‌ترین شاخص شناخته شده است.

این سازندها به دلیل ساختار ضعیف و قابلیت فرسایش بالا می‌توانند به سرعت تخریب شوند و تولید رسوب کنند. شناخت دقیق سازندهای زمین‌شناسی و حساس به فرسایش و اتخاذ تدابیر مناسب برای حفاظت از آن‌ها می‌تواند به پایداری حوزه آبخیز کمک کند. هوازدگی زیاد و تولید رسوب (A32) با وزن ۰/۱۷۹ و هم‌جهتی لایه‌بندی سنگ‌ها با شیب زمین (A33) با وزن ۰/۱۱۳ در رتبه‌های بعدی قرار دارند که نشان‌دهنده اهمیت ویژگی‌های زمین‌شناسی در پایداری زمین و جلوگیری از فرسایش است.

زیرمعیار زمین‌ساخت و تکتونیک (A4) کمترین تأثیر را در بین معیارهای محیطی دارد، اما تراکم درز و شکاف‌ها (A41) با وزن ۰/۷۳۱ در این دسته بیشترین تأثیر را دارد. تراکم گسل‌ها (A42) با وزن ۰/۰۸۱ و جهت شیب (A43) با وزن ۰/۱۸۸ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. تراکم درز و شکاف‌ها می‌تواند باعث نفوذ بیشتر آب و تسریع در فرسایش شود، درحالی‌که جهت شیب و تراکم گسل‌ها می‌توانند به تغییرات ساختاری و ناپایداری زمین منجر شوند. به‌طورکلی، نتایج این مطالعه تأکید می‌کنند که مدیریت و کاهش اثرات تغییر اقلیم باید در اولویت برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های محیطی قرار گیرد. همچنین، توجه به ویژگی‌های فیزیوگرافی و زمین‌شناسی نیز می‌تواند در بهبود وضعیت حوزه آبخیز سد ایلام مؤثر باشد. نتایج تحلیل وزن و رتبه‌بندی زیرمعیارهای انسانی در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام نشان داد که فعالیت‌های کشاورزی (B4) با وزن ۰/۵۶۶ به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیار انسانی شناخته شده است و بیشترین تأثیر را بر تخریب این حوضه دارد. در رتبه دوم، دامداری و دامپروری (B3) با وزن ۰/۲۵۶ قرار دارد که تأثیر قابل‌توجهی بر روی کاهش پوشش گیاهی و افزایش فرسایش خاک دارد. رشد جمعیت و مهاجرپذیری بالا (B1) با وزن ۰/۱۲۳ نیز در رتبه سوم قرار گرفته و در نهایت، توسعه راه‌ها و سکونتگاه‌ها (B2) با وزن ۰/۰۵۵ کمترین تأثیر را در بین زیرمعیارهای انسانی دارد. نتایج تحلیل شاخص‌های انسانی تخریب در حوزه آبخیز سد ایلام در شکل ۳ نشان داد که از میان زیرمعیارهای مرتبط با رشد جمعیت و مهاجرپذیری بالا، تخریب منابع طبیعی و تغییر کاربری‌های طبیعی (B12) با وزن ۰/۳۳۷ به‌عنوان مهم‌ترین عامل تخریب شناسایی‌شده است. این یافته نشان‌دهنده تأثیر شدید دخالت‌های انسانی و تغییر کاربری‌های غیرقانونی بر منابع طبیعی و محیط‌زیست منطقه است. تغییر کاربری‌های طبیعی، مانند تبدیل جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی یا مسکونی، می‌تواند به کاهش پوشش گیاهی، فرسایش خاک و کاهش تنوع زیستی منجر شود؛ و مصرف منابع آبخیز (B17) با وزن ۰/۲۵۵ در رتبه دوم قرار دارد. وابستگی اقتصاد جوامع محلی به منابع آب و منابع طبیعی حوضه (B16) نیز با وزن ۰/۲۰۳ و رتبه ۳، نشان‌دهنده تأثیرات اقتصادی و اجتماعی بر تخریب منابع طبیعی است. جوامع محلی که به منابع آب‌وخاک وابسته هستند، ممکن است به دلیل نیازهای معیشتی و اقتصادی، فشار زیادی بر این منابع وارد کنند. دیگر شاخص‌ها (B11، B13، B14 و B15) باوجوداینکه وزن کمتری دارند، اما همچنان می‌توانند در کنار عوامل اصلی، تأثیرات منفی خود را بر حوزه آبخیز بگذارند. تحلیل شاخص‌های مرتبط با توسعه راه‌ها و سکونتگاه‌ها در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام نشان می‌دهد که روند افزایشی مناطق مسکونی (B24) با وزن ۰/۶۶۹ به‌عنوان مهم‌ترین عامل تخریب شناسایی‌شده است. این افزایش مناطق مسکونی به تغییر کاربری اراضی طبیعی و فشار بر منابع طبیعی منجر می‌شود. توسعه‌ی خطوط انتقال گاز و برق (B23) با وزن ۰/۱۶۸ در رتبه دوم قرار دارد. توسعه این خطوط می‌تواند به ایجاد راه‌های جدید و تخریب مناطق بکر، به‌ویژه در نواحی دورافتاده، منجر گردد. خاکبرداری و خاکریزی (B21) با وزن ۰/۰۹۵ و ریختن نخاله‌های ساختمانی در کنار جاده و آبراهه‌ها (B22) با وزن ۰/۰۶۸ به‌ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم قرار دارند. خاکبرداری و خاکریزی می‌تواند به تغییرات در ساختار زمین و افزایش فرسایش خاک منجر شود، درحالی‌که ریختن نخاله‌های ساختمانی ممکن است علاوه بر مشکلات زیست‌محیطی موجب

انسداد آبراهه‌ها نیز شود. نتایج تحلیل شاخص‌های دامداری و دام‌پروری (شکل ۳) در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام نشان می‌دهد که مصرف نهاده‌ها (B37) با وزن ۰/۴۱۶ مهم‌ترین عامل تخریب است. بهره‌برداری مفرط از پوشش گیاهی (B36) که موجب افزایش فرسایش خاک و کاهش تنوع زیستی می‌شود با وزن ۰/۲۷۲ در رتبه دوم قرار دارد. دیگر عوامل تأثیرگذار شامل تعداد دام مازاد حوضه (B31) با وزن ۰/۱۴۴ و چرای زودرس دام (B32) با وزن ۰/۰۶۳ هستند که به دلیل فشار بر پوشش گیاهی و افزایش فرسایش خاک اهمیت دارند. کوبیدگی و متراکم شدن خاک (B35) و چرای دام در جنگل (B34) نیز به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۰۵۳ و ۰/۰۲۸ تأثیرات منفی قابل‌توجهی دارند، درحالی‌که بریدن شاخه‌ها (B33) با وزن ۰/۰۲۴ کمترین تأثیر را دارد. Asar و Masoudi (۲۰۱۷) در پژوهش خود به بررسی تأثیر فشار دام بر بیابان‌زایی در منطقه میاندهی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بخش قابل‌توجهی از اراضی این منطقه در معرض خطر شدید بیابان‌زایی ناشی از فشار دام قرار دارد. به‌طورکلی، مدیریت بهینه نهاده‌ها، کاهش بهره‌برداری از پوشش گیاهی و کنترل تعداد دام می‌تواند به کاهش تخریب منابع طبیعی و محیط‌زیست در این حوضه کمک خواهد کند. تحلیل شاخص‌های مرتبط با کشاورزی در تخریب حوزه آبخیز سد ایلام نشان داد که برداشت بی‌رویه آب (B42) با وزن ۰/۳۹۵ مهم‌ترین عامل تخریب است، زیرا کاهش منابع آبی و مشکلات تأمین آب را به همراه دارد. برداشت بی‌رویه آب منجر به کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی، افزایش فرسایش خاک، تغییر در الگوی جریان‌های هیدرولوژیکی و افزایش آلودگی آب شود. این عوامل منجر به تخریب زیستگاه‌های طبیعی و در نهایت تعادل اکولوژیکی حوضه را بر هم می‌زند. کشت محصولات پرمصرف آب (B44) با وزن ۰/۲۱۸ و تغییر غیراصولی کاربری زمین (B47) با وزن ۰/۱۶۸ در رتبه‌های بعدی قرار دارند و به دلیل فشار بر منابع آبی و تغییرات در حوضه، تأثیرگذار هستند. کشت در اراضی شیب‌دار بدون پتانسیل کشاورزی (B46) و شخم در جهت شیب (B45) با وزن‌های ۰/۰۸۹ و ۰/۰۷۹، به‌ترتیب در رتبه‌های چهارم و پنجم قرار دارند و به فرسایش خاک و تغییرات در رواناب کمک می‌کنند. قطع درختان (B43) و مصرف مفرط سموم و کود (B41) نیز تأثیرات مهمی بر تخریب در حوضه دارند. برای کاهش تأثیرات منفی کشاورزی، باید به مدیریت برداشت آب، کاهش کشت محصولات پرمصرف و کنترل تغییرات کاربری زمین توجه کرد. Kashi Zenouzi و Nikoo (۲۰۲۳) در پژوهشی به ارزیابی تخریب سرزمین در حوزه آبخیز پردیسان استان قم با استفاده از روش ارزیابی ریسک تخریب سرزمین (RALDE[1]) پرداختند. در این مطالعه، برای تهیه نقشه پتانسیل تخریب سرزمین، هشت معیار اصلی شامل خاک و زمین، اقلیم، پوشش گیاهی، آب زیرزمینی، جمعیت، فشار دام، توسعه، و عوامل اقتصادی-اجتماعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که خطر ناشی از عوامل طبیعی در بیش از نیمی از سطح منطقه به‌طور متوسط است، در حالی که در ۳۱ درصد از مساحت منطقه، خطر تخریب شدید و خیلی‌شدید مشاهده می‌شود.

کنترل فعالیت‌های انسانی به‌خصوص فعالیت‌های کشاورزی و دامداری نیز نقش مهمی در کاهش تخریب حوزه آبخیز دارد. این فعالیت‌ها شامل کاهش تعداد دام، جلوگیری از چرای بی‌رویه و بهره‌برداری مفرط از پوشش گیاهی است. همچنین، توسعه راه‌ها و سکونتگاه‌ها باید به‌صورت پایدار و با در نظر گرفتن تأثیرات زیست‌محیطی انجام شود. این نتایج بر اهمیت مدیریت صحیح منابع موجود در آبخیز شامل بهینه‌سازی استفاده از منابع آبی و خاکی و جلوگیری از بهره‌برداری بیش‌ازحد آن‌ها، توجه به تغییرات

1 .Risk Assessment of Land Degradation Method

اقلیمی، ویژگی‌های فیزیوگرافی و زمین‌شناسی و کنترل فعالیت‌های انسانی تأکید دارد. مدیریت ضعیف در حوزه‌های آبخیز به‌ویژه عدم توجه به نیازها و فعالیت‌های جوامع محلی، می‌تواند فشار مضاعفی بر منابع طبیعی وارد کرده و منجر به افزایش تنش و تخریب این حوضه شود. فعالیت‌های انسانی غیرمترقبه، مانند کشاورزی بی‌رویه، توسعه مسکن و زیرساخت‌ها، بدون هماهنگی با اصول مدیریت پایدار، نه‌تنها به تخریب اکوسیستم‌ها و کاهش تنوع‌زیستی منجر می‌شود، بلکه تأثیرات منفی بر کیفیت زندگی و امنیت غذایی جوامع محلی نیز دارد. به‌منظور کاهش این اثرات، ضروری است که ذینفعان محلی در فرآیندهای مدیریتی مشارکت داشته و سیاست‌های جامع و هماهنگ تدوین شوند که به نیازهای محیطی و اجتماعی توجه کنند. با این رویکرد، می‌توان به مدیریت پایدار منابع طبیعی و بهبود وضعیت حوزه‌های آبخیز دست یافت.

نتیجه‌گیری

حوزه آبخیز یک واحد بهینه برای مدیریت محیط‌زیست و کاهش تأثیر ناهماهنگی‌های طبیعی به‌منظور دستیابی به توسعه پایدار محسوب می‌شود. یکی از شروط اصلی در توسعه و مدیریت منابع طبیعی، شناخت و تعیین نقش عوامل انسانی و محیطی در این ناهنجاری‌ها است. این مطالعه به تحلیل و بررسی عوامل انسانی و محیطی مؤثر بر تخریب حوزه آبخیز سد ایلام پرداخته است. در این راستا، ۸ زیرمعیار و ۳۷ شاخص شناسایی شدند که بر اساس نظر خبرگان وزن‌دهی و رتبه‌بندی شدند. در میان عوامل محیطی، تغییر اقلیم به‌عنوان مهم‌ترین عامل و همچنین، زیرمعیار کشاورزی نیز به‌عنوان اصلی‌ترین عامل انسانی تخریب حوضه شناخته شد. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت مدیریت صحیح منابع، توجه به تغییرات اقلیمی، ویژگی‌های فیزیوگرافی و زمین‌شناسی و کنترل فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و نظارت بر توسعه راه‌ها و سکونتگاه‌ها است. اولویت‌بندی این عوامل در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها محیطی می‌تواند به کاهش تخریب و بهبود وضعیت حوزه آبخیز سد ایلام کمک کند. این امر نیازمند همکاری بین نهادهای مختلف، ازجمله دولت، سازمان‌های غیردولتی، جوامع محلی و دستگاه‌های اجرایی است. اتخاذ رویکردهای جامع و چندبعدی که شامل مدیریت بهینه منابع، کنترل فعالیت‌های مخرب انسانی، و افزایش آگاهی و مشارکت عمومی است، ضمن جلوگیری از تخریب، می‌تواند به حفظ و بهبود منابع طبیعی و محیط‌زیست منطقه کمک کند. برنامه‌های آموزشی و آگاه‌سازی نیز می‌توانند نقش مهمی در افزایش مشارکت عمومی و اجرای موفقیت‌آمیز این سیاست‌ها داشته باشند.

References

Agudelo-Vera, C., Blokker, M., Vreeburg, J., Bongard, T., Hillegers, S., & Van Der Hoek, J. P. (2014). Robustness of the drinking water distribution network under changing future demand. *Procedia Engineering*, 89, 339-346. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.197

Alizadeh, A. (2006). *Relationship between soil, water, plant*. Astan Quds Razavi Publications, 470 pages. (In Persian)

Asar, Z., & Masoudi, M. (2017). Assessment of livestock pressure and its effect on desertification hazard, case study area: Miyandehi Feizabad, Khorasan Razavi. *Journal of Range and Watershed Managment*, 70(2), 411-421. https://doi.org/10.22059/jrwm.2017.203982.994 (In Persian)

Bayat, R., Gerami, Z., Arabkhedri, M., Peyrowan, H. R., & Kazemi, R. (2021). Investigating the Status of Some Indicators of Assessment of Watersheds and Prioritizing Sub-Catchments in Terms of Erosion Reduction (Case Study of Karkheh Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, 12(23), 108-118. https://doi.org/10.52547/jwmr.12.23.108 (In Persian)

Brundtland, G.H., & Khalid, M. (1987). *Our common future*. Oxford University Press, Oxford, GB.

Cabello, V., Willaarts, B. A., Aguilar, M., & del Moral Ituarte, L. (2015). River basins as social-ecological systems: Linking levels of societal and ecosystem water metabolism in a semiarid watershed. *Ecology and Society*, 20(3), 20. https://doi.org/10.5751/ES-07778-200320

Castillo, J. L., Martínez Cruz, D. A., Ramos Leal, J. A., Tuxpan Vargas, J., Rodríguez Tapia, S. A., & Marín Celestino, A. E. (2022). Delineation of groundwater potential zones (GWPZs) in a semi-arid basin through remote sensing, GIS, and AHP approaches. *Water*, 14(13), 2138. https://doi.org/10.3390/w14132138

Chamani, R., Azari, M., & Kralisch, S. (2020). Hydrological response to future climate changes in Chehelchay Watershed in Golestan Province. *Watershed Engineering and Management*, 12(1), 72-85. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2019.122726.1522 (In Persian)

Ebrahimi Gatkash, Z., & Sadeghi, S. H. (2022). Combined Application of Pressure-State-Response and Strategic Planning Approaches in Integerated and Problem-Oriented Management f the Makhsaz Watershed in Western Mazandaran, Iran. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 11(3), 89-109. https://doi.org/10.30495/wsrcj.2022.19229 (In Persian)

Esmaili. A., Abdullahi. K. (2010). *Watershed management and soil protection*. Mohaghegh Ardabili University Press, 578 pages. (In Persian)

Gari, S. R., Guerrero, C. E. O., Bryann, A., Icely, J. D., & Newton, A. (2018). A DPSIR-analysis of water uses and related water quality issues in the Colombian Alto and Medio Dagua Community Council. *Water Science*, 32(2), 318-337. https://doi.org/10.1016/j.wsj.2018.06.001

Habibnejad Roshan, M., Shahedi, K., & Roshun, S. H. (2023). Identification and prioritization of flooding areas using GIS-based analytical hierarchy process, case study: Karun Watershed. *Watershed Engineering and Management*, 15(3), 367-385. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2022.356749.1929 (In Persian)

Haghighi, A., Nohtani, M., Ghaleno, M. R. D., & Rafiei, E. (2023). Evaluating and detecting potential of groundwater resources using Fuzzy-AHP method and remote sensing data (Case study: Bam-Narmashir plain). *Integrated Watershed Management*, *3*(1), 16-37. https://doi.org/10.22034/iwm.2023.2001770.1075 (In Persian)

Hamel, P., Riveros-Iregui, D., Ballari, D., Browning, T., Célleri, R., Chandler, D., Chun, K.P., Destouni, G., Jacobs, S., asechko, S., Johnson, M., Krishnaswamy, J., Poca, M., Pompeu, P. V., & Rocha, H. (2018). Watershed services in the humid tropics: Opportunities from recent advances in ecohydrology. *Ecohydrology*, 11(3), e1921. https://doi.org/10.1002/eco.1921. e1921

Kamali, M., Azarnivand, H., Malekian, A., & Mosaffaei, J. (2023). Developing management solutions for Alolak watershed in the Qazvin province using the DPSIR approach. *Journal Watershed Management and Research*, 14(28), 148-162. https://doi.org/10.61186/jwmr.14.28.148 (In Persian)

Kashi Zenouzi, L., & Nikoo, Sh. (2023). Land degradation assessment in Pardisan Watershed by Risk Assessment of Land Degradatio method (RALDE). *Climate and Ecosystem of Arid and Semi-arid Regions*, 1(1), 59-79. (In Persian)

Mohseni Saravi, M. (2013). *Hydrology of rangeland*. st edn, Jahad Daneshgahi, Tehran, Iran. 233 pages. (In Persian)

Mosaffaie, J., & Malekinezhad, H. (2017). Peak flow estimation in ungauged atchments using flow index. *Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 11(37), 85–88. https://doi.org/20.1001.1.20089554.1396.11.37.1.5 (In Persian)

Mosaffaie, J., Salehpour Jam, A., Tabatabaei, M. R., & Kousari, M. R. (2021). Developing resources management responses in the Gorganroud Watershed using the driving force, pressure, state, impact, response (DPSIR) Software. *Watershed Management Research Journal*, 34(1), 93-111.

https://doi.org/10.22092/wmej.2020.341588.1308 (In Persian)

Pei, F., Li, X., Liu, X., & Lao, C. (2013). Assessing the impacts of droughts on net primary productivity in China. *Journal of Environmental Management*, *114*, 362-371. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.031

Pourfallah, S., Ekhtesasi, M. R., Malekinezhad, H., & Barzegari, F. (2019). Determination of the most appropriate management strategy in balancing the aquifer of the Abarkuh plain using the analytic hierarchy process (AHP). *Watershed Management Research*, 32(4), 34-50. https://doi.org/10.22092/wmej.2019.123047.1137 (In Persian)

Nabipoor, Y., Vafakhah, M., & Moradi, H.R. (2014). Evaluation of Watershed Management Practices (WMPs) Effect on Flood Characteristics .*Quarterly Journal of Water and Soil Sciences*, 18(67), 199-215. (In Persian)

Preciado-Jiménez, M., Aparicio, J., Güitrón-de-los-Reyes, A., & Hidalgo-Toledo, J.A. (2013). Watershed sustainability index for the Lerma-Chapala Basin. *Tecnología y ciencias del agua*, *4*(4), 93-113.

Rostami, N., & Kazemi, Y. (2019). Flood hazard zoning in the Ilam city using AHP and GIS. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazarts*, 6(1), 179-192. https://doi.org/10.29252/jsaeh.6.1.10 (In Persian)

Saaty, T.L., & Vargas, G.L. (2001). *Models, Methods, Concepts, and Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Kluwer Academic Publisher, Boston.

Sadeghi, S.H., Payfeshoordeh, A., Pirooznia, Z., Piri, S., Hamzeh Bibalani, M., Khairparast, M., Sarouneh, F., Mostafaei Younjali, S., Naderi Marangelu, N., Noori, A. & Havasi, M. (2023). Revisiting the detailed-implementation studies of the Fakhran Watershed in South Khorasan based on the integrated watershed management plan. *Integrated Watershed Management*, *2*(4), 1-16. https://doi.org/10.22034/iwm.2023.1986487.1053 (In Persian)

Sadeghi, S.H.R., Adhami, M., & Sheikh Mohammadi, M. (2018). Introduction and applicability of game theory in watershed comanagement. *Extension and Development of Watershed Management*, 6 (20), 1-8. (In Persian)

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

Soori, S., Baharvand, S., & Amiri, V. (2017). Delineation of groundwater potential using AHPFuzzy (A Case Study: Romeshgan plain). *Journal of Environmental Geology*, 11(40), 11-26. (In Persian)

Tarigan, A. P. M., Rahmad, D., Sembiring, R. A., & Iskandar, R. (2018). An application of the AHP in water resources management: a case study on urban drainage rehabilitation in Medan City. In *IOP conference series: materials science and engineering*, *309(1)*, 012096).

Tavakoli, M., Karimi, H., & Norollahi, H. (2018). Investigation the effects of climate change on water resources of Ilam Dam Watershed. *Watershed Engineering and Management*, 10(2), 157-170. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.109322.1264 (In Persian)