Integrated Watershed Management, Autumn, 2026, 6(3), 18-49 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2026.2083818.1263 **Online ISSN: 2783-4581**

Level of Achievement of Ecosystem Conservation and Sustainable Use Indicators within the Framework of the Sustainable Development Goals in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran

Seyed Hamidreza Sadeghi1[1]*, Mohaddeseh Alimohamadisani[1], Seyedeh Hajar Akbari[2], Fatemeh Niknam[2], Foruzan Jamgohari[2], Mitra Jalilian[1], Mohammadmehdi Malek[2], Reza Yaghoti[2], Marjan Bahlekeh[1] and Reza Chamani[2]

1 .Department of Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.
2. Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.

***Corresponding author**: sadeghi@modares.ac.ir

(Received: 27 January 2026 Revised: 13 February 2026 Accepted: 05 June 2026)

Extended Abstract

Introduction: Watersheds, as natural systems, are influenced by both internal and external factors and face ongoing challenges related to declining performance and the fulfillment of their inherent functions. Economic development, the expansion of international trade, cultural changes, and the emergence of new technologies—combined with increasing droughts, desertification, and floods—have intensified the demand for securing essential resources for human life. These pressures have made the management and sustainable use of soil and water resources, along with environmental preservation, critical necessities that now rank among the main concerns of developmental planning. Despite this urgency, there is limited integration in watershed management between proper planning, risk reduction, environmental concerns, and performance comparison at regional and global levels. Consequently, the assessment of watershed performance using globally acceptable criteria has received insufficient attention. This study aims to fill this gap by assessing the performance of sustainable development indicators that affect ecosystem conservation and sustainable utilization in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran, through the systematic identification and analysis of relevant indicators.

Materials and Methods: To assess the performance of sustainable development indicators affecting ecosystem conservation and sustainable use, the study first selected the most influential indicators from the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) relevant to the Shazand Watershed's ecosystems. Multiple field visits were subsequently conducted to collect data and determine the current condition of the watershed. Based on these investigations, 19 ecosystem-related indicators were selected for analysis. For performance calculation, the values for each indicator were derived using a multi-source approach incorporating global SDG metadata and international reports. Thresholds for certain indicators were defined based on national and regional standards from official Iranian sources and subsequently validated by expert committees. To determine the performance level of each indicator, values were normalized on a scale of 0 to 100 using defined upper and lower bounds. Finally, the spatial distribution of performance was determined for each sub-watershed within the study area.

Results and Discussion: Among the 19 indicators analyzed, the highest performances were observed for indicators related to mortality and missing persons due to natural disasters (100%) and disruptions in basic services caused by disasters (94%). In contrast, the lowest performances were recorded for indicators such as the ratio of productive and sustainable agricultural areas (1%), green cover of mountainous regions (1.21%), and protected plant and animal areas (11.90%). Spatial analysis revealed that the Shazand Watershed, particularly its central sub-watersheds, is generally in a declining average condition. Key factors affecting these changes include extensive industrial activities such as refineries and petrochemical plants, as well as increased mining operations, all of which have negatively impacted the region's ecosystems.

Conclusion: To prevent further resource degradation, all stakeholders at global, national, and especially local levels must recognize that progress and development must follow a sustainable path. Achieving an acceptable level of growth and development in the human communities of the Shazand Watershed requires planning based on a deep understanding of the environment and the strategic leveraging of the region's existing capabilities. Recognizing, reviewing, and analyzing both human and natural capacities can serve as a foundation for critical development objectives. Given the high rate of industrial growth and resulting pollution in the Shazand Watershed, combined with efforts to leverage agricultural potential and modernization, a significant step can be taken toward achieving sustainable development goals. It is therefore recommended that in both short- and long-term planning, provincial and local managers allocate a higher proportion of public budget investments to the agricultural sector. Additionally, increasing the share of agricultural development from banking facilities and directing banking resources toward equipping and modernizing agricultural enterprises can play a key role in improving productivity and employment in this sector.

Keywords: Ecosystem Sustainability, Global Standards, Integrated Watershed Management, Sustainable Development Goals, Watershed Performance.

Citation: Sadeghi, S. H., Alimohamadisani, M., Akbari, S. H., Niknam, F., Jamgohari, F., Jalilian, M., Malek, M., Yaghoti, R., Bahlekeh, M. & Chamani, R. (2026). Level of Achievement of Ecosystem Conservation and Sustainable Use Indicators within the Framework of the Sustainable Development Goals in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran. *Integrated Watershed Management*, 6(3), 18-49. https://doi.org/10.22034/iwm.2026.2083818.1263

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 ششم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۵، صفحات (۴۹-۱۸) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2026.2083818.1263

میزان دستیابی به شاخص‌های حفاظت و استفاده پایدار از بوم‌سازگان‌ها در چارچوب اهداف توسعه پایدار در حوزه آبخیز شازند استان مرکزی

سیّدحمیدرضا صادقی[1*]، محدثه علیمحمدی‌ثانی[1]، سیده‌هاجر اکبری[1]، فاطمه نیکنام[1]، فروزان جام‌گوهری[1]، میترا جلیلیان[1]، محمدمهدی ملک[1]، رضا یاقوتی[1]، مرجان بهلکه[1]، رضا چمنی[2]

۱- گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

۲- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

[*]نویسنده مسئول: sadeghi@modares.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۵)

چکیده مبسوط

مقدمه: آبخیزها به عنوان سامانه‌های طبیعی تحت تأثیر عوامل داخلی و بیرونی با کاهش عملکرد و تأمین نیازهای گرودارن خود مواجه می‌شوند. به عبارتی دیگر توسعه اقتصادی و گسترش تجارت‌های بین‌المللی، تغییرات فرهنگی و شکل‌گیری فن‌آوری‌های نوین، توأم با افزایش خشک‌سالی، بیابان‌زایی و سیلاب، تقاضا برای تأمین منابع موردنیاز حیات انسانی را افزایش داده است. این امر سبب شده مدیریت و استفاده اصولی از منابع خاک‌وآب و حفظ محیط‌زیست ضرورتی دوچندان یابد و به یکی از دغدغه‌های اصلی در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای تبدیل شود. بااین‌حال در مدیریت آبخیزها ارتباط چندانی بین برنامه‌ریزی صحیح، کاهش و مدیریت خطر، نگرانی‌های محیط‌زیستی و مقایسه عملکرد در سطح منطقه‌ای و جهانی برقـرار نیسـت. در عین حال ارزیابی عملکرد سامانه آبخیز با استفاده از معیارهای مقبول جهانی کم‌تر انجام شده است. براین اساس دراین پژوهش عملکرد شاخص‌های توسعه پایدار مؤثر بر حفاظت و بهره‌برداری پایدار از بوم‌سازگان‌ها در آبخیز شازند استان مرکزی از طریق شناسایی و تحلیل شاخص‌های مرتبط موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: برای ارزیابی عملکرد شاخص‌های توسعه پایدار مؤثر بر حفاظت و بهره‌برداری پایدار از بوم‌سازگان‌ها، در گام نخست از ۱۷ هدف توسعه پایدار، شاخص‌های با بیش‌ترین تأثیر بر بوم‌سازگان‌های آبخیز شازند انتخاب شدند. در ادامه بازدیدهای متعددی از آبخیز شازند به‌عمل آمد و با استفاده از گزارش بازدیدهای صحرایی و جمع‌آوری داده‌ها، شرایط فعلی آن تعیین شد. در نهایت ۱۹ شاخص مرتبط با بوم‌سازگان‌ها انتخاب شدند. برای محاسبه عملکرد، مقادیر هر یک از شاخص‌ها از طریق یک رویکرد چندمنبعی با استفاده از فراداده‌های جهانی اهداف توسعه پایدار و گزارش‌های بین‌المللی، اتخاذ شدند. برای برخی از شاخص‌ها، آستانه‌ها بر اساس استانداردهای ملی و منطقه‌ای از منابع رسمی ایران تعریف و با اعتبارسنجی از هیئت متخصصان تکمیل شدند. سپس برای تعیین عملکرد هر یک از شاخص‌ها با استفاده از کران بالا و پایین، شاخص‌ها به مقیاسی بین صفر تا ۱۰۰ نرمال‌سازی شدند. در ادامه پراکنش مکانی عملکرد هر یک از زیرآبخیزها مشخص شد.

نتایج و بحث: براساس نتایج پژوهش حاضر، از بین ۱۹ شاخص موردبررسی، دستیابی به شاخص‌های مرگ‌ومیرها و مفقودین متأثر از بلایای طبیعی و اختلالات در خدمات اساسی منتسب به بلایا به‌ترتیب با ۱۰۰ و ۹۴ درصد بالاترین عملکرد را داشته و شاخص‌های نسبت مناطق کشاورزی مولد و پایدار، شاخص پوشش سبز کوهستان و مناطق حفاظت‌شده گیاهی و جانوری به‌ترتیب با ۱، ۱/۲۱ و ۱۱/۹ درصد کم‌ترین عملکرد را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین پهنه‌بندی صورت گرفته نشان داد که آبخیز شازند با برخورداری از شرایط نامطلوب‌تر در زیرآبخیزهای مرکزی در مجموع در شرایط متوسط رو به افول قرار دارد. عوامل کلیدی مؤثر بر این تغییرات شامل فعالیت‌های گسترده صنعتی مانند پالایشگاه‌ها و کارخانه‌های پتروشیمی و افزایش عملیات معدنی است که اثرات منفی خود بر بوم‌سازگان منطقه را گذاشته است.

نتیجه‌گیری: برای جلوگیری از تخریب بیش‌تر منابع، تمام افراد در ابعاد جهانی، ملی و به‌ویژه در سطح محلی باید این واقعیت مهم را دریابند که پیشرفت و توسعه باید روندی پایدار داشته باشد. لذا در آبخیز شازند دستیابی به وضعیت قابل‌قبولی از فرآیند رشد، توسعه در جوامع انسانی نیازمند مهیا نمودن زمینه‌های برنامه‌ریزی بر پایه شناسایی محیط و بهره‌گیری از قابلیت‌های موجود در منطقه است. هم‌چنین شناخت، بررسی و تحلیل توانمندی‌های انسانی و طبیعی موجود می‌تواند به‌عنوان زیربنا و اصلی مهم مدنظر قرارگیرد. توجه به رشد بالای صنعت و آلودگی‌های ناشی از آن در آبخیز شازند، با در نظر گرفتن توانمندی‌های زراعی و مدرنیزه کردن آن می‌توان گامی مهم در بهبود اهداف توسعه پایدار برداشت. به‌این‌منظور پیشنهاد می‌شود در برنامه‌ریزی‌های کوتاه و بلندمدت مدیران استانی و محلی، افزایش سهم بخش کشاورزی از اعتبارات سرمایه‌ای در بودجهٔ عمومی صورت گیرد. هم‌چنین، افزایش سهم بخش کشاورزی از تسهیلات بانکی و نیز هدایت منابع بانکی به تجهیز و نوسازی بنگاه‌های بخش کشاورزی می‌تواند نقش مؤثری در زمینهٔ افزایش بهره‌وری و اشتغال در این بخش ایفا کند.

کلمات کلیدی: استاندارد جهانی، اهداف توسعه پایدار، پایداری بوم‌سازگان، عملکرد آبخیز، مدیریت جامع آبخیز

استناد: صادقی، س.ح.ر.، علیمحمدی‌ثانی، م.، اکبری، س.ه.، نیکنام، ف.، جام‌گوهری، ف.، جلیلیان، م.، ملک، م.م.، یاقوتی، ر.، بهلکه، م.، و چمنی، ر. (۱۴۰۵). میزان دستیابی به شاخص‌های حفاظت و استفاده پایدار از بوم‌سازگان‌ها در چارچوب اهداف توسعه پایدار در حوزه آبخیز شازند استان مرکزی. *مدیریت جامع حوزه های آبخیز*، ۶(۳)، ۴۹-۱۸. https://doi.org/10.22034/iwm.2026.2083818.1263

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

با توسعه اقتصادی، گسترش تجارت‌های بین‌المللی، تغییرات فرهنگی و شکل‌گیری فن‌آوری‌های نوین، توأم با افزایش خشک‌سالی، بیابان‌زایی، سیلاب و در کل تخریب آبخیزها، تقاضا برای تأمین منابع موردنیاز حیات انسانی افزایش‌یافته که باعث فشار بیش‌تر بر منابع طبیعی و محیط‌زیست شده است (Saberifar, 2025). این امر سبب شده مدیریت و استفاده اصولی از منابع خاک‌وآب و حفظ محیط‌زیست ضرورتی دوچندان یابد و به یکی از دغدغه‌های اصلی در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای تبدیل شود (Chamani *et al.*, 2024). در همین ارتباط، محدودیت منابع خاک‌وآب در کشور و الزام به تحقق آرمان خودکفایی موجب شده است که از منابع خاک‌وآب موجود بیش‌ترین استفاده به عمل آید (López *et al.*, 2026).

بوم‌سازگان‌ها[1] یکی از مهم‌ترین منابع ارائه خدمات و کارکردهای موردنیاز بشر در جهان به‌شمار می‌روند و بخش بزرگی از خدمات متوقع را برای میلیون‌ها انسان فراهم می‌کنند. مشکلات موجود به‌طورجدی تعادل بوم‌سازگان‌ها را ضعیف کرده و بقای انسان را تهدید می‌کند (Wang *et al.*, 2024a; Nasiri *et al.*, 2025). باتوجه به اهمیت بوم‌سازگان‌ها در حفظ تعادل زمین و تنوع‌زیستی، بررسی زمان، مکان و ماهیت بروز تغییر در آن‌ها، مدیریت بهتر و هم‌چنین تخمین عدم‌توانایی یک بوم‌سازگان در تحمل عوامل تنش‌زا به‌عنوان یک چالش اساسی مطرح شده است (Karami *et al.*, 2025).

حوزه‌های آبخیز کشور به‌عنوان بستر شکل‌گیری و رشد و توسعه بوم‌سازگان، به سبب تغییرات حاصل از فعالیت‌های انسانی روزبه‌روز به سمت ناپایداری میل می‌کنند. چنان‌چه برخی از این تغییرات از آستانه حفاظتی حوزه‌های آبخیز عبور نماید، موجب کاهش سلامت و افت خدمات مورد انتظار از آبخیز خواهد شد (Mousavi *et al.*, 2021). از همین‌رو اطلاع از تنش‌های موجود و وضعیت حوزه آبخیز در پی تغییرات ایجادشده با هدف حفظ عملکرد خدمات و سلامت بوم‌سازگان‌های تأمین‌کننده نیازهای حیاتی موردنیاز انسان ضرورت می‌یابد (Sadeghi *et al.*, 2022; Talampas *et al.*, 2025). در چنین حالتی می‌توان با تکیه‌بر منابع و ظرفیت‌ها و هم‌چنین یادگیری شیوه برخورد صحیح با تنش‌ها، موجبات خودسامان‌دهی[2] و بازیابی[3] تعادل حوزه‌های آبخیز و درنهایت بهبود وضعیت آبخیز را فراهم کرد. در این ارتباط ارزیابی عملکرد بوم‌سازگان‌های مختلف آبخیزها را می‌توان به‌عنوان گامی در جهت رسیدن به اهداف توسعه پایدار (SDGs)[4] نیز تلقی کرد، چراکه توسعه پایدار، آرمانی با چشم‌انداز بلندمدت است که برای دست‌یابی به آن باید از رویکردهای واقعی با راهبردهای کوتاه‌مدت استفاده نمود که ضمن تأمین نیازها، به برابری و بهبود کیفیت بوم‌سازگان نیز توجه شود.

پژوهش‌های متعددی شاخص‌های اهداف توسعه پایدار را موردبررسی قرارداده‌اند؛ به‌طورنمونه Frank و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی ذهن آگاه و آموزش در جهت اهداف جهانی توسعه پایدار در آلمان پرداختند. در این پژوهش به آموزش برای کاهش پیامدها، سازگاری و تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی و مصرف پایدار پرداخته و برخی دیدگاه‌های انتقادی و راهکارهای مناسب در راستای اهداف جهانی توسعه پایدار ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که آموزش برای توسعه پایدار مستلزم رویکردی جامع است که نه‌تنها بر انتقال دانش، بلکه بر توسعه شایستگی‌ها، ارزش‌ها و نگرش‌هایی تمرکز کند تا رفتارهای محیط‌زیستی پایدار را تقویت کند. Riahi و همکاران (۲۰۲۴) نیز به ارزیابی هم‌سویی شاخص‌های توسعه پایدار حوزه آبخیز نکارود با اهداف جهانی توسعه پایدار سازمان ملل متحد پرداختند. در این

[1] Ecosystems
[2] Self-Organization
[3] Storation
[4] Sustainable Development Goals (SDGs)

پژوهش شاخص‌ها نرمال‌سازی[1]، وزن‌دهی، تجمیع و در چهار دسته از قابل‌دستیابی تا بسیار چالش‌برانگیز رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که از میان اهداف توسعه پایدار، پنج هدف بالاتر از میانگین جهانی عملکرد داشتند که اهداف ۳ (سلامت کامل و رفاه) و ۱ (جامعه بدون فقر) به‌ترتیب با ۶۹/۸۲ و ۵۷/۹۷ درصد بالاترین اهداف ۷ (دسترسی به انرژی پاک) و ۱۶ (صلح و عدالت) به‌ترتیب با ۵۱/۰۸ و ۵۴/۶۲ درصد کم‌ترین عملکرد را بالاتر از میانگین جهانی نشان دادند. شاخص‌های هدف ۳ و شاخص ۱۰۰ درصدی هدف ۱ تأثیر مثبت، و عملکرد نه هدف پایین‌تر از میانگین جهانی بود که کم‌ترین مربوط به هدف ۲ (۱۵/۲۴ درصد) و سپس اهداف ۹، ۱۷، ۱۰ و ۶ قرار داشت. شاخص‌های مربوط به اهداف ۲، ۹ و ۱۰ بیش ترین تأثیر منفی را بر عملکرد آن اهداف داشتند. برهمین اساس این پژوهش عملکرد کلی ۳۶/۴۲ درصد با شرایط بسیار چالش‌برانگیز در دستیابی به اهداف جهانی توسعه پایدار برای حوزه آبخیز نکارود را تأیید کرد. هم‌چنین Naseer و همکاران (۲۰۲۵) به ارزیابی عملکرد محیط‌زیستی بر پایه سهم کیفیت حکمرانی[2]، انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته پرداختند. یافته‌های حاصل از تحلیل‌های پیشرفته اقتصادسنجی، نحوه تأثیر عوامل مذکور بر پایداری محیط‌زیستی و اقتصادهای نوظهور و توسعه‌یافته را نشان داد. هم‌چنین در این پژوهش رشد اقتصادی به‌عنوان یک عامل مؤثر بر عملکرد محیط‌زیستی و پیشرفت اهداف جهانی توسعه پایدار مطرح شده است. Bahlekeh و Sadeghi (۲۰۲۶) به ارزیابی زیستایی[3] آبخیز شازند براساس ۱۱۷ شاخص توسعه پایدار و آستانه‌های تاب‌آوری[4] و گسست[5] پرداختند. در این پژوهش ارتباط متقابل معیارهای مختلف بر وضعیت زیستایی با استفاده از مدل ساختاری-تفسیری ISM[6] و روش MICMAC[7] مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج ارزیابی عملکرد آبخیز شازند نشان داد که هدف ۱۳ (اقدام برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوا) با ۸۰/۶۳ درصد بالاترین عملکرد و هدف ۱۷ (تقویت مشارکت جهانی) با ۳۰/۷۱ درصد کم‌ترین عملکرد را داشته‌اند. اخیراً نیز Chen و همکاران (۲۰۲۶) به اهمیت اجرای اهداف توسعه پایدار با توجه به روند افزایشی جمعیت پرداختند. این پژوهش یک چارچوب ارزیابی یکپارچه شامل ۱۷ هدف و ۸۰ شاخص برای Beijing-Tianjin-Hebei چین ارائه داده است. از نظر روش‌شناختی، نتایج ترکیبی از امتیاز اهداف توسعه پایدار[8]، امتیاز یکنواختی[9] و یک مدل ارزیابی اثر هم‌افزایی است که نابرابری‌های مکانی-زمانی در تراکم‌های شهری را موردبررسی قرار می‌دهد. نتایج نشان داد که امتیاز اهداف توسعه پایدار به میزان ۱۷/۳ درصد افزایش یافته که با دستاوردهای قابل‌توجهی در اهداف اجتماعی و اقتصادی همراه بوده، اما پیشرفت در اهداف محیط‌زیستی ازجمله هدف ۱۳ (اقدام برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوا) و ۱۵ (حفاظت از بوم‌سازگان) محدود مانده است.

جمع‌بندی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه پژوهش‌های متعددی در ارتباط با بررسی اهداف توسعه پایدار انجام شده است؛ اما یک روش یکپارچه برای ارزیابی عملکرد فعلی حوزه‌های آبخیز در دستیابی به اهداف جهانی توسعه پایدار کم‌تر موردتوجه قرار گرفته است. در این پژوهش با استفاده از بومی‌سازی بالاترین و پایین‌ترین جهانی آستانه شاخص‌ها و مقایسه آن با شرایط فعلی آبخیز به ارزیابی نقاط قوت و ضعف منطقه پرداخته شده است. زیرا ارائه یک برنامه اقدام با رویکرد آینده‌پژوهی

[1] Normalization
[2] Governance
[3] Viability
[4] Resilence
[5] Release/ Rupture
[6] Interpretive Structural Modeling (ISM)
[7] Matrix of Crossed Impact Multiplications Applied to a Classification (MICMAC)
[8] SDG Score (SS)
[9] Evenness Score (ES)

ازجمله سنجش عملکرد آبخیزها ضروری است تا دریچه‌ای نو برای عملکرد مطلوب مدیران توسعه‌ای ایجاد شود. لذا در این پژوهش سعی شده است تقویت عملکرد شاخص‌های توسعه پایدار در آبخیز شازند استان مرکزی از طریق شناسایی و تحلیل شاخص‌های مرتبط با حفاظت و بهره‌برداری پایدار از بوم‌سازگان‌ها موردبررسی قرارگیرد. برای این منظور، از میان شاخص‌های توسعه پایدار، شاخص‌های دارای بیش‌ترین ارتباط موضوعی با حفاظت و پایداری بوم‌سازگان‌ها انتخاب و راهکارهای مدیریتی مؤثر برای حفظ تنوع زیستی، بهبود کارکرد بوم‌سازگان‌ها و بهبود معیشت بهره‌برداران به صورت نمونه در آبخیز شازند مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

پژوهش حاضر در آبخیز شازند واقع در استان مرکزی با مساحت ۱۷۴۰ کیلومترمربع و مختصات جغرافیایی "۱۵ '۴ °۴۹ تا "۱۲ '۵۲ °۴۹ طول شرقی و "۴۲ '۴۴ °۳۳ تا "۱۳ '۱۲ °۳۴ عرض شمالی مندرج در شکل ۱ برنامه‌ریزی شد. کاربری اراضی منطقه عمدتاً از مرتع، اراضی زراعی و باغ‌های میوه تشکیل شده است. آبخیز شازند دارای خاک‌های متنوعی ازجمله لس، خاک آبرفتی رودخانه‌ها و خاک شور-قلیایی است، انواع مختلف خاک به بهره‌وری کشاورزی و بهره‌برداری از زمین در این منطقه کمک می‌کند (Sharafi, 2023). طرح‌های توسعه‌ای انجام شده ازجمله پتروشیمی، پالایشگاه و نیروگاه حرارتی در این منطقه باعث تغییر جمعیت و تبدیل اراضی طبیعی به اراضی زراعی و مناطق مسکونی شده است (Hazbavi *et al.*, 2018; Nasiri *et al.*, 2025). در نتیجه این توسعه، تغییرات سریعی ازجمله تغییرات گسترده در شیوه‌های زراعی، کاهش فعالیت‌های زراعی در برخی مناطق، گسترش بی‌رویه شهرها، توسعه جاده‌ها و هم‌چنین فشار مهاجرت، آمدوشد متراکم و فعالیت‌های تفریحی رخ داده است (Davudirad *et al.*, 2016; Silabi *et al.*, 2025).

مراحل پژوهش

انتخاب و محاسبه شاخص‌های موضوعی اهداف جهانی توسعه پایدار

در ابتدا با توجه به هدف پژوهش در خصوص بررسی عملکرد حفاظت از بوم‌سازگان‌های آبخیز شازند، ۳۳ شاخص از بین ۲۶۲ شاخص توسعه پایدار انتخاب شدند. شاخص‌های استفاده شده و روش محاسبه آن‌ها در جدول پیوست ارائه شده است. سپس ضریب نسبی روایی گویه (CVR)[1] "ضرورت معیار" با کمینه قابل‌قبول ۰/۲۹ با استفاده از سه گزینه و رابطه (۱) به‌دست آمد.

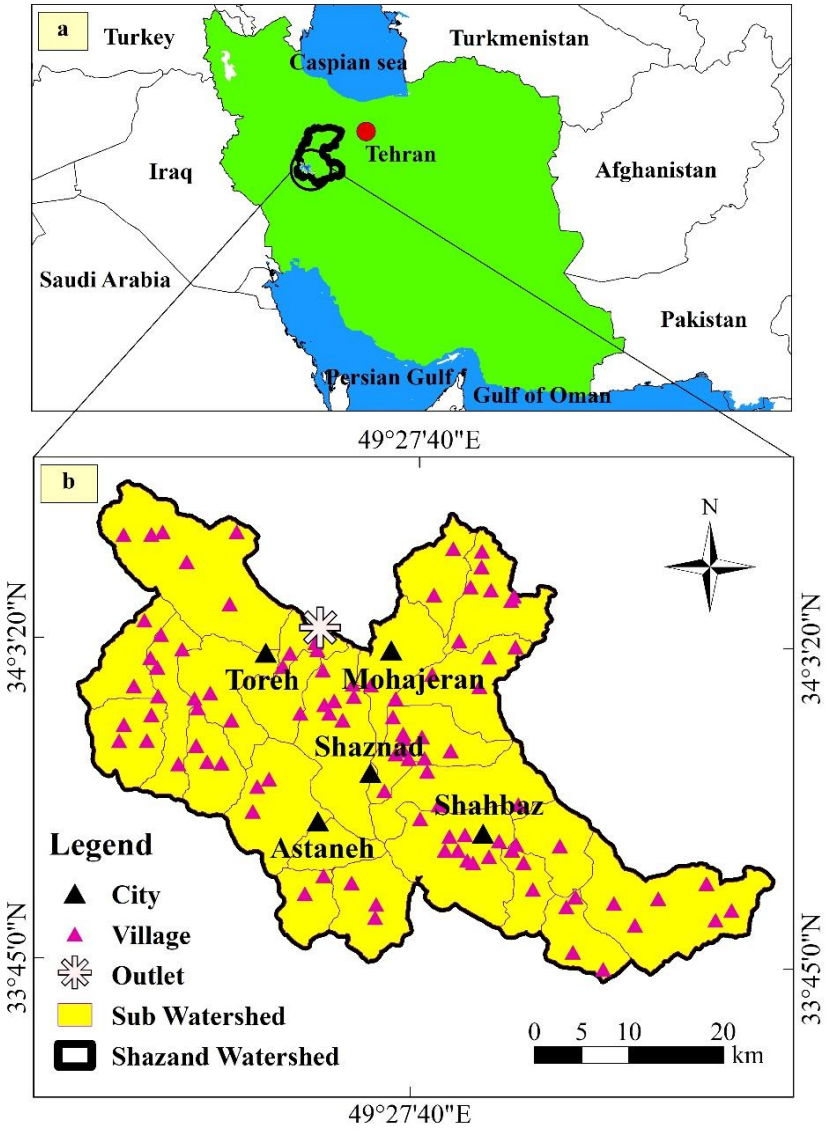
$$CVR = \frac{n_e - 0.5N}{0.5N} \qquad (۱)$$

که در آن n_e تعداد متخصصین با انتخاب گزینه ضروری و N تعداد کل متخصصین مصاحبه‌شده است. هم‌چنین شاخص روایی گویه (CVI)[2] "مرتبط بودن معیار" با کمینه قابل‌قبول ۰/۷۹ نیز با استفاده از چهار گزینه از طریق تقسیم تعداد خبرگان با انتخاب گزینه‌های ۳ و ۴ بر تعداد کل خبرگان محاسبه شد (Lindell & Brandt, 1999). کاربست شاخص‌های مزبور با نظرخواهی از ۴۰ متخصص از دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و اداره‌های مرتبط با استفاده از پرسشنامه آزمون شدند. در این راستا تعداد متخصصان با استفاده از روش نمونه‌گیری هدف‌مند انتخاب شدند تا از شمول افراد آگاه، طبق پژوهش Etikan و همکاران (۲۰۱۶) اطمینان حاصل شود. این هیئت شامل نمایندگان دانشگاه‌ها، مؤسسات پژوهشی و سازمان‌های دولتی مربوطه است تا طیف وسیعی از صلاحیت‌ها در مدیریت حوزه آبخیز را داشته باشند. متخصصین بر اساس دلایل از پیش تعیین‌شده شامل (۱) حداقل پنج سال سابقه حرفه‌ای یا پژوهشی در علوم حوزه آبخیز، مدیریت محیط‌زیست یا یک حوزه مرتبط و (۲) سابقه اجرایی بیش از پنج سال در مدیریت حوزه آبخیز باشد. در ادامه ۱۲ معیار با توجه به نظر

[1] Content Validity Ratio (CVR)

[2] Content Validity Index (CVI)

متخصصین حذف و برای شاخص‌های باقی‌مانده حدود آستانه‌ها تعیین شد.



شکل ۱- موقعیت مکانی آبخیز شازند در ایران (الف)، استان مرکزی (ب)

Figure 1- Location of Shazand Watershed in Iran (a), Markazi Province (b)

تعیین حدآستانه شاخص‌های مورد استفاده

برای محاسبه عملکرد هر یک از شاخص‌های ارائه شده نیازمند تعیین حدآستانه بالاترین جهانی، حد استاندارد (بهینه) و پایین‌ترین جهانی است، به این منظور مقادیر هر یک از شاخص‌ها از طریق یک رویکرد چندمنبعی تعیین شدند. در صورت وجود، شاخص‌های استاندارد از فراداده‌های جهانی اهداف توسعه پایدار و گزارش‌های بین‌المللی[1]، اتخاذ شدند. برای برخی شاخص‌ها، آستانه‌ها بر اساس استانداردهای ملی و منطقه‌ای از منابع رسمی ایران تعریف و با اعتبارسنجی از هیئت متخصصان تکمیل

[1] https://unstats.un.org/sdgs/metadata/?Text=&Goal=2&Target=2.a

و هم‌چنین آستانه‌های اعمال‌شده با پژوهش‌های مشابه در حوزه‌های آبخیز ایران مطابقت داده شد. در مرحله بعد، آستانه‌ها با استفاده از پژوهش‌های Lafortune و همکاران (۲۰۱۸)، Riahi و همکاران (۲۰۲۴) و Bahlekeh و Sadeghi (۲۰۲۶)، گزارش‌های اهداف جهانی توسعه پایدار، مقالات مرتبط، درگاه ملی آمار، مراجعه‌های متعدد به اداره‌ها و سازمان‌های مرتبط به شرح مندرج در جدول ۱ تکمیل شد.

جدول ۱- مقادیر شاخص‌های حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار

(بالاترین جهانی، بهینه، پایین‌ترین جهانی، ایران و آبخیز شازند در استان مرکزی)

Table 1- Values of Sustainable Development Goals of ecosystem conservation indicators (highest global, optimal, lowest global, Iran and Shazand Watershed in Markazi Province, Iran)

شاخص	کد	آبخیز شازند	ایران	بالاترین جهانی	حد بهینه	پایین‌ترین جهانی	ضریب‌نسبی‌روایی	شاخص روایی
شیوع ناامنی غذایی ناشی از اقتصاد (درصد)	EN1	19.00	24.00	0.00	5.12	30.00	0.60	0.93
نسبت مناطق کشاورزی مولد و پایدار (درصد)	EN2	1.00	-	100.00	50.00	0.00	0.90	1.00
تعداد چاه‌های کشاورزی	EN3	78.00	-	10.00	70.00	130.00	0.45	0.98
نسبت نژادهای محلی گیاهی در معرض خطر انقراض (درصد)	EN4	15.00	25.00	0.00	12.50	25.00	0.50	0.85
عملکرد غلات (تن بر هکتار)	EN5	2.04	1.80	7.00	2.50	0.20	0.65	0.93
پهنه‌های آبی باکیفیت و بهداشتی (درصد)	EN6	65.00	-	100.00	80.00	13.00	0.75	0.93
سطح تنش کشاورزی کشت آبی (درصد)	EN7	4.00	10.00	0.00	21.00	42.00	1.00	0.90
مشارکت جوامع محلی در بهبود مدیریت آب (درصد)	EN8	42.00	-	100.00	60.00	0.00	0.70	0.88
جمعیت برخوردار از سوخت‌های پاک و فناوری برای پخت‌وپز (درصد)	EN9	92.30	96.40	100.00	85.00	2.00	0.50	0.88
اختلالات در خدمات اساسی منتسب به بلایا (درصد)	EN10	6.00	-	0.00	50.00	100.00	0.40	0.90
سرانه فضای سبز (مترمربع به ازای هر نفر)	EN11	16.00	12.00	38.00	20.50	3.00	0.40	0.90
مصرف نیتروژن وارداتی (کیلوگرم به ازای هر نفر جمعیت)	EN12	21.00	27.00	0.00	5.00	45.00	0.50	0.80
مرگ‌ومیرها و مفقودین متأثر از بحران‌ها (به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت)	EN13	0.00	0.15	0.00	3.00	300.00	0.55	0.88
رخداد بلایای طبیعی (درصد)	EN14	4.00	12.00	2.00	15.50	29.00	0.50	0.83
میانگین غلظت گازهای آلاینده هوا (میکرومول بر مترمربع)	EN15	199.00	318.00	89.00	218.00	347.00	0.70	0.95
مناطق حفاظت‌شده گیاهی و جانوری (درصد)	EN16	11.90	43.50	100.00	85.00	0.00	0.80	0.93
شاخص پوشش سبز کوهستان (درصد)	EN17	18.00	34.30	99.35	80.00	17.00	0.65	0.93
میزان شکار غیرقانونی (درصد)	EN18	10.00	-	0.00	32.50	65.00	0.45	0.85
همکاری آبخیزنشینان در فعالیت‌ها و سیاست‌های دولتی (درصد)	EN19	40.00	-	85.00	70.00	0.00	0.90	0.88

دو معیار با توجه به عدم دسترسی به داده‌ها حذف شد. لازم به ذکر است طبقه‌بندی مقادیر شاخص‌های اهداف جهانی توسعه پایدار بر حسب بالاترین تا پایین‌ترین وضعیت جهانی و در شش طبقه انجام شده بود که با توجه

به هدف پژوهش و جایگاه منطقه در جهان و ایران برای هریک از شاخص‌ها بومی‌سازی صورت گرفت. سپس مقادیر هر یک از شاخص‌ها در ایران و آبخیز شازند محاسبه شد. هم‌چنین مقدارهای آزمون CVR و CVI در جدول ۱ ذکر شده است. برای ارزیابی عملکرد، شرایط فعلی آبخیز شازند نسبت به بالاترین جهانی و پایین‌ترین جهانی موردسنجش قرار گرفت.

نرمال‌سازی و طبقه‌بندی شاخص‌های مورد استفاده

با استفاده از کران بالا و پایین، شاخص‌ها به صورت خطی براساس رابطه‌های (۲) و (۳) به‌ترتیب برای شاخص‌ها با تاثیر مثبت و منفی، به مقیاسی بین صفر تا ۱۰۰ نرمال‌سازی شدند.

$$X_n = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (۲)$$

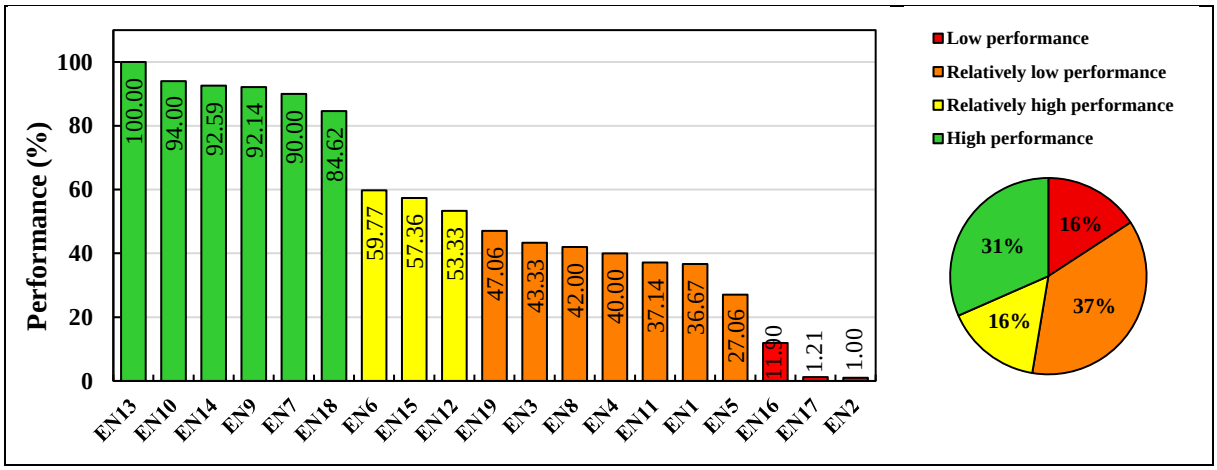
$$X_n = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} \quad (۳)$$

که در آن X_n ، X_i، X_{min} و X_{max} به‌ترتیب بیان‌گر عدد نرمال‌شده، مقدار عددی داده خام، حدپایینی و بالایی شاخص موردنظر است. مقدار عددی نرمال‌شده نیز، بیان‌گر فاصله از بدترین و بهترین حالت شاخص موردنظر است. سپس براساس گزارش Lafortune و همکاران (۲۰۱۸) و پژوهش Riahi و همکاران (۲۰۲۴)، اهداف و شاخص‌ها با چهار رنگ سبز (بالاتر از ۷۵ درصد جهانی و عملکرد بالا، زرد بین ۵۰ تا ۷۵ درصد جهانی و عملکرد نسبتاً بالا، نارنجی بین ۲۵ تا ۵۰ درصد جهانی با عملکرد نسبتاً پایین و قرمز کم‌تر از ۲۵ درصد با عملکرد پایین رتبه‌بندی شدند. سپس پراکنش مکانی هر یک از زیرآبخیزها با توجه به هدف پژوهش مشخص شد. طبقه‌بندی هر زیرآبخیز به‌صورت عملکرد بالا (۰/۹۱ تا ۱)، بالا با گرایش منفی (۰/۸۱ تا ۰/۹۰)، نسبتاً بالا با گرایش مثبت (۰/۷۱ تا ۰/۸۰)، نسبتاً بالا با گرایش منفی (۰/۶۱ تا ۰/۷۰)، متوسط بالا با گرایش مثبت (۰/۵۱ تا ۰/۶۰)، متوسط بالا با گرایش منفی (۰/۴۱ تا ۰/۵۰)، نسبتاً پایین با گرایش مثبت (۰/۳۱ تا ۰/۴۰)، نسبتاً پایین با گرایش منفی (۰/۲۱ تا ۰/۳۰)، پایین با گرایش مثبت (۰/۱۱ تا ۰/۲۰) و پایین (۰ تا ۰/۱۰) انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد شاخص‌های مرتبط با حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار

در این پژوهش ابتدا به محاسبه عملکرد هریک از شاخص‌های مرتبط با حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار جهانی پرداخته شد. نتایج عملکرد شاخص‌ها منتج از محاسبه شرایط آبخیز شازند نسبت به آستانه‌های بالا و پایین در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج عملکرد شاخص‌های ارائه شده در شکل ۲، آبخیز شازند در دستیابی به شاخص‌های مرگ‌ومیرها و مفقودین متأثر از بلایای طبیعی و اختلالات در خدمات اساسی منتسب به بلایا به‌ترتیب با ۱۰۰ و ۹۴ درصد بالاترین عملکرد را داشته و در دستیابی به شاخص‌های نسبت مناطق کشاورزی مولد و پایدار، شاخص پوشش سبز کوهستان و مناطق حفاظت‌شده گیاهی و جانوری به‌ترتیب با ۱، ۱/۲۱ و ۱۱/۹درصد کم‌ترین عملکرد را به خود اختصاص داده است. دلایل وضعیت هر یک از شاخص‌ها به تفکیک در ذیل ارائه شده است:



شکل ۲- عملکرد شاخص‌های حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار در آبخیز شازند، استان مرکزی

Figure 2- Performance of ecosystem conservation indicators of sustainable development goals in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran

شیوع ناامنی غذایی ناشی از اقتصاد

امنیت غذایی از اهداف مهم توسعه پایدار است که همچنان در دستور کار توسعه سازمان مل متحد و دست اندرکاران توسعه قرار دارد. با توجه به نتایج این پژوهش شاخص شیوع ناامنی غذایی در ایران با امتیاز ۲۴ درصد نزدیک به پایین‌ترین مقدار جهانی ۳۰ درصد است. در سطح کشور برای کاهش ناامنی غذایی از راهبردهای مقابله‌ای مانند تغذیه کودکان در مدارس، کمک به خانوارهای محروم و کم‌توان (تحت پوشش نهادهای رسمی چون کمیته امداد و بهزیستی) و راهبرد یارانه و کمک‌های معیشتی استفاده می‌شود (Jozi *et al.*, 2020). در این راستا در سال‌های گذشته تخصیص یارانه به نهاده‌های زراعی و دامی، کاهش هزینه‌های تولید و به دنبال آن تعدیل و ثبات در مواد غذایی ضروری برای گرواران را بهبود می‌بخشید که در حال حاضر این یارانه حذف شده و نهاده‌های زراعی و دامی با قیمت آزاد در اختیار تولیدکننده قرار می‌گیرد. به عبارتی دیگر قیمت بالای تمام شده محصولات زارعی و دامی، کاهش مصرف آن و افزایش ناامنی غذایی را در سطح کشور در پی خواهد داشت.

آبخیز شازند نیز از این قاعده مستثنی نیست و برای بهبود امنیت غذایی خانوارها، نیاز به همکاری و اقدام هماهنگ و همه‌جانبه ارگان‌های مختلف دولتی و غیردولتی است تا بتوان الگوهای پایدار تولیدی و مصرفی را ایجاد نمود. حال آن‌که آبخیز شازند با مقدار ۱۹ درصد وضعیت بهتری نسبت به متوسط کشور برخوردار است. از آن‌جایی‌که حوزه آبخیز شازند یک آبخیز صنعتی به‌شمار می‌رود و ساکنین منطقه دارای وضعیت معیشتی وابسته به آن می‌باشند. در این راستا ظرفیت و توانایی سازگاری و مقابله خانوار با ناامنی غذایی بستگی به موقعیت مالی، اجتماعی، طبیعی و فیزیکی دارد (Antwi-Agyei *et al.*, 2013; Islam & Al Mamun, 2020). هم‌چنین توانایی یک فرد برای مقابله با دوره ناامنی غذایی به شدت به دسترسی به بازار کار و دارایی او وابسته است (Radimer *et al.*, 1992) که تأثیر خیلی‌شدید و مستقیم وضعیت درآمدی خانوار نسبت به ناامنی غذایی را نشان می‌دهد و می‌توان این موارد را از دلایل امنیت غذایی بالاتر آبخیز شازند نسبت به ایران برشمرد.

نسبت مناطق کشاورزی مولد و پایدار

رشد و توسعه پایدار کشاورزی یکی از شاخص‌ترین و مهم‌ترین اهداف هر کشوری است که تحقق آن از طریق تحولات اساسی و همه‌جانبه در ساختار کشاورزی، مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع و امکانات، سازماندهی و هدایت مناسب فعالیت‌ها در چارچوب

برنامه‌ریزی دقیق، علمی و منطقی امکان‌پذیر می‌شود (Khorami *et al.*, 2023). با توجه به بررسی‌های انجام شده و عدم وجود آمار کافی در این بخش در سطح کشور، با این‌حال تمرکز بر افزایش بازدهی و بهبود نظام ساختاری کشاورزی با تمرکز بر شرایط طبیعی و اقتصادی شکننده کشور ایران، از ضروریات لازم‌الاجرا در این بخش محسوب می‌شود (Hajarian, 2025). آبخیز شازند نیز در بخش مناطق کشاورزی مولد و پایدار با دارا بودن امتیاز ۱ درصد و در حد پایین‌ترین جهانی (صفر) پایین‌ترین عملکرد در بین تمامی شاخص‌ها را به خود اختصاص داده است. در این راستا عملکرد پایین بخش کشاورزی طبق گزارش مستند از سازمان جهادکشاورزی استان مرکزی، وجود قطعات کوچک و پراکنده زمین‌های زراعی، کمبود و گرانی نهاده‌ها، عدم سرمایه‌گذاری کشاورزان برای سامانه‌های جدید و پائین بودن سطح سواد کشاورزان بوده است، در نتیجه این عوامل موجب افت عملکرد این شاخص در آبخیز شازند شده است. در این ارتباط با به‌کارگیری فن‌آوری‌هایی مانند سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، علاوه بر کاهش اتلاف آب، می‌توان حداکثر استفاده از منابع آبی را به‌دست آورد و سطح زیرکشت محصولات را تا ۵۰ درصد افزایش داد (Piramoon *et al.*, 2024). هم‌چنین افزایش بهره‌وری در بخش زراعت با ایجاد گلخانه‌ها از راهکارهای مؤثر در بهبود عملکرد این شاخص به شمار می‌رود (Rahimi Haghighi *et al.*, 2022). در این راستا بهبود دسترسی به نهاده‌های کشاورزی، دسترسی به ماشین‌آلات نوین، عضویت در سازمان‌های مرتبط و دریافت مشوق‌های دولتی را می‌توان از عوامل مؤثر بر بهبود وضعیت معیشتی کشاورزان منطقه به‌شمار آورد.

تعداد چاه‌های کشاورزی

کشاورزی و تولید غذا مسئله‌ای حیاتی برای هر کشوری است؛ اما در کنار آن منابع آبی و مدیریت صحیح آن نیز موضوع مهم و راهبردی دیگری است که با توجه به شرایط اقلیمی باید مورد توجه قرار گیرد (Lavhengwa *et al.*, 2025). افزایش کمبود آب کشاورزی نه‌تنها گسترش سطح آبیاری را محدود می‌کند، بلکه مستقیماً تولیدات کشاورزی را کاهش می‌دهد و امنیت غذایی و درآمد روستاییان را تهدید می‌کند (Zhu *et al.*, 2019)، لذا حفاظت از آب کشاورزی جز مهم‌ترین عوامل در جهت نیل به توسعه پایدار محسوب می‌شود (Pang *et al.*, 2020). هم‌چنین کشت محصولات آب‌بر در مناطق کم‌بهره از آب، استفاده از روش‌های سنتی و منسوخ آبیاری و افزایش چاه‌های آب مجاز و غیرمجاز در دهه‌های اخیر از مواردی است که به بحران آب در کشور دامن زده است (Ehsani Kolikand *et al.*, 2023). با توجه به نتایج این پژوهش، عملکرد شاخص تعداد چاه‌های کشاورزی در کشور نامشخص و در آبخیز شازند در وضعیت مطلوبی قرار ندارد و تعداد آن از استاندارد جهانی نیز بالاتر است. در این راستا مشارکت کشاورزان در خاموش کردن چاه‌های کشاورزی در فصول غیرزراعی و استفاده از جریان آب‌های سطحی و رودخانه‌ها، نقش به‌سزایی در کاهش افت سالیانه مخازن دشت‌های این منطقه خواهد داشت. هم‌چنین با توسعه سامانه نوین آبیاری و تغییر الگوی کشت، کاهش در برداشت منابع آبی محقق خواهد شد. زیرا بازدهی بخش کشاورزی در سامانه آبیاری غرقابی ۳۰ درصد است و عملاً ۷۰ درصد آب هدر می‌رود. لذا ارائه راهبردهای اصولی در بخش کشاورزی به دلیل نقش آن در رشد اقتصادی، امنیت غذایی، ارزآوری و توسعه از اهمیت بالایی برخوردار است. براین اساس آموزش و اطلاع‌رسانی در بخش کشاورزی می‌تواند کمک شایانی به مدیریت آن کند. علاوه‌براین توسعه و تقویت زیرساخت‌ها، تجهیزات و دسترسی به فناوری‌های به‌روز و تهیه برنامه راهبردی در جهت بهبود دانش و مهارت کشاورزی بسیار حائز اهمیت است (Sadeghi *et al.*, 2024b; Arabi *et al.*, 2024).

نسبت نژادهای محلی گیاهی در معرض خطر انقراض

از آن‌جا که گیاهان نقش بنیادینی در ساختار و عملکرد بوم‌سازگان و تأمین خدمات ایفا می‌کنند، این شاخص به‌عنوان ابزاری معتبر برای سنجش اثربخشی

سیاست‌ها و برنامه‌های حفاظت محیط‌زیست در مسیر توسعه پایدار مورد توجه نهادهای بین‌المللی قرار گرفته است (Butchart *et al.*, 2007). هم‌چنین کاهش مقدار این شاخص، نشان‌دهنده تضعیف ظرفیت بوم‌سازگان در حفظ تعادل بوم‌شناختی محسوب می‌شود (Nic Lughadha *et al.*, 2020). بهترین وضعیت این شاخص در سطح جهانی، مربوط به مناطقی است که مقدار این شاخص برابر با صفر است، در حالی که پایین‌ترین وضعیت جهانی مقدار ۲۵ درصد را نشان می‌دهد. بررسی نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن است که ایران با مقدار ۲۵ درصد در وضعیت نامطلوبی از نظر این شاخص قرار دارد که بیان‌گر فشار قابل‌توجه بر تنوع زیستی گیاهی در سطح کشور است. هم‌چنین گویای این است که بخش قابل‌توجهی از گیاهان در حال حاضر در معرض خطر انقراض قرار دارند و روند تغییرات شاخص فهرست قرمز در سال‌های اخیر، افزایش فشارهای انسانی بر تنوع زیستی گیاهی بوده است؛ روندی که تداوم آن می‌تواند دستیابی به اهداف توسعه پایدار، به‌ویژه هدف توقف کاهش تنوع زیستی تا افق ۲۰۳۰، را با چالش‌های اساسی مواجه سازد. در راستای نتایج این پژوهش Jalili و Jamzad (۱۹۹۹) پراکنش محدود جغرافیایی، تأثیرهای انسانی و محدودیت زیستی گیاه را به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر وضعیت مخاطره گونه‌های در معرض خطر ایران بیان نمودند. در مقابل، آبخیز شازند با مقدار ۱۵ درصد وضعیت بهتری نسبت به متوسط ایران دارد. این موضوع نشان می‌دهد در آبخیز شازند علی‌رغم وجود چالش‌ها، شرایط نسبت به سطح ملی مطلوب‌تر است. طبق پژوهش Jalili و Jamzad (۱۹۹۹) نیز فلور استان مرکزی در مقایسه با فلور ایران از وضعیت حفاظتی بهتری برخوردار است، زیرا گونه‌های در معرض خطر انقراض در واحد سطح در استان از موارد مشابه برای کل کشور کم‌تر است. با این حال، فاصله قابل‌توجه آبخیز شازند با بهترین وضعیت جهانی بیان‌گر آن است که اقدامات حفاظتی موجود کافی نبوده و ضرورت برنامه‌ریزی هدف‌مند برای حفظ و احیای تنوع زیستی گیاهی در این منطقه وجود دارد. در این راستا تهیه و اجرای طرح‌های حفاظت پایدار از بوم‌سازگان‌ها و افزایش سطوح ذخیره‌گاه‌های جنگلی و مرتعی در این مناطق در کنار برنامه‌های حفاظت از تنوع زیستی خارج از رویش‌گاه‌ها (تقویت باغ‌های گیاه‌شناسی و بانک ژن منابع طبیعی) بایستی در اولویت قرار گیرد.

عملکرد غلات

عملکرد غلات، نشان‌دهنده میزان بهره‌وری زمین در تولید محصولات اصلی غذایی است و تحت تأثیر عوامل متعددی ازجمله فناوری‌های کشاورزی، مدیریت نهاده‌ها، شرایط اقلیمی و سیاست‌های حمایتی قرار دارد (Yamini *et al.*, 2025). فقدان بهبود عملکرد در برخی مناطق می‌تواند تهدیدی برای امنیت غذایی و رفاه جمعیت‌های آسیب‌پذیر باشد، زیرا جمعیت جهان تا ۲۰۵۰ به حدود ۱۰ میلیارد نفر خواهد رسید و تقاضا برای غلات افزایش می‌یابد (Dai *et al.*, 2025). بنابراین، شاخص عملکرد غلات هم به‌عنوان ابزاری کلیدی برای پایش وضعیت فعلی و هم برای برنامه‌ریزی راهبردی به‌منظور بهبود پایداری کشاورزی و امنیت غذایی در سطح ملی و جهانی اهمیت دارد (Roy *et al.*, 2024). در سطح جهانی، بالاترین عملکرد غلات حدود هفت تن بر هکتار و پایین‌ترین مقدار آن حدود ۰/۲ تن بر هکتار است. براساس نتایج پژوهش حاضر عملکرد غلات در ایران برابر با ۱/۵ تن بر هکتار است که این مقدار نشان‌دهنده فاصله قابل‌توجه کشور با سطح مطلوب جهانی و بیان‌گر محدودیت‌های موجود در بهره‌وری کشاورزی است که با راهبردهای کشاورزی یکپارچه مانند مدیریت بهینه کود، کنترل آفات و به‌کارگیری فناوری‌های نوین می‌توان به‌طور قابل‌توجهی عملکرد غلات را افزایش داد. در آبخیز شازند، عملکرد غلات حدود ۲/۰۴ تن بر هکتار برآورد شده است که نسبت به متوسط ملی ایران وضعیت بهتری دارد. با این وجود، مقایسه این مقدار با بالاترین سطح جهانی نشان می‌دهد که آبخیز شازند هم‌چنان با چالش‌هایی در زمینه بهبود بهره‌وری، بهبود فناوری‌های کشاورزی و مدیریت بهینه منابع آب‌وخاک مواجه است که می‌توان با استفاده بهتر از زمین‌های موجود به کاهش فشار بر منابع طبیعی و احیای

بوم‌سازگان کمک کرد. در این راستا پژوهش Ghaffari و همکاران (۲۰۱۸) در شازند بیان‌گر آن است که با حذف مزارع کوچک و پراکنده و افزایش مقیاس واحدهای بهره‌برداری می‌توان موجب توسعه روستایی و به‌تبع آن توسعه ملی شد.

پهنه‌های آبی باکیفیت و بهداشتی

پهنه‌های آبی باکیفیت و بهداشتی، یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی پایداری محیط‌زیست و سلامت انسانی در چارچوب اهداف توسعه پایدار محسوب می‌شود. در این راستا کمبود منابع آب سالم نه‌تنها بر اقتصاد و سلامت محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد، بلکه بر سلامت انسان نیز تأثیر می‌گذارد، دسترسی به منابع آب سالم یک نیاز اساسی توسعه پایدار است. بنابراین، نظارت و بهبود منابع آب، استفاده پایدار از منابع آب و حفاظت از آن‌ها برای بهبود سلامت محیط‌زیستی و اقتصاد منطقه بسیار مهم است (Sharma *et al.*, 2024). نتایج جهانی نشان می‌دهد که بالاترین مقدار این شاخص معادل ۱۰۰ و پایین‌ترین مقدار آن حدود ۱۳ درصد است که بیان‌گر تفاوت قابل‌توجه میان مناطق مختلف جهان است. در این میان، به دلیل محدودیت داده‌های ملی، امکان مقایسه مستقیم وضعیت ایران در این شاخص وجود ندارد. بررسی‌های انجام‌شده در آبخیز شازند نشان می‌دهد که حدود ۶۵ درصد از پهنه‌های آبی این منطقه از کیفیت و شرایط بهداشتی مطلوب برخوردار هستند. این مقدار بیان‌گر وضعیت نسبتاً مناسب آبخیز شازند در مقایسه با بسیاری از مناطق جهان و فاصله قابل‌قبول آن با حداقل جهانی است. با این حال، فاصله موجود تا سطح ایده‌آل جهانی نشان می‌دهد که هم‌چنان نیاز به اقدامات مدیریتی، کنترلی و برنامه‌ریزی دقیق به منظور بهبود کیفیت منابع آبی وجود دارد. در رابطه با شاخص پهنه‌های آبی باکیفیت و بهداشتی و منابع آلاینده آبخیز شازند می‌توان به فاضلاب‌های روستایی شامل زباله‌ها و فاضلاب‌های خانگی، کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات و وجود سازندهای آهکی در منطقه اشاره کرد که موجب پایین آمدن کیفیت آب‌ها شده است و برای بهبود سطح این شاخص بایستی اقدامات مدیریتی لازم انجام شود (Vaezihir *et al.*, 2017). از آن‌جایی که آلودگی منابع آب یکی از مسائل مهمی است که بر آبخیزها تأثیر منفی می‌گذارد؛ لذا مداخلات هدف‌مند برای کاهش آلودگی، مانند اجرای بهترین شیوه‌های مدیریتی[1] و تقویت چارچوب‌های نظارتی، برای کاهش این اثرات و حفاظت از منابع آب ضروری است (Li *et al.*, 2024).

سطح تنش کشاورزی کشت آبی

شاخص سطح تنش کشاورزی آبی، معیاری کلیدی برای سنجش پایداری بهره‌برداری از منابع آب در بخش کشاورزی است و تحت تأثیر اقلیم، الگوی کشت، روش‌های آبیاری و مدیریت منابع آب قرار دارد (FAO، 2018). این شاخص به‌طور مستقیم میزان فشار واردشده بر منابع آب تجدیدپذیر را منعکس می‌کند (UN-Water, 2016). ماهیت شاخص سطح تنش کشاورزی آبی به‌گونه‌ای است که افزایش آن در هر منطقه‌ای به‌عنوان نشانه‌ای از ناپایداری بهره‌برداری از منابع آب تلقی می‌شود. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، تداوم برداشت بیش از ظرفیت منابع آب تجدیدپذیر می‌تواند به تضعیف امنیت معیشتی، کاهش تاب‌آوری کشاورزی و تشدید ناپایداری حوزه‌های آبخیز منجر شود (Falkenmark & Rockstrom, 2006). در سطح جهانی، بالاترین سطح تنش کشاورزی کشت آبی، ۴۲ درصد و پایین‌ترین مقدار آن صفر گزارش شده است (Lafortune, 2018). مقدار این شاخص در آبخیز شازند برابر با چهار درصد برآورد شده است که نشان‌دهنده پایین بودن تنش آبی کشاورزی است. این مقدار به مراتب پایین‌تر از استاندارد جهانی (۲۱ درصد) و هم‌چنین کم‌تر از مقدار

[1] Best Management Practices (BMPs)

گزارش‌شده برای ایران (۱۰ درصد) است. برخلاف متوسط کشور، در آبخیز شازند نتایج حاکی ازآن است که برداشت آب برای کشاورزی در این حوزه آبخیز متناسب با ظرفیت منابع آب تجدیدپذیر بوده و فشار قابل‌توجهی بر منابع آب وارد نشده است. هم‌چنین این عملکرد مطلوب را می‌توان نتیجه مجموعه‌ای از عوامل مدیریتی و طبیعی دانست. به‌عبارت‌دیگر این رویکرد در آبخیز شازند به‌طور نسبی محقق شده و زمینه‌ساز پایداری این شاخص بوده است. اگرچه حفظ وضعیت مطلوب فعلی در آبخیز شازند مستلزم تداوم مدیریت یکپارچه خاک‌وآب، افزایش نفوذ مؤثر بارش، کاهش تبخیروتعرق در چارچوب برنامه‌های توسعه کشاورزی و آبخیزداری است. چنین رویکردی می‌تواند تضمین‌کننده پایداری بلندمدت منابع آب و تداوم عملکرد مطلوب این شاخص در آبخیز شازند باشد.

مشارکت جوامع محلی در بهبود مدیریت آب

این شاخص توسعه پایدار، میزان وجود و کارایی سیاست‌ها و سازوکارهای مشارکت جوامع محلی در مدیریت منابع آب را ارزیابی می‌کند و به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی مدیریت یکپارچه منابع آب شناخته می‌شود (UN-Water, 2016). در این راستا فراهم آوردن زیرساخت‌های لازم برای این مهم بایستی به‌عنوان ارکان اصلی برنامه‌ریزی‌های مدیریتی حوزه آبخیز در نظر گرفته شود که این امر نیز جز با مشارکت و هماهنگی همه ارگان‌ها، سازمان‌ها، گرودارن و بهره‌برداران منابع آب میسر نخواهد شد (Cleaver & Hamada, 2010). لذا مشارکت مؤثر جوامع محلی می‌تواند از طریق افزایش پذیرش اجتماعی، بهبود انطباق‌پذیری تصمیمات مدیریتی و بهبود بهره‌وری استفاده از منابع آب، نقش مهمی در پایداری بلندمدت سامانه‌های آبی ایفا کند (Reed, 2008). براساس نتایج این پژوهش، مقدار شاخص مشارکت جوامع محلی در بهبود مدیریت آب در ایران نامشخص و در آبخیز شازند برابر با ۴۲ درصد برآورد شده است. این مقدار اگرچه بالاتر از حداقل جهانی (صفر) قرار دارد، اما هم‌چنان پایین‌تر از استاندارد جهانی (۶۰ درصد) است در حالی‌که چنین وضعیتی نشان می‌دهد که علی‌رغم وجود برخی ظرفیت‌های نهادی یا محلی، مشارکت جوامع محلی در فرآیندهای تصمیم‌گیری و اجرای سیاست‌های مدیریت آب در حد متوسط بوده است. در این راستا گسترش رویکرد مدیریت مشارکتی[1] در کلیه ابعاد مرتبط با منابع آب می‌تواند شرایط کنونی را بهبود و شرایط مطلوب آینده را تا حدودی تضمین کند (Nugroho *et al.*, 2023). بهبود عملکرد این شاخص در آبخیز شازند مستلزم تقویت حکمرانی مشارکتی، ایجاد سازوکارهای نهادی پایدار برای حضور مؤثر جوامع محلی و بهبود ظرفیت‌های اجتماعی و نهادی در سطح محلی است. تجربه‌های موفق جهانی نشان می‌دهد که ادغام دانش بومی، مشارکت فعال گروداران و تفویض اختیار به سطوح محلی می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آب و افزایش تاب‌آوری سامانه‌های اجتماعی–محیط‌زیستی منجر شود. بنابراین، بهبود مشارکت جوامع محلی می‌تواند به‌عنوان یکی از راهبردهای کلیدی برای بهبود عملکرد این شاخص و حرکت به‌سوی مدیریت پایدار منابع آب در آبخیز شازند تلقی شود.

جمعیت برخوردار از سوخت‌های پاک و فناوری برای پخت‌وپز

اتکای خانوارها به سوخت‌های پاک، علاوه بر کاهش آلودگی هوای داخل منازل و پیامدهای بهداشتی، می‌تواند فشار بر منابع طبیعی، به‌ویژه پوشش گیاهی و خاک را کاهش داده و به پایداری بوم‌سازگان کمک کند (Ibe *et al.*, 2026). از سوی دیگر گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند اثرات محیط‌زیستی استفاده از سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد و نگرانی‌هایی مانند آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی را برطرف کند (Raza & Lin, 2022). بر اساس نتایج این پژوهش، مقدار این

[1] Co-Management

شاخص در آبخیز شازند ۹۲/۳ درصد برآورد شده است که بیان‌گر وضعیت نسبتاً مطلوب در دسترسی به سوخت‌ها و فناوری‌های پاک برای پخت‌وپز است. این مقدار اگرچه اندکی پایین‌تر از مقدار گزارش‌شده برای کل کشور (۹۶/۴ درصد) است، اما هم‌چنان فاصله قابل‌توجهی با کرانه پایین بهینه جهانی (۸۵ درصد) داشته و نشان‌دهنده جایگاه مناسب آبخیز شازند از منظر فقر انرژی خانگی است. چنین وضعیتی حاکی از آن است که بخش عمده جمعیت این حوزه آبخیز از وابستگی به سوخت‌های جامد سنتی، مانند هیزم و زی‌توده خام فاصله گرفته‌اند. از این منظر، وضعیت مطلوب این شاخص در آبخیز شازند می‌تواند به‌عنوان یک عامل تقویت‌کننده پایداری بوم‌سازگان و کاهش فشار غیرمستقیم بر منابع آب‌وخاک تلقی شود. هم‌چنین، دسترسی گسترده به انرژی پاک معمولاً با بهبود شاخص‌های رفاه، کاهش نابرابری انرژی و افزایش تاب‌آوری معیشتی خانوارها همراه است (UNDP, 2019). با این حال، اختلاف مشاهده‌شده میان مقدار شاخص در آبخیز شازند و میانگین ملی نشان می‌دهد که هنوز بخشی از جمعیت، به‌ویژه در سکونت‌گاه‌های پراکنده یا مناطق با دسترسی محدود به زیرساخت‌های انرژی، ممکن است به‌طور کامل از مزایای فناوری‌های پاک بهره‌مند نشده باشند. در صورت تداوم این وضعیت، این گروه‌ها می‌توانند به کانون‌های بالقوه فشار بر منابع طبیعی محلی تبدیل شوند. بنابراین، تداوم و هدف‌مندسازی سیاست‌های توسعه انرژی پاک، به‌ویژه در مقیاس محلی، برای حفظ و بهبود این شاخص ضروری است. هم‌چنین برای دستیابی به اهداف تعیین‌شده و هم‌ترازی بیش‌تر با میانگین ملی، لازم است سیاست‌های توسعه انرژی پاک با تمرکز بر گروه‌های باقی‌مانده و مناطق کم‌تر برخوردار ادامه یابد. در مجموع، بهبود و تثبیت عملکرد این شاخص می‌تواند به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های حمایتی مهم در مسیر توسعه پایدار و مدیریت یکپارچه آبخیز شازند تلقی شود.

اختلالات در خدمات اساسی منتسب به بلایا

پیش‌بینی تغییرات آب‌وهوایی نشان می‌دهد که فراوانی و شدت بسیاری از انواع بلایای طبیعی احتمالاً در دهه‌های آینده بیش‌تر خواهد شد. در باب این روندها درک این موضوع برای سیاست‌گذاران بسیار مهم است. درواقع سیاست‌گذاران باید پیش‌بینی کنند که بلایای طبیعی چگونه بر زیرساخت‌ها اثرگذار است (Balist *et al.*, 2026). هم‌چنین بلایای طبیعی می‌تواند موجب خسارت‌های زیادی به زیرساخت‌ها، اموال و صنایع کشورها شود که کاهش تولید را در پی دارد (Idroes *et al.*, 2023). نتایج جهانی نشان می‌دهد که بهترین وضعیت این شاخص صفر و بدترین مقدار آن ۱۰۰ درصد است، عدد آن در ایران نامشخص و در آبخیز شازند شش درصد را به خود اختصاص داده است. با توجه به نتایج این پژوهش، این شاخص با امتیاز ۹۴ درصد، عملکرد بالایی را در میان سایر شاخص‌ها داشته است. در این راستا لایروبی رودخانه‌ها برای سامان‌دهی سیلاب به‌طبع موجب کاهش خسارت‌های ناشی از زیان اقتصادی بلایا می‌شود که در این پژوهش این اقدامات باعث افزایش عملکرد این شاخص شده است. در این راستا Summers و همکاران (۲۰۱۷) یک مدل مفهومی جدید تاب‌آوری در مقابل حوادث اقلیمی در مقیاس فضایی ملی، منطقه‌ای، ایالتی و بخشی برای رویارویی با رویدادهای ناشی از اقلیم ازجمله سیلاب‌های شدید، خشک‌سالی و حوادث مشابه مانند آتش‌سوزی و سیل ارائه کرده‌اند. Liu و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند که تغییرات اقلیمی به‌ویژه خشکسالی، سیل و فعالیت‌های انسانی، به ترتیب اثرات منفی و مثبتی بر حوزه آبخیز داشته‌اند و دلایل اصلی کاهش و افزایش تاب‌آوری بوده‌اند؛ از سوی دیگر، تحت اختلالات شدید اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، تاب‌آوری حوزه آبخیز در طول فصول خشک و مرطوب تغییرات قابل‌توجهی در کل منطقه را نشان داد.

سرانه فضای سبز

اهمیت و نقش فضای سبز و تأثیرات آن بر محیط فیزیکی و طبیعی آن انکارناپذیر است؛ تا آن‌جا که کاربری فضای سبز و سرانه آن یکی از مباحث اساسی در برنامه‌ریزی توسعه پایدار تلقی می‌شود (Hashemi & Rostami, 2024). از عملکردهای محیط‌زیستی فضاهای سبز می‌توان به کاهش دمای محیط، تولید اکسیژن، کاهش آلودگی و معتدل کردن هوا اشاره کرد که مهم‌ترین عملکرد فضای سبز، کارکرد محیط‌زیستی آن‌هاست و با آثار سوء گسترش صنعت و کاربرد نادرست فن‌آوری مقابله نموده و سبب افزایش کیفیت زیستی می‌شود (Chen *et al.*, 2025b; Hassan *et al.*, 2025). لذا تبدیل بخشی از فضاهای باز به فضای سبز نیز می‌تواند برای کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی تأثیرگذار باشد (Sahebi *et al.*, 2022). با توجه به نتایج این پژوهش، سرانه فضای سبز در کشور (۱۲ مترمربع به ازای هر نفر) و در آبخیز شازند (۱۶ مترمربع به ازای هر نفر) است؛ با این حال از مقدار استاندارد جهانی (۲۰/۵ مترمربع به ازای هر نفر) پایین‌تر هستند و در حوزه آبخیز موردمطالعه عملکرد ۳۷/۱۴ درصد را به خود اختصاص داده است. در این راستا در آبخیز شازند و اکثر مناطقی که با رشد جمعیت و گسترش پدیده شهرنشینی مواجه هستند، فضای سبز اولین کاربری مستعد برای هرگونه تغییر و نابودی است. رشد سریع جمعیت به‌ویژه جمعیت شهری، مهاجرت گسترده از روستا به شهر، گسترش بی‌رویه شهر و تبدیل باغات و اراضی کشاورزی به بافت‌های شهری و تغییر کاربری اراضی با کاربری فضای سبز از یک‌سو و عدم‌توانایی متولیان از سوی دیگر را می‌توان از مهم‌ترین دلایل کمبود فضای سبز دانست. هم‌چنین توزیع نامناسب و بی‌قاعده و مکان‌یابی غیراصولی و کارشناسی نشده کاربری‌های فضای سبز از دیگر علل عدم کفایت این کاربری‌هاست (Daz *et al.*, 2023). تراکم بیش از حد جمعیت در شهرها و دخالت انسان در محیط طبیعی و ایجاد محیط‌های انسان‌ساخت، نیازهای محیط‌زیستی، جسمی و روحی انسان را بیش از پیش تحت‌فشار قرار داده و از آن‌جایی که فضاهای سبز به عنوان ریه‌های تنفسی نقش بسیار مهم و به‌سزایی در تلطیف هوا و کاهش انواع مختلف آلودگی‌ها و رفع نیازهای انسانی دارد، می‌بایست این نوع کاربری‌ها در سطح منطقه شناسایی شده و تدابیر لازم جهت جلوگیری از تخریب آن‌ها تحت عناوین مختلف در نظر گرفته شود (Ghanbari *et al.*, 2025).

مصرف نیتروژن وارداتی

استفاده طولانی‌مدت و مداوم از کودهای شیمیایی می‌تواند به تخریب ساختمان خاک، افزایش هزینه‌های تولید، کاهش پتانسیل بهره‌وری و بروز پیامدهای نامطلوب محیط‌زیستی منجر شود. از سوی دیگر، افزایش آگاهی عمومی به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته، نسبت به مصرف غذای سالم و عاری از نهاده‌های شیمیایی، اهمیت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن‌ها با نهاده‌های طبیعی و درون مزرعه‌ای را دو چندان کرده است (Drechsel *et al.*, 2025)، برهمین‌اساس پایداری بخش کشاورزی در کلیه برنامه‌های توسعه کشور از اولویت ویژه‌ای برخوردار بوده و به عنوان محور و اساس توسعه اقتصادی کشور محسوب می‌شود. با توجه به نتایج این پژوهش اگرچه مقدار عددی این شاخص در ایران (۲۷ کیلوگرم به ازای هر نفر جمعیت) و آبخیز شازند (۲۱ کیلوگرم به ازای هر نفر جمعیت) است اما از استاندارد جهانی (پنج کیلوگرم به ازای هر نفر جمعیت) فاصله زیادی داشته و نشان از مصرف بالای کود و سموم کشاورزی است. یکی از مواردی که در اکثر مطالعات مربوط به پایداری کشاورزی تأکید شده، لزوم کاهش استفاده از نهاده‌های بیرونی و شیمیایی است (Vatsa *et al.*, 2024; Shao *et al.*, 2025). زیرا استفاده از نهاده‌های شیمیایی و به‌خصوص کودهای شیمیایی با از بین بردن سلامت خاک، پایداری کشت محصولات زراعی و باغی را به شدت تهدید کرده و علاوه بر ایجاد معضلاتی برای سلامتی افراد جامعه، عملکرد محصولات کشاورزی را در بلندمدت کاهش می‌دهد (Zulfiqar & Thapa, 2017). بنابراین، توجه به تبعات محیط‌زیستی استفاده از نهاده‌های شیمیایی برای محصولات عمده کشاورزی حائز اهمیت است.

مرگ‌ومیرها و مفقودین متأثر از بحران‌ها

بلایای طبیعی هر ساله موجب خسارات مالی و تلفات جانی زیادی در کشور می‌شود و اثرات زیان‌باری بر توسعه پایدار حوزه آبخیز می‌گذارد. از سوی دیگر با توجه به تغییرات انسانی صورت گرفته، شرایط برای رخداد سیل در اکثر حوزه‌های آبخیز کشور بالا رفته است (Sadeghi *et al.*, 2022). با توجه به نتایج این پژوهش مقدار عددی این شاخص در ایران (۰/۱۵ به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت) و در آبخیز شازند (صفر به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت) است و هر دو مقیاس از استاندارد جهانی (۳ به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت) پایین‌تر هستند و شرایط وضعیتی مطلوب در این شاخص را نشان می‌دهند؛ در این راستا با توجه به شرایط خاص و وقوع سیلاب‌های اخیر در آبخیز شازند اقدامات پیشگیرانه و موضوع مقابله با سیلاب به‌عنوان دستور کار اصلی در ستاد مدیریت بحران در اولویت قرار گرفته است، از سویی تصمیم‌گیری لازم برای هماهنگی و انسجام دستگاه‌های مسئول با ایجاد سازوکارهایی در زمینه جمع‌آوری آب باران از اقدامات هم‌سو با هدف افزایش سازگاری با اثرات تغییرات اقلیمی در سطح منطقه بوده و موجب افزایش حداکثری عملکرد این شاخص در این حوزه آبخیز شده است. از آن‌جایی‌که تغییرات اقلیمی خطرات قابل‌توجهی بر منابع آب ایجاد می‌کند، برای تداوم این وضعیت در مدیریت جامع حوزه آبخیز بایستی راه‌کارهایی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی در نظر گرفته شود تا تاب‌آوری حوزه‌های آبخیز را افزایش دهد و پایداری منابع آب را تضمین کند. در این راستا آبخیزداری اصولی می‌تواند با کاهش اثرات منفی سیل و خشکسالی، بهبود کیفیت خاک و آب، ایجاد فرصت‌های شغلی جدید، به بهبود شرایط معیشتی روستاییان و تقویت اقتصاد محلی کمک کند (Wang *et al.*, 2024b; Sadeghi *et al.*, 2023).

رخداد بلایای طبیعی

امروزه وقوع حوادث غیرمترقبهٔ طبیعی امری پذیرفته شده در فرایند توسعهٔ جوامع تلقی می‌شود؛ کشورهای پیشرفته برنامه‌های توسعه‌ای خود را با لحاظ احتمال وقوع چنین حوادثی تبیین و طراحی می‌کنند (Balsalobre-Lorente *et al.*, 2023). با توجه به حادثه‌خیز بودن کشور و وقوع مخاطرات محیطی در چند دهه اخیر و امکان رخداد بلایا در آینده، هم‌چنین فقدان یک الگوی کارآمد و استاندارد مدیریتی در راستای کاهش بحران، بررسی میزان رخداد بلایای طبیعی حائز اهمیت است (Rahmati *et al.*, 2025). با توجه به نتایج این پژوهش میزان رخداد بلایای طبیعی در کشور با امتیاز ۱۲ درصد به مقدار استاندارد جهانی ۱۵/۵ درصد نزدیک است و مخاطرات طبیعی با توجه به شرایط محیطی و جغرافیایی کشور منجر به آسیب‌های جدی مالی و تلفات انسانی گسترده‌ای در برخی مناطق شده است. بررسی داده‌ها در آبخیز شازند نشان داد که میزان رخداد بلایا پایین و برابر چهار درصد است. در این راستا با توجه به این‌که آبخیز موردمطالعه در محدوده کم‌خطر از لحاظ وقوع بلایای طبیعی قرار دارد، با این حال اقداماتی در راستای کاهش مخاطرات ازجمله طرح‌های بازآفرینی شهری و احیاء بافت‌های فرسوده انجام گرفته است، به‌طوری‌که برای اکثر شهرهای استان مرکزی ازجمله شازند تدوین طرح به‌سازی و نوسازی بافت فرسوده و شناسایی محدوده بافت فرسوده انجام شده است (Ahmadi & Mehrjou, 2020). هم‌چنین برای بهبود وضعیت بعد وقوع بحران و با توجه به این‌که در نگرش‌های جاری و حاکم بر مدیریت بحران عمدتاً بر مدیریت انفعالی بحران و یا کاهش آسیب‌پذیری زیرساختی اهمیت داده می‌شود و حال آن‌که تقویت زمینه‌های اجتماعی می‌تواند نقش بسیار مؤثری بر میزان تاب‌آوری سکونت‌گاه‌های انسانی در برابر مخاطرات بحران‌زا داشته باشد (Mohammadi Ostadkelayeh *et al.*, 2022). با توجه به این موضوع که تاب‌آوری امری آموختنی و اکتسابی است، لازم است برنامه‌ریزان و

سازمان‌های مرتبط ضمن توجه به این موضوع، تمهیداتی برای تاب‌آور شدن افراد نیز در نظر گیرند.

میانگین غلظت گازهای آلاینده هوا

مشکلات محیط‌زیستی یکی از اساسی‌ترین مسائل منطقه و حاصل تعارض و تقابل آن‌ها با محیط طبیعی است؛ چرا که توسعه ناگزیر با تسلط ساختمان‌ها، صنایع، حمل‌ونقل و فعالیت‌های اقتصادی بر فضاهای طبیعی همراه است و این تسلط به مرور زمان به شکل چیرگی بر طبیعت تغییریافته است و زمینه‌ساز آلودگی‌های محیط‌زیستی گسترده می‌شود (Degirmenci *et al.*, 2025). با توجه به نتایج این پژوهش آبخیز شازند از لحاظ این شاخص با مقدار (۱۹۹ میکرومول بر مترمربع) به مقدار استاندارد جهانی (۲۱۸ میکرومول بر مترمربع) نزدیک و دارای شرایط رو به افول است که بیش‌تر به دلیل وجود صنایع مختلف و آلودگی‌های محیط‌زیستی ناشی از آن است. از دیگر پژوهش‌ها در راستای تأیید نتایج اثر منفی توسعه صنایع در آبخیز شازند می‌توان به Sadeghi و همکاران (۲۰۱۸)؛ Sadeghi و همکاران (۲۰۱۹ الف) و Hazbavi و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد. از سوی دیگر نتایج نشان داد که با افزایش غلظت این گازها، این شاخص به حداکثر مقدار خود رسیده و آبخیز از لحاظ این شاخص به سمت شرایط رو به افول می‌رود. این امر نشان‌دهنده تأثیر مستقیم فعالیت‌های انسانی از قبیل احداث پتروشیمی و نیروگاه‌ها بر کیفیت هوا در منطقه است (Gao *et al.*, 2025; Ngamlana *et al.*, 2025). در این راستا مشکلات بهداشتی درمانی موجود در روستاها به‌واسطه فعالیت‌های صنایع و نزدیکی به شهر موجب می‌شود که بهداشت و درمان در این روستاها در معرض خطرات بالقوه قرار داشته باشند (Khorasani & Akbarian, 2021). میزان این شاخص در کشور با مقدار (۳۱۸ میکرومول برمترمربع) بالاتر از آبخیز موردمطالعه است؛ در این راستا صنایعی ازجمله پالایش نفت و پتروشیمی منابع قابل‌توجهی از آلودگی هوا هستند که انواع آلاینده‌های مضر برای سلامتی جمعیت‌های اطراف منتشر می‌کنند؛ ساکنانی که در نزدیکی این مراکز زندگی می‌کنند، با خطرات بالایی مربوط به سرطان خون، سرطان ریه و لوزالمعده، بیماری‌های تنفسی غیربدخیم و بیماری مزمن کلیه مواجه هستند (Tavella *et al.*, 2025)؛ راهکارهایی ازجمله ادغام فناوری‌های پاک‌تر در جهت کاهش انتشار گازهای مضر، تقویت چارچوب‌های سیاستی، تأکید بر محدودیت‌های سخت‌گیرانه انتشار گازهای آلاینده، نظارت مستمر و اجرای مقررات و پیشبرد پژوهش‌ها در مورد پیامدهای بهداشتی برای بهبود وضعیت محیط‌زیستی کشور حائز اهمیت است. هم‌چنین با توجه به موارد مذکور، تلاش‌های هماهنگ جهانی برای همسو کردن تکامل صنعت با اهداف جهانی توسعه پایدار و راهبردهای مدیریتی برای محافظت از سلامت جوامع آسیب‌پذیر ضرورت می‌یابد.

مناطق حفاظت‌شده گیاهی و جانوری

مناطق حفاظت‌شده نه‌تنها موجب تضمین بقای گونه‌های گیاهی و جانوری منحصربه‌فرد منطقه می‌شوند، بلکه به حفظ تعادل بوم‌سازگان نیز کمک می‌کنند. از سویی عدم توجه به این شاخص موجب کاهش تنوع زیستی، از بین رفتن گونه‌های جانوری و گیاهی و آسیب‌های جدی به منطقه می‌شود؛ ازاین‌رو ارائه راهبردهای مدیریتی جامع برای مقابله با این تهدیدات و حفاظت از بوم‌سازگان ضروری است (Bigdeli & Dashti, 2025). با توجه به نتایج این پژوهش، مناطق حفاظت‌شده در کشور (۴۳/۵ درصد) و در آبخیز شازند (۱۱/۹ درصد) است؛ با این حال از مقدار استاندارد جهانی (۸۵ درصد) فاصله قابل‌توجهی دارند. براین اساس مناطق حفاظت‌شده در سطح کشور به نسبت آبخیز شازند بالاتر بوده است و می‌توان با الگو قرار دادن آبخیزهای مشابه دارای عملکرد بهتر و استفاده از رویکردهای انجام گرفته در آن‌ها، وضعیت آبخیز شازند را نسبت به وضعیت کنونی بهبود بخشید. این شاخص با عملکرد ۱۲ درصد در آبخیز شازند دارای عملکرد ضعیفی بوده و تاثیر منفی زیادی را بر عملکرد هدف حفاظت از بوم‌سازگان توسعه پایدار گذاشته است. با توجه به نتایج

Sadeghi و همکاران (۲۰۱۹ ب) وضعیت سلامت آبخیز شازند در دوره‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸ و ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۸ به دلیل تأثیر صنعتی‌شدن و توسعه شهری حدود چهار درصد کاهش داشته است؛ هم‌چنین وضعیت سلامت در سایر دوره‌های مطالعاتی بهبود معنی‌داری نداشته است که یکی از دلایل آن عدم حفاظت از بوم‌سازگان بوده است که تاثیر زیادی بر محیط‌زیست گذاشته است. هم‌چنین Bahlekeh و Sadeghi (۲۰۲۵) نیز در پژوهش خود بیان داشتند، زیرآبخیزهای هم‌جوار با مناطق حفاظت‌شده به دلیل پایین بودن سطح فعالیت‌های انسانی، دارای عملکرد بهتری از لحاظ بوم‌شناختی بوده‌اند. طبق پژوهش Alipbeki و همکاران (۲۰۲۵) نیز زیرآبخیزهای هم‌جوار با مناطق حفاظت‌شده، سطح بالاتری از سلامت بوم‌سازگان را نسبت به سایر بخش‌ها به خود اختصاص داده بودند که این پژوهش‌ها اهمیت توجه به این شاخص را نشان می‌دهند.

شاخص پوشش سبز کوهستان

اهمیت اطلاع از تغییر سطح زمین در پایش و نظارت بر منابع محلی، منطقه‌ای و جهانی به‌طور مداوم بیش‌تر می‌شود (Rumpf *et al.*, 2025). برخی از پدیده‌ها و عوارض سطح زمین نظیر پوشش گیاهی، به دلایل مختلف در اثر عوامل طبیعی و انسانی به مرور زمان دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد بوم‌سازگان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک بوم‌سازگان از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Mohammadi *et al.*, 2019). نتایج ارزیابی این شاخص نشان داد که شاخص پوشش سبز کوهستان در کشور (۳۴/۳۰ درصد)، در آبخیز شازند (۱۸ درصد) و نزدیک به پایین‌ترین حد جهانی (۱۷ درصد) است و جزو شاخص‌ها با عملکرد پایین محسوب می‌شود؛ بنابراین بایستی اقدامات جدی در راستای بهبود شرایط این حوزه آبخیز انجام گیرد. Jalili و Jamzad (۱۹۹۹) نیز به حفاظت از رویش‌گاه‌های مرتفع کوهستانی این منطقه به عنوان ذخیره‌گاه‌های تنوع زیستی تأکید داشتند. در این راستا عوامل مختلفی در تغییر مساحت پوشش گیاهی یک منطقه نقش دارند که شامل استفاده از چوب درختان جنگل برای سوخت، فشار دام بر مراتع، آتش‌سوزی جنگل‌ها و خشکسالی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت است که همه این عوامل باعث کاهش مساحت و از بین رفتن پوشش گیاهی می‌شوند و بررسی هر یک از این موارد کلیدی در جهت بهبود وضعیت منطقه ضرورت دارد (Chen *et al.*, 2025a). به‌طور کلی می‌توان گفت که آشکارسازی شرایط منطقه می‌تواند در مدیریت منطقه توسط سازمان‌های تابع ازجمله منابع طبیعی، جهادکشاورزی، محیط‌زیست و تشکل‌های مردمی در راستای جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی مؤثر باشد.

میزان شکار غیرقانونی

روند روبه‌رشد تجارت غیرقانونی حیات‌وحش در سطح بین‌المللی باعث شده تا صاحب‌نظران با تخصص‌های مختلف به این موضوع بپردازند و سعی در ارائه رهیافت‌هایی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت آن داشته باشند. اگرچه بودجه‌های مقابله با جرایم محیط‌زیستی در ایران به طور شفاف و عمومی منتشر نمی‌شوند. با این حال بخش کوچکی از بودجه اختصاص داده شده برای مقابله با تجارت غیرقانونی حیات‌وحش در سطح جهانی به این بخش اختصاص داده شده است (World Bank, 2016). با توجه به ارزیابی این شاخص مشخص شد که در آبخیز شازند میزان شکار غیرقانونی به مقدار ۱۰ درصد است و فاصله قابل‌توجهی از استاندارد جهانی (۳۲/۵ درصد) دارد و عملکرد بالایی را به خود اختصاص داده است اما عددی برای ایران در رابطه با این شاخص گزارش نشده است. برای تداوم و بهبود شرایط Leverington و همکاران (۲۰۱۰)؛ Challender و همکاران (۲۰۱۵)؛ Hauenstein و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند عدم کفایت منابع مالی و انسانی، حکمرانی ضعیف، فساد و عدم تعریف سازوکارهای نظارتی اثربخش، باعث شده حتی در سطح شبکه مناطق تحت

حفاظت نیز تجارت غیرقانونی و قاچاق گسترده حیات وحش بحران‌آفرین شود. هم‌چنین پژوهش‌های Naidoo و همکاران (۲۰۱۶)؛ Rubino و همکاران (۲۰۱۸)؛ Di Minin و همکاران (۲۰۲۲) حاکی از آن است جوامع محلی باید در منافع ناشی از حفاظت و حراست از حیات وحش ازجمله درآمدهای حاصل از صدور جواز شکار، حضور و تفرج طبیعت‌گران سهیم شوند تا در سطوح خرد و میانی مدیریت مشارکتی تنوع زیستی شکل گیرد و در سطوح کلان حکمرانی خوبی رقم بخورد. در این راستا پژوهش Troster و Hiete (۲۰۱۸) مدعی است برای اجرای مقررات تجارت حیات‌وحش، شناسایی محصولات غیرقانونی حیات‌وحش در حین حرکت در زنجیره تجارت ضروری است و به شناسایی عوامل، مسیرها و گرودارن محلی و فرامحلی غیرقانونی کمک می‌کند. برای بهبود شرایط پایش مستمر اثربخشی این اقدامات با هدف ارائه راهبردهای اصلاحی، لازم‌الاجراست.

همکاری آبخیزنشینان در فعالیت‌ها و سیاست‌های دولتی

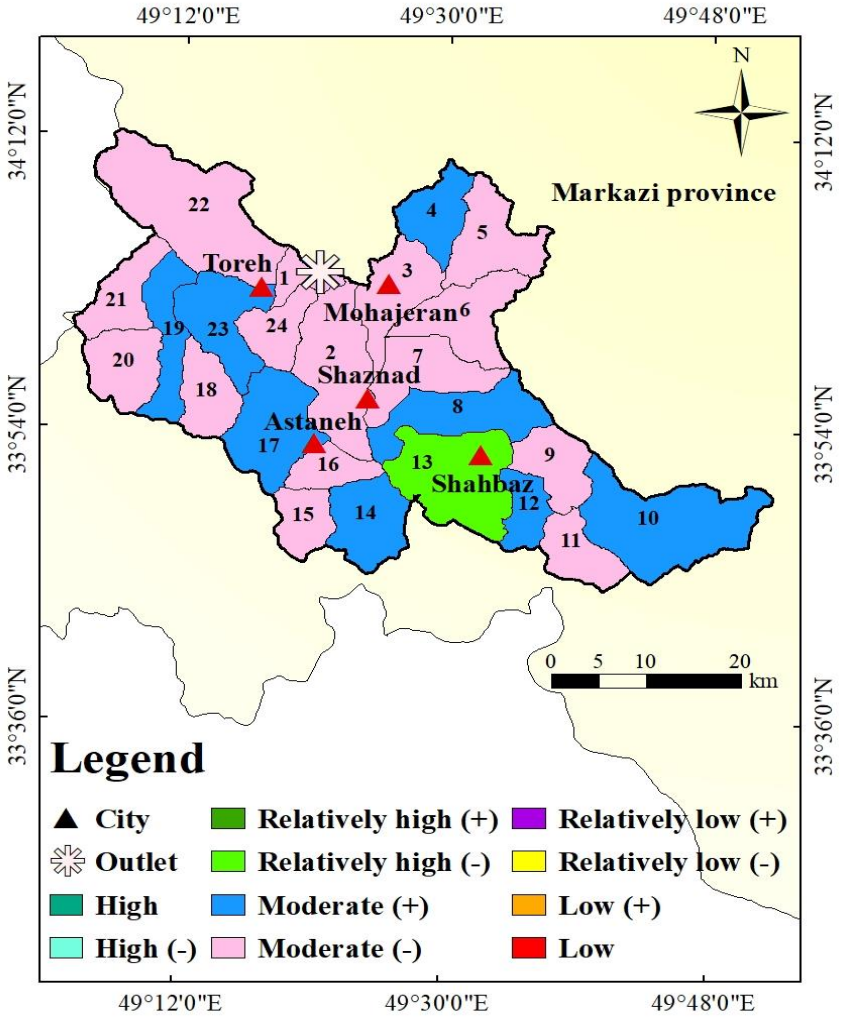
توسعه نامتوازن با شرایط طبیعی و شتاب دستگاه‌های اجرایی برای تأمین اهداف سازمانی و منافع اقتصادی کوتاه‌مدت و هم‌چنین اجرای سیاست‌های بخشی‌نگر، فشار بر انواع منابع طبیعی تجدیدشونده را به حدی زیاد نموده که از دامنه بردباری آن تجاوز کرده و زمینه‌های سیر قهقرایی آن را به‌وجود آورده است، تا جایی که در بعضی موارد، بازیابی و بازسازی آن‌ها بسیار دشوار و گاه امکان‌ناپذیر شده است (Saberifar, 2025). میزان همکاری آبخیزنشینان در فعالیت‌ها و سیاست‌های دولتی در کشور نامشخص و در آبخیز شازند ۴۰ درصد برآورد شده است که از استانداردهای جهانی (۷۰ درصد) فاصله زیادی داشته و بایستی راهبردهای اساسی در این زمینه انجام گیرد. زیرا مشارکت جوامع محلی، نهادهای دولتی و گرودارن در برنامه‌ریزی و اجرای روش‌های مدیریت حوزه آبخیز برای تضمین موفقیت و پایداری تلاش‌ها ضروری است، روش‌های مشارکتی به ایجاد توافق، حل تعارضات و بهره‌گیری از دانش و منابع محلی کمک می‌کنند. هم‌چنین مدیریت جامع حوزه آبخیز نیازمند تعادل بین اهداف مختلفی مانند مشارکت همگانی در جهت کمینه‌سازی تأثیرات محیط‌زیستی، بیشینه‌سازی منابع اقتصادی و تضمین عدالت اجتماعی است؛ این امر مستلزم استفاده از ابزارها و مدل‌های تصمیم‌گیری است تا با بهبود اهداف جهانی توسعه پایدار هم‌سو باشد (Sadeghi *et al.*, 2024a).

با توجه به این‌که برای هر یک از شاخص‌های موردسنجش شرایط ایران نیز مدنظر قرار گرفته شده است و آبخیز شازند در برخی شاخص‌ها دارای عملکردهای ضعیفی نسبت به عملکرد ایران داشته است؛ با شناسایی این شاخص‌ها و الگو قرار دادن آبخیزهای موفق در این زمینه می‌توان از راهکارها و اقدامات اجرایی انجام گرفته در آبخیزهای مشابه برای افزایش عملکرد این آبخیز در راستای اهداف توسعه پایدار استفاده نمود. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، به‌طور میانگین آبخیز شازند مبتنی بر شاخص‌های موردبررسی دارای عملکرد ۴۹ درصد بوده و دارای عملکرد متوسط با گرایش منفی و روبه افول است، برای بهبود وضعیت آبخیز بایستی اقدامات مدیریتی لازم صورت گیرد؛ زیرا با تخریب بیش‌تر آبخیزها برگشت به حالت قبل به مراتب دشوارتر و هم‌چنین هزینه‌های لازم برای بازیابی بوم‌سازگان مسلماً افزایش می‌یابد.

نتایج پهنه‌بندی شاخص‌های حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار

نتایج پراکنش مکانی حاصل از ارزیابی شاخص‌ها در شکل ۳ ارائه شده است. با توجه به شکل ۳، آبخیز مطالعاتی از لحاظ ارزیابی شاخص‌ها به سه طبقه، متوسط با گرایش مثبت در زیرآبخیزهای ۴، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۷، ۱۹ و ۲۳، نسبتاً بالا با گرایش منفی در زیرآبخیز ۱۳ و در سایر زیرآبخیزها متوسط با گرایش منفی بوده است. از سویی دیگر گسترش صنعت در منطقه به لحاظ شرایط معیشتی افراد ساکن آبخیز نه‌تنها تأثیر مثبت نداشته است بلکه با گذشت زمان با افزایش نارضایتی به لحاظ گسترش انواع بیماری‌ها، آسیب‌های محیط‌زیستی، عدم استفاده از

نیروهای جوان بومی در واحدهای صنعتی، ایجاد آلودگی‌های صنعتی و تأثیر منفی بر اراضی کشاورزی شده است (Farzi *et al.*, 2023).



شکل ۳- پراکنش مکانی شاخص‌های حفاظت از بوم‌سازگان در آبخیز شازند، استان مرکزی

Figure 3- Spatial distribution of ecosystem conservation indicators in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran

طبق پژوهش Fu و همکاران (۲۰۲۴) و Wang و همکاران (۲۰۲۴ ب) نیز شدت فعالیت‌های انسانی تأثیر منفی بر عوامل محیط‌زیستی گذاشته است. پهنه‌بندی صورت گرفته نشان داد که آبخیز شازند با برخورداری از شرایط نامطلوب‌تر در زیرآبخیزهای مرکزی در مجموع در شرایط متوسط رو به افول قرار دارد. عوامل کلیدی مؤثر بر این تغییرات شامل فعالیت‌های گسترده صنعتی مانند پالایشگاه‌ها و کارخانه‌های پتروشیمی و افزایش عملیات معدنی است که اثرات منفی خود را بر بوم‌سازگان منطقه گذاشته است (Nasiri *et al.*, 2025; Silabi *et al.*, 2025).

طبق نتایج، زیرآبخیزها با عملکرد پایین بایستی در رأس اقدامات مدیریتی در راستای حفاظت از بوم‌سازگان قرار گیرند. از همین‌رو باید به این نکته توجه داشت که در فرآیند طراحی و اجرای برنامه‌های توسعه‌ای و مدیریتی در زیرآبخیزهای مذکور، بایستی

توجه ویژه‌ای به حفظ و بهبود بوم‌سازگان‌ها معطوف شود، به‌ویژه زمانی که این مناطق در شرایط بحرانی یا کمینه از نظر عملکرد بوم‌شناختی قرار دارند. به‌طور کلی نتایج پهنه‌بندی نشان داد که زیرآبخیزهای واقع در جنوب به‌ویژه زیرآبخیز ۱۳ با عملکرد نسبتاً بالا، شرایط به نسبت بهتری نسبت به سایر زیرآبخیزها داشته است، پایین بودن سطح فعالیت‌های انسانی و هم‌جواری این زیرآبخیز با منطقه حفاظت‌شده رویشگاه‌های طبیعی بلوط را می‌توان از دلایل آن برشمرد. در این راستا صنعتی شدن و توسعه شهری به میزان زیادی عملکرد زیرآبخیزها را کاهش داده است. بنابراین نظارت دقیق بر فعالیت‌های انسانی و پرهیز از مداخلات نامناسب یا ناآگاهانه اهمیت مضاعفی دارد. هرگونه اقدام اشتباه می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری بر وضعیت این مناطق داشته باشد و وضعیت آن را به سطوح بحرانی‌تر کاهش دهد. بنابراین، تدوین و اجرای برنامه‌های مدیریتی بایستی مبتنی بر داده‌های علمی و ارزیابی دقیق باشد تا از آسیب‌های بیش‌تر جلوگیری و مسیر بازیابی و احیای بوم‌سازگان فراهم شود.

نتیجه‌گیری

برای جلوگیری از تخریب بیش‌تر منابع، تمام افراد در ابعاد جهانی، ملی و به‌ویژه در سطح محلی باید این واقعیت مهم را دریابند که پیشرفت و توسعه، لازم است روندی پایدار داشته باشد. دستیابی به این مهم مستلزم شناخت و درک محدودیت‌های موجود است. در این راستا آبخیزها، سامانه‌های طبیعی هستند که به افزایش عوامل تهدیدکننده خارجی پاسخ‌های مختلفی از خود نشان می‌دهند. افزایش عوامل تهدیدکننده به‌خصوص عوامل انسانی در حدی خارج از توان طبیعی آبخیز می‌تواند سبب از دست‌دادن عملکرد آبخیزها شود و برای پیشگیری از آن، سنجش عوامل مؤثر بر آبخیز ضروری است. هم‌چنین حوزه‌های آبخیز کشور به دلیل وابستگی فضایی-زیرساختی با منابع طبیعی از امکانات، محدودیت‌ها، فرصت‌ها و چالش‌های متعددی برخوردار هستند که نیازمند مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز کشور است. بااین‌حال در مدیریت آبخیزها ارتباط چندانی بین برنامه‌ریزی صحیح، کاهش و مدیریت خطر، سازوکارهای حاکمیت و نگرانی‌های محیط‌زیستی برقرار نیست. به‌عبارت‌دیگر نبود یک برنامه‌ریزی درست و منطقی، حوزه‌های آبخیز کشور را در آینده‌ای نه‌چندان دور به آبخیزهایی تبدیل خواهد کرد که حتی زیستن در آن دچار مشکل خواهد بود.

استفاده از استانداردهای جهانی برای شناخت بیش‌تر توانایی‌ها و کاستی‌های حوزه آبخیز به‌عنوان جز اصلی بوم‌سازگان حائز اهمیت است. از سویی دیگر استفاده از روش استانداردهای جهانی شناسایی عوامل مختلف مؤثر در جهت بهبود وضعیت آبخیزهای کشور و در راستای دستیابی به اهداف جهانی توسعه پایدار را میسر می‌سازد. هم‌چنین این پژوهش گامی مهم به سوی درک عمیق‌تر رابطه‌های بین جنبه‌های مختلف توسعه در کوتاه‌مدت و بلندمدت است و مبنایی علمی برای فرآیندهای تصمیم‌گیری آگاهانه فراهم می‌کند که از توسعه پایدار پشتیبانی می‌کند. به‌طورکلی به‌کارگیری این الگو می‌تواند موجب به‌هم‌پیوستگی و انسجام سازمانی، هماهنگی نهادهای تصمیم‌گیر، سازگاری آبخیزنشینان با تغییرات محیطی، مشارکت گسترده گرواران و در نهایت دستیابی به وضعیت بهتر حوزه‌های آبخیز شود. هم‌چنین با ارزیابی شاخص‌های توسعه پایدار می‌توان میزان پیشرفت و تأثیر طرح‌ها و پروژه‌های توسعه را در رسیدن به اهداف ارزیابی نمود. دستیابی به وضعیت قابل‌قبولی از فرآیند رشد، توسعه در جوامع انسانی نیازمند مهیا نمودن زمینه‌های برنامه‌ریزی بر پایه شناسایی محیط و بهره‌گیری از قابلیت‌های موجود در منطقه است. هم‌چنین شناخت، بررسی و تحلیل توانمندی‌های انسانی و طبیعی موجود می‌تواند به‌عنوان زیربنا و اصلی مهم مطرح شود. در این راستا با توجه به رشد بالای صنعت و آلودگی‌های ناشی از آن در منطقه، با در نظر گرفتن توانمندی‌های منطقه می‌توان از طریق تنوع بخشیدن به فعالیت‌های کشاورزی و مدرنیزه کردن آن گامی مهم در بهبود اهداف توسعه پایدار برداشت. هم‌چنین در این راهبرد،

با برقراری پیوند میان کشاورزی و صنعت، زمینه برای خروج از کشاورزی سنتی و کم‌بهره‌ور و نیز شکل‌گیری صنعت کشاورزی فراهم می‌شود. با توجه به قابلیت‌ها و ظرفیت‌های طبیعی منطقه در زمینه کشاورزی، سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های این بخش به‌منظور تثبیت فرصت‌های شغلی موجود و نیز افزایش بهره‌وری عامل کار ضروری است. به‌این‌منظور پیشنهاد می‌شود افزایش سهم بخش کشاورزی از اعتبارات سرمایه‌ای در بودجهٔ عمومی صورت گیرد. هم‌چنین، افزایش سهم بخش کشاورزی از تسهیلات بانکی و نیز هدایت منابع بانکی به تجهیز و نوسازی بنگاه‌های بخش کشاورزی می‌تواند نقش مؤثری در زمینهٔ افزایش بهره‌وری و اشتغال در این بخش ایفا کند. از آن‌جایی که این پژوهش روندهای ناشی از تغییرات اقلیمی و سیاستی در طول زمان را منعکس نمی‌کند لذا روند تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن بر عملکرد دستیابی به اهداف توسعه پایدار را می‌توان در مطالعات تکمیلی بررسی کرد تا خطرات احتمالی در برنامه‌ریزی آبخیز کاهش یابد. از سایر محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به حذف برخی معیارها به دلیل عدم همکاری برخی سازمان‌ها و عدم دسترسی به داده‌های موجود، ناقص بودن برخی داده‌ها به دلیل مقیاس مطالعاتی (زیرآبخیز) و عدم وجود یک سامانه آماری منسجم در کشور برای پژوهش‌های دانشگاهی اشاره کرد. در راستای تقویت شاخص‌های اهداف جهانی توسعه پایدار در کشور انجام مطالعات مقایسه‌ای با سایر آبخیزهای مشابه و ارائه بهترین شیوه‌های مدیریتی پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله حاضر بر خود لازم دانسته از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی، سازمان جهادکشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، اداره کل حفاظت محیط‌زیست و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان مرکزی در راستای همکاری و مساعدت در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی کنند

Reference

Ahmadi, H., & Mehrjou, M. (2020). Comparative study of the traditional urbanism with the modern One (case study of the new city of Mohajeran and Shazand city). *Urban Planning Knowledge*, 3(4), 33-52. https://doi.org/10.22124/upk.2020.15101.1342 (In Persian)

Alipbeki, O., Grossul, P., Rakhimov, D., Kupidura, P., Alipbekova, C., Musaif, G., Turekeldiyeva, R., Augambaev, K., & Begaliyeva, M. (2025). Ecosystem health assessment of the Zerendy District, Kazakhstan. *Sustainability*, 17(1), 277. https://doi.org/10.3390/su17010277

Antwi-Agyei, P., Dougill, A.J., Fraser, E.D., & Stringer, L.C. (2013). Characterising the nature of household vulnerability to climate variability: Empirical evidence from two regions of Ghana. *Environment, Development and Sustainability*, 15, 903-926. https://doi.org/10.1007/s10668-012-9418-9

Arabi, R., Mirakzadeh, A.A., & Rostami, F. (2024). An analysis of factors affecting the growth of investment in Kermanshah Township's agricultural sector Abstract. *Agricultural Economics and Development Research*, 55(1), 39-56. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2023.350900.669190 (In Persian)

Bahlekeh, M., & Sadeghi, S.H.R. (2025). Viability assessment of the Shazand Watershed in Markazi Province, Iran, using some hydroclimatic factors. *Integrated Watershed Management*, 5(3), 17-35. https://doi.org/10.22034/iwm.2025.2047457.1192 (In Persian)

Bahlekeh, M., & Sadeghi, S.H.R. (2026). A novel watershed viability assessment grounded in global sustainable development goals. *Environmental and Sustainability Indicators*, 101057. https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.101057

Balist, J., Malekmohammadi, B., & Soltani, S. (2026). Climate change impacts on water resources: Modeling and adaptive

management strategies in the Sirvan Watershed-Iran. *In Planning and Management for Sustainable Water Resources and Infrastructure under Climate Change*, 141-164. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-33687-4.00014-9

Balsalobre-Lorente, D., Abbas, J., He, C., Pilař, L., & Shah, S.A.R. (2023). Tourism, urbanization and natural resources rents matter for environmental sustainability: The leading role of AI and ICT on sustainable development goals in the digital era. *Resources Policy*, 82, 103445. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103445

Bigdeli, M., & Dashti, S. (2025). Application of the DPSIR conceptual model in the analysis of the environmental situation and vulnerability assessment in Karkheh National park and protected area. *Natural Environment*, 77(4), 717-730. http//doi.org/10.22059/jne.2025.388957.2755 (In Persian)

Butchart, S.H.M., Akçakaya, H.R., Chanson, J., Baillie, J.E.M., Collen, B., Quader, S., Turner, W.R., Amin, R., Stuart, S.N., & Hilton-Taylor, C. (2007). Improvements to the Red List Index. *Plos One*, 2(1), e140. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000140

Challender, D.W., Harrop, S.R., & MacMillan, D.C. (2015). Understanding markets to conserve trade-threatened species in CITES. *Biological Conservation*, 187, 249-259. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.04.015

Chamani, R., Sadeghi, S.H., Zare, S., Shekohideh, H., Mumzaei, A., Amini, H., Hemmati, L., & Zarei, R. (2024). Flood-oriented watershed health and ecological security conceptual modeling using pressure, state, and response (PSR) approach for the Sharghonj Watershed, South Khorasan Province, Iran. *Natural Resource Modeling*, 37(1), e12385. https://doi.org/10.1111/nrm.12385

Chen, D., Fei, X., Li, J., Wang, Z., Gao, Y., Shen, X., & He, D. (2025a). Refined classification of mountainous vegetation based on multi-source and multi-temporal high-resolution images. *Forests*, 16(4), 707. https://doi.org/10.3390/f16040707

Chen, S., Cui, C., Dong, J., Qu, A., & Shao, C. (2026). Implementation of the sustainable development goals in urban agglomeration: Progress and synergies. *Environmental Impact Assessment Review*, 116, 108102. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2025.108102

Chen, Y., La Rosa, D., & Yue, W. (2025b). Does urban sprawl lessen green space exposure? Evidence from Chinese Cities. *Landscape and Urban Planning*, 257, 105319. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2025.105319

Cleaver, F., Hamada, K. (2010). 'Good' water governance and gender equity: A troubled relationship. *Genderand Development*, 18(1), 27-41. https://doi.org/10.1080/13552071003599996

Dai, Z.Z., Chang, S., Zhao, G.R., Duan, J.J., Liang, H.Y., Zhu, Z.Y., Liu, S.L., Feng, Y.Z., & Wang, X. (2025). Unlocking China's grain yield potential: Harnessing technological and spatial synergies in diverse cropping systems. *Agricultural Systems*, 226, 104308. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2025.104308

Davudirad, A.A., Sadeghi, S.H.R., & Sadoddin, A. (2016). The impact of development plans on hydrological changes in the Shazand Watershed, Iran. *Land Degradation and Development*, 27(4), 1236–1244. https://doi.org/10.1002/ldr.2523

Daz, S., Gaffari Ghilandeh, A., & Azizi, A. (2023). Analyzing the changes in urban green space of Gorgan City-Iran during 1987–2014. *Urban Ecology Researches*, 14 (31), 51-66. https://doi.org/10.30473/grup.2020.39884.2150 (In Persian)

Degirmenci, T., Erdem, A., & Aydin, M. (2025). The nexus of industrial employment, financial development, urbanization, and human capital in promoting environmental sustainability in E7 economies. *Sustainable Development and World Ecology*, 32(2), 242-258. https://doi.org/10.1080/13504509.2024.2426184

Di Minin, E., Selier, J., Louis, M., & Bradshaw, C.J. (2022). Dismantling the poachernomics of the illegal wildlife trade. *Biological Conservation*, 265, 109418. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109418

Drechsel, P., Madhuwanthi, P., Nisansala, D., Ramamoorthi, D., & Bandara, T. (2025). On the feasibility of an agricultural revolution: Sri Lanka's ban of chemical fertilizers in 2021. *Food Security*, 1-18. https://doi.org/10.1007/s12571-025-01528-6

Ehsani Kolikand, S., Nazari, B., Hadi, R.E., &

Sotoodehnia, A. (2023). Optimization cropping patterns in agriculture wells with monthly and yearly water volume restrictions (Case Study: Qazvin Plain). *Water Management in Agriculture*, 9(2), 31-44. (In Persian)

EPI (2022). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

Etikan, I., Musa, S.A., & Alkassim, R.S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1-4. https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11

Faiz, A., Faiz, A., Wang, W., & Bennett, C. (2012). Sustainable rural roads for livelihoods and livability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 53, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.854

Falkenmark, M., & Rockström, J. (2006). The new blue and green water paradigm. *Water Resources Planning and Management*, 132(3), 129–132. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:3(129)

FAO (2018). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division

FAO (2023). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

FAO (2024). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

FAO (2025). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

Farzi, P., Sadeghi, S.H., & Jomehpour, M. (2023). Spatial and temporal zoning of watershed resilience using a multidimensional composition approach. *Natural Resource Modeling*, 36(2), 12362. https://doi.org/10.1111/nrm.12362

Frank, P., Sundermann, A., & Fischer, D. (2019). How mindfulness training cultivates introspection and competence development for sustainable consumption. *Sustainability in Higher Education*, 20(6), 1002-1021. https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2018-0239

Fu, F., Jia, X., Zhao, Q., Tian, F., Wei, D., Zhao, Y., Zhang, Y., Zhang, J., Hu, X., & Yang, L. (2024). Predicting land use change around railway stations: An enhanced CA-Markov model. *Sustainable Cities and Society*, 101, 105138. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105138

Gao, X., An, C., Yan, Y., Ji, Y., Wei, W., Xue, L., Gao, R., Shang, F., Li, J., Tan, L., & Li, H. (2025). Impacts of NO2 on urban air quality and causes of its high ambient levels: Insights from a relatively long-term data analysis in a typical Petrochemical City in the Bohai Bay Region, China. *Toxics*, 13(3), 208. https://doi.org/10.3390/toxics13030208

Jozi, A., Safa, L., & Salahi-Moghaddam, N. (2020). Modeling factors affecting food security of rural households in Zanjan City. *Agricultural Extension and Education Research*, 13(4), 31-52 (In Persian)

Ghaffari, H., Younessi, A., & Abedini, A. (2018). The role of land consolidation on the agricultural sector productivity; Case Study of Shazand City. *Economic Growth and Development Research*, 6(23), 54-37. (In Persian)

Ghanbari, A., Hadi, S.A., & Valizadeh Kamran, Kh. (2025). Geospatial innovations in urban green space management in Baghdad: A smart city perspective. *Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 5 (16), 30-48. http//doi.org/10.22034/rsgi.2025.66958.1135 (In Persian)

Hajarian, A. (2025). Analysis of the fundamental foundations of sustainable agricultural development with thematic analysis approach. *Rural Research*, 16(2), 47-65. http//doi.org/10.22059/jrur.2024.374056.1926 (In Persian)

Hashemi, N., & Rostami, M. (2024). Assessment and site selection of space of green urban case study: Zone 3 of Kermanshah. *Studies of Human Settlements Planning*, 18(4), 155-170. (In Persian).

Hassan, Y.N., Zhen, S., Sharbazhery, A.O., Du, C., & Jombach, S. (2025). Evaluating urban green space accessibility and per capita distribution in Erbil and

Sulaymaniyah, Kurdistan Region of Iraq. In Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning, University of Massachusetts Amherst Libraries, 8(1). https://doi.org/10.7275/fabos.2421

Hauenstein, S., Kshatriya, M., Blanc, J., Dormann, C.F., & Beale, C.M. (2019). African elephant poaching rates correlate with local poverty, national corruption and global ivory price. Nat. *Commun*. 10, 2242. https://doi.org/10.1038/s41467-019-09993-2

Hazbavi, Z., Keesstra, S.D., Nunes, J.P., Jantiene, B., Gholamalifard, & M., Sadeghi, S.H.R. (2018). Health comparative comprehensive assessment of watersheds with different climates. *Ecological Indicators*, 93, 781-790. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.078

Ibe, K.K., Amachawadi, R.G., Lacasa, J., & Kollur, S.P. (2026). Modelling clean cooking use in India: Transition trends and estimates for sustainable development. *Sustainable Futures*, 11, 101614. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.101614

Idroes, G., Hardi, I., Nasir, M., Gunawan, E., Maulidar, P., & Maulana, A.R.R. (2023). Natural disasters and economic growth in Indonesia. *Ekonomikalia Journal of Economics*, 1, 33-39. https://doi.org/10.60084/eje.v1i1.55

Islam, M.M., & Al Mamun, M.A. (2020). Beyond the risks to food availability–linking climatic hazard vulnerability with the food access of Delta-Dwelling Households. *Food Security*, 12, 37-58. https://doi.org/10.1007/s12571-019-00995-y

IUCN (2023). SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

IUCN (2024). SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

Jalili, A., & Jamzad, Z. (1999*). Red data book of Iran.* Research Institute of Forests & Rangelands (RIFR), Tehran, Iran. 748 p.

Karami, A., Ahmadvand, M., & Alipanahiyan, F. (2025). Socio-economic and environmental impacts assessment of the watershed plan of the Imamzadeh Jafar plain in the Gachsaran County. *Watershed Management Research*, 38(2), 20-37 https://doi.org/10.22092/wmrj.2025.363070.1594 (In Persian)

Khorami, S., Raheli, H., Nikravesh, S., & Abdpour, A. (2023). Designing a sustainable marketing model for the development of sustainable agriculture in the country using the qualitative method. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(4), 317-335. https://doi.org/10.22034/saps.2022.48730.2762 . (In Persian)

Khorasani, M.A., & Akbarian, R.S.R. (2021). Assessment of livability in peri urban villages case study: The Central District of Shiraz County. *Regional Planning*, 10(40), 133-146. (In Persian)

Lafortune, G., Fuller, G., Moreno, J., Schmidt-Traub, G., & Kroll, C. (2018). SDG index and dashboards detailed methodological paper. *Sustainable Development Solutions Network*, 9, 1-56.

Lavhengwa, V.L., Mathaba, T., Nkomo, W., & Ramabodu, M.S. (2025). Maintenance and management of water infrastructure: A case study of Midvaal Local Municipality. *Seybold Report*, 20(1), 187-200. https://doi.org/10.5281/zenodo.14631790

Leverington, F., Costa, K.L., Pavese, H., Lisle, A., & Hockings, M. (2010). A global analysis of protected area management effectiveness. *Environmental Management*, 46(5), 685- 698. https://doi.org/10.1007/s00267-010-9564-5

Li, S., Liu, C., Ge, C., Yang, J., Liang, Z., Li, X., & Cao, X. (2024). Ecosystem health assessment using PSR model and obstacle factor diagnosis for Haizhou Bay, China. *Ocean and Coastal Management*, 250, 107024. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107024

Lindell, M.K., & Brandt, C.J. (1999). Assessing interrater agreement on the job relevance of a test: A comparison of CVI, T, rWG (J)}, and r* WG (J)} indexes. *Applied Psychology*, 84(4), 640. https://doi.org/10.1037/0021-9010.84.4.640

Liu, C., Chai, Y., Zhu, B., Yang, Y., Deng, J., & Hu, Y. (2021). River regulation and resilience: An approach for the Yangtze Watershed. *Water Supply*, 21(4), 1817–1833. https://doi.org/10.2166/ws.2021.035

López, M.C., Muñoz-Rojas, M., Zabalza-Martínez, J., Lasanta, T., & Nadal-Romero, E. (2026). Post-abandonment

management strategies influence future soil organic carbon storage and water resources. *EnvironmentalManagemen*t, 39 8, 128534. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128534

Mohammadi Ostadkelayeh, A., Toomaj, A., Mehrabi Nia, F., & Bahlake, M. (2022). Investigating the relationship between spatial resilience and individual resilience of areas subject to resettlement plan (case study of Northeastern Flooded Areas of Golestan Province). *Geography and Environmental Hazards*, 11(2), 127-142. https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73350.1128 (In Persian)

Mohammadi, A., Ghazavi, R., Mirzaei, R., & Naseri, H. (2019). Investigation of the vegetation cover pattern change using MODIS images and its relation with rainfall distribution. *Range and Watershed Managment*, 72(3), 843-852. https://doi.org/10.22059/jrwm.2019.280679.1381 (In Persian)

Mousavi, S.K., Tabesh, M., Lahijanian, A., Jozi, S.A., & Mirfakhradini, S.H. (2021). Establishment and selection of strategy for improve resilience of Yazd Ardakan plain water resources. *Geographic Space*, 21(73), 103-120. (In Persian)

Naidoo, R., Weaver, L.C., Diggle, R.W., Matongo, G., Stuart-Hill, G., & Thouless, C. (2016). Complementary benefits of tourism and hunting to communal conservancies in Namibia. *Conservation Biology*, 30(3), 628-638. https://doi.org/10.1111/cobi.12643

Naseer, M.M., Hunjra, A.I., Palma, A., & Bagh, T. (2025). Sustainable development goals and environmental performance: Exploring the contribution of governance, energy, and growth. *Business and Finance*, 73, 102646. https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102646

Nasiri, Z., Sadeghi, S.H.R., & Moosavi, V. (2025). Coupling multi-coordination degree among land-use/land-cover, ecosystem service value, and socio-economic status in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran. *Environment, Development and Sustainability*. 1-33.

Ngamlana, N.B., Malherbe, W., Gericke, G., & Coetzer, R.L.J. (2025). The effect of coal-fired power plants on ambient air quality in Mpumalanga Province, South Africa, 2014–2018. *Environmental Health Research*, 35(1), 220-232. https://doi.org/10.1080/09603123.2024.2350600

Nic Lughadha, E., Bachman, S.P., Leão, T.C.C., Forest, F., Halley, J.M., & Moat, J. (2020). Extinction risk and threats to plants and fungi. *Plants, People, Planet*, 2(5), 389–408. https://doi.org/10.1002/ppp3.10146

Nugroho, H.Y.S.H., Sallata, M.K., Allo, M.K., Wahyuningrum, N., Supangat, A.B., Setiawan, O., Njurumana, G.N., Isnan, W., Auliyani, D., Ansari, F., & Hanindityasari, L. (2023). Incorporating traditional knowledge into science-based sociotechnical measures in Upper Watershed management: Theoretical framework, existing practices and the way forward. *Sustainability*, 15(4), 3502. https://doi.org/10.3390/su15043502

OECD (2017). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1*.

OECD (2020). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1*. United Nations Statistics Division.

Pang, J., Liu, X., & Huang, Q. (2020). A new quality evaluation system of soil and water conservation for sustainable agricultural development. *Agricultural Water Management*, 240, 106235. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106235

Piramoon, A., Homayoun, S.B., & Ghanian, M. (2024). Prioritization of strategies for the development of sustainable agricultural in Khuzestan Province: Application of analytical network process. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*. 20(2), 95-111. https://doi.org/10.22034/iaeej.2025.470232.1812 (In Persian)

Radimer, K.L., Olson, C.M., Greene, J.C., Campbell, C.C., & Andhabicht, J.P. (1992). Understanding hunger and developing indicators to assess it in women and children. *Nutrition Education*, 24, 36-44. https://doi.org/10.1016/S0022-3182(12)80137-3

Rahimi Haghighi, A., Ghanbari, S.A., & Asgharipour, M.R. (2022). Assessing the sustainability of ecosystems in the Khosrow-Shirin-Abadeh Watershed. *Arid Biome*, 12(1), 121-140 (In Persian)

Rahmati, O., Soleimanpour, S.M., & Ghermezcheshmeh, B. (2025). Developing a framework for assessing watershed vulnerability to flooding. *Watershed Engineering and Management*, 17(2), 203-220. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2024.366400.2072 (In Persian)

Raza, M.Y., & Lin, B. (2022). Analysis of Pakistan's electricity generation and CO2 emissions: Based on decomposition and decoupling approach. *Cleaner Production*, 359, 132074. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132074

Reed, M.S. (2008). Stakeholder participation for environmental management. *Biological Conservation*, 141(10), 2417–2431. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014

Riahi, M.R., Sadeghi, S.H., Mirnia, S.K., & Sadoddin, A. (2024). Coincidence of sustainable development indicators for the Nekarood Watershed with the United Nation's sustainable development goals. *Science of The Total Environment*, 917, 170177. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170177

Roy, A., Moradkhani, H., Mekonnen, M., Moftakhari, H., & Magliocca, N. (2024). Towards strategic interventions for global food security in 2050. *Science of the Total Environment*, 912, 168742. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176811

Rubino, E.C., Pienaar, E.F., & Soto, J.R. (2018). Structuring legal trade in rhino horn to incentivize the participation of South African private landowners. *Ecological Economics*, 154, 306-316. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.08.012

Rumpf, S.B., Buri, A., Grand, S., Randin, C.F., Tesson, S., Cianfrani, C., & Guisan, A. (2025). Independent trends of mountain vegetation and soil properties over 40 years of environmental change. *Vegetation Science*, 36(1), e70006. https://doi.org/10.1111/jvs.70006

Saberifar, R. (2025). The impact of demographic, economic and environmental urbanization on water, food and energy systems in Iran. *Development of Geographical Environment*, 7(12), 14-27. https://doi.org/10.48308/sdge.2024.236330.1202 (In Persian).

Sadeghi, S.H., Davudirad, A., Sadoddin, A., & Paimozd, S. (2018). Trend of changes in land degradation index in Shazand Watershed, Markazi Province. *Management and Engineering Watershed*, 9(4), 383-397. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2017.113459 (In Persian)

Sadeghi, S.H., Hasanpour, F., Payfeshoordeh, A., Tavakoli, F., Esmail Zadeh, F., Abdulbaghi, F., Rashidi, N., Mousavian, S., Beigi, H., Bahlekeh, M., & Chamani, R. (2024a). Position of the Fakhran Watershed in Iran's South Khorasan Province in the watershed management ladder. *Integrated Watershed Management*, 4(2), 1-19. https://doi.org/10.22034/iwm.2024.2019702.1122 (In Persian)

Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., & Gholamalifard, M. (2019a). Zonation of health dynamism for the Shazand Watershed based on low and high flow discharges. *Watershed Engineering and Management*, 11(3), 589-608. (In Persian)

Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z., & Gholamalifard, M. (2019b). Interactive impacts of climatic, hydrologic and anthropogenic activities on watershed health. *Science of the Total Environment*, 648, 880-893. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.004

Sadeghi, S.H.R., Rashidi, N., Abdolbaghi, F., Mousavian, S., Bahlekeh, M., Kalehhouie, M., & Zabihi Silabi, M. (2024b). Nature-based management of soil erosion in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran. *Water and Soil Conservation*, 31(4), 1-34. https://doi.org/10.22069/jwsc.2025.22558.3737 (In Persian)

Sadeghi, S.H.R., Tavoosi, M., Zare, S., Beiranvandi, V., Shekohideh, H., Akbari Emamzadeh, F., Bahlekeh, M., Khorshid Sokhangoy, F., & Chamani, R. (2022). Evaluation and variability of flood-oriented health of Shiraz Darwazeh Quran Watershed from watershed management structures. *Water and Soil*, 36(5), 561-577. https://doi.org/10.22067/jsw.2022.78150.1190 (In Persian)

Sahebi, M., Farahani, M., & Motahari, S. (2022). The structural modeling of the factors affecting urban livability of Kermanshah Metropolis. *Geography and Environmental Sustainability*, 12(3), 75-90. https://doi.org/10.22126/GES.2022.7623.

2518 (In Persian)

Shao, Y., Zhu, L., & Jia, W. (2025). Contiguous planting on fragmented cultivated land and reduction of chemical pesticides and chemical fertilizers: Evidence from rice farmer in China. *Environmental Management*, 374, 124062. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124062

Sharafi, S. (2023). Evaluating probability of agricultural drought risk using diffusion theory (Case Study: Shazand, Khomein, and Saveh Plains). *Ecohydrology*, 10(3), 301-319. http//doi.org/10.22059/ije.2023.364593.1757 (In Persian)

Sharma, K., Rajan, S., & Nayak, S.K. (2024). Water pollution: Primary sources and associated human health hazards with special emphasis on rural areas. *In Water Resources Management for Rural Development*, 3-14. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18778-0.00014-3

Silabi, M., Sadeghi, S.H., & Vafakhah, M. (2025). Soil erosion elasticity initiative for prioritizing sub-watersheds. *International Soil and Water Conservation Research*, 13(2), 277-289. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2024.12.001

Summers, J.K., Smith, L.M., Harwell, L.C., & Buck, K.D., (2017). Conceptualizing holistic community resilience to climate events: Foundation for a climate resilience screening index. *GeoHealth*, 1(4), 151–164. https://doi.org/10.1002/2016GH000047

Talampas, S.I., Shrestha, S., Mohanasundaram, S., & Loc, H.H. (2025). Development of a watershed health assessment framework integrating ecological, social, cultural, economic and policy attributes. *River Basin Management*, 23(1), 55-69. https://doi.org/10.1080/15715124.2023.2242830

Tavella, R.A., Da Silva Júnior, F.M.R., Santos, M.A., Miraglia, S.G.E.K., & Pereira Filho, R.D. (2025). A Review of air pollution from petroleum refining and petrochemical industrial complexes: Sources, key pollutants, health impacts, and challenges. *ChemEngineering*, 9(1), 13. https://doi.org/10.3390/chemengineering9010013

Troster, R., & Hiete, M. (2018). Success of voluntary sustainability certification schemes–A comprehensive review. *Cleaner Production*, 196, 1034-1043. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.240

UN Climate Change (2021). SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

UNCCD (2024). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

UNDP (2019). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

UNDRR (2024). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

UNEP (2017). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1.* United Nations

UNEP (2024). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1.* United Nations

UNESCO (2023). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1.* United Nations.

UN-Habitat (2021). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division

UNIDO (2025). *SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division.

UNISDR (2024). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1.*

UNODC (2024). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1.* United Nations.

UN-Water (2016). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template* - format version 1.1.

Vaezihir, A., Qobadian. S., Golmohamadi, A. (2017). The study of oil-contamination groundwater due to Shazand Refinery. *Environmental Science and Technology*, 22(6): 49-59. https://doi.org/10.22034/jest.2018.17977.2693 (In Persian)

Vatsa, P., Zheng, H., & Ma, W. (2024). A sustainable approach to improving agrifood production: getting the balance right between organic soil amendments

and chemical fertilizers. *China Agricultural Economic Review*, 16(4), 646-663. https://doi.org/10.1108/CAER-08-2023-0208

Wang, L., Huang, L., Cao, W., Zhai, J., & Fan, J. (2024a). Assessing grassland cultural ecosystem services supply and demand for promoting the sustainable realization of grassland cultural values. *Science of The Total Environment*, 912, 169255. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169255

Wang, Y., Shi, F., Yao, P., Sheng, Y., & Zhao, C. (2024b). Assessing the evolution and attribution of watershed resilience in Arid Inland River Basins, Northwest China. *Science of The Total Environment*, 906, 167534. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167534

WHO (2017). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1*.

WHO (2025). *SDG indicator metadata, harmonized metadata template - format version 1.1*. United Nations Statistics Division

World Bank (2016*). SDG indicator metadata, harmonized metadata* template - format version 1.1. United Nations Statistics Division

Yamini, V., Singh, K., Antar, M., & El Sabagh, A. (2025). Sustainable cereal production through integrated crop management: A global review of current practices and future prospects. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1428687. https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1428687

Zhu, T., Ringler, C., & Rosegrant, M.W. (2019). Viewing agricultural water management through a systems analysis lens. *Water Resources Research*, 55(3), 1778-1791. https://doi.org/10.1029/2017WR021007

Zulfiqar, F., & Thapa, G.B. (2017). Agricultural sustainability assessment at provincial level in Pakistan. *Land Use Policy*, 68 (1), 492–50. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.016

پیوست

جدول پیوست ۱- شاخص‌های حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار و روش محاسبه آن‌ها در آبخیز شازند، استان مرکزی

Table S1- Sustainable Development Goals ecosystem conservation indicators and their calculation method in Shazand Watershed, Markazi Province, Iran

هدف	کد شاخص	شاخص	شرح، شیوه برآورد و مرجع مورداستفاده
دسترسی به غذای ایمن، مغذی و کافی	۲-۱-۲	شیوع ناامنی غذایی ناشی از اقتصاد (درصد)	میزان دسترسی مردم به غذای کافی در تمام اوقات (FAO[1]، ۲۰۲۴).
کشاورزی پایدار	۲-۴-۱	نسبت مناطق کشاورزی مولد و پایدار (درصد)	ایجاد شرایط مناسب شامل افزایش بهره‌وری محصول، سلامت خاک، استفاده از آب متنوع در آبیاری، مدیریت خطر استفاده از کود و سم، حمایت از تنوع زیستی، افزایش اشتغال مناسب، ایجاد امنیت غذایی و تضمین مالکیت زمین (FAO، ۲۰۲۴).
	۲-۴-۲	تعداد چاه‌های کشاورزی (تعداد)	تعداد چاه‌های کشاورزی در منطقه (FAO، ۲۰۲۴).
حفظ تنوع ژنتیکی	۲-۵-۱ (الف)	منابع ژنتیکی گیاهی برای غذا و کشاورزی و ذخیره شده در محل (تعداد)**	تعداد کل پیوست‌های منحصربه‌فرد منابع ژنتیکی گیاهی در تأسیسات حفاظتی ایمن (FAO، ۲۰۲۴).
	۲-۵-۲	نسبت نژادهای محلی گیاهی در معرض خطر انقراض (درصد)	داده‌های مرتبط موجود در ذخیره‌گاه اطلاعات گیاهی (FAO، ۲۰۲۵).

[1] Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO)

هدف	کد شاخص	شاخص	شرح، شیوه برآورد و مرجع مورداستفاده
سرمایه‌گذاری در کشاورزی	۲-الف-۱	جهت‌گیری کشاورزی (درصد)*	نسبت بین سهم دولت از هزینه‌های بخش کشاورزی به سهم ارزش افزوده کشاورزی از تولید ناخالص داخلی (FAO، ۲۰۲۴).
	۲-الف-۲	سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی (درصد)*	نسبت میزان سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی به سایر مشاغل (OECD[1]، ۲۰۱۷).

ادامه جدول پیوست ۱- شاخص‌های حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار و روش محاسبه آن‌ها در آبخیز شازند، استان مرکزی

Table S1 Continued- Sustainable Development Goals ecosystem conservation indicators and their calculation method in Shazand Watershed, Markazi Province, Iran

هدف	کد شاخص	شاخص	شرح، شیوه برآورد و مرجع مورداستفاده
عملکرد بازارهای کشاورزی	۲-ب-۱	عملکرد غلات (تن بر هکتار)	عملکرد غلات (ازجمله عدس، برنج، گندم، جو و لوبیا) (FAO، ۲۰۲۴).
کیفیت آب	۶-۳-۲	پهنه‌های آبی باکیفیت و بهداشتی (درصد)	ارزیابی کیفیت آب براساس EC، DO، PH، TDS و آلودگی میکروبی (UNEP[2]، ۲۰۲۴).
بهره‌وری آب	۶-۴-۲	سطح تنش کشاورزی کشت آبی (درصد)	سطح تنش کشاورزی آبی در منطقه (Lafortune و همکاران، ۲۰۱۸).
بازیابی بوم‌سازگان‌ها	۶-۶-۱ (الف)	تغییر وسعت بوم‌سازگان‌های مرتبط با آب در طول زمان (درصد)*	نسبت حجم مفید سد به متوسط حجم آب‌دهی درازمدت سالیانه رودخانه (UNEP، ۲۰۲۴).
	۶-۶-۱ (ب)	شاخص عملکرد محیط‌زیست (EPI)[3] (درصد)*	متوسط درصد تغییرات جمعیت و مساحت زمین‌های کشاورزی (EPI، ۲۰۲۲).
حمایت از فعالیت‌های مرتبط با آب و فاضلاب	۶-الف-۱	میزان کمک‌های رسمی توسعه مرتبط با آب و فاضلاب (ریال)*	کل پرداخت‌های مربوط به آب و فاضلاب از طریق سامانه گزارش‌دهی معتبر (OECD، ۲۰۱۷؛ UNEP، ۲۰۱۷؛ WHO[4]، ۲۰۱۷).
فعالیت‌های مشارکتی	۶-ب-۱	مشارکت جوامع محلی در بهبود مدیریت آب (درصد)	میزان مشارکت مصاحبه‌شوندگان با دولت (لایروبی کانال‌ها و پروژه‌های آبخیزداری)، مشارکت پایین (یک)، متوسط (دو) و بالا (سه) (OECD، ۲۰۱۷).
دسترسی به خدمات انرژی	۷-۱-۲	جمعیت برخوردار از سوخت‌های پاک و فناوری برای پخت‌وپز (درصد)	درصد جمعیت استفاده‌کننده از سوخت‌ها و فناوری‌های آشپزی تمیز (شبکه گازرسانی) برای پخت‌وپز (WHO، ۲۰۲۵).
سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی	۷-الف-۱	حمایت از پژوهش و توسعه انرژی پاک و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (ریال)*	جریان‌های مالی حمایت از پژوهش و توسعه انرژی پاک و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (ریال)
افزایش دسترسی به شرکت‌های کوچک‌مقیاس	۹-۳-۱	نسبت صنایع کوچک در کل ارزش افزوده (درصد)*	نسبت صنایع کوچک در کل ارزش افزوده (UNIDO[5]، ۲۰۲۵).

[1] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)
[2] United Nations Environment Programme (UNEP)
[3] Environmental Performance Index (EPI)
[4] World Health Organization (WHO)
[5] United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)

ادامه جدول پیوست ۱- شاخص‌های حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار و روش محاسبه آن‌ها در آبخیز شازند، استان مرکزی

Table S1 Continued- Sustainable Development Goals ecosystem conservation indicators and their calculation method in Shazand Watershed, Markazi Province, Iran

هدف	کد شاخص	شاخص	شرح، شیوه برآورد و مرجع مورداستفاده
حفاظت از میراث فرهنگی و طبیعی	۱-۴-۱۱	کل هزینه‌های سرانه برای حفظ و حفاظت از کلیه میراث طبیعی (ریال)*	سرانه کل بودجه عمومی میراث (به‌عنوان‌نمونه شامل نقل و انتقالات پرداخت شده اما به استثنای نقل و انتقالات دریافتی) از دولت (مرکزی، منطقه‌ای، محلی) و کل بودجه خصوصی از خانوارها، سایر منابع خصوصی مانند کمک‌های مالی، حمایت‌ها یا منابع بین‌المللی (UNESCO[1]، ۲۰۲۳).
کاهش زیان‌های اقتصادی	۳-۵-۱۱	اختلالات در خدمات اساسی منتسب به بلایا (درصد)	نسبت اختلالات در خدمات اساسی منتسب به بلایا (از بین رفتن واحد مسکونی، از دست دادن زیرساخت) (UNISDR[2]، ۲۰۲۴).
دسترسی همگانی به فضاهای سبز و عمومی	۱-۷-۱۱	سرانه فضای سبز (مترمربع به ازای هر نفر)	سرانه فضای سبز (مترمربع به ازای هر نفر) (UN-Habitat[3]، ۲۰۲۱).
مدیریت مواد شیمیایی و ضایعات	۱-۴-۱۲	مصرف نیتروژن وارداتی (کیلوگرم به ازای هر نفر جمعیت)	میزان مصرف نیتروژن خالص به ازای هر نفر جمعیت (مصرف کود شیمیایی اوره، نیترات آمونیوم و سولفات آمونیم) (UNEP، ۲۰۲۴).
تاب‌آوری در برابر بلایا	۱-۱-۱۳	مرگ‌ومیرها و مفقودین متأثر از بحران‌ها (به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت)	تلفات و مفقودان ناشی از سیل، طوفان، زلزله، دمای شدید، رانش، خشک‌سالی، آتش‌سوزی، آتش‌فشان و حرکت‌های توده‌ای (UNDRR[4]، ۲۰۲۴).
	۳-۱-۱۳	رخداد بلایای طبیعی (درصد)	درصد رخداد بلایای طبیعی (ازجمله سیل، زلزله، خشک‌سالی، طوفان، رخدادهای اقلیمی شدید و آتش‌سوزی) در منطقه (UNDRR، ۲۰۲۴).
ادغام اقدامات سازگاری با تغییرات اقلیمی در سیاست‌ها	۲-۲-۱۳	غلظت گازهای آلاینده هوا (میکرومول بر مترمربع)	میانگین غلظت گازهای آلاینده هوا ازجمله دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد (UN Climate Change، ۲۰۲۱).
بوم‌سازگان‌های زمینی و آب شیرین	۱-۱-۱۵	سطح جنگل (درصد)*	نسبت سطح جنگل به مساحت آبخیز (FAO، ۲۰۲۳).
	۲-۱-۱۵	مناطق حفاظت‌شده گیاهی و جانوری (درصد)	مناطق حفاظت‌شده گیاهی و جانوری برای افزایش تنوع زیستی نسبت به مساحت آبخیز (IUCN[5]، ۲۰۲۴).
احیا زمین و خاک تخریب‌شده	۱-۳-۱۵	اراضی تخریب شده (درصد)*	تجزیه‌وتحلیل تغییرات شاخص‌های ارزیابی محلی از اقلیم، خاک و کاربری اراضی (UNCCD[6]، ۲۰۲۴).

[1] Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)
[2] United Nations Office for Disaster Reduction (UNISDR)
[3] United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat)
[4] United Nations Office for Disaster Reduction (UNDRR)
[5] International Union for Conservation of Nature (IUCN)
[6] United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)

ادامه جدول پیوست ۱- شاخص‌های حفاظت از بوم‌سازگان اهداف توسعه پایدار و روش محاسبه آن‌ها در آبخیز شازند، استان مرکزی

Table S1 Continued- Sustainable Development Goals ecosystem conservation indicators and their calculation method in Shazand Watershed, Markazi Province, Iran

هدف	کد شاخص	شاخص	شرح، شیوه برآورد و مرجع مورداستفاده
حفظ بوم‌سازگان‌های کوهستان	۱۵-۴-۲	شاخص پوشش سبز کوهستان (MGCI)[1] (درصد)	مجموع پوشش درختی، مرتعی، زراعی، درختچه‌ای، بوته‌زار و پوشش گیاهی آبزی نسبت به کل مساحت کوهستان (FAO، ۲۰۲۴).
جلوگیری از انقراض گونه‌های در معرض خطر	۱۵-۵-۱	فهرست قرمز بقای گونه‌ها (درصد)*	شاخص فهرست قرمز در یک نقطه از زمان با ضرب کردن تعداد گونه‌های موجود در هر دسته فهرست قرمز از یک برای «تقریباً در معرض تهدید» تا پنج برای «انقراض» (IUCN، ۲۰۲۳).
حفاظت و استفاده پایدار از تنوع زیستی	۱۵-الف-۱	کمک‌های رسمی توسعه برای حفاظت و استفاده پایدار از تنوع زیستی (ریال)*	کمک‌های رسمی توسعه برای حفاظت و استفاده پایدار از تنوع زیستی (OECD، ۲۰۲۰).
پایان دادن به شکار غیرقانونی	۱۵-۷-۱	میزان شکار غیرقانونی (درصد)	نسبت شکار غیرقانونی پرندگان و پستانداران به جمعیت کل (UNODC[2]، ۲۰۲۴).
تصمیم‌گیری پاسخگو، فراگیر و مشارکتی	۱۶-۷-۳	همکاری آبخیزنشینان در فعالیت‌ها و سیاست‌های دولتی (درصد)	همکاری آبخیزنشینان در فعالیت‌ها و سیاست‌های دولتی متکی بر نظر مصاحبه‌شوندگان (Faiz و همکاران، ۲۰۱۲).
فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست	۱۷-۷-۱	مجموع بودجه برای ترویج فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست (ریال)**	فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست شامل مهار آلودگی هوا، مدیریت فاضلاب، مدیریت پسماندهای جامد و خطرناک، انرژی‌های تجدیدپذیر و ذخیره و توزیع انرژی (UNEP، ۲۰۲۴).

* معیارهای حذف شده با توجه به نتایج آزمون ضریب نسبی روایی و شاخص روایی

** معیارهای حذف شده با توجه به عدم دسترسی به داد.

[1] Mountain Green Cover Index (MGCI)

[2] United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC)