

Identifying and prioritizing reactive and proactive solutions to improve the health of the Kal-Aji watershed using the DPSIR framework and non-parametric statistical tests

Amin Salehpour Jam^{1*} and Jamal Mosaffaie¹

¹ Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 22 October 2024

Accepted: 10 March 2025

Extended abstract

Introduction

The country's watersheds are dynamic ecosystems whose health has been affected by civil, economic, and social developments. This is while, in the current situation, in addition to human and management factors, climate change has also had undesirable consequences in these areas. The decline in the health of the country's watersheds, on the one hand, has made it difficult to provide ecosystem services in these areas, and on the other hand, has led to the emergence of various environmental hazards such as desertification and land degradation, land subsidence, floods, landslides, and dust phenomena. In this regard, the country's Natural Resources and Watershed Management Organization implements a variety of biological, mechanical, biomechanical, and management measures to conserve water and soil and control floods in its watersheds. This is despite the fact that these measures are mostly reactive (therapeutic) and less attention has been paid to their preventive aspects. Accordingly, this study aims to identify and prioritize reactive and proactive solutions to improve the health state of the Kal-Aji watershed based on the DPSIR framework and non-parametric statistical tests.

Materials and methods

In the first stage, the drivers and pressures resulting in the health status of the Kal-Aji watershed and the related impacts were identified through a literature review, a visit to the watershed, interviews with experts from the departments of natural resources, environment, regional water, the Agricultural Jihad, the Agricultural and Natural Resources Engineering Organization of Golestan, faculty members of academic and research centers, and interviews with local communities. Then, a working group consisting of 26 stakeholders, local knowledgeable individuals, and experts knowledgeable about the issues and problems of the watershed began to determine solutions to improve the health of the Kal-Aji watershed and eliminate or modify the related adverse impacts. In the last stage, after forming the DPSIR table and identifying the various components, the importance of each of the variables categorized under the five DPSIR components was prioritized and determined. For this purpose, a Likert-scale questionnaire was used as a measurement tool. In this study, each variable was considered as an item, and the validity of the questionnaire was finally confirmed based on the opinions of experts. Also, Cronbach's alpha method was used to calculate the reliability of the measurement tool.

Results and discussion

In this study, eight drivers and 16 subsequent pressures were identified in creating six variables related to the health state component of the Kal-Aji watershed. In addition, seven variables related to the adverse impacts of the current watershed health state and 28 responses to improve the watershed health state were identified and introduced. The results show that D1 and D8 have the minimum and maximum links in creating subsequent pressures, respectively. Also, D5 with 8 links is the second driver with the maximum connections with the pressure component. In this study, the responses identified as resolving the problems listed under the four components of driver-pressure-state-impact are one of the following three: (1) a specific response to a specific problem, (2) a multi-objective response that resolves more than one problem, and (3) the existence of different responses for a specific problem. Accordingly, of the total responses, 35.7 percent (10), 46.4 percent (13), 14.3 percent (4), and 25.0 percent (7) are related to the components of driver, pressure, state, and impact, respectively. Considering the calculated values above 0.7 of Cronbach's alpha, all questionnaires have acceptable reliability (P and R) and goodness (D, S, and

* Corresponding author: aminpourjam@scwmri.ac.ir

D) in this study. There is also a significant difference between the types of variables identified under the components of the DPSIR framework. The results showed that D5, D8, and D3, in order of importance, have been assigned the first three priorities from the experts' perspective. The results also showed that P1, P11, P6, and P3, respectively, have been assigned the top five priorities of pressures. These pressures are among the common pressures in the country's watersheds. In this study, S2 was prioritized as the most important indicator of the health status of the watershed. Consistent with the results of other studies, in addition to applying reactive water and soil conservation responses in watershed management to improve directly the state, it is necessary to pay attention to proactive responses that eliminate the various drivers and pressures identified as a result of the current state of the watershed's erosion and sediment production potential. Also, S3 and S1 were prioritized in the next order of importance. The ranking of the consequences resulting from the current state of watershed health showed that I3, I1, and I2 were assigned the first to third priority, respectively. Also, prioritizing the importance of various reactive and preventive responses showed that R20, R4, R6, R17, and R9, respectively, have been assigned the top five priorities in eliminating or modifying drivers and pressures, improving the health state of the Kal-Aji watershed, and eliminating or modifying the adverse impacts of its health state. In this regard, R4, R6, R17, and R9 are among the common responses considered in other studies conducted in other watersheds of the country.

Conclusions

In this study, the importance of various drivers and pressures resulting in the current state of watershed health and its subsequent impacts were identified and prioritized. Also, types of reactive and proactive responses to improve the watershed health and eliminate or reduce the associated adverse impacts were identified and prioritized. The results of the Friedman test indicated the presence of a significant difference between the importance of the types of variables identified under the DPSIR framework components. Accordingly, D5, P1, S2, and I3 were prioritized as the most important drivers, pressures, states, and impacts, respectively. Also, R20, R4, and R6 were assigned the first three priorities of responses, respectively. In this regard, it is strongly recommended to pay attention to (1) all solutions to address the problems identified under the components of the DPSIR framework, (2) the role of various stakeholders in the basin in the planning process to improve watershed health and reduce related risks, (3) the development of action plans related to the responses, and (4) the development of decision support systems and related databases.

Keywords: Causal analysis, Causal links, Driver, Proactive approach, Problem structuring method

Cite this article: Salehpour Jam, A., Mosaffaie, J., 2026. Identifying and prioritizing reactive and proactive solutions to improve the health of the Kal-Aji watershed using the DPSIR framework and non-parametric statistical tests. *Watershed. Water. Eng. Manag.*18(1), 64-81.

© 2026, The Author(s). Published by Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



شناسایی و اولویت‌بندی راه‌حل‌های واکنشی و پیشگیرانه بهبود سلامت آبخیز کال آجی با استفاده از چارچوب DPSIR و آزمون‌های ناپارامتریک آماری

امین صالح پورجم^{۱*} و جمال مصفايي^۱

^۱ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱

چکیده مبسوط

مقدمه

حوزه‌های آبخیز کشور، بوم‌نظام‌هایی پویا هستند که سلامت آنها در گذار توسعه‌های عمرانی، اقتصادی و اجتماعی تحت‌تأثیر قرار گرفته است. این در حالی است که در شرایط کنونی، علاوه بر عوامل انسانی و مدیریتی، تغییر اقلیم نیز پیامدهای نامطلوبی را در این عرصه‌ها به دنبال داشته است. کاهش سلامت آبخیزهای کشور، از یک سو، ارائه خدمات بوم‌سازگان را در این عرصه‌ها با مشکل مواجه نموده است و از سوی دیگر، منجر به بروز مخاطرات متنوع محیطی از قبیل بیابان‌زایی و تخریب اراضی، فرونشست زمین، سیل، زمین‌لغزش و پدیده گردوغبار شده است. در این ارتباط، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، انواع اقدامات بیولوژیکی، مکانیکی، بیومکانیکی و مدیریتی را برای حفاظت آب و خاک و کنترل سیلاب در حوزه‌های آبخیز کشور اجرا می‌کند. این در حالی است، که این اقدامات بیشتر جنبه واکنشی (درمانی) داشته و کمتر به جنبه‌های پیشگیرانه آن توجه شده است. بر این اساس، توجه به انواع راه‌حل‌های واکنشی و پیشگیرانه حاصل از روش‌های ساختاربندهی مسئله به‌منظور بهبود وضعیت سلامت آبخیز و کاهش مخاطرات مربوطه، ضروری است. هدف این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی راه‌حل‌های واکنشی و پیشگیرانه بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال آجی مبتنی بر چارچوب DPSIR و آزمون‌های ناپارامتریک آماری است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، اقدام به ساختاربندهی مسئله و شناسایی و اولویت‌بندی راه‌حل‌های بهبود سلامت آبخیز کال آجی مبتنی بر چارچوب DPSIR و آزمون‌های ناپارامتریک آماری شد. در مرحله نخست، شناسایی پیشران‌ها و فشارهای منتج به وضعیت سلامت آبخیز کال آجی و اثرات مربوطه از طریق مرور منابع و تحقیقات پیشین، بازدید از حوضه، مصاحبه با کارشناسان آگاه به مسئله متشکل از کارشناسان ادارات منابع طبیعی، محیط‌زیست، آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، سازمان نظام‌مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، اعضای هیئت‌علمی مراکز دانشگاهی و پژوهشی و نیز مصاحبه با جوامع محلی انجام شد. سپس، اقدام به تعیین راهکارهای بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال آجی و حذف یا تعدیل اثرات نامطلوب مربوطه توسط کارگروه خبرگان شامل ۲۶ نفر از دست‌اندرکاران و افراد مطلع محلی و کارشناسان آگاه به مسائل و مشکلات حوضه شد. در آخرین مرحله، بعد از تشکیل جدول DPSIR و شناسایی مؤلفه‌های مختلف این چارچوب در حوزه آبخیز کال آجی، اقدام به اولویت‌بندی و تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای دسته‌بندی شده در ذیل مؤلفه‌های پنج‌گانه DPSIR شد. بدین منظور از پرسشنامه با طیف لیکرت به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری استفاده شد. در این پژوهش، هر یک از متغیرها به‌عنوان یک گویه در نظر گرفته شد و روایی پرسشنامه بر

اساس نظرات خبرگان به تأیید نهایی رسید. همچنین، از روش آلفای کرونباخ به منظور محاسبه میزان پایایی ابزار اندازه‌گیری استفاده شد. در این پژوهش، متغیرهای پرسشنامه بر اساس روش کدگذاری چندپاسخی، از نوع متغیرهای ترتیبی کیفی و منطبق با طیف لیکرت (خیلی کم (۱)، کم (۲)، متوسط (۳)، زیاد (۴) و خیلی زیاد (۵)) بود، به طوری که اقدام به نظرسنجی از اعضای کارگروه خبره و تعیین اولویت گویه‌ها مبتنی بر آزمون ناپارامتریک فریدمن شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه، هشت پیشران و ۱۶ فشار متعاقب، در ایجاد شش متغیر مرتبط با مؤلفه وضعیت سلامت آبخیز کال آجی شناسایی شدند. علاوه بر این، هفت متغیر در ارتباط با اثرات نامطلوب وضعیت کنونی سلامت آبخیز و ۲۸ پاسخ برای بهبود وضعیت سلامت آبخیز شناسایی و معرفی شدند. نتایج نشان می‌دهد که پیشران‌های D_1 (ناکارآمدی شرح خدمات مطالعات تفصیلی- اجرایی آبخیزداری در تدوین برنامه‌های عملیاتی) و D_8 (ضعف در مدیریت و تشکیلات) به ترتیب کمینه (یک رابطه) و بیشینه (۱۴ رابطه) پیوند را در ایجاد فشارهای متعاقب به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، پیشران D_5 (سیاست‌های توسعه‌ای در بخش کشاورزی و دامداری) با دارا بودن هشت پیوند، دومین پیشران دارای بیشینه ارتباطات (هشت پیوند) با مؤلفه فشار است. در این پژوهش، پاسخ‌های شناسایی شده به یکی از سه حالت ذیل، مرتفع کننده مشکلات فهرست شده در ذیل مؤلفه‌های چهارگانه پیشران-فشار-وضعیت-اثر هستند: (۱) پاسخی خاص برای مشکلی خاص؛ (۲) پاسخی چند هدفه که مرتفع کننده بیش از یک مشکل است؛ (۳) وجود پاسخ‌های مختلف برای مشکلی خاص. بر این اساس، از مجموع کل پاسخ‌ها، ۳۵/۷ درصد (۱۰ پاسخ)، ۴۶/۴ درصد (۱۳ پاسخ)، ۱۴/۳ درصد (۴ پاسخ) و ۲۵/۰ درصد (۷ پاسخ) به ترتیب مربوط به مولفه‌های نیروی محرک، فشار، وضعیت و اثر است. با توجه به مقادیر محاسبه شده بالاتر از ۰/۷ آلفای کرونباخ، کلیه پرسشنامه‌ها از پایایی قابل قبول (مؤلفه‌های فشار و پاسخ) و خوبی (مؤلفه‌های نیروی محرک، وضعیت و اثر) در این پژوهش برخوردار هستند. همچنین، تفاوت معنی‌داری میان انواع متغیرهای شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های چارچوب DPSIR وجود دارد. نتایج نشان داد که پیشران‌های D_5 ، D_8 و D_3 (قوانین ناکارآمد یا غیراصولی امور اراضی)، به ترتیب اهمیت، سه اولویت نخست را از دیدگاه کارشناسان به خود اختصاص داده‌اند. این پیشران‌ها از جمله پیشران‌های مهم مورد تأکید در سایر تحقیقات به‌عنوان عواملی غیرمستقیم برای شکل‌گیری فشارهای متعاقب خود و اثرگذار بر وضعیت سلامت آبخیز هستند. همچنین نتایج نشان داد که P_1 (فزون دامی)، P_{11} (شخم در جهت شیب)، P_6 (چرای زودرس و طولانی مدت دام)، P_{12} (تصرف گسترده اراضی) و P_3 (تغییر غیراصولی کاربری اراضی)، به ترتیب پنج اولویت نخست فشارها را در شکل‌گیری وضعیت کنونی سلامت آبخیز کال آجی، به خود اختصاص داده‌اند. این فشارها، از جمله فشارهای رایج در حوزه‌های آبخیز کشور هستند. در این پژوهش، S_2 (پتانسیل تولید فرسایش و رسوب بالای حوضه) به‌عنوان مهم‌ترین شاخص وضعیت سلامت حوضه اولویت‌بندی شد. همخوان با نتایج سایر تحقیقات، علاوه بر کاربری پاسخ‌های واکنشی حفاظت آب و خاک آبخیزداری با هدف بهبود مستقیم وضعیت، توجه به پاسخ‌های پیشگیرانه مرتفع کننده انواع پیشران‌ها و فشارهای شناسایی شده منتج به وضعیت کنونی پتانسیل تولید فرسایش و رسوب حوضه، ضروری است. همچنین، S_3 (کاهش حاصل‌خیزی خاک) و S_1 (پتانسیل سیل‌خیزی) در رتبه‌های بعدی اهمیت، اولویت‌بندی شدند. همچنین در این پژوهش، رتبه‌بندی پیامدهای ناشی از وضعیت کنونی سلامت آبخیز نشان داد که I_3 (کاهش امنیت غذایی)، I_1 (خسارت‌های جانی یا مالی به اراضی، زیرساخت‌ها، تاسیسات و ابنیه) و I_2 (ایجاد مشکل در حوزه سلامت و بهداشت)، به ترتیب اولویت اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، اولویت‌بندی اهمیت انواع پاسخ‌های واکنشی و پیشگیرانه نشان داد که R_{20} (جابه‌جایی سکونت‌گاه‌های روستایی در معرض خطر زمین‌لغزش)، R_4 (ارزیابی توان اکولوژیک و مبنا قرار دادن آمایش سرزمین)، R_6 (توسعه معیشت‌های جایگزین در حوضه)، R_{17} (مدیریت چرا) و R_9 (اجرای کلیه طرح‌های منابع طبیعی در قالب برنامه‌های حاصل از الگوی مدیریت جامع حوزه آبخیز)، به ترتیب پنج اولویت نخست را در حذف یا تعدیل پیشران‌ها و فشارها، بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال آجی و حذف یا تعدیل اثرات

نامطلوب وضعیت سلامت آن، به خود اختصاص داده‌اند. در این ارتباط، پاسخ‌های R_4 ، R_6 ، R_{17} و R_9 از جمله پاسخ‌های رایج مورد توجه قرار گرفته در سایر تحقیقات انجام شده در دیگر حوزه‌های آبخیز کشور است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اقدام به شناسایی و اولویت‌بندی اهمیت انواع پیشران‌ها و فشارهای منتج به وضعیت کنونی سلامت حوضه و نیز اثرات متعاقب آن شد. همچنین، انواع پاسخ‌های واکنشی و پیشگیرانه بهبود وضعیت سلامت حوضه و حذف یا کاهش اثرات نامطلوب مربوطه شناسایی و اولویت‌بندی شدند. نتایج آزمون فریدمن نشان‌دهنده حضور تفاوت معنی‌دار میان اهمیت انواع متغیرهای شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های چارچوب DPSIR بود. بر این اساس، P_1 ، S_2 و I_3 به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین پیشران، فشار، وضعیت و اثر اولویت‌بندی شدند. همچنین، R_{20} ، R_4 ، R_6 به ترتیب سه اولویت نخست پاسخ‌ها را به خود اختصاص دادند. در این ارتباط توجه به (۱) کلیه راه‌حل‌های مرتفع‌کننده مشکلات شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های چارچوب DPSIR، (۲) نقش‌آفرینی ذی‌ربطان مختلف حوضه در فرایند برنامه‌ریزی برای بهبود سلامت حوضه و کاهش مخاطرات مربوطه، (۳) تدوین برنامه‌های عملیاتی مرتبط با پاسخ‌ها و (۴) توسعه سامانه‌های پشتیبان تصمیم و پایگاه داده‌های مربوطه، قویاً پیشنهاد می‌شود. همچنین، ساختار بندی مسأله انجام شده در این مطالعه، به‌عنوان الگویی برای شناسایی انواع پاسخ‌های واکنشی و پیشگیرانه بهبود وضعیت سلامت حوضه و حذف یا کاهش اثرات نامطلوب مربوطه به مدیران ادارات منابع طبیعی و آبخیزداری کشور با هدف کاربست در سایر آبخیزها، پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پیشران، پیوندهای علی، تحلیل علی، روش ساختار بندی مسأله، رویکرد پیشگیرانه

مقدمه

پیشگیرانه مربوطه به‌منظور بهبود وضعیت سلامت و پایداری آبخیز ضروری است.

حفظ سلامت و پایداری آبخیز، از جمله اهداف کلیدی مدیریت یک‌پارچه آبخیز است (Vasić et al., 2024). مدیریت یک‌پارچه آبخیز، فرایندی مشارکتی و تمرکززدا برای مدیریت یک‌پارچه و هماهنگ منابع بوم‌سازگان در مقیاس‌های چندگانه آبخیز و سازماندهی و هدایت فعالیت‌ها و کاربری‌های مختلف اراضی، همراه با رویکردی پژوهشی-اجرایی برای بهبود یا حفظ سلامت و پایداری آبخیز با در نظر گرفتن اصول توسعه پایدار است (Salehpour Jam and Mosaffaie, 2023).

سلامت آبخیز، مفهومی است که برای توصیف وضعیت بوم‌شناختی آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس تعریف، سلامت آبخیز، وضعیتی است که در آن فعالیت‌های مدیریتی منابع، ضمن حفظ نیازها و مصارف انسانی از آبخیز، عملکرد بوم‌شناختی آن را نیز حفظ می‌کند (Jones et al., 2002). یک آبخیز سالم، آبخیزی است که در آن فرایندهای آب‌شناختی و زمین‌ریخت‌شناختی آن به واسطه پوشش طبیعی

حوزه‌های آبخیز کشور، بوم‌نظام‌هایی پویا هستند، که سلامت آنها در گذار توسعه‌های عمرانی، اقتصادی و اجتماعی تحت‌تأثیر قرار گرفته است (Sadeghi and Hazbavi, 2022; Sadeghi et al., 2023). این در حالی است که در شرایط کنونی، علاوه بر عامل انسانی و مدیریتی، تغییر اقلیم نیز پیامدهای نامطلوبی را در این عرصه‌ها به دنبال داشته است (Asadi et al., 2022; Irani et al., 2024).

کاهش سلامت آبخیزهای کشور، از یک سو، ارائه خدمات بوم‌سازگان را در این عرصه‌ها با مشکل مواجه نموده است (Jahani et al., 2015) و از سوی دیگر، منجر به بروز مخاطرات متنوع محیطی از قبیل بیابان‌زایی و تخریب اراضی (Pahang et al., 2024)، فرونشست زمین (Soleimanpour et al., 2023)، سیل (Pazhuhan and Amirzadeh, 2024)، زمین‌لغزش (Salehpour Jam et al., 2023) و پدیده گردوغبار (Soltani et al., 2023) شده است. بر این اساس، شناسایی انواع پیشران‌ها و فشارهای منتج به وضعیت کنونی سلامت حوضه و نیز پاسخ‌های واکنشی و

AHP (Zandebasiri et al., 2021) و یا آزمون‌های ناپارامتریک آماری مانند آزمون فریدمن (Soleimanpour et al., 2023) اولویت‌بندی شده‌اند. سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، انواع اقدامات بیولوژیکی، مکانیکی، بیومکانیکی و مدیریتی را برای حفاظت آب و خاک و کنترل سیلاب در حوزه‌های آبخیز کشور به اجرا در می‌آورد (Naseri et al., 2021; Noor et al., 2024).

این در حالی است که این اقدامات بیشتر جنبه واکنشی (درمانی) داشته و کمتر به جنبه‌های پیشگیرانه آن توجه شده است (Salehpour Jam et al., 2021a). براین اساس، توجه به انواع راه‌حل‌های واکنشی و پیشگیرانه حاصل از روش‌های ساختاربندی مسأله به منظور بهبود وضعیت سلامت آبخیز و کاهش مخاطرات مربوطه، ضروری است.

هدف این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی راه‌حل‌های واکنشی و پیشگیرانه بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال‌آجی مبتنی بر چارچوب DPSIR و آزمون‌های ناپارامتریک آماری است. توجه به انواع شاخص‌های سلامت حوضه و ساختاربندی مسأله مبتنی بر شناسایی انواع پیشران‌ها و فشارهای منتج به وضعیت کنونی این شاخص‌ها، از جمله نوآوری‌های این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز کال‌آجی در دهستان تمران در شمال شهرستان کلاله و در شرق استان گلستان قرار دارد. این حوضه دارای وسعت $50367/88$ هکتار است و بین طول‌های شرقی $15^{\circ} 36'$ تا $10^{\circ} 18'$ و عرض‌های شمالی $57^{\circ} 26'$ تا $37^{\circ} 15'$ واقع شده است. آبادی‌های منطقه مطالعاتی شامل روستاهای خالد نبی، اوقچی بزرگ، اوقچی کوچک، گچ سو بالا، گچ سو پایین، قره ترناوه، قویجق، چالجه و قره آغاچ در شمال و روستاهای یارم تپه، یلی بدراق و دارادای در جنوب حوضه هستند.

طول بلندترین آبراهه این حوضه، $70/195$ کیلومتر است، که از قسمت‌های کوهستانی شمال حوضه منشأ گرفته و از جنوب حوضه خارج می‌شود.

اراضی، در محدوده طبیعی قرار دارد، دارای زیستگاه‌های مناسب از لحاظ مساحت و پیوستگی برای حمایت از گونه‌های بومی آبی و کنار رودخانه‌ای است و کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب، حامی جوامع زیستی آن است (Matthews et al., 2015). همچنین، یک آبخیز سالم با خدمات مناسب بوم‌سازگان خود شناخته می‌شود (Wang et al., 2023).

در این پژوهش از چارچوب علی DPSIR به منظور شناسایی انواع پاسخ‌های مدیریتی واکنشی و پیشگیرانه لازم برای بهبود وضعیت سلامت آبخیز و کاهش اثرات نامطلوب مربوطه استفاده شده است. چارچوب DPSIR مخفف پیشران، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ است. این چارچوب توسط آژانس محیط‌زیست اروپا در دهه ۱۹۹۰ برای مطالعه مشکلات زیست‌محیطی و یافتن پاسخ‌هایی برای بهبود سامانه‌های اجتماعی - بوم‌شناختی معرفی شد (EEA, 1995).

این چارچوب در شناسایی پاسخ‌های مدیریتی برای انواع مسایل و موضوعات از قبیل سیل (Karimi Sangchini et al., 2022)، تغییر کاربری اراضی (Obubu et al., 2022)، بیابان‌زایی و تخریب اراضی (Akbari et al., 2021; Zhao et al., 2023)، فرونشست زمین (Sarah et al., 2022; Soleimanpour et al., 2023)، کیفیت آب (Alexakis, 2021; Parastatidou et al., 2025)، تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی (Ntona et al., 2023) و گرد و غبار (Soltani et al., 2023) به کار برده شده است. همچنین این مدل به منظور شناسایی راهبردهای بهبود وضعیت سلامت آبخیز و کاهش اثرات نامطلوب مربوطه نیز به دفعات استفاده شده است (Salehpour Ebrahimi Gatgash and Jam et al., 2021b; Sadeghi, 2023; Du et al., 2024).

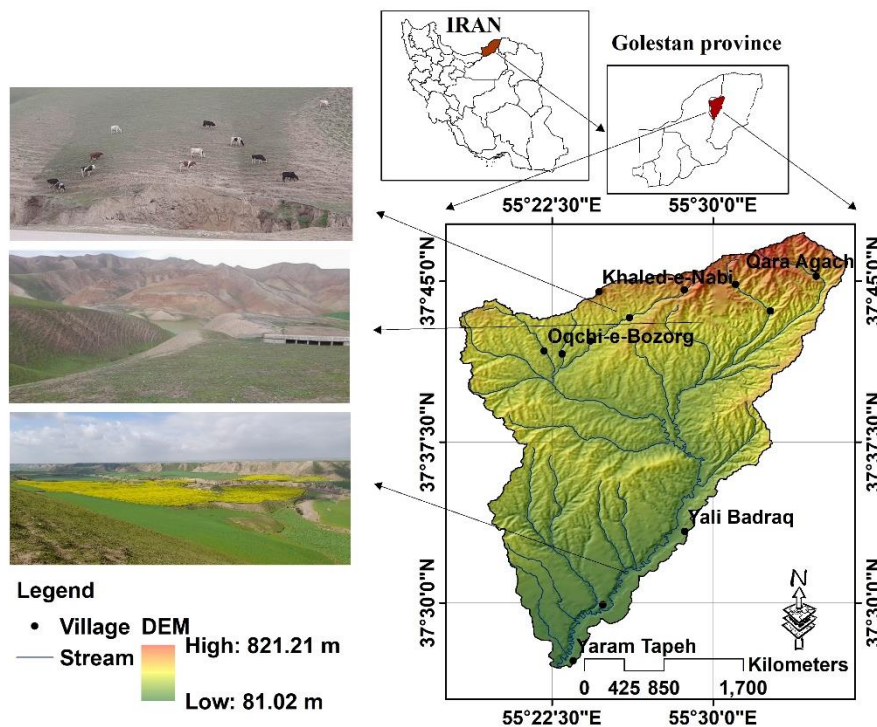
همچنین با استفاده از ترسیم روند تغییرات مولفه‌های مختلف این چارچوب، قادر به تحلیل وضعیت مورد مطالعه وجود دارد (Mosaffaie et al., 2021b). همچنین در برخی مطالعات، انواع متغیرهای شناسایی‌شده در ذیل مولفه‌های چارچوب DPSIR مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مانند AHP (Mohamadi Zadeh et al., 2024)، Fuzzy

مطالعه به‌جز دامداری و کشاورزی هیچ‌گونه فعالیت تولیدی که از نظر اقتصادی قابل توجه باشد، وجود ندارد (شکل ۱). انواع کاربری‌های اراضی در این حوضه شامل مرتع (۸۴ درصد)، اراضی کشاورزی و باغات (۱۲ درصد)، اراضی لخت (۳/۸۵ درصد) و اراضی مسکونی (۰/۱۵ درصد) است (GDNRWGM, 2022a).

محصولات زراعی مانند گندم، جو، کنجد و هندوانه به‌صورت دیم کشت می‌شود. در حوضه آبخیز کال‌آجی دامپروری وجود ندارد و دامداری در بین خانواده‌های ترکمن به‌صورت سنتی و نیمه‌متحرک انجام می‌شود.

همچنین، کمینه و بیشینه ارتفاع آبخیز کال‌آجی به‌ترتیب ۸۱ و ۸۲۱ متر است (شکل ۱). راه‌های این حوضه غالباً به‌صورت خاکی هستند. مبتنی بر آخرین سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵، جمعیت این آبخیز ۶۶۱۴ نفر است و روستاهای یلی بدرآق (۱۶۸۹ نفر) و قره ترناوه (۶۲ نفر) به‌ترتیب بیشترین و کمترین جمعیت را دارا هستند.

آبخیز کال‌آجی دارای بارش متوسط سالانه ۴۳۴/۹ میلی‌متر است (GDNRWGM, 2022c). همچنین، فرسایش ویژه خاک این حوضه نیز مبتنی بر روش EPM، ۲۸/۲۹ تن در هکتار در سال برآورد شده است (GDNRWGM, 2022b) (شکل ۱). در آبخیز مورد



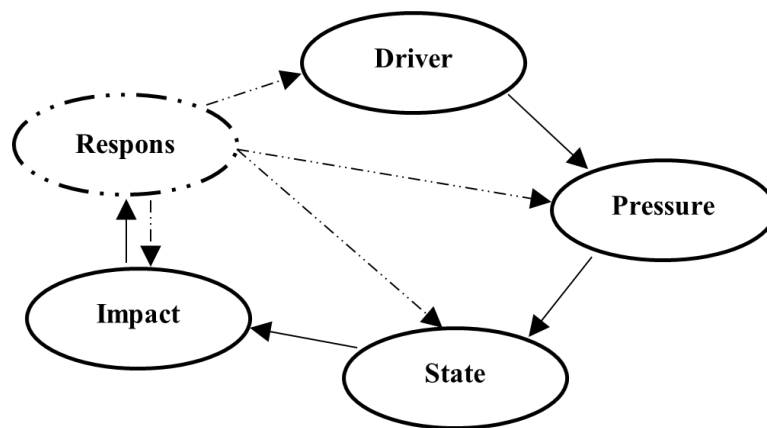
شکل ۱- منطقه مورد مطالعه، حوضه آبخیز کال‌آجی، استان گلستان، ایران
 Fig. 1. The study area, Kal-Aji watershed, Golestan Province, Iran

مؤلفه‌های این چارچوب با هدف بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال‌آجی از طریق مرور منابع و تحقیقات پیشین، بازدید از حوضه، مصاحبه با کارشناسان آگاه به مسأله متشکل از کارشناسان ادارات منابع طبیعی، محیط زیست، آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، اعضای هیئت علمی مراکز دانشگاهی و پژوهشی و نیز مصاحبه با جوامع محلی شد.

روش تحقیق: در این مطالعه اقدام به ساختاربندی مسأله و شناسایی و اولویت‌بندی راه‌حل‌های بهبود سلامت آبخیز کال‌آجی مبتنی بر چارچوب DPSIR و آزمون‌های ناپارامتریک آماری به‌قرار مراحل ذیل شد. مرحله اول- شناسایی پیشران‌ها و فشارهای منتج به وضعیت سلامت آبخیز کال‌آجی و اثرات مربوطه. در این پژوهش، نخست اقدام به ساختاربندی مسأله مبتنی بر چارچوب DPSIR (شکل ۲) و تعیین انواع

در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان کلالة، اداره کل محیط زیست استان گلستان، اداره حفاظت محیط زیست شهرستان کلالة، سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، اداره جهاد کشاورزی شهرستان کلالة، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سازمان آب منطقه‌ای استان گلستان، مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری بود.

مسیر منطقی در این چارچوب، طوری است، که ابتدا وضعیت سلامت حوضه شناسایی شده و سپس عوامل مستقیم (فشارها) و غیرمستقیم (پیشران‌ها) که موجب بروز وضعیت نامطلوب شده‌اند، مورد تحلیل علت و معلولی قرار گرفت و روایی آنها به تایید کارگروه خبره رسید (جدول ۱).
اعضای کارگروه خبره شامل ۲۶ نفر از دست‌اندرکاران و افراد مطلع محلی و کارشناسان آگاه به مسایل و مشکلات حوضه با سابقه بیش از ده سال



شکل ۲- مولفه‌های چارچوب DPSIR و پیوندهای مربوطه (EEA, 1995)

Fig. 1. The DPSIR framework components and related links (EEA, 1995)

فشارهای منتج به وضعیت کنونی سلامت حوضه شناسایی شد و از سوی دیگر، اقدام به شناسایی انواع راهکارهای بهبود وضعیت کنونی سلامت حوضه و نیز راهکارهای حذف یا تعدیل اثرات نامطلوب وضعیت کنونی حوضه شد (جدول ۱).

مرحله سوم- اولویت‌بندی مسائل و راه‌حل‌های مدیریتی توسط کارگروه خبرگان. بعد از تشکیل جدول DPSIR و شناسایی مولفه‌های مختلف این چارچوب در حوزه آبخیز کال آجی (جدول ۱)، به‌منظور اولویت‌بندی و تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای دسته‌بندی شده در قالب پیشران‌ها، فشارها و پاسخ‌های مدیریتی حوضه از پرسشنامه با طیف لیکرت به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری استفاده شد.

در این تحقیق، هر یک از شاخص‌ها به‌عنوان یک گویه در نظر گرفته شد و روایی پرسشنامه بر اساس نظرات خبرگان به تأیید نهایی رسید. متغیرهای پرسشنامه بر اساس روش کدگذاری چندپاسخی، از نوع متغیرهای ترتیبی کیفی و منطبق با طیف لیکرت

در این مرحله، پس از شناسایی انواع پیشران‌ها، فشارها، وضعیت و اثرات مربوطه، ارتباطات میان متغیرها نیز به‌صورت بصری ترسیم شد (شکل ۳). این نمودار به‌صورت بصری کمک به درک بهتر روابط متقابل میان متغیرهای شناخته‌شده توسط این چارچوب می‌کند (Salehpour Jam et al., 2021b).

مرحله دوم- تعیین راهکارهای بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال آجی و حذف یا تعدیل اثرات نامطلوب مربوطه. در این مرحله، پس از شناسایی انواع مؤلفه‌های DPSIR در منطقه مورد مطالعه، اقدام به شناسایی انواع پاسخ‌های مدیریتی مرتبط با انواع مؤلفه‌های نیروی محرک، فشار، وضعیت و اثرات مبتنی بر رویکردهای پیشگیرانه و واکنشی و نیز فضای کالبدی و ویژگی‌های منطقه با توجه ویژه به بهره‌برداران حوضه توسط کارگروه خبرگان شد.

بدین منظور با استفاده از ماتریس تعامل به‌دست آمده از مرحله پیشین، از یک سو، انواع راهکارهای حذف‌کننده یا تعدیل‌کننده مرتبط با پیشران‌ها و

متغیر مرتبط با مؤلفه وضعیت سلامت آبخیز کال‌آجی شناسایی شدند. علاوه بر این، هفت متغیر در ارتباط با اثرات نامطلوب وضعیت کنونی سلامت آبخیز و ۲۸ پاسخ برای بهبود وضعیت سلامت آبخیز شناسایی و معرفی شدند (جدول ۱).

در این ارتباط و برای درک بهتر روابط میان مؤلفه‌های چارچوب DPSIR شامل (۱) پیوند میان پیشران‌ها و فشارهای منتج از آنها، (۲) ارتباط میان فشارها با وضعیت سلامت حوضه و نیز (۳) پیوند وضعیت کنونی با پیامدهای مربوطه در شکل ۳ ارائه شده است. همچنین، ماتریس تعامل میان پاسخ‌های شناسایی شده با دیگر مؤلفه‌های چارچوب DPSIR با هدف معرفی پاسخ‌های شناسایی شده برای حذف یا تعدیل پیشران‌ها و فشارها، بهبود وضعیت و نیز حذف یا تعدیل اثرات نامطلوب وضعیت کنونی، در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج نشان می‌دهد که پیشران‌های D_1 (ناکارآمدی شرح خدمات مطالعات تفصیلی-اجرایی آبخیزداری در تدوین برنامه‌های عملیاتی) و D_8 (ضعف در مدیریت و تشکیلات) به‌ترتیب کمینه (یک رابطه) و بیشینه (۱۴ رابطه) پیوند را در ایجاد فشارهای متعاقب به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، پیشران D_5 (سیاست‌های توسعه‌ای در بخش کشاورزی و دامداری) با دارا بودن هشت پیوند، دومین پیشران دارای بیشینه ارتباطات (هشت پیوند) با مؤلفه فشار است. در این ارتباط، Salehpour Jam et al., (2021b)، پیشران "مدیریت و تشکیلات" و "اشتغال در بخش‌های کشاورزی و دامداری" را به‌عنوان پیشران‌هایی با بیشترین ارتباطات علی معرفی کرده‌اند. شناسایی پیوند میان مؤلفه‌های DPSIR مبتنی بر روابط علی میان آنها (شکل ۳) نقش مهمی در شناسایی انواع پاسخ‌های پیشگیرانه و واکنشی (درمانی)، طی فرایند برنامه‌ریزی برای سلامت حوضه ایفا می‌کند (Duan et al., 2022; Alipbeki et al., 2025). در این پژوهش ۲۸ پاسخ مدیریتی واکنشی و پیشگیرانه به‌منظور بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال‌آجی و حذف یا تعدیل اثرات نامطلوب وضعیت کنونی شناسایی شد (جدول ۱).

(خیلی کم (۱)، کم (۲)، متوسط (۳)، زیاد (۴) و خیلی زیاد (۵)) بوده، به‌طوری که اقدام به نظرسنجی از اعضای کارگروه خبره به‌منظور تعیین اولویت گویه‌ها شد. در این مرحله، رتبه‌بندی تمامی گویه‌ها مبتنی بر آزمون‌های ناپارامتریک آماری مبتنی بر پرسشنامه با طیف لیکرت، به‌قرار مراحل زیر انجام شد.

الف- بررسی پایایی ابزار اندازه‌گیری. در این تحقیق از روش آلفای کرونباخ به‌منظور محاسبه میزان پایایی یا قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری استفاده شد. مقدار آلفای کرونباخ مبتنی بر رابطه (۱) با کاربرد نرم‌افزار SPSS محاسبه شد (Mansourfar, 2006).

(۱)
$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_T^2} \right)$$
 که در آن، K ، تعداد گویه‌ها؛ S_i^2 ، واریانس نمرات مربوط به گویه شماره Z ام و S_T^2 ، واریانس جمع نمره‌های هر پاسخگو (واریانس کل گویه‌ها) است.

ب- اجرای آزمون فریدمن و رتبه‌بندی متغیرها. در این مرحله آزمون فریدمن برای تجزیه واریانس دو طرفه از طریق رتبه‌بندی و همچنین مقایسه میانگین رتبه‌بندی گروه‌های مختلف با کاربرد نرم‌افزار SPSS به‌کاربرده شد. به‌طور کلی تحلیل واریانس دو طرفه رتبه‌ای فریدمن، این فرضیه را می‌آزماید که k گروه هم‌تا از توزیع پیوسته واحدی و یا از چند توزیع با میانه یکسان و یا در صورت تقارن توزیع‌ها با میانگین یکسان گرفته شده اند (رابطه ۲).

(۲)
$$\chi^2 = \frac{12}{Nk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3N(k+1)$$
 که در آن، K ، تعداد ستون‌ها یا سئوالات؛ N ، تعداد سطرها و R_j ، حاصل جمع رتبه‌ها در ستون Z ام است. در این حالت، درجه آزادی به‌صورت $k-1$ است (Mansourfar, 2006). توضیح اینکه اولویت‌بندی نهایی متغیرها مبتنی بر شاخص میانگین رتبه‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

فهرست پیشران‌ها و فشارهای مربوطه، وضعیت و اثرات آن و نیز پاسخ‌های لازم برای بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال‌آجی و کاهش اثرات نامطلوب مربوطه در جدول ۱ ارائه شده است. در این مطالعه، هشت پیشران و ۱۶ فشار متعاقب، در ایجاد شش

جدول ۱- ساختار مؤلفه‌های چارچوب DPSIR با هدف بهبود سلامت آبخیز کال آجی و کاهش اثرات نامطلوب مربوطه
Table 1. Structure of the DPSIR framework components for improving the Kal-Aji watershed health and reducing associated adverse impacts

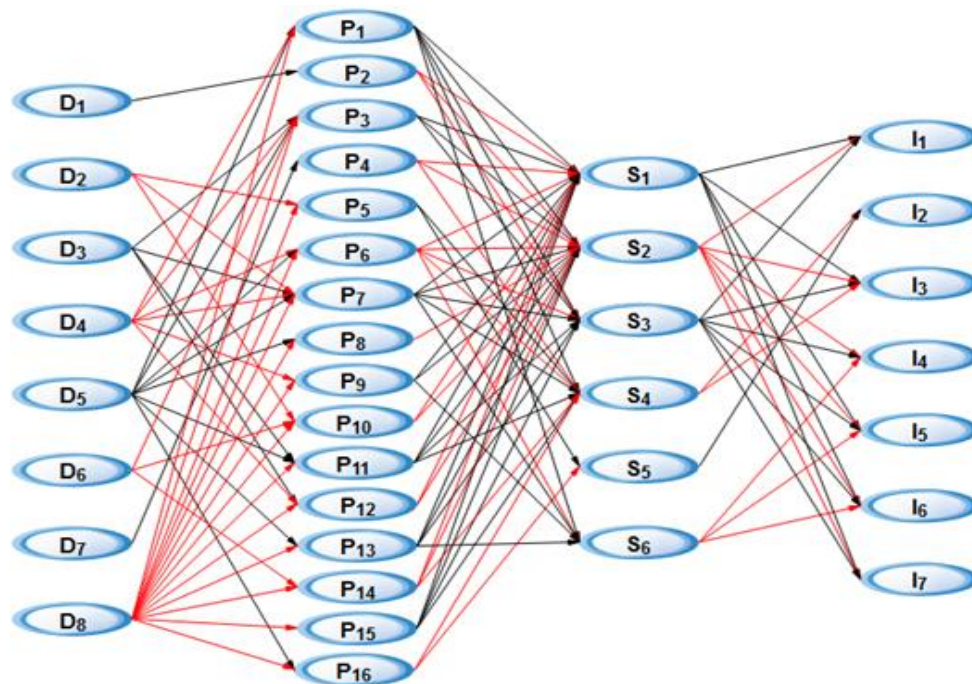
Driver	Pressure	State	Impact	Response
Inefficiency of the detailed - executive watershed management studies instruction in formulating action plans (D ₁) Watershed population (D ₂) Inefficient or unprincipled land laws (D ₃) Poverty (D ₄) Development policies in the agricultural and ranching sectors (D ₅) Unprincipled civil measures (D ₆) Climate change (D ₇) Weakness in management and organization (D ₈)	Overstocking (P ₁) Equal time of concentration of adjacent sub-watersheds (P ₂) Unprincipled land use change (P ₃) High intensity of rainfall (P ₄) Household waste and sewage production (P ₅) Early and long-term livestock grazing (P ₆) Consumption of watershed resources (P ₇) Traditional cultivation of agricultural products (P ₈) Uprooting of bushes in rangelands (P ₉) Construction of numerous rural roads in the watershed (P ₁₀) Plowing in the direction of the slope (P ₁₁) Extensive land grabbing (P ₁₂) Dependence of livestock on rangeland fodder (P ₁₃) Unprincipled road construction (P ₁₄) Lack of awareness among farmers about the correct principles of farming (P ₁₅) Excessive use of chemical fertilizers and pesticides (P ₁₆)	High potential to produce flood (S ₁) High potential of soil erosion and sediment yield (S ₂) Reduced soil fertility (S ₃) Poor water quality in the watershed (S ₄) Environmental pollution (S ₅) Poor condition and negative trend of rangeland in the Artemisia + Poa (Ar+Po) vegetation type, especially on the southern slopes (S ₆)	Loss of life and financial damage to lands, infrastructure, facilities, and buildings (I ₁) Problems in the field of health and sanitation (I ₂) Reducing food security (I ₃) Reducing forage production and grazing capacity of rangelands (I ₄) Reducing residents' income (I ₅) Increasing migration from rural to urban areas (I ₆) Reducing the useful life of the dam (I ₇)	Amending the detailed - executive watershed management studies instruction based on assessing the impacts of proposed action plans (R ₁) Reviewing population growth policies (R ₂) Amending laws and regulations related to land affairs (R ₃) Assessing ecological potential and considering land use planning (R ₄) Developing poverty alleviation policies (R ₅) Developing alternative livelihoods (R ₆) Strengthening the Natural Resources Protection Unit (R ₇) Formulating or amending construction operation guidelines based on soil and water conservation (R ₈) Implementing all natural resource plans based on the integrated watershed management approach (R ₉) Establishing an integrated watershed management coordination working group (R ₁₀) Rangeland survey and reviewing grazing permissions in customary systems (R ₁₁) Soil and water conservation and flood control practices (R ₁₂) Culture building to reduce watershed hazards (R ₁₃) Culture building to optimize the use of watershed resources (R ₁₄) Development of waste collection and disposal system and domestic wastewater treatment (R ₁₅) Development of storage centers for auxiliary forage purchased during the harvest season (R ₁₆) Grazing management (R ₁₇) Physical and technical protection of the watershed (R ₁₈) Education and extension in agriculture and rangeland management (R ₁₉) Relocation of rural settlements at risk of landslides (R ₂₀) Implementation of cadastre (R ₂₁) Development of rainwater harvesting systems (R ₂₂) Development of water treatment plants in the watershed (R ₂₃) Implementation of rangeland management plans (R ₂₄) Development of insurance services in the watershed (R ₂₅) Support packages (R ₂₆) Import of food (R ₂₇) Dam dredging operations (R ₂₈)

مشکلی خاص. برای نمونه: R₂ (بازنگری در سیاست‌های رشد جمعیت در حوضه) که پاسخی برای پیشران "جمعیت حوضه" است؛ (۲) پاسخی چندهدفه که مرتفع‌کننده بیش از یک مشکل است.

در این پژوهش، پاسخ‌های شناسایی شده به یکی از سه حالت ذیل، مرتفع‌کننده مشکلات فهرست شده در ذیل مؤلفه‌های چهارگانه پیشران - فشار - وضعیت - اثر هستند (جدول ۲): (۱) پاسخی خاص برای

مختلف برای مشکلی خاص. براین‌اساس، از مجموع کل پاسخ‌ها، ۳۵/۷ درصد (۱۰ پاسخ)، ۴۶/۴ درصد (۱۳ پاسخ)، ۱۴/۳ درصد (۴ پاسخ) و ۲۵/۰ درصد (۷ پاسخ) به ترتیب مربوط به مؤلفه‌های نیروی محرک، فشار، وضعیت و اثر است (جدول ۲).

برای نمونه: R₆ (توسعه معیشت‌های جایگزین در حوضه) که پاسخی برای انواع مشکلات از قبیل پیشران‌های D₄ (فقر) و D₅ (سیاست‌های توسعه‌ای در بخش‌های کشاورزی و دامداری)، فشار P₁ (فزون دامی) و اثرات I₅ (کاهش درآمد ساکنان) و I₆ (افزایش مهاجرت از روستا به شهر) است؛ (۳) وجود پاسخ‌های



شکل ۳- پیوندهای علت و معلولی میان مؤلفه‌های چارچوب DPSIR در حوزه آبخیز کال‌آجی
Fig. 3. Causal links among components of the DPSIR framework in the Kal-Aji Watershed

(مؤلفه‌های نیروی محرک، وضعیت و اثر) در این پژوهش برخوردار هستند (جدول ۳). به عبارت دیگر، گویه‌های در نظر گرفته شده از پایایی و سازگاری درونی بالایی برخوردارند. همچنین، آماره‌های آزمون ناپارامتریک فریدمن برای اولویت‌بندی اهمیت متغیرهای مختلف شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های پنج‌گانه چارچوب DPSIR در جدول ۴ آمده است. علاوه بر این، ترتیب اهمیت متغیرهای مختلف مؤلفه‌های DPSIR مبتنی بر شاخص میانگین رتبه‌های به‌دست آمده از آزمون فریدمن در شکل ۴ ارائه شده است.

مقادیر آلفای کرونباخ محاسبه شده برای پرسشنامه‌های مرتبط با سنجش اهمیت مؤلفه‌های پنج‌گانه DPSIR و میزان پایایی مربوطه در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس طبقه‌بندی ارایه شده توسط George and Mallery, (2003)، مقادیر آلفای کرونباخ ۰/۷ تا ۰/۸، ۰/۸ تا ۰/۹ و ۰/۹ و بزرگتر از آن، به ترتیب نشان‌دهنده پایایی قابل قبول، خوب و عالی ابزار اندازه‌گیری است.

با توجه به مقادیر محاسبه شده بالاتر از ۰/۷ این شاخص، کلیه پرسشنامه‌ها به‌عنوان ابزارهای سنجش یا اندازه‌گیری اهمیت مؤلفه‌های چارچوب DPSIR، از پایایی قابل قبول (مؤلفه‌های فشار و پاسخ) و خوبی

جدول ۲- پاسخ‌های واکنشی و پیشگیرانه شناسایی شده توسط چارچوب DPSIR با هدف بهبود سلامت آبخیز کال‌آجی و کاهش اثرات نامطلوب مربوطه

Table 2. Reactive and proactive responses identified by the DPSIR framework for improving the Kal-Aji watershed health and reducing associated adverse impacts

Response	Related items	Response	Related items
Amending the detailed - executive watershed management studies instruction based on assessing the impacts of proposed action plans (R ₁)	D ₁	Development of waste collection and disposal system and domestic wastewater treatment (R ₁₅)	P ₅
Reviewing population growth policies (R ₂)	D ₂	Development of storage centers for auxiliary forage purchased during the harvest season (R ₁₆)	P ₁ , P ₆ , P ₁₃ , I ₄
Amending laws and regulations related to land affairs (R ₃)	D ₃	Grazing management (R ₁₇)	P ₁ , P ₆
Assessing ecological potential and considering land use planning (R ₄)	D ₃ , D ₅ , D ₆ , P ₃	Physical and technical protection of the watershed (R ₁₈)	P ₁ , P ₆ , P ₉ , P ₁₀ , P ₁₂
Developing poverty alleviation policies (R ₅)	D ₄	Education and extension in agriculture and rangeland management (R ₁₉)	P ₁ , P ₆ , P ₈ , P ₁₁ , P ₁₅ , P ₁₆
Developing alternative livelihoods (R ₆)	D ₄ , D ₅ , P ₁ , I ₅ , I ₆	Relocation of rural settlements at risk of landslides (R ₂₀)	P ₃
Strengthening the Natural Resources Protection Unit (R ₇)	D ₈	Implementation of cadastre (R ₂₁)	P ₁₂
Formulating or amending construction operation guidelines based on soil and water conservation (R ₈)	D ₆	Development of rainwater harvesting systems (R ₂₂)	S ₁
Implementing all natural resource plans based on the integrated watershed management approach (R ₉)	D ₈	Development of water treatment plants in the watershed (R ₂₃)	S ₄ , S ₅
Establishing an integrated watershed management coordination working group (R ₁₀)	D ₈	Implementation of rangeland management plans (R ₂₄)	S ₁ , S ₂ , S ₃ , S ₄ , S ₆ , I ₄
Rangeland survey and reviewing grazing permissions in customary systems (R ₁₁)	P ₁	Development of insurance services in the watershed (R ₂₅)	I ₁ , I ₂
Soil and water conservation and flood control practices (R ₁₂)	P ₂ , P ₁₀ , P ₁₄ , S ₁ , S ₂ , S ₃ , S ₄ , S ₆ , P ₁ , P ₃ , P ₅	Support packages (R ₂₆)	I ₁
Culture building to reduce watershed hazards (R ₁₃)	P ₆ , P ₉ , P ₁₀ , P ₁₄ , P ₁₆	Import of food (R ₂₇)	I ₃
Culture building to optimize the use of watershed resources (R ₁₄)	P ₁ , P ₆ , P ₇ , P ₉	Dam dredging operations (R ₂₈)	I ₇

جدول ۳- آماره‌های سنجش پایایی پرسشنامه‌ها برای مؤلفه‌های مختلف چارچوب DPSIR

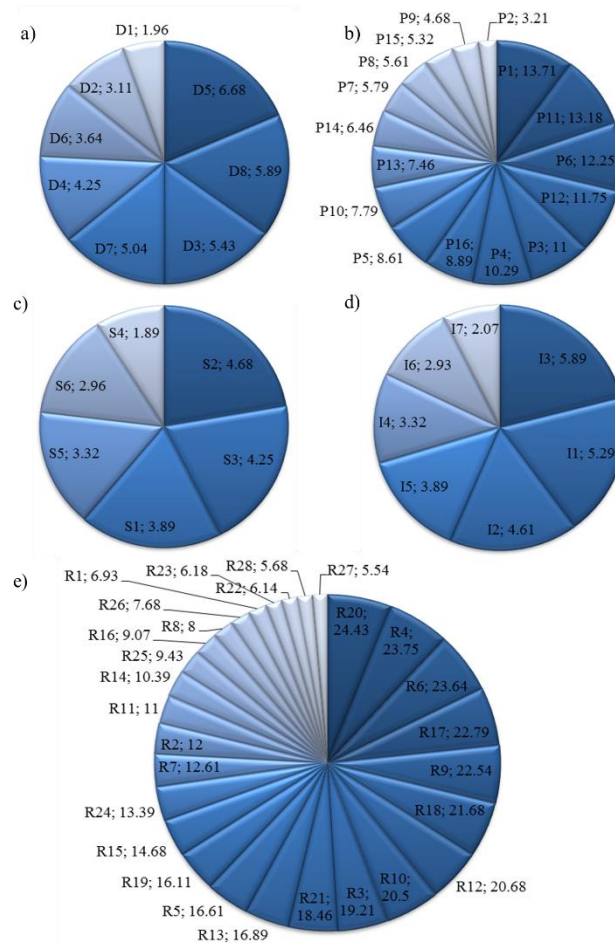
Table 2. Statistics for measuring the reliability of questionnaires for different components of the DPSIR framework

Row	Component	Number of items	Cronbach's Alpha	Reliability
1	Driver	8	0.897	Good
2	Pressure	16	0.774	Acceptable
3	State	6	0.828	Good
4	Impact	7	0.860	Good
5	Response	28	0.754	Acceptable

جدول ۴- آماره‌های آزمون فریدمن برای متغیرهای مختلف مؤلفه‌های DPSIR از دیدگاه خبرگان

Table 4. Friedman's test statistics for different items of the DPSIR components from the viewpoint of experts

Component	Item, Mean rank	Number of questionnaires	Chi-Square	Degree of freedom	Asymp. Sig.
Driver	D ₁ , 1.96; D ₂ , 3.11; D ₃ , 5.43; D ₄ , 4.25; D ₅ , 6.68; D ₆ , 3.64; D ₇ , 5.04; D ₈ , 5.89		62.793	7	
Pressure	P ₁ , 13.71; P ₂ , 3.21; P ₃ , 11.00; P ₄ , 10.29; P ₅ , 8.61; P ₆ , 12.25; P ₇ , 5.79; P ₈ , 5.61; P ₉ , 4.68; P ₁₀ , 7.79; P ₁₁ , 13.18; P ₁₂ , 11.75; P ₁₃ , 7.46; P ₁₄ , 6.46; P ₁₅ , 5.32; P ₁₆ , 8.89		139.126	15	
State	S ₁ , 3.89; S ₂ , 4.68; S ₃ , 4.25; S ₄ , 1.89; S ₅ , 3.32; S ₆ , 2.96		38.191	5	
Impact	I ₁ , 5.29; I ₂ , 4.61; I ₃ , 5.89; I ₄ , 3.32; I ₅ , 3.89; I ₆ , 2.93; I ₇ , 2.07	26	52.638	6	0.000
Response	R ₁ , 6.93; R ₂ , 12.00; R ₃ , 19.21; R ₄ , 23.75; R ₅ , 16.61; R ₆ , 23.64; R ₇ , 12.61; R ₈ , 8.00; R ₉ , 22.54; R ₁₀ , 20.50; R ₁₁ , 11.00; R ₁₂ , 20.68; R ₁₃ , 16.89; R ₁₄ , 10.39; R ₁₅ , 14.68; R ₁₆ , 9.07; R ₁₇ , 22.79; R ₁₈ , 21.68; R ₁₉ , 16.11; R ₂₀ , 24.43; R ₂₁ , 18.46; R ₂₂ , 6.14; R ₂₃ , 6.18; R ₂₄ , 13.39; R ₂₅ , 9.43; R ₂₆ , 7.68; R ₂₇ , 5.54; R ₂₈ , 5.68		291.896	27	



شکل ۴- اولویت‌بندی متغیرهای مختلف مؤلفه‌های چارچوب DPSIR مبتنی بر شاخص میانگین رتبه حاصل از آزمون فریدمن از دیدگاه خبرگان (a: پیشران، b: فشار، c: وضعیت، d اثر و e پاسخ)

Fig. 4. Prioritizing the different items of the DPSIR framework components based on the mean rank indicator obtained from the Friedman test from the viewpoint of experts (a: Driver, b: Pressure, c: State, d: Impact, and e: Response)

تأکید در سایر تحقیقات به‌عنوان عواملی غیرمستقیم برای شکل‌گیری فشارهای متعاقب خود و اثرگذار بر وضعیت سلامت آبخیز هستند (Mosaffaie et al., 2021a؛ Obubu et al., 2022؛ Kamali et al., 2023؛ Soleimanpour et al., 2023).

در این ارتباط، قانون توسعه باغات در اراضی شیب‌دار، از جمله قوانین پیشرانی است که به‌عنوان یک نیروی محرک برای تغییر غیراصولی کاربری اراضی، در آبخیز کال‌آجی عمل نموده است. لازم به توضیح است که امکان‌سنجی توسعه باغات در اراضی شیب‌دار پس از ارزیابی توان بوم‌شناختی و پتانسیل‌های منطقه، مشکل‌زا نخواهد بود (Oskouei et al., 2024). همچنین، در ارتباط با پیشران D_8 ، انسجام درون و برون‌سازمانی ضعیف و نیز کمبود نیروهای یگان حفاظت منابع طبیعی در حوضه، در قالب این پیشران P_1 در نظر گرفته شده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که

باتوجه به کوچک‌تر بودن سطح‌های معنی‌داری به‌دست‌آمده از اجرای آزمون فریدمن از مقدار 0.01 ($\text{Sig.} = 0.000$)، با اطمینان ۹۹ درصد، تفاوت معنی‌داری میان انواع متغیرهای شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های چارچوب DPSIR وجود دارد (Habibpour and Safari, 2017). بر این اساس، اولویت‌بندی اهمیت متغیرها، مبتنی بر مقادیر شاخص میانگین رتبه حاصل از آزمون فریدمن، قابل قبول است (جدول ۴ و شکل ۴).

نتایج نشان داد که پیشران‌های D_5 (سیاست‌های توسعه‌ای در بخش‌های کشاورزی و دامداری)، D_8 (ضعف در مدیریت و تشکیلات) و D_3 (قوانین ناکارآمد یا غیراصولی امور اراضی)، به ترتیب اهمیت، سه اولویت نخست را از دیدگاه کارشناسان به خود اختصاص داده‌اند. این پیشران‌ها از جمله پیشران‌های مهم مورد

سرزمین)، R_6 (توسعه معیشت‌های جایگزین در حوضه)، R_{17} (مدیریت چرا) و R_9 (اجرای کلیه طرح‌های منابع طبیعی در قالب برنامه‌های حاصل از الگوی مدیریت جامع حوضه آبخیز)، به ترتیب پنج اولویت نخست را در حذف یا تعدیل پیشران‌ها و فشارها، بهبود وضعیت سلامت آبخیز کال آجی و حذف یا تعدیل اثرات نامطلوب وضعیت سلامت آن، به خود اختصاص داده‌اند. در این ارتباط، پاسخ‌های R_4 ، R_6 ، R_{17} و R_9 از جمله پاسخ‌های رایج مورد توجه قرار گرفته در سایر تحقیقات انجام شده در دیگر حوضه‌های آبخیز کشور است (Azimi et al., 2020؛ Salehpour Jam et al., 2021b؛ Sobhani et al., 2023).

در این ارتباط، توجه به نکات ذیل ضروری است: (۱) اگرچه برخی پاسخ‌ها از اولویت کمتری در قیاس با سایر پاسخ‌ها برخوردارند (جدول ۴ و شکل ۴)، اما توجه به کلیه راه‌حل‌های مرتفع‌کننده مشکلات شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های چارچوب DPSIR ضروری است. بر این اساس، با توجه به اینکه طیف وسیعی از پاسخ‌ها مبتنی بر رویکردهای واکنشی (درمانی) و پیشگیرانه شناسایی و معرفی شده‌اند، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، فقط مبتنی بر عملیات حفاظت آب و خاک و کنترل سیلاب در حال اجرای خویش (GDNRWGM, 2022d)، قادر به بهبود وضعیت سلامت حوضه و کاهش اثرات نامطلوب آن نیست (Salehpour Jam et al., 2021a)؛ (۲) حضور انواع پیشران‌ها و فشارهای مرتبط با ذی‌ربطان حوضه و نیز انواع پاسخ‌های مرتبط با آنها (جدول ۴ و شکل ۴)، نشان‌دهنده ضرورت توجه به نقش آفرینی ذی‌ربطان مختلف حوضه در فرایند برنامه‌ریزی برای بهبود سلامت حوضه و کاهش مخاطرات مربوطه است. بر این اساس، توجه به رویکرد مدیریت جامع آبخیز و ایجاد سازمان کار ذی‌ربطان حوضه به منظور مدیریت یک‌پارچه و مشارکتی آبخیز، ضروری است (Salehpour Jam and Mosaffaie, 2023)؛ (۳) اگرچه شناسایی و اولویت‌بندی پاسخ‌های مدیریتی همواره در تحقیقات ساختاربنندی مسأله با استفاده از چارچوب DPSIR مورد توجه قرار گرفته است (Zandebasiri et al., 2021)، اما تدوین برنامه‌های عملیاتی مربوطه نیز، به‌عنوان گام بعدی این تحقیقات می‌بایست مدنظر قرار

(فزون دامی)، P_{11} (شخم در جهت شیب)، P_6 (چرای زودرس و طولانی‌مدت دام)، P_{12} (تصرف گسترده اراضی) و P_3 (تغییر غیراصولی کاربری اراضی)، به ترتیب پنج اولویت نخست فشارها را در شکل‌گیری وضعیت کنونی سلامت آبخیز کال آجی، به خود اختصاص داده‌اند. این فشارها، از جمله فشارهای رایج در حوضه‌های آبخیز کشور هستند (Salehpour Jam et al., 2021b؛ Talebi and Mohamadi et al., 2022؛ Karimi, 2024).

در این پژوهش، S_2 (پتانسیل تولید فرسایش و رسوب بالای حوضه) به‌عنوان مهم‌ترین شاخص وضعیت سلامت حوضه اولویت‌بندی شد (جدول ۴ و شکل ۴). همخوان با نتایج سایر تحقیقات (Balzan et al., 2019؛ Salehpour Jam et al., 2021a؛ Karimi Sangchini et al., 2022)، علاوه بر کاربست پاسخ‌های واکنشی حفاظت آب و خاک آبخیزداری با هدف بهبود مستقیم وضعیت، توجه به پاسخ‌های پیشگیرانه مرتفع‌کننده انواع پیشران‌ها و فشارهای شناسایی شده منتج به وضعیت کنونی پتانسیل تولید فرسایش و رسوب حوضه، ضروری است (جدول ۲).

همچنین، S_3 (کاهش حاصلخیزی خاک) و S_1 (پتانسیل سیل‌خیزی) در رتبه‌های بعدی اهمیت، اولویت‌بندی شدند. مشابه S_2 ، بهبود این وضعیت‌ها نیز نیازمند توجه به هر دو مقوله پاسخ‌های واکنشی و پیشگیرانه برای حذف یا تعدیل پیشران‌ها و فشارهای مرتبط و بهبود وضعیت مربوطه است. همچنین در این پژوهش، رتبه‌بندی پیامدهای ناشی از وضعیت کنونی سلامت آبخیز نشان داد که، I_3 (کاهش امنیت غذایی)، I_1 (خسارت‌های جانی یا مالی به اراضی، زیرساخت‌ها، تأسیسات و ابنیه) و I_2 (ایجاد مشکل در حوضه سلامت و بهداشت)، به ترتیب اولویت اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. این اثرات از جمله پیامدهای ناشی از وضعیت نامناسب سلامت آبخیز در بسیاری از حوضه‌های آبخیز کشور است (Akbari et al., 2021؛ Mosaffaie et al., 2021؛ Zarei et al., 2024).

اولویت‌بندی اهمیت انواع پاسخ‌های واکنشی و پیشگیرانه نشان داد که R_{20} (جابه‌جایی سکونت‌گاه‌های روستایی در معرض خطر زمین‌لغزش)، R_4 (ارزیابی توان اکولوژیک و مینا قراردادن آمایش

جایگزین در حوضه)، R₁₇ (مدیریت چرا) و R₉ (اجرای کلیه طرح‌های منابع طبیعی در قالب برنامه‌های حاصل از الگوی مدیریت جامع حوزه آبخیز)، به ترتیب پنج اولویت نخست را از نظر اهمیت در میان انواع پاسخ‌های شناسایی شده دارا بودند.

حضور مطالعات تفصیلی-اجرایی آبخیزداری مرتبط با حوزه آبخیز کال‌آجی و نیز دست‌اندرکاران محلی و کارشناسان متخصص مراکز مختلف اجرایی و پژوهشی آگاه به حوضه، از نقاط قوت این مطالعه بود. ساختار بندی مسأله انجام شده در این مطالعه، به‌عنوان الگویی برای شناسایی انواع پاسخ‌های واکنشی و پیشگیرانه بهبود وضعیت سلامت حوضه و حذف یا کاهش اثرات نامطلوب مربوطه به مدیران ادارات منابع طبیعی و آبخیزداری کشور با هدف کاربست در سایر آبخیزها، پیشنهاد می‌شود. همچنین، توجه به: (۱) کلیه راه‌حل‌های مرتفع‌کننده مشکلات شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های چارچوب DPSIR، (۲) نقش‌آفرینی ذی‌ربطان مختلف حوضه در فرایند برنامه‌ریزی برای بهبود سلامت حوضه و کاهش مخاطرات مربوطه، (۳) تدوین برنامه‌های عملیاتی مرتبط با پاسخ‌ها و (۴) توسعه سامانه‌های پشتیبان تصمیم و پایگاه داده‌های مربوطه، قویاً پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

پژوهش جاری در قالب پروژه تحقیقاتی با کد ۱۲۴-۲۹-۲۹-۱۹-۰۳۳-۰۱۰۶۲۳، با استفاده از اعتبارات مالی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و طرح کلان مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به انجام رسیده است. نویسندگان بدین‌وسیله از تمامی دست‌اندرکاران و به‌ویژه از ساکنان مهربان روستاهای حوضه کال‌آجی صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافی وجود ندارد و این مساله مورد تایید همه نویسندگان است.

گیرد؛ (۴) باتوجه‌به اینکه ترسیم روند تغییرات هر یک از مؤلفه‌های چارچوب DPSIR مبتنی بر تعریف شاخص‌هایی سنجش‌پذیر برای هر یک از متغیرهای شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های چارچوب DPSIR امکان‌پذیر است (Sun et al., Shi and Zhou, 2023)، توسعه پایگاه داده‌های مربوطه و سامانه‌های پشتیبان تصمیم به‌منظور بهره‌گیری از تحلیل‌های مربوطه قویاً پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که چارچوب DPSIR، چارچوبی مناسب برای شناسایی و ساختار بندی انواع پیشران‌ها و فشارهای منتج به وضعیت کنونی سلامت آبخیز کال‌آجی و اثرات نامطلوب مربوطه و نیز شناسایی انواع پاسخ‌های مدیریتی واکنشی و پیشگیرانه برای بهبود وضعیت سلامت حوضه و حذف یا کاهش اثرات نامطلوب وضعیت سلامت کنونی حوضه است. نتایج آزمون فریدمن نشان‌دهنده حضور تفاوت معنی‌دار میان اهمیت انواع متغیرهای شناسایی شده در ذیل مؤلفه‌های چارچوب DPSIR بود.

براین‌اساس، D₅ (سیاست‌های توسعه‌ای در بخش‌های کشاورزی و دامداری)، P₁ (فزون دامی)، S₂ (پتانسیل تولید فرسایش و رسوب بالای حوضه)، I₃ (کاهش امنیت غذایی) به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین پیشران، فشار، وضعیت و اثر اولویت‌بندی شدند.

مبتنی بر پیوند میان مؤلفه پاسخ با دیگر مؤلفه‌های چارچوب DPSIR، پاسخ‌های شناسایی شده در این مطالعه، به یکی از سه حالت ذیل، مرتفع‌کننده مشکلات فهرست شده در ذیل مؤلفه‌های چهارگانه پیشران - فشار - وضعیت - اثر بودند: (۱) پاسخی خاص برای مشکلی خاص، (۲) پاسخی چندهدفه که مرتفع‌کننده بیش از یک مشکل است و (۳) وجود پاسخ‌های مختلف برای مشکلی خاص. اولویت‌بندی اهمیت انواع پاسخ‌های واکنشی و پیشگیرانه نشان داد که R₂₀ (جابه‌جایی سکونت‌گاه‌های روستایی در معرض خطر زمین‌لغزش)، R₄ (ارزیابی توان اکولوژیک و مینا قراردادن آمایش سرزمین)، R₆ (توسعه معیشت‌های

منابع مورد استفاده

- Akbari, M., Memarian, H., Neamatollahi, E., Jafari Shalamzari, M., Alizadeh Noughani, M., Zakeri, D., 2021. Prioritizing policies and strategies for desertification risk management using MCDM–DPSIR approach in northeastern Iran. *Env. Dev. Sustain.*, 23, 2503-2523.
- Alexakis, D.E., 2021. Linking DPSIR model and water quality indices to achieve sustainable development goals in groundwater resources. *Hydrol.* 8, 90.
- 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. *Sustain.* 17, 277.
- Asadi, M.A., Jamnezhad, F., Ekhtesasi, M.R., Hosseini, S.Z., 2022. Investigating the effects of drought and land-use changes on quantity and quality of groundwater resources: a case study of Darab plain. *Desert Ecosyst. Eng.*, 9, 89-102 (in Persian).
- Azimi, M., Haghdadi, M., Riyazinia, V., Molnár, Z., 2020. Expert understandings on rangeland ecosystem services and their sustainable management (Atrak River Basin, NE Iran). *Environ. Resour. Res.* 8, 109-120.
- Balzan, M.V., Pinheiro, A.M., Mascarenhas, A., Morán-Ordóñez, A., Ruiz-Frau, A., Carvalho-Santos, C., Vogiatzakis, I.N., Arends, J., Santana-Garcon, J., Roces-Díaz, J.V., Brotons, L., 2019. Improving ecosystem assessments in Mediterranean social-ecological systems: A DPSIR analysis. *Ecosyst. People* 15, 136-155.
- Du, Z., Ji, X., Zhao, W., Jiang, J., He, Z., Liu, H., Gao, J., Wang, X., 2024. Integrating revised DPSIR and ecological security patterns to assess the health of alpine grassland ecosystems on the Qinghai–Tibet Plateau. *Sci. Total Environ.* 957, 177833.
- Ebrahimi Gatgash, Z., Sadeghi, S.H., 2023. Prioritization-based management of the watershed using health assessment analysis at sub-watershed scale. *Environment, Dev. Sustain.* 25, 9673-9702.
- GDNRWGM, 2022a. Botanical report, detailed studies of Kal-Aji watershed, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Golestan (GDNRWGM), Golestan, Iran (in Persian).
- GDNRWGM, 2022b. Erosion and sedimentation report, detailed studies of Kal-Aji watershed, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Golestan (GDNRWGM), Golestan, Iran, 117 (in Persian).
- GDNRWGM, 2022c. Meteorological report, detailed studies of Kal-Aji watershed, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Golestan (GDNRWGM), Golestan, Iran, 141 (in Persian).
- GDNRWGM, 2022d. Synthesis report, detailed studies of Kal-Aji watershed, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Golestan (GDNRWGM), Golestan, Iran, 220 (in Persian).
- Irani, T., Abghari, H., Rasouli, A.A., 2024. Analyzing the Threats of Climate Change and Land Use Changes on Increasing Flood Risk in the Shahrchay Drainage Basin. *J. Nat. Environ. Hazards* 1-12 (in Persian).
- Jahani, F., Malekmohammade, B., Zebardast, L., Adele, F., 2015. Investigate the potential and application of ecosystem services as ecological indicators in the DPSIR model (case study: Choghakhor Wetland). *Environ. Res.* 5, 109-120.
- Jones, C., Palmer, R.M., Motkaluk, S., Walters, M., 2002. *Watershed health monitoring: emerging technologies*. CRC Press. USA.
- Kamali, M., Azarnivand, H., Malekian, A., Mosaffaei, J., 2023. Developing management solutions for Alolak watershed in the Qazvin province using the DPSIR approach. *J. Watershed Manag. Res.* 14, 148-162 (in Persian).
- Karimi Sangchini, E., Salehpour Jam, A., Mosaffaie, J., 2022. Flood risk management in Khorramabad watershed using the DPSIR framework. *Nat. Hazards* 114, 3101-3121.
- Duan, T., Feng, J., Chang, X., Li, Y., 2022. Watershed health assessment using the coupled integrated multistatistic analyses and PSIR framework. *Sci. Total Environ.* 847, 157523.
- EEA, 1995. *Europe's Environment: The Dobris Assessment*. European Environmental Agency, Copenhagen.
- George, D., Mallery, P., 2003. *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*, 11.0 Update (4th ed.), Allyn and Bacon, Boston.
- Habibpour, K., Safari, R., 2017. *Comprehensive SPSS application guide in survey research*. Motefakeran press. Tehran.
- Mansourfar, K., 2006. *Advanced methods of statistics with computer programs*. University of Tehran Press, Tehran, 123 pages (in Persian).

- Matthews, K., Eddy, M., Jones, P., Southerland, M., Morgan, B., Rogers, G., 2015. Tennessee Integrated Assessment of Watershed Health. EPA, USA.
- Mohamadi, A.M., Mousavi, S.A., Kiani, G., Koupaei, S.S., 2022. The rangeland users' willingness to be paid for reduction of grazing pressure in Bardeh and Karsanak rangelands. *J. Rangeland* 16, 158-173 (in Persian).
- MohamadiZadeh, M.J., Nabi Bidhandi, G., Karbasi, A., 2024. Investigating the environmental status of air pollution in Tehran using AHP-DPSIR combined model. *J. Urban Manag. Environ. Eng.* 1, 67-84.
- Mosaffaie, J., Salehpour Jam, A., Tabatabaei, M.R., Kousari, M.R., 2021a. Developing resources management responses in the Gorganroud Watershed using the driving force, pressure, state, impact, response (DPSIR) Software. *Watersh. Manag. Res. J.* 34, 93-111 (in Persian).
- Mosaffaie, J., Salehpour Jam, A., Tabatabaei, M.R., Kousari, M.R., 2021b. Trend assessment of the watershed health based on DPSIR framework. *Land Use Policy* 100, 104911.
- Naseri, F., Azari, M., Dastorani, M.T., 2021. Spatial optimization of soil and water conservation practices using coupled SWAT model and evolutionary algorithm. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 9, 566-577.
- Noor, H., Arabkhedri, M., Parvizi, Y., 2024. Evaluating the effect of watershed management measures on soil erosion and runoff production at the plot and watershed scales in Kakhk Paired Watersheds. *Watersh. Eng. Manag.* 16, 16-32.
- Ntona, M.M., Busico, G., Mastrocicco, M., Kazakis, N., 2023. Coupling SWAT and DPSIR models for groundwater management in Mediterranean catchments. *J. Environ. Manag.* 344, 118543.
- Obubu, J.P., Odong, R., Alamerew, T., Fetahi, T., Mengistou, S., 2022. Application of DPSIR model to identify the drivers and impacts of land use and land cover changes and climate change on land, water, and livelihoods in the L. Kyoga basin: implications for sustainable management. *Environ. Syst. Res.* 11, 1-11.
- Oskouei, A., Rahmani, A., Mousavi, S.R., Delsouz Khaki, B., 2024. Feasibility study of developing rainfed fig orchards in sloping lands using global soil database (Case study: Abaraq dry lands, Kerman). *Res. Pomol.* 9, 1-12 (in Persian).
- Pahang, A., Komaki, C.B., Zolfaghari, F., Asgari, H., Nazarnejad, H., 2024. Desertification Evaluation and its Site Assessment: A Case Study of Saravan City, Sistan and Baluchistan Province, Iran. *Desert Ecosyst. Eng.* 13, 43-60.
- Parastatidou, E., Ntona, M.M., Kazakis, N., Pliakas, F.K., 2025. Coupling Driving Force–Pressure–State–Impact–Response–Management Framework with Hydrochemical Data for Groundwater Management on Sithonia Peninsula, Greece. *Geosciences* 15, 24.
- Pazhuhani, M., Amirzadeh, M., 2024. Flood risk perception and disaster preparedness in marginalised flood-prone communities: evidence from Saadi neighbourhood, Shiraz, Iran. *Local Environ.* 29, 680-704.
- Sadeghi, S.H., Chamani, R., Silabi, M.Z., Tavosi, M., Katebikord, A., Darvishan, A.K., Moosavi, V., Sadeghi, P.S., Vafakhah, M., Rekabdarkolaei, H.M., 2023. Watershed health and ecological security zoning throughout Iran. *Sci. Total Environ.* 905, 167123.
- Sadeghi, S.H., Hazbavi, Z., 2022. Land degradation in Iran. In *Global Degradation of Soil and Water Resources: Regional Assessment and Strategies* (pp. 287-314). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Salehpour Jam, A., Mosaffaie, J., 2023. Introducing the concept of a ladder of watershed management: A stimulus to promote watershed management approaches. *Environ. Sci. Policy* 147, 315-325.
- Salehpour Jam, A., Mosaffaie, J., Tabatabaei, M.R., 2021a. Assessment of comprehensiveness of soil conservation measures using the DPSIR framework. *Environ. Monit. Assess.* 193(1), 42.
- Salehpour Jam, A., Mosaffaie, J., Tabatabaei, M.R., 2021b. Management responses for Chehel-Chay watershed health improvement using the DPSIR framework. *J. Agric. Sci. Technol.* 23, 797-811.
- Salehpour Jam, A., Mosaffaie, J., Tabatabaei, M.R., 2023. Raster-based landslide susceptibility mapping using compensatory MADM methods. *Environ. Model. Softw.* 159, 105567.
- Sarah, D., Mulyono, A., Satriyo, N.A., Soebowo, E., Wirabuana, T., 2022. Towards sustainable land subsidence mitigation in Semarang and Demak, Central Java: Analysis using DPSIR Framework. *J. Water Land Dev.* 150-165.
- Shi, Z., Zhou, S., 2023. A study on the dynamic evaluation of ecosystem health in the Yangtze river Basin of China. *Ecol. Indic.* 153, 110445.
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Wolf, I.D., Deljouei, A., Marcu, M.V., Sadeghi, S.M.M., 2023. Evaluating the ecological security of ecotourism in protected area based on the DPSIR model. *Ecol. Indic.* 155, 110957.

- Soleimanpour, S.M., Salehpour Jam, A., Mosaffaie, J., Noroozie, K., 2023. Land Subsidence Risk Management Solutions in Seydan-Farooq Plain of Fars Province with the Driving Force-Pressure-State-Impact-Response Approach. *Watersh. Manag. Res.* 36, 50-65 (in Persian).
- Soltani, M.J., Motamedvaziri, B., Mosaffaei, J., Noroozi, A.A., Ahmadi, H., 2023. Cause and effect analysis of the trend of dust storms using the DPSIR framework in the Hendijan region. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 20, 4919-4930.
- Sun, C., Wang, X., Zhang, Y., 2024. Ecological health assessment of an arid basin using the DPSIRM model and TOPSIS—A case study of the Shiyang River basin. *Ecol. Indic.* 161, 111973.
- Talebi, A., Karimi, Z., 2024. Incorporation of management responses in the direction of soil erosion changes from the past to the future based on the RUSLE and DPSIR model. *Environ. Sustain. Indic.* 100412.
- Wang, H., Huang, L., Zhang, H., Fu, Y., Guo, W., Jiao, X., Zhou, H., Zhu, Y., 2023. Development of a decision framework for river health and water yield ecosystem service in watershed. *J. Hydrol.* 623, 129773.
- Vasić, F., Caković, M., Dragović, N., Jovanović, N., Rončević, V., Živanović, N., Zlatić, M., 2024. Current Trends and Future Perspectives of Integrated Watershed Management. *South-east European forestry: SEEFOR*, 15, 103-116.
- Zandebasiri, M., Grosej, P., Azadi, H., Serio, F., Abbasi Shureshjani, R., 2021. DPSIR framework priorities and its application to forest management: a fuzzy modeling. *Environ. Monit. Assess.* 193, 598.
- Zarei, A.K., Ghasemi, S., Parvaresh, H., Qanateghestani, M.D., 2024. Design of an environmental management model for the efficient use of urban floods using the DPSIR model (case study: Tehran city). *Anthropog. Pollut.* 8.
- Zhao, Y., Zhao, X., Fan, D., Qiu, Y., 2023. A comprehensive method for refining essential SDGs variables for land degradation monitoring based on the DPSIR framework. *Int. J. Digital Earth* 16, 741-761.

