Sustainable Urban & Regional Development Studies Quarterly

Volume 6, Issue 2 - Serial Number 20, Summer 2026 **Online ISSN: 2783-0764**
Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_216671.html?lang=en

Assessment and prioritization of the Water Security Index (WSI) in the Qarasu watershed sub-basins in Ardabil province[1]

Fariba Esfandyari Darabad [1 *],Behrouz Nezafat Takle [2,] Raoof Mostafazadeh[3]
[1] Professor of Geomorphology, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Phd student of geomorphology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3.Associate Professor, Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received Date: 01 January 2025 **Accepted Date:** 02 March 2025

Abstract

Background and Objective: Water security as a comprehensive concept that encompasses the measurement of the achievement of various water resources management goals. In other words, water security is strongly influenced by many factors, including increasing urban population, economic development, changes in living standards, increasing water pollution, overexploitation of groundwater resources, and climate change. The purpose of the present study is to evaluate and prioritize the Water Security Index (WSI) in the Qarasu sub-basins in Ardabil province.

Methodology: In this study, hydrological (H), environmental (E), life (L) and ... indicators were used to estimate the water security index. In other words, the water security index uses the combination of the aforementioned indicators and normalization to assess the sustainability of the watershed.

Results and findings: The results of the environmental criteria assessment showed that the most rangeland is in sub-basin (17) with 19.33 percent, and in terms of forest land, the most is in sub-basin (7) with 60.92 percent, and the least rangeland is in sub-basin (11) with 0.04 percent, and forest land is in sub-basins (5, 11, 14) with 0.01 percent. The results of the life criteria assessment also showed that the most human development is in sub-basins (1, 4, 5, 11, 14, 15, 17, 24, 25) with a maximum score of 1. Finally, based on the results of combining the (H, E, L) indicators, the results of the Water Security Index (WSI) showed that the highest level of sustainability of the Qarasu-Samian watershed in terms of water security is related to sub-basin (1) with a value of 0.63, which indicates the sustainability of this sub-basin in the entire area of the Qarasu-Samian watershed. Also, the lowest level of water security sustainability of the watershed was assigned to sub-basin (21) with a value of 0.03, which indicates a very high weakness of the water security of the sub-basin in the entire area of the Qarasu-Samian watershed.

Conclusion: Therefore, it is concluded that the higher the sub-basins are in terms of hydrological, environmental and life indicators, the higher the watershed will be in terms of sustainability and water security. Finally, it is suggested that in future studies, more tests, indicators and new methods should be used to assess the water security of the watershed.

Keywords: Prioritization, Water Security Index, Gharesu Watershed, Ardabil Province.

[1] This article is extracted from the elite research project titled "Assessment and Prioritization of Water Security Index (WSI) in Qarasu Sub-basins" conducted at the University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Employer: University of Mohaghegh Ardabili Project, Supervisor: Fariba Esfandiari Darabad, Elite Soldier: Behrouz Nezafat Takleh.

* **Correspong Author Email** Esfandyari@uma.ac.ir

Cite this article: Esfandyari Darabad, F., Nezafat Takle, B. and Mostafazadeh, R. (2025). Assessment and prioritization of the Water Security Index (WSI) in the Qarasu watershed sub-basins in Ardabil province. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 7(1), 1-12.

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

دوره ۷، شماره ۱، شماره پیاپی ۲۳، بهار ۱۴۰۵ شاپا:۰۷۶۴-۲۷۸۳

Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_216671.html?lang=fa

ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو در استان اردبیل[۱]

فریبا اسفندیاری درآباد*[۱] ، بهروز نظافت‌تکله[۲] ، رئوف مصطفی‌زاده[۳]

۱. استاد ژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲.دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی اردبیل ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: امنیت آبی به‌عنوان مفهومی جامع که سنجش میزان دست‌یابی به اهداف مختلف مدیریت منابع آب را در بر می‌گیرد. به‌عبارتی امنیت آب شدیداً تحت تاثیر عوامل بسیاری از جمله، افزایش جمعیت شهرنشینی، توسعه اقتصادی، تغییرات در استاندارد زندگی، افزایش آلودگی آب، برداشت بیش از اندازه از منابع آب‌های زیرزمینی و تغییرات آب و هوای است. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو در استان اردبیل است.

روش‌شناسی: در این پژوهش از شاخص‌های هیدرولوژی (H)، محیط‌زیستی (E)، زندگی (L) و ... جهت برآورد شاخص امنیت آب استفاده شد. به‌عبارتی شاخص امنیت آب از تلفیق شاخص‌های مذکور و نرمال نمودن جهت ارزیابی پایداری حوزه آبخیز استفاده می‌کند.

نتایج و یافته‌ها: نتایج حاصله از ارزیابی معیار محیط‌زیستی نشان داد که بیش‌ترین اراضی مرتعی مربوط به زیرحوزه (۱۷) با مقدار ۱۹/۳۳ درصد و از نظر اراضی جنگلی بیش‌ترین مقدار به زیرحوزه (۷) با ۶۰/۹۲ درصد اختصاص دارد و کم‌ترین میزان اراضی مرتعی به‌ترتیب به زیرحوزه (۱۱) با مقدار ۰/۰۴ و اراضی جنگلی مربوط به زیرحوزه‌های (۵، ۱۱، ۱۴) با مقدار ۰/۰۱ است. نتایج حاصله از ارزیابی معیار زندگی نیز نشان داد که بیش‌ترین توسعه انسانی در زیرحوزه‌های (۱، ۴، ۵، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۲۴، ۲۵) با حداکثر امتیاز ۱ می‌باشد. درنهایت براساس نتایج حاصله از تلفیق شاخص‌های (H, E, L)، نتایج شاخص امنیت آب (WSI) نشان داد که بیش‌ترین میزان پایداری حوزه آبخیز قره‌سو سامیان از نظر امنیت آب مربوط به زیرحوزه (۱) با مقدار ۰/۶۳ است که نشان از پایداری این زیرحوزه در کل سطح حوزه آبخیز قره‌سو سامیان است. هم‌چنین پایین‌ترین سطح پایداری حوزه از نظر امنیت آب نیز به زیرحوزه (۲۱) با مقدار ۰/۰۳ اختصاص یافت که نشان از ضعف بسیار بالایی امنیت آب زیرحوزه در کل سطح حوزه آبخیز قره‌سو سامیان است.

نتیجه‌گیری: بنابراین نتیجه‌گیری می‌گردد که هرچه زیرحوزه‌ها از نظر شاخص‌های هیدرولوژی، محیط‌زیستی و زندگی در سطح بالایی قرار بگیرند حوزه از پایداری و امنیت آب بالا برخوردار خواهد شد. درنهایت پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی از آزمون‌ها، شاخص‌های بیش‌تر و روش‌های جدیدی جهت ارزیابی امنیت آب حوزه آبخیز استفاده گردد.

واژگان کلیدی: اولویت‌بندی، شاخص امنیت آب، حوزه آبخیز قره‌سو، استان اردبیل.

---

[۱] . این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی نخبگان تحت عنوان ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو در دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل، ایران انجام شده است. کارفرما: دانشگاه محقق اردبیلی، ناظر طرح: فریبا اسفندیاری درآباد، سرباز نخبه آقای بهروز نظافت تکله.

*نویسنده مسئول: Esfandyari@uma.ac.ir

ارجاع به این مقاله: اسفندیاری درآباد, فریبا , نظافت تکله, بهروز و مصطفی زاده, رئوف . (۱۴۰۳). ۱.ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو در استان اردبیل. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای, ۷(۱), ۱-۱۲.

مقدمه و بیان مسأله

آب به‌عنوان مهم‌ترین و محوری‌ترین عنصر حیات بشر و به‌صورت یک منبع استراتژیک برای توسعه پایدار اقتصادی اجتماعی و به‌عنوان یک عامل مهم و ارزشمند در ایجاد واگرایی و یا هم‌گرایی بین دولت‌ها و کشورها نقش آفرینی میکند (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷). هم‌چنین نقش اساسی در حمایت از جوامع و اکوسیستمهای عادلانه پایدار و مولد دارد، تأمین آب سالم برای همه و مدیریت آب برای داشتن یک محیط‌زیست پویا، هدفی مشترک در سرتاسر جهان است که با چالش‌های متعددی روبه‌رو است. تنها مسیر برای تحقق این هدف داشتن نظام‌های حکمرانی مطلوب آب است زیرا کلید دست‌یابی به جامع‌نگری در سه بخش سیاست، مقررات و توانمندسازی برای هماهنگ‌سازی اهداف مختلف مدیریت منابع آب محسوب میشود (قربانی، ۱۳۹۷). آب و حکمرانی آب در سال‌های اخیر توجه زیادی را به‌عنوان یک نگرانی سیاسی به‌خود جلب کرده است. در پاسخ به درک رو به رشد از بحران آب، ادبیات مربوط به حکمرانی آب در طول دو دهه گذشته به سرعت در حال افزایش است (وودهوث و مولر ، ۲۰۱۷).

امنیت آبی به‌عنوان مفهومی جامع که سنجش میزان دست‌یابی به اهداف مختلف مدیریت منابع آب را در بر می‌گیرد، در بحث‌های جهانی ظهور کرده است و جذابیت فزاینده‌ای برای دولت‌ها، مشاغل و سازمان‌های غیر دولتی پیدا کرده است (ماسون و ثالوو ، ۲۰۱۲). جهان دارای امنیت آبی از قدرت مولد آب استفاده میکند و قدرت مخرب آن را به حداقل می‌رساند. در این شرایط، همه افراد به آب کافی پایدار و با کیفیت مناسب دسترسی دارند؛ جوامع از سیل، خشک‌سالی، نشست‌زمین و دیگر بحران‌های آبی در امان هستند و حفاظت از محیط‌زیست ترویج داده می‌شود (وودهوث و مولر، ۲۰۱۷).

امنیت آب شدیدا تحت تاثیر عوامل بسیاری از جمله افزایش جمعیت شهرنشینی، توسعه اقتصادی، تغییرات در استاندارد زندگی، افزایش آلودگی آب، برداشت بیش از اندازه از منابع آب‌های زیرزمینی و تغییرات آب و هوای است. امنیت آب به‌طور بالقوه همواره در معرض خطر افزایش جمعیت و تغییرات آب و هوای است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۲). در جوامع توسعه‌یافته واژه امنیت آب به مفهوم پایداری محیط‌زیست و امنیت ملی تعریف می‌گردد (دالینو ، ۲۰۱۰، پاتریک ، ۲۰۱۱).

یکی از شاخص‌های اولیه امنیت آب تامین آب کافی برای انسان است. زمانی که هر فرد دسترسی به آب سالم و مقرون به‌صرفه کافی برای برآوردن نیازهای اولیه نظیر نوشیدن و شست‌وشو دارد امنیت آب فراهم است (ریجسبرمن ، ۲۰۰۶). امنیت آب از دیدگاه بانک جهانی تنها نهادی است که امنیت آب را به‌صورت کمی عنوان نموده که عبارت است از تأمین سالیانه یک متر مکعب آب شرب و بهداشتی برای شرب فرد، تأمین ۱۰۰ متر مکعب آب بهداشتی برای بهداشت فرد و تأمین ۱۰۰۰ متر مکعب آب برای تولید کشاورزی، صنعتی و زیست‌محیطی، لذا از منظر این نهاد تأمین ۱۱۰۱ متر مکعب در سال برای هر نفر به مفهوم تأمین امنیت آب است (الان ، ۲۰۰۱).

هدف از پژوهش حاضر ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو در استان اردبیل است.

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی در خصوص پژوهش حاضر در داخل و خارج از ایران انجام شده است که در ذیل به صورت مختصری به آن‌ها می‌گردد. افشاری و همکاران (۱۳۹۶)، به‌بررسی عوامل تأثیرگذار بر به‌کارگیری اقدامات مرتبط با مدیریت پایدار منابع آب در بین کشاورزان شهرستان کمیجان، استان مرکزی با استفاده از روش توصیفی تحلیلی پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی نیازمند یک رویکرد چند وجهی است و مجموعه‌ای از اقدامات فنی، اقدامات زراعی، اقدامات تکنولوژیکی، اقدامات کنترلی و اقدامات بازسازی را شامل می‌شود.

یادگاری و همکاران (۱۳۹۶)، با استفاده از چهارچوب تحلیل توسعه نهادی، نهاد آب را در سه مؤلفه، قوانین سیاستها و مدیریت سازمانی و اداری بخش آب مورد ارزیابی قرار دادند. هم‌چنین عملکرد بخش آب در ابعاد فیزیکی، مالی اقتصادی و عدالت را نیز ارزیابی نمودند و به این نتیجه رسیدند که از میان مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده نهاد، آب اثر بخشی مدیریت سازمانی و اداری بخش آب بیش از

اثر بخشی قوانین و سیاستهای بخش آب است هم‌چنین بیان کردند که عملکرد فیزیکی بالاترین میزان تحقق را در مقایسه با سایر مؤلفه‌های مالی اقتصادی و عدالت دارا است.

بینائیان و همکاران (۱۳۹۶)، به ارزیابی امنیت اجتماعی آب در دهستان‌های کرمانشاه با استفاده از روش‌های تحلیلی پرداختند. ایشان به‌این نتیجه رسیدند که برگشت‌پذیری زیرساختی و ظرفیت مقابله با خشک‌سالی دارای بالاترین درجه اهمیت در شکل‌گیری مفهوم امنیت اجتماعی آب دارد و در مجموع بیان کردند که سطح امنیت اجتماعی آب در دهستان‌های منطقه مورد مطالعه پایین است.

لیانی سنگ‌نیشتی و بخشوده (۱۳۹۸)، به بررسی امنیت آب در حوضه آبریز سد کوثر تحت شرایط تغییر اقلیم با روش سیستم دینامیک پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که در طی دوره شبیه‌سازی میزان منابع آب در دسترس روند نزولی خواهد داشت.

سالمی و طاهری ریکنده (۱۳۹۸)، به بررسی و ارزیابی وضعیت امنیت آبی استان‌های ایران با شاخص فقر آبی پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که پنج استان آذربایجان شرقی، زنجان، سمنان، کرمانشاه و لرستان در طبقه امنیت آبی بالا و پنج استان بوشهر، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، کردستان و مرکزی در طبقه امنیت آبی کامل می‌باشند.

ذاکری و همکاران (۱۴۰۰)، به ارزیابی وضعیت امنیت آب در بزرگ آبخیز فلات مرکزی ایران با استفاده شاخص‌های ارزیابی امنیت آب پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که اندازه‌های به‌دست آمده برای امنیت آب در سال‌های پژوهش ۰/۳۵۶، ۰/۳۳۰، ۰/۳۶۳، و ۰/۲۹۱ واحد برای سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۰، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ و میانگین آن در بیست سال پژوهش ۳۲۶ واحد بود.

بهارشاهی و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی و رتبه‌بندی امنیت آبی محدوده‌های مطالعاتی استان خراسان جنوبی به کمک تحلیل خاکستری پرداختند. نتایج تحلیل خاکستری نشان داد بالاترین امتیاز سطح امنیت آبی در محدوده‌های دهسلم ۰/۵۲۴ ده نو میغان ۰/۵۱۹ و چاهک موسویه ۰/۵۰۴ است و درجه امنیت آن‌ها عمدتاً توسط توانایی آن‌ها در کاهش مخاطرات کم‌آبی و کم‌یابی آب تفسیر میشود هرچند که تا زمانی که خطر کم‌آبی و کم‌یابی وجود نداشته باشد محدوده مطالعاتی امن نخواهد بود. محدوده مطالعاتی مهمی هم‌چون دشت بیرجند با امتیاز ۰/۶۴۲ وجود دارند که در حال حاضر دچار ناامنی آبی هستند.

شیرین‌حصار و گواهی (۱۴۰۲)، در پژوهشی تحت عنوان مدیریت جامع منابع آب برای آیندهای پایدار با استفاده از مدل SWOT(مطالعه موردی: شرکت آب منطقه‌ای خراسان شمالی) به این نتیجه رسیدند که در مجموع ۱۶ نقطه قوت و فرصت به‌عنوان مزیتها و ۲۰ نقطه ضعف و تهدید به‌عنوان محدودیتها، وجود دارند که آن‌ها را به ترتیب طبقه‌بندی کردند.

گین و همکاران (۲۰۱۶)، یک چارچوب تحلیل چند معیاره مکانی جهت ارزیابی امنیت آبی در مقیاس جهانی برای دست‌یابی به اهداف توسعه پایدار ارائه نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که کشورهای واقع در قاره آفریقا جنوب آسیا و خاورمیانه از امنیت آبی بسیار پایینی برخوردار هستند و برخی از مناطق ایالات متحده، استرالیا و اروپای جنوبی به‌دلیل عملکرد خوب، مدیریت کیفیت ایمنی و دسترسی امنیت آبی بالایی را نشان میدهند.

ارگوین کوتز و همکاران (۲۰۲۰)، امنیت آب ایالتهای مکزیک را براساس روش تجزیه و تحلیل جهانی مطالعه کردند در این زمینه شاخص‌های دسترسی به آب ایمنی و کیفیت و هم‌چنین مدیریت آب را لحاظ کردند. بر اساس شاخص جهانی محاسبه شد که ایالتهای بحرانی از منظر امنیت آب شامل سونورا، باکالیفرنیا و گوآنا جوانو هستند و پس از آن‌ها مکزیکوسیتی، کولیم، اکواسکالینتس و سینالوآ قرار دارند.

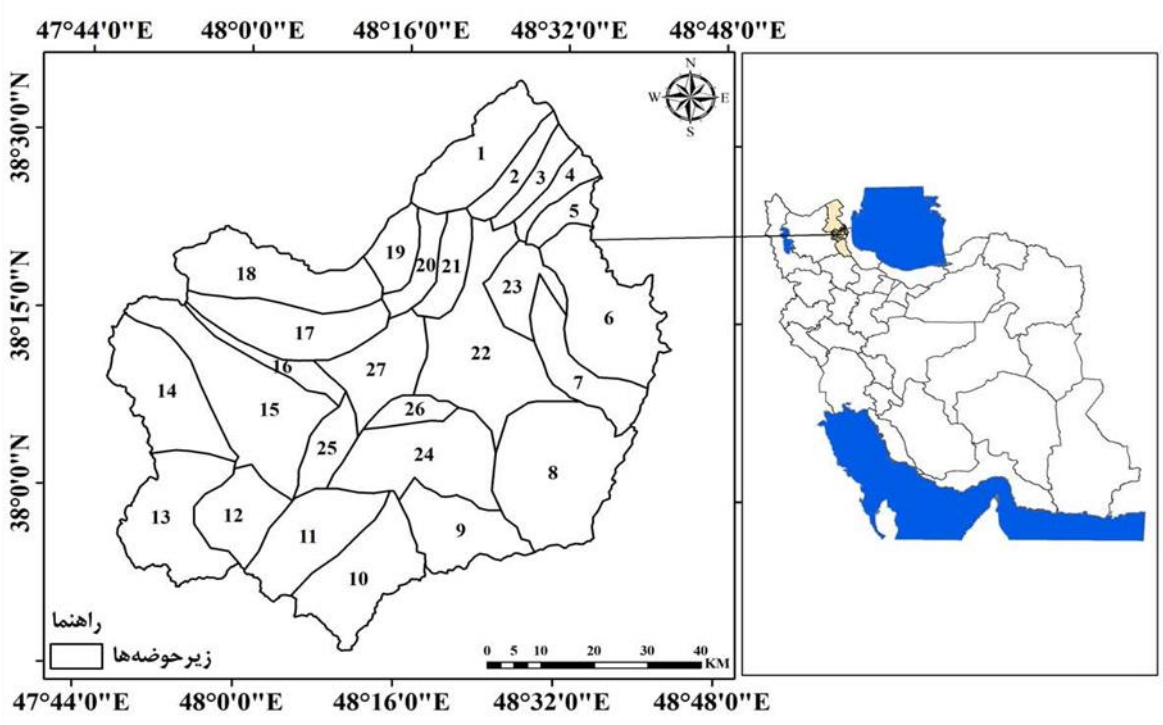
میرالس و همکاران (۲۰۲۲)، به ارزیابی امنیت آب از طریق مجموعه‌ای از معیارهای منسجم و کاربرد در مناطقی از آمریکا لاتین پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که جدا از ارتقای بهره‌وری اقتصادی و منابع طبیعی، این چارچوب برنامه‌ریزی یکپارچه برای جلوگیری از پیامدهای ناخواسته و درگیری‌های احتمالی امنیت آب در دهه‌های آینده در منطقه آمریکای لاتین مهم است. این چارچوب معیارهای اولیه امنیت آب نشان‌دهنده یک توسعه عملی مهم در این جهت است.

هدف از پژوهش حاضر ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو در استان اردبیل است.

روش‌شناسی

معرفی منطقه مورد مطالعه

رودخانه قره‌سو یکی از مهم‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های استان اردبیل می‌باشد. حوضه آبریز رودخانه قره‌سو دارای مساحتی حدود ۴۱۰۰ کیلومترمربع است. مختصات جغرافیایی منطقه، ۴۷ دقیقه و ۴۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی، در قسمت شمال غربی ایران واقع شده است. رودخانه قره‌سو از رشته کوه‌های تالش در شرق اردبیل سرچشمه می‌گیرد و در مسیر خود ضمن عبور از دشت اردبیل آب‌های جاری بالیخلوچای که از ارتفاعات ارسباران و شهرستان نیر زهکش می‌شود را جمع‌آوری می‌کند (اسفندیاری درآباد و همکاران، ۱۴۰۰).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو سامیان در استان اردبیل

شاخص امنیت آب (WSI)

این روش‌ها به‌منظور ارزیابی بهتر سلامت حوزه آبخیز باید معیارهای کمی و کیفی که سطح پایداری حوزه آبخیز را تعیین می کنند. اکثریت اطلاعاتی که نمرات این زیر معیارها را تعیین می‌کند ماهیت قابل سنجش دارند. اما زیر معیارهایی وجود دارد که کیفی بوده و بر اساس نظرات کارشناسان و افراد درگیر در حوزه آبخیز سنجش می‌شوند. این زیر معیارهای کیفی به یک مقیاس عددی تبدیل می‌شوند تا به‌توان آن‌ها را با معیارهای کمی استفاده کرد و مقادیر نهایی عددی را به‌توان برای محاسبه شاخص استفاده کرد (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹).

رابطه ۱:

$$WSI = \frac{H + E + L + P}{4}$$

از آن‌جا که نمره معیارها بین صفر تا یک نرمال می‌شود لذا نمره نهایی شاخص نیز بین صفر تا یک خواهد بود. به‌منظور تسهیل برآورد سطح پارامترها توسط کاربران پارامترهای کمی و کیفی به پنج نمره (۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱)، تقسیم شدند و به کاربران اجازه می‌دهند تا بهترین نمره ممکن را برای هر پارامتر انتخاب کنند.

برای محاسبه شاخص WSI از پارامترهایی اساسی و در دسترس برای کلیه آبخیزها مانند شاخص توسعه انسانی، اکسیژن بیوشیمیایی در طی یک دوره پنج روزه BOD5 و EPI استفاده می‌شود (کالیزیا[۱] و همکاران، ۲۰۰۸).

از آن‌جایی که مدیریت حوزه آبخیز در سطح محلی و منطقه‌ای در حوزه‌های آبخیز تا ۲۵۰۰ کیلومتر مربع مؤثرتر است این حد برای استفاده از WSI در برآورد پایداری حوزه آبخیز پیشنهاد شده است (اسکولیر[۲]، ۱۹۹۵). با این حال اگر حوزه آبخیز بزرگ باشد برای محاسبه WSI می‌توان حوزه آبخیز را به زیر حوزه‌هایی تقسیم کرد و نمره کلی از جمع نمرات WSI در زیر حوزه‌ها به‌دست می‌آید (شاوز، ۲۰۱۱).

از آن‌جایی که مدیریت منابع آب یک فرآیند پویا و جامع است رویکرد پویایی پاسخ وضعیت فشار برای این چهار معیار در یک طرح بیان می‌شود (شاوز و علیپاز[۳]، ۲۰۰۶). مزیت استفاده از رویکرد فشار وضعیت پاسخ در این واقعیت است که به روابط علت معلول توجه می‌کند و بدین ترتیب قضایی جامع‌تر از حوزه آبخیز نسبت به یک شاخص که فقط وضعیت کنونی را بررسی می‌کند فراهم می کند و به ذینفعان، مدیران و تصمیم‌گیرندگان مختلف برای شناسایی و درک ارتباطات میان پارامترها کمک می‌کند (کاتانو[۴] و همکاران، ۲۰۱۱).

از آن‌جایی که مدیریت منابع آب یک فرآیند پویا و جامع است رویکرد پویایی پاسخ وضعیت فشار برای این چهار معیار در یک طرح بیان می‌شود (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۶). این رویکرد اغلب در گزارش‌های زیست‌محیطی استفاده می‌شود زیرا ابزار ساده و مفید برای رسمیت دادن مشکلات زیست‌محیطی است (فیرداس[۵] و همکاران، ۲۰۱۴).

نمرات پارامترهای، فشار وضعیت و پاسخ هر معیار در معادله شاخص پایداری از جدول‌های مربوطه به‌دست می‌آید جدول (۱، ۲، ۳)

جدول (۱): نمرات پارامترهای فشار شاخص پایداری حوزه آبخیز (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷)

معیار		پارامترهای فشار	سطح	نمره
هیدرولوژی	کمیت	**Δ1_ در سرانه آب در دسترس حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته نسبت به میانگین بلند مدت (متر معکب در سال)**	Δ۱ < −۱۰٪	۰/۲۵
			−۱۰٪ < Δ۱ < ۰٪	۰/۵۰
			۰ < Δ۱ < +۱۰٪	۰/۷۵
			Δ۱ > +۱۰٪	۱
	کیفیت	Δ2_	Δ۲ > ۱۰٪	۰/۲۵

[۱]- Calizaya

[۲]- Schueler

[۳]- Chaves And Alipaz

[۴]- Catano

[۵]- Firdaus

	تغییر در اکسیژین بیو شیمیایی BOD5 حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته نسبت به میانگین درازمدت	$-10\% < \Delta 2 < 0\%$	۰/۵۰
		$-10\% < \Delta 2 < 0\%$	۰/۷۵
		$\Delta 2 < -10\%$	۱
محیط‌زیست	E .P.I حوزه آبخیز (روستایی و شهری) در دوره مورد مطالعه	$EPI > 10\%$	۰/۲۵
		$10\% < \text{EPI} < 5\%$	۰/۵۰
		$5\% < \text{EPI} < 0\%$	۰/۷۵
		$EPI < 0\%$	۱
زندگی	تغییر در درآمد سرانه حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته	$\Delta < -10\%$	۰/۲۵
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۵۰
		$0 < \Delta < +10\%$	۰/۷۵
		$\Delta > +10\%$	۱
سیاست	متغیر آموزش در شاخص توسعه انسانی حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته	$\Delta < -10\%$	۰/۲۵
		$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۵۰
		$0 < \Delta < +10\%$	۰/۷۵
		$\Delta > +10\%$	۱

جدول (۲): نمرات پارامترهای وضعیت شاخص پایداری حوزه آبخیز (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷)

معیار	پارامترهای فشار	سطح	نمره
هیدرولوژی	کمیت	سرانه آب در دسترس برای هر فرد در حوزه آبخیز با توجه به منابع آب های سطحی و زیرزمینی (m3/ capita year)	$Wa < 1700$	۰/۲۵
			$1700 < Wa < 3400$	۰/۵۰
			$3400 < Wa < 5100$	۰/۷۵
			$Wa < 5100$	۱
	کیفیت	متوسط بلند مدت اکسیژن بیوشیمیایی حوزه آبخیز (mg/l)	$BOD > 10$	۰/۲۵
			$10 < \text{BOD} < 5$	۰/۵۰
			$5 < \text{BOD} < 3$	۰/۷۵
			$\text{BOD} < 3$	۱
محیط زیست		درصد پوشش‌گیاهی طبیعی حوزه آبخیز(**Av**)	$EPI > 10\%$	۰/۲۵
			$10\% < \text{BOD} < 5\%$	۰/۵۰
			$5\% < EPI < 0\%$	۰/۷۵
			$\text{EPI} > 0\%$	۱
زندگی		شاخص توسعه انسانی حوزه آبخیز (وزن‌ها به وسیله جمعیت شهرستان)	$HDI < 0/6$	۰/۲۵
			$0/6 < \text{HDI} < 0/75$	۰/۵۰
			$۰/۷۵ < \text{HDI} < 0/9$	۰/۷۵
			$\text{HDI} < 0/9$	۱
سیاست			Poor	۰/۲۵
			Medium	۰/۵۰

		توانایی حوزه آبخیز در برقرار کردن اتحاد بین هدف‌ها جهت رسیدن به مدیریت یکپارچه منابع آب، در میان نهادها و سازمان‌ها	Good ۰/۷۵ Excellent ۱

جدول (۳): نمرات پارامترهای پاسخ شاخص پایداری حوزه آبخیز (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷)

معیار		پارامترهای فشار	سطح	نمره
هیدرولوژی	کمیت	بهبود راندمان استفاده از آب در حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته	Poor	۰/۲۵
			Medium	۰/۵۰
			Good	۰/۷۵
			Excellent	۱
	کیفیت	بهبود در روش‌های تصفیه فاضلاب و هدایت هرزآب‌ها در حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته	Poor	۰/۲۵
			Medium	۰/۵۰
			Good	۰/۷۵
			Excellent	۱
محیط‌زیست		رشد و پیشرفت در فعالیت‌های حفاظتی در حوزه آبخیز (درصد مناطق حفاظت شده،BMP) در پنج سال گذشته	$\Delta < -10\%$	۰/۲۵
			$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۵۰
			$0 < \Delta < +10\%$	۰/۷۵
			$\Delta > +10\%$	۱
زندگی		تکامل در شاخص توسعه انسانی حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته	$\Delta < -10\%$	۰/۲۵
			$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۵۰
			$0 < \Delta < +10\%$	۰/۷۵
			$\Delta > +10\%$	۱
سیاست		سیر تکاملی هزینه‌هایی که صرف اعمال مدیریت یکپارچه منابع آب حوزه آبخیز شده (IWRM) در ۵ سال گذشته	$\Delta < -10\%$	۰/۲۵
			$-10\% < \Delta < 0\%$	۰/۵۰
			$0 < \Delta < +10\%$	۰/۷۵
			$\Delta > +10\%$	۱

نتایج و یافته‌ها

نتایج و تجزیه و تحلیل شاخص امنیت آب (WSI)، براساس زیرحوزه‌های حوزه آبخیز قره‌سو در استان اردبیل در جدول (۴)، ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که از نظر مساحت زیر حوزه ۸ در ایستگاه هیر با مقدار ۳۴۸/۱ کیلومترمربع بیش‌ترین مساحت را در بین زیرحوزه‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده است. هم‌چنین زیرحوزه ۲۶ در ایستگاه شمس‌آباد با مساحتی بالغ بر ۴۳/۳ کیلومترمربع کم‌ترین مساحت را در بین زیرحوزه‌های قره‌سو به‌خود اختصاص داده است.

شاخص هیدرولوژی

نتایج ارزیابی شاخص آبدهی در حوزه آبخیز قره‌سو نشان داد که بیش‌ترین میزان آبدهی در بین ۲۷ زیرحوزه مورد بررسی مربوط به زیرحوزه ۱ در ایستگاه هیدرومتری نمین با مقدار ۵۶۰۱۹۶۰۷۳ مترمکعب و زیرحوزه ۲۳ در ایستگاه هیدرومتری ننه‌کران با مقدار ۳۰۵۱۷۰۹۸۸ مترمکعب می‌باشد. هم‌چنین کم‌ترین میزان آبدهی مربوط به زیرحوزه ۲۶ در ایستگاه هیدرومتری شمس‌آباد با مقدار ۱۱۴۵۷۵۲ مترمکعب و زیرحوزه ۱۶ در ایستگاه هیدرومتری نوران با مقدار ۲۶۶۱۱۳۲ مترمکعب است که نشان‌دهنده کم‌ترین میزان آبدهی در بین زیرحوزه‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز قره‌سو در استان اردبیل است (جدول ۴).

نتایج ارزیابی سرانه آب درزیرحوزه‌های قره‌سو نشان داد که بیش‌ترین میزان سرانه آب برای هر نفر در زیرحوزه ۲۰ در ایستگاه نوران با مقدار ۹۵۷/۹۷۳۳۱۳۳ لیتر و در رده بعدی زیرحوزه ۱۸ در ایستگاه باروق با مقدار سرانه آب ۹۱۴/۹۲۴۹۸۶۸ لیتر را در بین زیرحوزه‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین کم‌ترین میزان سرانه آب نیز مربوط به زیرحوزه ۱۶ با مقدار ۱۰۴۱/۹۴۶۸۶۷ لیتر است (جدول ۴).

شاخص زیست‌محیطی

نتایج حاصله از ارزیابی شاخص زیست‌محیطی در زیرحوزه‌های مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار اراضی مرتعی در زیرحوزه ۱۷ با مقدار ۱۹/۳۳ درصد می‌باشد و هم‌چنین کم‌ترین مقدار اراضی مرتعی نیز به‌ترتیب در زیرحوزه‌های ۱۱ و ۱۴ با مقدار ۰/۰۴ و ۰/۰۷ درصد می‌باشد. از نظر ارزیابی مناطق جنگلی نیز بیش‌ترین میزان اراضی جنگلی مربوط به زیرحوزه ۷ با مقدار ۶۰/۹۲ درصد است که نشان می‌دهد که زیرحوزه ۷ دارای پوشش‌گیاهی غنی جنگلی در سطح حوزه آبخیز قره‌سو است و کم‌ترین درصد اراضی جنگلی نیز مربوط به زیرحوزه‌های ۵، ۱۱ و ۱۴ با مقدار ۰/۰۱ است که این میزان نشان‌دهنده این است که زیرحوزه‌های مرتبط از نظر پوشش جنگلی بسیار فقیر هستند (جدول ۴).

شاخص توسعه انسانی (HDI)

براساس ارزیابی‌های انجام شده بیش‌ترین افراد ساکن شهری و روستایی در زیرحوزه ۱۴ شهرستان اردبیل با تعداد نفرات ۵۳۸۵۰۹ نفر می‌باشد و کم‌ترین افراد ساکن نیز در زیرحوزه ۲۷ منطقه پل‌الماس با تعداد نفرات ۵۲۲ نفر است.

براساس نتایج حاصله از ارزیابی شاخص توسعه انسانی در زیرحوزه‌های مورد بررسی در حوزه آبخیز قره‌سو این نتایج حاصل شد که بیش‌ترین میزان شاخص توسعه انسانی از نظر میزان امید به زندگی، میزان باسوادی و درآمد سرانه مربوط به زیرحوزه‌های ۱، ۴، ۵، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۲۴ و ۲۵ براساس مقادیر استاندارد شده ۱ می‌باشد که این مقدار نشان از توسعه انسانی بسیار بالا در زیرحوزه‌های منتخب دارد. کم‌ترین میزان شاخص توسعه انسانی نیز مربوط به زیرحوزه‌های ۱۲، ۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۵ براساس مقادیر استاندارد شده ۰/۰۲ است (جدول ۴).

جدول (۴):مقادیر محاسبه شده شاخص امنیت آب در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو سامیان

زیر حوزه	مساحت (Km)	هیدرومتری	ایستگاه مبنا	آبدهی (M^3)	آبدهی میلیون متر مکعب (M^3)	جمعیت شهر و روستا (نفر)	سرانه آب (لیتر)	اراضی مرتعی (درصد)	اراضی جنگلی (درصد)	شهرستان	شاخص توسعه انسانی (HDI)
۱	۱۸۶/۷	-	نمین	۵۶۰۱۹۶۰۷۳	۵۶۰/۲۰	۲۲۵۵۵	۲۴۸۳۶/۸۹۰۸۴	۲/۹	۰/۲۹	اردبیل	۱
۲	۶۱/۵	-	نمین	۱۸۴۴۷۶۹۳۲	۱۸۴/۴۸	۱۵۹۱۵	۱۱۵۹۱/۳۸۷۴۷	۴/۴۵	۰/۸۸	نمین	۰/۶۳
۳	۵۶/۱	نمین	-	۱۳۲۰۱۸۸۹۴	۱۳۲/۰۲	۲۵۸۴	۵۱۰۹۰/۹۰۳۲۵	۱/۵۸	۰/۸۹	نمین	۰/۶۳
۴	۴۸/۳	ننه کران	-	۲۶۲۶۱۰۴۱	۲۶/۲۶	۱۱۹۷۳	۲۱۹۳/۳۵۵۱۲۱	۲/۰۲	۲/۰۱	اردبیل	۱
۵	۵۱/۸	سولا	-	۳۴۴۳۳۳۷	۳/۴۴	۳۹۷۴	۸۶۶/۴۶۶۲۸۰۸	۰/۰۹	۰/۰۱	اردبیل	۱
۶	۲۶۲/۳	-	آلادیزگه + ایریل	۱۳۲۸۲۲۴۹	۱۳/۲۸	۱۶۵۹۱	۸۰۰/۵۶۹۵۰۱۲	۱/۶۸	۲/۴۳	نمین	۰/۶۳
۷	۱۳۲/۲	-	آلادیزگه + ایریل	۱۳۲۸۲۲۴۹	۱۳/۲۸	۳۰۷۹۱	۴۳۱/۳۶۷۸۸۶۵	۵/۹۹	۶۰/۹۲	نمین	۰/۶۳
۸	۳۴۸/۱	هیر	-	۷۴۵۱۵۰۶	۷/۴۵	۲۰۹۱	۳۵۶۳/۶۰۸۹۳۲	۰/۷۹	۸/۲۷	نمین	۰/۶۳
۹	۱۵۷/۱	-	شمس‌آباد	۴۰۶۴۲۲۱	۴/۰۶	۱۰۸۰	۳۷۶۳/۱۶۷۶۸	۱/۱۹	۱۱/۴۴	نمین	۰/۶۳
۱۰	۲۱۵/۵	-	شمس‌آباد	۵۵۷۴۴۸۰	۵/۵۷	۱۰۷۳۹	۵۱۹/۰۸۷۴۷۳۷	۱/۴۴	۰/۴۵	سرعین	۰/۲۴
۱۱	۱۸۹/۷	شمس‌آباد	-	۳۳۱۱۲۸۰	۳/۳۱	۱۰۸۴۵	۳۰۵/۳۲۷۸۰۰۸	۰/۰۴	۰/۰۱	اردبیل	۱
۱۲	۱۳۰/۲	-	نیر	۴۴۵۷۳۷۶۳	۴۴/۵۷	۳۹۳۵	۱۱۳۲۷/۵۱۲۸۸	۵/۶۶	۱/۸۵	نیر	۰/۰۲
۱۳	۲۲۵/۷	-	نیر	۷۷۲۷۳۲۰۸	۷۷/۲۷	۲۵۵۸	۳۰۲۰۸/۴۴۷۲۹	۴/۵۲	۱/۱۴	نیر	۰/۰۲
۱۴	۲۲۴/۳	نیر	-	۸۷۶۴۰۹۲۴	۸۷/۶۴	۵۳۸۵۰۹	۱۶۲/۷۴۷۳۷۱۱	۰/۰۷	۰/۰۱	اردبیل	۱
۱۵	۳۲۵/۷	-	نیر	۱۱۱۴۹۶۶۱۲	۱۱۱/۵۰	۸۸۰۳	۱۲۶۶۵/۷۵۱۷۳	۴/۷۳	۰/۳۶	اردبیل	۱
۱۶	۵۵/۵	-	نوران	۲۶۶۱۱۳۲	۲/۶۶	۲۵۵۴	۱۰۴۱/۹۴۶۸۶۷	۲/۱۳	۰/۱۴	نمین	۰/۶۳
۱۷	۱۸۹/۳	نوران	-	۶۰۳۷۲۲۱	۶/۰۴	۱۲۴۱۴	۴۸۶/۳۲۳۵۹۱۲	۱۹/۳۳	۱/۶۸	اردبیل	۱
۱۸	۲۲۸/۱	باروق	-	۴۲۶۹۰۴۰	۴/۲۷	۴۶۶۶	۹۱۴/۹۲۴۹۸۶۸	۸/۲۱	۰/۹۸	نیر	۰/۰۲
۱۹	۷۱/۲	-	باروق	۳۲۳۳۳۹۵	۳/۲۳	۲۶۷۲	۱۲۱۰/۱۰۳۰۷۳	۵/۰۱	۰/۸۶	نیر	۰/۰۲
۲۰	۶۲/۴	-	نوران	۲۹۸۸۸۷۷	۲/۹۹	۳۱۲۰	۹۵۷/۹۷۳۳۱۳۳	۹/۲۴	۰/۵۸	کوثر	۰/۲۸
۲۱	۷۴/۴	-	نوران	۳۵۶۶۲۷۲	۳/۵۷	۶۱۷۶	۵۷۷/۴۴۰۴۵۴۶	۵/۵۲	۰/۸۴	نیر	۰/۰۲
۲۲	۳۲۷/۳	-	هیر	۱۳۷۰۲۲۳۲	۱۳/۷۰	۲۸۴۴	۴۸۱۷/۹۴۳۶۰۸	۳/۱۴	۰/۵۱	نیر	۰/۰۲
۲۳	۹۳	-	ننه‌کران	۳۰۵۱۷۰۹۸۸	۳۰۵/۱۷	۲۳۹۶۱	۱۲۷۳۶/۱۵۴۰۹	۵/۷۹	۱/۶۳	سرعین	۰/۲۴
۲۴	۲۴۸/۷	-	شمس‌آباد	۶۴۳۴۲۳۶	۶/۴۳	۱۰۹۴۰	۵۸۸/۱۳۸۵۸۵۴	۱/۰۷	۰/۲۱	اردبیل	۱
۲۵	۷۵/۴	-	پل الماس	۴۸۷۷۱۵۶	۴/۸۸	۱۰۴۶	۴۶۶۲/۶۷۳۳۲۵	۲/۰۸	۰/۲۳	نیر	۰/۰۲
۲۶	۴۴/۳	-	شمس‌آباد	۱۱۴۵۷۵۲	۱/۱۵	۱۴۷۴	۷۷۷/۳۰۸۰۲۷	۰/۶۱	۰/۰۸	سرعین	۰/۲۴
۲۷	۱۵۱	پل الماس	نوران	۷۲۳۴۵۴۱	۲۳/۷	۵۲۲	۱۳۸۵۹/۲۷۳۸۵	۰/۲	۰/۰۳	اردبیل	۱

نتایج شاخص امنیت آب (WSI)

با توجه به نتایج حاصله از شاخص امنیت آب بعداز استانداردسازی شاخص‌های هیدرولوژی، زیست‌محیطی و شاخص توسعه انسانی این نتایج حاصل شد که در جدول (۵) قابل مشاهده است. بر این اساس نتایج حاصله از استانداردسازی شاخص هیدولوژی مشخص شد که بیش‌ترین میزان آبدهی مربوط به زیر حوزه ۱ با مقدار یک است و کم‌ترین میزان آبدهی نیز به زیرحوزه ۲۶ با مقدار صفر است. هم‌چنین میزان سرانه آب نیز بعد از استانداردسازی مقادیر این نتایج حاصل شد که بیش‌ترین سرانه آب با مقدار یک به زیرحوزه ۳ اختصاص دارد و کم‌ترین مقدار مربوط به زیرحوزه ۱۴ با مقدار صفر است (جدول ۵).

نتایج استانداردسازی شاخص زیست‌محیطی نشان داد که بیش‌ترین امتیاز مربوط به زیرحوزه ۷ با مقدار یک و کم‌ترین میزان مربوط به زیرحوزه ۵، ۱۰، ۱۴ و ۲۷ است. براساس نتایج استانداردسازی شاخص توسعه انسانی نشان داد که بالاترین میزان توسعه انسانی مربوط به زیرحوزه‌های ۱، ۴، ۵، ۱۱، ۱۵، ۱۷، ۲۴ و ۲۷ است. کم‌ترین میزان توسعه انسانی نیز مرتبط به زیرحوزه‌های ۱۲، ۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۵ می‌باشد (جدول ۵).

براین اساس با توجه به ارزیابی و تلفیق شاخص‌های هیدرولوژی، زیست‌محیطی، زندگی و توسعه انسانی نتایج شاخص امنیت آب استخراج شد. براین اساس نتایج حاصله نشان داد که بیش‌ترین شاخص امنیت آب مربوط به زیرحوزه آبخیز ۱ با مقدار ۰/۶۳ است که نشان‌دهنده این است که این زیرحوزه از نظر شاخص‌های مورد مطالعه در سطح بالاتری قرار دارد. کم‌ترین میزان امنیت آب نیز مربوط به زیرحوزه ۲۱ با مقدار ۰/۰۳ است که کم‌ترین پایداری حوزه را در بین ۲۷ زیرحوزه مورد مطالعه به خود اختصاص داده است (جدول ۵).

جدول (۵): نتایج شاخص‌های ارزیابی امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو در استان اردبیل

زیرحوزه	آبدهی (St)	سرانه آب (St)	اراضی طبیعی (St)	شاخص HDI (St)	شاخص امنیت آب (WSI)
۱	۱	۰/۴۸	۰/۰۵	۱	۰/۶۳
۲	۰/۳۳	۰/۲۲	۰/۰۸	۰/۶۳	۰/۳۲
۳	۰/۲۳	۱	۰/۰۴	۰/۶۳	۰/۴۸
۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۱	۰/۲۹
۵	۰/۰۰۴	۰/۰۱	۰	۱	۰/۲۵
۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۶۳	۰/۱۸
۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۱	۰/۶۳	۰/۴۱
۸	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۶۳	۰/۲۱
۹	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۶۳	۰/۲۲
۱۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۲۴	۰/۰۷
۱۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰	۱	۰/۲۵
۱۲	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۱
۱۳	۰/۱۴	۰/۵۹	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۲/۱
۱۴	۰/۱۵	۰	۰	۱	۰/۲۹
۱۵	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۰۸	۱	۰/۳۸
۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۶۳	۰/۱۷
۱۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۳۱	۱	۰/۳۳
۱۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۰۴

۱۹	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۳
۲۰	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۱۱
۲۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۳
۲۲	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۵
۲۳	۰/۵۴	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۲۴	۰/۲۹
۲۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۱	۰/۲۶
۲۵	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۴
۲۶	۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۰۷
۲۷	۰/۰۱	۰/۲۷	۰	۱	۰/۳۲

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در پژوهش حاضر به ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو سامیان در استان اردبیل پرداخته شد. در این پژوهش ابتدا شاخص‌های هیدرولوژی، زیست‌محیطی، زندگی و سرانه آب مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. سپس هریک از این شاخص‌ها براساس روش‌های مورد ارزیابی برآورد شد. در ادامه نتایج ارزیابی شاخص‌ها استانداردسازی شد. به‌طوری که شاخص آبدهی، سرانه آب، توسعه انسانی و زیست‌محیطی برای ارزیابی شاخص امنیت آمنیت (WSI) استخراج شد

بنابراین براساس نتایج حاصله از ارزیابی شاخص‌ها در ارزیابی امنیت آب مشخص شد که بیش‌ترین شاخص امنیت آب مربوط به زیرحوزه آبخیز ۱ با مقدار ۰/۶۳ است که نشان‌دهنده این است که این زیرحوزه از نظر شاخص‌های مورد مطالعه در سطح بالاتری قرار دارد. کم‌ترین میزان امنیت آب نیز مربوط به زیرحوزه ۲۱ با مقدار ۰/۰۳ است که کم‌ترین پایداری حوزه را در بین ۲۷ زیرحوزه مورد مطالعه به‌خود اختصاص داده است.

هم‌چنین مطالعاتی مشابهی نیز مانند اسفندیاری درآباد و نظافت تکله (۱۴۰۴)، بهارشاهی و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی و رتبه‌بندی امنیت آبی محدوده‌های مطالعاتی استان خراسان جنوبی به کمک تحلیل خاکستری پرداختند. نتایج تحلیل خاکستری نشان داد بالاترین امتیاز سطح امنیت آبی در محدوده‌های دهسلم ۰/۵۲۴ ده نو میغان ۰/۵۱۹ و چاهک موسویه ۰/۵۰۴ است و درجه امنیت آن‌ها عمدتاً توسط توانایی آن‌ها در کاهش مخاطرات کم‌آبی و کمیابی آب تفسیر میشود هرچند که تا زمانی که خطر کم‌آبی و کمیابی وجود نداشته باشد محدوده مطالعاتی امن نخواهد بود. محدوده مطالعاتی مهمی هم‌چون دشت بیرجند با امتیاز ۰/۶۴۲ وجود دارند که در حال حاضر دچار ناامنی آبی هستند. مارکس و همکاران (۲۰۲۳)، به ارزیابی تأثیرات ۶۶ سال مدیریت آب و تغییر آب و هوا بر هیدرولوژی شهری و کیفیت آب حوضه آبریز پانکه، برلین، آلمان پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند تغییرات آب و هوا، به‌ویژه سال‌های خشکسالی می‌تواند بر کلاس‌های کیفیت آب تأثیر بگذارد و رفتار شیمیایی و دینامیکی الگوهای صادرات حوضه آبریز را تغییر دهد.

در نهایت پیشنهاد میگردد براساس نتایج ارائه شده از شاخص امنیت آب (WSI)، در زیرحوزه‌های سامیان می‌توان در مطالعات آتی حوزه‌های بیش‌تری از استان اردبیل را باهمدیگر مقایسه کرد تا به‌توان برای کل استان اردبیل شاخص امنیت آب برآورد گردد.

منابع و مأخذ

اسفندیاری درآباد، ف، نظافت تکله، ب. (۱۴۰۴). ۲.تجزیه و تحلیل تاثیرگذاری شاخص‌های E و L در پایداری و امنیت آب حوزه آبخیز سامیان. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۶(۴)، -.https://www.srds.ir/article_216659.html

اسفندیاری درآباد, ، ف، نظافت تکله، ب، مصطفی‌زاده، ر. (۱۴۰۴). ۱۹.ارزیابی میزان تاثیرگذاری شاخص هیدرولوژی بر شاخص امنیت آب (WSI) در زیرحوزه‌های آبخیز قره‌سو. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۶(۱)، ۳۱۵-۳۳۵. https://www.srds.ir/article_216650.html

افشاری، س، رضائی، ر، قلی‌زاده، ح، شعبانعلی فمی، ح. (۱۳۹۶). عوامل تعیین‌کننده نگرش کشاورزان نسبت به مدیریت پایدار منابع آب (مورد مطالعه: شهرستان کمیجان). فصلنامه علمی آموزش محیط زیست و توسعه پایدار، ۶(۱)، ۱۰۱-۱۱۳.

بهارشاهی، م، خزیمه نژاد، ح، نیک نیا، ن، خاشعی سیوکی، ع. (۱۴۰۰). بررسی و رتبهبندی امنیت آبی محدوده‌های مطالعاتی خراسان جنوبی به کمک تحلیل خاکستری، نشریه آب و توسعه پایدار، ۳، ۲۲-۱۱.

بینائیان، ا، آگهی، ح، فاطمی، س ا، (۱۳۹۷). ارزیابی امنیت اجتماعی آب در دهستان‌های شهرستان کرمانشاه، مجله پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی، شماره ۲، دوره ۱۱، ۶۵-۵۰.

ذاکری، م ع، میرنیا، خ، مرادی، ح ر. (۱۴۰۰). ارزیابی وضعیت امنیت آب در بزرگ آبخیز فلات مرکزی ایران، پژوهشهای آبخیزداری، ۲، ۳۵، ۸۷-۷۱.

شیرین حصار، ر، گواهی، ا. (۱۴۰۲)، مدیریت جامع منابع آب برای آینده‌ای پایدار با استفاده از مدل SWOT (مطالعه موردی: شرکت آب منطقه‌ای خراسان شمالی)، آب و توسعه پایدار، ۱۰(۴)، ۲۸-۱۵.

قربانی، م. (۱۳۹۷). حکمرانی آب در مواجهه با تغییرات جهانی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۳۰.

لیانی سنگ نیشتی، ق، بخشوده، م. (۱۳۹۸). امنیت آب در حوزه آبریز سد کوثر تحت شرایط تغییر اقلیم: کاربرد روش سیستم دینامیک، فصل‌نامه اقتصاد کشاورزی، ۱۳، ۱، ۴۷ -۷۲.

یادگاری، آ، یوسفی، ع، امینی، ا م. (۱۳۹۷). تحلیل نهادی ساختار حکمرانی آب در ایران: مطالعه حوضه زاینده‌رود. پژوهشات منابع آب ایران، ۱۴(۱)، ۱۸۴-۱۹۷.

Allan, A. (2001). Water Security Policies and Global Systems for Water-Scarce Regions, World Bank.

Calizaya A. Chaves H. Bengtsson L. Berndtsson R. and Hjorth P. (2008). Application of the Watershed Sustainability Index to the Lake Poopo Watershed, Bolivia. Unesco/Phi Intern Conf on Water and Global Change. 28 June. Montevideo, Uruguay.

Catano, N, Marchand, M, Staley, S, Wang, Y. (2009). Development and Validation of the Watershed Sustainability Index (Wsi) for the Watershed Cartago, Costa Rica: Comcure Report.

Chaves, H, M, Alipaz, S, (2007). An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy. The Watershed Sustainability Index. Water Resources Management 21:883–895

Chaves, H, M, L, (2011). Integrated Sustainability Analysis of Six Latin-American Help Basins. Second International Symposium on Building Knowledge Bridges for a Sustainable Water Future. November 21-24. Panama, Republic of Panama

Cortés, A, E, Oyarzun, R, Kretschmer, N, Chaves, H, Soto, G Soto, M, Amézaga, J, Oyarzin, J, Rötting, T, Señoret, M, (2012), Application of the Watershed Sustainability Index to the Elqui River Basin, North-Central Chile. Obras y Proyectos 12:57-69. 79

Dolhinow, R., (2010). A Jumble of Needs: Women's Activitsm and Neoliberalism in the Colonias of the Southwest. University of Minnesota, Minneapolis, MN

Firdaus, R, Nakagoshi, N, Idris, A. (2014). Sustainability Assessment of Humid Tropical Watershed: A Case of Batang Merao Watershed, Indonesia. Procedia Environmental Sciences 20:722-731

Gain, AK, Giupponi Cand Wada Y, (2016). Measuring global water security towards sustainable development goals. Environmental Research Letters 11(12): 124015

Patrick, RJ., (2011a). Enhancing water security in Saskatchewan, Canada: an opportunity for a water soft path. Water International 36 (6), 748-763.