Sustainable Urban & Regional Development Studies Quarterly

Volume 6, Issue 1 - Serial Number 19, Spring 2025 **Online ISSN: 2783-0764**
Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_216817.html?lang=en

Prioritizing the Water Security Index in the Northwestern Regions of the Samian Watershed in Ardabil Province[1]

Behrouz Nezafat taklhe[1], Fariba Esfandyari Darabad[2*]
[1.]Phd student of geomorphology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2.Professor of Geomorphology, Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received Date: 06 January 2025 **Accepted Date:** 05 March 2025

Abstract

Background and Objective: Water security is the secure access to an acceptable amount of water of acceptable quantity and quality for production, life, and health, accompanied by an acceptable level of risk that has unpredictable water-related impacts on society. The aim of the present study is to prioritize the water security index in the northwestern regions of the Samian watershed in Ardabil province.

Methodology: The method of this study was to use and integrate hydrological, environmental, and life indicators to estimate the Water Security Index (WSI).

Results and Findings: The results of the hydrological index showed that the highest water flow rate was related to sub-basin 1 with a value of one, and the lowest water flow rate was related to sub-basin 5 with a value of 0.004. Also, after standardizing the values of these results, it was found that the highest per capita water with a value of one is allocated to sub-basin 3 and the lowest value is related to sub-basin 8 with a value of 0.07. The environmental index showed that the highest score is related to sub-basin 7 with a value of one and the lowest is related to sub-basin 5. Accordingly, the results showed that the highest water security index is related to sub-basin 1 with a value of 0.63, which indicates that this sub-basin is at a higher level in terms of the indicators studied. Therefore, it is concluded that the higher the level of the aforementioned indicators, the higher the level of water security. Finally, it is suggested that artificial intelligence tools be used in future studies to estimate water security.

Keywords: Prioritization, Water Security Index, Northwest, Samian Basin.

[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: Nezafat Taklhe, B. and Esfanyari Darabad, F. (2025). Prioritizing the Water Security Index in the Northwestern Regions of the Samian Watershed in Ardabil Province. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 6(1), 336-352.

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

دوره ۶، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۹، بهار ۱۴۰۴ شاپا:۰۷۶۴-۲۷۸۳

Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_216817.html?lang=fa

اولویت‌بندی شاخص امنیت آب در مناطق شمال غربی حوزه آبخیز سامیان در استان اردبیل [1]

بهروز نظافت‌تکله[1]، فریبا اسفندیاری درآباد[2*]

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

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: امنیت آب عبارت است از دسترسی مطمئن به میزان قابل قبول کمی و کیفی آب برای تولید، حیات و سلامتی که همراه با سطح قابل قبول ریسکی که تأثیرات غیرقابل پیش‌بینی مرتبط با آب را در جامعه داراست.هدف از پژوهش حاضر اولویت بندی شاخص امنیت آب در مناطق شمال غربی حوزه آبخیز سامیان در استان اردبیل است.

روش‌شناسی: روش این پژوهش استفاده و تلفیق شاخص‌های هیدرولوژی، زیست محیطی و زندگی جهت برآورد شاخص امنیت آب (WSI) بوده است.

نتایج و یافته‌ها: نتایج حاصله از شاخص هیدولوژی مشخص شد که بیش‌ترین میزان آبدهی مربوط به زیر حوزه ۱ با مقدار یک است و کم‌ترین میزان آبدهی نیز به زیرحوزه ۵ با مقدار ۰/۰۰۴ 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 ۸ با مقدار ۰/۰۷ است.شاخص زیست‌محیطی نشان داد که بیش‌ترین امتیاز مربوط به زیرحوزه ۷ با مقدار یک و کم‌ترین میزان مربوط به زیرحوزه ۵ است. 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. بنابراین نتیجه‌گیری میگردد که هرچه میزان شاخص‌های مذکور بیشتر باشد میزان امنیت آب بیشتر خواهد بود. در نهایت پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی از ابزارهای هوش مصنوعی جهت برآورد امنیت آب استفاده گردد.

کلیدواژه: اولویت‌بندی، شاخص امنیت آب، شمال غربی، حوزه سامیان.

[1] .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: نظافت تکله, بهروز و اسفندیاری درآباد, فریبا . (۱۴۰۴). ۲۰.اولویت‌بندی شاخص امنیت آب در مناطق شمال غربی حوزه آبخیز سامیان در استان اردبیل. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای, ۶(۱), ۳۳۶-۳۵۲.

مقدمه و بیان مسأله

امنیت آبی از این منظر عبارت است از استفاده پایدار و حفاظت از منابع آب، تامین عملکرد آب و دسترسی به خدمات اکوسیستمی آب برای انسان و محیط‌زیست و حفاظت از خطرات مرتبط با منابع آبی (سیل و خشک‌سالی) (GWP, 2000). بانک جهانی تنها نهادی است که امنیت آبی را به‌صورت کمی عنوان نموده که عبارت است از تأمین سالیانه ۱ 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 نهادهای تأمین ۱۱۰۱ مترمکعب در سال برای هر نفر به مفهوم تأمین امنیت آبی است (Allan, 2001).

عبارت است از دسترسی به‌مقدار قابل قبول از کمیت و کیفیت آب برای سلامتی، معیشت، پایداری اکوسیستم‌ها و قابلیت تولید، همراه با سطوح قابل قبول خطرات مرتبط با منابع آبی برای مردم، محیط‌زیست و شرایط اقتصادی (Grey and Sadoof, 2007). سطح قابل قبول خطرات مرتبط با آب برای انسان و اکوسیستم، همراه با دسترسی به کمیت و کیفیت مناسب آب برای حمایت از معیشت، امنیت ملی، سلامت انسان و خدمات اکوسیستم (Bakker, 2012). امنیت آب عبارت است ازدسترسی پایدار به کمیت و کیفیت مناسب آب در جهت ایجاد اکوسیستم‌ها و جوامع تاب‌آور در مواجهه با تغییرات غیر قطعی جهانی (Scott, 2013).عبارت است از ظرفیت جمعیت برای دسترسی پایدار به مقادیر کافی از آب قابل قبول برای حفظ معیشت، رفاه و توسعه اقتصادی و اجتماعی، همراه با ضمانت حفاظت در برابر آلودگی آب و بحران‌های طبیعی مرتبط با آب و به‌منظور حفظ اکوسیستم‌ها، تداوم صلح و ثبات سیاسی (UN-Water, 2013).

مدیریت منابع آب عبارت از ایجاد تعادل بین منابع و مصارف آب با رعایت جنبه‌های زیست محیطی، توسعه پایدار و عدالت اجتماعی است. مدیریت منابع آب دارای دو وجه مدیریت عرضه و تقاضا می‌باشد. هدف اصلی از مدیریت منابع آب، اداره مطلوب ارتباطات جامعه در خصوص بهره‌مندی از منابع آب در فرایند توسعه و با لحاظ نمودن معیارهای توسعه پایدار است. مدیریت منابع آب در قالب فعالیت‌های ارزیابی کمی و کیفی، توسعه، تخصیص و بهره‌برداری از منابع آب، حفاظت و بهبود کمی و کیفی آن و در چارچوب برنامه‌های اجرایی و پژوهشی، بودجه‌ریزی و بالاخره زیر ساخت مدیریت آب تجلی می‌یابد. اصول مدیریت آب دوبلین، که در کنفرانس سال ۱۹۹۲مورد موافقت قرار گرفته‌اند، اصول مدیریت پایدار آب را به شرح زیر خلاصه می‌سازند.اصل ۱: آب شیرین یک منبع محدود و آسیب‌پذیر، ضروری برای تداوم زندگی، توسعه و محیط است.اصل ۲: توسعه و مدیریت آب باید بر مبنای یک رهیافت مشارکتی صورت پذیرد که مصرف‌کنندگان، برنامه‌ریزان و سیاست‌گزاران را در تمامی سطوح در برگیرد.اصل ۳: زنان نقش محوری در تأمین، مدیریت و پاسداشت آب ایفا می‌کنند.اصل ۴ : آب در تمامی مصارف خود دارای یک ارزش اقتصادی بوده و باید به‌عنوان یک کالای اقتصادی شناخته شود (کلانتری و شعبانعلی فمی، ۱۳۸۷).

موقعیت و ارتباط آب به هر یک از طرف آن در چرخه هیدرولوژی اعم از آب سطحی زیرزمینی و یا بخار آب در جو در هر یک از حالت‌های آب شیرین یا شور، آب شرب با فاضلاب، پساب‌های کشاورزی صنعتی و شهری، دریاچه‌ها، مرداب‌ها، تالاب‌ها و آب‌های ساحلی و حتی رطوبت هوا و خاک، ابر، برف و باران و ارتباط متقابل آن‌ها با سایر عوامل طبیعی و محیطی ایجاب می‌کند که گستره مدیریت توامان آب و خاک به‌طور جامع و یکپارچه کلیه حالت‌های فوق‌الذکر آب را در برگیرد و تقسیمات اداری و تشکیلاتی نباید موجب تفکیک مدیریت هر یک از اشکال فوق‌الذکر آب از یک‌طرف و مدیریت آب و خاک از طرف دیگر گردد و به این ترتیب از تناقض و عدم سازگاری در سیاست‌های مدیریت آب اجتناب شود (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۳).

سیاست‌گذاری برنامه‌ریزی و کلیه اقدامات و فعالیت‌های که در ارتباط با توسعه بهره‌برداری از منابع آب و خاک صورت می‌پذیرد، به‌منظور تحقق اهدافی است که به‌تواند منابع محدود کشور را از طریق مناسب‌ترین گزینه‌های استحصال به‌ضروری‌ترین انواع مصارف منطقی با رعایت منافع دراز مدت و حائز بالاترین بهره‌دهی اقتصادی ممکن با توجه به‌خصوصیات منطقه‌ای به‌گونه‌ای تخصیص دهد که منافع ملی را در حال و آینده بدون ایجاد خسارت به منابع آب و خاک با فراهم نمودن امکانات بهره‌برداری پایدار برآورده سازد. هدف از پژوهش حاضر اولویت بندی شاخص امنیت آب در مناطق شمال غربی حوزه آبخیز سامیان 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 تعدادی اشاره می‌گردد.

کاویانی‌راد و محمدی (۱۳۹۹)، به تاثیر نوسان منابع آب بر امنیت آب خراسان جنوبی با روش تبیینی و تحلیلی پرداختند. ایشان به‌این نتیجه رسیدند که درهم‌تنیدگی افزایش برداشت آب، افت سطح مخازن، کاهش بارش، رشد جمعیت به همراه سیاست‌گذاری های حاکمیتی پیونددار با گسترش کشاورزی به افزایش تنش‌ها، نزاع‌ها و دعاوی حقوقی انجامیده و بر امنیت آب استان اثرگذار بوده است. جباری قره‌باغ و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی رویکرد شاخص محور در ارزیابی امنیت آبی حوزه دریاچه ارومیه پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که چالش‌های هیدرولیکی زیاد و ظرفیت‌ها اقتصادی کم برای دست‌یابی به امنیت آبی است. سلامی سرمست و زهرایی (۱۴۰۰)، به ارزیابی امنیت آبی ایران در سطح استانی با استفاده از شاخص ترکیبی با استفاده‌از روش نیمه جبرانی تجمیع هندسی پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که مقدار شاخص امنیت آبی برای هیچ‌کدام از استان‌های ایران بیش‌تر از ۴۳۰ نمی شود که نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب همه استان‌های ایران از منظر شاخص امنیت آبی است. مالکی و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی امنیت آبی استان‌های ایران در بازه ۱۳۹۰_۱۳۹۵ با استفاده از شاخص امنیت آب پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که مناطق مرکزی و جنوب شرقی و شرقی ایران مشکلات بیش‌تری دارند.

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.

یزدان‌پرست و همکاران (۱۴۰۱)، به‌تحلیل مفهوم امنیت آب در حوزه آبخیز دشت نیشابور با استفاده از چارچوب تعاملات نظام انسان محیط‌زیست (HES) پرداختند.ایشان به این نتیجه رسیدند که شناخت سطوح سلسله مراتبی آگاهی محیط‌زیستی و در نهایت یادگیری و عمل بر اساس مؤلفه‌های کلیدی و تعاملات شناسایی شده توسط چارچوب HES تجزیه و تحلیل پیچیدگی سیستم را به نحو مطلوبی میسر می‌سازد. یزدان‌پرست و همکاران (۱۴۰۲)، به‌تحلیل و ارزیابی شاخص امنیت آب در حوزه آبخیز دشت نیشابور پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که در بین ۵ معیار اصلی شناسایی شده جهت ارزیابی امنیت آب معیار اقتصاد آب در طول ۳ دوره آماری مورد مطالعه (۱۳۹۱-۱۳۹۰، ۱۳۹۶-۱۳۹۵ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸) روند افزایشی داشته و در سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ بیش‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص داده است. اما به‌طور کلی روند وضعیت امنیت آب کلی در حوزه آبخیز دشت نیشابور طی ۱۰ سال گذشته روند کاهشی داشته و در وضعیت ضعیف قرار دارد.

عالمی‌حیدرانلو و همکاران (۱۴۰۲)، به‌ارزیابی وضعیت امنیت آبی از منظر منابع و مصارف آبی زیر حوضه غربی دریاچه ارومیه پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که وضعیت امنیت منابع و مصارف آب در محدوده‌های غربی حوضه دریاچه ارومیه دارای شرا یط نسبتا مشابه و در طبقه متوسط وضعیف قرار گرفته است. 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. زرین و داداشی رودباری (۱۴۰۲)، به‌بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر امنیت آبی در ایران پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که آب ذخیره در دسترس طی دو دهه گذشته در ایران روند کاهشی داشته است. برونداد مدل امنیت آبی نشان

داد دوره بازگشت کمبود آب در کل کشور منفی است. پایین‌ترین مقدار با ۱۰۱ در نیمه شرقی و مناطق مرکزی کشور دیده می‌شود که نشان‌دهنده امنیت آبی پایین در این مناطق است.

سلمان‌خان[1] و همکاران (۲۰۲۰)، به ارزیابی شاخص امنیت آب در پاکستان براساس شاخص‌های هیدرولوژی، زیستی، انسانی پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که بُعد تامین آب، شامل در دسترس بودن، دسترسی، مقرون به‌صرفه بودن و کیفیت آب آشامیدنی در شهر است، در حالی که بُعد بهداشت و سلامت دسترسی به سیستم‌های زهکشی بهبودیافته و هم‌چنین وضعیت بهداشت کلی ساکنان شهر را اندازه‌گیری می‌کند. مارنگوز و داوغلو[2] (۲۰۲۲)، به توسعه یک شاخص امنیت آب که چالش‌های آینده را در استان های هم‌جوار آیدین، دنیزلی، موغلا و اوشاک در ترکیه در برمی‌گیرد پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که در هر دو سناریو، انتظار می‌رود که منطقه در آینده نزدیک تحت فشار شدید آبی قرار گیرد، با تغییر پویایی جمعیت که مشکلات مرتبط با تغییرات آب و هوایی را تشدید می‌کند. از آن‌جایی که این شاخص ماهیت عمومی دارد، می‌توان در سایر مناطق کشاورزی برای ارزیابی امنیت آب در سطح استان اعمال کرد.

سئویون پارک[3] و همکاران (۲۰۲۲)، به ارزیابی امنیت آب در کشورهای از آسیا بر اساس چارچوب پنج ضلعی برای مدیریت کارآمد منابع آب پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که ژاپن، مالزی و کره‌جنوبی سطوح بالایی از امنیت آبی را نشان می‌دهند. در مقابل هند، پاکستان و فیلیپین به‌عنوان کشورهای دارای ناامنی آبی در نظر گرفته می‌شوند. نک‌یاکا[4] (۲۰۲۲)، به بررسی عوامل اجتماعی اقتصادی تعیین‌کننده امنیت آب در مناطق در حال توسعه آفریقا، آسیا-اقیانوسیه و آمریکای لاتین پرداخت. ایشان به این نتیجه رسید که بیش از ۹۰ درصد از کشورهای آفریقا و مناطق آسیا-اقیانوسیه در برابر آب ناامن هستند، در حالی که اکثر کشورهای کارائیب به جز هائیتی، گواتمالا و نیکاراگوئه از نظر آب ایمن هستند.

میرالس[5] 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. ترونگ[6] و همکاران (۲۰۲۳)، به چارچوب ارزیابی امنیت آب برای دلتاهای حوزه رودخانه‌های فرامرزی مکونگ ویتنام پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که ارزیابی امنیت آب برای دلتاهای حوزه رودخانه‌های فرامرزی نیازمند یک چارچوب ارزیابی جامع است. چارچوب پیشنهادی به سیاستگذاران کشورهای ساحلی مکونگ کمک می‌کند تا تأثیر برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه حوزه بر شرایط امنیت آب را به‌طور مشترک نظارت کنند و راه‌حل‌های مناسب برای افزایش امنیت آب برای حوضه را تعیین کنند.

الواتهافا[7] و همکاران (۲۰۲۳)، به ارزیابی شاخص امنیت آب شهری در کشور یمن پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که امنیت آبی در وهله اول ناکافی است و در برخی شاخص‌ها آبی نقص‌های وجود دارد که برای بهبود مدیریت منابع آبی در شهرهای ناامن آب ضروری است. مارکس[8] 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/دینامیکی الگوهای صادرات حوضه آبریز را تغییر دهد. اولسونوسکی[9] و

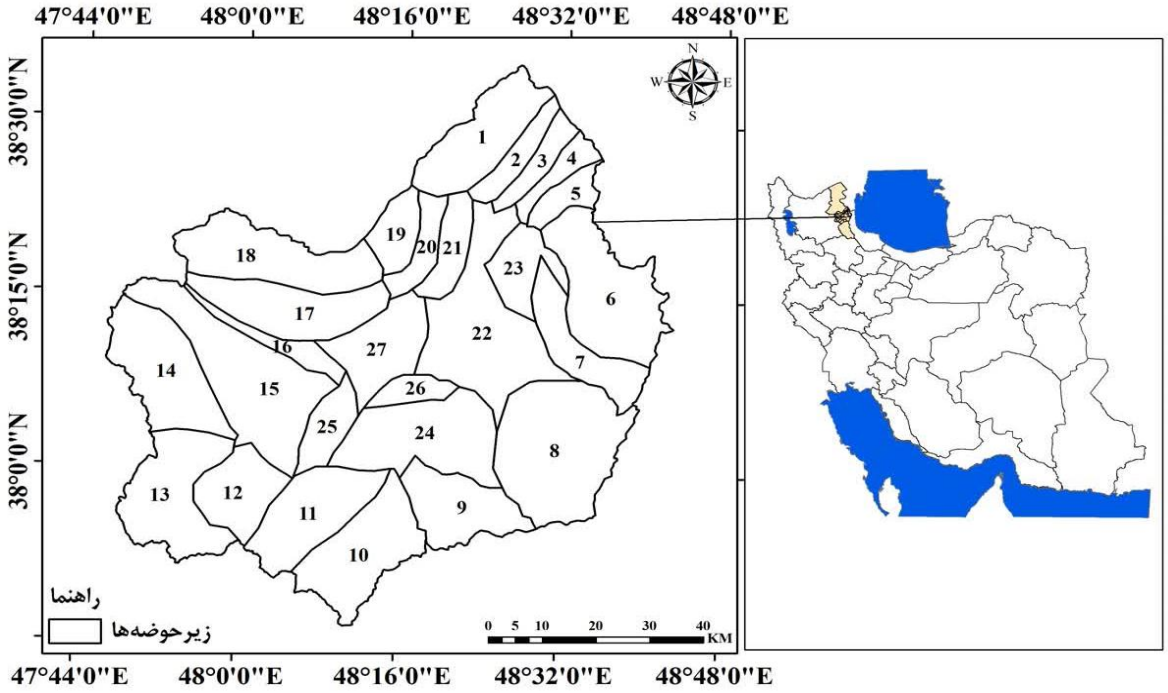
1- Salmankhan
2- Marangoz And Daloglu
3- Seo Yeon Park
4- Nkiaka
5- Miralles
6- Truong
7- Alwathafa
8 Marx
9 Olsonoski

جیانولی[1](۲۰۲۴)، به ارزیابی مدیریت آب برای کنترل سیل در نیواورلئان پرداختند. یافته‌های پژوهش آنان حاکی از آن است که برخی از عوامل کلیدی کمک‌کننده (مانند هزینه‌ها، عدم قطعیت، وابستگی به مسیر، قدرت و مشروعیت و پیچیدگی) فعالیت سازمانی را در بخش مدیریت آب نیواورلئان مرتبط با کنترل سیل ترویج کردند. هدف از پژوهش حاضر تجزیه و تحلیل و اولویت بندی شاخص امنیت آب در مناطق شمال غربی حوزه آبخیز سامیان در استان اردبیل است.

روش شناسی

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل حوزه آبخیز سامیان واقع در استان اردبیل است. حوزه آبخیز سامیان جزء مجموعه حوزه‌های رودخانه ارس بوده که مساحتی معادل با ۴۲۳۶ کیلومتر مربع دارد. شهرستان اردبیل، مرکز استان اردبیل در مرکز این حوزه آبخیز واقع شده و شهرستانهای نمین، نیر و سرعین بخشی از آن را تشکیل می‌دهند.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز سامیان

مواد و روش

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

[1] Gianoli

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[1] 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[2]، 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 می آید (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[3]، 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[4] 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[5] و همکاران، ۲۰۱۴).

نمرات پارامترهای، فشار وضعیت و پاسخ هر معیار در معادله شاخص پایداری از جدول‌های مربوطه به‌دست می‌آید جداول (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)	$\Delta 1 < -10\%$	۰/۲۵
			$-10\% < \Delta 1 < 0\%$	۰/۵۰
			$0 < \Delta 1 < +10\%$	۰/۷۵

1- Calizaya
2- Schueler
3- Chaves And Alipaz
4- Catano
5- Firdaus

		$\Delta 1 > +10\%$	۱
کیفیت	$\Delta 2$_ تغییر در اکسیژن بیو شیمیایی BOD5 حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته نسبت به میانگین درازمدت	$\Delta 2 > 10\%$	۰/۲۵
		$-10\% < \Delta 2 < 0\%$	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	سرانه آب در دسترس برای هر فرد در حوزه آبخیز با توجه به منابع آب های سطحی و زیرزمینی (m3/ capita year)	$\text{Wa} < 1700$	۰/۲۵
کمیت		$1700 < Wa < 3400$	۰/۵۰
		$3400 < \text{Wa} < 5100$	۰/۷۵
		$\text{Wa} < 5100$	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
		Poor	۰/۲۵

سیاست	توانایی حوزه آبخیز در برقرار کردن اتحاد بین هدف‌ها جهت رسیدن به مدیریت یکپارچه منابع آب، در میان نهادها و سازمان‌ها	Medium	۰/۵۰
		Good	۰/۷۵
		Excellent	۱

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

معیار	پارامترهای فشار	سطح	نمره
هیدرولوژی	بهبود راندمان استفاده از آب در حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته	Poor	۰/۲۵
		Medium	۰/۵۰
کمیت		Good	۰/۷۵
		Excellent	۱
	بهبود در روش‌های تصفیه فاضلاب و هدایت هرزآب‌ها در حوزه آبخیز در ۵ سال گذشته	Poor	۰/۲۵
کیفیت		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

معیار هیدرولوژی (H)

معیار هیدرولوژی مشخصات فیزیکی و شیمیایی پهنه‌های آب موجود در حوزه آبخیز مورد نظر را ارزیابی می‌کند. این معیار شامل زیر معیار کمیت و کیفیت آب است کمیت آب با توجه به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌صورت سرانه سالانه است این دو زیر معیار برای به‌دست آوردن معیار کلی هیدرولوژی استفاده می‌شود.

زیر معیار کمیت آب

درصد تغییرات WA از سال پایه تا سال آخر دوره مورد مطالعه پارامتر فشار و مقدار WA برای سال پایه پارامتر وضعیت است. پارامتر سرانه آب در دسترس در هر سال برای هر شخص (WA) از مجموع مقدار دبی آب‌های سطحی به‌همراه بهره‌برداری از منابع

آب زیرزمینی تقسیم بر جمعیت حوزه آبخیز در دوره مورد مطالعه به‌دست می‌آید. تنش آب زمانی اتفاق می‌افتد که دسترسی آب به زیر ۱۷۰۰ متر مکعب برای شخص در سال کاهش یابد (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷).

رابطه ۲: $$WA = \left(\text{دبی آب} = \text{زیست محیطی} - \left(\text{دبی آب زیرزمینی} + \text{دبی جریان}\right)\right.$$

پارامتر پاسخ تنها پارامتر کیفی این زیر معیار است. این پارامتر بهبود عملکرد استفاده از آب در حوزه آبخیز را ارزیابی می‌کند به عبارت دیگر بهبود و ساخت تأسیسات تصفیه آب آشامیدنی در حوزه آبخیز مدنظر قرار می‌گیرد (کورتز[1] و همکاران، ۲۰۱۲).

با این حال بر اساس طبقه‌بندی شاخص هدرفت آب برای سیستم‌های تأمین آب امتیازات زیر می‌توان داده شود. اگر $P < ۲۵$ ٪ سیستم تأمین آب به‌عنوان "خوب" طبقه‌بندی شده و نمره WSI آن یک است؛ اگر $۲۵P > < ۴۰$ سیستم به‌عنوان متوسط طبقه بندی و نمره WSI آن ۰/۵ شود و اگر $P > ۴۰$ سیستم به‌عنوان "ضعیف" طبقه‌بندی و حداقل نمره به آن داده می‌شود (ماینارد[2] و همکاران، ۲۰۱۷).

برای محاسبه دبی زیست‌محیطی از منحنی تداوم جریان (FDC[3]) استفاده شد. این منحنی درصد زمانی که جریان روزانه با ماهانه رودخانه در یک دوره تاریخی برای یک حوزه آبخیز از مقدار معینی تجاوز کند را ارائه می‌دهد (شهنواز و همکاران، ۱۳۹۴). منحنی تداوم جریان از رسم تجمعی دبی رودخانه نسبت به زمان به دست می‌آید. هر یک از نقاط منحنی نشان‌دهنده درصد مواقعی از سال است که دبی رودخانه مساوی یا بیش‌تر از مقدار دبی مشخصی بوده است. با توجه به این منحنی می‌توان پارامترهای دبی نرمال رودخانه را در حالت پرآبی، دبی نرمال در حالت کم آبی دبی، میانگین دبی میانه و دبی‌نما را به‌عنوان مشخصه جریان رودخانه در مقطع پیش از احداث پروژه‌های توسعه منابع آب و نیز در مقطع پس از آن به‌دست آورد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۸).

در این روش داده‌های جریان متوسط روزانه رودخانه را به‌ترتیب زیاد به کم مرتب کرده و با شروع از عدد یک دبی‌ها را رتبه‌بندی کرده و سپس با تقسیم رتبه هر دبی به بالاترین رتبه و ضرب عدد حاصل در ۱۰۰ درصد زمانی تداوم مربوط به آن دبی را به دست خواهد آمد. در این روش Q جریانی است که در ۹۰ درصد مواقع جریان دارد و اکثراً به‌عنوان حداقل دبی زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شود. کلاس مدیریتی و دبی حاصل از روش منحنی تداوم جریان آمده است (سیدی و همکاران، ۲۰۱۱) جدول (۴).

جدول (۴): کلاس مدیریتی و دبی حاصل از روش منحنی تداوم جریان(شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷)

کلاس مدیریتی	شرایط اکولوژیکی	شاخص
کاملا طبیعی	شرایط طبیعی و تغییرات اندک در رودخانه و زیستگاه اطراف	Q۵۰
مطلوب	تغییرات به‌صورت جزئی بوده و شرایط تا حد زیادی دست نخورده است	Q۷۵
معمولی متوسط	به برخی گونه‌های حساس صدمه وارد شده، گونه‌های بیگانه تا حدی وارد شده‌اند	Q۹۰
بحرانی	تنها گونه‌های مقاوم باقیمانده و گونه‌های بیگانه به اکوسیستم تحمیل شده اند	N/A

1- Cortés
2- Maynard
3- Flow Duration Curve

زیر معیار کیفیت آب

در مورد کیفیت آب اکسیژن بیوشیمیایی در طی یک دوره پنج روزه (BODS) به‌عنوان پارامتر انتخاب می‌شود زیرا حاوی اطلاعات اساسی مطالعات هیدرولوژیکی است و به‌طور کلی در حوزه‌های آبخیز موجود است. این پارامتر هم‌چنین با سایر پارامترهای کیفیت آب مهم مانند اکسیژن، محلول کدری و غلظت آلاینده ارتباط دارد. اگر سایر پارامترهای کیفی آب به‌عنوان مثال (نیتروژن مهم‌تر و حیاتی‌تر از BODS در حوزه آبخیز باشند آن‌ها می‌توانند به‌عنوان معیار کیفیت آب استفاده شوند (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷).

هرچه مقدار BODS کم‌تر باشد زباله‌های ارگانیک کم‌تر بوده و اکسیژن محلول بیش‌تری در آب خواهد بود بنابراین نمره بالاتری خواهد گرفت (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹). پارامتر وضعیت مقدار BODS در سال پایه است و در صورتی که میانگین دراز مدت BODS کم‌تر از یک باشد بر اساس نمرات جدول نمره عالی خواهد گرفت پارامتر فشار درصد تغییرات BODS از سال پایه تا سال آخر در دوره مورد مطالعه است. اگر BODS بیش از ده درصد کاهش یابد پارامتر فشار نمره صفر را دریافت می‌کند (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷).

بهبود در روش‌های تصفیه فاضلاب و هدایت هرزآب در دوره مورد مطالعه به‌عنوان پارامتر پاسخ انتخاب شده است. این پارامتر به صورت کیفی سنجیده می‌شود و به پنج سطح بسیار فقیر، فقیر، متوسط، خوب و عالی تقسیم گردیده است (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷).

معیار محیط‌زیست (E)

همانند پارامترهای هیدرولوژی پارامترهای محیط‌زیست در سطوح فشار وضعیت و پاسخ تقسیم شدند. معیار محیط‌زیست بر فشار زیست‌محیطی، سطح پوشش‌گیاهی و درصد مناطق حفاظت‌شده در حوزه آبخیز تمرکز دارد.

برای تعریف پارامتر فشار، شاخص فشار زیست‌محیطی (EPI) که یک نسخه اصلاح شده از شاخص API (Antropic Pressure Index بوده و فشار فعالیت‌های کشاورزی انسان را بر محیط‌زیست ارزیابی می‌کند. این شاخص با میانگین تغییرات از مناطق کشاورزی حوزه آبخیز و جمعیت شهری حوزه آبخیز (درصد) در دوره مورد مطالعه تخمین زده می‌شود.

رابطه ۳: $EPI = (\text{درصد تغییر در جمعیت شهری حوزه آبخیز} + \text{درصد تغییرات در زمین‌های کشاورزی حوزه آبخیز})/2$

نسبت مناطق کشاورزی و شهری با کیفیت آب حوزه آبخیز ارتباط دارد علاوه بر این، از آن‌جایی که اطلاعات کشاورزی و سرشماری جمعیت به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه بسیار آسان‌تر به‌دست می‌آیند به‌عنوان پارامتر انتخاب می‌شوند (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹).

EPI روش مؤثر ارزیابی تعادل میان جمعیت شهری و مناطق کشاورزی است. تعادل کردن این دو به‌طور مستقیم به حفظ سلامتی محیط ناشی از فعالیت‌های انسانی بستگی دارد برای رسیدن به نمره خوب پارامتر فشار نیاز به توسعه زمین‌های کشاورزی همراه با افزایش جمعیت کم است (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹). که بر این اساس می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد. ارزش‌های مثبت فشارهای بالا بر پوشش‌گیاهی طبیعی باقیمانده در حوزه آبخیز را نشان می‌دهد (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷).

پارامتر وضعیت میزان پوشش‌گیاهی طبیعی در حوزه آبخیز را مشخص کرده و نشان می‌دهد چند درصد حوزه آبخیز دارای پوشش گیاهی است. این پارامتر تغییرات محیط در طول زمان را به ذینفعان نشان می‌دهد. بهترین نمره برای این پارامتر یک حوزه آبخیز با پوشش بالغ بر ۴۰ درصد از کل مساحت آن حوزه آبخیز است (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷).

پارامتر پاسخ بهبود وضعیت در فعالیت‌های حفاظتی در حوزه آبخیز شامل جنگل‌های ملی، پارک‌های ملی به بهترین روش‌ها را ارزیابی می‌کند در صورتی که درصد مناطق حفاظت‌شده رشدی برابر و بیش‌تر از ده درصد داشته باشند حداکثر نمره به این پارامتر داده خواهد شد (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷).

معیار زندگی (L)

پارامترهای معیار زندگی مربوط به کیفیت زندگی بشر است و استاندارد زندگی و شاخص توسعه انسانی را در حوزه آبخیز ارزیابی می‌کند پارامتر فشار با تغییر درآمد سرانه در دوره مورد مطالعه مشخص می‌گردد. این پارامتر در ارزیابی کیفیت زندگی به ذینفعان کمک می‌کند و از زیر معیارهای HDI است. بهبود برابر یا بیش‌تر از ده درصد در درآمد سرانه در طول دوره مورد مطالعه نشان‌دهنده رشد اقتصادی قابل توجه بوده و حداکثر نمره را می‌گیرد و مقادیر منفی این پارامتر نشان می‌دهد که جمعیت در این دوران فقیرتر می‌شوند (شاوز و علیپاز، ۲۰۰۷).

پارامتر وضعیت با استفاده از شاخص توسعه انسانی (HDI) و پارامتر پاسخ با تغییرات در HDI در طول دوره مورد مطالعه ارزیابی می‌شود مزیت استفاده از HDI این است که در سراسر جهان محاسبه شده است و به‌راحتی قابل مقایسه با سایر حوزه‌های آبخیز مشابه بوده، هم‌چنین به‌شدت تحت تأثیر شاخص‌های اجتماعی مانند بهداشت و آموزش است و تغییر در متوسط درآمد جمعیت‌ها به نوبه خود می‌تواند به‌عنوان یک کل بر پایداری حوزه آبخیز مؤثر باشد حداکثر نمرات در صورت داشتن شاخص HDI بیش از ۰/۹۰ و تغییر بیش از ۲۰ درصد مثبت در HDI در دوره مورد مطالعه است (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹).

برای محاسبه شاخص توسعه انسانی در مدل موریس، در مرحله اول ماتریس اولیه داده‌ها که مبنا و پایه انجام پژوهش است تشکیل شد. یافته‌های حاصل از بررسی، وضعیت اولیه شهرستان‌های استان اردبیل به لحاظ شاخص‌های توسعه انسانی در جدول (۵)، نشان داده شده است. در شاخص امید به زندگی شهرستان‌های اردبیل و نیر به ترتیب با امید به زندگی ۷۳/۳۵ و ۶۹/۳۰ سال، دارای بیش ترین و کم‌ترین میزان امید به زندگی در میان ۱۰ شهرستان استان اردبیل هستند. در ارتباط با شاخص درصد باسوادی یافته‌ها نشان می‌دهد شهرستان‌های اردبیل و سرعین به ترتیب با نرخ باسوادی ۸۵/۰۱ درصد و ۶۸/۴۰ درصد، دارای بیش‌ترین و کم‌ترین نرخ باسوادی در استان هستند. هم‌چنین یافته‌های پژوهش در خصوص شاخص میانگین درآمد سرانه نشان می‌دهد دو شهرستان اردبیل و نیر به ترتیب با میانگبن درآمد سرانه ۶۲۰۰۴۲۶ تومان در سال و ۴۸۸۰۳۴۹ تومان در سال، دارای بیش‌ترین و کم‌ترین درآمد سرانه در بین شهرستان‌های استان هستند.

جدول (۵): تشکیل ماتریس اولیه داده‌ها جهت سنجش شاخص توسعه انسانی در شهرستان‌های استان اردبیل (منبع: حاضری و همکاران، ۱۴۰۳)

شهرستان	امید به زندگی (سال)	باسوادی (درصد)	درآمد سرانه (تومان)
اردبیل	۷۳/۳۵	۸۵/۰۱	۶۲۰۰۴۲۶
بیله سوار	۷۱/۲	۷۴/۰۸	۵۹۸۵۳۳۰
خلخال	۷۱/۲۵	۷۸/۵۶	۵۳۰۸۰۳۱
مشگین شهر	۷۲/۵۸	۸۳/۰۶	۵۷۹۸۸۸۷
گرمی	۷۱/۴۵	۷۵/۷۹	۵۶۸۹۷۱۳
پارس اباد	۷۲/۶۸	۷۶/۲۳	۶۰۰۴۴۶۸
کوثر	۷۰/۷۰	۷۲/۵۹	۵۱۹۷۶۵۵
نمین	۷۲/۵۱	۸۲/۶۸	۵۲۱۳۷۶۱
نیر	۶۹/۳۰	۶۹/۳۴	۴۸۸۰۳۴۹
سرعین	۷۰/۹۰	۶۸/۴۰	۵۳۲۵۶۴۵

معیار سیاست (P)

معیار سیاست سطوح، آموزش هزینه‌ها و توانایی‌های سازمان‌ها جهت رسیدن به مدیریت یکپارچه منابع آب را در حوزه آبخیز ارزیابی می‌گردد. زیر معیار آموزش توسعه انسانی به‌عنوان پارامتر فشار سیاست استفاده می‌شود. این زیر معیار به‌دلیل همبستگی آن با توانایی و تمایل مردم برای درگیر شدن و حمایت از پایداری حوزه آبخیز و برنامه‌های مدیریت آبخیز و فشار بر تصمیم‌گیرندگان

مورد استفاده قرار می‌گیرد (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹). این همبستگی در چندین حوزه آبخیز در برزیل مشاهده شده است. علاوه بر این، این یک پارامتر ساده و در دسترس است که باعث استفاده از آن می‌شود (شاوز و علیپاز، ۲۰۱۱).

پارامتر وضعیت

پارامتر وضعیت توسط توانایی حوزه آبخیز در برقرار کردن اتحاد بین هدف‌ها جهت رسیدن به مدیریت یکپارچه منابع آب در میان سازمان‌ها و نهادها مختلف موجود تعیین می‌گردد این پارامتر جامع بودن سیستم‌های نهادی و حقوقی در حوزه آبخیز را ارزیابی می کند. اگر قوانین آب کافی در حوزه آبخیز وجود داشته باشد اما آن‌ها اجرا نمی‌شوند، سطح میانجی (۰/۵) می‌تواند برای پارامتر استفاده شود به‌همین ترتیب اگر هیچ قانون یا نهاد وجود ندارد نمره بسیار ضعیف (صفر) برای این پارامتر اختصاص داده می‌شود و بالعکس (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹). مدیریت یکپارچه منابع آب با هدف تقویت و به اشتراک‌گذاری منابع زمین آگاهی اجتماعی در مورد مسائل زیست‌محیطی و همکاری میان مؤسسات صورت می‌گیرد (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹).

پارامتر پاسخ

پارامتر پاسخ با برآورد سیر تکاملی در هزینه‌هایی که صرف اعمال مدیریت یکپارچه منابع آب حوزه آبخیز در دوره مورد مطالعه برآورد شده است. این پارامتر نشان‌دهنده پاسخ توسط ذینفعان و تصمیم‌گیرندگان در حل مسائل مربوط به منابع آب است. هر چه بودجه و هزینه‌های اختصاص‌یافته بیش‌تر باشد احتمال این که حوزه آبخیز هدف‌های مربوط به آب خود را برآورده کند وجود دارد (کاتانو و همکاران، ۲۰۰۹).

نرمال کردن داده‌ها (استانداردسازی داده‌ها)

برای این‌که به‌توان از ترکیب شاخص‌های مورد ارزیابی در پژوهش به یک شاخص واحد رسید. ابتدا هریک از ۴ شاخص با استفاده از فرمول شاخص پایه که مقدار آن بین صفر و یک است تبدیل می‌گردند رابطه (۴). (دستورانی و محمدی، ۱۳۹۶)

رابطه ۴:

$$\text{شاخص پایه} = \frac{\text{کمترین مقدار} - \text{متوسط شاخص}}{\text{کمترین مقدار} - \text{بیشترین مقدار}}$$

برای اینکه هریک از شاخص‌ها به شاخص نرمال تبدیل شوند ابتدا لازم است برای هریک از آن‌ها مقادیر حداکثر و حداقل در نظر گرفته شود.

نتایج و یافته‌ها

نتایج شاخص‌های مورد مطالعه برای ارزیابی شاخص امنیت آب (WSI)

نتایج و تجزیه و تحلیل شاخص امنیت آب (WSI)، براساس زیرحوزه‌های حوزه آبخیز قره‌سو در استان اردبیل در جدول (۶)، 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.

شاخص هیدرولوژی

نتایج ارزیابی شاخص آبدهی در حوزه آبخیز قره‌سو نشان داد که بیش‌ترین میزان آبدهی در بین ۸ زیرحوزه مورد بررسی مربوط به زیرحوزه ۱ در ایستگاه هیدرومتری نمین با مقدار ۵۶۰۱۹۶۰۷۳ مترمکعب می‌باشد. هم‌چنین کم‌ترین میزان آبدهی مربوط به زیرحوزه ۵ با مقدار ۳۴۴۳۳۳۷ مترمکعب که نشان‌دهنده کم‌ترین میزان آبدهی در بین زیرحوزه‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز قره سو در استان اردبیل است (جدول ۶).

نتایج ارزیابی سرانه آب درزیرحوزه‌های قره‌سو نشان داد که بیش‌ترین میزان سرانه آب برای هر نفر در زیرحوزه ۵ در ایستگاه سولا به خود اختصاص داده است. هم‌چنین کم‌ترین میزان سرانه آب نیز مربوط به زیرحوزه ۲ در ایستگاه نمین است. (جدول ۶).

شاخص زیست‌محیطی

نتایج حاصله از ارزیابی شاخص زیست‌محیطی در زیرحوزه‌های مورد بررسی نشان داد که بیش‌ترین مقدار اراضی مرتعی در زیرحوزه ۷ و از نظر جنگلی مربوط به زیرحوزه ۷ است. هم‌چنین کم‌ترین اراضی مرتعی و جنگلی نیز مربوط به زیرحوزه ۵ می‌باشد.

شاخص توسعه انسانی (HDI)

براساس ارزیابی‌های انجام شده بیش‌ترین افراد ساکن شهری و روستایی در زیرحوزه ۷ شهرستان نمین با تعداد نفرات ۳۰۷۹۱ نفر می‌باشد و کم‌ترین افراد ساکن نیز در زیرحوزه ۸ منطقه نمین با تعداد نفرات ۲۰۹۱ 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، براساس مقادیر استاندارد شده ۱ می‌باشد که این مقدار نشان از توسعه انسانی بسیار بالا در زیرحوزه‌های منتخب دارد. (جدول۶).

جدول (۶):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)	جعیت شهر و روستا (نفر)	سرانه آب (لیتر)	اراضی مرتعی (درصد)	اراضی جنگلی (درصد)	شاخص توسعه انسانی (HDI)
۱	۱۸۶/۷	-	نمین	۵۶۰۱۹۶۰۷۳	۵۶۰/۲۰	۲۲۵۵۵	۲۴۸۳۶/۸۹۰۸۴	۲/۹	۰/۲۹	۱
۲	۶۱/۵	-	نمین	۱۸۴۴۷۶۹۳۲	۱۸۴/۴۸	۱۵۹۱۵	۱۱۵۹۱/۳۸۷۴۷	۴/۴۵	۰/۸۸	۰/۶۳
۳	۵۶/۱	نمین	-	۱۳۲۰۱۸۸۹۴	۱۳۲/۰۲	۲۵۸۴	۵۱۰۹۰/۹۰۳۲۵	۱/۵۸	۰/۸۹	۰/۶۳
۴	۴۸/۳	ننه کران	-	۲۶۲۶۱۰۴۱	۲۶/۲۶	۱۱۹۷۳	۲۱۹۳/۳۵۵۱۲۱	۲/۰۲	۲/۰۱	۱
۵	۵۱/۸	سولا	-	۳۴۴۳۳۳۷	۳/۴۴	۳۹۷۴	۸۶۶/۴۶۶۲۸۰۸	۰/۰۹	۰/۰۱	۱
۶	۲۶۲/۳	-	آلادیزگه + ایریل	۱۳۲۸۲۲۴۹	۱۳/۲۸	۱۶۵۹۱	۸۰۰/۵۶۹۵۰۱۲	۱/۶۸	۲/۴۳	۰/۶۳
۷	۱۳۲/۲	-	آلادیزگه + ایریل	۱۳۲۸۲۲۴۹	۱۳/۲۸	۳۰۷۹۱	۴۳۱/۳۶۷۸۸۶۵	۵/۹۹	۶۰/۹۲	۰/۶۳
۸	۳۴۸/۱	هیر	-	۷۴۵۱۵۰۶	۷/۴۵	۲۰۹۱	۳۵۶۳/۶۰۸۹۳۲	۰/۷۹	۸/۲۷	۰/۶۳

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 (۷) 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 ۵ با مقدار ۰/۰۰۴ 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 ۸ با مقدار ۰/۰۷ است.

نتایج استانداردسازی شاخص زیست‌محیطی نشان داد که بیش‌ترین امتیاز مربوط به زیرحوزه ۷ با مقدار یک و کم‌ترین میزان مربوط به زیرحوزه ۵ است. براساس نتایج استانداردسازی شاخص توسعه انسانی نشان داد که بالاترین میزان توسعه انسانی مربوط به زیرحوزه‌های ۱، ۴، ۵، است.

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.

جدول (۷): 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

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به ارزیابی و اولویت بندی شاخص امنیت آب در مناطق شمال غربی حوزه آبخیز سامیان در استان اردبیل با استفاده از شاخص‌های هیدرولوژی، زیست محیطی زندگی پرداخته شد.براساس نتایج حاصله از شاخص های مذکور 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 ۵ با مقدار ۰/۰۰۴ 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 ۸ با مقدار ۰/۰۷ است.شاخص زیست محیطی نشان داد که بیش‌ترین امتیاز مربوط به زیرحوزه ۷ با مقدار یک و کم‌ترین میزان مربوط به زیرحوزه ۵ است. 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. بنابراین نتیجه گیری می گردد که هرچه میزان شاخص های مذکور بیشتر باشد میزان امنیت آب بیشتر خواهد بود. در نهایت پیشنهاد میگردد در مطالعات آتی از ابزارهای هوش مصنوعی جهت برآورد امنیت آب استفاده گردد.

منابع و مأخذ

اسفندیاری درآباد، نظافت تکله، ب، مصطفی‌زاده، ر. . (۱۴۰۴). 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

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.

جباری قره باغ، ث، رضایی، ح، باقری، ع. (۱۴۰۰). کاربست رویکرد شاخص محور در ارزیابی امنیت آبی حوضه دریاچه ارومیه، **پژوهشات منابع آب ایران**، ۲، ۱۱۳-۱۰۰.

حاضری نیری، ه، جامی اودولو، م، نظافت تکله، ب. (۱۴۰۳). ۱۳.عوامل اقتصادی موثر بر ارتقا شاخص‌های توسعه انسانی در استان اردبیل. فصلنامه **مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای،** ۵(۳)، ۲۰۵-۲۱۹. https://www.srds.ir/article_212804.html

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.

زرین، آ، داداشی رودباری. (۱۴۰۲). بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر امنیت آبی در ایران، **نشریه آب و توسعه پایدار**، ۱، ۴۴-۳۷.

سالمی سرمست، س، زهرایی، ش. (۱۴۰۰). ارزیابی امنیت آبی ایران در سطح استانی با استفاده از شاخص ترکیبی، **مدیریت آب و آبیاری**، ۳، ۱۱، ۶۳۲-۶۱۷.

شرکت ملی مدیریت منابع آب ایران، (۱۳۸۳).

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.

عالمی حیدرانلو، ز، رضایی، ح، خلیلی، ک. (۱۴۰۲). ارزیابی وضعیت امنیت آبی از منظر منابع و مصارف آبی مطالعه موردی زیرحوزه غربی دریاچه ارومیه، **نشریه دانش آب و خاک**، ۱، ۱۵۹-۱۴۵.

کاویانی‌راد، م، محمدی، م. (۱۳۹۹). تاثیر نوسان منابع آب بر امنیت آب (نمونه پژوهی: خراسان جنوبی)، **نشریه پژوهش‌های جغرافیای سیاسی**، ۵، ۴، ۱۱۵-۱۳۲.

کلانتری، خ، شعبانعلی فمی، ح. (۱۳۸۷). اقتصاد توسعه کشاورزی، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۴۴ صفحه.

گودرزی، م، عباسی، ف، هدایتی‌پور، ا. (۱۳۹۹). ارزیابی شاخص‌های مدیریت آب آبیاری در تولید انگور (مطالعه موردی استان مرکزی). **نشریه آبیاری و زهکشی ایران**، ۱۴(۶)، ۲۰۰۳-۲۰۱۲.

مالکی ،ن، شاکری بستان‌آباد، ر، صالحی کمرودی، م، سید آبادی، س. (۱۴۰۰). بررسی وضعیت شاخص ترکیبی امنیت آبی استان های ایران در بازه ۱۳۹۰-۱۳۹۵ کاربردی از روش‌های تحلیل چند معیاره، **آب و توسعه پایدار**، ۳۲-۲۱.

محمدی، ط، دستورانی، م ت. (۱۳۹۶). ارزیابی پایداری حوزه با استفاده از روش شاخص پایداری آبخیز. **هیدروژئومورفولوژی**، ۴(۱۰)، ۴۱-۶۴.

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.

یزدان‌پرست، م، قربانی، م، سلاجقه، ع،کراچیان، ر. (۱۴۰۱). تحلیل مفهوم امنیت آب در حوزه آبخیز دشت نیشابور با استفاده‌از چارچوب تعاملات نظام انسان_محیط زیست(HES)، **مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران**، ۱۰، ۲۶-۱۳.

یزدان‌پرست، م، قربانی، م، سلاجقه، ع،کراچیان، ر. (۱۴۰۲). تحلیل و ارزیابی شاخص امنیت آب (WSI) در حوزه آبخیز دشت نیشابور، ۱، ۱۱، ۱۳۵-۱۱۶.

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

Alwathafa, Y, Kawya ,A, AlAreeqe, N, AlAreeqd, A, Al-qatnie, K. (2023), Urban Water Security Index assessment For Ibb City, Yemen: Comprehensive Vision, Water Conservation & Management (Wcm) 7(1) 28-35

Arreguin-Cortes, F.I., Saavedra-Horita, J.R., Rodriguez-Varela, J.M., Tzatchkov V.G., Cortez-Mejia P.E., Llaguno-Guilber, to O. J. and Sainos-Candelario A. (2020). State level water security indices in Mexico. Sustainable Earth, 3: 1-14

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

Chaves, H, M, L, Alipaz, S, (2006). An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy. The Watershed Sustainability Index. Water Resources Management 21:883-895

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

IWRM for Sustainable Use for water, 50 years of International experience with the concept of IWRM, (2004), Ministry of Agriculture Nether Lands.

Marangoz, D, Daloglu, I. (2022), Development of a Water Security Index Incorporating Future Challenges,Climate Change in the Mediterranean and Middle Eastern Region pp 313–329

Marx, C., Tetzlaff, D., Hinkelmann, R., & Soulsby, C. (2023). Effects of 66 years of water management and hydroclimatic change on the urban hydrology and water quality of the Panke catchment, Berlin, Germany. The Science of the total environment, 900, 165764. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165764

Maynard, IF, N. Cruz, M. A. S. Gomes, L. J. (2017). Applying a Sustainability Index to the Japaratuba River Wathershed in Sergipe State. Ambiente & Sociedade 20:201-220

Miralles, WF, Sanchez, MR, Muñoz, CR, (2022), Assessing Water Security Through a Set of Consistent Metrics and Application to Water Funds in Latin America, Current Trends in Civil & Structural Engineering,2643_6876, DOI: 10.33552/CTCSE.2022.09.000704

Olsonoski, A., & Gianoli, A. (2024). Water management for flood control in New Orleans: Key factors contributing to institutional inertia. Cities.

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

Salmankhan, Yiqing Guan ,Farhan Khan ,Zeeshan Khan, (2020), A Comprehensive Index for Measuring Water Security in an Urbanizing World: The Case of Pakistan's Capital, WATER,1-18.

Schueler, T, R, (1995). Site Planning for Urban Stream Protection. ed. Metropolitan Washington Council of Governments. 232 p

Scott, C. A., Vicuña, S., Blanco-Gutiérrez, I., Meza, F., & Varela-Ortega, C. (2014). Irrigation efficiency and water-policy implications for river basin resilience. Hydrology and Earth System Sciences, 18(4), 1339-1348.

Seo, YP, Jong, SK , Seungho, L, Joo, HL, (2022), Appraisal of Water Security in Asia: The Pentagonal Framework for EfficientWater Resource Management, Applied Sciences, 12(16), 8307; https://doi.org/10.3390/app12168307

Thapa B.R., Ishidaira H., Prasad Pandey V., Bhandari T.M., Man Shakya N. (2018). Evaluation of Water Security in Kathman- duValley before and after Water Transfer from another Basin. Journal of water, 10, 224: 1-12.