



The University of Tehran Press

Prioritizing factors affecting water security by socio-hydrological approach (Case study: Hashtgerd plain)

Ehsan Shad¹ | Mehdi Ghorbani^{2*} | Shahram Khalighi Sigarodi³ | Ali Salajegheh⁴
| Maryam Yazdanparast⁵

1. MSc Graduated, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran. Email: e.shad@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran. Email: mehghorbani@ut.ac.ir
3. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran. Email: khalighi@ut.ac.ir
4. Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran. Email: salajegh@ut.ac.ir
5. Post-Doc Researcher, Social Business Institute, University of Tehran, Iran. Email: m.yazdanparast@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received September 09, 2023
Revised September 26, 2023
Accepted October 22, 2023
Published online 24 March 2024

Keywords:
*Water security,
Multi-criteria decision making,
Socio-hydrological approach,
Water resources management,
Hashtgerd plain.*

ABSTRACT

The current century is the beginning of a crisis period and water is the main factor and a vital element. Nowadays, water resources scarcity crisis has impacted most parts of the earth and has caused serious damage and threats to people all over the world. In the meantime, due to factors such as specific geographical location, disturbance and fluctuation in rainfall, Iran is considered as one of the water-scarce countries, and water resources situation in some areas is very critical. For this purpose, the goal of current research was to prioritize factors affecting water security with a socio-hydrological approach in the Hashtgerd plain of Alborz province, Iran. In order to investigate and evaluate the water security of Hashtgerd plain, the water security evaluation framework was used, which includes two main parts of hydrological and economic-social indicators. The sample size was calculated based on the Cochran's formula as of 152 people. To obtain the overall index of water security, the five criteria of water availability, water production, water risks, watershed health and water governance were measured. Then, the general values of the water security index were calculated and the prioritization of factors affecting water security was done using a multi-criteria decision-making approach. The results showed that the overall index of water security in the years 2013, 2014, 2015 is in a weak state while in the years 2016 and 2017 is in a very weak condition.

Cite this article: Shad, E.; Ghorbani, M.; Khalighi Sigarodi, Sh.; Salajegheh, A. & Yazdanparast, M. (2024). Prioritizing factors affecting water security by socio-hydrological approach (Case study: Hashtgerd plain). *Natural Resources Governance*. 1 (1), 69-82.

Doi: 10.22059/jnrg.2024.365047.1002



© Ehsan Shad, Mehdi Ghorbani, Shahram Khalighi Sigarodi, Ali Salajegheh, Maryam Yazdanparast.

Publisher: The University of Tehran Press.



انتشارات دانشگاه تهران

نشریه حکمرانی منابع طبیعی

سایت نشریه: <https://jnrg.ut.ac.ir/>

شاپا الکترونیکی:

اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر امنیت آب با رویکرد اجتماعی - هیدرولوژیک (منطقه پژوهش: دشت هشتگرد)

احسان شاد^۱ | مهدی قربانی^{۲*} | شهرام خلیقی سیگارودی^۳ | علی سلاجقه^۴ | مریم یزدان‌پرست^۵

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. رایانامه: e.shad@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. رایانامه: mehghorbani@ut.ac.ir
۳. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. رایانامه: khalighi@ut.ac.ir
۴. استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. رایانامه: salajegh@ut.ac.ir
۵. پژوهشگر پسادکتری، مؤسسه کسب و کار اجتماعی دانشگاه تهران. رایانامه: m.yazdanparast@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

عصر حاضر می‌تواند آغاز بحرانی باشد که عامل اساسی آن را یک عنصر حیاتی یعنی آب شکل می‌دهد. بحران کم‌آبی که امروزه سطح زمین را فراگرفته، آسیب‌ها و تهدیدهای جدی برای مردم در سرا سر کره زمین ایجاد کرده است. در این میان، ایران به دلیل عواملی از قبیل موقعیت جغرافیایی خاص، اختلال و نوسان در بارش، از کشورهای کم‌آب به شمار می‌آید که وضعیت آب در برخی مناطق آن بحرانی است. هدف این پژوهش اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر امنیت آب با رویکرد اجتماعی - هیدرولوژیک در دشت هشتگرد استان البرز است. در این پژوهش به منظور بررسی و ارزیابی امنیت آب دشت هشتگرد از چارچوب ارزیابی امنیت آب استفاده شده که شامل دو بخش اصلی شاخص‌های هیدرولوژیکی و شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی است. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۱۵۲ نفر محاسبه شد. برای به دست آوردن شاخص کلی امنیت آب معیارهای پنج‌گانه در دسترس بودن آب، تولید آب، خطرهای آب، سلامت حوضه آبخیز و حکمرانی آب سنجیده شد. ابتدا مقادیر کلی شاخص امنیت آب محاسبه شد و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر امنیت آب با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهد که شاخص کلی امنیت آب در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ در وضعیت ضعیف و در سال‌های ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ در وضعیت خیلی ضعیف قرار دارد.

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۰۵

کلیدواژه:

امنیت آب،

تصمیم‌گیری چندمعیاره،

دشت هشتگرد،

رویکرد اجتماعی-هیدرولوژیک،

مدیریت منابع آب.

استناد: شاد، احسان؛ قربانی، مهدی؛ خلیقی سیگارودی، شهرام؛ سلاجقه، علی و یزدان‌پرست، مریم (۱۴۰۳). اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر امنیت آب با رویکرد اجتماعی-هیدرولوژیک (منطقه پژوهش: دشت هشتگرد). *نشریه حکمرانی منابع طبیعی*، ۱ (۱) ۶۹-۸۲.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه

© احسان شاد، مهدی قربانی، شهرام خلیقی سیگارودی، علی سلاجقه، مریم یزدان‌پرست

تهران.



Doi: 10.22059/jnrg.2024.365047.1002

۱. مقدمه

آب مهم‌ترین و محوری‌ترین عنصر حیات بشر است که به‌صورت منبعی راهبردی و محدودکننده برای توسعه اقتصادی و اجتماعی و به‌عنوان عاملی مهم و گرانبها در ایجاد واگرایی یا همگرایی بین دولت‌ها و کشورها نقش‌آفرینی می‌کند (Ghorbani et al., 2014). عصر حاضر می‌تواند آغاز بحرانی باشد که عامل اساسی آن را یک عنصر حیاتی، یعنی آب شکل می‌دهد. بحران کم‌آبی که امروزه سطح زمین را فراگرفته، آسیب‌ها و تهدیدهای جدی را برای مردم در سراسر کره زمین ایجاد کرده است. توسعه و مدیریت منابع آب برای دستیابی به امنیت آب همچنان تا به امروز در مرکز تنازع برای رشد، توسعه پایا و کاهش فقر قرار دارد. گری و سادوف امنیت آب را بر خورداری از کمیت و کیفیت مورد نیاز برای ارائه سطح قابل قبولی از خدمات به‌منظور تأمین سلامت، معیشت، اکوسیستم و تولید و همچنین میزان ریسک منطقی ناشی از خطرهای مربوط به آب برای مردم، محیط زیست و اقتصاد تعریف کرده‌اند (Ghorbani, 2017).

پرداختن به چالش‌های آینده، مستلزم تحقیق بین‌رشته‌ای در تعامل و بازخورد بین نظام‌های اجتماعی و منابع آب است. مطالعات اجتماعی هیدرولوژیک به‌منزله روشی امیدبخش برای درک ارتباط اجزای انسانی و بیوفیزیکی سیستم‌های محیطی پدید آمده است. (Haeffner et al., 2018) در نتیجه هدف مطالعات اجتماعی - هیدرولوژیک، درک پویایی و همگرایی نظام‌های زوجی انسان - آب است (Sivapalan et al., 2012). در رویکرد اجتماعی هیدرولوژیک، انسان و فعالیت‌های انسانی، بخشی از چرخه آب در نظر گرفته می‌شود. سیواپالان و همکاران، هیدرولوژی اجتماعی را علم جدید انسان و آب معرفی می‌کنند که هدف آن درک پویایی و هم‌تکاملی نظام‌های پیوسته اجتماعی - هیدرولوژی با ارائه مثالی از انسان - آب است (Sivapalan et al., 2003).

کشور ما از گذشته با مشکلات کمبود آب و در برخی از سال‌ها با خشکسالی و قحطی مواجه بوده است. در حال حاضر ایران در آستانه بحران آب قرار دارد، به‌طوری که در سال‌های آتی تأمین آب به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های کشور تبدیل خواهد شد. برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و سطحی نیز این معضل را دوچندان کرده است (Damavandinejad Monfared, 2018). بدین ترتیب امروزه مسئله آب در بسیاری از مناطق جهان به‌ویژه ایران به بحرانی جدی تبدیل شده که این امر بازنگری مجدد در وضعیت و تعیین منابع بالقوه آب و برنامه‌ریزی در منابع آب را به‌عنوان یک ضرورت می‌طلبد (shad and shad, 2019).

اگرچه پیوند میان فعالیت‌های انسانی و آب در «سیستمی از بازخوردهای متقابل» سالیان مدیدی است که شناخته شده، تاکنون درک کمی از بازخوردها، برهم‌کنش‌های دوسویه و مفهوم هم‌تکاملی در سیستم‌های پیوسته میسر نشده است. از این‌رو توجه به مسئله مدیریت منابع آب و تأمین امنیت آب جهانی که پیوند محکمی با تعاملات و بازخوردهای نظام‌های اجتماعی - محیطی دارد از ضروریات رسیدن به مدیریت منابع آب در سطح کلان مطرح شده است. مهم‌ترین دلیل انتخاب این منطقه به‌عنوان محدوده مطالعاتی این است که با وجود قرار گرفتن دو سد بزرگ امیرکبیر و طالقان در استان البرز، این استان نه‌تنها از منابع آبی این دو سد بی‌بهره مانده، بلکه همه حوضه‌های بالادست این سد دچار بحران کم‌آبی شده است، از طرف دیگر با توجه به محدودیت منابع تأمین‌کننده آب (سطحی و زیرزمینی) در استان البرز و نیاز آب شرب شهر جدید هشتگرد که در آینده نزدیک جمعیتی در حدود ۷۰۰ هزار نفر را در خود اسکان خواهد داد (Iran Water Resources Management Company, 2017)، شناسایی عوامل اصلی تأثیرگذار بر بروز بحران و ارائه راهکارها برای حل مشکل کمبود آب و پیامدهای ناشی از این کم‌آبی در منطقه ضروری به نظر می‌رسد (Godarzi and Mortazavizadeh, 2015). هدف این پژوهش تحلیل نقش رویکردهای اجتماعی - هیدرولوژیک بر امنیت آب در منطقه، آنالیز عوامل اثرگذار و چگونگی وقوع بازخوردها و برهم‌کنش‌های متقابل بر امنیت آب و اولویت‌بندی عوامل انسانی - محیطی اثرگذار در منطقه پژوهش است.

۱.۱. مروری بر ادبیات موضوع و سوابق تحقیق

مفهوم امنیت آب ظرف دهه گذشته هم در زمینه پژوهشی و هم در عمل محبوبیت روزافزونی یافته است. تنش‌هایی در بحث حمایت از مفهومی گسترده و جامع در مقابل یک قالب‌گیری عملیاتی محدود و تنگ‌نظرانه، چشم‌اندازهای کشورهای توسعه‌یافته

در مقابل کشورهای در حال توسعه، قالب‌گیری علوم مهندسی / طبیعی در مقابل علوم اجتماعی و راه‌حل‌های ترجیحی هم‌ارز که به چالش‌های امنیت آب می‌پردازند وجود دارد. امنیت و حکمرانی آب و سرنوشت بشر به شدت در هم تنیده شده‌اند؛ به طوری که مسئله کمبود آب و عدم توزیع مکانی و زمانی یکسان منابع آبی به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن حاضر تبدیل شده است؛ در نتیجه این موضوع مباحث و تحقیقات بسیاری را به خود اختصاص داده است. قربانی در کتاب خود با نام حکمرانی آب در مواجهه با تغییر جهانی، افزون بر ارائه تعریفی جامع از حکمرانی آب یعنی: «عملکرد نهادهای جامعه اعم از نهادهای سیاسی، اجتماعی، حقوقی و اقتصادی برای مدیریت منابع و خدمات آب به نحوی که نیازهای انسان و محیط زیست بی‌کم‌وکاست برطرف شود»، حکمرانی آب را پیش شرط داشتن جامعه‌ای پایدار دانسته و با تشریح اهمیت و ضرورت حکمرانی آب، به تأثیر آن در حل مسائل آب و در نهایت حل مسئله پایداری پرداخته است (Ghorbani, 2017).

یزدان‌پرست و همکاران با ارائه مدل مفهومی امنیت آب با ترکیب چارچوب تعاملات نظام انسان- محیط زیست و سیستم داینامیک در حوضه آبخیز دشت نیشابور، به این نتیجه رسیدند که درک سطوح سلسله‌مراتبی آگاهی محیطی و در نهایت یادگیری و تمرین بر اساس مؤلفه‌های کلیدی و تعاملات شناسایی شده توسط چارچوب HES، تحلیل پیچیدگی سیستم را تسهیل می‌کند (Yazdanparast et al., 2023).

یادگاری و همکاران با استفاده از چارچوب تحلیل توسعه نهادی، نهاد آب را در سه مؤلفه قوانین، سیاست‌ها و مدیریت سازمانی واداری بخش آب ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که از میان مؤلفه‌های تشکیل دهنده نهاد آب، اثربخشی مدیریت سازمانی و اداری بخش آب بیش از اثربخشی قوانین و سیاست‌های بخش آب است (Yadgari et al., 2017).

Aboelnga و همکاران در مقاله خود با استفاده از چارچوب ارزیابی امنیت آب شهری با استفاده از چهار بعد عوامل شامل آب آشامیدنی برای انسان‌ها و اکوسیستم، تغییرات آب‌وهوایی و مخاطرات مربوط به آب و عوامل اقتصادی - اجتماعی پرداخته‌اند. استفاده از این چارچوب به دولت‌ها، سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان آب کمک می‌کند تا منابع اندک آب را به طور مؤثر و پایدار هدف قرار دهند. این پژوهش نشان می‌دهد که دستیابی به امنیت آب شهری نیاز به رویکردی جامع و یکپارچه با ذی‌نفعان مشترک دارد تا روشی معنی‌دار برای بهبود درک و مدیریت امنیت آب شهری فراهم کند (Aboelnga et al., 2019).

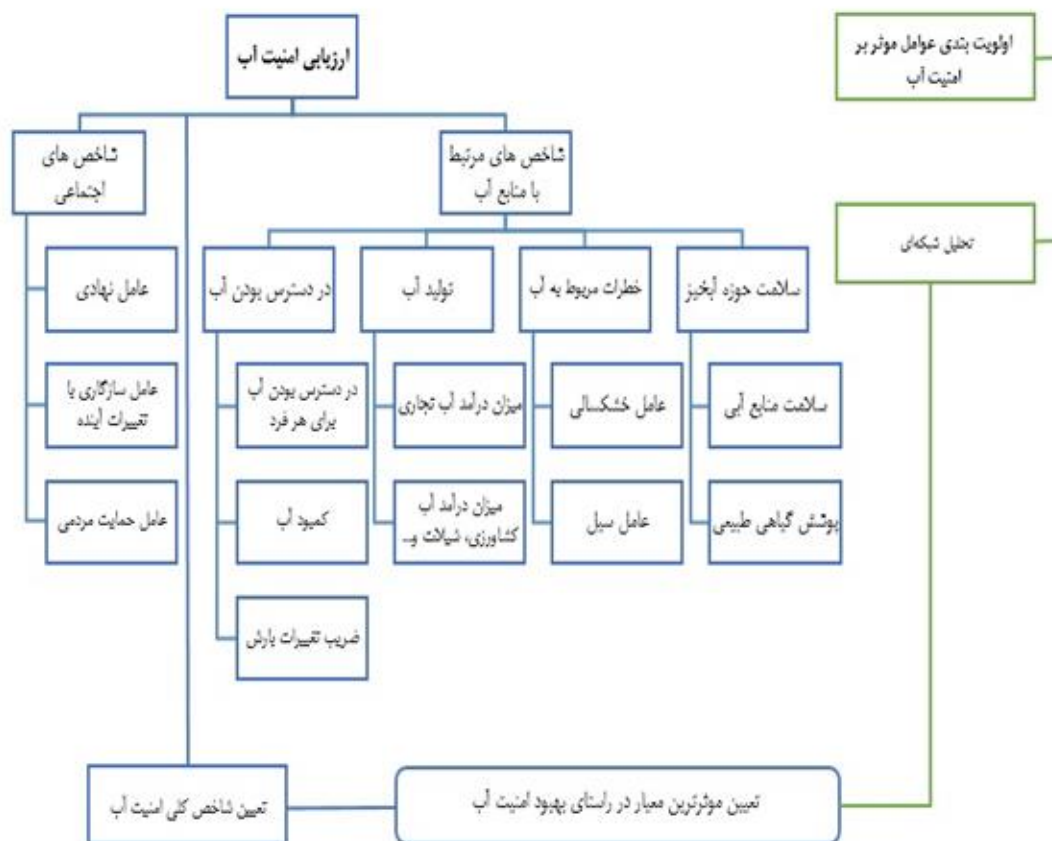
breyer و همکاران به بررسی تأثیرات اجتماعی - هیدرولوژیک حفاظت از آب در مواقع بحران و خشکسالی منطقه آستین ایالات متحده آمریکا پرداختند. یافته‌های این پژوهش بیانگر اهمیت یک دیدگاه چندمتغیره و مکانی در تحقیقات اجتماعی هیدرولوژیک است و چگونگی حفاظت از آب را به عنوان راهی برای سازگاری با خشکسالی نشان می‌دهد (breyer et al., 2018).

Wu و Jensen در پژوهش خود امنیت آب را در دو شهر سنگاپور و هنگ کنگ بررسی کردند. از نتایج این تحقیق می‌توان به سه نکته مهم اشاره کرد: ۱. محدود کردن مقیاس اندازه‌گیری شاخص‌های امنیت آب به عملیاتی کردن این مفهوم کمک می‌کند؛ ۲. با استانداردسازی شاخص‌ها امکان مقایسه امنیت آب در دو شهر مختلف فراهم می‌شود؛ ۳. درگیر کردن همه نهادهای ذی‌نفع در مسائل مربوط به منابع آب کمک شایانی در اجرای این پژوهش می‌تواند داشته باشد (Jensen and WO., 2018).

Koontanakulvong و همکاران برای بررسی امنیت آب در تایلند از پنج شاخص جمعیت، آب شهری، ارزیابی اقتصادی آب، سلامت رودخانه و انعطاف‌پذیری استفاده کردند. تایلند دارای نقاط قوت در تأمین آب با کیفیت است که ثمره سرمایه‌گذاری توسعه‌ای در گذشته است. با این حال، وضعیت استفاده از آب در بخش کشاورزی به عنوان مثال، بهره‌وری کم از آب، در مقایسه با کشورهای دیگر ضعف محسوب می‌شود (Koontanakulvong et al., 2013).

جایگاه منابع آب برای حفظ بقای انسان، توسعه اقتصادی - اجتماعی و اکوسیستم سالم حائز اهمیت است. در هر سیستم، بخش‌های مصرف آب مانند خانگی، کشاورزی، صنعت و انرژی به هم پیوسته است. این بخش‌های به هم پیوسته هم مصرف‌کننده آب هستند و هم سبب آلودگی آن می‌شوند. از این رو به منظور تأمین منابع آب برای مردم و مصارف اقتصادی، منابع آب باید با پایداری اداره شوند. در نتیجه، بهبود امنیت آب، به سرعت در حال تبدیل به یک نکته کلیدی در برنامه سیاست‌گذاری و توسعه در سطح ملی و بین‌المللی است. در این راستا در پژوهش حاضر با استفاده از تجارب پژوهش‌ها در زمینه‌های مختلف مربوط به امنیت آب و با استفاده از چارچوب‌های رویکردهای اجتماعی - هیدرولوژیکی پیشنهادی محققان و متخصصان در این زمینه، شاخص‌ها و

معیارهای مناسب بررسی امنیت آب در حوضه آبخیز تحت بررسی استخراج و سپس به‌منظور بهبود وضعیت امنیت آب و مدیریت هرچه بهتر و پایدارتر منابع آبی در حوضه آبخیز تحت بررسی اولویت‌بندی شد. مدل مفهومی پژوهش در شکل ۱ ارائه شده است.

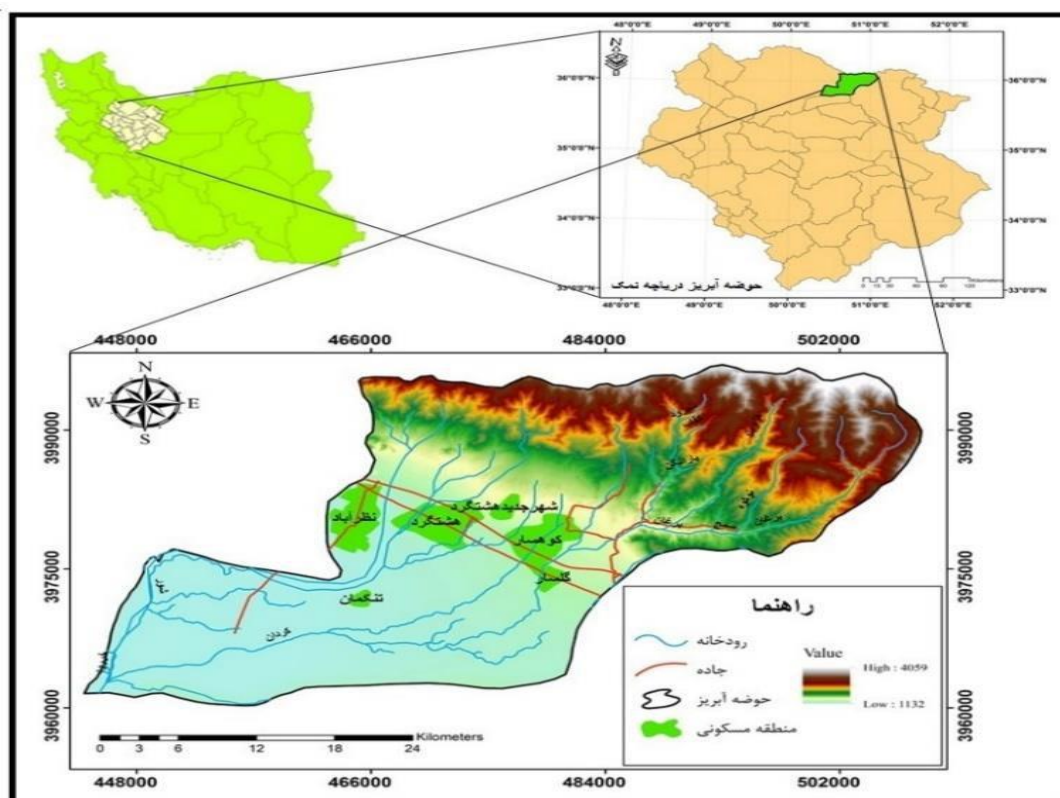


شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲ منطقه پژوهش

محدوده مطالعاتی قسمتی از بخش مرکزی شهرستان ساوجبلاغ است که به دشت هشتگرد معروف است. این ناحیه در مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲۲ دقیقه و ۴۵ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۵ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول شرقی واقع شده است. شکل ۲ موقعیت محدوده مطالعاتی دشت هشتگرد را در ایران و استان البرز نشان می‌دهد. وسعت کل حوضه آبخیز ۱۱۷۰/۵ کیلومتر مربع است که ۵۴۳/۹۴ کیلومتر آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. حوضه آبخیز دشت هشتگرد در زون زمین‌شناسی البرز مرکزی قرار گرفته است. این حوضه فاقد رودخانه دائمی است، ولی تعدادی مسیل از ارتفاعات شمالی و شرقی به سمت جنوب در جریان است. در دشت مزبور شیب زمین از شمال به جنوب و حدود ۱/۲ درصد تا ۱/۳ درصد است (Eidani, 2016). میانگین بارندگی سالانه در ارتفاعات ۳۱۸ میلی‌متر و در نواحی پست ۱۶۲ میلی‌متر است. برای محاسبه شاخص کلی امنیت آب از پنج معیار استفاده شد. این پژوهش از نظر روش تحقیق، ترکیبی از روش‌های توصیفی و تحلیلی و از نظر نوع، کاربردی است و برای جمع‌آوری داده‌ها از روش‌های اسنادی و میدانی استفاده شده است.



شکل ۲. موقعیت محدوده پژوهش در استان البرز (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

۲.۲. معیارها و شاخص‌های امنیت آب

۲.۲.۱. معیار اول: دسترسی به آب

آب شیرین موجود در کره زمین کمتر از نیمی از ۱ درصد منابع آبی جهان را تشکیل می‌دهد و از آنجا که جمعیت جهان به سرعت رو به افزایش است، تقاضا برای آب شرب نیز فزونی خواهد یافت (Nasralahi Shahri and Zamani, 2019). در دسترس بودن آب در حوضه سبب حفظ انواع فعالیت انسانی شامل مصارف خانگی، کشاورزی، تجاری، تفریحی و موارد دیگر می‌شود. شاخص مورد استفاده برای نشان دادن این معیار، بهره‌برداری پایدار از حوضه آبخیز است که به بررسی مقدار آب موجود در حوضه آبخیز می‌پردازد تا فعالیت‌های مختلف به صورت پایدار ادامه داشته باشد.

۲.۲.۲. معیار دوم: تولید آب

شاخص بهره‌وری، به کارگیری آب در کشاورزی، عملکرد، درآمد اقتصادی، شرایط اجتماعی، کار و فعالیت و... را به ازای واحد آب به کاررفته بیان می‌کند. بهره‌وری آب عبارت است از نسبت عملکرد یا سود خالص حاصل از زراعت، جنگلداری، آبی‌پروری، دامپروری یا یک سیستم ترکیبی کشاورزی به مقدار آب به کاررفته برای رسیدن به سود خالص. این معیار جنبه اقتصادی امنیت آب را در نظر می‌گیرد. معیار تولید آب به بررسی ارزش اقتصادی آب مورد استفاده در همه فعالیت‌های تجاری در حوضه آبخیز می‌پردازد. برای ارزیابی این معیار یک شاخص واحد، با عنوان «ارزش اقتصادی آب» مشخص شده است. این شاخص چگونگی استفاده معقول از آب را از منظر منافع اقتصادی روشن می‌کند.

۲.۲.۳. معیار سوم: خطرهای آب

معیار خطرهای آب در راستای تعیین اثرهای سیل و خشکسالی در حوضه آبخیز در نظر گرفته شده است. از این رو برای نشان دادن این معیار از دو شاخص استفاده می‌شود. اولین شاخص عامل خشکسالی و دومین شاخص سیل است.

۲.۲.۴. معیار چهارم: سلامت حوضه آبخیز

معیار سلامت حوضه آبخیز به بررسی ابعاد زیست‌محیطی امنیت آب می‌پردازد. از دو شاخص برای نشان دادن این معیار استفاده می‌شود. مورد اول «سلامت منابع آب» در حوضه آبخیز است که وضعیت فعلی آب‌های زیرزمینی را بررسی می‌کند. شاخص دوم «پوشش گیاهی» است که وضعیت پوشش گیاهی طبیعی را در حوضه آبخیز نشان می‌دهد. پیشفرض استفاده از شاخص دوم این است که توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های اقتصادی، در تغییر کاربری اراضی تأثیرگذار است و این تغییرات ایجاد شده اثرهای شایان توجهی در سلامت منابع آبی دارد.

۲.۲.۵. معیار پنجم: حکمرانی آب

حکمرانی آب در راستای مدیریت بهینه منابع آب از جایگاه مهمی برخوردار است. اما در پژوهش‌های پیشین در چارچوب‌های امنیت آب به‌ندرت مورد توجه قرار گرفته است و این معیار مغفول مانده است؛ از این‌رو در این پژوهش تصمیم بر آن است که این جنبه مهم را بررسی و ابعادی اختصاصی را برای حکمرانی آب مشخص کنیم. این معیار توانایی دولت را در مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی‌ها برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی نشان می‌دهد. از دو شاخص برای بیان این معیار استفاده می‌شود. اولین شاخص، مدیریت فرابخشی آب است که نمایی از مدیریت عناصر مختلف بخش آب در حوضه آبخیز را نشان می‌دهد. شاخص دوم پتانسیل سازگاری با تغییرات آینده است که میزان پتانسیل حوضه آبخیز برای مقابله با فشارهای وارد بر امنیت آب را ارزیابی می‌کند. جدول ۱ روش محاسبه متغیرها و معیارهای تحت بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. روش محاسبه متغیرها و معیارهای تحت بررسی (Babel and Shine, 2018)

معیار	شاخص	متغیر	روش محاسبه
در دسترس بودن آب	بهره‌برداری پایدار از حوضه آبخیز	۱- در دسترس بودن آب برای هر فرد	رواناب سطحی ÷ جمعیت
		۲- کمبود آب	منابع آب در دسترس برای هر فرد به‌صورت سالانه
تولید آب	ارزش اقتصادی آب	۳- تغییرات آب	ضریب تغییرات بارش ۵۰ سال گذشته
		مقدار درآمد تجاری / صنعتی به‌ازای هر قطره	مقدار تولید ناخالص اولیه غیر کشاورزی ÷ میزان مصرف آب غیر کشاورزی در حوضه آبخیز
خطرهای آب	عامل خشکسالی	مقدار درآمد دامی به‌ازای هر قطره	مقدار تولید ناخالص اولیه کشاورزی، شیلات و علوم دامی ÷ مقدار مصرف آب کشاورزی، شیلات و علوم دامی در حوضه آبخیز
		۱- خسارات خشکسالی	خسارات اقتصادی ناشی از وقوع خشکسالی
		۲- مناطق مستعد خشکسالی	مساحت وقوع خشکسالی ÷ مساحت کل
		۳- تناوب وقوع خشکسالی	تعداد وقوع خشکسالی در هر سال
		۴- نسبت مساحت اراضی تحت آبیاری با روش‌های صرفه‌جویانه به مساحت کل اراضی زراعی	مساحت آبیاری ÷ مساحت کل اراضی
عامل سیل	درصد جمعیت ساکن در مناطق مستعد خطر	۱- خسارات سیل	خسارات اقتصادی ناشی از وقوع سیل
		۲- مناطق مستعد وقوع سیل	مساحت وقوع سیلاب ÷ مساحت کل
		۳- تناوب وقوع سیل	تعداد وقوع سیل در هر سال
		۴- درصد جمعیت ساکن در مناطق مستعد خطر	تعداد افراد ساکن در مناطق مستعد خطر ÷ کل جمعیت
		۵- ظرفیت کنترل سیل	نسبت آب ذخیره‌شده در سدها در پایان سال به کل آب بهره‌برداری شده
سلامت حوضه آبخیز	سلامت منابع آبی	۱- کیفیت آب سطحی	غلظت اکسیژن نامحلول ÷ حد مجاز
		۲- کیفیت آب زیرزمینی	غلظت آلاینده‌های خاص منطقه ÷ حد مجاز آلاینده
		۳- مقادیر BOD در منابع آب	مقادیر پنج‌روزه BOD از نمونه‌های آب رودخانه
مدیریت فرابخشی آب	پوشش گیاهی	پوشش گیاهی طبیعی	مساحت پوشش طبیعی ÷ مساحت کل
		عامل نهادی	پرسشنامه

پتانسیل سازگاری با تغییرات آینده
عامل سازگاری
پرسشنامه

حکمرانی آب

برای ارزیابی معیار حکمرانی و چگونگی شیوه مدیریت در این پژوهش از پرسشنامه استفاده شده است و پاسخگویان پرسشنامه حاضر کارشناسان سازمان‌های دخیل در مدیریت منابع آب هستند. در همین زمینه با ۳۲ تن از کارشناسان مصاحبه انجام گرفت. به‌منظور تعیین اولویت‌ها با کارشناسان امر مدیریت منابع آب مصاحبه‌هایی انجام گرفت و طی این مصاحبه‌ها پرسشنامه‌های عامل نهادی و عامل سازگاری توسط کارشناسان تکمیل شد. اهمیت هر سؤال پرسشنامه مذکور از دیدگاه کارشناسان مشخص شد. نظر کارشناس برای هر معیار معادل یک مقدار عددی است که نمره کارشناس برای آن معیار را مشخص می‌کند. در گام بعدی پرسشنامه عامل حمایت مردمی توسط ساکنان منطقه پژوهش تکمیل شد. برای امتیازدهی از طیف پنج‌گانه لیکرت استفاده شد. تعداد کل افراد مصاحبه‌شده در این بخش ۱۵۲ نفر است. برای تکمیل پرسشنامه‌ها ابتدا محقق همه پرسش‌ها را برای مصاحبه‌شونده‌ها توضیح داد و آنها را از ضرورت و اهمیت امنیت منابع آبی آگاه کرد تا در امتیازدهی دچار سردرگمی و اشتباه نشوند. در مرحله بعدی اطلاعات مربوط به متغیرهای موجود در هر معیار با استفاده از امتیازدهی طیف لیکرت نمره‌دهی شدند که در نهایت این متغیرها بین دامنه ۱ تا ۵ نرمال شدند. به همین ترتیب، از شاخص‌های مؤثر در یک بعد میانگین گرفته می‌شود تا امتیاز نهایی آن بعد به‌دست آید. سرانجام، نمره‌های معیارهای مؤثر بر امنیت آب برای به‌دست آوردن شاخص کلی امنیت (WSI) آب با هم تجمیع می‌شوند که نمره‌ای بین ۱ تا ۵ برای آن به‌دست می‌آید. با استفاده از رابطه ۱ مقادیر شاخص کلی امنیت آب برای سال‌های تحت بررسی محاسبه شد.

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{WSI} = (\text{Score for DIM1} + \text{Score for DIM2} + \text{Score for DIM2} + \text{Score for DIM4} + \text{Score for DIM5})/5$$

DIM1: در دسترس بودن آب

DIM3: خطرهای آب

DIM2: تولید آب

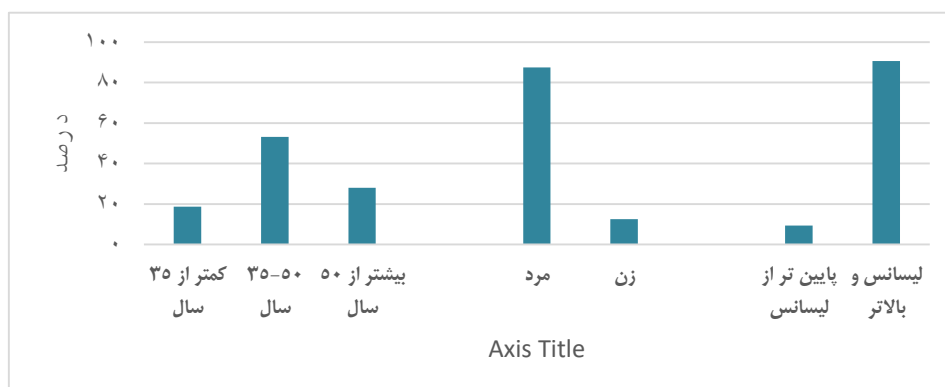
DIM4: سلامت حوضه آبخیز

DIM5: حکمرانی آب

در گام آخر با توجه به وجود شاخص‌ها و متغیرهای متعدد اجتماعی- هیدرولوژیک تأثیرگذار بر امنیت آب در حوضه آبخیز و در نتیجه تولید حجم زیادی داده، نیاز به پردازش و اولویت‌بندی گزینه‌های پیشنهادی است. در این زمینه پس از محاسبه و تعیین متغیرها و شاخص‌های انسانی- محیطی تأثیرگذار بر امنیت آب در حوضه آبخیز دشت هشتگرد، به‌منظور تعیین نقش عوامل و اولویت‌بندی شاخص‌ها و متغیرها، از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شد.

۳. نتایج

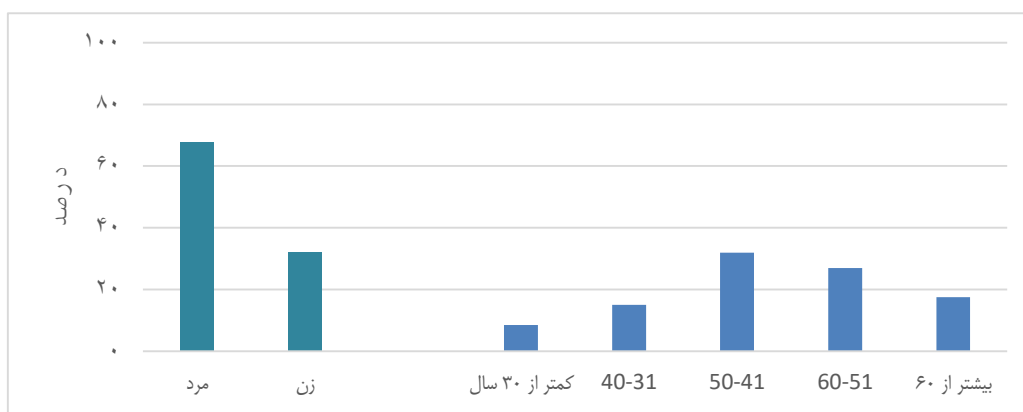
نتایج آمار توصیفی جامعه آماری نهادی (سازمانی) در شکل ۳ آورده شده است. بر این اساس، سن افراد پاسخگو به پرسشنامه عامل سازگاری و عامل نهادی در منطقه پژوهش، بیشتر بین ۳۵-۵۰ سال بود (۵۳ درصد) و ۸۷ درصد پاسخگویان مرد بودند. تحصیلات بیشتر آنها نیز لیسانس و بالاتر بود.



شکل ۳. نتایج آمار توصیفی جامعه آماری نهادی (سازمانی) تحت بررسی (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

در نمودار شکل ۴ نتایج آمار توصیفی جامعه آماری ساکنان منطقه پژوهش، پاسخگویان به پرسشنامه عامل حمایت مردمی آورده شده است. با توجه به شکل ۴ جامعه آماری ذی‌نفعان محلی پاسخگو به پرسش‌های مربوط به تعیین عامل حمایت مردمی، بیشترین پاسخگویان ۴۱-۵۰ ساله (۳۲ درصد) بودند و کمترین درصد مربوط به سن کمتر از ۳۰ سال (۸/۵ درصد) بود. ۶۸ درصد آنها مرد و ۳۲ درصد زن بودند.

در جدول ۲ نتایج پرسشنامه‌های عامل نهادی، عامل سازگاری و عامل حمایت مردمی آورده شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در شاخص عامل نهادی بیشترین رتبه مربوط به شاخص سازوکار نظارت بر تخلفات آلودگی (۳/۵) و کمترین رتبه مربوط به شاخص برنامه یکپارچه مدیریت منابع آب (۲/۵) است. همچنین در شاخص عامل سازگاری با تغییرات آینده، بیشترین رتبه مربوط به شاخص ارتقای دانش کارکنان (۳/۴) و کمترین رتبه مربوط به شاخص انعطاف‌پذیری در تعیین سهمیه تخصیص آب (۱/۹) است. در عامل حمایت مردمی نیز کمترین رتبه مربوط به شاخص تمایل به استفاده مجدد از پسماند آب (۱/۸) و بیشترین رتبه مربوط به شاخص پرداخت یارانه دولتی (۳/۵) است.



شکل ۴. نتایج آمار توصیفی جامعه آماری ساکنان منطقه پژوهش (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

جدول ۲. نتایج پرسشنامه‌های عامل نهادی، سازگاری و حمایت مردمی (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

انحراف معیار	میانگین	عامل	پرسشنامه
۱/۴۵	۲/۵	وجود برنامه مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM)	عامل نهادی
۱/۲۶	۲/۹۳	وجود سازمانی برای مدیریت رودخانه (RBO)	
۱/۲۷	۲/۵۳	قوانینی با هدف حفاظت و صیانت از منابع آبی	
۱/۴۵	۲/۸۳	دخیل کردن ذی‌نفعان در تدوین برنامه‌های مربوط به آب	
۱/۳۳	۲/۵۳	وجود سازوکار نظارت بر تخلفات آلودگی	
۱/۲۷	۳/۲۴	وجود بانک اطلاعاتی متمرکز از اطلاعات مربوط به آب	عامل سازگاری با تغییرات
۰/۹۵۲	۲/۶۳	وجود سیستم هشدار اولیه در منطقه	
۰/۹۵۶	۲/۱۶	توجه به محرک‌های تغییرات آینده در تدوین برنامه‌های بلندمدت	
۰/۹۹	۳/۴۹	وجود سازوکار ارتقای دانش کارکنان	
۱/۱۹	۲/۰۰۶	انعطاف‌پذیری برای تغییر سهمیه‌های تخصیص آب برای کاربران مختلف در صورت لزوم	عامل حمایت مردمی
۱/۱۱۷	۲/۶۶	تمایل به پرداخت هزینه اضافی در راستای حفاظت از منابع آب	
۱/۳۶۴	۱/۸۴	میزان تمایل به استفاده از پسماند آب (بازچرخانی آب)	
۱/۰۱۰	۲/۶۲	پرداخت هزینه جانبی برای کاهش خسارات بلایای طبیعی	
۱/۰۷۱	۲/۵۰	تعیین هزینه آب‌بها بر اساس مقدار درآمد افراد	
۱/۰۶۱	۳/۵۸	پرداخت یارانه دولتی برای تأمین آب باکیفیت برای شهروندان	
۱/۰۹۶	۳/۰۶	تمایل به شرکت در جلسات گفت‌وگو درباره حل مشکلات منابع آب	

در جدول ۳ مقادیر نرمال شده شاخص‌های مؤثر بر امنیت آب، با توجه به اطلاعات آماری، نظر کارشناسان دخیل در مدیریت منابع آب و نظرات مردم ذی‌نفع در منطقه مطالعاتی ذکر شده است. همچنین در جدول ۴ نتایج نهایی برای شاخص‌های مؤثر بر امنیت آب دشت هشتگرد بیان شده است.

جدول ۳. مقادیر نرمال شده شاخص‌های امنیت آب (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

معیار	شاخص	متغیر	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷
در دسترس بودن آب	بهره‌برداری پایدار از حوضه آبخیز	در دسترس بودن آب	۱	۲	۱	۲	۲
		کمبود آب	۱	۲	۲	۱	۱
		ضریب تغییرات بارش ۵۰ ساله	۲	۱	۱	۱	۱
تولید آب	ارزش اقتصادی آب	مقدار درآمد آب تجاری	۱	۱	۲	۱	۲
		مقدار درآمد آب کشاورزی، شیلات و دام	۲	۳	۲	۱	۱
خطرهای مربوط به آب	عامل خشکسالی	خشکسالی	۳	۲	۲	۲	۱
		عامل سیل	۲	۱	۳	۲	۲
سلامت حوضه آبخیز	سلامت منابع آبی	مقادیر BOD پنج‌روزه	۱	۲	۱	۱	۱
		مساحت پوشش گیاهی طبیعی	۲	۲	۱	۲	۱
حکمرانی آب	عامل نهادی	عامل نهادی					۳/۴
		عامل سازگاری					۲/۶۷
		عامل حمایت مردمی					۲/۷۱

جدول ۴. مقادیر معیارهای امنیت آب در دشت هشتگرد (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

معیارها	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷
در دسترس بودن آب	۱/۳۳	۱/۶۶	۱/۳۳	۱/۳۳	۱/۳۳
تولید آب	۱/۵	۲	۲	۱	۱/۵
خطرهای مربوط به آب	۲/۵	۱/۵	۲/۵	۲	۱/۵
سلامت حوضه آبخیز	۱/۵	۲	۱	۱/۵	۱
حکمرانی آب					۲/۹۲

۳.۱. نتایج ارزیابی امنیت آب در دشت هشتگرد

جدول ۵ نتایج حاصل از محاسبه شاخص کلی امنیت آب (WSI) در خلال سال‌های بررسی شده در پژوهش را نشان می‌دهد. مقادیر کلی این شاخص بر اساس میانگین نمره‌های پنج معیار مؤثر بر امنیت آب به دست آمده است. بدین ترتیب بر اساس جدول ۵ شاخص امنیت آب در سال ۱۳۹۳ بیشترین مقدار (۱/۹۵) و در سال ۱۳۹۷ کمترین مقدار (۱/۳۳) را به خود اختصاص داده است. به عبارت دیگر می‌توان گفت در سال ۱۳۹۳ امنیت آب در دشت هشتگرد وضعیت مطلوب‌تری را نشان می‌دهد.

جدول ۵. مقادیر شاخص کلی امنیت آب (WSI) (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

ردیف	سال	شاخص امنیت آب (WSI)
۱	۱۳۹۳	۱/۹۵
۲	۱۳۹۴	۱/۷۹
۳	۱۳۹۵	۱/۷۰
۴	۱۳۹۶	۱/۴۵
۵	۱۳۹۷	۱/۳۳

۲.۳. نتایج اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر امنیت آب با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)

با انجام دادن مقایسه‌ها و محاسبه وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر معیار به‌دست آمد و در نهایت معیارها براساس وزن به‌دست‌آمده به روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) رتبه‌بندی شدند. نتایج محاسبه وزن نهایی معیارهای مؤثر بر امنیت آب در دشت هشتگرد در جدول ۶ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۶ مشخص می‌شود که معیار در دسترس بودن آب با کسب وزن نهایی به‌عنوان رتبه اول معرفی می‌شود و معیار خطرهای آب با وزن نهایی ۰/۱۰۹ در رتبه آخر قرار می‌گیرد.

جدول ۶. نتایج اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر امنیت آب با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰)

ردیف	معیار	وزن
۱	در دسترس بودن آب	۰/۳۳۸
۲	حکمرانی آب	۰/۲۵۸
۳	سلامت حوضه آبخیز	۰/۱۵۷
۴	تولید آب	۰/۱۳۸
۵	خطرهای آب	۰/۱۰۹

۴. بحث و نتیجه‌گیری

آب مهم‌ترین عنصر حیات، مظهر عمران و آبادانی و از حیاتی‌ترین مواد مورد نیاز انسان، حیوان و رستنی‌هاست. وفور یا نقصان این ماده حیات‌بخش تغییراتی اساسی در سیمای طبیعت و محیط زیست به وجود می‌آورد. آب به‌عنوان یک نهاده در اغلب محصولات کشاورزی، انرژی، حمل‌ونقل و صنعتی توسط افراد سالم در زیست‌بوم‌های سالم به‌کار گرفته می‌شود (Gery and Sadoff., 2007). به‌دلیل جایگاه ویژه آب در کشور ایران، در این پژوهش به بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر امنیت آب با رویکرد اجتماعی-هیدرولوژیک در دشت هشتگرد با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته شده است. به‌طور کلی شاخص امنیت آب در دشت هشتگرد در وضعیت ضعیف و ناامن قرار دارد و منطقه پژوهش هم‌راستا با نتایج پژوهش‌های (Su et al. 2019; Jensen and Wu, 2018)، با مشکلات فراوانی در زمینه منابع آب مواجه است و مدیریت و حاکمیت منابع آب در این منطقه باید بازبینی اساسی شود. از این‌رو اعمال سیاست‌های عمومی پیشران، رویکردهای نهادی فرابخشی برای مدیریت پایا منابع آب در این حوضه احساس می‌شود.

بررسی معیار در دسترس بودن آب در دشت هشتگرد نشان می‌دهد که متغیر جمعیت که عامل مهمی در تعیین سرانه آب در دسترس است در خلال سال‌های تحت بررسی افزایش یافته و همین امر سبب بهره‌برداری بیش از حد مجاز از منابع تجدیدشونده آب شده است. رشد جمعیت در دشت هشتگرد و نیز بهبود شاخص‌های رفاهی و اقتصادی سبب ازدیاد مصرف آب در بخش‌های مختلف شامل صنعت، کشاورزی و شرب شده است. با توجه به ثابت بودن منابع آبی در دشت هشتگرد و نیز کاهش بارندگی به‌دلیل تغییر اقلیم در سال‌های اخیر سرانه آب در دسترس در دشت هشتگرد به‌شدت کاهش یافته است و در صورت اتخاذ نکردن سیاست‌های مناسب و کارآمد در مدیریت منابع آب، تشدید شرایط نامطلوب فعلی و کاهش مستمر شاخص امنیت آب در منطقه پژوهش دور از انتظار نیست که این موضوع با پژوهش مهرآذر و همکاران (۱۳۹۷) در دشت هشتگرد مطابقت دارد. در این پژوهش نیز پیش‌بینی شده است که تغییرات چندانی در بارش منطقه وجود نخواهد داشت.

در حوضه‌ای که کشاورزی و صنعت در آن وجود دارد، ارزش اقتصادی آب متغیری بسیار مهم است. در منطقه پژوهش، ارزش اقتصادی آب مبنای تصمیم‌گیری‌ها نیست و کم بودن تعرفه آب و کمتر بودن آن از قیمت تمام‌شده آب، در کنار دیگر دلایل موجبات مصرف زیاد آن را فراهم کرده است. برداشت‌های بی‌قاعده، حفر چاه‌های غیرمجاز و نبود نظارت کافی بر مقدار برداشت موجب افت سطح و کاهش کیفیت آب زیرزمینی، نشست زمین و کاهش محسوس آبدی چاه‌ها و در معرض نابودی قرار گرفتن منابع آبی در دشت ممنوعه هشتگرد شده است که با یافته‌های محمدجانی و یزدانیان (۱۳۹۳) در اهمیت بهبود مدیریت عرضه و تقاضای آب به‌ویژه در بخش کشاورزی برای مواجهه با بحران آب تطابق دارد.

با توجه به نتایج حاصل و همچنین پژوهش نیکبخت و مرادی (۱۳۹۷) که خشکسالی را در دوره سی ساله در دشت هشتگرد بررسی کرده‌اند، شرایط آب‌وهوایی در بیشتر سال‌های آبی بررسی شده نرمال بوده و منطقه در دوره کوتاهی با خشکسالی مواجه بوده است. همچنین از آنجا که امنیت آب و خطرهای آب نظیر سیل و خشکسالی ارتباط تنگاتنگی دارند، درباره خطر سیل‌خیزی می‌توان بیان کرد که طی سال‌های تحت بررسی دشت هشتگرد در فصول خاصی از سال با خطر سیل‌خیزی مواجه است. بدین ترتیب هر سال میلیون‌ها مترمکعب آب رودخانه‌ها به هدر می‌رود و نمی‌توان از آن بهره برد.

نتایج حاصل درباره معیار سلامت حوضه آبخیز با یافته‌های صابری نصر و همکاران (۱۳۹۴) همسو است و بر این اساس کیفیت آب دشت هشتگرد در محدوده بسیار خوب تا عالی است. افزون بر این در بخش مرکزی دشت آب زیرزمینی از کیفیت بهتری نسبت به دیگر مناطق برخوردار است که با توجه به تغذیه این بخش توسط رودخانه کردان و سرشاخه‌های آن، افزایش کیفیت آب را می‌توان انتظار داشت. نکته شایان توجه درباره شاخص سلامت حوضه آبخیز در دشت هشتگرد این است که در سال‌های اخیر، گسترش فعالیت‌های صنعتی، شهری، کشاورزی و رعایت نکردن استانداردهای زیست‌محیطی در دفع فاضلاب‌ها و پسماندها موجب ورود ترکیبات سمی به منابع آب سطحی و زیرزمینی شده و کیفیت این منابع را به خطر انداخته است. همان‌طور که ارزیابی این معیار نشان می‌دهد نظام حکمرانی آب در منطقه پژوهش وضعیت مطلوبی ندارد و نیازمند تغییر در نگرش و ساختار است. با توجه به نقش عامل انسانی در کاهش امنیت آبی از طرق مختلف همانند برداشت‌های بی‌حدوحد انسان برای فعالیت‌های کشاورزی، فعالیت‌های صنعتی و افزایش حفر چاه‌ها در منطقه پژوهش، آشکار است که بهره‌برداری از منابع آبی به مراتب افزایش یافته که نشان‌دهنده روند بحرانی از بین رفتن این منبع ارزشمند در دشت هشتگرد و ایجاد محدودیت و تنگنا در شیوه مدیریت بهینه و توسعه پایدار این منطقه است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل کم بودن شاخص امنیت آب در منطقه پژوهش، استفاده غیرضروری است.

تحلیل شبکه‌ای برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر در امنیت آب در دشت هشتگرد صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که معیار در دسترس بودن آب با وزن نسبی ۰/۳۳۸ مهم‌ترین معیار در بهبود امنیت آب است. به دلیل اینکه معیارهای در دسترس بودن آب، حکمرانی آب و سلامت حوضه آبخیز رتبه‌های برتر را به خود اختصاص داده‌اند و در افزایش امنیت آبی اهمیت بیشتری دارند، می‌توان با مشاهده ناکامی سیاست‌های مدیریت آب در گذشته، گام‌های مؤثری برای رسیدن به حکمرانی مناسب و افزایش امنیت آب در دشت هشتگرد برداشت.

با توجه به نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود که عوامل مؤثر بر امنیت آب در دوره‌های زمانی متفاوت، برای نشان دادن وضعیت کلی امنیت آبی در کشور ارزیابی شود تا نمایی از وضعیت امنیت آب در کشور در سال‌های مختلف و روندهای موجود به دست آید؛ زیرا این امر می‌تواند در تعیین نوع بهره‌برداری و مدیریت بهینه این منبع، ارزشمند باشد. همچنین مسئله مدیریت منابع آب و تأمین امنیت آبی پیوند محکمی با تعاملات و بازخوردهای نظام‌های اجتماعی محیطی دارد. به همین منظور توجه حداکثری سازمان‌های دخیل در مدیریت منابع آب به معیارهای تأثیرگذارتر در امنیت آب ضروری به نظر می‌رسد.

References

- Aboelnga, H. T., Ribbe, L., Frechen, F. B., & Saghir, J. (2019). Urban Water Security: Definition and Assessment Framework. *Resources*, 8(4), 178.
- Breyer, B., Zipper, S. C., & Qiu, J. (2018). Sociohydrological impacts of water conservation under anthropogenic drought in Austin, TX (USA). *Water Resources Research*, 54(4), 3062-3080.
- Babel, M., & Shine, V. R. (2018). A framework for water security assessment at basin scale. *APN Science Bulletin*, 8(1), 27-32.
- Basu, M., DasGupta, R., Hashimoto, S., & Hoshino, S. (2021). A multi-actor and bottom-up perspective on attaining rural water security: qualitative evidence from India. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 1461-1484.
- Damavandinejad Monfared, A. (2018). Proposed solutions to deal with the crisis caused by water shortage, the first international congress and the fourth national congress of irrigation and drainage of Iran, Urmia. (In Persian)
- Eidani, K., Rezaei, M., & Nakhai, M. (2016). Mathematical simulation of the effects of implementation of artificial feeding plan in Hashtgerd plain, the second national hydrology conference of Iran, Shahrekord. (In Persian)
- Fazaeli, M., & Rashidi, M. (2018). The relationship between water security and natural disasters in international law. *Energy law studies*. 9, 131-154. (In Persian)
- Grey, D., & Sadoff, C. W. (2007). Sink or swim? Water security for growth and development. *Water policy*, 9(6), 545-571.
- Ghorbani, M., Salari, F., M, A., & Fahmi, H. (2014). Analysis of local stakeholders' network and social capital in the direction of participatory management of water resources (study area: Rezin watershed, Kermanshah city), *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*, 9(29), 35-46. (In Persian)
- Ghorbani, M. (2017). *Water governance in the face of global change*. Tehran University Publications. (In Persian)
- Godarzi, M., & Mortazavizadeh, F. (2015). The impact of climate change on surface water resources, a case study of Hashtgard Plain, the first international conference on climate change, Tehran. (In Persian)
- Haeffner, M., Jackson-Smith, D., & Flint, C. G. (2018). Social position influencing the water perception gap between local leaders and constituents in a socio-hydrological system. *Water Resources Research*, 54(2), 663-679.
- Iran Water Resources Management Company. (2017). Explanatory studies of Harjab Dam. (In Persian)
- Jensen, O., & Wu, H. (2018). Urban water security indicators: Development and pilot. *Environmental Science & Policy*, 83, 33-45.
- Koontanakulvong, S., Doungramee, P., & Hoisingwan, P. (2014, June). Water Security Index Concept Thailand's Water Security Situation in the context of world and ASEAN. In Full paper of Poster presentation at the 11th Kovacs Colloquium (pp. 16-17).
- Nasralahi Shahri, N., & Zamani, S.G. (2019). Examining the human right of access to water in the light of the procedure of the International Court of Arbitration. *Tehran University Public Law Studies Quarterly*, 50(2), 423-441. (In Persian)
- Nikbakht, J., & Moradi, A. (2017). The effect of drought on the quantity and quality of underground water in Hashtgerd Plain from the point of view of irrigation. *Iran Water Resources Research*, 14(4). Page 120-131. (In Persian)
- Mehrazar, A., Masah Bowani, A., Meshaal, M., and Rahimi Khoob, H. (2017). Investigating the effects of climate change on the agricultural sector of the Hashtgerd Plain, emphasizing the uncertainty of the AOGCM models of the fifth assessment report of the IPCC. (In Persian)
- Mohammadjani, I., & Yazdani, N. (2013). Analysis of the water crisis situation in the country and its management requirements. *Trend Quarterly*, 21(65), 117-144. (In Persian)
- Saberi Nasr, A., Nouri, M., Parsa, B., & Naqdi, S. (2014). Evaluation of the underground water quality of Hashtgerd Plain using the GQI groundwater quality index, the first national conference on the quality of water resources and sustainable development, Arak. (In Persian)
- Sarami Forushani, T., Bilali, H., Mohadi, R. (2021). Evaluation of governance indicators of underground water resources in the agricultural sector of Iran: Application of the governance framework of Economic Cooperation and Development Organization in Hamadan Bahar Plain, *Iranian Agricultural Economics and Development Research Quarterly*, 52(3), 591-615. (In Persian)
- Sivapalan, M., Savenije, H. H., & Blöschl, G. (2012). *Socio-hydrology: A new science of people and water*. Hydrol. Process, 26(8), 1270-1276.
- Shad, E., & Shad, R., (2019), social-environmental consequences of virtual water trading, the second national conference on water resources management strategies and environmental challenges, Sari. (In Persian)
- Sivapalan, M., Blöschl, G., Zhang, L., & Vertessy, R. (2003). Downward approach to hydrological prediction. *Hydrological processes*, 17(11), 2101-2111.

- Su, Y., Gao, W., & Guan, D. (2019). Integrated assessment and scenarios simulation of water security system in Japan. *Sci. Total Environ.* 671, 1269–1281.
- Yadgari, A., Yousefi, A., & Amini, A. (2017). Institutional analysis of water governance structure in Zayandeh River basin. *Iranian Journal of Water Resources Research*, 14(1), 184-197. (In Persian)
- Yazdanparast, M., Ghorbani, M., Salajegheh, A. & Kerachian, R. (2023) Development of a Water Security Conceptual Model by Combining Human-Environmental System (HES) and System Dynamic Approach. *Water Resour Manage.* <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03449-5>