Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Use of risk indicators in drinking water supply methods in Birjand City using the maximum entropy model in ordered weighted averaging (OWA)

Mojtaba Hassanpour[1], Abbas Khashei Siuki[*2], Ali Shahidi[3]

1. Ph.D. Candidate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: mbohlool69@yahoo.com
2. Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: ashahidi@birjand.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 22 March 2024
Revised: 04 June 2024
Accepted: 26 June 2024
Published online: 16 November 2024

Keywords:
Transition between Basin, Productivity, Risk, Risk Factor, ANP

ABSTRACT

If a country wants to move with a caravan of civilization and scientific development, it will have to use its natural resources. One of the most vital resources that life plays in the lives of humans and countries and the continuity of production is water resources. If the use of this vital material, which God has placed at the service of humans for free and unprofitable, would be desirable, many problems of the countries would be solved. One of the water supply methods due to drought problems, especially in the desert areas of the country, is inter-basin water transmission. Water transfer between different basins can be the source of many changes in the areas of origin and destination. In this research, using the ANP method, the criteria used are water quality, environmental factors, social security, sustainable development, utilization, cost of execution, water productivity, and equilibrium in supply and demand, for use in the OWA weight method It was made. Then, using the maximal entropy method in OWA, the weight of each criterion and the weight of the options were determined in two risky and risky situations. Finally, the use of conventional waters of the district (drinking water and sanitation) with a weight of 0.32 in risky and 0.41 in risky and with a relative deviation of risk of 0.11 was chosen as the best option.

Citation: Hassanpour, M., Khashihi Siuki, A., & Shahidi, A. (2024). Use of risk indicators in drinking water supply methods in Birjand City using the maximum entropy model in ordered weighted averaging (OWA). *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(3), 19-32.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Abbas Khashei siuki
Address: Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, University of Birjand, Birjand, Iran.
Tel: +989153327478
Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Use of risk indicators in drinking water supply methods in Birjand City using the maximum entropy model in ordered weighted averaging (OWA)

Mojtaba Hassanpour[1], Abbas Khashei Siuki[*2], Ali Shahidi[3]

1. Ph.D. Candidate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: mbohlool69@yahoo.com
2. Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir

Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: ashahidi@birjand.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Water poses a significant challenge in the 21st century, its issues were previously confined to local areas, they now affect the globe. In Iran, improper water resource allocation, coupled with irregular rainfall patterns, has led to disparities in water distribution and usage to address water concerns, Iran must strike a balance between water demand and available resources at minimal costs. One viable solution to mitigate water scarcity is inter-basin water transfer projects While inter-basin water transfer can help alleviate water shortages, it also poses environmental concerns, such as disrupting the natural hydrological cycle and impacting aquatic ecosystems. Moreover, such projects often face opposition from local communities and policymakers due to concerns about equitable water sharing and potential economic losses. This research employs risk indicators to investigate Birjand City's drinking water supply system, focusing on inter-basin water transfer methods.

Methodology: In this study, doctoral students specializing in water resources engineering at Birjand University were chosen as decision-makers. Subsequently, relevant indicators were identified. These included water quality, environmental impact, societal well-being, sustainable development, utilization, operating expenses, water conservation, and a balanced supply and demand chain. Furthermore, several alternatives were considered, such as transporting water from the Oman Sea, diverting water from the western region (Zayandeh Rood), utilizing water stored in the Dosti Dam, and harnessing traditional water sources (i.e., separating sanitary water and potable water distribution systems).

Results and Discussion: The weight of the option of water supply from the Sea of Oman was determined in three risk scenarios. The low sea level in Birjand city increases costs, and environmental issues may arise from water treatment. The transmission line passes through desert areas, creating security risks. However, this option uses a completely sustainable water source. The relative risk deviation was 0.233. Another option is to use water from Zayandehroud's tributaries. The water quality is excellent, but social problems may occur. The relative risk deviation was 0.165. Dosthi Dam faces issues with sustainable development. The construction of a dam in Afghanistan provides 60% of the Dosti Dam's input, while the Mashhad plain has problems due to excessive groundwater use. The relative risk deviation was 0.15. Using conventional waters by separating drinking and sanitary water, and optimizing water use, can achieve a high supply and demand balance. Purified wastewater is delivered to the supplier's location, reducing social problems. This option has the lowest relative risk deviation.

Conclusion: In general, The best option for providing drinking water in Birjand is tapping regional conventions (separation of drinking water distribution network and sanitary water). Overexploitation threatens underground reserves, making judicious use imperative. All sources, even inferior ones, merit consideration. When thirst rises, current conduits won't suffice, so upgrading infrastructure becomes essential. Economic and technical analyses precede dual network adoption, common in cities with distinct circumstances. Though advantageous,

***Corresponding author:** Abbas Khashei Siuki
Address: Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, University of Birjand, Birjand, Iran.
Tel: +989153327478
Email: abbaskhashei@birjand.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

this scheme has drawbacks versus regular networks. Given Birjand's arid setting and distance from trustworthy water sources, conventional regional utilization (sanitary and drinking water separation) appears optimal.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: This research has received NO financial support.

Authors' contribution: M.H.: Data collection, Methodology and data analysis, A. K. S: Data analysis, A. S.H: Data analysis.

Conflicts of interest: The authors of this article sincerely thanks the University of Birjand for financial and moral supports.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

استفاده از شاخص‌های ریسک در روش‌های تأمین آب شرب شهر بیرجند با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر در روش میانگین وزنی مرتب‌شده (OWA)

مجتبی حسن‌پور[۱]، عباس خاشعی سیوکی[۲*]، علی شهیدی[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. mbohlool69@yahoo.com
۲. استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. abbaskhashei@birjand.ac.ir
۳. دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. ashahidi@birjand.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۰۳ فروردین ۱۴۰۳
بازنگری: ۱۵ خرداد ۱۴۰۳
پذیرش: ۰۶ تیر ۱۴۰۳
انتشار برخط: ۲۶ آبان ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی: انتقال بین حوضه‌ای، بهره‌وری آب، ریسک‌پذیر، ریسک‌گریز، ANP

چکیده

اگر کشوری بخواهد با کاروان تمدن و توسعه علمی حرکت کند، ناچار است از منابع طبیعی خود استفاده لازم و مطلوب را بنماید. یکی از منابع بسیار مهم و حیاتی که در زندگی روز مره انسان‌ها و کشورها و تداوم تولیدات نقش فوق العاده دارد، منابع آبی است. اگر از این ماده حیاتی که خداوند به‌صورت مجانی و احیاناً بی‌هزینه در خدمت انسان‌ها قرار داده است، استفاده مطلوب شود، بسیاری از مشکلات کشورها حل خواهد شد. یکی از روش‌های تأمین آب با توجه به مشکلات خشک‌سالی، خصوصاً در مناطق کویری کشور انتقال آب بین حوضه‌ای است. انتقال بین حوضه‌ای آب در صورت بهره‌گیری صحیح، می‌تواند منشأ تغییرات زیادی در حوزه‌های مبدا و مقصد باشد. این مطالعه به بررسی سیستم تامین آب شرب شهر بیرجند با استفاده از شاخص‌های ریسک و مشارکت دانشجویان دکتری متخصص در مهندسی منابع آب به‌عنوان تصمیم‌گیرنده می‌پردازد. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (به‌اختصار ANP)، معیارهای مرتبط شامل کیفیت آب، عوامل زیست‌محیطی، امنیت اجتماعی، توسعه پایدار، بهره‌برداری، هزینه اجرایی، بهره‌وری آب و تعادل عرضه و تقاضا شناسایی شدند. در ادامه با استفاده از روش میانگین وزنی مرتب‌شده (OWA)، وزن‌دهی به معیارها انجام شد. سپس با استفاده از روش آنتروپی حداکثر در OWA، اهمیت وزن هر یک از معیارها و سپس وزن گزینه‌ها در دو حالت ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز مشخص شد. یافته‌ها نشان داد که اتخاذ بهره‌برداری سنتی منطقه‌ای، به‌ویژه جداسازی شبکه توزیع آب شرب و آب بهداشتی با وزن ۰/۳۲ در حالت ریسک‌گریز و ۰/۴۱ در حالت ریسک‌پذیر و با انحراف نسبی ریسک ۰/۱۱ به‌عنوان بهترین گزینه برای تأمین آب شهر بیرجند انتخاب شد. هم‌چنین، ارتقای زیرساخت‌ها و استفاده عقلانی از منابع آب، برای مقابله با چالش‌های پیش رو در منطقه مذکور از گزینه‌های مکمل این مهم به شمار می‌رود.

استناد: حسن‌پور، مجتبی، خاشعی سیوکی، عباس و شهیدی، علی. (۱۴۰۳). استفاده از شاخص‌های ریسک در روش‌های تأمین آب شرب شهر بیرجند با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر در روش میانگین وزنی مرتب‌شده. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۳)، ۱۹-۳۲.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** عباس خاشعی سیوکی
نشانی: گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
تلفن: ۰۹۱۵۳۳۲۷۴۷۸
پست الکترونیکی: abbaskhashei@birjand.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

مقدمه

آب یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن حاضر است که می‌تواند در آینده بسیار نزدیک منشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد. در گذشته مشکلات و مسائل آب در مقیاس محلی مطرح بود، اما اکنون این مشکلات در مقیاس‌های ملی، منطقه‌ای و حتی جهانی بروز می‌کند (WHO, 2023 ؛Owens et al., 2020). مقدار آب تجدیدشونده‌ای که کره زمین هم اکنون دریافت می‌کند، معادل همان میزان آب ثابتی است که هزاران سال پیش، دریافت می‌داشته است، لذا میزان سرانه آب به‌شدت در حال کاهش است (Dadebo et al., 2023). در ایران همانند بسیاری از نقاط جهان، توزیع نامناسب آب، خاک، جمعیت و نیز عدم توزیع یکنواخت زمانی و مکانی بارش‌ها، ناهمگونی فضایی منابع و مصارف آبی را به وجود آورده‌است. از طرفی دیگر، در صورت ادامه روند فعلی جمعیت رو به رشد کشور، میزان سرانه آب موجود در سال ۲۰۲۵ به کم‌تر از ۱۰۰۰ متر مکعب برای هر نفر در سال خواهد رسید (قدرت‌نما، ۱۳۹۱). هم‌چنین، عواملی ثانویه‌ای مانند توزیع غیر یکنواخت آب در طول مکان و زمان، وجود بیش‌ترین تقاضای آب در زمان وقوع کم‌ترین بارندگی، عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب، محدودیت منابع آب و غیره، به مراتب مدیریت منابع آب کشور را پیچیده‌تر کرده است. از این‌رو، برقراری تعادل میان تقاضای آب و منابع آب موجود با کم‌ترین هزینه ممکن، به یکی از اهداف بلند مدت مدیریت راهبردی آب کشور تبدیل شده است (سعیدی نیا و همکاران، ۱۳۸۷).

پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای به ما یک ابزار بلند مدت برای به حداقل رساندن عدم تطابق بین تقاضای آب و دسترسی آب ارائه می‌کنند. تغییرات آب و هوایی، ممکن است آسیب‌پذیری قابل‌توجهی نسبت به پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای از طریق اختلالات در دسترس بودن آب اعمال کند (Zhang et al., 2018). با توجه به رشد جمعیت و به‌تبع آن افزایش نیاز آبی جامعه، ضرورت دارد نیازهای فزاینده از طریق گزینه‌های برتر تأمین شود. انتقال بین حوضه‌ای آب، روشی است که جهت مقابله با کمبود آب در بسیاری از مناطق جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتقال حوضه به حوضه آب عبارت است از انتقال فیزیکی آب از یک حوضه آبریز به حوزه دیگر، در این جابه‌جایی یک حوضه آبریز آب از دست می‌دهد و حوضه دیگر آب به‌دست می‌آورد (جاویدی صباغیان و همکاران، ۱۳۹۶). در حالت کلی انتقال آب بین حوضه‌ای یک ابزار سازه‌ای جهت کاهش تنش ناشی از بحران آب در یک منطقه از طریق انتقال آب از منطقه پرآب است که ضمن برقراری توازن و همگنی در توزیع آب، موجب کاهش خسارات ناشی از سیلاب در حوزه آبده خواهد شد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱). اگر چه قدمت انتقال آب به صدها سال پیش، برمی‌گردد ولی ضرورت طرح این موضوع از ۲۰۰ سال پیش تاکنون بیش‌تر احساس شده‌است و اجرای کارگاه‌ها، سمینارها و همایش‌های بین‌المللی با هدف بررسی و شناسایی مسائل انتقال بین حوضه‌ای چون همایش بین حوضه‌ای در ایالت نوادا در آمریکا در سال ۱۹۹۲ و کارگاه انتقال بین حوضه‌ای آب توسط گروه برنامه‌ریزی منابع آب (IHP) یونسکو در سال ۱۹۹۹ در پاریس، تأکیدی بر این موضوع است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸). با این حال، این سوال باقی می‌ماند که آیا این تلاش‌ها موفقیت آمیز بوده است یا خیر. پاسخ به این سوال ساده نیست و به معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی موفقیت بستگی دارد. درحالی‌که پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای موفقی در سراسر جهان وجود داشته است، مانند پروژه آب ایالتی کالیفرنیا در ایالات متحده و پروژه انتقال آب جنوب به شمال در چین، شکست‌ها و چالش‌های زیادی نیز وجود داشته است (تیموری یگانه، ۱۴۰۱). به‌عنوان مثال، فاجعه دریای آرال در آسیای مرکزی نمونه شناخته شده‌ای از پیامدهای منفی پروژه‌های بزرگ انتقال آب است. علاوه‌بر این، انتقال آب بین حوضه ای اغلب با چالش‌های اجتماعی، محیط زیستی و سیاسی مانند درگیری بر سر حقوق آب، جابجایی جوامع محلی و تخریب محیط زیست مواجه است. بنابراین، درحالی‌که تجربیات موفقی در انتقال آب بین حوضه‌ای وجود داشته است، ارزیابی دقیق مزایا و معایب بالقوه چنین پروژه‌هایی و در نظر گرفتن راه حل‌های جایگزین مانند صرفه جویی در مصرف آب، مدیریت تقاضا و بهبود بهره‌وری مصرف آب بسیار مهم است (Abrishamchi & Tajrishi, 2005).

گزیده‌ای پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در کشور شامل: تونل بهشت‌آباد برای انتقال آب رودخانه بهشت‌آباد به زاینده‌رود (شروع در سال ۱۳۹۰)، تونل‌های کوهرنگ به‌منظور انتقال آب از سرشاخه‌های کارون به زاینده‌رود (شروع به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۳۲،۱۳۶۴ و ۱۳۷۷)، انتقال آب گلاب از سد زاینده‌رود به کاشان (شروع در سال ۱۳۷۸)، تونل انتقال آب قمرود به‌منظور انتقال آب از شاخه‌های رودخانه دز به رودخانه قمرود (شروع در سال ۱۳۶۰)، کانال زایران برای انتقال آب سد طالقان به دشت قزوین (شروع در سال ۱۳۴۸)، انتقال آب آشامیدنی از بردسیر به رفسنجان (شروع در سال ۱۳۶۹) و غیره است. انتقال بین حوضه‌ای آب با رعایت جوانب مختلف آن می‌تواند منشأ تغییرات زیادی در حوزه‌های مبدا و مقصد باشد. در مجموع هدف از مدیریت بین حوضه‌ای آب، افزایش بهره‌وری آب است (Qu et al,. 2023). شرط اولیه برای انتقال آب بین حوضه‌ای، وجود آب مازاد بر مصرف و نیاز در حوزه مبدا است که این شرط عموماً در مناطق مرکزی مهیا نیست که این کار تأمین آب را برای این مناطق سخت و هزینه‌بر می‌سازد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

در این پژوه با استفاده از شاخص‌های ریسک، روش‌های تأمین آب شرب شهر بیرجند با استفاده از انتقال آب بین حوضه مورد بررسی قرار گرفته است. در سال‌های اخیر از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری استفاده شده‌است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. هاشمی و همکاران در پژوهشی با عنوان پارادایم انتقال آب بین حوضه‌ای در مناطق خشک و آمایش سرزمین این موضوع را مطرح نمودند که انتقال بین حوضه‌ای آب با وجود کمبودها می‌تواند منشأ تغییرات زیادی در حوزه‌های مبدا و مقصد باشد که می‌بایست از دیدگاه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد. در مجموع هدف از مدیریت بین حوضه‌ای آب، تفکر بهره‌برداری بهینه از منابع آبی بین دو حوضه است به‌گونه‌ای که حداقل چالش‌ها و تنش‌ها در حوضه‌های مبدا و مقصد ایجاد شود. این امر مشمول بهینه‌سازی استفاده از منابع آب بین حوضه‌ها، تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی ذینفعان، بهبود کارایی مصرف آب، شناسایی و حفاظت از منابع آب زیرزمینی، و تحلیل عوامل مورد تأثیر مانند خصوصیات حوضه آب و شرایط اقلیمی است. اقدامات مذکور، به دستیابی به مدیریت پایدار و بهینه منابع آب و تأمین آب کافی برای نیازهای آینده کمک می‌کنند. (سلیمی و همکاران، ۱۳۹۹). این مهم می‌بایست از طریق مدیریت فرابخشی و لحاظ نمودن عوامل فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و با تأکید بر ملاحظات اجتماعی و سیاسی صورت گیرد. ولیکن انتقال بین حوضه‌ای آب در مناطق خشک، به‌دلیل شکنندگی این مناطق نسبت به کمبود آب از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در برنامه‌ریزی‌های ناحیه‌ای و آمایش سرزمین به‌خصوص برای مناطق خشک و نیمه خشک که اغلب مساحت ایران را در بر می‌گیرند بایستی به‌دقت مورد توجه واقع شده و در تدوین برنامه آمایش سرزمین، به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم مد نظر قرار گیرد، چرا که انتقال آب از یک حوضه به حوضه دیگر در صورت عدم توجه به این موضوع، تمامی برنامه‌های از پیش تعیین شده درحوضه‌های آبخیز مبدا و مقصد را با چالش اساسی مواجه خواهد ساخت. لذا در این مقاله سعی شده‌است تجربیات کشورهای مختلف و جنبه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در مناطق خشک مورد بررسی و واشکافی قرار داده شود (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱).

یو و لای در سال ۲۰۱۱ در مقاله خود تأکید داشتند چنان‌چه تعداد شاخص‌ها در یک مسئله تصمیم‌گیری خیلی زیاد باشد، لازم است زیرمجموعه‌ای از شاخص‌ها از بین شاخص‌های موجود استخراج شوند و در تصمیم‌گیری نهایی مورد استفاده قرار گیرد (Yu & Lai, 2011). اردکانی و ضرغامی در سال ۲۰۰۴، معیارهای مطرح در ۵۱ حوضه آبریز در کشورهای مختلف را مرور کرده‌اند و پس از بررسی معیارهای تصمیم‌گیری در این کشورها و معیارهای مطرح در سندهای ملی ایران، درخت سلسله مراتبی معیارهای ایران را ارائه نمودند (اردکانی و ضرغامی، ۲۰۰۴). جاویدی صباغیان و همکاران در پژوهشی تحت عنوان توسعه مدل تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه ریسک–محور برای مدیریت مؤثر حوضه آبریز بر مبنای روش ترکیبی IOWA-CP مطالعه موردی دشت مشهد با رویکرد استفاده از دو نوع ارزیابی ریسک در محاسبه امتیاز و درجه اجماع گروهی به‌منظور انتخاب شاخص‌های نهایی و رتبه‌بندی طرح‌ها است. در ریسک نوع اول تأمین تعداد شاخص‌ها توسط طرح‌ها و در ریسک نوع دوم اجماع گروهی تعداد تصمیم گیران ارزیابی می‌شود. بر این اساس، وزن‌ها و درجه‌های اجماع گروهی شاخص‌های اولیه توسط عملگر میانگین وزنی مرتب استقرایی و روش برنامه‌ریزی سازشی در حالت‌های مختلف ریسک محاسبه می‌شوند. شاخص‌های نهایی با استفاده از ترکیب مقادیر وزن و درجه اجماع و مقایسه با حد آستانه قابل‌قبول انتخاب می شوند. مدل پیشنهادی در تعیین شاخص‌های نهایی و طرح برتر مدیریت دشت مشهد برای سال ۱۴۲۰ توسعه‌یافته است. نتایج بیانگر وابستگی تعداد شاخص‌های منتخب و رتبه طرح‌ها به دو نوع ارزیابی ریسک تصمیم‌گیری است. در مقایسه نهایی طرح‌ها، در تحلیلی مبتنی بر تأمین مهم‌ترین شاخص‌های اهداف توسعه پایدار، طرح‌های اولویت‌دار مشخص شدند. توسعه فرآیند تصمیم‌گیری گروهی در این تحقیق برای مدیریت جامع حوضه‌های آبریز کشور پیشنهاد می‌شوند (جاویدی صباغیان و همکاران، ۱۳۹۶). در این پژوهش نوع معیارهای استفاده شده متناسب با شرایط منطقه کویری شهر بیرجند انتخاب شد. سپس با استفاده از روش آنتروپی حداکثر، معیارها وزن‌دهی و گزینه مطرح شده جهت انتقال آب به بیرجند انتخاب شد. بنابراین، هدف اصلی این پژوهش، تعیین بهترین روش تأمین آب برای شهر بیرجند به‌منظور حل مشکلات کمبود آب در منطقه است.

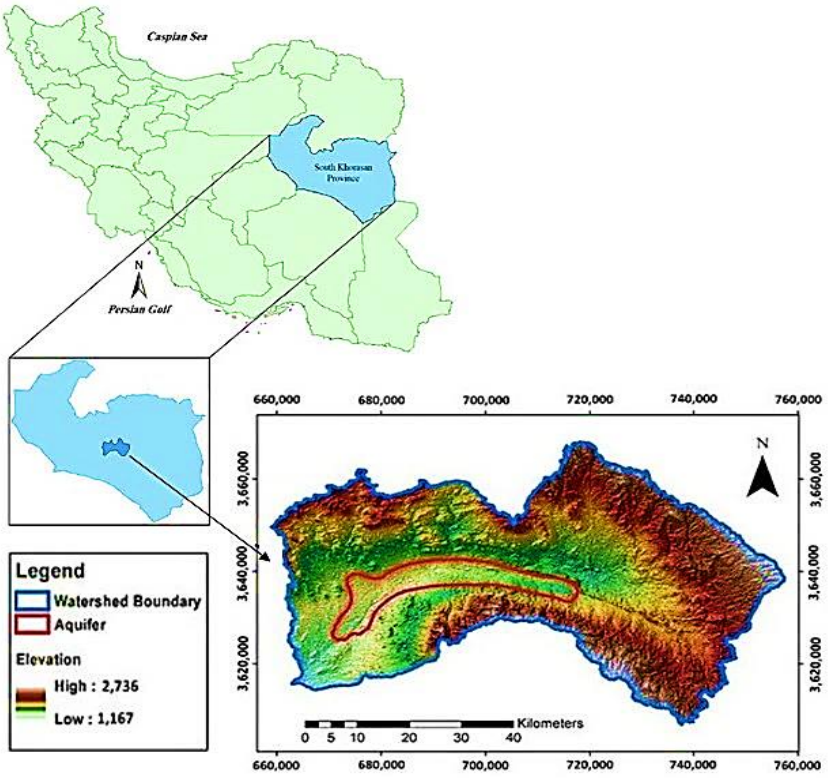
مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شهرستان بیرجند در استان خراسان جنوبی ایران و در ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۴۷۰ متری از سطح دریا واقع شده‌است. این شهرستان از شمال به شهرستان قائنات، از شمال شرق به شهرستان زیرکوه، از شرق به شهرستان‌های درمیان و سربیشه، از جنوب به شهرستان خوسف و از غرب به شهرستان سرایان محدود است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]



شکل ۱- موقعیت مکانی دشت بیرجند

Figure 1- Location of Birjand Plain

تأمین آب در شهرهایی مانند بیرجند که در مناطق خشک و کویری قرار دارند، همواره چالش‌های زیادی را به همراه داشته است. با افزایش جمعیت و تغییرات اقلیمی، این چالش‌ها بیش‌تر شده‌اند. به‌منظور حل این مشکلات، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق، علمی و هوشمندانه است. در گذشته، برای تأمین آب در مناطق کویری از روش‌های مختلفی استفاده می‌شد. این شامل عملیات حفر چاه‌های آب، ساخت سدها و تالاب‌ها، انتقال آب از حوضه‌های دیگر، استفاده از تکنولوژی‌های تصفیه آب و استفاده از آب شور در کشاورزی بوده است. هم‌چنین، مدیریت منابع آب شامل کنترل مصرف آب، بهره‌برداری بهینه از آب‌های زیرزمینی و باران‌آب‌ها، ترویج روش‌های کشاورزی پایدار و استفاده از فناوری‌های مدرن در آبیاری نیز انجام می‌شد. اما برای رسیدن به راهکارهای مناسب و کارآمد در تأمین آب شهرهای کویری، نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق و علمی است. این شامل مطالعه و تحلیل شرایط آبیاری، تغییرات اقلیمی، بررسی روش‌های تأمین آب موجود و ارزیابی تاثیر آن‌ها بر محیط زیست و اقتصاد منطقه است. هم‌چنین، استفاده از روش‌های نوین مانند تصفیه آب شور، استفاده از منابع آب زیرزمینی، کاهش تلفات آب در شبکه‌های آبیاری و اعتماد به تکنولوژی‌های پیشرفته نیز در تأمین آب شهرهای کویری مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طورکلی، تأمین آب در شهرهای کویری نیازمند تعامل بین دولت، محققان، متخصصان آب و جامعه است. با استفاده از دانش علمی و فناوری‌های نوین و با توجه به ویژگی‌های خاص منطقه، می‌توان به راهکارهای بهینه و پایدار در تأمین آب در این مناطق دست یافت.

فرآیند تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه ریسک محور

فرآیند تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه ریسک محور تأمین آب شرب بیرجند طی چند مرحل به شرح شکل ۲ انجام شد که در ادامه به طور کامل توضیح داده شده است.

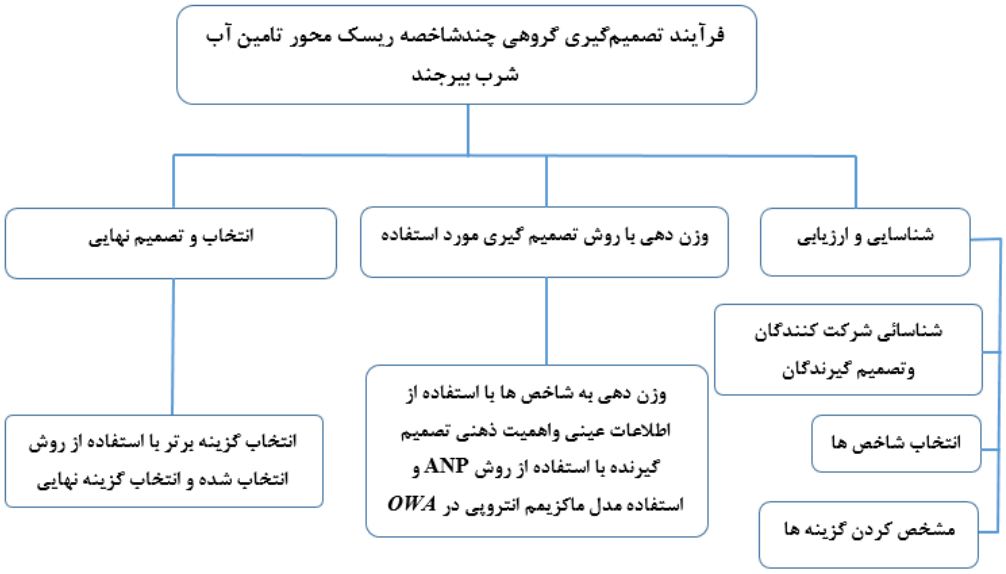
شناسایی و ارزیابی

در مرحله شناسایی و ارزیابی ابتدا تصمیم‌گیرندگان مشخص می‌شوند. در این پژوهش دانشجویان دکترای رشته مهندسی منابع آب دانشگاه بیرجند به‌عنوان تصمیم‌گیرندگان انتخاب شدند. سپس شاخص‌ها مشخص شد. شاخص‌ها شامل کیفیت آب، عوامل زیست‌محیطی، امنیت اجتماعی، توسعه پایدار، بهره‌برداری، هزینه اجرایی، بهره‌وری آب و تعادل در عرضه و تقاضا است. هم‌چنین گزینه‌های مورد نظر شامل

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

انتقال آب از دریای عمان، انتقال آب از غرب کشور (زاینده‌رود)، انتقال آب از سد دوستی و استفاده از آب‌های متعارف منطقه (جداسازی شبکه توزیع آب بهداشتی و آب شرب) انتخاب شد.



شکل ۲- فرآیند تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه ریسک محور تأمین آب شرب بیرجند

Figure 2- Risk-based multi-indicator group decision-making process for drinking water supply in Birjand

وزن‌دهی با روش‌های تصمیم‌گیری مورد استفاده

در این مرحله با استفاده از روش ANP بر اساس مقایسات زوجی دانشجویان دکترای منابع آب، به هر یک از شاخص‌ها امتیازی تعلق گرفت که نتایج آن در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- وزن معیارهای استفاده شده جهت انتخاب گزینه تأمین آب بیرجند با روش ANP

Table 1- The weight of the criteria used to select the option of water supply in Birjand with the ANP method

معیار	وزن
بهره‌وری	0.233
امنیت اجتماعی	0.216
کیفیت	0.136
توسعه پایدار	0.129
هزینه‌های اجرایی	0.101
بهره‌برداری	0.098
عوامل محیط‌زیستی	0.050
عرضه و تقاضا	0.037

وزن‌دهی با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر در OWA

وجه تمایز این روش با سایر روش‌های تصمیم‌گیری این است که ریسک‌پذیر و یا ریسک‌گریز بودن تصمیم گیرنده را در نظر می‌گیرد.

$$F_w(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \quad (۱)$$

b_j: مقدار حاصل از جدول معیار–گزینه که به‌صورت صعودی مرتب شده‌است.

w_j: مقدار وزن‌هایی است که از مدل آنتروپی حداکثر OWA مشخص می‌شود.

برای رسیدن به گزینه نهایی تأمین آب شرب شهر بیرجند بایستی مقدار b_j و w_j مشخص شود.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

تعیین مقدار b_j

برای تعیین مقدار b_j جدول مقایسه معیار- گزینه (جدول ۲) تشکیل داده شد و امتیاز هر گزینه نسبت به معیار مشخص شد.

جدول ۲- معیار / گزینه جهت اجرای تأمین آب بیرجند

Table 2- Criterion/option for the implementation of water supply in Birjand

معیار	تعادل عرضه و تقاضا	مهندسی بهره‌برداری پروژه	کیفیت آب	هزینه‌های اجرایی	امنیت اجتماعی	محیط زیستی	بهره‌وری آب	توسعه پایدار
دریای عمان	0.21	0.15	0.04	0.20	0.14	0.13	0.18	0.35
زاینده‌رود	0.14	0.20	0.33	0.25	0.14	0.13	0.23	0.23
سد دوستی	0.14	0.25	0.33	0.35	0.21	0.27	0.23	0.12
آب‌های متعارف منطقه (جداسازی آب شرب و بهداشتی)	0.50	0.40	0.29	0.20	0.50	0.47	0.36	0.29

تعیین مقدار w_j

برای تعیین w_j ابتدا با استفاده از فرمول (۲) مقدار a محاسبه می‌شود.

$$\alpha = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(n-i)\,w_i \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (۲)$$

در این رابطه:

w_j: مقدار وزن معیارها به‌دست آمده از روش ANP

n: تعداد معیارها

i: شماره معیارها

اگر a <0.5 باشد، تصمیم‌گیرنده ریسک‌گریز است. اگر a>0.5 باشد، تصمیم‌گیرنده خنثی است و اگر a=0.5 باشد، تصمیم گیرنده ریسک‌پذیر است. در فرمول فوق اگر i از معیاری که بیش‌ترین وزن را در روش ANP به‌دست آمده است، آغاز شود، a برابر ۰/۶۷ (حالت ریسک‌پذیر) و اگر i از معیاری که کم‌ترین وزن را در روش ANP به‌دست آمده است، آغاز شود، a برابر ۰/۳۳ (حالت ریسک‌گریز) محاسبه شد. با استفاده از مدل آنتروپی حداکثر (رابطه ۳) مقدار w_j به‌دست آمد. با استفاده از نرم‌افزار LINGO 11 مقدار w_j به‌دست آمد.

$$\begin{aligned} &Max\ H(w) = -\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i \\ &s.t.\ orness(w) = \sum_{i=1}^{n}\frac{n-i}{n-1}w_i = \alpha, \qquad 0 \le \alpha \le 1 \\ &\sum_{i=1}^{n} w_i = 1, \qquad w_i \in [0,1], \qquad i = (1,2,\dots,n) \end{aligned} \qquad (۳)$$

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

جدول ۳- مقدار w_j در حالت ریسک‌گریز در LINGO 11
Table 3- The value of w_j in risk-averse mode in LINGO 11

Variable	Value
W(1)	0.4648428E-01
W(2)	0.5912410E-01
W(3)	0.7520088E-01
W(4)	0.9564920E-01
W(5)	0.1216577
W(6)	0.1547384
W(7)	0.1968142
W(8)	0.2503312

جدول ٤- مقدار w_j در حالت ریسک‌پذیر LINGO 11
Table 4- The value of w_j in the risk-taking mode of LINGO 11

Variable	Value
W(1)	0.2503312
W(2)	0.1968142
W(3)	0.1547384
W(4)	0.1216577
W(5)	0.9564920E-01
W(6)	0.7520088E-01
W(7)	0.5912410E-01
W(8)	0.4648428E-01

نتایج و بحث

وزن نهایی هر یک گزینه‌های آب شرب شهر بیرجند شامل انتقال آب از دریای عمان، انتقال آب از غرب کشور (زاینده‌رود)، انتقال آب از سد دوستی و استفاده از آب‌های متعارف منطقه (جداسازی شبکه توزیع آب بهداشتی و آب شرب) با محاسبه w_j و b_j که مقادیر آن در جدول های (۵) تا (۸) ارائه شده است.

جدول ۵- وزن گزینه نهایی تأمین آب شرب شهر بیرجند از دریای عمان در سه حالت ریسک‌پذیری، ریسک‌گریزی و خنثی
Table 5- The weight of the final option of supplying drinking water to the city of Birjand from the Sea of Oman in three risk-taking, risk-averse and neutral states

دریای عمان	مقدار وزن هر گزینه نسبت به معیار به صورت صعودی	مقدار Wj در حالت ریسک گریز	مقدار Wj در حالت ریسک پذیر	وزن گزینه در حالت ریسک‌گریز	وزن گزینه در حالت ریسک‌پذیر	وزن گزینه در حالت خنثی
کیفیت آب	0.04	0.250	0.046	0.01	0.00	0.01
محیط زیستی	0.13	0.196	0.059	0.03	0.01	0.02
امنیت اجتماعی	0.14	0.154	0.075	0.02	0.01	0.02
بهره‌برداری	0.15	0.121	0.095	0.02	0.01	0.02
هزینه اجرایی	0.17	0.095	0.121	0.02	0.02	0.02
بهره‌وری آب	0.18	0.075	0.154	0.01	0.03	0.02
تعادل عرضه و تقاضا	0.21	0.059	0.196	0.01	0.04	0.03
توسعه پایدار	0.35	0.046	0.25	0.02	0.09	0.04
امتیاز گزینه				0.13	0.21	0.17

وزن گزینه تأمین آب از دریای عمان در حالات سه‌گانه ریسک مشخص شد. از مشکلات تأمین آب از این طریق می‌توان اولاً پایین بودن سطح دریا از شهر بیرجند که سبب افزایش هزینه‌ها می‌شود. دیگر مسئله ایجاد مسائل محیط زیستی با توجه به تصفیه آب است. هم‌چنین عبور خط انتقال از مناطق کویری شرق کشور که با توجه به خشکسالی‌ها نیاز مبرمی به آب دارند، مسائل امنیتی زیادی را ایجاد خواهد کرد. جنبه مثبت این گزینه استفاده از یک منبع آبی کاملاً پایدار است. انحراف نسبی ریسک در گزینه تأمین آب شهر بیرجند برابر با ۰/۲۳۳ شد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

جدول ٦- وزن گزینه نهایی تأمین آب شرب شهر بیرجند از زاینده‌رود در سه حالت ریسک‌پذیری، ریسک‌گریزی و خنثی

Table 6- The weight of the final option of supplying drinking water to the city of Birjand from Zayandehroud in and neutral states,three risk-taking, risk-averse

زاینده رود	مقدار وزن هر گزینه نسبت به معیار به صورت صعودی	مقدار Wj در حالت ریسک گریز	مقدار Wj در حالت ریسک پذیر	وزن گزینه در حالت ریسک‌گریز	وزن گزینه در حالت ریسک‌پذیر	وزن گزینه در حالت خنثی
امنیت اجتماعی	0.12	0.25	0.05	0.03	0.01	0.02
محیط زیستی	0.13	0.20	0.06	0.03	0.01	0.02
تعادل عرضه و تقاضا	0.14	0.15	0.07	0.02	0.01	0.02
بهره‌برداری	0.20	0.12	0.09	0.02	0.02	0.03
هزینه اجرایی	0.21	0.09	0.12	0.02	0.03	0.03
بهره‌وری آب	0.23	0.07	0.15	0.02	0.04	0.03
توسعه پایدار	0.24	0.06	0.209	0.01	0.05	0.03
کیفیت آب	0.33	0.05	0.25	0.02	0.08	0.04
امتیاز گزینه				0.17	0.23	0.20

دیگر گزینه تأمین آب شهر بیرجند استفاده از آب سرشاخه‌های زاینده‌رود است. کیفیت آبی که از طریق این گزینه تأمین شود از کیفیت خوبی برخوردار است. از نقطه ضعف‌های تأمین آب از این طریق مشکلات اجتماعی پیش رو است. همان‌گونه که در چند سال اخیر با توجه به استفاده از این منبع آبی جهت تأمین شهرهای مرکزی ایران مشکلات اجتماعی و امنیتی متعددی را ایجاد نموده‌است. انحراف نسبی ریسک این گزینه ۰/۱۶۵ محاسبه شد. از مشکلات اصلی تأمین آب از طریق سد دوستی مسئله توسعه پایدار این گزینه است. با توجه به ایجاد سد در افغانستان که ۶۰ درصد ورودی سد دوستی را تأمین می‌نموده است و از طرفی نشست دشت مشهد به‌دلیل استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی مشکلاتی را جهت استفاده از این گزینه در پیش‌رو قرار می‌دهد. انحراف نسبی ریسک این گزینه ۰/۱۵ محاسبه شد.

جدول ۷- وزن گزینه نهایی تأمین آب شرب شهر بیرجند از سد دوستی در سه حالت ریسک‌پذیری، ریسک‌گریزی و خنثی

Table 7- The weight of the final option of supplying drinking water to the city of Birjand from the Dosti dam in three and neutral states,risk-taking, risk-averse

سد دوستی	مقدار وزن هر گزینه نسبت به معیار به صورت صعودی	مقدار Wj در حالت ریسک گریز	مقدار Wj در حالت ریسک پذیر	وزن گزینه در حالت ریسک‌گریز	وزن گزینه در حالت ریسک‌پذیر	وزن گزینه در حالت خنثی
توسعه پایدار	0.12	0.25	0.05	0.03	0.01	0.02
تعادل عرضه و تقاضا	0.14	0.196	0.060	0.03	0.01	0.02
بهره‌برداری	0.18	0.154	0.075	0.03	0.01	0.02
کیفیت آب	0.23	0.121	0.095	0.03	0.02	0.03
هزینه اجرایی	0.25	0.095	0.1211	0.02	0.03	0.03
امنیت اجتماعی	0.27	0.075	0.15	0.02	0.04	0.03
محیط زیستی	0.29	0.059	0.2	0.02	0.06	0.04
بهره‌وری آب	0.33	0.046	0.25	0.02	0.08	0.04
امتیاز گزینه				0.19	0.26	0.23

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

جدول ۸- وزن گزینه نهایی تأمین آب شرب شهر بیرجند با استفاده از آب‌های متعارف منطقه (جدایی شبکه توزیع آب شرب و آب بهداشتی) در سه حالت ریسک‌پذیری، ریسک‌گریزی و خنثی

Table 8- The weight of the final option of providing drinking water in Birjand city using conventional water in the and ,region (separation of drinking water distribution network and sanitary water) in three risk-taking, risk-averse neutral states

با استفاده از آب‌های متعارف منطقه (جدایی شبکه توزیع آب شرب و آب بهداشتی)	مقدار وزن هر گزینه نسبت به معیار به صورت صعودی	مقدار Wj در حالت ریسک گریز	مقدار Wj در حالت ریسک پذیر	وزن گزینه در حالت ریسک‌گریز	وزن گزینه در حالت ریسک‌پذیر	وزن گزینه در حالت خنثی
هزینه اجرایی	0.20	0.25	0.05	0.05	0.01	0.03
کیفیت آب	0.29	0.20	0.06	0.06	0.02	0.04
توسعه پایدار	0.29	0.15	0.07	0.05	0.02	0.04
بهره‌وری آب	0.36	0.12	0.20	0.04	0.03	0.05
بهره‌برداری	0.40	0.09	0.12	0.04	0.05	0.05
امنیت اجتماعی	0.41	0.07	0.15	0.03	0.06	0.05
محیط زیستی	0.47	0.06	0.20	0.03	0.09	0.06
تعادل عرضه و تقاضا	0.50	0.05	0.25	0.02	0.13	0.06
امتیاز گزینه				0.32	0.41	0.37

گزینه استفاده از آب‌های متعارف منطقه با استفاده از جداسازی آب شرب و بهداشتی ضمن استفاده بهینه از آب، می‌تواند تعادل عرضه و تقاضا بالایی به سبب تحویل پساب تصفیه شده به محل عرضه‌کننده و کاهش مشکلات اجتماعی صورت پذیرد. گزینه مذکور که بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است، کمترین میزان انحراف نسبی ریسک را دارد. در این زمینه، ظفرنیا (۱۳۹۵) بیان نمود که طرح های بزرگ سد و انتقال آب، سازه‌های ناامنی هستند که به سبب بزرگی و تمرکز، خسارت‌پذیرند. هم‌چنین در مطالعه تیموری (۱۳۹۹) مدیریت عرضه و انتقال بین حوضه‌های آب به هیچ وجه نمی‌تواند تنها راهکار تأمین نیاز آبی استان خراسان جنوبی باشد. لذا در استان خراسان جنوبی ناگزیر به مدیریت تقاضا از طریق در هم آمیختن آموزش، فناوری، اصلاحات قیمت‌گذاری، قانون‌گذاری، بازچرخانی و در نهایت سازگاری با کم آبی است.

نتیجه‌گیری

بیرجند به‌عنوان یک شهر در منطقه خشک با مشکلات جدی در تأمین آب مواجه است. در حال حاضر، سیستم توزیع آب شهری به شکل ناکارآمدی عمل می‌کند و به‌دلیل کمبود امکانات، برخی مناطق از جمله شهرهای استان سیستان و بلوچستان و هم‌چنین هرمزگان و بوشهر به این سیستم وابسته هستند. استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در بسیاری از مناطق باعث نابودی این منابع شده است. بنابراین، استفاده از تمامی منابع آب، از جمله منابع آب بی کیفیت، باید مورد توجه قرار گیرد. هم‌چنین، با افزایش تقاضای مصرف آب، سیستم توزیع آب فعلی قادر به تأمین این نیازها نخواهد بود و نیاز به توسعه شبکه و تجهیزات آبی خواهد بود. در برخی شهرها، با توجه به شرایط محیطی، سیستم‌های دوگانه توزیع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما استفاده از این سیستم‌ها نیازمند مطالعات اقتصادی و فنی است و نسبت به سیستم‌های توزیع آب معمولی مزایا و معایب خاصی دارد. با توجه به استقرار بیرجند در منطقه خشک و عدم وجود منابع آب قابل اعتماد، به نظر می‌رسد استفاده از منابع آب متعارف و جداسازی شبکه‌های توزیع آب بهداشتی و آب شرب بهترین گزینه برای تأمین آب در بیرجند باشد. با توجه به موارد ذکر شده، پیشنهاد می‌شود تا در بیرجند، سیستم توزیع آب بهبود یابد و شبکه‌های توزیع آب بهداشتی و آب شرب جداگانه ایجاد شوند. هم‌چنین، برای حفظ منابع آب، باید مصرف آب بیش از حد مورد نیاز کاهش یابد و استراتژی‌های مناسبی برای مدیریت آب در شهر بیرجند اجرا شود.

با توجه به شرایط خشکسالی و کمبود منابع آب قابل اعتماد در بیرجند، استفاده از آب متعارف منطقه به‌عنوان روش تأمین آب شرب به نظر می‌رسد منطقی و عملی باشد. این روش شامل جداسازی شبکه توزیع آب بهداشتی و شبکه توزیع آب شرب است. با این روش، آب متعارف منطقه که شاید کیفیت بهتری نسبت به آب شرب داشته باشد، برای استفاده در مصارف بهداشتی مانند آب کشی، سوزشی و سایر مصارف غیرآشامیدنی استفاده می‌شود. در عین حال، آب شرب که باید کیفیت بالا و استانداردهای بهداشتی را داشته باشد، از منابع آبی مطمئن و قابل اعتماد تأمین می‌شود. با اجرای این روش، می‌توان به چندین مزیت دست یافت. اولاً، این روش امکان استفاده بهینه از منابع آب فراهم می‌کند. زیرا منابع آب متعارف منطقه، که شاید در دسترس باشند اما کیفیت آن‌ها برای مصرف آشامیدنی مناسب نباشد، نیز

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

مورد استفاده قرار می‌گیرد. دوماً، با جداسازی شبکه‌های توزیع آب بهداشتی و آب شرب، امکان ارائه آب شرب به کیفیت بالا و استانداردهای بهداشتی در بیرجند فراهم می‌شود. سوماً، این روش می‌تواند به حفظ ذخایر آب زیرزمینی منطقه کمک کند، زیرا استفاده از آب شرب برای مصارف غیرآشامیدنی و بهداشتی از بهره‌برداری بیش از حد از این منابع آب جلوگیری می‌کند. با این حال، پیاده‌سازی شبکه‌های دوگانه توزیع آب نیازمند مطالعات اقتصادی و فنی دقیق است. این شامل ارزیابی هزینه‌ها و سودآوری، بررسی ظرفیت منابع آب متعارف منطقه، تعیین منابع مطمئن برای تأمین آب شرب و بهداشتی، طراحی و احداث شبکه‌های توزیع مجزا و تأمین منابع مالی مورد نیاز برای انجام این پروژه‌ها می‌شود. در نتیجه، با توجه به محدودیت منابع آب قابل اعتماد در بیرجند و وجود منابع آب متعارف منطقه، استفاده از روش جداکردن شبکه توزیع بهداشتی از آب شرب به‌عنوان بهترین گزینه برای تأمین آب شرب در بیرجند به نظر می‌رسد. این روش می تواند به بهره‌برداری بهینه از منابع آب، تأمین آب شرب با کیفیت بالا، حفظ منابع آب زیرزمینی و توسعه شبکه‌های توزیع آب کمک کند. با این حال، اجرای این روش نیازمند بررسی های اقتصادی و فنی دقیق است تا بهترین نتیجه ها به‌دست آید.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: مجموعه داده‌ها بنا به درخواست منطقی برای نویسنده مربوطه در دسترس هستند.

حمایت مالی: مجموعه داده‌ها بنا به درخواست منطقی برای نویسنده مربوطه در دسترس هستند.

مشارکت نویسندگان: **مجتبی حسن‌پور:** جمع‌آوری داده، روش‌شناسی و تحلیل داده؛ **عباس خاشعی سیوکی:** تحلیل داده و **علی شهیدی:** تحلیل داده

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافعی را در مورد تألیف یا انتشار این مقاله اعلام نکرده‌اند.

سپاس‌گزاری: نویسندگان این مقاله، از حمایت مالی و معنوی دانشگاه بیرجند صمیمانه تشکر می‌کنند.

منابع

۱. تیموری، محمود. (۱۳۹۹). انتقال آب از دریای عمان به استان‌های نوار شرقی کشور و راه حل‌های جایگزین با تأکید بر استان خراسان جنوبی، *همایش ملی آب، فرهنگ و پژوهش‌های علوم انسانی، بیرجند*. **https://civilica.com/doc/1115533**

۲. جاویدی صباغیان، رضا، شریفی، محمدباقر، ضرغامی، مهدی و نژادهاشمی، امیر پویان. (۱۳۹۶). توسعه مدل تصمیم‌گیری گروهی چندشاخصه ریسک–محور برای مدیریت مؤثر حوضه آبریز بر مبنای روش ترکیبی IOWA-CP: مطالعه موردی دشت مشهد. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۳(۱)، ۱–۲۰. **https://www.iwrr.ir/article_32636.html**

۳. سعیدی نیا، مهری، صمدی بروجنی، حسین و فتاحی، روح‌الله. (۱۳۸۷). بررسی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی: تونل بهشت‌آباد). *پژوهش آب ایران*، ۲(۲)، ۴۴–۳۳. **https://iwrj.sku.ac.ir/article_10786.html**

۴. سلیمی کوچی، جمیله، سلاجقه، علی، قربانی، مهدی، ملکیان، آرش و رضایی، عبدالمطلب. (۱۳۹۶). تحلیل الگوی ساختاری سرمایهٔ اجتماعی درون‌گروهی بهره‌برداران منابع آب (منطقهٔ مورد مطالعه: حوزهٔ آبخیز پایین دست سد درودزن فارس. *مرتع و آبخیزداری*، ۷۳(۳)، ۴۹۹–۵۱۱. **Doi:10.22059/jrwm.2017.234661.1135**

۵. ظفرنژاد، فاطمه. (۱۳۹۵). آیا انتقال آب دریا به مناطق مرکزی ایران راه حل پایدار مشکل کم آبی است (یادداشت تحلیلی). *آب و توسعه پایدار*، ۳(۱)، ۱۲۹–۱۲۴. **https://jwsd.um.ac.ir/article_27513_f095397d47c0df0e3768003451e3570a.pdf**

۶. محمدی، حمید رضا، حکیمی خرم، علی و احمدی، ابراهیم. (۱۳۹۸). امکان سنجی اجرای پروژه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای در ایران (مطالعهٔ موردی: طرح انتقال آب بهشت‌آباد–فلات مرکزی). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۱(۴)، ۱۰۷۳–۱۰۹۲.

۷. هاشمی، علی‌اصغر، کاشی، حامد و رحمانی، محمود. (۱۳۹۳). پارادایم انتقال آب بین حوضه‌ای در مناطق خشک و آمایش سرزمین. *اولین همایش ملی رویکردهای نوین آمایش سرزمین در ایران*. **https://civilica.com/doc/326369**

References

1. Abrishamchi, A., & Tajrishi, M. (2005, March). Interbasin water transfer in Iran. In *Water conservation, reuse, and recycling: proceeding of an Iranian American workshop* (pp. 252-271). Washingon, DC: The National Academies Press.
2. Dadebo, D., Obura, D., & Kimera, D. (2023). Hydraulic modeling and prediction of performance for a drinking water supply system towards the achievement of sustainable development goals (SDGs): A system case study from Uganda. *Groundwater for Sustainable Development*, *22*, 100951.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]

3. Ghodratnama, G. (2013). Transfer of basin to water basin Criteria and policies. Proceedings of the Inter-basin Water Transfer Seminar and its Role in Sustainable Development. *Water and Power Industry University*.2013; P:5
4. Hashemi, A. A., Kashi, H., & Rahmani, M. (2013). Paradigm of inter-basin water transfer in arid and fertile areas. *The first national conference of new land management approaches in Iran*. https://civilica.com/doc/326369 [In Persian].
5. Javidi Sabbaghian, R., Sharifi, M. B., Zarghami, M., & Nejadhashemi, A. P. (2017). Developing a Risk-based Multi-Attribute Group Decision-Making Model for Effective Watershed Management based on the Combinational Method of IOWA-CP Case Study: Mashhad Plain. *Iran-Water Resources Research*, 13(1), 1-19. [In Persian].
6. Mohamadi, H, Hakimi Khorram, A., & Ahmadi, E. (2020). Feasibility Study For Implementing Projects Inter-Basin Water Transfer Of Iran (Case Study: Behesh Abad-Central Plateau Water Transmission Project). *Human Geography Research Quarterly*, 51(4), 1073-1092. [In Persian].
7. Owens, C. E., Angles, M. L., Cox, P. T., Byleveld, P. M., Osborne, N. J., & Rahman, M. B. (2020). Implementation of quantitative microbial risk assessment (QMRA) for public drinking water supplies: systematic review. *Water Research, 174*, 115614.
8. Qu, X., Olden, J. D., Xia, W., Liu, H., Xie, Z., Hughes, R. M., & Chen, Y. (2023). Hydrology and water quality shape macroinvertebrate patterns and facilitate non-native species dispersals in an inter-basin water transfer system. *Journal of Environmental Management*, 329, 117111.
9. Saeedinia, M., Samady-Broujeni, H., & Fattahi-Nafchi, R. (2009). Study of inter-basin water transfer projects by using WEAP modelCase study: Behesht-Abad Tunnel. *Iranian Water Research Journal*. 2(3), 33-44. https://iwrj.sku.ac.ir/article_10786.html [In Persian].
10. salimi, J., Salajegheh, A., Malekian, A., & Rezaei, A. (2020). The analysis of structural pattern of inside group social capital of water resources beneficiaries (case study: Doroodzan downstream Watershed, Fars). *Journal of Range and Watershed Managment*, *73*(3), 499-511. doi: 10.22059/jrwm.2017.234661.1135.[In Persian].
11. Teymouri Yeganeh, M. (2022). An overview of inter-basin water transfer projects in the world and its impact on environmental, economic and social factors. *Journal of Water and Sustainable Development*, *9*(2), 57-68. https://civilica.com/doc/1115533 [In Persian].
12. World Health Organization. (2023). Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. *World Health Organization*.
13. Yu, L., & Lai, K. K. (2011). A distance-based group decision-making methodology for multi-person multi-criteria emergency decision support. *Decision Support Systems*, 51(2), 307-315. doi.org/10.1016/j.dss.2010.11.024
14. Zafaranjad, Fatemeh. (2015). Is the transfer of sea water to the central regions of Iran a sustainable solution to the water shortage problem (Analytical note). *Water and Sustainable Development*, 3(1), 129-124 .https://jwsd.um.ac.ir/article_27513_f095397d47c0df0e3768003451e3570a.pdf [In Persian].
15. Zhang, E., Xu, Z., & Yang, Z. (2018). Bottom-up quantification of inter-basin water transfer vulnerability to climate change. *Ecological Indicators*, 92, 195-206. doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.019

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.1.8]