University of Tehran Press

Environmental ***Hazards*** **Management**

Home Page: https://jhsci.ut.ac.ir

Iranian Hazardology Association
Online ISSN: 2383-0530

Environmental Risk and Impact Assessment of Inter-Basin Water Transfer (IBWT): A PRISMA-Based Systematic

Elham Ghasemi Ziarani[1] | Romina Sayahnia[2*] | Shahindokht Barghjelveh[3]

1. PhD Student in Environmental Engineering and Science, Department of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: e_ghasemiziarani@sbu.ac.ir
2. Corresponding Author, Associate Professor, Department of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: r_sayahnia@sbu.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: s-barghjelveh@sbu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 15 March 2026
Revised: 15 May 2026
Accepted: 16 May 2026
Published: 20 May 2026

Keywords:
Environmental Risk Assessment,
Water Security,
Socio-Economic Consequences,
Water Resources Governance,
Sustainability Criteria.

ABSTRACT

Objective: This research aims to systematically analyze the environmental, social, and economic risks and consequences arising from Inter-Basin Water Transfer (IBWT). Its novelty lies in presenting the first PRISMA-based systematic review that simultaneously covers three dimensions: hazards, evaluation criteria, and compensatory measures on a global scale. Despite the widespread use of these projects to compensate for water scarcity, concerns about ecological risks and disruption of basin functions highlight the necessity of this study.

Method: This is a PRISMA-based systematic review, searching reputable databases (Scopus, WoS, ScienceDirect, etc.) from 1980 to 2024. Inclusion criteria: peer-reviewed studies related to IBWT. Exclusion criteria: purely engineering studies and informal reports. From 1,478 initial studies, after screening, 84 credible sources were analyzed.

Results: In developing countries, rapid urban and industrial growth is the main driver of IBWT, while in developed countries, climatic stress is the primary driver. The novel output of this study has three axes: (1) a coherent classification of IBWT consequences in source, destination, and transfer routes (for the first time in a systematic review); (2) the integration of seven axes of mitigation strategies into an operational framework; and (3) identification of the structural weakness of evaluation criteria (lack of precise and enforceable guidelines). In addition to benefits such as ecosystem restoration, land subsidence reduction, and water security enhancement, IBWT is associated with negative consequences including reduced environmental flow, soil salinization, transfer of pollution and diseases, widespread animal mortality, and environmental disasters. The integrated framework presented in this study can serve as a basis for future evaluations and sustainable IBWT policymaking.

Conclusions: Sustainable implementation of IBWT requires risk assessment, transparent governance, compensation for damages, and long-term monitoring. Due to the diverse geographical coverage of the sources (America, Europe, Asia, Africa, Australia), the integrated framework of this study is generalizable to other regions, but its application requires adaptation to local conditions. "Transparent governance and compensation for damages" are more important in developing countries, while "long-term monitoring and risk assessment" are more important in developed countries.

Cite this article: Ghasemi Ziarani, E.; Sayahnia, R. & Barghjelveh, Sh. (2026). Environmental Risk and Impact Assessment of Inter-Basin Water Transfer (IBWT): A PRISMA-Based Systematic. *Environmental Hazards Management*, 12 (4), 367-382. DOI: http//doi.org/10.22059/jhsci.2026.412856.931

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jhsci.2026.412856.931

Introduction

Inter-basin water transfer refers to the physical and engineering process of withdrawing water from one river basin (source) and transferring it to another basin (destination), which are typically geographically and hydrologically independent. This action is usually carried out with the aim of meeting the drinking, agricultural, industrial, or environmental needs in the destination basin and involves infrastructure such as dams, tunnels, canals, and pumping stations (Gupta & Van der Jagt, 2008). This type of transfer is typically employed in situations where the spatial distribution of water resources does not align with the distribution of population, agriculture, or industry. In essence, water transfer is recognized as an engineering response to hydro-geographical inequality and the imbalance between resources and consumption.

Estimates indicate that approximately four billion people currently face severe water scarcity. This issue is primarily due to increased water demand driven by population growth and economic development. Water scarcity has become a global challenge, leading the United Nations to declare a "Decade of Action for Water," water crises being listed among the top five global risks in terms of impact in the World Economic Forum's report, and universal access to sustainable freshwater being included in the UN's Sustainable Development Goals.

Method

This text describes the methodology of a research study conducted as a "Systematic Review." The study aims to identify, classify, compare, and analyze the impacts, evaluation criteria, and environmental mitigation strategies related to Inter-basin Water Transfer (IBWT). The PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines were adopted for this systematic review methodology, as it facilitates a systematic, transparent, and reproducible collection of scientific resources while minimizing researcher bias.

-Research Methodology Summary:

Research Type: Systematic Review.

Objective: To identify, classify, compare, and analyze the environmental, socio-economic, and ecological impacts, evaluation criteria, and mitigation strategies for Inter-basin Water Transfer (IBWT).

Rationale for Method Choice: Adherence to PRISMA guidelines to ensure a systematic, transparent, and reproducible method for collecting scientific resources and minimizing researcher bias.

Problem Statement and Research Questions:

Main Problem: What are the environmental, socio-economic, and ecological impacts of inter-basin water transfer? What criteria have been proposed for its evaluation, and what strategies have been presented to mitigate negative consequences?

Keywords and Search Strategy:

Main Keywords: Inter-basin Water Transfer, IBWT, Interbasin Transfer, Water Diversion, Water Transfer Projects, Large Water Projects.

Selected Scientific Databases: The most important international databases were searched.

Article Screening Stages:

Search Timeframe: 1980 to 2024.

Initial Number of Studies: 1478.

After Removing Duplicates and Irrelevant Studies: 593 sources selected for abstract evaluation.

After Abstract Screening: 145 eligible articles remained.

After Full-Text Review: 84 final sources were selected for analysis.

Results

Inter-basin water transfer (IBWT) schemes have been implemented or are under planning on all continents except Antarctica.The spatial pattern of IBWT development reflects the climatic-hydrological differences and socio-economic characteristics between developed and developing countries.

In developing countries, arid or seasonal climatic conditions are more prevalent, which, coupled with rapid urban and industrial growth, are major drivers for implementing IBWT projects.

Conversely, projects in developed countries are primarily implemented in regions with extreme climates, such as Australia and the United States, or reflect small-scale, local needs to address water stress. An interesting example in this regard is the Rhine-Danube Canal in Germany, which connects the Rhine and Danube river basins, facilitating both water transfer and goods transportation.

The positive impacts of Inter-basin Water Transfer (IBWTs) projects are observed not only on the receiving basins but also on the donor basins. For receiving basins, these projects can reduce water scarcity, enhance water supply security, and provide opportunities for economic and agricultural development. On the other hand, donor basins may also benefit from various advantages, including reduced flood risk by transferring part of the excess water and alleviating hydraulic pressure on rivers and dams, better water resource management and storage optimization, increased hydropower generation capacity if dam-based power plants exist, improved water quality and ecosystem conditions due to controlled water flow, and also obtaining financial and economic resources from the sale of water to receiving basins, which can contribute to the development of local infrastructure and services. Thus, Inter-basin Water Transfer projects can, while addressing water shortage issues in receiving basins, also provide positive opportunities and optimal resource management for donor basins.

Conclusions

These results indicate that although IBWT can be a solution for development, it will only be sustainable and acceptable if implemented within the framework of ecological security, inter-basin equity, and integrated water resource management.

Author Contributions

1. Berkes, F. and Folke, C. (1998) Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. In:Transferred to digital printing. Cambridge: Cambridge Univ. Press
2. Chen. D. Luo. Z, Webber. M. (2020), Between project and region: the challenges of managing water in shandong province after the south-north water transfer project. Water Alternatives, 13(1): 21.
3. Cheng, H. Hu, Y. Zhao, J. (2009). Meeting China's Water Shortage Crisis: Current Practices and Challenges. Environ. Sci. Tech. 43 (2), 240–244. https://doi.org/10.1021/es801934a.
4. Colding, J. and Barthel, S. (2019) Exploring the social-ecological systems discourse 20 years later. Ecology and Society, 24(1): art2. DOI: 10.5751/ES-10598-240102
5. Cumming, GS. Epstein, G. Anderies, JM. (2020) Advancing understanding of natural resource governance: a post-Ostrom research agenda. Current Opinion in Environmental Sustainability. 44: 26–34. DOI: 10. 1016/j.cosust.2020.02.005

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest. Declare conflicts of interest or state "The authors declare no conflict of interest." Authors must identify and declare any personal circumstances or interest that may be perceived as inappropriately influencing the representation or interpretation of reported research reselt.

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت مخاطرات محیطی

سایت نشریه: https://jhsci.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۴۱۶۸-۲۴۲۳

ارزیابی مخاطرات و پیامدهای محیط زیستی انتقال آب بین‌حوضه‌ای (IBWT): مرور نظام‌مند مبتنی بر چارچوب PRISMA

الهام قاسمی زیارانی[۱] | رومینا سیاح‌نیا[۲*] | شهیندخت برق‌جلوه[۳]

۱. دانشجوی دورهٔ دکتری، علوم و مهندسی محیط زیست، گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکدهٔ علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: e_ghasemiziarani@sbu.ac.ir

۲. نویسندهٔ مسئول، دانشیار گروه برنامه ریزی و طراحی محیط، پژوهشکدهٔ علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: r_sayahnia@sbu.ac.ir

۳. دانشیار گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکدهٔ علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: s-barghjelveh@sbu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ مروری

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۳۰

کلیدواژه:
ارزیابی ریسک محیط زیستی،
امنیت آبی،
پیامدهای اجتماعی-اقتصادی،
حکمرانی منابع آب،
معیارهای پایداری.

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف تحلیل نظام‌مند مخاطرات و پیامدهای محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی انتقال آب بین‌حوضه‌ای (IBWT) انجام گرفت. نوآوری پژوهش ارائهٔ اولین مرور نظام‌مند مبتنی بر PRISMA با پوشش همزمان سه بُعد مخاطرات، معیارهای ارزیابی و راهکارهای جبرانی در مقیاس جهانی است. با وجود استفادهٔ گسترده از این طرح‌ها برای جبران کمبود آب، نگرانی‌ها دربارهٔ ریسک‌های اکولوژیکی و اختلال در کارکرد حوضه‌ها، ضرورت این پژوهش را برجسته می‌سازد.

روش پژوهش: مرور نظام‌مند بر اساس PRISMA با جست‌وجو در پایگاه‌های معتبر (Scopus, WoS, ScienceDirect و...) در دامنهٔ زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۴. معیارهای ورود: مطالعات علمی داوری‌شدهٔ مرتبط با IBWT. معیارهای خروج: مطالعات صرفاً مهندسی و گزارش‌های غیررسمی. از ۱۴۷۸ مطالعهٔ اولیه، پس از غربالگری، ۸۴ منبع معتبر تحلیل شد.

یافته‌ها: در کشورهای در حال توسعه، رشد سریع شهری و صنعتی محرک اصلی IBWT و در کشورهای توسعه‌یافته، تنش اقلیمی محرک اصلی است. خروجی جدید این پژوهش سه محور دارد: ۱. طبقه‌بندی منسجم پیامدهای IBWT در مبدأ، مقصد و مسیر (برای اولین بار در یک مرور نظام‌مند)؛ ۲. تلفیق هفت محور راهکارهای مقابله‌ای در یک چارچوب عملیاتی؛ ۳. شناسایی ضعف ساختاری معیارهای ارزیابی (نبود دستورالعمل‌های دقیق و قابل اجرا). IBWT افزون‌بر مزایایی مانند احیا و تثبیت اکوسیستم‌ها و کاهش فرونشست، با پیامدهای منفی همچون کاهش جریان محیط زیستی، شور شدن خاک، انتقال آلودگی و بیماری‌ها، مرگ‌ومیر گستردهٔ جانوران و فجایع محیط زیستی همراه است. چارچوب تلفیقی ارائه‌شده در این پژوهش می‌تواند مبنایی برای ارزیابی‌های آینده و سیاستگذاری پایدار IBWT قرار گیرد.

نتیجه‌گیری: اجرای پایدار IBWT مستلزم ارزیابی ریسک، حکمرانی شفاف، جبران خسارت و پایش بلندمدت است. چارچوب تلفیقی این پژوهش به‌دلیل پوشش جغرافیایی متنوع منابع (آمریکا، اروپا، آسیا، آفریقا، استرالیا) تعمیم‌پذیر به مناطق دیگر است، اما اعمال آن نیازمند تطبیق با شرایط بومی هر منطقه است. در کشورهای در حال توسعه «حکمرانی شفاف و جبران خسارت» و در کشورهای توسعه‌یافته «پایش بلندمدت و ارزیابی ریسک» اهمیت بیشتری دارد.

استناد: قاسمی زیارانی، الهام؛ سیاح‌نیا، رومینا و برق‌جلوه، شهیندخت (۱۴۰۴). ارزیابی مخاطرات و پیامدهای محیط زیستی انتقال آب بین‌حوضه‌ای (IBWT): مرور نظام‌مند مبتنی بر چارچوب PRISMA. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۴)، ۳۶۷-۳۸۲.

DOI: http//doi.org/10.22059/jhsci.2026.412856.931

© نویسندگان **ناشر:** مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: http//doi.org/10.22059/jhsci.2026.412856.931

مقدمه

انتقال آب بین‌حوضه‌ای[1] به فرایند فیزیکی و مهندسی برداشت آب از یک حوضهٔ آبریز (مبدأ) و انتقال آن به حوضه‌ای دیگر (مقصد) گفته می‌شود که به‌طور معمول از نظر جغرافیایی و هیدرولوژیکی مستقل‌اند. این اقدام به‌طور معمول با هدف تأمین نیازهای شرب، کشاورزی، صنعت یا محیط زیست در حوضهٔ مقصد انجام می‌گیرد و شامل زیرساخت‌هایی همچون سد، تونل، کانال و ایستگاه‌های پمپاژ است (گوپتا و وان درژاگ، ۲۰۰۸). این نوع انتقال به‌طور معمول در شرایطی به کار می‌رود که توزیع مکانی منابع آبی با پراکندگی جمعیتی، کشاورزی یا صنعتی همخوانی نداشته باشد (شومیلوا، توکنر و تیمِه، ۲۰۱۸). در واقع، انتقال آب پاسخی مهندسی به نابرابری هیدروجغرافیایی و نامتوازن شدن منابع و مصارف شناخته می‌شود (پائوا و همکاران، ۲۰۲۴).

برآوردها نشان می‌دهد که در حال حاضر حدود چهار میلیارد نفر با کم‌آبی شدید مواجه‌اند (سونگ، ژانگ و صابر، ۲۰۲۴). این مسئله بیشتر ناشی از افزایش تقاضای آب به‌دلیل رشد جمعیت و توسعهٔ اقتصادی است. کم‌آبی به چالشی جهانی تبدیل شده است؛ به‌گونه‌ای که سازمان ملل «دههٔ اقدام برای آب» را اعلام کرده است، بحران‌های آبی در فهرست پنج مخاطرهٔ برتر جهانی از نظر تأثیر در گزارش مجمع جهانی اقتصاد قرار گرفته‌اند و دسترسی همگانی به آب شیرین پایدار نیز در اهداف توسعهٔ پایدار سازمان ملل گنجانده شده است (دوان و همکاران، ۲۰۲۲).

برای مقابله با فشارهای کنونی و آینده بر منابع آبی، سیاست‌هایی در سطح جهانی در حال اجراست که به کاهش تقاضای آب می‌پردازند (راهبردهای سمت تقاضا)، یا بر افزایش دسترسی به آب شیرین تمرکز دارند (راهبردهای سمت عرضه). یکی از روش‌های مهم افزایش دسترسی به آب در مناطق خشک، انتقال آب بین‌حوضه‌ای است. در این رویکرد، آب مازاد از حوضه‌هایی با منابع غنی به حوضه‌های دچار کمبود انتقال می‌یابد؛ این فرایند از طریق سازه‌های مهندسی انجام می‌گیرد تا مشکل کم‌آبی و نیاز آبی مناطق هدف برطرف شود (یانگ و همکاران، ۲۰۲۳).

طرح‌های IBWT پیشینه‌ای طولانی دارند و بخش عمده‌ای از آنها در اوایل سدهٔ بیستم اجرا شده‌اند که در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ به اوج خود رسیدند. این روند موجب شد که توجه پژوهشگران به برنامه‌ریزی و اجرای این پروژه‌ها جلب و موضوعات متنوعی مانند بوم‌شناسی، هیدرولوژی، اقتصاد و تأثیرات اجتماعی- فرهنگی بررسی شود. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که IBWT تأثیرات گسترده‌ای دارد و اغلب راه‌حل چندبعدی برای چالش‌های منطقه‌ای محسوب می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳).

در سال‌های اخیر، پروژه‌های بزرگ‌تری در حال طراحی و اجرا هستند که حجم بیشتری از آب را در فواصل طولانی‌تری جابه‌جا می‌کنند؛ برای مثال می‌توان به پروژهٔ انتقال آب جنوب به شمال در چین و پروژهٔ پیوند رودخانه‌ها در هند اشاره کرد. پروژه‌های بزرگ‌مقیاس دیگری نیز در جهان برنامه‌ریزی شده‌اند تا به بحران روزافزون امنیت آبی پاسخ دهند (ژائو و همکاران، ۲۰۲۵). آنچه در همهٔ برنامه‌ریزی‌های IBWT مشترک است، تمرکز آنها بر مدیریت یکپارچهٔ منابع آب[2] است (کانراک و انگوین، ۲۰۲۵)، هرچند که آب منبعی اشتراکی شناخته می‌شود (یی و کندولف، ۲۰۲۴). بر این اساس، تدوین یک مقالهٔ مروری نظام‌مند برای ارزیابی دقیق پیامدها و ارائهٔ راهکارهای جایگزین ضروری است.

پیشینهٔ پژوهش

انتقال آب بین‌حوضه‌ای تاریخچه‌ای طولانی دارد. بیشتر طرح‌های اجراشده در اوایل دههٔ ۱۹۰۰ در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ به اوج خود رسیدند (دوان و همکاران، ۲۰۲۲). تعداد زیادی از طرح‌های توسعه‌یافته در دههٔ ۱۹۸۰ سبب افزایش علاقهٔ دانشگاهی به برنامه‌ریزی و معرفی این پروژه‌ها شد و گسترهٔ متنوعی از موضوعات دربرگیرندهٔ اکولوژی، هیدرولوژی، اقتصاد و تأثیرات اجتماعی- فرهنگی را بررسی کرد (شِنگ و کیو، ۲۰۲۳). به‌طور فزاینده‌ای، پروژه‌های جاه‌طلبانه به‌تازگی توسعه یافته‌اند که حجم بیشتری از آب را در فواصل طولانی‌تر منتقل می‌کنند؛ مانند پروژهٔ انتقال آب جنوب به شمال در چین و پروژهٔ رودخانه‌های به‌هم‌پیوسته در هند. پروژه‌های بزرگ دیگری در سرتاسر جهان برای رسیدگی به بحران امنیت آب در حال ظهور برنامه‌ریزی شده است (رولاسون، سین‌ها و برَکِن، ۲۰۲۲).

1. Inter-Basin Water Transfer – IBWT
2. Integrated Water Resource Management - IWRM

با وجود پژوهش‌های مروری متعدد دربارهٔ ابعاد مختلف انتقال آب بین‌حوضه‌ای (IBWT)، بررسی‌های پیشین اغلب دچار محدودیت‌های زیر بوده‌اند: ۱. تمرکز بر یک بُعد خاص (اغلب محیط زیستی یا اقتصادی) بدون پوشش همزمان ابعاد اجتماعی–اقتصادی و معیارهای ارزیابی؛ ۲. استفاده نکردن از چارچوب‌های نظام‌مند و شفاف مانند PRISMA برای گردآوری و غربالگری منابع؛ ۳. نبود یکپارچگی در ارائهٔ راهکارهای مقابله‌ای و جبرانی؛ ۴. بی‌توجهی به تعمیم‌پذیری یافته‌ها به مناطق مختلف با شرایط بومی متفاوت. بر این اساس، شکاف علمی اصلی که این پژوهش به آن می‌پردازد، نبود یک مرور نظام‌مند جامع و مبتنی بر چارچوب PRISMA است که همزمان مخاطرات محیط زیستی، پیامدهای اجتماعی– اقتصادی، معیارهای ارزیابی و راهکارهای جبرانی را در مقیاس جهانی پوشش دهد.

نوآوری این پژوهش عبارت است از: ۱. ارائهٔ نخستین طبقه‌بندی سه‌بعدی از پیامدهای IBWT به تفکیک حوضهٔ مبدأ، مقصد و مسیرهای انتقال؛ ۲. تلفیق هفت محور اصلی راهکارهای مقابله‌ای در یک چارچوب عملیاتی یکپارچه؛ ۳. شناسایی سیستماتیک ضعف‌های ساختاری در معیارهای ارزیابی موجود؛ ۴. بحث صریح دربارهٔ تعمیم‌پذیری نتایج به مناطق مختلف با تأکید بر لزوم بومی‌سازی. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف پر کردن شکاف یادشده و ارائهٔ چارچوبی تلفیقی برای ارزیابی ریسک و مدیریت پایدار IBWT تدوین شده است.

روش پژوهش

این پژوهش از نوع مرور نظام‌مند است و با هدف شناسایی، طبقه‌بندی، مقایسه و تحلیل پیامدها، معیارهای ارزیابی و راهکارهای جبران محیط زیستی انتقال آب بین‌حوضه‌ای انجام گرفته است. روش مرور نظام‌مند با پیروی از دستورالعمل PRISMA[1] انتخاب شد، زیرا این روش امکان گردآوری روشمند، شفاف و قابل بازتولید منابع علمی را فراهم می‌کند و خطاهای ذهنی پژوهشگر را به حداقل می‌رساند.

۱. تعریف مسئله و پرسش‌های پژوهش

مسئلهٔ اصلی پژوهش بررسی این موضوع است که: «انتقال آب بین‌حوضه‌ای چه پیامدهای محیط زیستی، اجتماعی–اقتصادی و اکولوژیکی دارد، چه معیارهایی برای ارزیابی آن پیشنهاد شده و چه راهکارهایی برای کاهش پیامدهای منفی ارائه شده است؟».

۲. تعیین کلیدواژه‌ها و استراتژی جست‌وجو

برای جست‌وجوی نظام‌مند، کلیدواژه‌ها با روش ترکیبیِ مرور پژوهش‌های پیشین، واژگان کنترل‌شده و اصطلاحات رایج در ادبیات استخراج شدند: کلیدواژه‌های اصلی:

Inter-basin Water Transfer, IBWT, Interbasin Transfer, Water Diversion, Water Transfer Projects, Large Water Projects

کلیدواژه‌های تکمیلی:

Environmental Impacts, Ecological Security, Water Scarcity, Hydropolitics, River Basin, Evaluation Criteria, Compensation Measures

۳. انتخاب پایگاه‌های علمی: جست‌وجو در مهم‌ترین پایگاه‌های بین‌المللی انجام گرفت:

Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis, JSTOR

همچنین گزارش‌های تخصصی[2] UN-WWAP، UNESCO، WWF و بانک جهانی نیز بررسی شدند.

۴. غربالگری اولیهٔ مقالات

جست‌وجو در دامنهٔ زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۴ انجام گرفت. ابتدا ۱۴۷۸ پژوهش استخراج شد. پس از حذف موارد تکراری، عدم ارتباط با موضوع و اسناد فاقد ارزش علمی، ۵۹۳ منبع برای ارزیابی چکیده انتخاب شد. در مرحلهٔ غربالگری چکیده، ۱۴۵ مقالهٔ واجد شرایط باقی ماند. سپس با بررسی متن کامل، ۸۴ منبع نهایی برای تحلیل انتخاب شد.

1. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
2. United Nations – World Water Assessment Programme

۵. تحلیل محتوای کیفی– تحلیلی

متون انتخاب‌شده با استفاده از تحلیل محتوای کیفی هدایت‌شده مرور و در چهار محور کدگذاری شدند: ویژگی‌ها و روند توسعهٔ جهانی IBWT، معیارهای ارزیابی و چارچوب‌های تحلیلی، اثر مثبت و منفی بر مبدأ، مقصد و مسیر، راهکارهای جبران و ملاحظات اکولوژیکی

پس از کدگذاری اولیه، مفاهیم در قالب تم‌های اصلی بازآرایی و نهایی شدند و با یافته‌های پژوهش‌های کلیدی تلفیق شد (شکل ۱).

شکل ۱. فلوچارت تحقیق

یافته‌های پژوهش

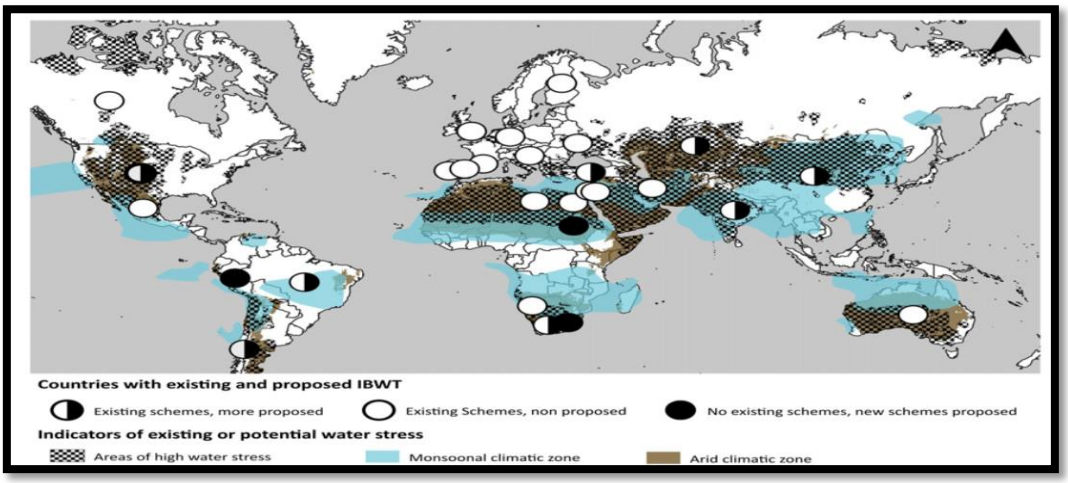
طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای تاکنون در همهٔ قاره‌های جهان به‌جز جنوبگان (قطب جنوب) اجرا شده یا در دست برنامه‌ریزی است (جدول ۱). الگوی مکانی توسعهٔ IBWT بازتابی از تفاوت‌های اقلیمی– هیدرولوژیکی و ویژگی‌های اجتماعی–اقتصادی میان کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه است. در کشورهای در حال توسعه، شرایط آب‌وهوایی خشک یا موسمی شایع‌تر است و همین موضوع، همراه با رشد سریع شهری و صنعتی، از محرک‌های اصلی اجرای طرح‌های IBWT محسوب می‌شود. در مقابل، طرح‌ها در کشورهای توسعه‌یافته اغلب در مناطقی با اقلیم‌های بسیار شدید اجرا می‌شوند، مانند استرالیا و ایالات متحدهٔ آمریکا یا بازتاب نیازهای کوچک‌مقیاس و محلی برای مقابله با تنش‌های آبی هستند. یکی از نمونه‌های جالب در این زمینه، کانال راین– دانوب در آلمان است که حوضه‌های رودخانه راین و دانوب را به یکدیگر متصل می‌کند تا هم انتقال آب و هم حمل‌ونقل کالا را ممکن سازد (گائو و همکاران، ۲۰۲۱).

شکل ۲ توزیع مکانی کشورهایی با طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای (IBWT) موجود و پیشنهادی و همچنین مناطق تحت تأثیر تنش آبی یا شرایط اقلیمی مرتبط با تنش آبی را نشان می‌دهد. تعداد طرح‌های IBWT در دههٔ ۱۹۷۰ به اوج خود رسید، به‌طوری که در این دهه تعداد این طرح‌ها نسبت به دهه‌های قبل دوبرابر شد. رشد این طرح‌ها در کشورهای در حال توسعه احتمالاً تحت تأثیر دوره‌های رشد پایدار اقتصادی (هاگمان و کِرشک، ۲۰۱۷)، دسترسی به منابع مالی از سوی سازمان‌های تأمین مالی خارجی و ابتکاراتی مانند دههٔ بین‌المللی تأمین آب آشامیدنی و بهداشت بوده است. اگرچه تعداد طرح‌های احداث‌شده از دههٔ ۱۹۸۰ به بعد کاهش یافته است، اما کشورهای در حال توسعه همچنان پیشتاز اجرای طرح‌های جدید بوده‌اند؛ به‌طوری‌که در دههٔ ۱۹۹۰ و اوایل دهه ۲۰۰۰، هیچ طرحی در کشورهای توسعه‌یافته آغاز نشده است (کامینگ، اپستین و اندریس، ۲۰۲۰). پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ روند ساخت طرح‌های انتقال آب از نو احیا شود، به‌طوری‌که تعداد فزاینده‌ای از این طرح‌ها در کشورهای درحال‌توسعه اجرا خواهند شد و در عین‌حال کشورهای توسعه‌یافته نیز به ساخت این پروژه‌ها بازخواهند گشت (کلدینگ و بارتل، ۲۰۱۹).

جدول ۱. پروژه‌های انتقال آب در جهان

نام پروژه	کشور	میزان انتقال آب (میلیارد متر مکعب در سال)	طول کل کانال اصلی (کیلومتر)	ویژگی‌ها
پروژهٔ انتقال آب شمال به جنوب کالیفرنیا	ایالات متحدهٔ آمریکا	۵/۲	۹۰۰	بزرگ‌ترین پروژهٔ چندمنظورهٔ توسعهٔ منابع آب در آمریکا که برای رفع مشکل آب‌گرفتگی در شمال و خشکسالی در جنوب اجرا شده است.
پروژهٔ انتقال آب مرکزی آریزونا	ایالات متحدهٔ آمریکا	۳/۷	۸۰۰	هدف پروژه رفع نشست زمین ناشی از استخراج بی‌رویهٔ آب‌های زیرزمینی در منطقهٔ مرکزی آریزونا است. این پروژه از پیشرفته‌ترین پروژه‌های جهان در مدیریت تأمین آب است.
پروژهٔ انتقال آب کبک	کانادا	۲۵/۲	۸۶۱	این پروژه آب را از رودخانه‌های مجاور جمع‌آوری کرده و به یک رودخانه برای توسعهٔ پلکانی برق‌آبی هدایت می‌کند. این پروژه نمونه‌ای از بهره‌برداری اقتصادی و منطقی از منابع آب است.
پروژهٔ انتقال آب قره‌قوم	اتحاد جماهیر شوروی سابق	–	۱۴۰۰	موجب بحران دریاچهٔ آرال شد که یکی از بزرگ‌ترین فجایع محیط زیستی ناشی از فعالیت انسانی محسوب می‌شود.
پروژهٔ انتقال آب از غرب به شمال	پاکستان	۱۴/۸	۶۲۲	با بهره‌گیری از شیب طبیعی زمین در پایین‌دست، سه کانال انتقال مطابق با ارتفاع زمین طراحی شده است. این پروژه نمونه‌ای موفق در انتقال ثقلی آب در مناطق هموار است.
طرح کوه‌های اسنوی	استرالیا	۱/۱۳	۸۰	پروژه‌ای بزرگ در زمینهٔ برق‌آبی که با بهره‌گیری از شیب طبیعی، آب را از کوه‌های اسنوی به حوضهٔ رودخانه ماری انتقال می‌دهد.
پروژهٔ انتقال آب باواریا	آلمان	۰/۱۵ تا ۰/۳	–	هدف اصلی پروژه حفاظت محیط زیستی است که در میان پروژه‌های انتقال آب (در حال اجرا یا انجام‌گرفته) کمتر مشاهده می‌شود.
رود بزرگ مصنوعی	لیبی	۲/۵	۴۵۰۰	طولانی‌ترین پروژهٔ انتقال آب لوله‌گذاری‌شده در جهان (در میان پروژه‌های انجام‌گرفته یا در حال اجرا) است و از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کند.
پروژهٔ ملی پیوند رودخانه‌ها	هند	–	۴۴۴۰	مجموعه‌ای از پروژه‌های انتقال آب در مقیاس بزرگ که اغلب به‌صورت ثقلی انجام می‌گیرد. اهداف آن رفع نابرابری توزیع منابع آب، کنترل سیل و تولید برق است.
پروژهٔ انتقال آب جنوب به شمال	چین	۴۴/۸	۳۸۳۳	پروژه‌ای عظیم برای انتقال آب مازاد حوضهٔ رودخانهٔ یانگ‌تسه به حوضهٔ رودخانه زرد و شمال چین به‌منظور جبران کمبود منابع آبی. این پروژه پس از تکمیل، بزرگ‌ترین پروژهٔ انتقال آب در جهان از نظر حجم سالانه انتقال خواهد بود. آثار محیط زیستی این پروژه بحث‌برانگیز است.

منبع: شنگ و کیو (۲۰۲۳)



شکل ۲. توزیع مکانی کشورهایی با طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای (IBWT) موجود و پیشنهادی و همچنین مناطقی که تحت تأثیر تنش آبی یا شرایط اقلیمی مرتبط با تنش آبی هستند (رولسون، سین‌ها و برکن، ۲۰۲۲).

مناقشات پیرامون پروژه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای تا حد زیادی ناشی از فقدان ارزیابی‌های نظام‌مند از این طرح‌هاست. پژوهشگران، رویکردهای استانداردی برای ارزیابی این طرح‌ها پیشنهاد داده‌اند که مبتنی بر معیارهایی مشخص از مدیریت یکپارچه منابع آب هستند (جیا و همکاران، ۲۰۱۹).

مجموعه‌های موجود از معیارهای ارزیابی، دو شرط اصلی و مشترک را در نظر می‌گیرند:

۱. حوضهٔ مبدأ باید دارای مازاد واقعی در دسترس آب (WA)[1] باشد؛ با در نظر گرفتن نیازهای کنونی و آتی در مصرف آب (WD)[2]

۲. حوضهٔ گیرنده باید نیاز واقعی به آب (WD) داشته باشد؛ پس از در نظر گرفتن همهٔ امکانات موجود برای تأمین آب در همان حوضه.

این مجموعه معیارها به‌طور معمول به ارزیابی چندرشته‌ای، جامع‌نگری، استفاده از علم معتبر و رویکردهای یکپارچه در پایداری اجتماعی، محیط زیستی و اقتصادی اشاره دارند، اما در نحوهٔ اجرای این معیارها یا اولویت‌بندی آنها انسجام مشخصی وجود ندارد. مجموعه‌های اولیهٔ معیارها، ارزیابی را بر اساس فرایندهایی محدودتر بنا نهاده‌اند و شامل اظهارات مشخصی دربارهٔ تأثیرات محیط زیستی، اجتماعی و فرهنگی هستند (جیا و همکاران، ۲۰۲۱).

گذار از معیارهای مکانیکی و دقیق به معیارهایی منعطف‌تر، شاید بازتابی از این درک باشد که هیچ دو پروژهٔ IBWT شبیه هم نیستند و پیچیدگی منافع و اثرهای آنها نیز در طول زمان تغییر می‌کند. با این‌حال، اتکا به فرایندهای فاقد جزئیات و مشخصات می‌تواند سبب افزایش انتقادات شود، به‌ویژه با توجه به ماهیت تکنوکراتیک و مناقشه‌برانگیز اغلب این پروژه‌ها (پاسی، ۲۰۲۳).

جدول ۲ مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای ($IBWTP_S$) را نشان می‌دهد که توسط منابع مختلف در دامنهٔ زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۵ ارائه شده‌اند.

جدول ۲. مجموعه معیارهای ارزیابی طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای ($IBWTP_S$)

معیارها	منبع
۱. حوضهٔ اهداکننده باید پس از تأمین کلیه نیازهای کنونی و آینده‌اش، دارای مازاد واقعی آب باشد، پیش از اجرای طرحIBWT ۲. حوضهٔ گیرنده باید دچار کمبود واقعی آب باشد، پس از کسر a: منابع جایگزین موجود که هزینه‌ای کمتر از IBWT دارند؛ b: آب صرفه‌جویی‌شده از طریق مدیریت مؤثر بدون کاهش بهره‌وری. ۳. آثار منفی طرح انتقال آب باید به حداقل برسد.	برکس و فویل (۱۹۹۸)
۱. حوضهٔ گیرنده باید اکنون یا در آینده با کمبود واقعی آب مواجه باشد، پس از کسر a:منابع طبیعی آب در دسترس؛ b: آب قابل دستیابی از طریق مدیریت تقاضای آب. ۲. حوضهٔ اهداکننده نباید اکنون یا در آینده دچار کمبود آب شود و اجرای طرح نباید مانعی برای توسعهٔ اقتصادی آینده آن باشد. با این‌حال، در صورت دریافت غرامت در ازای کاهش بهره‌وری، انتقال می‌تواند انجام گیرد. ۳. ارزیابی محیط زیستی جامع (EIA) برای هر دو حوضهٔ اهداکننده و گیرنده ضروری است، مگر آنکه خسارات محیط زیستی جبران‌پذیر باشند. ۴. ارزیابی دقیق تأثیرات اجتماعی و فرهنگی لازم است تا از ایجاد نشدن اختلالات مهم اطمینان حاصل شود. در غیر این‌صورت، باید برای خسارات احتمالی غرامت پرداخت شود. ۵. منافع خالص حاصل از انتقال آب باید به‌صورت منصفانه میان دو حوضه تقسیم شود.	داس (۲۰۰۶)
۱. حوضهٔ اهداکننده باید مازاد واقعی آب داشته باشد و حوضهٔ گیرنده نیز باید پس از بهره‌برداری بهینه، کمبود واقعی آب داشته باشد. ۲. پروژه باید از نظر اجتماعی، محیط زیستی و اقتصادی پایدار باشد و توان سازگاری با فشارهای طبیعی و اجتماعی را داشته باشد. ۳. پروژه باید تحت اصول حکمرانی خوب طراحی و اجرا شود. ۴. پروژه باید میان حقوق سرزمینی موجود و نیازهای طرح تعادل برقرار کند. ۵. طرح باید مبتنی بر علم معتبر باشد، شامل تحلیل‌های هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و اقتصادی– اجتماعی که ریسک‌ها، عدم قطعیت‌ها و شکاف‌های دانشی را مشخص کند. همهٔ گزینه‌های جایگزین باید بررسی شوند.	گوپتا و وان درژاگ (۲۰۰۸)
۱. توجیه ضرورت انتقال آب. ۲. ارائهٔ مستندات مبنی بر کاهش حداکثری اثرهای منفی پیش‌بینی‌شده. ۳. ارائهٔ مستندات مبنی بر افزایش حداکثری اثرهای مثبت پیش‌بینی‌شده.	کیبیی و اندامبوکی (۲۰۱۵)

1. Water Availability
2. Water Demand

تأثیرات مثبت انتقال آب بین‌حوضه‌ای

الف) حوضه‌های گیرندهٔ آب (مقصد)

جدول ۳ تأثیرات مثبت انتقال آب بین‌حوضه‌ای بر حوضه‌های گیرنده را نشان می‌دهد. مهم‌ترین تأثیرات عبارت‌اند از:

۱. بازسازی اکوسیستم‌های آسیب‌دیده و بهبود تنوع زیستی؛

۲. کاهش فرونشست زمین ناشی از برداشت بی‌رویهٔ آب‌های زیرزمینی؛

۳. بهبود کیفیت آب.

جدول ۳. تأثیرات مثبت انتقال آب بین‌حوضه‌ای بر حوضه‌های گیرنده

ردیف	نوع اثر مثبت	توضیحات علمی	نمونه‌های موردی
۱	احیای اکوسیستم‌ها و افزایش تنوع زیستی	افزایش رطوبت خاک، تقویت چرخهٔ آب، ایجاد تالاب‌های جدید، تنظیم جریان رودخانه و دریاچه‌ها، حمایت از گونه‌های نادر	– احیای تالاب‌ها (رَحامان و واریس، ۲۰۰۵) – بهبود اکوسیستم رودخانه تاریم – احیای دریاچهٔ جویانه شرقی چین پس از ۱۰ سال خشکسالی (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱).
۲	جلوگیری از تخریب دلتاها و اکوسیستم‌ها	انتقال رسوبات و افزایش جریان ورودی موجب حفظ ساختار دلتاها و تالاب‌ها می‌شود.	– پروژهٔ انتقال رودخانه می‌سی‌سی‌پی برای حفظ دلتا – انتقال شن و ماسه برای جلوگیری از فرسایش دلتا (چِنگ، هو و ژائو، ۲۰۰۹)
۳	کاهش فرونشست زمین و بهبود وضعیت آبخوان‌ها	کاهش برداشت آب‌های زیرزمینی، افزایش تغذیه آبخوان‌ها، حفظ خاک و جلوگیری از نشست	– کاهش نشست در کالیفرنیا (ژیانگ و همکاران ۲۰۱۸)
۴	بهبود کیفیت آب	افزایش خودپالایی، کاهش شوری و آلودگی، وارد کردن آب باکیفیت به مناطق دچار تنش	– پروژهٔ «رودخانه مصنوعی بزرگ» لیبی: تأمین ۶/۵ میلیون مترمکعب آب در روز، بهبود کیفی منابع آب شمال لیبی (لیو و یانگ، ۲۰۱۲)
۵	تقویت شیلات، گردشگری و اقتصاد محلی	افزایش منابع آبی در مسیر انتقال، ایجاد زیستگاه‌های آبزی و مناظر طبیعی– مصنوعی	– پروژهٔ West-to-East پاکستان: آبیاری ۱/۶۳ میلیون هکتار، ایجاد زیستگاه‌های جدید و توسعهٔ گردشگری (لیو، ژنگ، وان و ژائو، ۲۰۲۳)

ب) حوضه‌های دهنده آب (مبدأ)

حوضه‌های اهداکننده نیز می‌توانند از مزایای زیر بهره‌مند شوند:

۱ .کاهش خطر سیل: انتقال بخشی از آب مازاد، فشار هیدرولیکی رودخانه‌ها و سدها را کاهش می‌دهد و خطر سیلاب را می‌کاهد.

۲ .مدیریت بهینهٔ منابع آب: خروج آب مازاد، امکان ذخیره‌سازی بهینه و مدیریت بهتر مخازن را فراهم می‌آورد (مارکوز، وِراس و رودریگز، ۲۰۲۲).

۳ .افزایش تولید انرژی برق‌آبی: در صورت وجود نیروگاه‌های سدسازی، جریان کنترل‌شده آب می‌تواند ظرفیت تولید انرژی را افزایش دهد.

۴ .بهبود کیفیت آب و شرایط اکوسیستم: جریان کنترل‌شدهٔ آب، شرایط اکوسیستمی پایین‌دست را بهبود می‌بخشد.

۵. کسب منابع مالی: فروش آب به حوضهٔ گیرنده، منابع مالی جدیدی برای توسعهٔ زیرساخت‌ها و خدمات محلی در حوضهٔ مبدأ فراهم می‌کند (ژوانگ، ۲۰۱۶؛ یی و کوندلف، ۲۰۲۴).

ج) مسیرهای انتقال آب

مسیرهای انتقال نیز از منافع محیط زیستی زیر بهره‌مند می‌شوند:

- افزایش مواد مغذی: افزایش مواد مغذی در آب مسیر انتقال، سبب رشد موجودات آبزی و توسعهٔ شیلات می‌شود.
- توسعه گردشگری: بهبود کیفیت آب، گسترش منابع آبی و ایجاد مناظر مصنوعی و طبیعی، زمینه‌ساز توسعهٔ گردشگری، تفریح و اقتصاد محلی می‌شود (لیو و یانگ، ۲۰۱۲).

تأثیرات منفی انتقال آب بین‌حوضه‌ای

تأثیرات منفی IBWT نیز در هر سه حوزهٔ مبدأ، مقصد و مسیرهای انتقال مشاهده می‌شود. جدول ۴ نمونه‌هایی مستند از این تأثیرات را ارائه می‌دهد.

الف) حوضه‌های دهندهٔ آب (مبدأ)

پروژه‌های بزرگ‌مقیاس IBWT با مسافت‌های طولانی می‌توانند آسیب‌های جدی زیر را به حوضه‌های مبدأ وارد کنند.

۱. کاهش حجم روان‌آب رودخانه‌ها: برداشت آب از حوضهٔ مبدأ، حجم جریان طبیعی رودخانه‌ها را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد.

۲. شور شدن خاک در نواحی پایین‌دست: کاهش جریان آب شیرین، سبب نفوذ آب شور به دلتاها و مصب رودخانه‌ها و در نتیجه شور شدن خاک می‌شود.

۳. اختلال در اکوسیستم‌های پایین‌دست: کاهش رسوبات و تغییر رژیم جریان، اکوسیستم‌های پایین‌دست را با اختلال مواجه می‌کند (دیویس، تامز و میدور، ۲۰۲۱).

ب)حوضه‌های گیرنده آب (مقصد)

علی‌رغم مزایای متعدد IBWT برای حوضه‌های گیرنده، اثرهای منفی جدی نیز در این مناطق مشاهده شده است که در دو محور اصلی دسته‌بندی می‌شود:

۱. اتلاف منابع آبی و افزایش مصرف بی‌رویه

- افزایش ناگهانی منابع آب در حوضهٔ مقصد ممکن است به مصرف بی‌رویه و غیرمسئولانه منجر شود؛
- وابستگی به انتقال مداوم آب شکل می‌گیرد و تقاضا به‌صورت نامحدود افزایش می‌یابد؛
- استفاده از روش‌های سنتی و ناکارآمد آبیاری و کشاورزی غارتگرانه، شور شدن خاک را در مقیاس وسیع در پی دارد؛
- کاهش جریان رودخانه‌ها به دریاها، به اکوسیستم‌های دریایی پایین‌دست آسیب می‌زند (کتل و همکاران، ۲۰۱۹).

۲. گسترش بیماری و آلودگی

انتقال آب در مسافت‌های طولانی و عبور از مناطق دارای اکوسیستم‌های متنوع می‌تواند سبب انتقال بیماری‌های واگیرداری نظیر حصبه، دیسانتری، وبا، آنسفالیت و شیستوزومیازیس (بیلارزیا) شود. همچنین انتقال آلاینده‌های آلی پایدار در طول مسیر، خطرهای جدی برای سلامت انسان و محیط زیست ایجاد می‌کند (پُلنر، ۲۰۱۶).

جدول ٤. تأثیرات منفی انتقال آب بین‌حوضه‌ای (مبدأ- مسیر- مقصد)

ردیف	نوع اثر منفی	توضیحات علمی	نمونه‌های موردی
۱	کاهش جریان رودخانه‌های مبدأ	اختلال در اکوسیستم‌های پایین‌دست، افزایش شوری، کاهش رسوبات	– کاهش ورودی به دریاچه لادوگا در روسیه (پهولنر، ۲۰۱۶) – کاهش ۴۰ درصدی جریان به خلیج سان‌فرانسیسکو (دیویس، تامز و میدور، ۲۰۲۱)
۲	شور شدن خاک و نفوذ آب دریا در مبدأ	کاهش کیفیت خاک، تهدید کشاورزی، شورشدگی دلتاها	– شوری شدید دلتاهای کالیفرنیا (دیویس، تامز و میدور، ۲۰۲۱)
۳	افزایش مصرف بی‌رویه آب در مقصد	ایجاد وابستگی، گسترش کشاورزی ناکارآمد، اتلاف منابع	– تخمین ۸/۷ تریلیون مترمکعب تبخیر اضافی سالانه (چن لو و وبر، ۲۰۲۱)
۴	انتقال آلودگی و بیماری‌ها در مسیر	انتقال بیماری‌های واگیردار، رشد عوامل بیماری‌زا در مسیر	– گسترش بیلارزیا در آفریقای جنوبی – انتقال آلاینده‌های آلی پایدار در پروژهٔ میشیگان- شیکاگو (رید و کاسپرژیک، ۲۰۰۹)
۵	مرگ‌ومیر گستردهٔ جانوران در مسیر	افتادن حیوانات در کانال‌های روباز، اختلال در مهاجرت	– ۷۲۳۴ مورد مرگ مهره‌داران در کانال نامیبیا طی ۱۴ ماه
۶	پیامدهای فاجعه‌آمیز محیط زیستی	فروپاشی زیست‌بوم، نابودی شیلات، افزایش شوری	– خشک شدن دریاچهٔ آرال: کاهش ورودی آب از ۵۶ به صفر میلیارد مترمکعب، شوری ۲۵۰ درصدی، نابودی کامل اکوسیستم (نونگ و ژیائو، ۲۰۱۹)

ج) مسیرهای انتقال آب

یکی از پیامدهای مهم و نگران‌کنندهٔ پروژه‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای، به‌ویژه کانال‌های روباز، تأثیر مستقیم آنها بر حیات‌وحش است. این کانال‌ها ممکن است به‌عنوان تله‌هایی برای حیوانات عمل کنند و سبب آسیب‌های گسترده به گونه‌های جانوری شوند. جدول ۴، تأثیرات منفی انتقال آب بین‌حوضه‌ای و جدول ۵ نقدهای وارد بر انتقال آب بین حوضه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۵. نقدهای وارد بر انتقال آب بین‌حوضه‌ای

محور نقد	شرح انتقاد
تعریف و گسترهٔ مداخلات انسانی	انتقال آب بین‌حوضه‌ای، تغییر عمدی رژیم‌های طبیعی هیدرولوژی با سازه‌های مهندسی تعریف می‌شود و در مقیاس‌های بسیار بزرگ انجام می‌گیرد.
نبود مبانی منطقی و داده‌های دقیق برای توجیه پروژه	برخی پروژه‌ها بر پایهٔ داده‌های مکانی و زمانی ناکافی یا نادرست طراحی می‌شوند که سبب برآورد اشتباه منابع و نیازها می‌شود.
ضعف در سازوکارهای ارزیابی و شفافیت حکمرانی	نبود روش‌های ارزیابی قوی، نبود شفافیت در تصمیم‌سازی و تفاوت قدرت ذی‌نفعان سبب سوگیری در تخصیص منابع آب می‌شود.
تضاد میان وعده‌های اولیه و نتایج واقعی پس از ساخت	نتایج اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی بسیاری از پروژه‌ها با اهداف اعلام‌شده در مرحلهٔ برنامه‌ریزی مغایرت دارد.
جابه‌جایی گستردهٔ جوامع محلی و تبعات اجتماعی	احداث زیرساخت‌ها موجب مهاجرت اجباری، از دست رفتن زمین، منابع، هویت و معیشت جوامع محلی می‌شود؛ گروه‌های فقیر و بومی بیشترین آسیب را می‌بینند.
بهره‌مند نشدن جوامع جابه‌جاشده از منافع پروژه	پروژه‌ها اغلب در خدمت طرح‌های بزرگ‌مقیاس نظیر آبیاری، صادرات‌محور هستند و مردم محلی سهمی از مزایا ندارند.
اثرهای برگشت‌ناپذیر محیط زیستی	تغییر رژیم‌های جریان، کاهش جریان محیط زیستی، تخریب مورفولوژی پایین‌دست، خشک شدن تالاب‌ها و پیشروی آب شور از مهم‌ترین پیامدهاست.
اثرهای محلی، منطقه‌ای و ملی	آثار IBWT فقط در حوضهٔ مبدأ و مقصد نیست، بلکه در مقیاس‌های محلی تا ملی ظاهر می‌شوند و ممکن است تعارض‌های توسعه‌ای ایجاد کنند.
اثرهای فرامرزی و تنش‌های ژئوپلیتیکی	پروژه‌هایی که با رودخانه‌های مشترک سروکار دارند، ممکن است بر کشورهای دیگر اثر غیرمستقیم بگذارند و موجب اختلافات هیدروپلیتیک شوند.
نیاز به پایش مستمر و عدم قطعیت پیامدها	پروژه‌های بسیار بزرگ مانند SNWTP چین نیازمند پایش بلندمدت اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و سیاسی هستند؛ پیامدهای آنها در کوتاه‌مدت قابل درک نیست.
اثرهای هیدروپلیتیک و قابل قبول بودن برای منطقهٔ هدف	پروژه‌های IBWT از منظر هیدروپلیتیک به‌ندرت آثار کاملاً قابل قبولی برای منطقهٔ هدف (حوضهٔ گیرنده) داشته‌اند. نابرابری قدرت، نبود چارچوب حقوقی فرامرزی و نبود شفافیت حکمرانی از عوامل اصلی کاهش قابل قبول بودن این آثار هستند.

جدول ۶ مجموعه‌ای از راهکارهای مقابله‌ای با اثرهای منفی انتقال آب بین‌حوضه‌ای را ارائه می‌دهد و پاسخ مستقیم به این پرسش است که «چه اقداماتی می‌توان برای کاهش یا جبران اثرهای محیط زیستی این پروژه‌ها انجام داد؟». این راهکارها از پژوهش‌های اولیه تا پروژه‌های عملیاتی و قوانین ملی و بین‌المللی جمع‌آوری شده‌اند و نشان می‌دهند که مقابله با پیامدهای IBWTs نیازمند رویکردی چندبعدی است.

جدول ٦. راهکارهای مقابله‌ای با اثرهای منفی انتقال آب بین‌حوضه‌ای (IBWTs)

محور راهکار	شرح اقدامات مقابله‌ای	نمونه‌ها / منابع
۱. ارتقای ارزیابی ریسک و مطالعات امکان‌سنجی جامع	– ارزیابی جامع اثرهای محیط زیستی (EIA) پیش از اجرا – سنجش پیامدهای بلندمدت اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی – پایش مستمر و اصلاح معیارهای عملیاتی در صورت ظهور اثرهای زیانبار	دیویس، تامز و میدور (۲۰۲۱)
۲. استفاده از معیارهای پنج‌گانهٔ گوپتا و وان درژاگ	۱. وجود مازاد واقعی در حوضه مبدأ و کسری واقعی در مقصد ۲. پایداری اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی ۳. حکمرانی خوب و مشارکت ذی‌نفعان ۴. رعایت حقوق محلی، ملی و فرامرزی و جبران خسارت‌ها ۵. تکیه بر علم معتبر و تحلیل دقیق ریسک‌ها	گوپتا و وان درژاگ (۲۰۰۸)
۳. توسعهٔ قوانین و مقررات و تقویت نظارت دولتی	– ایجاد چارچوب‌های قانونی مشخص برای اجرای پروژه‌ها – نظارت بر مراحل تصویب، تأمین مالی، ساخت و بازپرداخت – تعیین ضوابط برداشت، تأمین و توزیع آب در سطح ملی و ایالتی	پروژهٔ کالیفرنیا، قانون حوضهٔ کلرادو (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱).
۴. ایجاد سیستم‌های جبران خسارت و بازسازی اکولوژیکی	– احداث مخازن تنظیم‌کننده در طول مسیر انتقال – احیای مناطق آسیب‌دیده، حفظ تعادل آب‌های سطحی و زیرزمینی – جبران مالی به جوامع محلی در صورت خسارت اکولوژیکی یا اقتصادی	پروژهٔ شمال– جنوب کالیفرنیا؛ طرح کوه‌های برفی استرالیا؛ پروژهٔ گوانگ‌دونگ چین (یانگ و همکاران، ۲۰۲۳)
۵. کنترل و پیشگیری از آلودگی آب	– محدودیت مصرف آب کشاورزی و افزایش قیمت آب برای مدیریت تقاضا – حفاظت از آب و خاک با تبدیل مناطق حساس به پارک ملی – جلوگیری از ورود مواد آلی، فاضلاب و جلبک‌های مضر به رودخانه‌ها – ایجاد مناطق حفاظت آب با ممنوعیت ساخت‌وسازهای آلاینده	طرح کوه‌های برفی استرالیا؛ قوانین مدیریت آب آلمان (دوان و همکاران، ۲۰۲۲)
۶. توسعهٔ راهکارهای جایگزین مؤثر به‌جای IBWTs	الف) بهبود چرخهٔ آب: بازیافت فاضلاب، ذخیره‌سازی آب باران، بهینه‌سازی مصرف ب) کاهش تقاضا: استفاده از فناوری‌های کم‌مصرف، مدیریت تقاضای آب ج) ایجاد مخازن زیرزمینی: ذخیره آب مازاد بارش در شهرها د) تصفیهٔ آب دریا: استفاده از فناوری غشایی در مناطق ساحلی	مهار بحران آب نیویورک با توالت‌های کم‌مصرف (دونگ، یان و دیووان، ۲۰۱۱)؛ مخازن زیرزمینی ژاپن؛ پروژه‌های نمک‌زدایی
۷. ارتقای یکپارچگی مدیریت حوضه آبریز	– ادغام IBWT با مدیریت جامع حوضهٔ آبریز (IWRM) – توجه به مرزهای اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی حوضه‌ها – هماهنگی میان حوضهٔ مبدأ و مقصد و حوضه‌های میانی	توصیهٔ گوپتا و وان درژاگ (۲۰۰۸) و دیویس، تامز و میدور (۲۰۲۱)

نتیجه‌گیری

مرور نظام‌مند انجام‌گرفته نشان می‌دهد که انتقال آب بین‌حوضه‌ای، از پیچیده‌ترین و مناقشه‌برانگیزترین مداخلات انسان در چرخهٔ آب است که اثرهای آن در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی و در ابعاد متعدد محیط زیستی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی نمود می‌یابد.

یافته‌ها نشان داد که الگوی مکانی پروژه‌ها بازتابی از تنش آبی، تفاوت‌های اقلیمی– هیدرولوژیکی و نیازهای توسعه‌ای کشورهاست؛ به‌طوری که کشورهای در حال توسعه بیشترین سهم را در احداث پروژه‌های جدید دارند. تاریخچهٔ اجرای IBWT نیز نشان می‌دهد که دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ نقطهٔ اوج ساخت پروژه‌ها بوده و در دهه‌های اخیر به‌دلیل نگرانی‌های محیط زیستی و ناکارآمدی اقتصادی برخی طرح‌ها، روند ساخت کاهش یافته است؛ هرچند پیش‌بینی‌ها از افزایش مجدد طرح‌ها تا سال ۲۰۵۰ حکایت دارد.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که برای اجرای پایدار IBWT، مجموعه‌ای از الزامات ضروری است:

۱. استفاده از ارزیابی‌های جامع محیط زیستی و اجتماعی؛ ۲. تحلیل هزینه– فایدهٔ واقعی؛ ۳. در نظر گرفتن حقوق محیط زیستی حوضهٔ مبدأ؛ ۴. جبران خسارات محیط زیستی و اجتماعی؛ ۵. مدیریت تقاضا پیش از توسل به عرضهٔ جدید؛ ۶. پایش بلندمدت و سازوکارهای حکمرانی مشارکتی.

برای ارائهٔ پیشنهادهای کاربردی و عملی به‌منظور انتقال آب بین‌حوضه‌ای مؤثر با عدم قطعیت کم در کشورهای در حال توسعه همچون ایران، چهار پیشنهاد زیر ارائه می‌شود:

۱. ایجاد سامانهٔ پایش مشارکتی و لحظه‌ای شامل داده‌های هیدرولوژیکی برخط و شفاف برای همهٔ ذی‌نفعان، به‌منظور رفع مشکل نبود داده‌های معتبر مکانی– زمانی؛
۲. تعیین حداقل جریان زیست‌محیطی (EFR) به‌عنوان خط قرمز مطلق در حوضهٔ مبدأ، پیش از هر گونه انتقال آب، با استفاده از روش‌های علمی مانند تنانت یا شبیه‌سازی زیستگاه؛
۳. الزام به ارزیابی ریسک چندعامله پیش از ساخت پروژه با بهره‌گیری از روش‌های ترکیبی تحلیل درخت خطا و شبکه‌های بیزین که ده عامل کلیدی ریسک را پوشش می‌دهد؛
۴. ایجاد صندوق امانی جبران خسارت زیست‌محیطی و اجتماعی پیش از شروع پروژه، معادل ۱۵ تا ۲۰ درصد کل بودجه، با نظارت نهادهای مدنی مستقل.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت کرده‌اند و این موضوع مورد تأیید همهٔ آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله به‌شکل زیر است:
همهٔ نویسندگان به یک اندازه در نوشتن مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر حمایت مالی نداشته است.

همانند جویی

نتیجهٔ همانندجویی مقاله از سمیم نور برابر با ۱/۵۴ درصد است.

منابع

Berkes, F., & Folke, C. (1998), Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. In:*Transferred to digital printing*. Cambridge: Cambridge Univ.

Chen. D., Luo. Z., & Webber. M. (2020), Between project and region: the challenges of managing water in shandong province after the south-north water transfer project. *Water Alternatives*, *13*(1): 21.

Cheng, H., Hu, Y., & Zhao, J. (2009). Meeting China's Water Shortage Crisis: Current Practices and Challenges. *Environ. Sci. Tech. 43* (2), 240–244. https://doi.org/10.1021/es801934a.

Colding, J. & Barthel, S. (2019), Exploring the social-ecological systems discourse 20 years later. *Ecology and Society*, *24*(1): art2. DOI: 10.5751/ES-10598-240102

Cumming, GS., Epstein, G., & Anderies, JM. (2020), Advancing understanding of natural resource governance: a post-Ostrom research agenda. *Current Opinion in Environmental Sustainability. 44*: 26–34. DOI: 10. 1016/j.cosust.2020.02.005.

Das, DK. (2006), Environmental impact of inter-basin transfer projects: some evidence from Canada. *Political Weekly 41*(17): 1703–1707

Davies. BR., Thoms. M., & Meador. M. (2021), An assessment of the ecological impacts of inter-basin watertransfers, and their threats to river basin integrity and conservation. *Aquatic Conservation: Marine andFreshwater Ecosystems 2*(4): 325–349. DOI: 10.1002/aqc.3270020404

Dong, Z., Yan, Y., & Duan, J. (2011), Computing payment forecosystem services in watersheds: an analysis of themiddle route project of south-to-north water diversionin China. *Journal of Environmental Sciences*, *23*(12):2005–2012. DOI: 10.1016/S1001-0742(10)60663-8.

Duan, K., Caldwell, P.V., Sun, G., McNulty, S.G., Qin, Y. & Chen, X. (2022). Climatechange challenges efficiency of inter-basin water transfers in alleviating water stress. *Environ. Res. Lett. 17*(4) https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5e68.

Gao, T., Liu, H., Sun, Y., & Zhang, E. (2021), Sustaining environmental flows in waterdeficient rivers via inter-basin hydropower transfer. *Hydrol. Process. 35*(2), e14027. https://doi.org/10.1002/hyp.14027

Gupta, J., & van der Zaag, P. (2008), Interbasin watertransfers and integrated water resources management: Where engineering, science and politics interlock. *Physics and Chemistry of the Earth*. *33*(1–2): 28–40. DOI: 10.1016/j.pce.2007.04.003

Hagemann, N., & Kirschke, S. (2017) Key Issues of Interdisciplinary NEXUS Governance Analyses: Lessons Learned from Research on Integrated .*WaterResources Management. Resources*. *6*(1): 9. DOI: 10.3390/resources6010009

Jia, X., Klemeˇs, J., Varbanov, P., & Wan Alwi, S. (2019), Analyzing the energy consumption, GHG emission, and cost of seawater desalination in China. *Energies*, *12*(3), 463. https://doi.org/10.3390/en12030463.

Jiao, L., Liu, R., Wang, L., Li, L., & Cao, L. (2021), Evaluating spatiotemporal variations inthe impact of inter-basin water transfer projects in water-receiving basin. *WaterResour. Manag*. *35*(15), 5409–5429. https://doi.org/10.1007/s11269-021-03011-1.

Kanrak, M., & Nguyen, H.-O. (2025), An analysis of connectivity, assortativity and cluster structure of the Asian-Australasian cruise shipping network. Marit. *Transport Res*. 3, 100048 https://doi.org/10.1016/j.martra.2021.100048

Kattel, G.R., Shang, W., Wang, Z., & Langford, J. (2019), China's south-to-north waterdiversion project empowers sustainable water resources system in the north. *Sustainability*, *11*(13), 3735. https://doi.org/10.3390/su11133735.

Kibiiy, J., & Ndambuki, J. (2015), New criteria to assess interbasin water transfers and a case for Nzoia-Suam/Turkwel in Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth*, *89–90*: 121–126. DOI: 10.1016/j.pce.2015.08.005

Liu, J. & Yang, W. (2012), Water sustainability for China and beyond. *Science*, *337*(6095), 649–650. https://doi.org/10.1126/science.1219471

Liu, Y., Zheng, H., Wan, W., & Zhao, J. (2023). Optimal operation toward energy efficiency of the long-distance water transfer project. J. *Hydrol*. *618*, 129152 https://doi.org/ 10.1016/j.jhydrol.2023.129152.

Marques, A.C., Veras, C.E., & Rodriguez, D.A. (2022), Assessment of water policiescontributions for sustainable water resources management under climate change scenarios. *J. Hydrol. (Amst*.) *608*, 127690. https://doi.org/10.1016/J. JHYDROL.2022.127690

Nong, S. & Xiao, Z. (2019), Spatio-temporal characterization analysis and water quality assessment of the south-to-north water diversion project of China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, *16*(12), 2227. https://doi.org/10.3390/ ijerph16122227

Paiva, A. C. d. E., Martins, M., Canamary, E. A., Rodriguez, D. A., & Tomasella, J. (2024). Inter-basin water transfers under changing climate and land use: Assessing water security and hydropower in the Paraíba do

Sul River basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences, 133*, 104707. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104707

Pasi, N. (2023), Rethinking Water Resources Management,Governance, and Decision-Making: A Case Study of Interlinking of Rivers Project, India. New York: State University of New York, Syracuse

Pohlner, H. (2016), Institutional change and the political economy of water megaprojects: China's south-northwater transfer. *Global Environmental Change, 38*:205–216. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.03.015. Elsevier Ltd

Rahaman, MM., & Varis, O. (2005), Integrated water resources management: evolution, prospects and future challenges. *Sustainability: Science, Practiceand Policy*, *1*(1): 15–21. DOI: 10.1080/15487733. 2005.11907961

Reed, PM., & Kasprzyk, J. (2009), Water resources management: the myth, the wicked, and the future. *Journalof Water Resources Planning and Management*, *135*(6): 411–413. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000047

Rollason, E., Sinha, P., & Bracken, L.J. (2022), Interbasin water transfer in a changing world: A new conceptual model, *Progress in Physical Geography*, *46*(3) 371–397, DOI: 10.1177/03091333211065004.

Sheng, J., & Qiu, W. (2023), Inter-basin water transfer policies and water-use technical efficiency: China's South-North Water Transfer Project. *Socioecon. Plann. Sci. 85*, 101432 https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101432.

Shumilova, O., Tockner, K., & Thieme, M. (2018), Global water transfer megaprojects: a potential solution forthe water-food-energy nexus? *Frontiers in Environmental Science*. *6*: 1–11. DOI: 10.3389/fenvs.2018. 00150

Song, D. I., Zhang, C., & Saber, A. (2024), Integrating impacts of climate change on aquatic environments in inter-basin water regulation: Establishing a critical threshold for best management practices. Science of the Total Environment, *913*, 169297. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169297

Wang, Y. Zhu, K. Xiong, X. Yin, J. Yan, H. & Zhang, Y. Liu, (2023), H.Assessment of the EcologicalCompensation Standards for Cross-Basin Water Diversion Projects from the Perspective of Main Headwater and Receiver Areas. *Int. J. Environ. Res. Public Health, 20*, 717. https://doi.org/10.3390/ ijerph20010717

Wang, J., Hou, B., Zhao, Y., Xiao, W., & Lu, F. (2021), Research on scale demonstration technology of inter basin water transfer project in agricultural irrigation. *Water Resour. Manag*. *35*(15), 5243–5258. https://doi.org/10.1007/s11269-021-02999-w

Xiong, W., Li, Y., Zhang, W., Ye, Q., Zhang, S., & Hou, X. (2018), Integrated multi-objectiveoptimization framework for urban water supply systems under alternative climates and future policy. *J. Clean. Prod*. *195*, 640–650. https://doi.org/10.1016/j. jclepro.2018.05.161.

Yang, Y., Chen, S., Zhou, Y., Ma, G., Huang, W., & Zhu, Y. (2023), Method for quantitatively assessing the impact of an inter-basin water transfer project on ecological environment-power generation in a water supply region. *Journal of Hydrology*, *618*, 129250. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129250

Yi, S., & Kondolf, G. M. (2024), Environmental planning and the evolution of inter-basin water transfers in the United States. *Frontiers in Environmental Science*, *12*, 1489917.

Zhao, C., Kong, L., Zhong, C., & Ying, N. (2025). Equality in the water: How does water ecological civilization city policy enhance inclusive development in China? *Cities*, *156*, 105555.

Zhuang, W. (2016), Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: A review. *Environ. Sci. Pollut. Res*. *23*(13), 12867–12879. https://doi.org/10.1007/ s11356-016-6854-3