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

Ecological rethinking of development, water, and energy at planetary boundaries (Case study: In search of unknown water and energy resources in Iran)

Mahmood Maham *[1]

1. Assistant Professor, Institute of Culture and Social Studies, Institute of Islamic Culture and Thought, Tehran, Iran, Email: maham812002@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 17 June 2025
Revised: 27 August 2025
Accepted: 01 September 2025
Published online: 12 November 2025

Keywords:
Clustering, Nexus, Planetology, Hydrology, Energy science, Demography, Land use planning

ABSTRACT

Movement is a sign of life and requires energy. Paying attention to the fact of the interconnectedness of biological domains (biology-physiology-ecology) acts as a guide to identify the diversity of movement and energy in the land. The long history of moving and living in the plateau of Iran shows the history of land cultivation with a focus on water diversity and water as energy. The changes in the biological areas reveal the changes in the patterns of identification and utilization of energies. Changes in population and social context, as biological-ecological changes in Iran, represent fundamental changes in energy issues and patterns of movement and life. Therefore, the question of the article is: What has been the impact of the development changes in the plateau of Iran on the energetics for the movement and biological systems of the land? In order to answer, a qualitative analysis of the approach to solving the water and energy problem in the decades of 1661-1981, and comparing it with the priorities of the comprehensive scientific map of the country, was carried out. Finally, it was proposed to replace physical or biophysical energy analysis in planetary and biological boundaries with biophysical-social analysis.

Citation: Maham, M. (2025). Ecological rethinking of development, water, and energy at planetary boundaries (Case study: In search of unknown water and energy resources in Iran). *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(3), 1-20.
DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5

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

***Corresponding author:** Mahmood Maham
Address: Institute of Culture and Social Studies, Institute of Islamic Culture and Thought, Tehran, Iran.
Tel: 021-88501064
Email: maham812002@yahoo.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

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

Ecological rethinking of development, water, and energy at planetary boundaries (Case study: In search of unknown water and energy resources in Iran)

Mahmood Maham *[1]
1. Assistant Professor, Institute of Culture and Social Studies, Institute of Islamic Culture and Thought, Tehran, Iran, Email: maham812002@yahoo.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Movement is a sign of life and requires energy. Paying attention to the fact of the interconnectedness of biological domains (biology-physiology-ecology) acts as a guide to identify the diversity of movement and energy in the land. The long history of moving and living in the plateau of Iran shows the history of land cultivation with a focus on water diversity and water as energy. The changes in the biological areas reveal the changes in the patterns of identification and utilization of energies. Changes in population and social context, as biological-ecological changes in Iran, represent fundamental changes in energy issues and patterns of movement and life. Therefore, the question of the article is: What has been the impact of the development changes in the plateau of Iran on the energetics for the movement and biological systems of the land?

Methodology: Considering the main question of the article and focusing on how the problem of water and energy issues is identified, the process of awareness, and the analytical framework of the issue are considered in Iran. Qualitative and critical analysis were used in the research method. The quantitative and qualitative impact of engineering literature on the water and energy issue makes engineering literature of particular importance for the process of the analytical framework of the water and energy issue in Iran, despite the shortcomings of single-disciplinary and one-dimensional approaches. In fact, it is not the technical-engineering topics in these texts but the problem-solving approach in them that is important for this article. The method and design path of the discussion in this article was carried out with the help of the water engineer's design position in the period 1961-1981 and a qualitative analysis of the problem-solving approach in her proposed designs in the book "In Search of Unknown Water and Energy Resources in Iran". The two main goals are: "Knowledge Background Study" and "Process of Design Thinking and Solving Water and Energy Problems in Iran.". Here, there is no attempt to understand and recognize the "inside the problem (water and energy)" but rather to quantitatively and qualitatively evaluate technical-engineering programs and designs. For example, teaching and critiquing optimization software and algorithms, and discussing their effectiveness in various water and energy fields, is not considered. What is important and often overlooked is questioning design patterns and engineering design thinking in understanding and solving water and energy problems. Therefore, the discussions in this article are an analytical and research effort to understand and recognize the "beyond the issue (of water and energy)". In this case, a different design of the "issue" can be achieved that takes the field of water and energy linkages and linkages beyond the natural and technical realms. Therefore, the problem will be understood as an ecosystem. Designing and analyzing the "issue" based on the connection between the natural and social spheres, on the one hand, and identifying the role of the "Earth" with its conditions and boundaries, such as planetary boundaries, on the other hand, creates another map of the "issue" that brings new understanding. In this article, a historical work in engineering literature titled "In Search of Unknown Water and Energy Resources in Iran" is examined, which provides a picture of engineering solutions in the decades of 1960-1980. In addition, to follow the thinking process and problem-solving pattern of water and energy in Iran, the country's comprehensive scientific map, which is still valid and has not yet been revised, was qualitatively and critically examined.

Results and Discussion: The centrality of water for life and movement on the Iranian plateau is well known and has a history of engineering spanning thousands of years. In other words, water as energy has been designed and implemented in the history of life in the arid and mountainous ecosystem of Iran. Reviewing water and energy solutions can facilitate energy and ecological foresight. It is worth noting that the historical review of technological and engineering solutions is important not from a technical-engineering perspective but from an

***Corresponding author:** Mahmood Maham
Address: Institute of Culture and Social Studies, Institute of Islamic Culture and Thought, Tehran, Iran.
Tel: 021-88501064
Email: maham812002@yahoo.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

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

approach. A historical example of engineering solutions in the 1960s-1980s can be seen in the book "In Search of Unknown Sources of Water and Energy," presented by Engineer Hooman Farzad. Content analysis of the ideation and problem-solving approach of "Searching for Unknown Water and Energy Resources in Iran" demonstrates creativity, courage, compassion, leadership, and foresight in addressing the water and energy issue for today and tomorrow (a vision of Iran in the next fifty years). However, the convergence of culture and technology is not observed in solving the water and energy problem. The approach of combating biological and territorial features by relying on technology is an approach with a long history and is a serious obstacle in transforming the threat into an opportunity for the water issue in connection with energy. The three priorities raised in the country's comprehensive scientific map also have the same approach.

Conclusion: The development event on the biosphere scale has created fundamental changes in the nexus of energy and ecology. The study "In Search of Unknown Water and Energy Resources in Iran" and the comprehensive scientific map of the country show that the disjunctive approach (the disconnect between culture, ecology, and technology) has continued. However, new changes are underway to achieve convergence and integration, such that the shift from the disintegration of water and energy relations to the continuity and interdependence of water and energy, the reorientation of data and water as energy, has once again revealed the importance of biophysical-social knowledge and analysis. Finally, it was proposed to replace physical or biophysical energy analysis in planetary and biological boundaries with biophysical-social analysis.

Ethical Considerations

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

Funding: This research was conducted without financial support.

Authors' contribution: The author of the article (**Mahmood Maham**) has completed and written all parts of the article.

Conflicts of interest: The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: The esteemed reviewers of the article are acknowledged for their valuable comments.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

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

بازاندیشیِ زیست‌بوم‌شناختیِ توسعه، آب و انرژی در مرزهای سیاره‌ای (مطالعه موردی: در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران)

محمود مهام[*1]

۱. استادیار، پژوهشکده فرهنگ و مطالعات اجتماعی، پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی، تهران، ایران، maham812002@yahoo.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۲۷ خرداد ۱۴۰۴
بازنگری: ۰۵ شهریور ۱۴۰۴
پذیرش: ۰۷ شهریور ۱۴۰۴
انتشار برخط: ۲۱ آبان ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:
همبست، سیاره‌شناسی، آب‌شناسی، انرژی‌شناسی، جمعیت‌شناسی، آمایش سرزمین

چکیده

حرکت، نشانه زیست و نیازمند انرژی است. توجه به واقعیتِ به هم‌پیوستگی حوزه‌های زیستی (از سطوح پایه مانند سلول تا سطوح بالاتر و کلانِ بوم‌شناسی طبیعی و اجتماعی) همانند راهنمای شناساییِ تنوع حرکت و انرژی در سرزمین عمل می‌نماید. تاریخ طولانی حرکت و زیستن در فلات ایران بیانگر پیشینه آمایش سرزمین با محوریت تنوع آبی و آب به مثابه انرژی است که نشان‌دهنده سوابق تولید، ذخیره، تقسیم و بهره برداری‌های جوامع از تنوع انرژی در سرزمین را است. تغییرات حوزه‌های زیستی، تغییرات الگوهای شناسایی و بهره‌گیری از انرژی‌ها را آشکار می‌سازد. تغییرات جمعیت و بافت اجتماعی به مثابه تغییرات زیست‌بوم شناختی در ایران‌زمین بیانگر تغییرات بنیادین در مساله‌شناسیِ انرژی و الگوهای حرکت و زیست است. رخداد توسعه در مقیاس زیست‌کره، تغییرات اساسی در پیوند انرژی و بوم‌شناسی ایجاد کرده است. بنابراین، پرسش مقاله این است: تغییرات توسعه‌ای در فلات ایران چه تاثیری بر انرژی‌شناسی برای حرکت و سامانه های زیستی سرزمین داشته است؟ برای پاسخ‌گویی، تحلیل کیفی رویکرد حل مساله آب و انرژی در دهه های ۱۳۴۰ الی ۱۳۶۰ و مقایسه آن با اولویت‌های نقشه جامع علمی کشور (مصوب و ابلاغ شده در سال ۱۳۸۹ برای تمامی نهادهای مرتبط) انجام شد. فراموشی آب به مثابه انرژی و تکیه بر فناوری بدون پیوند قوی با زیست‌بوم و فرهنگ، روند مسلط است. تغییر این وضعیت نیازمند جایگزینی تحلیل بیوفیزیکی-اجتماعی بجای تحلیل فیزیکی یا بیوفیزیکی انرژی در مرزهای سیاره‌ای و زیستی است.

استناد: مهام، محمود. (۱۴۰۴). بازاندیشیِ زیست‌بوم‌شناختیِ توسعه، آب و انرژی در مرزهای سیاره‌ای (مطالعه موردی: در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳(۳)، ۱-۲۰.

DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** محمود مهام
نشانی: پژوهشکده فرهنگ و مطالعات اجتماعی، پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی، تهران، ایران
تلفن: ۸۸۵۰۱۰۶۴-۰۲۱
پست الکترونیکی: maham812002@yahoo.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

مقدمه

فرصت و تهدید دو روی یک سکه‌اند به این معنا که شناخت از آن‌هاست که تعیین‌کننده فرصت یا تهدید بودن مساله است. این‌که وضعیتی، به‌عنوان فرصت یا تهدید تلقی شود، بستگی به چگونگی رو به رو شدن با وضعیت و موقعیتی دارد که به‌صورت «مساله» در آمده است. الگوهای فرصت–تهدیدشناسی تعیین‌کننده راه‌حل‌ها هستند، در مساله‌شناسی آب و انرژی نیز چنین است. نقش بی‌بدیل «آب برای زیستن» و «انرژی برای توسعه»، واقعیت‌هایی مورد اجماع هستند. شعار توسعه نیز همواره بهبودِ زیستن بوده است، بنابراین، می‌بایستی بحث از «آب و توسعه» و همبست آب و انرژی[1] جزء مباحث قدیمی توسعه باشند، اما چنین نبوده است.

بی‌اعتنایی و یا ناتوانی ارتباط با محیط و درک زیست‌بوم‌محور تغییرات محیطی در مقیاس‌های متنوع، به جدایی آب از مباحث انرژی و ناتوانی در تحلیل بیوفیزیکی–اجتماعیِ انرژی و توسعه زمین‌پایه ختم شده است. تاکید بر مدل‌های عامل‌بنیان[2] به‌عنوان «رویکرد نوظهور برای شبیه‌سازی تعاملات بین آب‌های زیرزمینی و جامعه» (Marcos, 2024) و «ابزارهای عملی برای رسیدگی به اختلافات در ردیابی چالش‌های مدیریت منابع مشترک» (le Bars, 2002). برای رفع این کاستی‌ها صورت گرفته است. نارسایی یاد شده برای ترسیم نقشه انرژی کشوری که در زیست‌بوم خشک و نیمه خشک قرار دارد و تغییرات آب و هوایی را تجربه می‌نماید، تهدیدی جدی است. این تهدید، مقیاس جهانی دارد و به قول ترجه[3] محقق برجسته نروژی، عصر «ناامنی آبی»[4] (Tvedt, 2013) آغاز شده و بدیهی است متناسب با مختصات مکانی–زمانی–فضایی هر منطقه، ویژگی‌های متفاوتی می‌یابد. راهبردِ تبدیل تهدید به فرصت، یک الگوی رایج برای مواجهه فعال با چالش‌ها است که تمامی نیروها و امکانات را درگیر می‌نمایند، با وجود این، می‌توان از منظر دیگری به مساله آب و انرژی پرداخت؛ چگونه فرصت‌ها به تهدید تبدیل می‌شوند؟

به‌نظر می‌رسد از این طریق بهتر بتوان تحلیل و نتیجه‌گیری کرد. زیست‌بوم خشک و نیمه خشک ایران‌زمین به‌واسطه کوهستانی بودنش شرایط متنوع زمینی و اقلیمی را برای زیست‌مندان خود فراهم کرده است. پیشینه‌پژوهی الگوهای زیست جمعی در ایران که مترادف با الگوهای بهره‌برداری از سامانه‌های آب–انرژی است، نشان می‌دهد تنوع منابع آبی در گستره سرزمینی و روابط متقابل خاک و آب و گیاه در سایه دانش‌های بومی و خلاقیت‌های مهندسی و فناورانه، خلقِ پدیده‌های شگرف و فرا پایدار[5] طبیعی– اجتماعی نظیر باغ و زیست‌های ترکیبی در فلات ایران را در پی داشته است.

آمایش سرزمینی که در آن، «آب به مثابه انرژی» تنوعی از جوامع گیاهی و جانوری و انسانی را در سرزمینی وسیع، مرتفع و ناهموار سازمان‌دهی کرده بود. نتیجه تلفیقی و همبست فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری در پیشینه تمدنی موجب شده است که ایچ چرکی دِمالی رییس کمیته بین‌المللی موزه‌های علوم و فناوری جهان[6] (سیموست) در افتتاحیه چهل و هشتمین کنفرانس بین‌المللی چهار روزه سیموست[7] ۱۴۰۰ (۲۰۲۱) تهران که با عنوان "نقش موزه‌ها و مراکز علم در حفاظت از محیط زیست" برگزار شد، اعلام کرد: می‌خواهیم تکنیک ایران را در تلفیق فرهنگ و فناوری فراگیریم (دمالی، https://irna.ir/xjGxjy).

در واقع، پیشینه زیستی در فلات ایران، همگرایی فرهنگ و فناوری را نشان می‌دهد. زمین و زیست‌بوم ایران نیز به مثابه بستر تعامل و پذیرای «فرهنگ و فناوری»، نقش مهمی در تولید و استفاده مجتمع‌های زیستی (عشایری، روستایی و شهری) از سازه‌ها و سامانه‌های آب و انرژی داشته‌اند. بر این اساس، آب‌شناسی در واقع، زمین–آب–انرژی‌شناسی برای «جمعیت به مثابه بوم‌شناسی» و حفظ و ماندگاریِ عملکرد سامانه‌های بافت مجتمع‌های زیستی در ایران بوده است. همبست زمین–آب–انرژی–جامعه[8] برای حفاظت از سرزمین و بهره

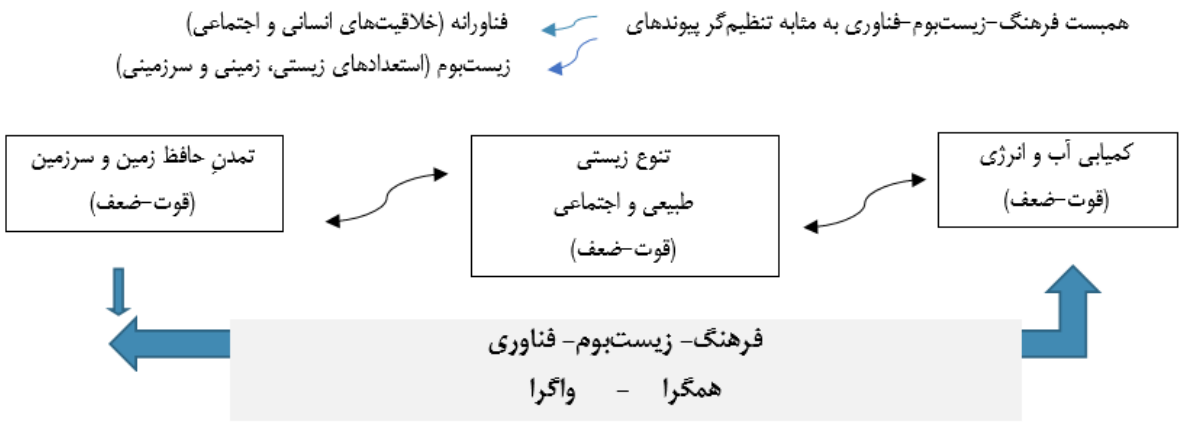
---

[1] Water-Energy Nexus
[2] Agent-based models
[3] Tvedt, Terje
[4] Insecurity
[5] «جان لیل» (John Tillman Lyle) برای اولین بار اصطلاح «احیایی/ فراتر از پایداری» را به‌عنوان رویکردی در طراحی «مناظر شهری» معرفی کرد. «توسعه احیایی» تلفیقی از «پایداری»، «بوم‌شناسی» و «طراحی» است. این رویکرد با تکیه بر یک «جهان‌بینی بوم‌شناختی»، همزمان با درک مفاهیم اخیر در پایداری و محیط زیست، اهداف و روش‌شناسی پایداری، مهارت‌های عملی، زندگی و سامانه‌های تجسمی را بهبود بخشیده و سطح بهداشتی، بهزیستی و خوشبختی را به‌مراتب بالاتر می‌برد. طراحی احیایی بر اصول تکثیرشونده و اخلاقی طراحی بوم‌شناختی و هم‌چنین تفکر سامانه‌های زنده تمرکز دارد. ما باید با طبیعت کار کنیم، نه این‌که با آن مبارزه کنیم (حبیبی، ۱۴۰۰).
[6] H. Cherki Demali, Chairman of the International Committee of Museums of Science and Technology
[7] CIMUSET (International Committee for Museums of Science & Technology)
[8] Earth-water-Energy-Society Nexus

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

برداری بهینه در معنای بارور ساختن و استفاده توام با استمرار و برخورداری پیوسته از زیرساخت‌های زیست‌بوم‌شناختی فهمیده می‌شده است. در ایرانِ پیشانوسازی، نسبت مستقیمی میان توسعه کالبدی و میزان آب در سکونتگاه وجود داشته است. تجارب جغرافیای تاریخی، دستاوردهای تمدنی و مداخلات توسعه‌ای متاخر از یک‌سو و یافته‌ها و کوشش‌های جهانی برای هم‌سوسازی دانشی–نهادی–سیاستی آب و انرژی از سوی دیگر، مساله‌شناسی انتقادی و بازیابی پیوند آب و انرژی در فلات ایران و زیست‌کره را برای غلبه بر تهدیدات امروز و فردا ضروری ساخته است.

تاثیرات متقابل اقدامات توسعه‌ای (برنامه و بودجه‌های ملی و فراملی) در زمین و مرزهای سیاره‌ای[1] و زیستی، این پرسش را برای آینده‌نگری آب–انرژی–توسعه مطرح می‌سازد که: تغییرات توسعه‌ای در فلات ایران چه تاثیری بر انرژی‌شناسی برای حرکت و سامانه‌های زیستی سرزمین داشته است؟ در واقع، تمرکز بر وضعیت‌شناسی همبست فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری است زیرا نشان می‌دهد تنظیم‌گری پیوندهای زیست‌بومی و فناورانه –که پیشران تغییرات اجتماعی هستند– تابع کدام الگو–روند است. با توجه به پیشینه تمدنی و واقعیت تنوع زیستی طبیعی و اجتماعی در فلات ایران، چگونگی مواجهه با کمیابی به مثابه یک واقعیت زیستی و زیست‌بوم‌شناختی، نشان‌دهنده الگوهای فرصت– تهدیدشناسی است که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱– کمیابی– تنوع زیستی– تمدن
Figure 1- Scarcity-Biodiversity-Civilization

روندهای موجود مشتمل بر جهت‌گیری‌ها و الگوهای متضاد دانشی–نهادی–سیاستی است. از این‌رو، وضعیت‌شناسیِ همبست فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری می‌تواند خلاها و شکاف‌ها را از یک‌سو و نقاط اتصال و همگرایی را از سوی دیگر، آشکار سازد. جدایی میان واقعیت با تحلیل‌ها و الگوهای مساله‌شناسی آب و انرژی‌شناسی، ناشی از عوامل مختلفی است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، ناپیدایی نقش‌آفرینی آب برای جوامع صنعتی به مثابه پیشگامان توسعه است.

مواد و روش تحقیق

با توجه به سوال اصلی مقاله و تمرکز بر این‌که چگونگی مساله‌شناسی و روند آگاهی و چارچوب تحلیلی مساله آب و انرژی در ایران مورد توجه است، در روش تحقیق، تحلیل کیفی و انتقادی مورد استفاده قرار گرفت. غلبه کمی و کیفی ادبیات مهندسی در مساله آب و انرژی، موجب می‌شود، علیرغم کاستی‌های رویکردهای تک–حوزه رشته‌ای و یک بُعدی برای روندشناسی چارچوب تحلیلی مساله آب و انرژی در ایران، متون مهندسی اهمیت ویژه‌ای پیدا کنند. در واقع، نه مباحث فنی–مهندسی در این متون بلکه رویکرد حل مساله در آن‌ها برای هدف این مقاله، مهم هستند. روش و مسیر طراحی بحث در این مقاله با کمک گرفتن از موقعیت طراحی مهندس آب در بازه زمانی ۱۳۴۰–۱۳۶۰ و تحلیل کیفی رویکرد حل مساله در طرح‌های پیشنهادی وی در کتاب «در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران» انجام شد. دو هدف اصلی عبارتند از: «پیشینه‌پژوهی دانشی» و «روندشناسی تفکر طراحی و حل مساله آب و انرژی در ایران».

[1] Planetary boundaries

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

در این‌جا تلاش برای درک و شناخت «در مساله (آب و انرژی)» نیست که به ارزیابی کمی و کیفی برنامه‌ها و طرح‌های فنی-مهندسی می‌پردازند. مثلاً، آموزش و نقد نرم‌افزارها و الگوریتم‌های بهینه‌یابی و بهینه‌سازی و بحث در مورد اثربخشی آن‌ها در زمینه‌های متنوع آب و انرژی، مد نظر ناست. آن‌چه مهم و غالباً مغفول مانده است، پرسشگری از الگوهای طراحی و تفکر طراحی مهندسی در فهم و حل مساله آب و انرژی است. از این‌رو، مباحث این مقاله کوششی تحلیلی و پژوهشی برای درک و شناخت «بر مساله(آب و انرژی)» است. در این صورت، می‌توان به طراحی متفاوتی از «مساله» دست یافت که زمینه پیوندیابی و پیوندشناسی آب و انرژی را فراتر از حوزه طبیعی و فنی می‌برد.

بنابراین، مساله به‌صورت زیست‌بوم‌محور درک خواهد شد. طراحی و تحلیل «مساله» بر پایه پیوند حوزه‌های طبیعی و اجتماعی از یک-سو و شناسایی نقش «زمین» با احوالات (رگزیستازی و بیوستازی) و مرزشناسی آن نظیر مرزهای سیاره‌ای از سوی دیگر، نقشه دیگری از «مساله» می‌سازد که فهم جدیدی را به ارمغان می‌آورد. در این مقاله، اثری تاریخی در متون مهندسی با عنوان«در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران» مورد بررسی قرار گرفته است که تصویری از راه‌حل‌های مهندسی در دهه‌های ۱۳۴۰-۱۳۶۰ ارائه می‌دهد. هم‌چنین برای پیگیری روند تفکر و الگوی مساله‌شناسی آب و انرژی در ایران، نقشه جامع علمی کشور -که هم‌چنان اعتبار دارد و هنوز بازنگری نشده است- به‌صورت کیفی و انتقادی بررسی شد.

با عبور از شناسایی محدود و محصور «در مساله» و تلاش برای حرکت به سوی ارائه تحلیلی «بر مساله»، پیوند جدیدی آشکار شد که در همبست زمین-آب-انرژی-جامعه، قابل شناسایی و خواندن است. هم‌چنین با توجه به پیشینه تمدنی و ویژگی‌های سرزمینی ایران‌زمین نظیر خشکی و سیلابی بودن، از یک‌سو و بازخوانی نقش‌آفرینی آب در توسعه صنعتی، «آب به مثابه انرژی» شناسایی شد. به‌نظر می‌رسد اهتمام به روش شناسایی الگو و تفکر طراحی مساله آب و انرژی در ایران و جهان، می‌تواند منظرهای جدیدی را آشکار سازد. به بیان دیگر، نه فقط «چگونگی» بلکه «چرایی» نیز مد نظر قرار خواهد گرفت. بدین ترتیب، بازنگری در روش‌های کنونی هم در اولویت قرار می‌گیرند.

به‌نظر می‌رسد به روش‌هایی نیاز داریم که محدود به انجام کار مشخص و قابل آزمودن، نباشند بلکه بتوانند متناسب با ویژگی‌های سرزمینی و تغییرات پیوسته آن، موقعیت مصرف‌کنندگی «روش تحقیق» را به موقعیت «طراحی روش و نرم‌افزار مبتنی بر همبست زمین-آب-انرژی-جامعه»، ارتقاء بخشند. بازخوانی تاریخی متون مهندسی و بازیابی ارتباط آن با متون و اسناد بالادستی در امروز و آینده، می‌تواند تصویر مناسب‌تری از مساله آب و انرژی در ایران، ارائه نماید. بازخوانی تاریخی که فقط «تاریخ به معنای زمان»، نباشد بلکه زمانی-مکانی-فضایی باشد. به‌طور خلاصه، روش تحقیق در جنین مواردی به روش‌های آینده‌نگری بر پایه تاریخ تحول محیطی استوار است.

نتایج و بحث

آب و توسعه صنعتی؛ آب به مثابه پیشران توسعه صنعتی

آب و انرژی پیش‌ران‌های زندگی و توسعه هستند. «انرژی و آب منابع حیاتی برای رشد اقتصادی هستند. در سطح جهانی، از زمان انقلاب صنعتی، مقادیر زیادی آب و انرژی در صنایع استفاده شده است» (Lee et al, 2021). در دوران تحولات صنعتی، آب به مثابه انرژی برای صنعت مدرن و توسعه جوامع پیشگام صنعتی عمل کرده است. «این نیروی آب بود که انقلاب صنعتی را در قرن هجدهم ممکن ساخت و کارخانه‌هایی را ایجاد کرد که دنیای مدرن را ساختند» (بریجمن، ۱۳۹۵).

ظهور دوران صنعتی و جامعه صنعتی با افزایش انفجارگونه و خیره کننده سهم توسعه منابع آب در این دوران و در جوامع نوین همراه بود. انقلاب صنعتی نمی‌توانست بدون تامین آب برای واحدها و فرآیندهای صنعتی، تامین آب آشامیدنی، دفع فاضلاب‌ها و زهکشی شهرها تحقق پذیرد و به پیش رود. نخستین مخازن نوین و امروزی در قرن نوزدهم ساخته شدند. برای اولین بار این انقلاب پدیده جدیدی را به وجود آورد: آلودگی شدید فیزیکی، زیستی و شیمیایی آب و محیط‌های آبی. ساختن کانال‌های مناسب برای حمل و نقل در رودخانه‌های قابل کشتیرانی را می‌توان جزء نقش‌های مهم آب در تمدن‌های عصر جدید تلقی کرد. در دوران انقلاب صنعتی هر چهار نوع فناوری موجود آب یعنی توسعه منابع آب، حفظ و صرفه‌جویی آب، مهار خطرات و خسارات ناشی از آب، و حفاظت از محیط‌های آبی در برابر فعالیت‌های بشر، دوباره و از نو شکل داده شد.

توسعه به معنای خلق و ایجاد زیرساخت‌های تمدن، از طریق آب مناسب، تولید برق از نیروی آب، ایجاد کانال‌ها و رودخانه‌های مناسب برای حمل و نقل، خلق مناظر و چشم‌اندازهای زیبا و تفرجگاه‌ها و تاسیسات مشابه تلقی می‌شد. نیروی آب ابتدا انرژی مکانیکی لازم برای صنایع را تامین کرد و سپس در خدمت ماشین بخار و تامین برق مورد نیاز شهرها و صنایع قرار گرفت (یوجِویچ، ۱۳۷۳). «رودخانه و شاخه

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

های آن نقش مهمی در توسعه صنعتی و اجتماعی دارند» (Rizwan & Gurdeep, 2010). ترجه ، نویسنده دوره نه جلدی تاریخ آب نشان می‌دهد که انقلاب صنعتی اولیه با قدرت آسیاب‌های آبی و حمل و نقل عمده کالا از طریق کانال امکان‌پذیر شد. رودخانه‌های بریتانیا برای هر دو مورد عالی بودند. آن‌ها شبکه خوبی را در سراسر کشور فراهم کردند (http://archives.esf.org/, 2008). علی‌رغم اهمیت مرکزی که آب برای تمدن‌های باستانی و مدرن داشته است، اهمیت اجتماعی آن به طرز شگفت‌انگیزی تأثیر کمی بر درک معاصر ما از تاریخ و توسعه بشری گذاشته است. از جنگ جهانی دوم، نظریه‌های غالب مربوط به سیستم کمک‌های بین‌المللی، بدون استثناء، نقش طبیعت را نادیده گرفته‌اند. آب جوامع را شکل می‌دهد، اما عاملی است که به تازگی توسط دانشمندان علوم اجتماعی مورد توجه قرار گرفته است (Tvedt, 2021)، روندهای متضاد میان تحلیل‌های جداگانه میان آب و انرژی با واقعیت‌های جوامع به تدریج مسیر تازه‌ای را در روابط آب و انرژی از مناظر دانشی–نهادی–سیاستی، بسترسازی کرد که برای حل مساله آب در پیوند با انرژی و اصلاح روابط آب و انرژی در کشور، قابل مطالعه و استفاده است.

روابط آب و انرژی

با عبور از دوران اولیه صنعتی شدن از یک‌سو و مشاهده نتایج به‌کارگیری نظریه‌های توسعه به‌ویژه نظریه نوسازی در ایران بر روابط آب و انرژی از سوی دیگر، مساله‌شناسی آب در پیوند با انرژی در پنج بخش (تغییر مسیر، بازشناسی پیوندهای زیستی، نوع و سویه‌های پیوند، چالش‌های همبست، جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران) قابل توجه است:

الف) تغییر مسیر؛ از واگرایی به سوی همگرایی

هر چند ظاهراً چالش کشورهای پیشرو صنعتی نه آب بلکه انرژی بود و آب و انرژی جدای از یکدیگر مساله‌یابی و تحلیل می‌شدند اما روندشناسیِ زمانیِ تحولات منتهی به طرح آب به مثابه یکی از حقوق مسلم زیستی از یک‌سو و رخدادِ چالش انرژی برای استمرار توسعه در این کشورها از سوی دیگر، نشان‌دهنده هم‌زمانی است که پیوستگی عمیق و پنهانی آب و انرژی را نشان می‌دهد. «توجه و حساسیت جامعه جهانی نسبت به معضلات پیش روی بخش منابع آب و تلاش برای رسیدگی به آن‌ها از جمله موضوع حق بر آب، به‌صورت جدی در دهه ۱۹۷۰ میلادی آغاز و از آن زمان ادامه پیدا کرده است» (سلمان و لنکفورد، ۱۳۹۴).

«توسعه صنعتی از طریق برنامه‌ریزی منابع آب» (Kollar & Brewer,1975) در دهه هفتاد میلادی مورد توجه قرار گرفت. تحریم نفتی دهه هفتاد میلادی نیز سرفصل انرژی را برای کشورهای پیشرو صنعتی–مصرفیِ نفت، بازتعریف کرد و مباحث توسعه را دچار دگرگونی نمود. «گزارش محدودیت‌های رشد[1] (۱۹۷۲میلادی/۱۳۵۱شمسی)، از طرف کلوپ رم منتشر شد و در آن برای اولین بار عوامل تعیین‌کننده وضع جهان با دیدی علمی و متکی بر آمار و ارقام سال‌های ۱۸۰۰ تا ۱۹۷۰ میلادی با فرضیاتی نه چندان غیرمنطقی پیش‌بینی شده بود (توحیدی، ۱۳۶۰).

در این سند برجسته به جامعه‌های صنعتی هشدار می‌داد که اگر منابع در مدتی کوتاه مصرف شوند، دوران محرومیت فرا خواهد رسید. در سال ۱۹۷۳ میلادی قیمت نفت به واسطه تحریم نفتی از سوی کشورهای عربی بالا رفت و بحرانی در نظم اقتصاد غرب ایجاد نمود که به اولین اقدامات صرفه‌جویی انرژی–عایق‌بندی، محدودیت‌های حداقل سرعت در راه‌ها، کاهش استفاده از اتومبیل‌ها، بعضی جیره‌بندی‌های نفت– در دوره ۴–۱۹۷۳ میلادی منجر شد (کهیل، ۱۳۹۲). نویسندگان کتاب محدودیت‌های رشد، پیش‌بینی کردند که به‌علت کمیاب شدن منابع طبیعی تا سال ۲۰۰۰ میلادی، رشد اقتصاد متوقف خواهد شد، مگر آن‌که نحوه استفاده اقتصادی از انرژی خورشیدی یا تولید انرژی هسته‌ای به‌طور وسیع فرا گرفته شود، در چنین روزی، دیگر انرژی منبع کمیاب نخواهد بود (میکسل، ۱۳۷۶).

آن‌چه در این نوع تحلیل‌ها مورد غفلت قرار می‌گیرد، روابط میانِ منابع انرژی[2] در اطلس انرژی‌ها از یک‌سو و الگوی مصرف آن‌ها نه فقط بر پایه نوع و کیفیت فن‌آوری، بلکه چرایی و چگونگی نوع مصرف و مکانِ مصرف و تولید از سوی دیگر است. گسست در همبست فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری، و درک تک بُعدی از مساله انرژی برای حذف مسائل مهمی مانند «کمیابی» و «مصرف‌گرایی»، آثار منفی خود را بر جای می‌گذارد. امروزه این واقعیت آشکار شده است که «مصرف آب و انرژی در شبکه فعالیت‌های اقتصادی، نه تنها به‌دلیل نیاز یکی به دیگری بلکه به دلیل ارتباط متقابل آن‌ها در تولید و مصرف محصولات، در هم تنیده شده است» (نصراللهی و همکاران، ۱۴۰۱).

[1] The Limits to Growth

[2] به‌عنوان مثال می‌توان به انتخاب شادروان کریم جوانشیر خوبی برای کتابش اشاره کرد: منابع مختلف انرژی و جهان فردا: خورشید، جنگل، نفت. توجه به خورشید بیش از چهل سال قبل، بسیار پیشروانه بوده، هر چند «آب به مثابه انرژی» مطرح نشده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

در دهه‌های گذشته به‌دلیل کاهش ذخایر انرژی فسیلی و هم‌چنین رشد جمعیت و اقتصاد، آب و انرژی که اساس بقای انسان و توسعه اجتماعی است، توجه زیادی را هم از سوی صنعت و هم از سوی دانشگاه‌ها به خود جلب کرده است و به‌تدریج مفهوم رابطه آب–انرژی را شکل داده است (Wang et al., 2021). مفاهیم و اصطلاحات جدید در نقد ضعف‌ها و تقویت رویکردهای پیوندی و همبست آب و انرژی مطرح شده‌اند «باستان‌شناسی تاریخی–جغرافیایی روابط آب و جامعه[1]»، «مطالعات آب–جامعه[2]»، نابینایی در شناختِ نقش‌آفرینی آب[3] در توسعه جوامع، و همگرایی نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی و تجزیه و تحلیل[4] در رابطه آب و انرژی[5]، از جمله این اصطلاحات سلبی و ایجابی مطرح شده هستند. در تخمین شورای جهانی انرژی از عرضه انرژی برای دهه‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ که در سال ۱۹۹۷ انجام شد از «آب» در کنار زغال سنگ، نفت، گاز، و سوخت هسته‌ای (طاهری، ۱۳۷۸) نام برده شده است.

«در سال‌های اخیر ارتباط انرژی و آب اهمیت قابل توجهی یافته است. رویکردهای هم‌افزایی مبتنی بر تحلیل سیستم‌ها و مدل‌های ریاضی برای کمک به تصمیم‌گیرندگان برای درک بهتر روابط متقابل و مبادله بین انرژی و آب حیاتی هستند. در مدیریت پیوند انرژی و آب، تصمیم‌گیرندگان مختلفی با اهداف و ترجیحات متفاوت که اغلب متناقض هستند، دخالت دارند. این تصمیم‌گیرندگان ممکن است قدرت کنترل متفاوتی بر اهداف مدیریت و تصمیمات داشته باشند. آن‌ها به‌طور متوالی از سطح بالا به سطح پایین تصمیم می‌گیرند و تصمیم گیری در رابطه انرژی–آب را به چالش می‌کشند» (Xiaodong & Vesselinov, 2016). توجه به این روندهای قوی و رو به فزونی، نشان می‌دهد روابط آب و انرژی، تغییر مسیر از واگرایی به سوی همگرایی را تجربه می‌نماید.

ب) بازشناسی پیوندهای زیستی آب و انرژی

تغییر مسیر واگرایی به سوی همگرایی در پیوند آب و انرژی که ناشی از ضرورت به‌کارگیری پیوندهای زیستی (از سطوح پایه مانند سلول تا سطوح بالاتر و کلانِ بوم‌شناسی طبیعی و اجتماعی) در برنامه‌نویسی و بودجه‌ریزی توسعه با لحاظ مرزهای سیاره‌ای و زیستی است، نیازمند بازشناسی پیوندهای زیستی آب و انرژی است که در جدول‌های ۱ و ۲ با دو محور اصلی «برای» و «در» به‌صورت فشرده ارائه شده‌اند. نکته مهم در بازشناسی، تامل، تحقیق بلندمدت، برنامه‌ریزی و آزمایش در خصوصِ «پرسش‌ها و نکات ناشی از» موارد مختلف است که در ستون سمت چپ به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

با توجه به محدودیت حجم مقاله، نکات و پرسش‌های مطرح شده در ستون سمت چپ جدول‌های ۱ و ۲، بسیار مختصر و فشرده‌اند. دقت در آن‌ها نشان می‌دهد که هنوز فاصله تحقیقاتی زیادی تا رسیدن به موقعیت «طراحی مساله» آب و انرژی، وجود دارد. ارتقاء توان پژوهش و تحلیل از سطح «در مساله (آب و انرژی)» و صعود به قله‌های «بر مساله(آب و انرژی)»، نیازمند بازنگری الگوهای طراحی مساله است.

جدول ۱- بازشناسی روابط آب و زیست

Table 1- Recognition of water-life relationships

	برای	پرسش‌ها و نکات ناشی از:
		اهمیتِ همبستِ فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری
آب	انرژی؛ آسیاب آبی، سازه‌های نوین تولید انرژی غذا (با منشاء گیاهی و دامی/ کشاورزی و دامپروری) صنایع و فناوری‌های حوزه‌های کشت و کار و دامی	پرسش از تناسب با تنوع زیستی و اجتماعی، پرسش از تناسب با ویژگی‌های سرزمینی؛ مثال: الگوی کشت، تنوع منابع آبی: آب‌های کارستی و ...، پرسش از تناسب با روندهای سلامت و بیماری‌ها، پرسش از همبست آب–انرژی–کار[6]، پرسش از بهبود مستمر؛ آمایش سرزمین و فناوری‌های بوم‌پایه.
	صنایع و فناوری‌های غیر کشاورزی و دامی؛ «صنایع بشدت انرژی‌بَر: صنایع شیمیایی و محصولات وابسته، صنایع تولید فلزات اساسی، صنایع نفت، گاز	اهمیت مهندسی شیمی در صنایع انرژی‌بَر
		پرسش از جایگاه آموزش شیمی، نسبت‌یابی مهندسی شیمی با سایر مهندسی‌ها (ترسیم نقشه مهندسی‌ها)،

[1] Historical-geographical archaeology of water-society relations
[2] Water-society studies
[3] Waterblindness
[4] LEAP (the Long-range Energy Alternatives Planning system) and WEAP (Water Evaluation and Planning system)
[5] Integrating the WEAP and LEAP systems
[6] Water–Energy–Labor Nexus

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

	و پتروشیمی، صنایع کانی غیر فلزی نظیر سیمان و شیشه، صنایع چوب و کاغذ و محصولات وابسته، صنایع غذایی و آشامیدنی» (پنجه‌شاهی، ۱۳۷۹).	آینده زیستی علوم پایه؛ بیوشیمی–بیوفیزیک– ...، نسبت‌یابی فعالیت‌های مهندسی شیمی در / با زیست‌بوم و فرهنگ، نسبت‌یابی حفاظت پویا و فناوری، نسبت‌یابی طراحی فناوری و رویکرد حل مساله با فرهنگ، نسبت‌یابی با نظام بازار.
	حفظ توزیع و فراوانی جمعیت (بوم‌شناسی)، ایمنی و امنیت غذایی، پیشگیری از قحطی حفاظت از سرزمین؛ حفاظت از رودخانه‌ها و زیرساخت‌های زیست‌بوم‌شناختی، ... آمایش سرزمین‌پایه	اهمیت آب برای حفاظت پویا از زمین و سرزمین
		پرسش از نسبتِ تغییرات جمعیتی با تغییرات آبی، پرسش از تغییرات بیوفیزیکی با تغییرات منابع آبی، پرسش از آینده‌نگری شرایط آبی و کمیت و کیفیت سبد غذایی ایرانیان بر پایه شیوه زیست و مکان (اقلیم و زمین)، پرسش از تغییرات ژئومورفولوژیک و به‌کارگیری نتایج در برنامه‌نویسی و بودجه‌ریزی، به‌روزرسانی مستمر اسناد آمایش سرزمین بر پایه آبنده‌نگری تحولات آبی–خاکی/ اقلیمی–زمینی.
	در	اهمیت تنوع منابع آبی و اهمیت ردپای آشکار و پنهان آب
	زمین و خاک غذاها صنایع و فناوری‌های مختلف جابه‌جایی‌ها و حمل و نقل آبی[1]	پرسش از زیست‌بوم‌های وابسته به آب زیرزمینی[2]، پرسش از زمین‌شناسی آب، پرسش از زمین‌شناسی اجتماعی آب، پرسش از زمین‌آمار آب، پرسش از ردپای آب و انرژی[3].

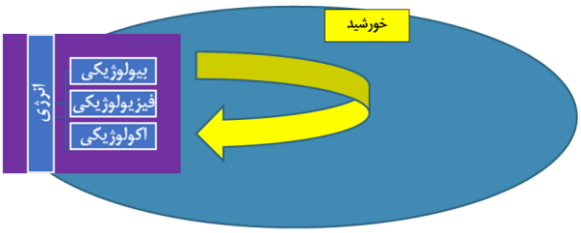
جدول ۲- بازشناسی روابط انرژی و زیست

Table 2- Recognizing the relationships between energy and life

انرژی	برای	پرسش‌ها و نکات ناشی از:
		اهمیت انرژی در پیوستگی حوزه‌های زیستی (از سطوح پایه مانند سلول تا سطوح بالاتر و کلانِ بوم‌شناسی طبیعی و اجتماعی)
	آب (تولید، توزیع، مصرف) غذا (با منشاء گیاهی و دامی/ کشاورزی و دام-پروری) / تولید، مصرف و توزیع صنایع و فناوری‌های حوزه‌های کشت و کار و دامی حفاظت پویا از سرزمین	پرسش از بهینگی بلند مدت کاربردهای انرژی در تامین الکتریسیته و برق، پرسش از انرژی غذایی، پرسش جایگاه انرژی غذایی در نقشه، سبد و اسناد انرژی، پرسش از بهینگی بلند مدت کاربردهای انرژی در کشاورزی و دام‌پروری، پرسش از تنوع انرژی‌های سرزمینی و فرا سرزمینی و وزن‌دهی برای ترکیب و به‌کارگیری متناسب با استعدادهای سرزمینی (آمایش سرزمین در مقیاس‌های ملی و زیست‌کره).
	صنایع و فناوری‌های غیر کشاورزی و دامی؛ «صنایع به‌شدت انرژی‌بَر: صنایع شیمیایی و محصولات وابسته، صنایع تولید فلزات اساسی، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، صنایع کانی غیر فلزی نظیر سیمان و شیشه، صنایع چوب و کاغذ و محصولات وابسته، صنایع غذایی و آشامیدنی» (پنجه شاهی، ۱۳۷۹).	اهمیت مهندسی انرژی و مدیریت مهندسی انرژی
		پرسش از جایگاه آموزش انرژی، نسبت‌یابی مهندسی انرژی با سایر مهندسی‌ها (ترسیم نقشه مهندسی‌ها)، نسبت‌یابی فعالیت‌های مهندسی انرژی در / با زیست‌بوم و فرهنگ، ترسیم نقشه آمایش سرزمینی انرژی‌های سرزمینی و فرا سرزمینی (چند مقیاسی). تنوع انرژی، تنوع زمینی–زیست‌بومی، تفاوت‌های ارتفاعی، تنوع مهندسی‌های انرژی در اسناد انرژی و آمایش سرزمین چگونه جانمایی شده‌اند؟ انرژی‌های محلی در نقشه‌های بالادستی فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری چه وضعیتی دارند؟
	حفظ توزیع و فراوانی جمعیت (بوم‌شناسی)، ایمنی و امنیت غذایی، پیشگیری از قحطی حفاظت از سرزمین؛ حفاظت از رودخانه‌ها و زیرساخت‌های زیست‌بوم‌شناختی، ... آمایش سرزمین‌پایه	اهمیت آب برای حفاظت پویا از زمین و سرزمین
		پرسش از نسبتِ تغییرات جمعیتی با تغییرات آبی، پرسش از آینده‌نگری شرایط آبی و کمیت و کیفیت سبد غذایی ایرانیان بر پایه شیوه زیست و مکان (اقلیم و زمین)، پرسش از تغییرات ژئومورفولوژیک و بکارگیری نتایج در برنامه‌نویسی و بودجه‌ریزی، به‌روزرسانی مستمر اسناد آمایش سرزمین بر پایه آبنده‌نگری تحولات آبی–خاکی/ اقلیمی–زمینی،

[1] Waterborne transport
[2] Groundwater-dependent ecosystems (GDEs)
[3] Water footprint and Energy footprint

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

		پرسش از روند چرخه مواد و انرژی در سرزمین و زیست‌کره.
	در	پیشرانی خورشید، زمین و خاک در تغییرات زیستی
	خورشید آب زمین و خاک غذاها صنایع و فناوری‌های مختلف	در ترکیب سبد انرژی، تغییرات زیستی–زیست‌بوم‌شناختی تابع چه الگویی هستند؟ آب به مثابه انرژی طبیعی–اجتماعی در اطلس انرژی فلات ایران چه جایگاه دانشی–نهادی–سیاستی دارد؟ اندازه‌گیری و استانداردهای انرژی تا چه اندازه بوم‌پایه هستند؟ داده‌های آماری پایه انرژی‌های متنوع سرزمینی چه وضعیتی دارند؟ زمین‌پایگی آمارهای انرژی چه پیشرفتی داشته است؟ تحلیل نقادانه مرزهای سیاره‌ای چه تاثیری بر همبست آب و انرژی دارد؟ 

پ) کالبدشکافی پیوند آب و انرژی؛ نوع و سویه‌های پیوند (یک، دو، چند)

پیش‌تر گفته شد که آب‌شناسی در پیشینه آمایشی و زیستی فلات ایران، در واقع، زمین–آب–انرژی‌شناسی برای «جمعیت به مثابه بوم‌شناسی» بوده است اما واگرایی فرهنگ و فناوری و گسست در همبست فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری، مانع از بازشناسی زیستی و زمین پایه پیوند آب و انرژی شد. به‌عنوان مثال، ترسیم روابط حوزه‌های مختلف در شکل زیر، نشان از جدایی حوزه‌های زیستی از مهندسی و زمین از یک‌سو و ناپیدایی جایگاه روابط بیوفیزیکی–اجتماعی از سوی دیگر است.

جدول ۳- ارتباط ژئوفیزیست با مهندس

Table 3- Geophysicist-Engineer Relationship

مهندس	⟵	**زمین‌شناس**	⟵	**ژئوفیزیست**

(منبع: عمادی و رضایی، ۱۳۷۸)

نمونه دیگر، «مدل بهینه‌سازی جریان انرژی به عنوان یک مدل بهینه‌سازی عرضه انرژی توسط اتحادیه اروپا EFOM[1] است که نخستین بار در سال ۱۹۷۰در موسسه گرنویل فرانسه طراحی شد و تنها مساله انرژی را مد نظر قرار می‌داد، و قادر نبود مشکلات محیط زیستی را حل کند. هدف این مدل، گسترش استراتژی‌هایی بود که اروپای غربی را از واردات نفت آزاد سازد» (کاظمی، ۱۳۸۳).

با گسترش قدرت پیوندهای زیستی در مساله‌شناسی آب و انرژی و تغییرات دانشی–نهادی–سیاستی، بار دیگر آب و انرژی و بوم‌شناسی به دستور کار تحقیقاتی–سیاستی نهادهای متنوع در آمده‌اند. سطح مباحث به حوزه اجتماعی و زیستی و مقیاس تحلیل‌ها به مرزهای سیاره‌ای ارتقاء یافته است. «گفتمان محدودیت‌ها و بقاء پس از آن‌که دبیر کل سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۰ دستور انجام برنامه تحقیقاتی زیست‌بوم‌های هزاره[2] را داد و متعاقب انتشار گزارش آن در سال ۲۰۰۵، تغییر ظریفی پیدا کرد. تاکید گفتمان محدودیت‌ها از محدودیت‌های جهانی به زیست‌بوم‌های تحت فشار، معطوف شد. با تکیه بر این نوع تفکر، حدود سال ۲۰۱۰ مفهوم مرزهای سیاره‌ای به سرعت در جامعه علوم محیط زیستی و فراتر از آن شهرت یافت. در واقع، ۹ مرز[3] وجود دارد که هر کدامشان یک سیستم مهم پشتیبان حیات را بازنمایی می‌کند. این سیستم‌ها با هم فضای عملیاتی امنی برای بشریت تعریف می‌کنند» (درایزک، ۱۴۰۲).

[1] Energy Flow Optimization Model (EFOM)

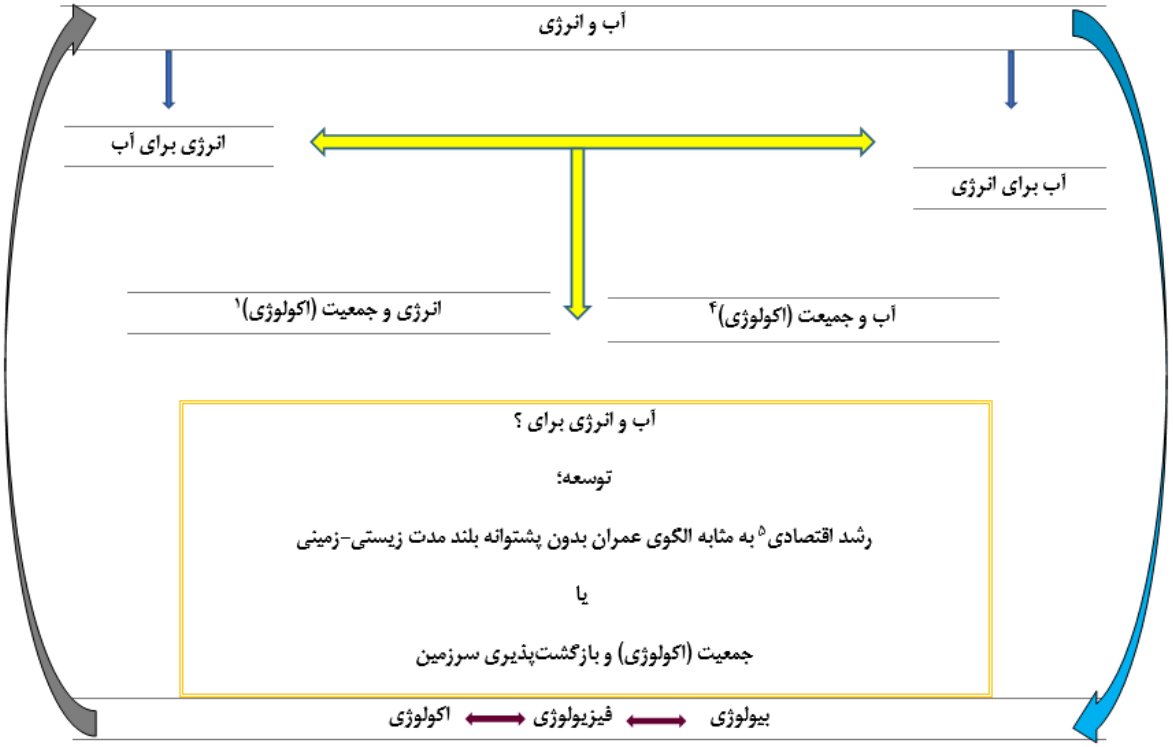
[2] The Millennium Ecosystem Assessment

[3] دی‌اکسیدکربن در جو، اسیدیته اقیانوس، اوزون استراتوسفری، چرخه‌های بیوژئوشیمیایی نیتروژن و فسفر، استفاده از آب شیرین، تغییر سیستم زمین، از بین رفتن تنوع زیستی، آلودگی شیمیایی، انتشار آئروسل (aerosol) جوی (درایزک، ۱۴۰۲).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

مسائل آب و انرژی تدریجاً از منظر بیوفیزیکی–اجتماعی، بازنگری می‌شوند. به بیان دیگر، سویه‌ها و نوع پیوند آب و انرژی مورد پرسش قرار گرفتند. شکل ۲، پیچیدگی آب و انرژی و بوم‌شناسی را به‌صورت فشرده نشان داده است.



شکل ۲- پیچیدگی آب، انرژی و بوم‌شناسی

Figure 2- Water, energy, and ecology complexity

ت) چالش‌هایِ همبست آب و انرژی

درس‌آموزی‌های حاصل از نتایج تلخِ تحلیل‌های غیرپیوندی و جداگانه آب و انرژی در بیش از نیم قرن گذشته به تدریج شکل‌گیری روند جدیدی را موجب شده که طرح مباحث پیوندی و همبستی را در دستور کار دانشی–نهادی–سیاستی قرار داده است. توانایی ترسیمی–تحلیلی مسائل آب و انرژی در مقیاس‌های وسیع و فوق وسیع حتی مرزهای سیاره‌ای را مورد نقد قرار داده است. «مرزهای سیاره‌ای مرزهای بیوژئوفیزیکی در مقیاس سیاره‌ای برای فرآیندها و سیستم‌هایی هستند که با هم وضعیت سیستم زمین را تنظیم می‌کنند» (Gleeson et al., 2020). اما «چارچوب مرزهای سیاره‌ای به‌دلیل ماهیت تقلیل‌گرایانه، رویکرد فن‌گرا و عدم توجه به مسائل اجتماعی با انتقاد مواجه است» (Sobkowiak et al., 2023).

هم‌چنین مرزهای سیاره‌ای به‌دلیل آن‌که «همه انواع تداخل انسان با چرخه پیچیده آب جهانی و سیستم زمین را منعکس نمی‌کنند، مورد نقد قرار گرفته و مرز سیاره‌ای آب[1] برای تقویت قوه تحلیلی، پیشنهاد شده است» (Gleeson et al., 2020). با توجه به تغییرات پُر شتاب و فراگیری که تنوع زیستی طبیعی و اجتماعی را در مقیاس زیست‌کره در بر گرفته و به چالش کشیده است، پرسش از آب برای زیستن و انرژی برای توسعه، صورت‌بندی جدیدی فراتر از تفکراتِ بخشی و شیوه‌های ناپیوندیِ معمول از آغاز صنعتی شدن تا اوایل قرن بیست و یکم یافته است.

همبست آب–غذا–انرژی[2] خوانش جدید از روابط آب و انرژی با محوریت غذا است. اما پیوندشناسی و همبستِ غذا و انرژی در مباحث انرژی در مجامع ملی و جهانی چندان شناخته شده نیست. هر چند در «واحدهای اصلی اندازه‌گیری انرژی کالری، ژول، BTU[3] و وات»

[1] Water Planetary Boundary

[2] Water-Food-Energy Nexus

[3] واحد گرمایی انگلیسی BTU مقدار گرمایی است که برای بالا بردن دمای ۱ پوند آب به اندازه ۱ درجه فارنهایت لازم است (کوچکی، ۱۳۷۳).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

(کوچکی، ۱۳۷۳) وجود دارند اما از کالری در مسائل انرژی کم‌تر بحث می‌شود و پرسش از انرژی غذایی[1] در اسناد انرژی[2] بی‌پاسخ می‌ماند، هم‌چنان‌که تمهیدات و تلاش‌های آب‌شناسی در سطوح ملی و فراملی با کوشش‌های خاک‌شناسی و همبستهای آن قابل مقایسه نیست. ضرورت تحلیلی و شناخته بودن پیوستگی خاک و آب، فراگیر است زیرا «خاک محیطی برای رشد گیاه و بستر تمامی فرآیندهای بیوژئوشیمیایی[3] و بیوژئوفیزیکی[4] است» (Hatfield et al., 2017).

خاک به‌عنوان ابزار پایه همبست (پیوند) است و خاک‌ها در مرکز پیوند غذا–انرژی–آب» (Lal et al., 2017) قرار دارند اما حتی «در همبست آب–غذا–انرژی، خاک فراموش می‌شود» (Hatfield et al., 2017). «الگوی تولید و مصرف نیز که تنها توسط یکی از شاخص های اهداف توسعه هزاره (شدت و حجم مصرف انرژی) پوشش داده می‌شد، در مجموعه جدید شاخص‌ها حذف شد» (زمانی و جواهریان، ۱۳۹۴). با توجه به تغییرات انجام شده و آشکار شدنِ جایگاه «انرژی» و «الگوی تولید و مصرف» در اجلاس بعدی سازمان ملل، که موجب شد «پیوند آب، انرژی و غذا[5] به عنوان یک ابزار مفهومی برای دستیابی به توسعه پایدار، اولین بار در مجمع جهانی اقتصاد در سال ۲۰۱۱ میلادی مطرح شود (خورسندی و سیادتی، ۱۳۹۶) و «مجمع عمومی سازمان ملل متحد، سال ۲۰۱۲ را "سال بین‌المللی انرژی پایدار برای همه" نام‌گذاری نماید» (سلیمی‌ترکمانی، ۱۳۹۲) با وجود این، «بسیاری از موسسات و اسناد حقوقی بین‌المللی، ارتباط محیط زیست و انرژی را نادیده می‌گیرند» (امین‌منصور، ۱۳۹۵) و غالباً هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی از بین رفتن محیط زیست سنگین بوده و در حساب-های ملّی نشان داده نمی‌شود (فرانک و الحق، ۱۳۸۰). در سند توسعه هزاره، بحث انرژی حذف شد و در سند ۲۰۳۰ نیز به‌صورتی ضعیف مطرح شد.

در مجموع به‌نظر می‌رسد پیشران‌های زیستی و فناروانه که تغییرات مجتمع‌های زیستی را موجب می‌شوند، تجارب جدیدی را برای جوامع زیستی و زمین رقم می‌زنند که نیازمند مدل‌سازی چند مقیاسی[6] و تحلیل‌های آمایش سرزمینی در پرتو مرزشناسی‌های زیستی و سیاره‌ای است. برای آینده‌نگری نیازمند پیشینه‌پژوهی با هدف شناسایی الگو–روندها هستیم. بازشناسی پیوند آب و انرژی عصاره همبست‌های «آب و زیست» و «انرژی و توسعه» و به تعبیر کامل‌تر، «انرژی و پیشرفت» است. در واقع، بازیابی «آب به مثابه انرژی» است که در زیست‌بوم خشک و نیمه خشک ایران‌زمین جلوه‌ای روشن از کارکرد تمدنی همبست فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری بوده است. آینده توسعه و پیشرفت در چگونگیِ پیوند برنامه و بودجه با حوزه‌های به‌هم‌پیوسته زیستی (از سطوح پایه مانند سلول تا سطوح بالاتر و کلانِ بوم‌شناسی طبیعی و اجتماعی) خواهد بود و لازم است روندشناسی الگوهای تحلیلی آب و انرژی از گذشته به سوی آینده انجام شود.

برای تقویتِ توان تحلیلی، علاوه‌بر «رشد» می‌توان از مفهومِ «بهره‌وری» البته مشروط به بازخوانی انتقادی و تولید شاخص‌های ترکیبی (طبیعی–اجتماعی) با هدف‌گذاری بازگشت‌پذیری سرزمین، استفاده کرد. گفتنی است از «مفهوم برگشت‌پذیری بوم‌شناختی جهت تشریح خطر از دست دادن توانایی بازیابی بوم‌نظام استفاده می‌شود و تعاریف مختلفی دارد» (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). آن‌چه که در این مقاله مد نظر است، حرکت دانشی–نهادی–سیاستی در مسیر شناسایی و درک پیوندی و همبستی با «زمین» و «سرزمین» (استعدادهای طبیعی و اجتماعی) است. هدف از این پیوندشناسی، کشف آستانه‌ها برای ترسیم مرزها و حدود حداکثرسازی اکتشاف و استخراج و مصرف منابع موجود در «زمین» و «سرزمین» نیست، بلکه هدف، شناخت و طراحی مساله مبتنی بر همبست زمین–آب–انرژی–جامعه است. در این صورت، رابطه از حالت یک‌سویه، فراتر می‌رود و صورت مساله، از بستر مصرف‌گرایی خارج می‌شود.

ث) جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران؛ بازیابی زیست‌بوم‌شناختیِ همبست آب و انرژی در مرزهای سیاره‌ای؟

محوریت آب برای زیست و حرکت در فلات ایران شناخته شده است و سابقه چند هزار ساله مهندسی را با خود دارد. به بیان دیگر، آب به مثابه انرژی در پیشینه زیستی زیست‌بوم خشک و کوهستانی ایران، طراحی و اجرا شده است. سابقه استفاده از نفت به‌عنوان سوخت، طولانی است. «استفاده اصلی از نفت در آن ایام نیز مانند امروز به‌عنوان سوخت بود. چنان‌که گمِلَن نیز اشاره می‌کند تنها نفتی که برای سوزاندن استعمال می‌شد نفت سیاه بود و داد و ستد آن بسیار رواج دارد. کاربردهای دارویی و کمیاب بودن نفت سفید نشان می‌دهد که تولید نسبتاً محدود داشته است. در ایالت‌های حاشیه دریای خزر نفت از راه دریا حمل و نقل می‌شد» (محبی، ۱۳۸۳). بنابراین، پرسش اصلی

[1] Food energy

[2] به‌عنوان مثال بنگرید به: سند ملی راهبردی انرژی کشور که در سال ۱۳۹۶ تصویب شده است.

[3] Biogeochemical
[4] Biogeophysical
[5] Water-Energy-Food (WEF)
[6] Multiscale Modelling

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

بر تغییرات ناشی از طرح‌های توسعه‌ای است که تغییرات بیوفیزیکی–اجتماعی را در پی داشته‌اند. بازبینی راه‌حل‌های آب و انرژی می‌تواند آینده‌نگری انرژی و بوم‌شناسی را تسهیل نماید. گفتنی است بازخوانی تاریخی راه‌حل‌های فناورانه و مهندسی نه از منظر فنی–مهندسی بلکه به لحاظ رویکردی حائز اهمیت هستند. یک نمونه تاریخی از راه‌حل‌های مهندسی در دهه‌های ۱۳۴۰–۱۳۶۰ در کتاب «در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی» قابل مشاهده است که توسط مهندس هومان فرزاد ارائه شده بود. این اثر مجموعه‌ای از طرح‌های پیشنهادی مهندسی ترجمه‌ای[1] و ابداعی است. در فصل اول، طراحی مفهومی–نظری انجام شده است که رویکرد حل مساله را نشان می‌دهد. در سه فصل بعدی (۲ و ۳ و ۴) برای امروز و آینده ایران، نه طرح پیشنهادی ارائه شده است که در جدول ۳ آورده شدند.

جدول ۳ – ترسیم فشرده محتوای کتاب «در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران»

Table 3 - A concise outline of the content of the book "In Search of Unknown Water and Energy Resources in Iran"

فصل	سرفصل	مفاد
اول	مقدمات	موجودی آب احتیاج به آب (روند صعودی)
دوم	جمع‌آوری قطرات آب شیرین در ایران	تلاش و بسیج همه امکانات برای جمع‌آوری آب‌هایی که از دست می‌رود.
سوم	پیشنهاد چند طرح تازه برای تکمیل مطالعات و اجرای آن‌ها در حال حاضر	• طرح آب انبارهای شنی • طرح کانال‌هایی به نام کارون دوم و سوم در خوزستان • طرح شیرین کردن آب دریاچه ارومیه و تولید نیروی برق از آن • طرح (برج‌های نیرو) و تولید برق از انرژی خورشیدی در ایران • طرح چشمه‌های آب شیرین خورشیدی
چهارم	پیشنهاد طرح‌هایی برای آینده ایران	• طرح دریاچه‌های کویر ایران • طرح بامرود و امکانات حمل و نقل ارزان‌قیمت روی آب در داخل ایران • طرح تولید برق از نمک‌های کویر ایران • طرح امکان تولید برق از جزر و مد و حرکات آب دریا در تنگه هرمز

در ضرورت و توجیه طرح‌های پیشنهادی، رابطه آب و انرژی بدین‌صورت مورد توجه قرار گرفته است: آب و نفت. «نفت با وجود شدت و حدت احتیاج مردم فعلی جهان به آن، مساله‌ای است موقت، فروکش کننده، گذار و تمام‌شونده که تا حد زیادی جانشین دارد اما آب شیرین برای بشر و محیط زیست نیازی است همیشگی با مصرفی دائم‌التزاید و بی جانشین که کمبود آن، مساله بزرگ دنیای آینده خواهد بود و عدم حل اساسی آن آینده هر کشوری را تهدید می‌کند. پس ناچاریم که فکر کنیم و بدون فوت وقت و با استفاده از جدیدترین راه‌ها و وسایل علمی و فنی در تهیه و تامین هر چه بیش‌تر آب، برای رفاه و سعادت جمعیت فعلی و نسل‌های آینده مملکت تلاش کنیم. این تلاش باید با اقدام به تنظیم برنامه‌های بلند مدت و بسیج همه افکار و نیروهای ملی علیه بی آبی و تخصیص درآمد حاصل از ذخائر خودمان مانند نفت و مس برای تهیه آب کافی صورت گیرد تا بتوانیم با آب‌های تازه روی این خاک عزیز به شایستگی زندگی کنیم. معتقدم که خودکفایی از آب و نیرو دو رکن اصلی یک اقتصاد سالم برای کشور است» (فرزاد، ۱۳۶۳). وی هم‌چنین به مقایسه میزان آب مصرفی مورد نیاز برای یک کیلو سبزی خوردن، یک کیلو گوشت، یک کیلو گندم و یک هکتار باغ با یک تن فولاد، یک تن کاغذ، یک تن مس و یک تن پلاستیک پرداخته که در بهمن‌ماه سال ۱۳۴۷ در مجله دانشمند منتشر کرده است (فرزاد، ۱۳۶۳).

تحلیل محتوای ایده‌پردازی و رویکرد حل مساله «در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران» نشان‌دهنده خلاقیت، جسارت، دلسوزی، پیشتازی و آینده‌نگری در طرح مساله آب و انرژی برای امروز و فردای سرزمین (دورنمایی از پنجاه سال بعد ایران) است. ارائه برنامه زمانی و توجیه اقتصادی برخی طرح‌های پیشنهادی نیز قابل توجه است که همه‌جانبه نگری در ارائه ایده‌ها را نشان می‌دهد. آشکار ساختن منابع اصلی که ترجمه شده‌اند حکایت از صداقت در ارائه طرح‌های ترجمه‌ای است. بیان معایب طرح‌ها و پیشنهاد برای حل آن‌ها روشن می‌سازد که طراح، آگاهانه به چالش آب و انرژی در ایران‌زمین پرداخته است. بازنگری دو و سه باره طرح‌های پیشنهادی مثلاً، در سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۴۹ و ۱۳۶۲ پیوستگی و تمرکز بر چالش را نشان می‌دهد. یادآوری مزارع دیم و مراتع و جنگل‌ها و دامداری و پرهیز از فراموشی آن‌ها در حساب احتیاجات مملکتی، دقت نویسنده را نشان می‌دهد. توجه به زیست‌شناسی و زمین‌شناسی دریاچه ارومیه و استناد به مجله طب عمومی در این اثر نشان می‌دهد طراح، فراتر از حوزه‌های مهندسی را نیز مد نظر داشته است. در نظر داشتن آب‌های

[1] تعبیر «مهندسی ترجمه‌ای» را از شادروان سید عبدالعظیم امیرشاه کرمی وام گرفته‌ام.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

زیرزمینی به عنوان ذخائر مملکتی، هشدار نسبت به استفاده بی ضابطه از چاه‌های موتوری عمیق و نیمه عمیق، و توجه دادن به ذخائر آب در منابع آهکی کشور از ویژگی‌های قابل تامل در این اثر هستند. وجود بُعد خانوادگی در هم‌کاری علمی برای ارائه طرح‌های پیشنهادی و بهره‌مندی از پذیرش برای انتشار در مجله دانشمند نیز حائز اهمیت هستند. با وجود این، همگرایی فرهنگ و فناوری در حل مساله آب و انرژی مشاهده نمی‌شود.

جدول ۴- کاستی‌های تحلیلی «در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران»

Table 4- Analytical shortcomings of "In search of unknown water and energy resources in Iran"

تقلیل‌گرایی در منبع‌شناسی	نامشخص بودن «تنوع» در تقسیم بار انرژی	مبهم بودن پیوند آب و انرژی	عدم توجه به فناوری‌های بومی و چگونگیِ بازآفرینی و روزآمدسازی آن‌ها
تحلیل «جمیعت» نه به مثابه بوم‌شناسی بلکه به‌عنوان «نفرات مصرف کننده»	عدم توجه به پیوستگی‌های زیستی و تاثیرات آن بر روابط آب و انرژی	سکوت نسبت به تغییرات مجتمع‌های زیستی و پیامدهای آن بر چرخه مواد و انرژی	غلبه «مبارزه‌جویی» بر سازگاری زیستی
طرح مساله بدون ترسیم سیمای سرزمین و استعدادهای سرزمینی	فقدان تحلیل مسائل مهمی چون خودکفایی و اقتصاد سالم از منظر زیست‌بوم‌شناختی	ضعف در ترسیم مساله در مقیاس‌های متداخل فرو ملی، ملی و فراملی، زیستی و سیاره‌ای	تخیل قوی اما فاقد زمین‌پایگی

بی تردید جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران می‌بایستی از طریق بازیابی زیست‌بوم‌شناختی و تکیه بر همبست آب و انرژی در مرزهای زیستی و سیاره‌ای انجام پذیرد. در غیر این‌صورت، گسست در همبست فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری، شکست در طرح‌های توسعه‌ای را به‌دنبال خواهد داشت. رویکرد مبارزه با ویژگی‌های زیستی و سرزمینی با تکیه بر فناوری –که حاکی از گسست یاد شده است– رویکردی با سابقه طولانی بوده و مانعی جدی در تبدیل تهدید به فرصت مساله آب در پیوند با انرژی است. اولویت‌های سه‌گانه مطرح شده در نقشه جامع علمی کشور (دبیرخانه شورای عالی انقلاب فرهنگی، ۱۳۸۹) – مصوب و ابلاغ شده در سال ۱۳۸۹ برای تمامی نهادهای مرتبط تا امروز که هنوز مورد بازنگری قرار نگرفته است و بالاترین سند بالادستی در مورد اولویت‌های علمی کشور محسوب می‌شود– از این منظر قابل توجه هستند که به‌صورت فشرده در جدول ۴ نشان داده شده‌اند.

جدول ۵- اولویت‌های سه گانه (الف–ب–ج) در نقشه جامع علمی کشور مرتبط با آب و انرژی

Table 5- Triple priorities (A-B-C) in the country's comprehensive scientific map related to water and energy

اولویت‌های الف در	فناوری	فناوری هسته‌ای، فناوری‌های نفت و گاز، فناوری زیستی، فناوری‌های محیط زیستی (از جمله مدیریت و فناوری آب، خاک و هوا – کاهش آلودگی آب، خاک و هوا– مدیریت پسماند– بیابان‌زدایی– مبارزه با خشکسالی و شوری)
	علوم پایه و کاربردی	بازیافت و تبدیل انرژی– انرژی‌های نو و تجدیدپذیر
	علوم انسانی و معارف اسلامی	سیاستگذاری و مدیریت علم، فناوری و فرهنگ
اولویت‌های ب در	فناوری	اکتشاف و استخراج مواد معدنی– پیش‌بینی و مقابله با زلزله و سیل
اولویت‌های ب در	علوم پایه و کاربردی	ژئوفیزیک– فیزیک انرژی‌های بالا و ذرات بنیادی
اولویت‌های ب در	علوم انسانی و معارف اسلامی	تاریخ علم (با رویکرد تاریخ اسلام و ایران)
اولویت‌های ب در	سلامت	فرآورده‌های زیستی– فناوری تغذیه
اولویت‌های ج در	فناوری	سازه‌های دریایی، احیای مراتع و جنگل‌ها و بهره‌برداری از آن‌ها– فناوری‌های بومی
اولویت‌های ج در	علوم پایه و کاربردی	زیست ریاضی– بیوفیزیک– فیزیک سیستم‌های پیچیده– مخاطرات محیط زیستی – تغییرات اقلیمی– اقیانوس‌شناسی و علوم دریایی– تنش‌های زیستی و غیر زیستی– بهینه‌سازی الگوی کشت منطقه‌ای– جامعه‌شناسی زیستی
اولویت‌های ج در	سلامت	علوم میان‌رشته‌ای بین علوم پایه با علوم بالینی– ایمنی غذایی– امنیت غذایی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

بقاء رویکرد مبارزه با ویژگی‌های محیطی نظیر خشکی و شوری و عدم تفکیک و پیوند آن با رخدادای جدید خشکی و شوری و دیگر تغییرات محیطی در مرزهای زیستی و سیاره‌ای، نشان‌دهنده دشواری بازیابی پیوند فرهنگ و فناوری از یک‌سو و ضرورت بازشناسی استعدادهای زمینی و سرزمینی و آمایش سرزمین مبتنی بر آن هستیم. تعیین اولویت آخر برای جامعه‌شناسی زیستی و سایر موارد تعیین شده، شکاف حوزه‌های زیستی را با فناوری‌های مرتبط نشان می‌دهد که در اولویت الف قرار داده شده‌اند. بنابراین، بازیابی پیوند آب و انرژی و طراحی آینده‌نگرانه آن بر پایه تغییرات بیوفیزیکی–اجتماعی دور از انتظار است و امید می‌رود در بازبینی نقشه جامع علمی کشور مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

رخداد توسعه در مقیاس زیست‌کره، تغییرات اساسی در پیوند انرژی و بوم‌شناسی ایجاد کرده است. تغییرات توسعه‌ای در فلات ایران چه تاثیری بر انرژی‌شناسی برای حرکت و سامانه‌های زیستی سرزمین داشته است؟ برای پاسخ، روندشناسی آب و انرژی از یک‌سو و تحلیل کیفی رویکرد حل مساله آب و انرژی در دهه‌های ۱۳۴۰–۱۳۶۰ و مقایسه آن با اولویت‌های نقشه جامع علمی کشور انجام شد. نیاز جهانی به نفت برای توسعه و بی‌توجهی به نقش کلیدی آب در جوامع پیشرو در صنعتی شدن که مشکل کمیابی آب هم نداشتند، توسعه را در پیوند با انرژی و فضای حاصل از گسست سامانه‌های به هم‌پیوسته زیستی (از سطوح پایه مانند سلول تا سطوح بالاتر و کلانِ بوم‌شناسی طبیعی و اجتماعی) ترسیم و تثبیت کرد. شکل‌گیری مدرنیزاسیون در ایران نیز، رابطه آب و انرژی را تغییر داد. با فراموشی «آب به مثابه انرژی» در زیست‌بوم خشک و نیمه خشک ایران و تثبیت «نفت به مثابه انرژی»، فناوری به‌صورت گسسته از فرهنگ و زیست‌بوم پدیدار شد. علاوه‌براین، فراموشی سایر انرژی‌های محلی به همراه ناتوانی از ترسیم و لذا ترمیم و تکاملِ نقشه و الگوی سنتی رابطه آب و انرژی، دگرگونی در نقشه انرژی، تحولات عظیمی در مجتمع‌های زیستی در ایران پدید آورد که پیوند زمین–آب–انرژی–جامعه را از یکدیگر جدا کرد. انرژی و بوم‌شناسی رو در روی یکدیگر قرار گرفتند و دوگانه‌های متضادی چون کشاورزی–محیط زیست، و کشاورزی–صنعت پدید آمدند و رشد کردند. به بیان دیگر، همگرایی فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری به سوی گسست، شکست و واگرایی فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری، تغییرِ مسیرِ دانشی–نهادی–سیاستی داد. آینده‌نگری آب و انرژی بدون پیشنیه‌پژوهی آن میسر نیست. هدف از واکاوی سوابق و رویکردشناسی در حل مساله، شناساییِ ردپای تغییرات شناخت آب و انرژی و پیامدها و رگه‌های امتداد یافته آن در مواجهه آینده‌نگرانه و آمایش سرزمینی است. مطالعه «در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران» و نقشه جامع علمی کشور، نشان می‌دهند رویکرد گسست‌گرا (ناپیوندی فرهنگ–زیست‌بوم–فناوری) امتداد یافته است. به بیان دیگر، سرزمین‌شناسی و توسعه آن بر مدار فناوری بدون پیوند قوی با زیست‌بوم و فرهنگ پی‌ریزی می‌شود. با وجود این، تغییرات جدیدی برای دستیابی به همگرایی و یکپارچگی در جریان است به نحوی که از گسسته شدن روابط آب و انرژی به سوی پیوستگی و همبست آب و انرژی، تغییر مسیر داده و آب به مثابه انرژی، بار دیگر اهمیت شناخت و تحلیلِ بیوفیزیکی–اجتماعی را آشکار ساخته است. برای حفاظت پویا از سرزمین می‌بایستی «آب به مثابه انرژی»، احیاء شود و ترکیب سبد انرژی مورد بازنگری قرار گیرد. در این راستا، برای تبدیل تهدید به فرصت مساله آب در پیوند با انرژی، می‌بایستی سه گام دانشی–نهادی–سیاستی با آگاهی از به‌هم‌پیوستگی حوزه‌های زیستی و ضرورت تحلیلی آن، یعنی لحاظ نمودن مقیاس زیست‌کره، مرزهای سیاره‌ای و تغییرات آن‌ها برداشته شود:

اول، جایگزینی شناسایی بیوفیزیکی آب به‌جای شناخت صرفاً فیزیکی آن (متاثر از تغییرات علوم پایه و در پیوند با آن‌ها). به این‌ترتیب، تنوع انرژی در سرزمین و پیوستگی انرژی‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال، انرژی غذایی در سبد انرژی کشور، بازشناسی خواهد شد و تاثیرات زیست‌بوم‌شناختی تغییرات زیستی، موضوعیت می‌یابند.

دوم، علاوه‌بر شناسایی بیوفیزیکی آب و انرژی، ابعاد انسانی و اجتماعی مد نظر باشند. به‌عنوان مثال، مولد، مخترع و طراح الگوهای انرژی از یک‌سو و کاربران و مشتریان انرژی‌ها از سوی دیگر، بازشناسی شوند. از این‌رو، می‌بایستی سطح تحلیلِ بیوفیزیکی به سطح بیوفیزیکی–اجتماعی ارتقاء یابد.

سوم، بازگشت به «زمین» و پی‌ریزیِ همبست زمین–آب–انرژی–جامعه است. بازشناسی و بازخوانی «زمین» با پیوندهای یاد شده در وسعت سرزمینی، تنوعی از انرژی‌ها را معرفی می‌نماید که در سند انرژی در ایران که پیوند وثیقی با آب و استقرار و جابه‌جایی زیستمندان آن دارد، جایگاه انرژی‌های محلی را در مباحث انرژی باز می‌نماید. نکته‌ای که در سند ملی آمایش سرزمین مورد توجه و تاکید قرار گرفته است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش بدون حمایت مالی انجام شده است.

مشارکت نویسندگان: نویسنده مقاله (محمود مهام) تمام قسمت‌های مقاله را انجام و نگارش نموده است.

تضاد منافع نویسندگان: نویسنده این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارد.

سپاس‌گزاری: از داوران محترم مقاله بابت ارائه نظرات ارزشمندشان تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱. امین‌منصور، جواد. (۱۳۹۵). انرژی و محیط زیست باید در قالب توسعه پایدار دیده شود. *پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو (پاون)*، ۱۱ خرداد. **https://barghnews.com/fa/news/15426**

۲. بریجمن، راجر. (۱۳۹۵). دانشنامه مصور تکنولوژی. مترجم: محمدجواد نعمتی. تهران: انتشارات کمال اندیشه، ۶۴ صفحه.

۳. پنجه‌شاهی، محمدحسن. (۱۳۷۹). مهندسی شیمی و انرژی. *آموزش مهندسی ایران*، ۲(۸)، ۵۵-۷۰. **doi: 10.22047/ijee.2001.2031**

۴. توحیدی، ناصر. (۱۳۶۰). دورنمای عرضه و تقاضای انرژی در ایران و جهان. نشریه دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۴۲(۱)، ۲۳-۳۹. ***https://journals.ut.ac.ir/article_26855.html***

۵. حبیبی، امین. (۱۴۰۰). جریان‌های احیایی منظر در باغ ایرانی: جستاری در باغ شازده. *منظر*، ۱۳(۵۴)، ۶-۱۷. **doi: 10.22034/manzar.2021.249358.2089**

۶. خورسندی، فرهاد، و سیادتی، محمد حسین. (۱۳۹۶). مهندسی شورورزی و نقش کلیدی آن در توسعه پایدار شوربوم‌ها. اولین همایش ملی شورورزی، مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، آذرماه، ۱-۱۳.

۷. درایزک، جان اس. (۱۴۰۲). سیاست زمین: گفتمان‌های محیط زیستی. مترجم: مهدی رفعتی‌پناه مهرآبادی. تهران: انتشارات شیرازه کتاب ما، ۴۱۴ صفحه.

۸. دِمالی، ایچ چرکی. (۱۴۰۰). نقش موزه‌ها و مراکز علم در حفاظت از محیط زیست. ایرنا، ۱۶ آبان، ۱. **https://irna.ir/xjGxjy**

۹. زمانی، لیلا، و جواهریان، زهرا. (۱۳۹۴). کنکاشی بر روند تحولات شاخص‌های پایداری در نظام بین‌المللی. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۷(۴)، ۱۸۳-۲۰۲. **https://sanad.iau.ir/Journal/jest/Article/839781**

۱۰. سلیمی‌ترکمانی، حجت. (۱۳۹۲). مفهوم توسعه پایدار در گستره حقوق بین‌الملل انرژی. *حقوقی بین‌المللی*، ۳۰(۴۹)، ۱۴۵-۱۶۶. **doi: 10.22066/cilamag.2013.16001**

۱۱. سلمان، م. ا.، و مک اینرنی لنکفورد، شیوان. (۱۳۹۴). آب و حقوق بشر: حق دسترسی بشر به آب، ابعاد حقوقی و سیاسی. مترجم: حسن اسدی زیدآبادی. تهران: انتشارات ناهید، ۲۲۲ صفحه.

۱۲. عمادی، محمدعلی، و رضایی، ماندانا. (۱۳۷۸). مدیریت مخزن و اصول آن. مجموعه مقالات مباحث فناوری و ساختاری، اجتماعی و فرهنگی انرژی، جلد دوم، دومین همایش ملی انرژی، تهران: کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، شرکت فرهنگی انتشاراتی فراز انرژی پایدار، ۱۱۸۴-۱۲۰۱. **https://civilica.com/doc/20073/**

۱۳. فرانک، ژان، و الحق، محبوب. (۱۳۸۰). گزارش لاهه (پیش‌زمینه توسعه پایدار: از فکر تا عمل). مترجم: مصطفی مهاجرانی. *محیط‌شناسی*، ۲۷(۲۸)، ۸۵-۹۹. **dor: 20.1001.1.10258620.1380.27.28.9.9**

۱۴. فرزاد، هومان. (۱۳۶۳). در جستجوی منابع ناشناخته آب و انرژی در ایران. تهران: انتشارات سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، ۱۷۴ صفحه.

۱۵. طاهری، شهنام. (۱۳۷۸). طرح بهبود ساختار سازمانی بخش زغال سنگ کشور. مجموعه مقالات مباحث فناوری و ساختاری، اجتماعی و فرهنگی انرژی، جلد دوم، دومین همایش ملی انرژی، تهران: کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، *شرکت فرهنگی انتشاراتی فراز انرژی پایدار*، ۱۵۶۹-۱۵۸۶. **https://civilica.com/doc/20100/**

۱۶. کاظمی، عالیه، شکوری گنجوی، حامد، شکیبا، شیوا، و حسین‌زاده، مهناز. (۱۳۸۳). انتخاب مدل مناسب برای تخصیص منابع انرژی در ایران با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی. انرژی ایران، ۱۶(۲)، ۱-۱۴. **http://necjournals.ir/article-1-482-fa.html**

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

۱۷. کریز، چارلز جی. (۱۳۹۱). بوم‌شناسی؛ مطالعه تجربی توزیع و فراوانی. مترجم: عبدالحسین وهاب‌زاده. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۸۱۸ صفحه.

۱۸. کوچکی، علیرضا. (۱۳۷۳). کشاورزی و انرژی (نگرشی اکولوژیک). مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۴۰ صفحه.

۱۹. کهیل، مایکل. (۱۳۹۲). محیط زیست و سیاست اجتماعی. مترجم: حسین حاتمی‌نژاد و سهراب امیریان. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۹۶ صفحه.

۲۰. محبی، پرویز. (۱۳۸۳). فنون و منابع در ایران (مقدمه‌ای بر تاریخ تکنولوژی و کاربرد مواد در ایران: از قرن اول تا قرن سیزدهم). مترجم: آرام قریب. تهران: نشر اختران، ۳۶۸ صفحه.

۲۱. میکسل، ریموند. (۱۳۷۶). توسعه اقتصادی و محیط زیست: مقایسه بین اقتصاد توسعه سنتی و توسعه پایدار. مترجم: حمید رضا ارباب. تهران: انتشارات سازمان برنامه و بودجه، ۲۴۷ صفحه.

۲۲. نصراللهی، زهرا، دهقان بنادکوکی، فرناز، و اپرا جونقانی، الهام. (۱۴۰۱). سنجش روابط بین بخشی آب و انرژی در دو منطقه اصفهان و یزد بر اساس رویکرد داده–ستانده دومنطقه‌ای. *پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۲۲(۱)، ۵۳–۸۲. **dor: 20.1001.1.17356768.1401.22.1.1.6**

۲۳. یِوجِویچ، ویوجیکا. (۱۳۷۳). آب و تمدن. مترجم: سید فرهاد موسوی و مصطفی بزرگ‌زاده. *فصلنامه آب و توسعه، امور آب–وزارت نیرو*، ۲(۴)، ۵۲–۶۴.

۲۴. شورای عالی انقلاب فرهنگی. (۱۳۸۹). نقشه جامع علمی کشور. تهران: دبیرخانه شورای عالی انقلاب فرهنگی، ۳۲ صفحه.

References

1. Aminmansour, J. (2016). Energy and environment should be seen in the context of sustainable development. *Paven News Agency*, 11 June. https://barghnews.com/fa/news/15426 [In Persian]
2. Koochaki, A. (1994). *Agriculture and Energy (An Ecological Perspective)*. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad Press, 240 pages. [In Persian]
3. Bridgman, R. (2016). *Illustrated Encyclopedia of Technology*. Translated by M. J. Nemati. Tehran: Kamal Andisheh Publications, 64 pages. [In Persian]
4. Yovjevich, V. (1994). Water and civilization. Translated by S. F. Mousavi & M. Bozorgzadeh. *Water and Development Quarterly*, 2(4), 52-64. [In Persian]
5. Cahill, M. (2013). *Environment and Social Policy*. Translated by H. Hataminejad & S. Amirian. Tehran: Tehran University Press, 196 pages. [In Persian]
6. Demali, I. C. (2021). The role of museums and science centers in environmental protection. *IRNA*, 16 November, 1. https://irna.ir/xjGxjy [In Persian]
7. Dryzek, J. S. (2023). *The Politics of the Earth: Environmental Discourses*. Translated by M. Rafati-Panah Mehrabadi. Tehran: Shiraze Publications, 414 pages. [In Persian]
8. Emadi, M. A., & Rezaei, M. (1999). Reservoir management and its principles. *Proceedings of the Second National Energy Conference, Technological, Structural, Social, and Cultural Issues of Energy, Volume 2*, Tehran: National Energy Committee of the Islamic Republic of Iran, Faraz Energy Paydar Cultural Publishing Company, 1184-1201. https://civilica.com/doc/20073/ [In Persian]
9. Farzad, H. (1984). *In Search of Unknown Water and Energy Resources in Iran*. Tehran: Scientific and Industrial Research Organization of Iran Publications, 174 pages. [In Persian]
10. Frank, J., & Al-Haq, M. (2001). The Hague Report (Background of sustainable development: From thought to action). Translated by M. Mohajerani. *Ecology*, 27(28), 85-99. doi: 10.1001.1.10258620.1380.27.28.9.9 [In Persian]
11. Gao, N., Wang, C., Liu, N., & Bi, T. (2021). Chance-constrained operation of the water-energy nexus with conflicting objectives. *IET Energy Systems Integration*, 3, 184-201. doi: 10.1049/esi2.12016
12. Gleeson, T., Wang-Erlandsson, L., Zipper, S. C., Porkka, M., Jaramillo, F., Gerten, D., Fetzer, I., Cornell, S. E., Piemontese, L., Gordon, L. J., Rockström, J., Oki, T., Sivapalan, M., Wada, Y., Brauman, K. A., Flörke, M., Bierkens, M. F. P., Lehner, B., Keys, P., & Famiglietti, J. S. (2020). The water planetary boundary: Interrogation and revision. *One Earth*, 2(3), 223-234. doi: 10.1016/j.oneear.2020.02.009
13. Habibi, A. (2021). Landscape revival trends in Iranian gardens: An essay on the Prince's Garden. *Manzar Scientific Journal*, 13(54), 6-17. doi: 10.22034/manzar.2021.249358.2089 [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

14. Hatfield, J. L., Sauer, T. J., & Cruse, R. M. (2017). Soil: The forgotten piece of the water, food, energy nexus. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 143, pp. 1-46). Academic Press. doi: 10.1016/bs.agron.2017.02.001
15. Kazemi, A., Shakouri Ganjavi, H., Shakiba, S., & Hosseinzadeh, M. (2004). Selecting an appropriate model for allocating energy resources in Iran using the analytic hierarchy process. *Iranian Energy Journal*, 16(2), 1-14. http://necjournals.ir/article-1-482-fa.html [In Persian]
16. Krebs, C. J. (2012). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Translated by A. Vahabzadeh. Mashhad: Mashhad Academic Jihad Publications, 818 pages. [In Persian]
17. Khorsandi, F., & Siyadati, M. H. (2017). Salinity engineering and its key role in sustainable development of saline lands. *Proceedings of the First National Salinity Conference*, Yazd: National Salinity Research Center, December, 1-13. [In Persian]
18. Kollar, K. L., & Brewer, R. (1975). Industrial development through water-resources planning. *Journal AWWA (American Water Works Association)*, 67(12), 686-690. doi: 10.1002/j.1551-8833.1975.tb02333.x
19. Lal, R., Mohtar, R. H., & Assi, A. T. (2017). Soil as a basic nexus tool: Soils at the center of the food-energy-water nexus. *Current Sustainable Renewable Energy Reports*, 4, 117-129. doi: 10.1007/s40518-017-0082-4
20. Le Bars, M., Attonaty, J. M., & Pinson, S. (2002). An agent-based simulation for water sharing between different users. *Proceedings of the International Congress, Zaragoza, Spain, August 28-31* (pp. 1-14). European Association of Agricultural Economists. doi: 10.22004/ag.econ.24829
21. Lee, S.-H., Taniguchi, M., Mohtar, R. H., Yoo, S.-H., & Haraguchi, M. (2021). Analysis of industrial water-energy-labor nexus zones for economic and resource-based impact assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105483. doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105483
22. Mikesell, R. F. (1997). *Economic Development and the Environment: A Comparison of Sustainable Development with Conventional Development Economics*. Translated by H. R. Arbab. Tehran: Planning and Budget Organization Publications, 247 pages. [In Persian]
23. Canales, M., Castilla-Rho, J., Rojas, R., Vicuña, S., & Ball, J. (2024). Agent-based models of groundwater systems: A review of an emerging approach to simulate the interactions between groundwater and society. *Environmental Modelling & Software*, 175, 105980. doi: 10.1016/j.envsoft.2024.105980
24. Mohebbi, P. (2004). *Techniques and resources in Iran (An introduction to the history of technology and the use of materials in Iran: From the first to the thirteenth century)*. Translated by A. Gharib. Tehran: Akhtaran Publishing House, 368 pages. [In Persian]
25. Nasrollahi, Z., Dehghan Benadkoki, F., & Opara Junqani, E. (2022). Measuring the inter-sectoral relationships between water and energy in the two regions of Isfahan and Yazd based on a two-region input-output approach. *Economic Research Journal (Sustainable Growth and Development)*, 22(1), 53-82. dor: 20.1001.1.17356768.1401.22.1.1.6 [In Persian]
26. Panjehshahi, M. H. (2000). Chemical and energy engineering. *Iranian Journal of Engineering Education*, 2(8), 55-70. doi: 10.22047/ijee.2001.2031 [In Persian]
27. Reza, R., & Singh, G. (2010). Impact of industrial development on surface water resources in Angul region of Orissa. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(4), 513-522. https://www.researchgate.net/publication/267821171
28. Salimi Turkamani, H. (2013). The concept of sustainable development in the scope of international energy law. *International Law Journal*, 30(49), 145-166. doi: 10.22066/cilamag.2013.16001 [In Persian]
29. Salman, M. A., & McInerney-Lankford, S. (2015). *Water and Human Rights: The Human Right to Water, Legal and Political Aspects*. Translated by H. Asadi Zeidabadi. Tehran: Nahid Publications, 222 pages. [In Persian]
30. Sobkowiak, M., Senn, J., & Vollmer, H. (2023). Rethinking planetary boundaries: Accounting for ecological limits. *Social and Environmental Accountability Journal*, 43(3), 259-272. doi: 10.1080/0969160X.2023.2283019
31. Supreme Council of the Cultural Revolution. (2010). *Comprehensive Scientific Map of the Country*. Tehran: Secretariat of the Supreme Council of the Cultural Revolution, 32 pages. [In Persian]
32. Taheri, S. (1999). Plan to improve the organizational structure of the country's coal sector. *Proceedings of the Second National Energy Conference, Technological, Structural, Social, and Cultural Issues of Energy, Volume 2*, Tehran: National Energy Committee of the Islamic Republic of Iran, Faraz Energy Paydar Cultural Publishing Company, 1569-1586. https://civilica.com/doc/20100/ [In Persian]
33. Tohidi, N. (1981). Energy supply and demand outlook in Iran and the world. *Journal of the Faculty of Engineering, University of Tehran*, 42(1), 23-39. https://journals.ut.ac.ir/article_26855.html [In Persian]
34. Tvedt, T. (2013). *A Journey in the Future of Water*. London: I.B. Tauris. https://www.amazon.com/Journey-Future-Water-Terje-Tvedt/dp/1848857446

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]

35. Tvedt, T. (2021). *Water and Society: Changing Perceptions of Societal and Historical Development*. London: I.B. Tauris.
36. Xiaodong, Z., & Vesselinov, V. V. (2016). Energy-water nexus: Balancing the tradeoffs between two-level decision makers. *Applied Energy*, 183, 77-87. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.08.156
37. Zamani, L., & Javaherian, Z. (2015). A study on the trends of sustainability indicators in the international system. *Environmental Science and Technology*, 17(4), 183-202. https://sanad.iau.ir/Journal/jest/Article/839781 [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-10-08]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.1.5]