



A Global Review of Challenges and Requirements for a Sustainable Water–Energy–Food–Environment (WEFE) Nexus under Climate Change: Lessons for the Middle East

Najmeh Daryaei¹



Abstract

The Water–Energy–Food–Environment (WEFE) Nexus has emerged as a critical framework for the integrated analysis and sustainable management of natural resources. This study aims to address the central research question: What are the key challenges and requirements shaping the interlinkages among water, energy, food, and the environment, and how can the resulting lessons inform the management of natural resource crises in the Middle East? The research method was a structured review of existing studies and scientific sources related to Sustainable Development Goals 6, 7, and 15. Findings indicate that:

- In the water sector, integrated and multi-objective water resource planning constitutes a fundamental requirement, while the accelerating depletion of water resources represents a major challenge.
- In the energy sector, demand-side management- rather than a sole focus on expanding supply- emerges as a core requirement, alongside challenges linked to political economy dynamics, shifting priorities, and environmental uncertainties.
- In the land and ecosystem domain, sustainable land-use strategies are essential, yet are hindered by model complexity, stakeholder conflicts, and the impacts of human activities.

The analysis suggests that implementing the WEFE Nexus through integrated, participatory, and data-driven approaches can serve as an effective pathway for strengthening natural resource governance and enhancing the resilience of Middle Eastern countries in the face of resource scarcity and climate change. A comparative study between Iran and Jordan in this area also shows that the sustainability of nexus depends, above all, on reforming the governance structure and strengthening data-driven infrastructure.

Keywords: Sustainable Development, WEFE Nexus, Climate Change, Middle East.

1 - PhD in Agricultural Development and Researcher in the Climate Change Studies Group of the Middle East Strategic Studies Institute and Visiting Researcher at the Russian Foreign Trade Academy, Tehran, Iran.



مرکز پژوهش‌های علمی و
مطالعات استراتژیک خاورمیانه

فصلنامه علمی مطالعات خاورمیانه

سال ۳۲، شماره ۳، پیاپی (۱۲۱)، پاییز ۱۴۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۳

Home page: www.cmess.sinaweb.net

نوع مقاله: پژوهشی

مرور جهانی چالش‌ها و الزامات درهم تنیدگی پایدار آب، غذا، انرژی و محیط زیست در بستر تغییر اقلیم: درس‌هایی برای خاورمیانه

نجمه دریائی^۱



چکیده

درهم تنیدگی آب، انرژی، غذا و محیط زیست (WEFE) به عنوان چارچوبی کلیدی برای تحلیل و مدیریت پایدار منابع طبیعی شناخته می‌شود. این مطالعه با هدف پاسخ به سؤال پژوهشی اصلی انجام شد: «چالش‌ها و الزامات روابط متقابل میان آب، انرژی، غذا و محیط زیست کدام هستند و درس‌آموخته‌های آن چگونه می‌تواند به مدیریت بحران‌های منابع طبیعی در خاورمیانه کمک کند؟». روش پژوهش، مرور ساختار یافته مطالعات موجود و منابع علمی مرتبط با اهداف ۶، ۷ و ۱۵ توسعه پایدار بود. یافته‌ها نشان می‌دهند که:

- در حوزه آب، برنامه‌ریزی یکپارچه و چند هدفه منابع آب یک الزام کلیدی و کاهش فزاینده منابع آب یک چالش اساسی است.
 - در حوزه انرژی، مدیریت تقاضا به جای تمرکز صرف بر عرضه یک الزام محوری است و چالش‌هایی نظیر اقتصاد سیاسی، تغییر اولویت‌ها و مواجهه با عدم قطعیت‌های محیطی اهمیت دارند.
 - در حوزه زمین و اکوسیستم‌ها، راهبرد پایدار کاربری اراضی الزامی حیاتی است و پیچیدگی مدل‌ها، تعارض ذی‌نفعان و پیامدهای فعالیت‌های انسانی از مهم‌ترین چالش‌ها محسوب می‌شوند.
- بر اساس تحلیل نتایج، این پژوهش نشان می‌دهد که پیاده‌سازی WEFE Nexus به صورت یکپارچه، مشارکتی و مبتنی بر داده‌های محلی، می‌تواند ابزار مؤثری برای ارتقای حکمرانی منابع طبیعی و تاب‌آوری خاورمیانه در برابر محدودیت منابع و تغییرات اقلیمی باشد. همچنین به عنوان نمونه، مطالعه تطبیقی بین ایران و اردن در تحلیل ناترازی‌های پیوند WEFE در خاورمیانه نشان می‌دهد که پایداری درهم تنیدگی در این منطقه پیش از هر چیز به اصلاح ساختار حکمرانی و تقویت زیرساخت‌های داده‌محور وابسته است.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، درهم تنیدگی WEFE، تغییر اقلیم، خاورمیانه.

۱- دکترای توسعه کشاورزی و پژوهشگر گروه مطالعات تغییر اقلیم پژوهشکده مطالعات استراتژیک خاورمیانه و پژوهشگر مهمان آکادمی تجارت خارجی روسیه، تهران، ایران.
n.daryaei@srbiau.ac.ir

مقدمه و بیان مسئله

آب، انرژی و غذا سه رکن اساسی زندگی بشر و تمامی موجودات زنده هستند که در سال‌های اخیر تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله رشد جمعیت، شهرنشینی سریع و تغییر اقلیم بوده و با چالش‌های پیچیده و چند بعدی مواجه شده‌اند (معتقد و همکاران، ۱۴۰۲: ۱-۱۲). این منابع نه تنها برای تأمین نیازهای اولیه انسانی حیاتی هستند، بلکه نقش کلیدی در ثبات اجتماعی، رفاه اقتصادی و حفاظت محیط زیست دارند. ناکارآمدی در مدیریت این منابع، علاوه بر تهدید امنیت غذایی و انرژی، می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای برای سلامت، رفاه اجتماعی و توسعه پایدار به دنبال داشته باشد.

از سوی دیگر تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های انسانی، در حال حاضر بر بسیاری از مناطق جهان تأثیر گذاشته است. این امر منجر به اثرات نامطلوب گسترده، خسارات و زیان‌های مرتبط با آن به طبیعت و مردم شده است؛ به‌ویژه جوامع آسیب‌پذیر که از نظر تاریخی کمترین سهم را در تغییر اقلیم فعلی داشته‌اند، به طور نامتناسبی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند (Lee et al., 2023).

رویکرد «درهم تنیدگی آب، انرژی، غذا و محیط زیست (WEFE)» به‌عنوان چارچوبی تحلیلی، امکان بررسی تعاملات، هم‌افزایی‌ها و تضادهای میان این منابع حیاتی را فراهم می‌کند و ابزار ارزشمندی برای تصمیم‌گیری میان‌بخشی و سیاست‌گذاری پایدار ارائه می‌دهد (De Laurentiis et al., 2016: 95).

مفهوم پیوند WEFE تنها یک چارچوب تحلیلی نظری نیست، بلکه مستقیماً با سیاست‌گذاری و حکمرانی منابع حیاتی در بستر تغییر اقلیم ارتباط دارد. در شرایطی که تغییر اقلیم موجب نوسانات شدید بارش، افزایش دما، کاهش منابع آبی و فشار بر تولیدات غذایی شده، ناهماهنگی میان سیاست‌های بخشی در حوزه‌های آب، انرژی و کشاورزی می‌تواند به تشدید بحران‌ها منجر شود. تصمیم‌گیری در یک بخش، مانند توسعه نیروگاه‌های آبی یا تولید سوخت‌های زیستی، ممکن است بر دسترسی به منابع آب و غذا در بخش‌های دیگر اثر منفی بگذارد (Bazilian et al., 2011: 7896). از این رو، یکی از چالش‌های اصلی سیاستی و مدیریتی در رویکرد WEFE، یافتن تعادل میان اهداف بخشی و کلان توسعه پایدار است؛ تعادلی که مستلزم هماهنگی نهادی، یکپارچگی داده‌ها و تصمیم‌گیری میان‌بخشی است (Endo et al., 2017: 20-30; Al-Saidi & Elagib, 2017: 1131-1139).

با وجود رشد چشمگیر مطالعات جهانی در زمینه درهم تنیدگی WEFE، مرور ادبیات نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از پژوهش‌ها بر مناطق توسعه یافته‌ای چون اروپا، آمریکای شمالی و شرق آسیا متمرکز بوده‌اند و مطالعات جامع و میان‌رشته‌ای در بستر کشورهای در حال توسعه، به‌ویژه خاورمیانه، هنوز

محدود است. این در حالی است که خاورمیانه یکی از آسیب‌پذیرترین مناطق جهان در برابر تغییر اقلیم، کمبود منابع آب، وابستگی به انرژی فسیلی و فشارهای جمعیتی و ژئوپلیتیکی است. بنابراین، شکاف دانشی قابل توجهی در شناخت روابط متقابل و اثرات هم‌افزایی یا تعارضی میان مؤلفه‌های آب، انرژی، غذا و محیط زیست در خاورمیانه وجود دارد. بررسی این پیوند در چنین بستر خاصی می‌تواند دیدگاه‌های تازه‌ای در زمینه سیاست‌گذاری و حکمرانی منابع حیاتی ارائه کند.

با وجود اهمیت فزاینده رویکرد WEF، محدود بودن مطالعات مرتبط با این چارچوب در خاورمیانه دلایل متعددی دارد. نخست آنکه بسیاری از کشورهای منطقه با چالش‌های ساختاری در حوزه داده و آمار مواجه هستند؛ نبود دسترسی آزاد به داده‌های میان‌بخشی، نبود نظام یکپارچه پایش و ضعف شفافیت نهادی، امکان تحلیل جامع پیوند آب-انرژی-غذا-محیط زیست را محدود می‌کند. دوم، ساختار حکمرانی در اغلب کشورهای خاورمیانه مبتنی بر رویکردهای بخشی و جزیره‌ای است و همکاری میان وزارتخانه‌ها و نهادهای مرتبط به ندرت شکل می‌گیرد؛ موضوعی که انجام مطالعات میان‌رشته‌ای و یکپارچه را دشوار می‌سازد. سوم، بخش عمده پژوهش‌های منطقه‌ای طی سال‌های گذشته به مسائل امنیت غذایی، بحران آب یا انرژی به صورت مجزا پرداخته‌اند و ادغام این حوزه‌ها در یک چارچوب تحلیلی جامع کمتر مورد توجه بوده است. علاوه بر این، فشارهای ژئوپلیتیکی، ناپایداری سیاسی و اولویت یافتن مسائل کوتاه مدت در بسیاری از کشورهای منطقه، تمرکز پژوهشی بر موضوعات ساختاری و بلند مدت نظیر پیوند WEF را کاهش داده است. مجموعه این عوامل باعث شده مطالعات جامع، داده‌محور و چند بخشی در زمینه WEF در خاورمیانه همچنان محدود باقی بماند.

در این راستا، هدف این مطالعه، مرور ساختار یافته روابط میان آب، انرژی، غذا و محیط زیست در چارچوب WEF با تمرکز بر چالش‌ها، الزامات و پویایی‌های ناشی از تغییر اقلیم به‌عنوان درس‌آموخته‌هایی برای خاورمیانه است. این پژوهش تلاش دارد با شناسایی شکاف‌های دانشی و ارائه درس‌آموخته‌های منطقه‌ای، به طراحی سیاست‌های هماهنگ و پایدار کمک کرده و نقش مهم آن را در تحقق اهداف توسعه پایدار برجسته نماید.

نوآوری پژوهش حاضر در سه محور اصلی برجسته می‌شود:

۱. ارائه یک مرور ساختار یافته از ادبیات مرتبط با پیوند WEF در بستر خاورمیانه که در مطالعات پیشین کمتر به صورت جامع بررسی شده و به این ترتیب شکاف دانشی موجود در فهم روابط میان آب، انرژی، غذا و محیط زیست در منطقه را تبیین می‌کند.

۲. ترکیب مفهومی یافته‌های مربوط به تغییر اقلیم و حکمرانی چند بخشی و نشان دادن اینکه چگونه این دو حوزه در ادبیات WEFE با یکدیگر ارتباط پیدا می‌کنند؛ در حالی که بسیاری از پژوهش‌ها این ابعاد را به صورت مجزا مورد بررسی قرار داده‌اند.

۳. استخراج درس آموخته‌ها و بینش‌های مفهومی از ادبیات جهانی WEFE که می‌توانند به فهم بهتر ریشه‌ها و ابعاد بحران‌های چند بعدی خاورمیانه کمک کنند.

این نوآوری‌ها، مقاله را از سایر مطالعات مروری و توصیفی متمایز ساخته و ارزش آن را برای توسعه تحلیل‌های آینده و شکل‌دهی رویکردهای مفهومی در حوزه مدیریت منابع حیاتی به‌ویژه در مناطق آسیب‌پذیر برجسته می‌سازد.

۱. سوال اصلی تحقیق

چالش‌ها و الزامات روابط متقابل میان آب، انرژی، غذا و محیط زیست کدام هستند و این روابط چه درس آموخته‌هایی برای فهم بهتر بحران‌های خاورمیانه در این حوزه‌ها فراهم می‌کنند؟

۲. امنیت غذا، آب و انرژی: مروری بر مفاهیم در ادبیات معاصر

نظام غذایی یک سیستم چند بعدی است که با روابط پیچیده‌ای میان سامانه‌های انرژی، آب و منابع زیست محیطی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف مشخص می‌شود (Al-Thani et al., 2020). امنیت منابع طبیعی و محیط زیست شامل بررسی ابعاد گوناگونی است از جمله کمیابی، تنوع منابع، اثرات زیست محیطی، پایداری و عدالت در توزیع انرژی، غذا و آب. در واقع هدف اصلی از اتخاذ این رویکرد، ایجاد تعادلی میان عرضه و تقاضای انسانی برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است.

زیرشاخص‌های منابع در شاخص‌های آب-غذا-انرژی با دو عامل اصلی مرتبط است:

• در دسترس بودن (Availability): به معنای کفایت منابع برای تأمین نیازهای جمعیت (غذا، سلامت و بهره‌وری).

• قابلیت دسترسی (Accessibility): میزان برابری دسترسی کل جامعه به منابع موجود.

مفهوم امنیت آبی طی دهه اخیر اهمیت روزافزون یافته است. بنا به تحلیل کوک و باکر (۲۰۱۲)، تفسیر این مفهوم در ادبیات علمی موجود بسیار متنوع است، با این حال تعاریف محدودی وجود دارد که کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند.

«امنیت آبی، در هر سطحی از خانوار تا سطح جهانی، یعنی همه افراد دسترسی به آب سالم، کافی و مقرون به صرفه داشته باشند تا زندگی‌ای پاک، سالم و پربار را تجربه کنند، در حالی که محیط طبیعی نیز محافظت و تقویت شود» (Pahl-Wostl, 2019: 356-367).

جامعه جهانی همواره به دنبال رویکردها و راهکارهای جدیدی برای انطباق با تغییر اقلیم و پاسخ به چالش‌های توسعه بوده است؛ چالش‌هایی همچون تضمین امنیت آب، انرژی و غذا که برای بقای انسان و زندگی پایدار حیاتی هستند (Rasul & Sharma, 2015: 1329-1350).

یکی دیگر از محورهای مهم در حوزه آب و انرژی، مدل‌سازی اثرات اقلیمی و سناریوهای مربوط به آن است که به درک بهتر سامانه‌های انرژی و آب کمک می‌کند. روشن است که آب نقش مرکزی در اقلیم دارد و اقلیم نیز تعیین‌کننده وضعیت آب است؛ دریاچه‌ها، اقیانوس‌ها، رودخانه‌ها و سطح رطوبت هوا، اقلیم یک منطقه را شکل می‌دهند و اقلیم تعیین می‌کند که ساکنان منطقه چگونه از آب استفاده کنند. از آنجا که آب با انرژی و غذا پیوند خورده و در عین حال به اقلیم نیز مرتبط است، مطالعات اقلیمی می‌توانند درک دقیق‌تری از سامانه‌های آب و انرژی ارائه دهند (Garcia & Yu, 2016: 49-67).

۳. پیوند آب-انرژی-غذا در سیاست‌گذاری

پیوند آب-انرژی-غذا در پژوهش‌های علمی و سیاست‌گذاری نقشی پررنگ و ملموس دارد (Zhang et al., 2018: 625-639). این پیوند ضرورت مدیریت و سیاست‌گذاری یکپارچه را مطرح کرده که بر تعاملات و هم‌افزایی‌های بالقوه میان این سامانه‌های وابسته تمرکز دارد (Artioli et al., 2017: 215-223; Bieber et al., 2018: 584-607).

رویکردهای میان‌بخشی بستری مشترک برای پژوهشگران، سیاست‌گذاران و سایر ذی‌نفعان بخش‌های انرژی، غذا آب و محیط زیست فراهم کرده‌اند تا بتوانند مسائل پیچیده مرتبط به این حوزه‌ها را درک و مدیریت کنند. این مسائل شامل تخصیص منابع، توسعه زیرساخت‌ها، پیشرفت اجتماعی-اقتصادی و مهم‌تر از همه حفاظت محیط زیست و بهره‌برداری خردمندانه از منابع طبیعی است (Verma et al., 2024). نصری فخر داود و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی در خصوص چالش‌های سیاست‌گذاری منابع آبی مشترک ایران و عراق دریافته‌اند که ضعف سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب و اهمیت منابع آبی برای امنیت غذایی متغیرهای راهبردی و کلیدی به شمار می‌آیند که باید سیاست‌گذاری مناسب بر مبنای مدیریت جامع منابع آب صورت گیرد. به عبارت دیگر در این تصمیم‌گیری‌ها، مسائل کلی اقتصادی و اجتماعی، محیط زیستی و سیاسی متقابل بسیار مهم بوده و بایستی دخیل شوند. تأکید مدیریت به هم

پیوسته به این مفهوم اشاره دارد که به جای تمرکز یک جانبه و نیازمحور بایستی بر اساس رویکرد دو جانبه یا چند جانبه و بر اساس عدالت محوری اقدام کرد.

برای حل مسائل موجود، ایجاد تعادل در منافع پیوندی میان این بخش‌ها به جای تلاش برای حداکثرسازی منافع هر بخش کلیدی است (Radmehr et al., 2021). این امر مستلزم در نظر گرفتن دیدگاه‌ها و منافع ذی‌نفعان است. بنابراین شناسایی بازیگران موثر در هر بخش اهمیت بالایی دارد، زیرا تبادل اطلاعات و همکاری میان آنها به شناسایی راه‌حل‌های مشترک و بهبود حکمرانی در این بخش‌ها کمک می‌کند (Marker et al., 2018: 290-300).

ارغوانی پیرسلامی و اتابکی (۱۳۹۶) در مطالعه خود پیرامون بحران آب و امنیت منطقه‌ای خلیج فارس به این نکته اشاره دارند که میان آب و جنگ پیوندهای زیادی وجود داشته اما در مناطق خشک و کم آب جهان به‌ویژه منطقه خلیج فارس (کشورهای واقع در این حوزه) کمبود منابع آب نه تنها به شکل مقطعی موجب جنگ و نزاع نیست بلکه سبب رقابت بین دولت‌ها است و ارزش‌های فرهنگی و اجتماعی آب را به بازی جمعی تبدیل می‌کند.

بنابراین رویکرد درهم تنیدگی آب، غذا، انرژی و محیط زیست می‌تواند امنیت منابع را بهبود بخشد، مناقشات میان‌بخشی را کاهش دهد و با افزایش بهره‌وری و انسجام سیاسی، دستیابی به توسعه پایدار را تسهیل کند. تحقق این اهداف نیازمند گفتگو، مذاکره و سازش میان ذی‌نفعان بر سر اهداف متعارض است تا همکاری‌ها و هم‌افزایی‌ها تقویت شده و مناقشات کاهش یابد (Kharanagh et al., 2020). به بیان دیگر، آنچه مدل‌های گوناگون همکاری را به مدل‌های بهینه بدل می‌کند و زمینه اجرای موفقیت‌آمیز آنها را فراهم می‌آورد، مشارکت ذی‌نفعان است.

۴. روش تحقیق

این مطالعه یک مرور ساختار یافته ادبیات (Structured Review) است که مقالات منتشر شده در پایگاه‌های معتبر بین‌المللی مانند ACS Publications، ScienceDirect، Taylor & Francis و Wiley و همچنین منابع معتبر داخلی به زبان فارسی را در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۵ پوشش می‌دهد.

کلیدواژه‌ها و معیارهای انتخاب:

جستجوها با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط با درهم تنیدگی آب-انرژی-غذا-محیط زیست، تغییر اقلیم و خاورمیانه انجام شد، از جمله:

- درهم تنیدگی آب-انرژی-غذا (water-energy-food nexus)

- درهم تنیدگی آب-انرژی (water-energy nexus)
 - درهم تنیدگی انرژی-غذا (energy-food nexus)
 - درهم تنیدگی آب-غذا (water-food nexus)
 - درهم تنیدگی آب-انرژی-غذا-محیط زیست (water-energy-food-environment nexus)
 - تغییر اقلیم در خاورمیانه (climate change in Middle East)
- فرایند انتخاب مقالات:

۱. شناسایی ۷۳ مقاله مرتبط بر اساس عنوان، کلیدواژه‌ها و چکیده.
 ۲. حذف مقالات تکراری و نامرتب؛ تعداد مقالات به ۵۳ و سپس ۳۰ مورد کاهش یافت.
 ۳. مطالعه دقیق مقالات منتخب و طبقه‌بندی بر اساس اهداف توسعه پایدار (SDGs) و روابط WEFE ارزیابی کیفیت:
 - مقالات بر اساس اعتبار علمی مجله، تعداد ارجاعات و کیفیت روش‌شناسی ارزیابی شدند.
 - همچنین اطمینان حاصل شد که مقالات شامل داده‌های به روز و مرتبط با وضعیت و چالش‌های خاورمیانه باشند.
- ابزارهای تحلیلی:
- داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای مرور سیستماتیک و تحلیل مفهومی (Concept Maps) سازمان‌دهی و تحلیل شدند.
 - تحلیل آماری برای داده‌ها استفاده نشده، اما نتایج به صورت طبقه‌بندی موضوعی و تطبیقی بر اساس SDGs ارائه شده است.
- محدودیت‌ها:
- محدودیت‌های پژوهش شامل تمرکز بر مقالات انگلیسی و فارسی، بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۲۵ و عدم استفاده از تحلیل آماری کمی است.
 - همچنین ممکن است برخی مطالعات محدود یا غیر نمایه شده در پایگاه‌های علمی معتبر در این مرور لحاظ نشده باشند.
 - یکی از محدودیت‌های این مطالعه، تمرکز بر مقالات منتشر شده به زبان انگلیسی و منابع خارجی است که عمدتاً از پایگاه‌های بین‌المللی معتبر استخراج شده‌اند. این انتخاب به دلیل دسترسی،

جامعیت و استاندارد بالای مطالعات بین‌المللی اتخاذ شد، هرچند ممکن است نمایانگر کامل چالش‌ها و راه‌حل‌ها متناسب با شرایط منطقه‌ای خاورمیانه نباشند.

۵. پیوند آب، انرژی، غذا و محیط زیست (WEFE) و اهداف توسعه پایدار (SDGs)

تقریباً تمامی اهداف توسعه پایدار به طور مستقیم یا غیر مستقیم با درهم تنیدگی WEFE مرتبط هستند. با این حال، در این مطالعه تمرکز بر سه هدف کلیدی ۶، ۷ و ۱۵ بوده است. دلیل این انتخاب، همگرایی مستقیم این اهداف با رویکرد WEFE و قابلیت ارائه تحلیل عمیق‌تر است. سایر اهداف، از جمله هدف ۱۳ (اقدام اقلیمی)، به طور غیر مستقیم تحت تأثیر درهم تنیدگی WEFE قرار دارند و در این مطالعه به شکل تکمیلی در تحلیل‌ها لحاظ شده‌اند.

پویایی عرضه و تقاضا در چارچوب درهم تنیدگی می‌تواند پیامدهای اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی کوتاه مدت و بلند مدت به همراه داشته باشند و بر سایر اهداف توسعه پایدار نیز تأثیر ملموس بگذارند. با این حال، بسیاری از پیامدهای ناخواسته این پیوند ناشناخته باقی مانده‌اند و نظام‌های حکمرانی جهانی به ندرت چارچوب‌های نظارتی خود را برای حل و چاره‌جویی این مسئله اختصاص داده‌اند. از بین این اهداف، سه هدف ششم، هفتم و پانزدهم به دلیل همگرایی بیشتر و مستقیم با رویکرد درهم تنیدگی انتخاب شده‌اند و در این نوشتار به مهم‌ترین و اصلی‌ترین الزامات و چالش‌های هر هدف پرداخته شده است.

۵-۱- هدف ششم (آب پاک و بهداشت)

این هدف توسعه پایدار (SDG 6) بر دسترسی همگانی به آب سالم، بهداشت و مدیریت پایدار منابع آب در سطح جهان تأکید دارد. تحقق این هدف در کنار سایر اهداف، بهبود کیفیت زندگی میلیاردها نفر در سراسر جهان را به دنبال خواهد داشت (Tortajada & Biswas, 2018: 21-25).

۵-۱-۱- الزامات این هدف

الزامات هدف ششم توسعه پایدار عبارت است از:

- برنامه‌ریزی یکپارچه و چند منظوره منابع آب

آب، حیاتی‌ترین منبع برای جوامع است و نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه یا عدم توسعه آنها دارد. آب نخستین حلقه زنجیره درهم تنیدگی است که به طور مستقیم بر کمیت و کیفیت سایر حلقه‌ها یعنی غذا، انرژی و محیط زیست اثر می‌گذارد. نبود برنامه‌ریزی یکپارچه و چند هدفه برای منابع آب موجود، به

طور جدی دسترسی عادلانه و متوازن گروه‌های مختلف ذی‌نفع را تهدید کرده و به بحران‌ها و تعارضات متعدد در مدیریت آب می‌انجامد.

بدیهی است مدیریت مجدد منابع آبی موجود از جنبه‌های اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و حتی سیاسی بسیار حساس است. بنابراین، وجود فرایندهای شفاف و برنامه‌ریزی جامع و چند بعدی برای جلوگیری از بی‌اعتمادی عمومی در اجرای پروژه‌ها و تضمین دسترسی عادلانه به آب برای همه مصرف‌کنندگان امری ضروری تلقی می‌شود (Pittock et al., 2015: 58-68).

۵-۱-۲- چالش موجود

چالش این هدف عبارت است از:

- کاهش فزاینده منابع آب

منابع آبی که روزگاری فراوان تلقی می‌شدند، به طور فزاینده‌ای رو به کاهش هستند. برای نمونه، سرانه آب در پاکستان از ۵۰۰۰ متر مکعب در سال ۱۹۵۱ به ۱۱۰۰ متر مکعب در سال ۲۰۰۶ کاهش یافته و پیش‌بینی می‌شود به روند کاهشی خود ادامه دهد. در هند نیز سرانه آب از ۱۹۸۶ متر مکعب در ۱۹۹۸ به ۱۷۳۱ متر مکعب در ۲۰۰۵ رسیده و احتمالاً تا سال ۲۰۵۰ به ۱۱۴۰ متر مکعب کاهش خواهد یافت. هم‌اکنون میزان برداشت و تقاضای آب زیرزمینی در هند معادل ۵۶ درصد منابع موجود است (Rasul, 2014: 35-48; Tashtoush et al., 2019: 361-374).

تقریباً همه کشورها با این روند نزولی مواجه بوده و خواهند بود. افزون بر این، تغییر اقلیم احتمالاً دسترسی کشورها به منابع آب در فصل خشک را با چالش‌های جدی مواجه می‌کند. با توجه به اینکه حدود ۷۰ درصد تولید غلات در جنوب آسیا وابسته به کشاورزی آبی است، بحران آب می‌تواند مستقیماً تولید غذا را تهدید کند؛ مگر آنکه اقدامات به موقع و کارساز اتخاذ شود (Rasul, 2014: 35-48; Tashtoush et al., 2019: 361-374) (جدول ۱).

جدول ۱: الزامات و چالش‌های SDG 6

جنبه	الزام	چالش	مثالی از خاورمیانه
مدیریت منابع آب	برنامه‌ریزی یکپارچه و چند منظوره	کاهش فزاینده منابع آب	کاهش جریان آب دجله و فرات (عراق و سوریه)
دسترسی عادلانه	فرایندهای شفاف برای توزیع عادلانه	رقابت بین بخش‌های کشاورزی و شهری	بحران آب شرب در اردن

مطالعه تجارب کشورهای مختلف نشان می‌دهد که فقدان برنامه‌ریزی یکپارچه معمولاً نه ناشی از کمبود آب، بلکه نتیجه ضعف حکمرانی آب است. هنگامی که بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعت، محیط زیست) بدون هماهنگی تصمیم‌گیری می‌کنند، رقابت برای آب تشدید شده و در نهایت نه تنها مسئله حل نمی‌شود، بلکه بازتولید بحران محتمل‌تر می‌شود. بنابراین، اهمیت مدیریت یکپارچه تنها در افزایش عرضه نیست، بلکه در کاهش تعارضات و افزایش اعتماد عمومی نیز نمود پیدا می‌کند. همچنین تمرکز سیاست‌های آبی باید از «تأمین بیشتر» به «مصرف هوشمندانه‌تر» تغییر کند. در واقع در این راستا کشورهای موفق خواهند بود که مصرف آب را در بخش کشاورزی مدیریت کرده، فناوری‌های بهره‌وری را به کار گیرند و برداشت از منابع زیرزمینی را بازتنظیم نمایند.

کشورهای خاورمیانه با منابع محدود، رشد جمعیت و تنش‌های سیاسی مواجه هستند؛ بنابراین برنامه‌ریزی یکپارچه آب برای آنها یک ضرورت حیاتی است، نه یک انتخاب. تجربه عراق و سوریه در کاهش جریان دجله و فرات نشان می‌دهد که نبود هماهنگی داخلی و منطقه‌ای می‌تواند وابستگی و آسیب‌پذیری را تشدید کند. درس مهم برای منطقه آن است که هر طرح توسعه‌ای بدون ارزیابی جامع منابع آب، دیر یا زود به بحران تبدیل خواهد شد. بنابراین، ایجاد نهادهای فرا بخشی و ساز و کارهای شفاف تصمیم‌گیری، مهم‌ترین نیاز منطقه در ارتباط با هدف ششم از مجموعه اهداف توسعه پایدار است.

۵-۲- هدف هفتم (انرژی پاک و مقرون به صرفه)

بخش انرژی حدود ۱۵ درصد از مصرف کل آب جهان را به خود اختصاص می‌دهد که بخش عمده آن مربوط به سیستم‌های خنک‌کننده نیروگاه‌های حرارتی است. بر اساس میانگین شش مدل جهانی انرژی-اقتصاد، تحت مسیر اجتماعی-اقتصادی «میان راه (SSP2)»، تولید جهانی برق بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۵۰ سه برابر خواهد شد و در آفریقا و آسیا بیش از شش برابر افزایش می‌یابد. بنابراین، در صورت ثابت ماندن شدت مصرف آب در تولید برق، سهم مصرف آب در بخش انرژی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه افزایش خواهد یافت.

به این ترتیب، انرژی مانند آب، نقشی اساسی در یکپارچگی منطقه‌ای، توسعه اقتصادی، ارتقای درآمد سرانه و کاهش فقر دارد (Johnson et al., 2019: 2223).

۵-۲-۱- الزام این هدف

این هدف الزامی دارد که عبارت است از:

- مدیریت تقاضای انرژی به جای تمرکز صرف بر عرضه

اکثر مداخلات موجود در بخش انرژی بر افزایش ظرفیت تولید و عرضه برق متمرکز هستند. در حالی که بسیاری از پیامدهای منفی ناشی از پویایی‌های درهم تنیدگی، با ترکیب گزینه‌های عرضه و مداخلات تقاضا قابل پیشگیری هستند. اقداماتی همچون کمپین‌های صرفه‌جویی در انرژی یا مشوق‌های مالی برای تغییر رفتار و الگوی مصرف می‌تواند فشار بر تقاضا را کاهش دهد. بنابراین شناسایی نقاط حساس سیستم و مدیریت مؤثر آنها می‌تواند تعاملات پیوند را به سمت نتایج پایداری هدایت کند (Smajgl et al., 2016: 533-540).

۵-۲-۲- چالش‌ها

چالش مرتبط با این هدف عبارت است از:

- اقتصاد سیاسی و تغییر اولویت‌ها

پیتاک و همکاران (۲۰۱۵) تأکید می‌کنند که عوامل متعددی بر موفقیت یا شکست ابتکارات انرژی در چارچوب درهم تنیدگی آب-غذا-انرژی اثرگذار هستند که بعضاً از کنترل ذی‌نفعان خارج است. برای مثال، در منطقه روتی زیمبابوه، پروژه‌ای با همکاری دولت و سازمان‌های غیر دولتی برای احداث سامانه آبیاری ۶۰ هکتاری با استفاده از پمپ‌های خورشیدی اجرا شد. این پروژه در ابتدا بسیار موفق بود و درآمد خانوارهای فقیر بین ۱۷۳ تا ۲۸۶ درصد افزایش یافت. اما این طرح به منبع ملی سد گوتو وابسته بود که جامعه محلی کنترلی بر آن نداشت. با کاهش سطح آب پشت سد، دولت اولویت را به تأمین آب مزارع نیشکر داد و پروژه دچار بحران شد. خشکسالی دو ساله این وضعیت را تشدید کرد و در نهایت بازگشت آب، زیرساخت‌های آبیاری را تخریب نمود (Pittock et al., 2015: 58-68).

- بهبود و ایجاد تعادل در درهم تنیدگی در برابر تغییرات غیر قابل پیش‌بینی

ماهیت به‌هم پیوسته سیستم WEFE چالش‌های اساسی ایجاد می‌کند. بخش غذا و نهاده‌های آن (انرژی و آب) برای برخی فرایندها به زمین متکی هستند. در سطح منطقه‌ای نیز رقابت میان بخش‌های مختلف برای استفاده از منابع زمین (تولید غذا، تولید انرژی تجدیدپذیر و مدیریت آب) وجود دارد. در واقع عملاً چالش در یک بخش می‌تواند به بخش دیگر آسیب برساند (Ogbolumani & Nwulu, 2021).

دشواری کار در این است که اصلاح یک حوزه می‌تواند کل سیستم را در معرض تغییرات پیش‌بینی‌ناپذیر و ناپایدار قرار دهد.

جدول ۲ نکات مطرح شده در این بخش را به شکل خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۲: الزامات و چالش‌های SDG 7

جنبه	الزام	چالش	مثالی از خاورمیانه
مدیریت انرژی	تمرکز بر مدیریت تقاضا	تغییر اولویت‌های سیاسی و اقتصادی	محدودیت انرژی در یمن
هماهنگی با آب و غذا	استفاده از انرژی پاک و تجدیدپذیر	تعارض میان منابع آب و انرژی	کاهش ذخایر آب پشت سدها در عراق

بررسی الزامات و چالش‌های هدف هفتم نشان می‌دهد که مشکل اصلی کشورهای مختلف صرفاً «کمبود انرژی پاک» نیست، بلکه ساختارهای حکمرانی، وابستگی اقتصادی به سوخت‌های فسیلی و نبود چارچوب‌های حمایتی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان موانع اصلی هستند. موفقیت در این هدف تنها زمانی ممکن است که گذار انرژی نه به‌عنوان یک پروژه فنی، بلکه به‌عنوان تحولی نهادی، اقتصادی و اجتماعی مورد توجه قرار گیرد. تجربه جهانی نشان می‌دهد که اصلاح قیمت‌گذاری انرژی، جذب سرمایه‌گذاری پایدار و تقویت زیرساخت‌های فناوری سه ستون اساسی تحقق این هدف هستند. منطقه خاورمیانه با وجود برخورداری از پتانسیل‌های عظیم انرژی خورشیدی و بادی، همچنان به شدت به نفت و گاز وابسته است. این وابستگی، امنیت انرژی و ثبات اقتصادی منطقه را در برابر نوسانات بازار جهانی و فشارهای ژئوپلیتیک آسیب‌پذیر کرده است.

درس‌های کلیدی برای خاورمیانه این است که:

تنوع‌بخشی به سبد انرژی به‌عنوان یک ضرورت راهبردی و سیاست‌گذاری دنبال شود.

سیاست‌های یارانه‌ای و قیمت‌گذاری فعلی انرژی بازنگری شود تا انرژی پاک توان رقابت پیدا کند. سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر با ایجاد ثبات سیاستی و تقویت ظرفیت فنی داخلی همراه باشد.

همکاری‌های منطقه‌ای در حوزه تبادل برق، انرژی خورشیدی و سرمایه‌گذاری مشترک می‌تواند موتور محرک گذار انرژی پایدار در منطقه باشد.

۵-۳- هدف پانزدهم (زندگی روی خشکی)

بوم‌سازگان فعال و پویا، دارایی‌های بنیادین و غنی و در واقع شالوده حیات در سیاره زمین هستند. این منابع حیاتی ترکیبی پیچیده از خاک، آب و تنوع زیستی هستند که خدمات گوناگونی به انسان ارائه می‌دهند. این خدمات شامل غذا، معیشت، سرپناه و منابع طبیعی هستند که روابط و پیوندهای محکمی میان انسان و جامعه پیرامونی او برقرار می‌کند (Arora & Mishra, 2024: 369-375).

۵-۳-۱- الزام

هدف پانزدهم توسعه پایدار الزامی دارد که عبارت است از:

- اتخاذ راهبرد پایدار و بهینه مدیریت کاربری اراضی

جمعیت جهان به سرعت در حال افزایش است و کمبود منابع حیاتی مبتنی بر زمین برای پاسخ به نیازهای این جمعیت رو به رشد، بیش از هر زمان دیگری آشکار شده است. به‌عنوان نمونه، طی نیم قرن (۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰) جمعیت آسیای جنوبی تقریباً سه برابر شده و از ۵۸۸ میلیون نفر به ۱/۶۲۱ میلیارد نفر رسید. با رشد جمعیت و توسعه صنعتی، سرانه زمین کشاورزی به شدت کاهش یافت. بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰، سرانه زمین قابل کشت در بنگلادش از ۰/۱۱ به ۰/۰۵ هکتار، در هند از ۰/۲۳ به ۰/۱۳ هکتار، در نپال از ۰/۱۵ به ۰/۰۸ هکتار و در پاکستان از ۰/۲۴ به ۰/۱۲ هکتار کاهش یافت. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵، جمعیت آسیای جنوبی به ۲/۲ میلیارد نفر برسد و تقاضای غلات به ۴۷۶ میلیون تن افزایش یابد (در مقایسه با ۲۴۱ میلیون تن در سال ۲۰۰۰). با در نظر گرفتن رشد درآمدها، این رقم حتی به ۵۵۰ میلیون تن خواهد رسید (Rasul, 2014: 35-48). در چنین شرایطی، اتخاذ یک راهبرد پایدار و بهینه مدیریت زمین کشاورزی با اولویت حفاظت و بهره‌برداری خردمندانه از زمین برای تولید کشاورزی ضروری‌تر از همیشه است.

۵-۳-۲- چالش‌ها

چالش‌های این هدف عبارت هستند از:

- پیچیدگی و تعدد پارامترها در مدل‌های کاربری اراضی

برای درک کمی روابط درونی درهم تنیدگی WEF و اتخاذ تصمیمات جامع و بهینه، نیاز به مدل‌سازی از جنس پیش‌بینی، ادغام مؤثر داده‌ها و مدل‌ها و روش‌های بهینه‌سازی وجود دارد. مدل‌های کاربری اراضی معمولاً شامل مجموعه‌ای از زیرمدل‌ها یا معادلات هستند که عوامل متعددی نظیر تغییر اقلیم و

ویژگی‌های زیستی را لحاظ می‌کنند. اما افزودن پارامترها منجر به پیچیدگی بیشتر مدل و نیاز به داده‌های گسترده‌تر و محلی می‌شود؛ داده‌هایی که در کشورهای در حال توسعه به راحتی در دسترس نیستند. این عدم قطعیت‌ها تغییرات عمده‌ای در سامانه‌های کاربری زمین ایجاد می‌کنند و باید در فرایند تصمیم‌گیری لحاظ شوند (Nie et al., 2019: 7-19).

• بهینه‌سازی کاربری زمین و تعارض منافع

نتایج مطالعات نشان داده که یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در مدیریت کاربری زمین، وجود ذی‌نفعان متعدد با اهداف متنوع و گاه متعارض است؛ اهدافی چون سود اقتصادی، تأمین غذا، اهداف زیست محیطی و کارایی در مصرف منابع (آب و انرژی). بنابراین، مسئله بهینه‌سازی کاربری زمین اغلب به‌عنوان یک مسئله چند هدفه مطرح می‌شود. در چنین شرایطی و با وجود عدم قطعیت‌های فراوان، دستیابی به مصالحه پایدار میان منافع ذی‌نفعان بسیار دشوار است (Nie et al., 2019: 7-19).

• پیامدهای ناشی از فعالیت‌های انسانی

عوامل انسانی چون جنگل‌زدایی، تغییر کاربری زمین و ساخت و سازهای زیربنایی می‌توانند پیامدهای مثبت یا منفی به همراه داشته باشند. برای نمونه، تغییر کاربری جنگل به زمین کشاورزی (بسته به نوع خاک و محصول) می‌تواند منجر به افزایش نرخ انتقال رسوب شود که اثری بیرونی بر کاربران پایین دست دارد (Kurian, 2017: 97-106) (جدول ۳).

جدول ۳: الزامات و چالش‌های SDG 15

جنبه	الزام	چالش	مثالی از خاورمیانه
مدیریت زمین	راهبرد پایدار و بهینه کاربری اراضی	پیچیدگی مدل‌های کاربری اراضی	تغییر کاربری زمین و جنگل‌زدایی در مناطقی همچون لبنان و سوریه
تعارض ذی‌نفعان	آشتی و اتخاذ رویکرد برد-برد بین منافع اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی	چند هدفه بودن و عدم قطعیت	آسیب به منابع طبیعی در عراق و یمن

بررسی الزامات و چالش‌های هدف پانزدهم نشان می‌دهد که حفاظت از بوم‌سازگان‌های خشکی تنها یک مسئله محیط زیستی نیست، بلکه مستقیماً با امنیت غذایی، تاب‌آوری اقتصادی و ثبات اجتماعی گره خورده است. مهم‌ترین مسئله در مدیریت کاربری اراضی، پیچیدگی تصمیم‌گیری در شرایطی است که داده‌ها محدود، ذی‌نفعان متعدد و اهداف و منافع متعارض هستند. هم‌زمان، افزایش جمعیت، توسعه

فیزیکی و فشار اقتصادی باعث شده که ظرفیت طبیعی زمین در بسیاری از مناطق به مرزهای بحرانی نزدیک شود. بنابراین، راهبردهای پایدار کاربری اراضی باید به جای نگاه بخشی، با رویکردی کل‌نگر، مشارکتی و آینده‌پژوهانه دنبال شوند.

کشورهای خاورمیانه با چالش‌های شدیدی همچون بیابان‌زایی، جنگل‌زدایی، خشکسالی‌های مکرر، رشد سریع جمعیت و فشار بر اراضی کشاورزی مواجه هستند. از دل‌یافته‌های این هدف، سه درس کلیدی برای منطقه استخراج می‌شود:

۱. کاربری زمین باید با محدودیت‌های اکولوژیک هماهنگ شود. توسعه شهری و کشاورزی بدون توجه به ظرفیت اکولوژیک زمین، فرسایش خاک، بیابان‌زایی و افت تولید را تشدید می‌کند.

۲. تعارض منافع باید با ساز و کارها و الگوهای مشارکتی مدیریت شود. بدون حضور ذی‌نفعان محلی، سیاست‌های کاربری زمین در عمل اجرا نمی‌شوند و حتی می‌توانند مقاومت اجتماعی ایجاد کنند.

۳. داده‌های معتبر و مدل‌سازی دقیق، پیش‌نیاز تصمیم‌گیری پایدار است. خاورمیانه نیازمند سامانه‌های پایش، بانک داده‌های اقلیمی و زمین‌محور، و مدل‌های بومی‌سازی شده است تا بتواند برنامه‌ریزی دقیق و مبتنی بر شواهد انجام دهد.

به طور کلی، تحقق SDG 15 در خاورمیانه تنها با مدیریت علمی زمین، حکمرانی مشارکتی و همسویی توسعه با قابلیت‌ها و ظرفیت‌های زیست محیطی حال حاضر امکان‌پذیر خواهد بود.

۶. چارچوب تبیینی در تحلیل ناترازی‌های پیوند WEFE در خاورمیانه: یک مطالعه تطبیقی

میان ایران و اردن

مطالعات پیشین در حوزه پیوند WEFE در خاورمیانه عمدتاً جنبه توصیفی داشته و کمتر به ریشه‌های علی‌ناترازی‌ها پرداخته‌اند. بخش حاضر با هدف عبور از این ضعف ساختاری و ارائه یک دستاورد تحلیلی، به مطالعه تطبیقی بین ایران و اردن می‌پردازد تا نشان دهد بحران‌های درهم تنیدگی در منطقه بیشتر نتیجه «اختلال در حکمرانی» است تا «کمبود منابع».

ادعای مرکزی مقاله به شرح زیر است:

«ریشه اصلی ناترازی‌های WEFE در خاورمیانه، ناهماهنگی حکمرانی و گسست میان‌بخشی است، نه الزام کمبود منابع».

به عبارت دیگر، بحران‌های آب، انرژی و غذا زمانی تشدید می‌شوند که:

- سیاست‌های بخشی اهداف متعارض و بعضاً متضاد تولید می‌کنند.
 - نهادها به جای همکاری در رقابت هستند.
 - داده‌ها یکپارچه نیست و تصمیم‌سازی بر حدس، فشار سیاسی یا نیازهای کوتاه مدت استوار است.
- این ادعا چارچوب تحلیلی لازم برای مطالعه تطبیقی دو کشور مشابه از منظر چالش‌ها اما متفاوت از منظر حکمرانی را فراهم می‌کند.

۶-۱- چارچوب تبیینی پیشنهادی: مدل سه‌گانه ناترازی حکمرانی درهم تنیدگی

مقاله یک چارچوب تبیینی مبتنی بر سه نوع ناترازی ارائه می‌کند:

۱. ناترازی سیاستی:
وقتی سیاست‌های وزارتخانه‌ها جهت‌گیری متناقض دارند؛ مانند توسعه کشاورزی آب‌بر در شرایط بحران آب.
۲. ناترازی نهادی:
عبارت است از تعدد نهادها، هم‌پوشانی وظایف، رقابت میان دستگاه‌ها و نبود ساز و کار هماهنگی میان‌بخشی.
۳. ناترازی دانشی/داده‌ای:
یعنی نبود پایگاه داده مشترک، ضعف در اطلاعات مکانی یا اتخاذ تصمیم بدون مدل‌سازی جامع درهم تنیدگی.

این مدل، ابزار تبیین و تحلیل مقایسه‌ای میان ایران و اردن را فراهم می‌سازد.

۶-۲- مطالعه تطبیقی دو کشور ایران و اردن

هدف از این مقایسه، پاسخ به این سؤال است که چرا دو کشوری که هر دو با بحران آب مواجه هستند، تجربه‌های کاملاً متفاوتی در مدیریت درهم تنیدگی دارند؟

۶-۲-۱- ایران: نمونه‌ای از تشدید ناترازی درهم تنیدگی

- اتخاذ سیاست‌های کشاورزی آب‌بر (گسترش کشت محصولات پرمصرف) بدون هماهنگی لازم با وزارتخانه/سازمان‌های ذی‌ربط در بحث مدیریت و بهره‌برداری خردمندانه از منابع آب.
- تعدد نهادی در مدیریت آب (شرکت‌های آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، سازمان حفاظت محیط زیست، شوراهای آب و...).

- فقدان بانک داده یکپارچه و تصمیم‌گیری مبتنی بر ملاحظات و بعضاً فشارهای سیاسی؛ نه تحلیل‌های مبتنی بر واقعیت‌های درهم تنیدگی.
- پیامد: افت شدید سفره‌های آب زیرزمینی، بحران ریزگرد، اتکای رو به رشد به انرژی برای پمپاژ آب.
- نتیجه: مجموعه این عوامل سبب شده که ناترازی‌های جدی منابع و مشکلات اساسی در بحث حکمرانی درهم تنیدگی به وجود آید.

۶-۲-۲- اردن: نمونه‌ای از هم‌ترازی نسبی در حکمرانی

- با وجود کمبود منابع، اردن چند اقدام کلیدی انجام داده است:
- هماهنگی میان وزارت آب و انرژی برای توسعه نمک‌زدایی و انرژی‌های تجدیدپذیر.
 - تدوین استراتژی ملی نکسوس در سال ۲۰۱۶ و ایجاد کارگروه‌های میان‌بخشی.
 - فناوری‌های نوین در آب‌شیرین‌کن‌ها با اتکا به انرژی خورشیدی.
 - پایگاه داده‌ای مشترک میان بخش‌های آب-غذا-انرژی.
- نتیجه: اردن با منابع کمتر، عملکردی پایدارتر از ایران داشته و نمونه‌ای از حکمرانی نسبی موفق در این حوزه را نشان داده است.

۶-۳- تحلیل تطبیقی و نتایج تبیینی

مطالعه تطبیقی نشان می‌دهد که:

- هر دو کشور با بحران آب مواجه هستند، اما تفاوت اصلی در ساختار تصمیم‌گیری و حکمرانی آنها می‌باشد.
 - ایران مبتلا به سه نوع ناترازی حکمرانی است؛ در حالی که اردن توانسته دو مورد از این سه ناترازی را کاهش دهد (ناترازی‌های سیاستی و دانشی/داده‌ای).
 - نتیجه آنکه کمبود منابع به تنهایی معادل بحران نیست؛ بحران زمانی شکل می‌گیرد که سایر ناترازی‌ها به‌ویژه سیاست‌های نامشخص و ناهماهنگی‌های نهادی، کمبود منابع را تشدید کند.
- یافته‌های این بخش چند خروجی مهم دارد که توجه به آنها ضروری به نظر می‌رسد:
- بازتعریف بحران درهم تنیدگی در خاورمیانه از مسئله کمبود منابع به مسئله شکاف حکمرانی.

- بیان اینکه تجربه اردن نشان می‌دهد حتی با منابع محدود نیز می‌توان به موفقیت نسبی رسید یا تبعات ناشی از کمبود منابع را کاهش داد.

پیشنهاد یک مدل حکمرانی چابک برای کشورهای منطقه دربرگیرنده مؤلفه‌هایی چون:

- کمیته دائمی هماهنگی میان‌بخشی،
- داده‌محوری و ایجاد پایگاه اطلاعات مشترک،
- یکپارچه‌سازی سیاست‌های آب-غذا-انرژی،
- و تعیین «مکانیسم‌های پاسخ سریع» در زمان بحران.

نتیجه

تأمین پایدار آب، انرژی، غذا و مدیریت محیط زیست، با توجه به رشد جمعیت و کاهش منابع طبیعی، یکی از چالش‌های اصلی توسعه در جهان و به‌ویژه خاورمیانه محسوب می‌شود. بررسی روابط متقابل میان این حوزه‌ها از طریق رویکرد درهم تنیدگی WEF، چارچوبی ساختارمند برای تحلیل پیچیدگی‌ها و ارائه راهکارهای پایدار فراهم می‌آورد.

این پژوهش با مرور تجارب جهانی از چالش‌ها و الزامات روابط متقابل میان آب، انرژی، غذا و محیط زیست (WEFE Nexus) نشان داد که مدیریت منابع طبیعی در خاورمیانه با محدودیت‌های جدی، رشد جمعیت و فشارهای زیست محیطی مواجه است. یافته‌ها حاکی از آن است که مسائل اصلی منطقه صرفاً کمبود منابع نیست، بلکه ضعف حکمرانی، تعارض ذی‌نفعان و فقدان هماهنگی میان سیاست‌های بخش‌های مختلف است که بهره‌وری منابع و تاب‌آوری منطقه‌ای را محدود می‌کند. همچنین بر اساس تحلیل تطبیقی انجام شده، ایران نمونه‌ای از وضعیتی است که در آن سیاست‌های بخشی متعارض، چنگدگانی نهادی و ضعف در داده‌های مشترک موجب تشدید بحران درهم تنیدگی منابع شده است. در مقابل، اردن علی‌رغم محدودیت شدید منابع، به واسطه اتخاذ رویکردهای هماهنگ میان‌بخشی، استراتژی ملی درهم تنیدگی و اتکای گسترده بر داده‌های مشترک، توانسته است الگوی نسبی موفق حکمرانی درهم تنیدگی را در منطقه ارائه دهد. این تفاوت نشان می‌دهد که مدیریت پایدار درهم تنیدگی الزاماً به حجم منابع وابسته نیست، بلکه به «هم‌ترازی حکمرانی» و امکان ایجاد هم‌راستایی میان بخش‌ها بستگی دارد.

درس‌آموخته‌های کلیدی برای خاورمیانه عبارت هستند از:

۱. ضرورت مدیریت یکپارچه منابع آب: بحران‌های منابع آب، مانند کاهش جریان دجله و فرات، نشان می‌دهد که توسعه بدون برنامه‌ریزی یکپارچه و هماهنگی میان بخش‌ها، به تعارض و آسیب‌پذیری بیشتر می‌انجامد.

۲. گذار به انرژی پایدار و متنوع: وابستگی شدید به سوخت‌های فسیلی و محدودیت سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، امنیت انرژی و توسعه اقتصادی را تهدید می‌کند. سیاست‌های یارانه‌ای و ساختارهای حکمرانی انرژی باید بازنگری شوند تا سرمایه‌گذاری در انرژی‌های خورشیدی و بادی تسهیل و رقابت‌پذیری انرژی پاک افزایش یابد.

۳. مدیریت پایدار کاربری زمین: فشار جمعیتی، فعالیت‌های انسانی و تعارض ذی‌نفعان موجب پیچیدگی مدیریت بوم‌سازگان‌های خشکی شده است. اتخاذ راهبردهای مشارکتی، هماهنگ با ظرفیت‌های اکولوژیک و مبتنی بر داده‌های دقیق محلی، برای کاهش اثرات زیست محیطی و اقتصادی ضروری است.

راهبردهای عملی پیشنهادی:

- ادغام رسمی رویکرد WEF Nexus در سیاست‌ها و برنامه‌های ملی و اقلیمی برای تضمین هماهنگی میان بخش‌ها و سازگاری با تغییر اقلیم.
- تدوین ساز و کارهای حکمرانی چند سطحی و شفاف با مشارکت ذی‌نفعان برای کاهش تعارض و افزایش اثربخشی سیاست‌ها.
- سرمایه‌گذاری در فناوری‌های بهره‌وری آب و انرژی و توسعه مدل‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد محلی برای مدیریت هوشمند منابع در شرایط محدودیت و تغییر اقلیم.
- ترویج همکاری‌های منطقه‌ای در حوزه منابع آب، انرژی‌های تجدیدپذیر و تبادل دانش به منظور تقویت تاب‌آوری و امنیت منابع حیاتی.

در جمع‌بندی، مطالعه حاضر نشان می‌دهد که پایداری منابع و تاب‌آوری خاورمیانه تنها از طریق مدیریت علمی، حکمرانی مشارکتی و سیاست‌گذاری هدفمند قابل دستیابی است. درس اصلی این است که اتخاذ راهبردهای عملی مبتنی بر درهم تنیدگی می‌تواند به کاهش اثرات منفی محدودیت منابع و تغییر اقلیم و ارتقای توسعه پایدار منطقه‌ای کمک کند.

فهرست منابع

منابع فارسی

- ۱- ارغوانی پیرسلامی، ف؛ و اتابکی، س (۱۳۹۶). بحران آب و امنیت منطقه‌ای خلیج فارس: واکاوی بسترها و راهکارها. *سیاست و روابط بین‌الملل*، ۱(۲)، ۹-۳۴.
- ۲- معتقد، م؛ شعبانعلی فمی، ح؛ اسدی، ع، و کلانتری، خ. (۱۴۰۲). تحلیل ساز و کارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک مقیاس همدان. *آب و توسعه پایدار*، ۱۰(۲)، ۱-۱۲.
- ۳- نصری فخر داود، ص؛ کاویانی‌راد، م؛ صدرانیا، ح، و حمید، ح. (۱۴۰۰). چالش‌های سیاست‌گذاری منابع آب ایران و عراق. *سیاست‌گذاری عمومی*، ۷(۴)، ۲۳۷-۲۶۲.

منابع غیر فارسی

- 1- Al-Saidi, M., & Elagib, N. A. (2017). Towards understanding the integrative approach of the water, energy and food nexus. *Science of the Total Environment*, 574, 1131-1139.
- 2- Al-Thani, N. A., Govindan, R., & Al-Ansari, T. (2020). Maximising nutritional benefits within the energy, water and food nexus. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121877.
- 3- Arora, N. K., & Mishra, I. (2024). Life on land: progress, outcomes and future directions to achieve the targets of SDG 15. *Environmental Sustainability*, 7(4), 369-375.
- 4- Artioli, F., Acuto, M., & McArthur, J. (2017). The water-energy-food nexus: An integration agenda and implications for urban governance. *Political Geography*, 61, 215-223.
- 5- Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., Steduto, P., Mueller, A., Komor, P., Tol, R.S. and Yumkella, K.K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy policy*, 39(12), 7896-7906.
- 6- Bieber, N., Ker, J. H., Wang, X., Triantafyllidis, C., van Dam, K. H., Koppelaar, R. H., & Shah, N. (2018). Sustainable planning of the energy-water-food nexus using decision making tools. *Energy Policy*, 113, 584-607.
- 7- De Laurentiis, V., Hunt, D. V., & Rogers, C. D. (2016). Overcoming food security challenges within an energy/water/food nexus (EWFN) approach. *Sustainability*, 8(1), 95.
- 8- Endo, A., Tsurita, I., Burnett, K., & Orenco, P. M. (2017). A review of the current state of research on the water, energy, and food nexus. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 11, 20-30.
- 9- Garcia, D. J., & You, F. (2016). The water-energy-food nexus and process systems engineering: A new focus. *Computers & Chemical Engineering*, 91, 49-67.
- 10- Johnson, N., Burek, P., Byers, E., Falchetta, G., Flörke, M., Fujimori, S., Havlik, P., Hejazi, M., Hunt, J., Krey, V. and Langan, S. (2019). Integrated solutions for the water-energy-land nexus: Are global models rising to the challenge?. *Water*, 11(11), p.2223.
- 11- Kharanagh, S. G., Banihabib, M. E., & Javadi, S. (2020). An MCDM-based social network analysis of water governance to determine actors' power in water-food-energy nexus. *Journal of Hydrology*, 581, 124382.
- 12- Kurian, M. (2017). The water-energy-food nexus: trade-offs, thresholds and transdisciplinary approaches to sustainable development. *Environmental Science & Policy*, 68, 97-106.

- 13- Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P. and Ruane, A.C. (2024). Climate change 2023 synthesis report summary for policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- 14- Märker, C., Venghaus, S., & Hake, J. F. (2018). Integrated governance for the food–energy–water nexus–The scope of action for institutional change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97, 290-300.
- 15- Nie, Y., Avraamidou, S., Xiao, X., Pistikopoulos, E.N., Li, J., Zeng, Y., Song, F., Yu, J. and Zhu, M. (2019). A Food-Energy-Water Nexus approach for land use optimization. *Science of The Total Environment*, 659, 7-19.
- 16- Ogbolumani, O. A., & Nwulu, N. I. (2021). Multi-objective optimization of constrained food-energy-water-nexus systems for sustainable resource allocation. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 44, 100967.
- 17- Pahl-Wostl, C. (2019). Governance of the water-energy-food security nexus: A multi-level coordination challenge. *Environmental Science & Policy*, 92, 356-367.
- 18- Pittock, J., Orr, S., Stevens, L., Aheeyar, M., & Smith, M. (2015). Tackling trade-offs in the nexus of water, energy and food. *Aquatic Procedia*, 5, 58-68.
- 19- Radmehr, R., Ghorbani, M., & Ziaei, A. N. (2021). Quantifying and managing the water-energy-food nexus in dry regions food insecurity: new methods and evidence. *Agricultural Water Management*, 245, 106588.
- 20- Rasul, G. (2014). Food, water, and energy security in South Asia: A nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region☆. *Environmental Science & Policy*, 39, 35-48.
- 21- Rasul, G., & Sharma, B. (2015). Water, food, and energy nexus in South Asia: implications for adaption to climate change. *Handbook of climate change adaptation*, 1329-1350.
- 22- Smajgl, A., Ward, J., & Pluschke, L. (2016). The water–food–energy Nexus–Realising a new paradigm. *Journal of hydrology*, 533, 533-540.
- 23- Tashtoush, F. M., Al-Zubari, W. K., & Shah, A. (2019). A review of the water–energy–food nexus measurement and management approach. *International Journal of Energy and Water Resources*, 3, 361-374.
- 24- Tortajada, C., & Biswas, A. K. (2018). Achieving universal access to clean water and sanitation in an era of water scarcity: strengthening contributions from academia. *Current opinion in environmental sustainability*, 34, 21-25.
- 25- Verma, N., Talwar, P., Upadhyay, A., Singh, R., Lindenberger, C., Pareek, N., Sarangi, P.K., Zorpas, A.A. and Vivekanand, V. (2024). Food-Energy-Water Nexus in compliance with Sustainable Development Goals for integrating and managing the core environmental verticals for sustainable energy and circular economy. *Science of the Total Environment*, 930, 172649.
- 26- Zhang, X., & Vesselinov, V. V. (2017). Integrated modeling approach for optimal management of water, energy and food security nexus. *Advances in Water Resources*, 101, 1-10.
- 27- Zhang, C., Chen, X., Li, Y., Ding, W., & Fu, G. (2018). Water-energy-food nexus: Concepts, questions and methodologies. *Journal of Cleaner Production*, 195, 625-639.