تحقیقات آب و خاک ایران | دوره ۵۳ | شماره ۲ | اردیبهشت ۱۴۰۱ (ص ۴۰۹-۳۹۱)

DOI: https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2022.335009.669150

(مقاله مروری)

The Concept of Water-Energy-Food Nexus and Its Comparison with Integrated Water Resources Management

ATENA MIRZAEI[1], BAHRAM SAGHAFIAN[2*], ALI MIRCHI[3]

1. Department Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Department of Biosystems and Agricultural Engineering, Oklahoma State University, Stillwater, The United States of America (USA).

(Received: Dec. 4, 2021- Revised: Feb. 2, 2022- Accepted: Feb. 9, 2022)

ABSTRACT

Today, scientific research on the types of Nexus, especially the water- energy- food Nexus as the driver of improving the welfare of society, is expanding. Since the Nexus approach is relatively new and requires the cooperation of several fields, explaining the concepts, its literature review, with a special focus on the water-energy- food Nexus is essential. This article aims to express Nexus approach simple and clear, by a detailed review of several related articles from 2011 to 2021. Articles were reviewed and categorized by year, source variety, and topic. So the outline of the formation of the Nexus approach, water- energy- food Nexus and the questions raised about this approach were codified in a way that provides a practical insight for policy making. In general, the Nexus approach, especially the water- energy- food Nexus which creates a very complex system and must be considered from a political, social and economic perspective, is difficult to implement. However, the Nexus approach is transitioning to an important component of development planning, and its success requires the guidance of strategic policies and institutional structures in multilevel governance. It seems that countries need to reform their governance structures in line with the Nexus approach. Another issue that has been considered in this article is the difference between the Water- Energy- Food Nexus approach with the approach of integrated water resources management. Due to the similarities, there are doubts about the need to move from integrated water resources management to Water- Energy- Food Nexus.

Keywords: Nexus Approach, WEF, Integrated Water Resources Management.

*Corresponding Author's Email: b.saghafian@gmail.com

مبانی رویکرد همبست منابع، همبست آب- انرژی-غذا و مقایسه آن با مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب (IWRM)

آتنا میرزائی[۱]، بهرام ثقفیان[۲*]، علی میرچی[۳]

۱. دانشکده فنی و مهندسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. دانشکده مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳. مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایالتی اوکلاهاما، استیلواتر، ایالات متحده آمریکا.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۳- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳- تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰)

چکیده

امروزه تحقیقات علمی در خصوص انواع همبست، به‌ویژه همبست آب- انرژی- غذا به‌عنوان منابع زیربنایی توسعه و محرک بهبود رفاه جامعه، در حال گسترش است. ازآنجاکه آموزش رویکرد نسبتاً جدید همبست نیازمند همکاری چند حوزه تخصصی است، تبیین مفاهیم و بررسی ادبیات موضوع با نگاه ویژه به همبست آب- انرژی- غذا ضرورت دارد. این مقاله با هدف بیان ساده و دقیق رویکرد همبست به‌ویژه همبست آب- انرژی- غذا، بر اساس مرور سیستماتیک و تفصیلی تحقیقات انجام شده در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ ارائه می‌شود. مقالات بر اساس سال، تنوع منابع و موضوع طبقه‌بندی شدند. باتوجه‌به مرور منابع، شمای کلی نحوهٔ شکل‌گیری رویکرد همبست، همبست آب- انرژی- غذا و سؤالات مرتبط در خصوص این رویکرد با هدف ارائه بینش کاربردی برای سیاست‌گذاری و ارزیابی شرایط کنونی در کشور مدون گردید. به‌طورکلی، پیاده‌سازی رویکرد همبست دشوار است، به‌ویژه همبست آب- انرژی- غذا که یک سیستم بسیار پیچیده را به وجود می‌آورد و باید از ابعاد سیاسی، اجتماعی و اقتصادی نیز موردتوجه قرار گیرد. بااین‌حال رویکرد همبست در حال گذار به یک مؤلفهٔ مهم برنامه‌ریزی توسعه است که موفقیت آن نیاز به هدایت سیاست‌های استراتژیک و ساختارهای نهادی در حاکمیت چند سطحی دارد و به نظر می‌رسد کشورها باید ساختارهای حاکمیتی خود را متناسب با رویکرد همبست اصلاح کنند. موضوع دیگری که در این مقاله موردتوجه ویژه قرار گرفت، تفاوت رویکرد همبست آب- انرژی- غذا با رویکرد مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب است به‌نحوی‌که شبهات لزوم حرکت از مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب به همبست آب- انرژی- غذا باید پاسخ داده شود.

واژه های کلیدی: رویکرد همبست، WEF، مدیریت به‌هم‌پیوسته.

مقدمه

آب، انرژی و غذا منابع پایه برای تأمین نیازهای روزانه و توسعه هستند. جمعیت روبه‌رشد و ادامه روند شهرنشینی و تقاضای حاصل از آن در حوزه‌های آب، انرژی و غذا فشار بیشتری به خاک، منابع آب و اکوسیستم وارد می‌کند که چنانچه با سوءمدیریت همراه باشد منجر به استفاده نادرست این منابع می‌شود (Li & Ma, 2020). در بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده منابع آب شیرین، بیش از یک‌چهارم انرژی مصرفی در سطح جهان صرف تولید و تأمین مواد غذایی می‌شود. نیاز فوری برای توسعه زراعت در طی ۲۵ سال آینده روی سطوح کمتر با آبِ کمتر، افزایش قابل‌توجه هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را به دنبال دارد (Del Borghi et al., 2020).

ماهیت محدود و حیاتی آب شیرین در دهه اول قرن بیست و یکم عمیق‌تر موردتوجه قرار گرفت. مجمع جهانی اقتصاد تأکید کرد علی‌رغم اینکه آب هیچ جایگزینی ندارد، در بسیاری از نقاط جهان، قیمت پایینی دارد و ذخیره آب زیرزمینی تخلیه شده است (Simpson & Jewitt, 2019). بااین‌حال بر اساس نظر Sachs (2015) از بین همه مشکلات، سازگاری رشد با محدودیت‌های سرزمین، احتمالاً هیچ‌کدام به‌اندازه چالشِ سیستمِ انرژی در جهان فوری و پیچیده نیستند (Sachs, 2015)، از طرف دیگر موضوع تأمین معیشت و غذای طبقه پایین جمعیت که به برق و آب آشامیدنی دسترسی نداشته و دچار سوءتغذیه هستند نیز وجود دارد (Simpson & Jewitt, 2019). حال سؤال این است: کدام یک از این منابع از اهمیت بیشتری برخوردارند؟ از بین سه منبع فوق، آب کمیاب، حیاتی و برای رفاه انسان و پایداری اکوسیستم ضروری است. مدیریت آب با بخش‌هایی مانند صنعت، کشاورزی، شرب و بهداشت، محیط‌زیست، انرژی و کشتیرانی ارتباط تنگاتنگی داشته و با دیگر منابع وابستگی متقابل دارد. در بین

* نویسنده مسئول: b.saghafian@gmail.com

منابع، آب و انرژی به طور پیچیده‌ای به‌هم‌پیوسته هستند و درنتیجه سیاست‌گذاری و اقدامات در هر یک از این دو بخش بر بخش دیگر مؤثر است و لذا هر دو باید به طور هم‌زمان موردتوجه قرار گیرند (Olsson, 2013). صرفه‌جویی در انرژی می‌تواند فشار را بر منابع آب کاهش دهد، زیرا آب موردنیاز برای تولید انرژی می‌تواند ذخیره شود یا مجدد تخصیص یابد. همچنین افزایش بهره‌وری آب می‌تواند میزان انرژی مصرفی برای انتقال، حرارت و تصفیه آب را کاهش دهد (Mirzaei et al., 2018)، از طرف دیگر روال تولید غذا نیز با آب و انرژی پیوستگی دارد؛ لذا مدیریت هر بخش نمی‌تواند از مدیریت و توسعهٔ دیگر بخش‌ها منفک و مستقل انجام گیرد و باتوجه‌به فشارهای فزاینده بر منابع، ناشی از تقاضای مستمر برای توسعهٔ اجتماعی و اقتصادی، ضروری است تعامل بین مدیریت منابع در بخش‌های مختلف به روشی ساختاریافته تقویت شود. در غیر این صورت، اقدامات در یک سیستم از منابع بر سیستم منابع دیگر تأثیر خواهد گذاشت (Zhang and Vesselinov, 2017). هرچند ارتباط متقابل منابع به آب، انرژی و غذا محدود نیست و خاک، پسماند، اقلیم و دیگر منابع نیز در پژوهش‌های اخیر مدنظر قرار گرفته است، بااین‌حال تاکید بیشتر بر روابط آب، انرژی و غذا است؛ به‌نحوی‌که دبیر کل وقت سازمان ملل، بان کی مون، در سخنرانی خود در روز جهانی آب در مارس ۲۰۱۱ خاطرنشان کرد که روابط بین آب، انرژی و غذا از بزرگ‌ترین چالش‌هایی بشر است (Simpson and Jewitt, 2019). با افزایش جمعیت جهان، پیش‌بینی در خصوص تقاضای آب، انرژی و مواد غذایی متفاوت است. بااین‌حال همراه با تخریب محیط‌زیست و تغییر اقلیم و تأثیر آن بر منابع، افزایش قابل‌توجه تقاضا در سه بخش آب، انرژی و غذا طی دهه‌های آینده پیش‌بینی می‌گردد (Cairns and Krzywoszynska, 2016).

باتوجه‌به موارد فوق در سال‌های اخیر روابط بین منابع آب، انرژی، اقلیم، خاک و غذا و به‌خصوص آب، انرژی و غذا توجه بخش‌های تحقیقاتی، دانشگاهی و سیاست‌گذاری را به طور فزاینده‌ای به خود جلب کرد و برخی دولت‌ها، جامعه مدنی، شرکای توسعه بین‌المللی، بخش خصوصی و محققان آن را مورد حمایت قرار دادند (Mahlknecht et al. 2020). به‌نحوی‌که روابط بین این منابع به‌عنوان یک شبکه از روابط پیچیده، برجسته (Li and Ma, 2020) و منجر به تغییر پارادایم از مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب[1] به رویکرد همبست[2] آب- انرژی یا همبست آب- انرژی- غذا شد (Taha 2017). درحالی‌که همبست اغلب به‌عنوان تلفیق چندین مؤلفه بخشی مانند در یک رویکرد حاکمیتی کلان ارائه می‌شود، اما در مورد معنای دقیق آن توافق وجود ندارد. باتوجه‌به بررسی ادبیات موضوع همبست و به‌خصوص همبست آب- انرژی- غذا، تعدد و اغلب تداخل تعاریف و ادراک مشاهده شده است. بااین‌حال همبست از مضامینی است که تعلق به زمان نداشته و رویکردهای همبست در موارد متنوعی موردمطالعه قرار گرفته و خواهد گرفت. به‌عنوان‌مثال، تأثیرات بیماری کرونا بر همبست آب- انرژی- غذا در دو سال اخیر پس از پیشامد همه‌گیری ویروس کرونا در تحقیقات مختلف مورد تحلیل قرار گرفته است (Al-Saidi and Hussein, 2021).

هدف این مقاله پرداختن به مفهوم رویکرد همبست در بین تفارق و اشتراکات موجود در مقالات و لزوم شفاف‌سازی برخی واژگان و مضامین مشترک، به‌خصوص در رویکرد همبست آب- انرژی- غذا، است. این مقاله تلاش می‌کند با بررسی تاریخچهٔ توسعه رویکرد همبست و بررسی نظرات مختلف در خصوص آن با درک ارتباطات بین بخش‌های مختلف و توصیف عملکردی آن‌ها، ضرورت حیاتی اعمال رویکرد همبست آب- انرژی- غذا و تفاوت آن با مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب را تبیین نماید به‌نحوی‌که امکان ایجاد بینش کاربردی برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان فراهم شود.

مواد و روش‌ها

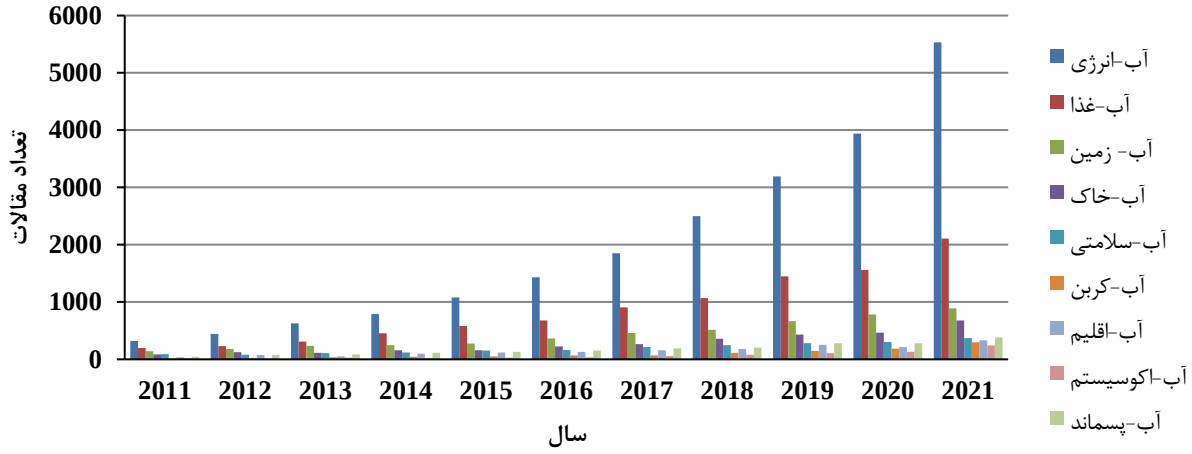
مراحل بررسی‌ها بدین ترتیب انجام گرفت: (۱) شناسایی تحقیقات مرتبط با همبست، متدولوژی همبست و تفاوت با رویکردهای سنتی (۲) تحلیل در دوره زمانی از جمله روند تعداد تحقیقات با رویکرد همبست، مفاهیم همبست و موقعیت آن در تحقیقات جهانی و (۳) تجزیه‌وتحلیل انواع همبست (همبست آب- غذا، همبست آب- انرژی، همبست آب- انرژی- غذا و همبست مرتبط با اقلیم). اگرچه تاکنون تعریف واضحی از واژه همبست وجود ندارد، اما به‌صورت بین‌المللی به‌عنوان فرایندی برای ارتباط ایده ها و اقدامات ذی‌نفعان مختلف از بخش‌های متفاوت برای دستیابی به توسعه پایدار تفسیر می‌شود. علاوه بر این، بر اساس این واقعیت که همبست آب- انرژی- غذا به‌طورجدی دست‌کم از کنفرانس همبست ۲۰۱۱ آغاز شد، تحقیقات منتخب برای بررسی بیشتر با شروط زیر انتخاب شدند (۷۹ مقاله) (۱) بر همبست آب- انرژی- غذا متمرکز باشد (۲) اطلاعات لازم در خصوص تفاوت رویکرد همبست با سایر رویکردها وجود داشته باشد (۳) از مقالات پیش از ۲۰۱۱ به‌عنوان رفرنس معتبر استفاده شده باشد.

با جستجوی سیستماتیک در موتور جستجوی

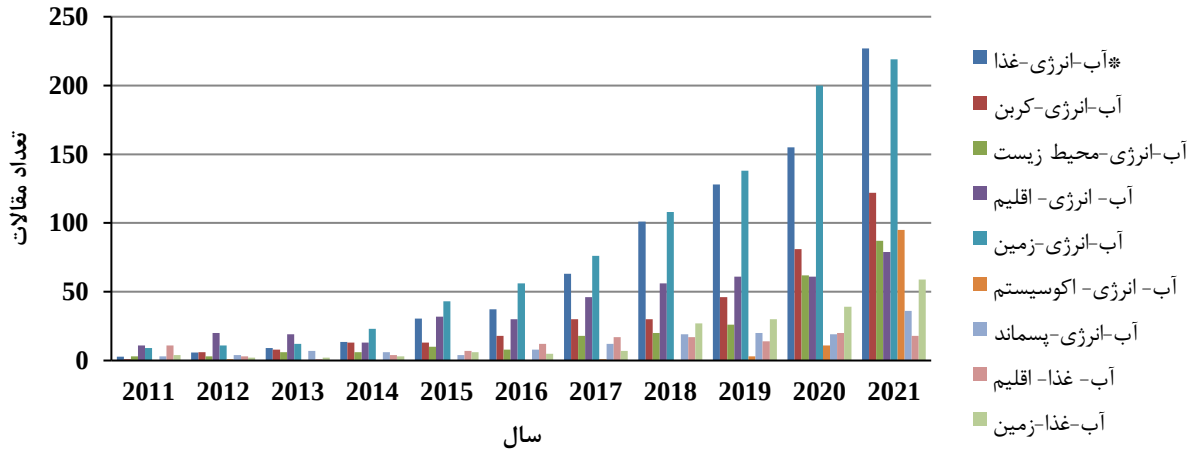
[1] IWRM

[2] NEXUS

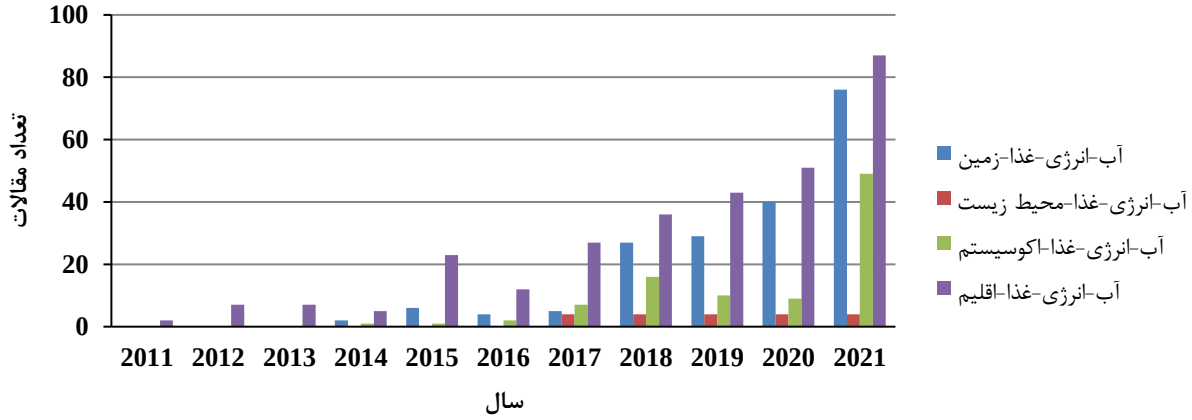
گوگل‌اسکولار که موتور جستجوی مناسبی برای یافتن منابع علمی می‌باشد، ده‌ها هزار مقاله علمی از زمان شکل‌گیری رویکرد همبست در سال ۲۰۱۱ الی سال ۲۰۲۱ در مورد رویکرد همبست آب- منابع دیگر یافت شد. باتوجه‌به تعداد حوزه‌های مورد بررسی در رویکرد همبست (یا تعداد گره‌ها)، در حدود ۴۲۰۰۰ مقاله رویکرد همبست حداقل بین دو بخش (گره) آب-دوم، حدود ۶۳۰۰ مقاله حداقل بین سه حوزه آب- دوم- سوم و حدود ۸۰۰ مقاله حداقل بین ۴ حوزه آب- دوم- سوم- چهارم توسعه داده شده است. همان‌طور که از سری زمانی تعداد تحقیقات همبست دوبخشی، سه بخش و چهاربخشی در نمودار الف، ب و ج شکل ۱ مشخص است، این نوع تحقیقات با رشد زیادی در طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ مواجه بوده است.



الف) سری زمانی تعداد تحقیقات همبست دوبخشی (آب- حوزه دوم)



ب) سری زمانی تعداد تحقیقات همبست سه‌بخشی (آب- حوزه دوم- حوزه سوم)



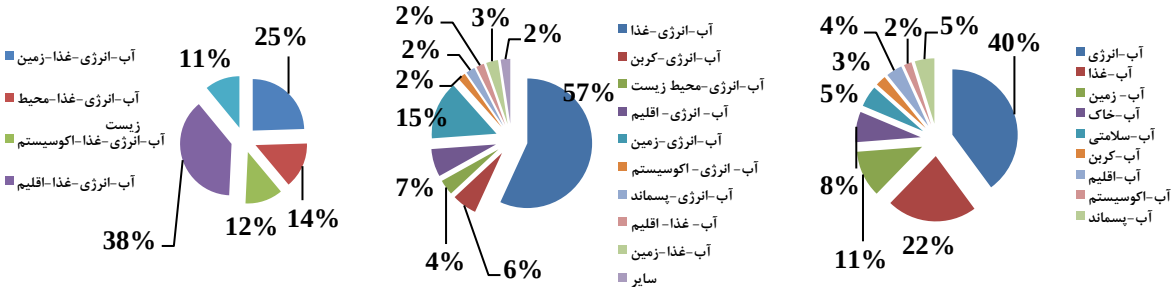
ج) سری زمانی تعداد تحقیقات همبست چهاربخشی (آب- حوزه دوم- حوزه سوم- حوزه چهارم)

شکل ۱- سری زمانی تعداد تحقیقات همبست

درصد مطالعات انجام شده در حوزه‌های دو، سه و چهاربخشی در طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ در شکل شماره ۲ نمایش‌داده‌شده است. باتوجه‌به نمودار الف شکل ۲ بیشترین تحقیقات انجام شده در همبست دوبخشی از نوع همبست آب- انرژی است که باتوجه‌به شباهت‌های فراوان دو حوزهٔ انرژی برق و آب و ارتباط دوسویهٔ آنها دور از ذهن نیست. از حدود ۴۲۰۰۰ تحقیق چاپ شده در زمینه همبست دوبخشی آب- حوزه دوم در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱، حدود ۴۰٪ به آب- انرژی، ۲۲٪ به آب- غذا، حدود ۱۲٪ به آب- زمین، حدود ۸٪ به آب- خاک، حدود ۵٪ به آب- سلامتی، حدود ۳٪ به آب- کربن، حدود ۴٪ به آب- اقلیم، حدود ۲٪ به آب- اکوسیستم و حدود ۵٪ به آب- پسماند مرتبط است.

باتوجه‌به نمودار ب شکل ۲ بیشترین تحقیقات انجام شده با رویکرد همبست سه‌بخشی، تحقیقات همبست آب- انرژی- غذا[1] است که از نمودار ب در شکل ۱ مشخص است از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ رشد فزاینده داشته است. از حدود ۶۳۰۰ تحقیق همبست سه‌بخشی آب- حوزه دوم- حوزه سوم در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱، حدود ۵۷٪ به آب- انرژی- غذا، ۱۵٪ به آب- انرژی-اقلیم و ۲۸٪ به انواع دیگر تحقیقات همبست سه‌بخشی مرتبط است.

نمودار ج شکل ۲، درصد مطالعات انجام شده با رویکرد همبست چهاربخشی را نشان می‌دهد که تحقیقات همبست آب- انرژی- غذا- اقلیم با حدود ۳۸٪ بر دیگر غالب است. همچنین حدود ۲۵٪ به آب- انرژی- غذا- زمین، ۱۴٪ به آب- انرژی- غذا- محیط‌زیست، ۱۲٪ به آب- انرژی-غذا- اکوسیستم و ۱۱٪ به سایر مطالعات انجام شده در رویکرد همبست چهاربخشی تعلق دارد.



الف) درصد مطالعات انجام شده در حوزه‌های دوبخشی

ب) درصد مطالعات انجام شده در حوزه‌های سه‌بخشی

ج) درصد مطالعات انجام شده در حوزه‌های چهاربخشی

شکل ۲- درصد مطالعات انجام شده در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ به تفکیک همبست دو، سه و چهاربخشی

باتوجه‌به اینکه تمرکز مقاله حاضر بر بیان رویکرد همبست و به‌ویژه همبست آب- انرژی- غذا است، با بررسی عناوین، چکیده و نتایج مقالات، ۷۴ مقاله بین‌المللی برای بررسی تفصیلی انتخاب شدند. از مقالات فارسی نیز از مجموع ۲۳ مقاله تعداد ۵ مقاله برای بررسی دقیق انتخاب شدند. سپس با بررسی دقیق، یافته‌های اصلی با تاکید بر مفاهیم و محدودیت‌های همبست دسته‌بندی شد. درنهایت، مقالات منتخب باتوجه‌به تعاریف متفاوت از همبست و سؤالات مرتبط با رویکرد همبست طبقه‌بندی شدند. چالش‌های تحقیقات آینده با جمع‌بندی محدودیت‌های مورد اشاره مقالات منتخب نیز احصا شد که در ادامه می‌آید.

یافته‌ها

۱- مفهوم همبست

همبست در کلمه به معنای اتصال است (De Laurentiis et al., 2016) این کلمه تعاملات اعم از وابستگی یا وابستگی متقابل دو یا چند مؤلفه را بیان می‌کند. همبست در مقالات فارسی با پیوند و یا معادل انگلیسی همبست یعنی نکسوس معادل‌سازی شده است. با انتشار گزارش بررسی‌های کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه در ۱۹۸۷، با عنوان آیندهٔ مشترک ما و تأکید این گزارش بر لزوم محافظت از محیط‌زیست و رواج اصطلاح توسعهٔ پایدار، استفاده از رویکرد همبست برای توجه به وابستگی‌های متقابل و یکپارچگی برای دستیابی به مدیریت پایدار منابع گسترش یافت. بااین‌حال دودهه پس از آنکه کمیسیون Brundtland بر مفهوم پایداری تاکید کرد (Brundtland, 1987)، جامعه جهانی همچنان در تلاش بود در مورد معنای اصطلاح همبست به توافق برسد. رویکرد همبست در نشست سالانه مجمع جهانی اقتصاد سال

[1] به علت تعداد زیاد مقالات در بخش آب و انرژی و غذا برای سازگاری با تعداد سایر پژوهشها، تعداد پژوهشهای فوق بر ۱۰ تقسیم شده است.

۲۰۰۸ در داووس کلوستر (سوئیس) جایی که پیشروان تجارت، برای اقدام در مورد آب به‌عنوان ارتباط میان نگرانی‌های زیست‌محیطی و رشد اقتصادی فراخوانی مطرح کردند، تعریف شد (World Economic Forum, 2011). مجمع فوق بر چالش‌های جهانی مرتبط با توسعه اقتصادی از دیدگاه رویکرد همبست منابع، تمرکز داشت (Smajgl et al., 2016, Keskinen et al., 2016). با وجود تفسیرهای متفاوت رویکرد همبست، توافقی در مورد تعریف آن حاصل نشد (Keskinen et al., 2016). تفکر همبست در بن در سال ۲۰۱۱ در اجلاسی با همین نام به این عنوان که وابستگی های پیچیدهٔ منابع طبیعی را روشن می‌کند و به‌جای تمرکز روی یک سیستم واحد بازده سیستم‌های چندگانه را افزایش می‌دهد، ترویج شد (Hoff, 2011). این مفهوم در جوامع پژوهشی و سیاست‌گذاری موردتوجه قرار گرفت (Zhang et al., 2018). رویکرد همبست مرزهای سیاره‌ای به مفهوم محدودیت‌های منابع در زمین، را در نظر می‌گیرد و خواستار استفاده پایدار از منابع موجود در زمین است (Volker et al., 2019). عدم انسجام در سیاستگذاری، پایین بودن بهره‌وری استفاده از منابع و لزوم ایجاد جریان به سمت توسعه پایدار سبب ایجاد و پررنگ‌تر شدن این رویکرد انسجام‌بخش شده است (Safaei et al., 2019). باتوجه‌به عدم آگاهی از ارتباطات متقابل بین بخش‌ها که می‌تواند به عواقب نامطلوب و غیرقابل‌پیش‌بینی منجر گردد، چنین رویکردی بسیار ارزشمند است. سوخت زیستی یا سبز یکی از نمونه‌های بارز عواقب پیش‌بینی نشده است. توسعه سریع انرژی زیستی، که به دلیل کاهش تبعات تغییرات آب‌وهوایی ناشی از سوخت‌های فسیلی مورد حمایت قرار گرفت، این پتانسیل را دارد که با تغییر کاربری اراضی باعث ازبین‌رفتن تنوع زیستی و بحران غذایی شود، زیرا محصولات زیست‌توده برای جذب آب و زمین، با مواد غذایی وارد رقابت می‌شوند (Cai et al., 2018; Wichelns, 2017). مثال دیگر پیشنهاد ایجاد یک سیستم با رویکرد همبست زمین- آب- انرژی و یک سیاست محلیِ مربوط به توسعهٔ سوخت‌های زیستی برای تضمین امنیت انرژی در محیط داخلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بود که به علت تشدید تغییر اقلیم خطرناک تشخیص داده شد (Howells et al., 2013). موارد مشابهی در استفاده از برخی فناوری‌ها یافته شد، برای مثال استفاده از فناوری‌های آبیاری و نمک‌زدایی که با وجود صرفه‌جویی در مصرف آب، باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود (Cai et al., 2018; Wichelns, 2017).

باید توجه داشت وجود تفسیرهای متعدد رویکرد همبست باتوجه‌به نوظهوری آن اجتناب‌ناپذیر است. در تحقیقات همبست منابع، مسئله اصلی تعیین میزان مصرف منابع است و مقدار موجود منابع برای ارزیابی امنیت منابع در نظر گرفته می‌شود (Li and Ma, 2020). همچنین کارآمدی و پایداری سیستم در رویکرد همبست مورد تاکید است (Zhang et al., 2018) و باید اثربخشی سیاست‌ها باتوجه‌به دیدگاه‌های مختلف همبست مورد ارزیابی قرار گیرد. در یک تعریف، همبست به معنای تعاملات بین زیرسیستم یا بخش‌های مختلف در یک سیستم، است (Sanders and Webber, 2012). به‌عنوان‌مثال، همبست آب- انرژی می‌تواند به‌عنوان وابستگی متقابل بین انرژی و آب به کار رود زیرا این دو منبع در تأمین، پردازش، توزیع و استفاده درهم تنیده‌اند. وقتی مرز سیستم به همبست آب- انرژی- غذا گسترش یابد، می‌توان همبست را به‌عنوان ارتباط بین سه منبع آب، انرژی و غذا تعریف کرد (Lawford et al., 2013)، بدین ترتیب که در فرآیندهای تولید انرژی و غذا به آب نیاز است. انرژی برای انواع تأمین، توزیع و تصفیه آب موردنیاز است. همچنین، از غذا می‌توان برای تولید انرژی به‌صورت سوخت‌های زیستی استفاده کرد. در تعریف دیگری که بیشتر متداول است، همبست به‌عنوان یک روش تجزیه‌وتحلیل برای تعیینِ کمی ارتباطات منابع (به‌عنوان‌مثال، آب، انرژی و غذا) به کار گرفته شده است. در تعریفی که سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد تأکید دارد عملکرد رویکرد همبست، تجزیه‌وتحلیل منظم سیستم جفت شده انسان- طبیعت و مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع طبیعی در بخش‌ها و مقیاس‌های مختلف با هدف ایجاد هم‌افزایی و مدیریت مبادلات است (FAO, 2014). درحالی‌که (Scott et al., 2014) عقیده داشت ماهیت رویکرد همبست بهبود بهره‌وری استفاده از منابع است. (Smajgl et al., 2016) رویکرد همبست را بررسی پویای تعاملات بین منابع برای یک سیستم در حال تکامل مطرح کرد. (Keskinen et al., 2016) ادعا کرد محتوای رویکرد همبست به‌قدری غنی است که نمی‌توان آن را از یک منظر تفسیر کرد و ترجیح داد از سه جنبه تعریف شود، یک روش تحلیل، یک ابزار حکمرانی و یک‌رشته[1] در حال ظهور که مکمل یکدیگرند.

علی‌رغم تفاوت تعاریف همبست، می‌توان به این نتیجهٔ واحد رسید که رویکرد همبست برای ایجاد یک مدیریت منسجم با هماهنگیِ بین بخش‌ها به‌منظور کاهش نتایج بخشی غیرمنتظره و ارتقاء توسعه پایدار پیشنهاد شده است (Mahlknecht et al.,

---

۱ Discipline

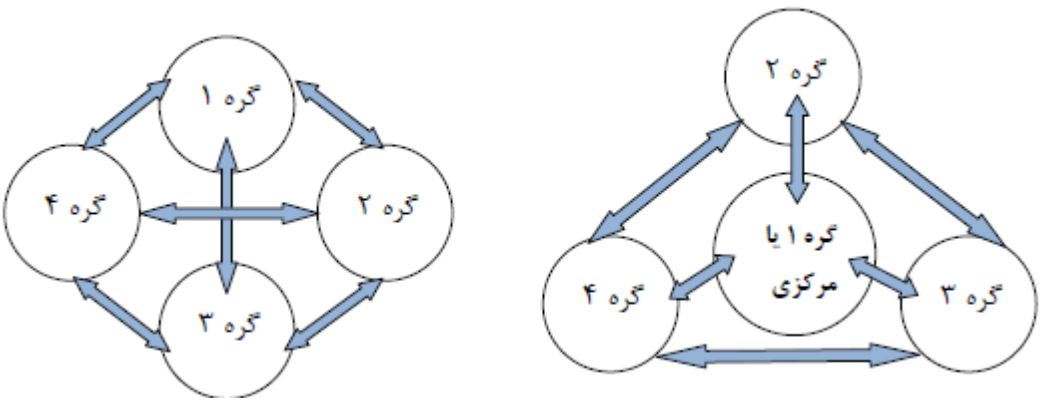
(2020. مدیریت نظام‌مند منابع برای دستیابی به اهداف رویکرد همبست و توسعه پایدار ضروری است هرچند رویکرد همبست را می‌توان به‌عنوان کلید توسعه پایدار در نظر گرفت (Mirzaei et al., 2018). باید توجه داشت که برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری میان بخش‌ها و سازمان‌های درگیر برای دستیابی به هدف مشترک، نیازمند ایجاد گفتمان میان ذی‌نفعان و سازمان‌دهی اهداف متضاد در جهت ایجاد همکاری و کاهش مداخلات است. حتی در حوضه‌های آبریز فرامرزی که شکل‌گیری مرزهای سیاسی درهم‌تنیدگی حکمرانی منابع را پیچیده‌تر می‌کند، ارتباط بخش‌های مرتبط مانند آب، غذا و انرژی فراتر از حوضه‌های با مقیاس ملی بوده و رویکردهای نوینی برای مدیریت منابع می‌طلبد (Barjaste et al., 2020).

پیچیدگی سیستم با رویکرد همبست هنوز به‌درستی در سراسر جهان شناخته نشده و هر کشور یا منطقه به طور خاص مشکلات همبست منابع خود را دنبال می‌کند (Sharifi Moghadam et al., 2019). باتوجه‌به طیف گستردهٔ تحقیقات همبست، روش‌های متعددی برای طبقه‌بندی تحقیقات و تحقیقات همبست می‌توان به کار برد. برای مثال، در مورد تعداد منابع یا بخش‌ها که به گره‌ها معروف هستند، انواع تحقیقات را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد. تقسیم‌بندی تحقیقات باتوجه‌به گره‌های همبست به همراه برخی تحقیقات مرتبط، در جدول ۱ نشان‌داده‌شده است.

چنانچه بر چیدمان بخش‌ها در رویکرد همبست تمرکز شود، تحقیقات به دودسته تقسیم می‌شود: همبست با مرکز (Hoff 2011, Ringler et al., 2013) و همبست بدون مرکز (Bizikova et al., 2013, Benson et al., 2015). تفاوت آن‌ها در میزان اهمیتی است که به هر یک از بخش‌های همبست در مقایسه با بخش‌های دیگر داده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، چارچوب های با مرکز بر نقش مرکز در کل سیستم همبست تأکید شده و تغییرات در مرکز چارچوب از طریق ارتباطات مستقیم، بر وضعیت سایر بخش‌ها (گره‌ها) حاکم است.

جدول ۱- دسته‌بندی تحقیقات باتوجه‌به تعداد گره‌های همبست

همبست ۴ گرهی			همبست ۳ گرهی			همبست ۲ گرهی		
اقلیم زمین انرژی آب	آب غذا انرژی اقلیم	محیط‌زیست آب اقلیم	کاربری زمین تغییر اقلیم انرژی	آب انرژی اقلیم	آب غذا انرژی	آب زمین	انرژی غذا	آب انرژی	آبیاری انرژی
Hermann et al., 2012	Beck & Walker, 2013	Groenfeldt, 2010	Dale et al., 2011	Mu & Khan, 2009	Howarth & Monasterolo, 2016	Chen et al., 2018	Walsh et al., 2018	Hussey & Pittock, 2012 Li et al., 2012	Mukherji, 2007



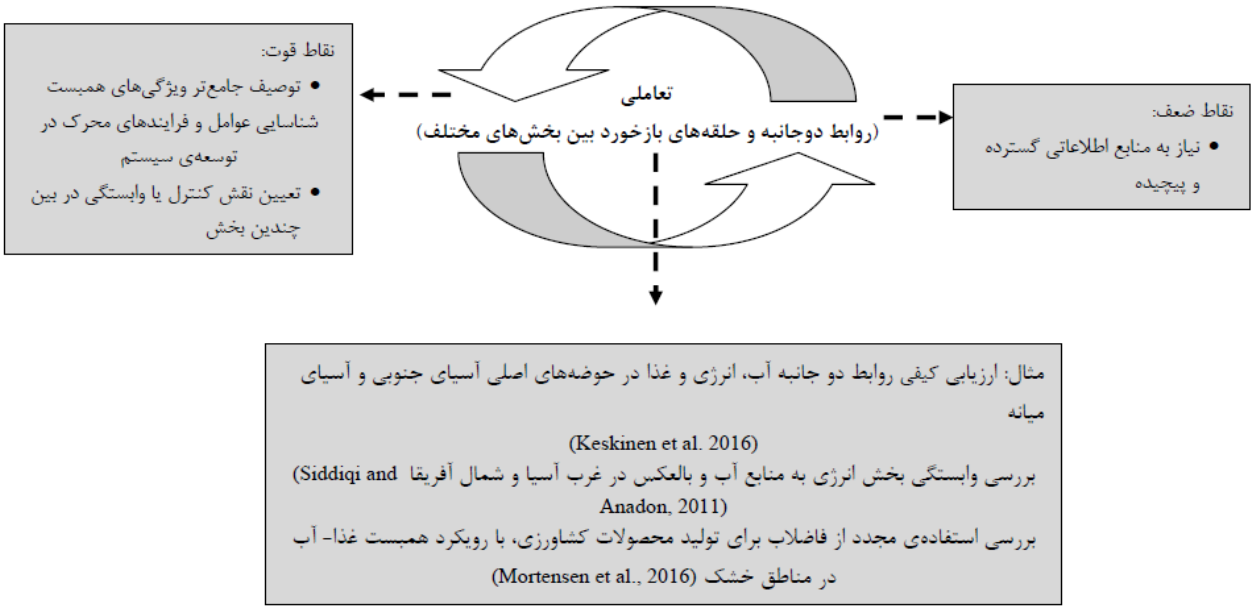
شکل ۳- همبست با مرکز و همبست بدون مرکز

هرچند بررسی‌ها همبست را یک مفهوم در حال تکامل نشان می‌دهد (Allouche et al., 2015)، برای کمک به درک بهتر آن، سه بخش روابط داخلی، عوامل خارجی و ارزیابی عملکرد سیستم با رویکرد همبست ارائه می‌شود. چنین طبقه‌بندی‌ای مفید است، زیرا واکنش سیستم با رویکرد همبست به محیط خارجی (به‌عنوان‌مثال تغییر اقلیم و سیاست‌ها) را از ویژگی‌های درونی سیستم متمایز می‌کند و بینش ارزشمندی برای سیاست گذاران و مدیران فراهم می‌کند.

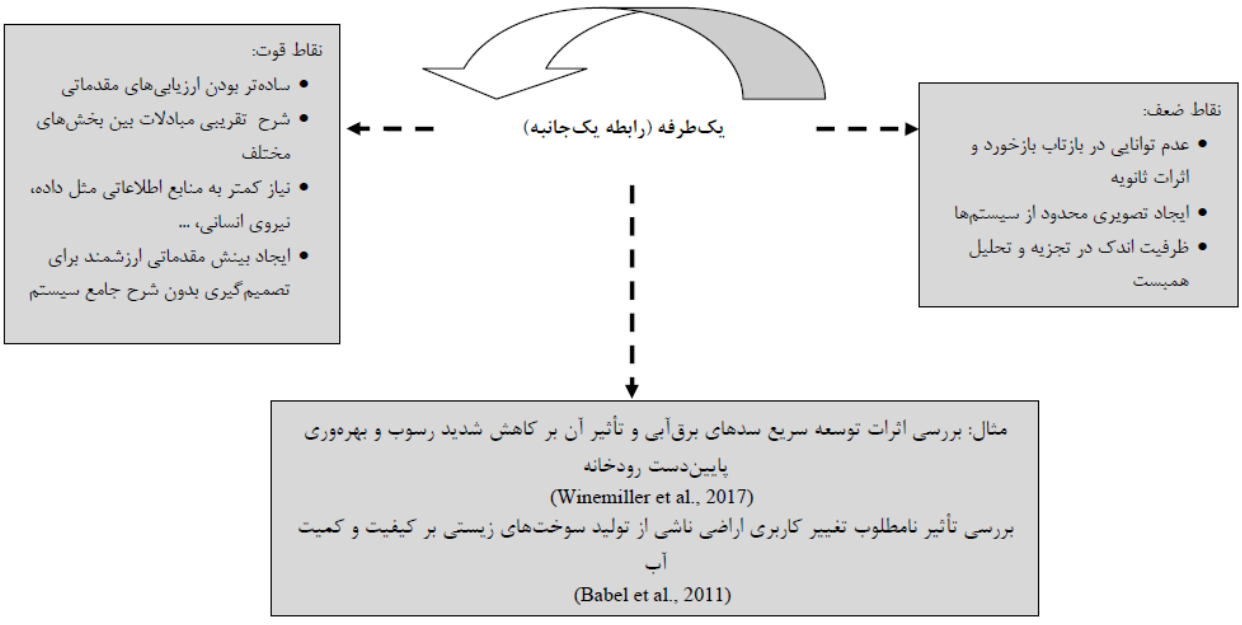
روابط داخلی

روابط داخلی با بررسی تعاملات بین بخش‌های مختلف، ویژگی های داخلی سیستم را تجزیه‌وتحلیل می‌کند. برای ایجاد یک طرح واضح از روابط داخلی، تعاملات بین بخش‌های مختلف به ۱:

تجزیه‌وتحلیل یک‌طرفه و ۲: تجزیه‌وتحلیل تعاملی تقسیم می‌شوند. مشخصات دودسته در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه می‌شود (Ferroukhi et al., 2015).



شکل ۴- انواع روابط داخلی سیستم، تجزیه‌وتحلیل تعاملی



شکل ۵- انواع روابط داخلی سیستم، تجزیه‌وتحلیل یک‌طرفه

عوامل خارجی

سیستم با رویکرد همبست معمولاً در یک شرایط معین تنظیم می‌شود. هرگونه تغییر محیط خارجی می‌تواند عملکرد سیستم را با تغییر در بخش‌های آن و از طریق فرآیندهای مرتبط تغییر دهد. ساختاری که توسط Butler و همکاران (2016) برای تهدیدهای خارجی سیستم‌های آب به کار گرفته شد، به سیستم‌های با رویکرد همبست آب- انرژی- غذا توسعه‌یافته است. در ساختار فوق مرز سیستم تعریف شده و شفاف‌سازی مسائل تحقیق در مرحله اولیه یا مدل‌سازی مفید است. عوامل خارجی به تغییر اقلیم، حوادث آلودگی، رشد جمعیت و سیاست اشاره دارد که به سه دسته فیزیکی، اجتماعی و سیاست‌ها-فناوری‌ها طبقه‌بندی و مشخصات و تأثیرات آنها در جدول ۲ ارائه می‌شود (Benson et

al., 2015).

جدول ۲- انواع عوامل خارجی و تأثیرات آنها

نوع عوامل	مثال	تأثیرات
فیزیکی	تغییر اقلیم، شرایط آب‌وهوایی شدید و خطرات طبیعی	تأثیر بر زنجیره و فرایندهای تأمین منابع مانند آب، انرژی و غذا تأثیر بر آبِ در دسترس، بر بهره‌وری کشاورزی (Challinor et al., 2010) و تولید انرژی (Famiglietti, 2014)
اجتماعی	رفتار بهره‌بردار	تغییر تمرکز مدیریت منابع از سمت عرضه به سمت تقاضا تغییر عادات غذایی انسان مؤثر بر مصرف انرژی و ردپای آب در سراسر زنجیره تأمین غذا (Endo et al., 2020).
سیاست‌ها فناوری‌ها	سیاست‌های کشاورزی با هدف بهبود امنیت غذایی و خودکفایی یارانه‌های صرفه‌جویی آب کشاورزی کاربرد فناوری‌های آبیاریِ کارآمدتر	تأثیر بر تعاملات بین منابع مختلف و به‌تبع آن بر سیستم‌های با رویکرد همبست کاهش چشمگیر منابع محلی آب (Ghose, 2014) کاهش جریان‌های بازگشتی و محدودکردن تغذیه آبخوان و تشدید کمبود آب (Ward and Pulido-Velazquez, 2008).

در دسته‌بندی دیگر عوامل خارجی بر اساس زمان وقوع آن‌ها جدا می‌شوند. وقوع خطرات طبیعی آب‌وهوایی ممکن است در مدت‌زمان نسبتاً کوتاهی بر سیستم‌های با رویکرد همبست تأثیر بگذارد. برای مثال کاهش تولید انرژی برق‌آبی به دلیل خشکسالی و استفاده گسترده از سوخت فسیلی (Zhang et al., 2018). تأثیر این وقایع بر سیستم با رویکرد همبست، با تأثیر تغییر سیاست‌هایی که به‌سرعت بر رفتارهای انسان مؤثر است، متناسب است. دوره تأثیرگذاری عواملی مثل رشد جمعیت (Mu and Khan, 2009)، تغییر اقلیم (Beck and Walker, 2013) و کاربری زمین (Al-Bakri et al., 2013) بر سیستم‌ها طولانی‌تر است. مانند تحقیقاتی که شرایط غذایی ناشی از رشد جمعیت یا تغییر اقلیم و استفاده بیشتر زمین، آب و انرژی در سال‌های آینده را نسبت به یک سال مبنا پیش‌بینی می‌کنند (Mu and Khan, 2009) و (Berardy and Chester 2017).

ارزیابی عملکرد سیستم با رویکرد همبست

به‌جز تجزیه‌وتحلیل روابط داخلی و عوامل خارجی، ارزیابی عملکرد کل سیستم همبست از زمینه‌های نوپای تحقیقات مرتبط با آن است. البته برای ارزیابی سریع عملکرد سیستم همبست، برخی تحقیقات شاخص‌هایی مانند دردسترس‌بودن منابع آب شیرین برای کشاورزی، نمک‌زدایی آب برای آبیاری، استفاده از زمین، یا انرژی برای آبیاری را مدنظر قرار دادند (Fernández-Ríos et al., 2021). شاخص‌های دیگری مانند انعطاف‌پذیری[1] (Hosseini et al., 2016) و پایداری (Nguyen et al., 2016) بعدتر مطرح گردید. انعطاف‌پذیری، توانایی سیستم در حفظ و بازیابی عملکردهای اساسی خود در حین و بعد از یک شوک یا آشفتگی خارجی است. ارزیابی انعطاف‌پذیریِ سیستم برای مدیریت سیستم با رویکرد همبست و بهره‌برداری منطقی و استفاده از منابع مهم است، زیرا با ایجاد اختلال خارجی بیش از آستانه تحمل، ممکن است تغییرات غیرقابل‌جبرانی رخ دهد؛ لذا در تحقیقات همبست، عملکرد انعطاف‌پذیری سیستم تحت تغییر محیط ارزیابی می‌شود. به‌عنوان‌مثال، انعطاف‌پذیری سیستم جمعیت و غذا با رویکرد همبست به دلیل وابستگی روزافزون امنیت غذایی به تجارت جهانی در حال ازدست‌رفتن است (Suweis et al., 2015). مورد دیگر، تأثیر سیاست‌ها بر انعطاف پذیری سیستم است مانند یارانه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب که می‌تواند منجر به افزایش مصرف آب از طریق گسترش سطوح تحت آبیاری شود. چنین تغییر سیاستی ممکن است کمبود آب را شدت بخشد، کیفیت آب را بدتر کرده و انعطاف‌پذیری حوضه رودخانه را از طریق آسیب به آن کاهش دهد (Scott et al., 2014)، یا پیشنهاد استفاده از گازهای طبیعی برای تولید برق برای کنار آمدن با مشکلات تولید انرژی و خشکسالی شود که به تقویت انعطاف‌پذیری نیروگاه در زمان خشکسالی کمک می‌کند (Scanlon et al., 2013). علاوه بر انعطاف‌پذیری، پایداری[2] سیستم که نشان‌دهنده توانایی سیستم برای ادامه عملکرد خود با منابع محدود به مدت نامحدود است، در سیستم‌های با رویکرد همبست اهمیت دارد. زیرا عدم آگاهی از آن ممکن است منجر به سیاست‌های کوته‌بینانه‌ای شود که هرچند امکان دارد در ابتدا کارساز باشد، اما در طولانی‌مدت شکست می‌خورد. برای مثال با ایجاد یک سیستم تولید سوخت زیستی متشکل از سه زیرسیستم (به‌عنوان‌مثال تأمین آب، تولید زیست‌توده[3] و زیست سوخت[4]) مشخص شد که افزایش وابستگی تأمین آب به تولید زیست‌توده می‌تواند منجر به کاهش پایداری سیستم شود. این بدان معنی

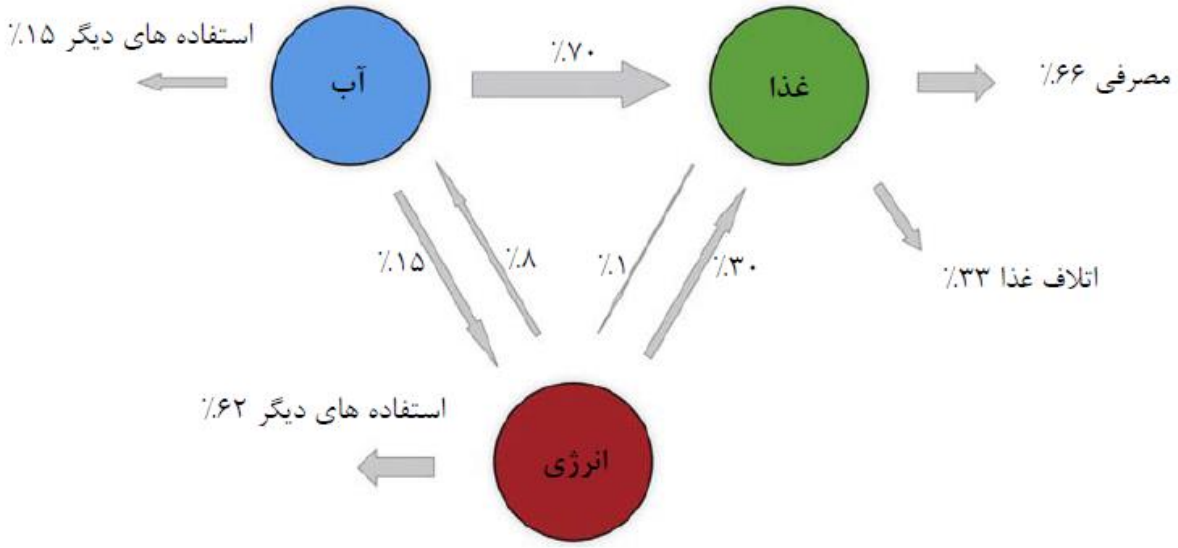
1 Resilience
2 Sustainability
3 Biomass
4 Biofuel

است که احتمالاً کیفیت سیستم با رویکرد همبست باگذشت زمان پایین می‌آید (Nguyen et al., 2016). هرچند انعطاف‌پذیری و پایداری به‌عنوان معیارهای سنجش عملکرد سیستم با رویکرد همبست معرفی شدند، هنوز در کمی‌سازی این معیارهای عملکردی محدودیت دارد.

۲- رویکرد همبست آب- انرژی- غذا

با وجود بدیهی بودن ارتباط بین منابع آب، انرژی و غذا، همبست این منابع برای اولین‌بار در اجلاس بن مفهوم‌سازی شد (Hoff, 2011). بر اساس دستاوردهای اجلاس، رویکرد همبست آب- انرژی- غذا برای اقتصاد سبز، به‌عنوان یک کاتالیزور برای ایجاد علاقه بیشتر به همبست آب، انرژی و غذا در میان دانشگاهیان، سیاست‌گذاران، آژانس‌های توسعه ملی و بین‌المللی عملکرد و همبست آب- انرژی- غذا با روابط وابسته بین این سه منبع به‌عنوان شبکه‌ای از روابط پیچیده برجسته شد (Zhang and Vesselinov, 2017).

درحالی‌که همبست آب- انرژی- غذا در اجلاس بن در چارچوب امنیت منابع ارائه شد، نسخه‌های منشعب از آن بر روی مؤلفه‌های اصلی متمرکز شد: منابع آب، انرژی، کاربری اراضی و غذا. در اسناد سیاسی اروپا، مانند طرح حفاظت از منابع آب اروپا (European Commission, 2012) و پروژه شاخص مرکز تحقیقات مشترک کمیسیون اروپا، به همبست آب- انرژی- غذا و ارتباطات مربوط به آب، انرژی، غذا و اکوسیستم پرداخته شد (Del Borghi et al., 2020). مجمع جهانی اقتصاد و اجلاس ریو با جدیت همبست آب- انرژی- غذا را به‌عنوان برنامه بعدی توسعه معرفی کرده‌اند (Hoff, 2011). رویکرد همبست آب- انرژی- غذا یک مکانیزم ایده‌آل برای درک بهتر هم‌افزایی بین بخش‌های مربوط به افزایش بهره‌وری در مصرف آب (Ringler et al., 2013) و تدوین چارچوبی برای سیاست‌های منسجم و کارآمد (Bazilian et al., 2011) است. در سال‌های اخیر، این مفهوم توجه بخش‌های دانشگاهی و سیاست‌گذاری را به طور فزاینده‌ای جلب کرده و توسط برخی دولت‌ها، جامعه مدنی، شرکای توسعه بین‌المللی، بخش خصوصی و محققان پشتیبانی می‌شود (Del Borghi et al., 2020). این مفهوم این ایده را در بر می‌گیرد که زنجیره تولید و مصرف آب، انرژی و منابع غذایی به طور پیچیده‌ای مرتبط هستند (Ringler et al., 2016). در شکل ۶ یک طرح کلی از جریانات جهانی و وابستگی‌ها در همبست آب- انرژی- غذا ارائه شده است.



شکل ۶- وابستگی‌های متقابل منابع (آب برای غذا، غذا برای انرژی، انرژی برای غذا، انرژی برای آب و آب برای انرژی) Garcia & You, 2016

رویکرد همبست آب- انرژی- غذا دو بعد دارد: میان‌رشته‌ای و فرارشته‌ای (Endo et al., 2020). بعد اول ارتباطات بین سه بخش منابع، همراه با هم‌افزایی، تعارض‌ها و مبادلات تجاری ناشی از نحوه مدیریت آن‌ها را برجسته می‌کند. یعنی آب برای غذا و غذا برای آب، انرژی برای آب و آب برای انرژی، غذا برای انرژی و انرژی برای غذا. بعد دوم با اتکا بر تفکر سیستمی به فرایندهای سیاست‌گذاری و ایجاد تعادل بین اهداف و منافع مختلف بهره‌بردار، همکاری با گروه‌های مختلف ذی‌نفعان را افزایش می دهد و حاکمیت را در بخش‌های مختلف بهبود می‌بخشد (Endo et al., 2020). در سطوح علمی، ادبیات موضوع همبست آب-

انرژی- غذا بیشتر به تعیین کمی روابط (Cabello et al., 2019) و برجسته‌سازی ابعاد نهادی، سیاسی و فرهنگی در سیاست‌گذاری آن می‌پردازد (Wiegleb and Bruns, 2018). به طور خاص، برخی پژوهش‌ها با اشاره به اینکه همبست آب- انرژی- غذا به ارتباط بین حوزه‌های مختلف زیست‌محیطی و اجتماعی که به طور بالقوه مستلزم تغییرات چشمگیر در فرایندهای حاکمیت است، توجه کرده و روابط در رویکرد همبست، معیارها و مدل‌های حکمرانی را ارائه دادند (Volker et al., 2019). در برخی تحقیقات دیگر با تأیید اینکه محیط و اکوسیستم نقشی اساسی در همبست دارند، همبست آب- انرژی- غذا- اکوسیستم[1] مدنظر قرار می‌گیرد (Li and Ma, 2020). رویکردهای همبست آب- انرژی- غذا می‌تواند از طریق اتخاذ سیاست‌ها و مقررات مبتنی بر اطلاعات جامع که موجب ترویج به‌کارگیری فناوری‌های تولید کارآمدتر (ازنقطه‌نظر مصرف آب و انرژی)، فناوری‌های کاهش‌دهنده هدررفت و تغییر رفتار مصرف‌کننده، به کاهش تلفات منابع کمک کند (Marzban 2020). رویکرد همبست، رویکردی نوین و کل‌گرا برای مواجهه با درهم‌تنیدگی‌های آب، غذا و انرژی است (Barjaste et al., 2020). بر اساس رویکرد همبست آب- انرژی- غذا، مداخله در یک بخش باتوجه‌به ارتباط مستحکم بین منابع می‌تواند منجر به عواقب مثبت یا منفی در عملکرد یک یا هر دو بخش دیگر شود؛ لذا رویکرد همبست در حکمرانی و مدیریت آب، انرژی و مواد غذایی ضرورت دارد (Wichelns, 2017). اما این بخش‌ها به طور سنتی تحت مدیریتِ بخشی بوده‌اند و غالباً در انزوا کارکرده‌اند؛ بنابراین، تشخیص مفاهیم موجود در یک حوزه و تأثیر آن بر دیگر حوزه‌ها دشوار است (Taha 2017). به‌علاوه شناسایی رویکردها برای کاهش تأثیرات زیست‌محیطی مقطعی مربوط به همبست آب- انرژی- غذا بسیار مهم است (Del Borghi et al., 2020). همبست آب- انرژی- غذا به دنبال شناسایی ارتباطات بین این بخش‌ها یعنی همبستگی‌ها، هم‌افزایی‌ها و مبادلات برای افزایش بهره‌وری منابع و تدوین سیاست‌های مقطعی برای تصمیم‌گیریِ بهتر است (Bizikova et al., 2013; Hoff, 2011). به‌عنوان‌مثال آب برای حمایت از معیشت مردم، مانند خدمات آب آشامیدنی، شیلات، آبیاری کشاورزی و تولید مواد غذایی موردنیاز است. درعین‌حال از آب برای تولید انرژی استفاده می‌شود، مانند تولید برق‌آبی و تولید سوخت زیستی، سیستم‌های خنک‌کننده در انواع نیروگاه های تولید انرژی و زمین‌گرمایی، فرآیند استخراج سوخت‌های فسیلی، توسعه گاز شیل و معدن. علاوه بر این، مصرف انرژی شامل پمپاژ آب برای غذا و کشاورزی متکی بر آبیاری، آب‌شیرین‌کن، تصفیه آب، انتقال آب و تصفیه فاضلاب و پمپاژ آب است. در سطح جهان، تولید مواد غذایی حدود ۷۰٪ از مصرف آب را تشکیل می‌دهد (FAO, 2017) و تقریباً ۱۰٪ از تأمین آب برای تولید انرژی مصرف می‌شود (IEA, 2016). تولید مواد غذایی و زنجیره تأمین آن ۳۰٪ از مصرف انرژی را تشکیل می‌دهد (FAO, 2017). پیشنهاد شده است سایر منابع مهم اکوسیستم مانند خاک در آیندهٔ تحقیقات همبست آب- انرژی- غذا در نظر گرفته شوند (Sharifi Moghadam et al., 2019).

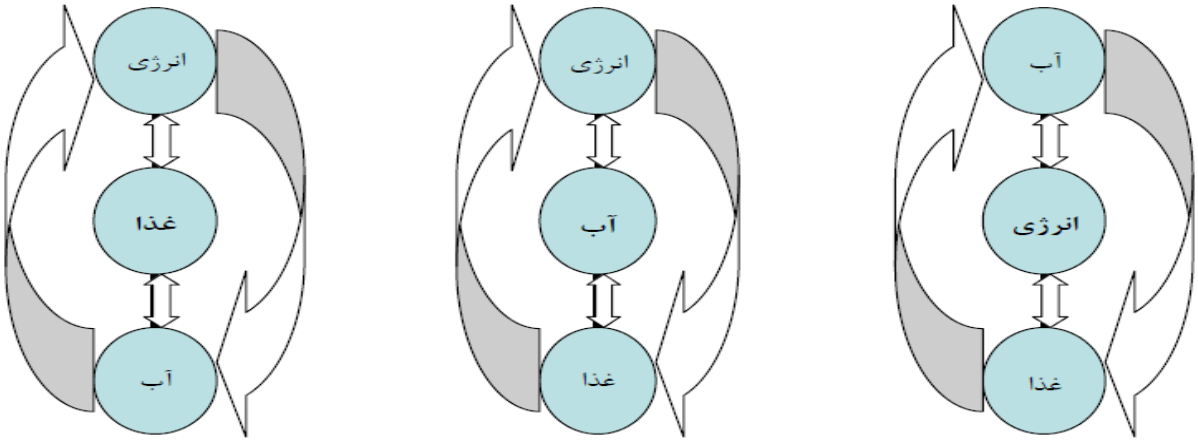
رویکرد همبست با درنظرداشتن ارتباطات زمانی و مکانی بین منابع آب، انرژی و غذا می‌تواند امنیت منابع را ارتقا بخشد، تصمیم‌گیری بین بخشی و کل‌نگر را تسهیل کند و درنهایت کشورها را به سمت پایداری سوق دهد. همبست آب- انرژی- غذا این پتانسیل را دارد که به طور گسترده برای شناسایی ارتباطات سست در سیاست‌های مدیریت منابع طبیعی به کار رود و برای بهبود سیاست‌های پایداری ملی در بخش‌های مختلف مورداستفاده قرار گیرد (Sadeghi et al,. 2020). باوجود تحقیقات گستردهٔ همبست آب- انرژی- غذا، بحث نحوه انتقال بهترین مفهوم از یک چارچوب نظری به یک رویکرد و سیاست یکپارچه در حال تکامل است. بر اساس تحلیل مدل‌ها و چارچوب‌های آب- انرژی-غذا چند مفهوم اصلی برای سیاست‌گذاران برجسته شده است، ازجمله نیاز به ارزیابی منظم و کمّی مصرف منابع در سطح کشورها با استفاده از رویکردهای مدل‌سازی پیچیده برای ارزیابی رابطهٔ منابع و بازیگران (Shannak et al., 2018). همچنین یک رویکرد همبست نیاز به هماهنگی و یکپارچگی در سطوح مختلف دولت (عمودی) و در سراسر بخش‌ها (افقی) دارد و بر نقش اصلی روابط نهادی و سازوکارهای همکاری مؤثر تأکید می‌نماید (Weitz et al., 2017). به طور خاص و بر اساس تحقیقات موردی، عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف به‌عنوان مانع اصلی اجرای رویکرد همبست آب- انرژی- غذا معرفی‌شده است (Scott, 2017).

آیا رویکرد همبست آب- انرژی- غذا جدید است یا موضوعی قدیمی در بسته‌بندی جدید است؟ آیا گفتمان جدیدی در توسعه پایدار ارائه می‌کند؟

درحالی‌که برخی پژوهشگران معتقدند رویکرد همبست آب- انرژی- غذا باید به‌عنوان ابزاری برای مدیریت پایدار منابع از طریق روابط این سه رکن اساسی ترویج شود (Fernández-Ríos et al., 2021)، بعضی دیگر مدعی عدم وجود پیوستگی لازم بین قوانین و سیاست‌های بخش‌های مختلف منابع آب، انرژی، غذا در رویکرد همبست آب- انرژی- غذا هستند (Hussey and Pittock, 2012)، برخی دیگر معتقدند این رویکرد منجر به ارتقای همبستگیِ قوانین و سیاست‌های بخش‌های مختلف می‌شود

1 WEFE

(Taha 2017). انتقاد منتقدین از منظرهای مختلفی مطرح است. برخی استدلال می‌کنند در خصوص معنای دقیق همبست آب- انرژی- غذا توافق چندانی وجود ندارد و بسیاری از مفاهیم، رقابتی و غالباً دارای هم‌پوشانی است (Benson et al., 2015; Al-Saidi and Elagib, 2017). برای مثال در موضوعات منابع طبیعی در انگلستان، درک و استفاده از واژه همبست آب- انرژی- غذا، فراوان، چندپاره و مبهم است (Cairns and Krzywoszynska, 2016) و یا بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه حتی از عنوان همبست آب- انرژی- غذا نیز اطلاع ندارند (Gain et al., 2015). برخی دیگر پیشنهاد می‌کنند همبست به‌عنوان یک واژهٔ خاص که در یک‌زمان خاص یا در یک زمینه خاص متداول شده است مدنظر قرار گیرد. یعنی کلمه‌ای که به دلیل «ترکیبی از معانی مبهم و طنین هنجاری قوی» برجسته می‌شود[1] (Cairns and Krzywoszynska, 2016). نگرانی‌هایی در خصوص استفاده گسترده از این اصطلاح و ازبین‌رفتن اهمیت آن نیز وجود دارد. در برخی موارد انتخاب آب، انرژی و غذا به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی چارچوب رویکرد همبست برای هدایت تحقیقات و سیاست‌ها تا حدودی مستبدانه تفسیر شده است (Wichelns, 2017). تأثیر دیدگاهِ بخشی بر همبست، انتقاد دیگری است. بخش انرژی از همبست انرژی- آب- غذا[2] صحبت می‌کند، هیدرولوژیست‌ها و مهندسان آب آن را همبست آب- انرژی- غذا[3] نامیده و فعالین اتحادیه‌های کشاورزی اصطلاح همبست غذا- انرژی- آب[4] (شکل ۷) را به کار می‌برند (Liu et al., 2018). کلمه مربوط به بخش در ابتدای همبست منابع فوق توسط فعالین بخش‌ها نشان‌دهندهٔ دیدگاهی بخشی است که همچنان استمرار دارد و هر بخش تلاش می‌کند همبست با مرکز همان بخش مدنظر قرار گیرد.



شکل ۷- دیدگاه بخشی در همبست آب-انرژی-غذا

بر اساس این اختلاف واژگان، بدیهی است که رویکرد همبست آب- انرژی- غذا به دیدگاه محقق یا سیاست‌گذار وابسته است (Bazilian et al., 2011) و می‌تواند برای افراد مختلف معانی متفاوتی داشته باشد (Allouche et al., 2015). از همین رو برخی دامنه همبست آب- انرژی- غذا را بسیار باریک و برخی نسبتاً گسترده می‌دانند و آن را به اقتصاد سبز، کاهش فقر و امنیت منابع جهانی مرتبط می‌کنند (Simpson and Jewitt, 2019).

۳- از مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب[5] تا همبست آب- انرژی- غذا

در حکمرانی آب، چارچوبی که در اوایل دهه ۱۹۹۰ رسمیت یافت، مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب بود که به‌عنوان روشی جادویی برای توسعه پایدار پذیرفته شد (Kurian، 2017). رویکرد مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب باهدف به حداکثر رساندن رفاه اقتصادی و اجتماعی برای حل مسائل مدیریت آب در سراسر جهان به‌عنوان فرایندی که در یک روش منصفانه بدون به خطر انداختن پایداری اکوسیستم‌های حیاتی، توسعه و مدیریت هماهنگ آب، زمین و منابع مرتبط را ارتقا می‌بخشد، تعریف شد. مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب خواستار دستیابی به یک رویکرد یکپارچه است ولی نتوانسته مشخص کند چه چیزی و چگونه به‌هم‌پیوسته شود (Cook, 2014). بازیگران و سازمان‌های فعالی به طور چشمگیری در پیگیری اجرای جهانی مدیریت

1 Buzzword: a term whose power derives from a combination of ambiguous meaning and strong normative resonance
2 EWF: Energy-Water-Food
3 WEF: Water-Energy-Food
4 FEW: Food-Energy-Water
5 IWRM

به‌هم‌پیوسته منابع آب نقش داشته‌اند ازجمله شبکه مشارکت جهانی آب (GWP)، سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (فائو)، مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب و بانک جهانی (Al-Saidi and Hussein, 2021). سازمان ملل متحد مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب را به‌عنوان مؤلفه‌ای از اهداف توسعه هزاره[1] در نظر گرفت (Benson et al., 2015)، اما استدلال‌هایی در خصوص عدم کفایت مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب نیز وجود داشت (Bogardi et al., 2012). رویکرد همبست آب- انرژی- غذا که یکپارچه‌سازی بخش های مختلف سیاست را به نمایش گذاشته به‌عنوان مکمل مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب مطرح شد (Benson et al., 2015). برخی از محققان معتقدند رویکرد همبست بهتر می‌تواند جوامع را به سمت اقتصاد سبز و پایداری گسترده‌تر هدایت کند (Hoff, 2011). ازآنجاکه مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب مرزهای اداری را کم‌اهمیت می‌داند و بر حوضه‌های آبریز تمرکز دارد، قابل نقد است (Kurian, 2017). البته باتوجه‌به موفقیت محدود در اجرای مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب، مخالفت‌هایی هم با فراخوانی مجدد با رویکرد یکپارچگی وجود داشت (Wichelns, 2017). بااین‌حال رویکرد همبست آب- انرژی- غذا با توجه بیشتر بر بررسی ارتباطات غذا، آب، انرژی، اقلیم و توسعه سبز مطرح شد.

تفاوت در تعاریف و رویکردهای مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب و همبست آب- انرژی- غذا کمی گیج‌کننده است. مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب مفهومی چتری است که اصول متعددی را در برمی‌گیرد و هدف اصلی آن مدیریت هماهنگ جنبه‌های مختلف سیستم‌های منابع آب است (Gain et al., 2013a; Benson et al., 2015). رویکرد فوق از جنبه‌های خاصی با رویکرد همبست متفاوت است. تفاوت اساسی مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب با همبست را می‌توان این‌گونه توضیح داد: درحالی‌که مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب سعی دارد همه بخش‌ها را از دیدگاه مدیریت آب (آب محور) درگیر کند و با تمرکز بر آب سایر بخش های مرتبط مانند غذا و انرژی را نادیده می‌گیرد، رویکرد همبست بخش‌های مختلف آب، انرژی، امنیت غذا و اقلیم را با اهمیت یکسان (چند محوری) موردبحث قرار می‌دهد (Bach et al., 2012). هرچند اهداف نهایی هر دو ترویج استفاده بهتر از منابع برای امکان توسعه زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی جوامع است، همبست دامنه‌ای بزرگ‌تر نسبت به مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب دارد. درواقع دلیل اصلی ترویج رویکرد همبست آب- انرژی- غذا بیش از مدیریت یکپارچه به‌هم‌پیوسته منابع آب، چندمرکزی بودن آن و اهمیت برابر بخش‌ها است. (Allouche et al., 2015; Benson et al., 2015; Abdullaev and Rakhmatullaev, 2016; Gallagher et al., 2016; Al-Saidi and Elagib, 2017; Liu et al., 2017; Owen et al., 2018)

شباهت‌ها و تفاوت‌های دیگری نیز در دو رویکرد وجود دارد. رویکرد همبست اصول کمی در مورد چگونگی حکمرانی ارائه می دهد. حکمرانی شامل الگوهایی است که از فعالیت‌های حاکم بر بازیگران مختلف (در درجه اول دولت‌ها) به وجود آمده و می‌توانند در اصول رفتاری و تشکیلات سازمانی مختلف مشاهده شوند. همبست در کنار واکنش‌های سازمانی چند سطحی، انسجام سیاست‌ها را هدف قرار می‌دهد. یک مسئله مهم در همبست، لزوم یکپارچگی بخش‌های مختلف است و از سیاست‌گذاران خواسته می‌شود باسیاست‌ها، فرایندها و ابزارهای تحلیلی مؤثر، تصمیم گیری‌های مربوطه را برنامه‌ریزی کنند (Pittock and Hussey, 2012). به‌هرحال یکپارچه‌سازی، چالش‌هایی سازمانی با فرصت‌ها و موانعی برای تصمیم‌گیری مشترک ایجاد می‌کند (Scott et al., 2017). باتوجه‌به ضرورت مرتبط کردن منابع در سطوح مختلف سازمانی، تنظیمات سازمانی چندلایه لازم است. درحالی‌که مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب اصول حاکمیت خوب مانند شفافیت، تصمیم‌گیری مشترک و استفاده از ابزارهای خاص سیاست را مدنظر قرار می‌دهد (Gain et al., 2013a; Benson et al., 2015)، رویکرد همبست اصول کمی در مورد چگونگی حکمرانی ارائه می‌دهد.

تفاوت دیگر دو رویکرد فوق، مقیاس تعامل آن‌هاست. مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب بر مبنای اصول سازمانی در مقیاس حوضه رودخانه (هیدرولوژیکی) فرض می‌شود و یک رویکرد متمرکز کلی برای سیاست ملی نیز ارائه می‌دهد (Rouillard et al., 2014)، در مقابل، همبست آب- انرژی- غذا در مقیاس کلان یا متوسط، اصول گسترده‌تری برای یکپارچه سازی و انسجام سیاست بین سطوح مختلف بخش‌ها دارد، هرچند راهنمایی بسیار محدودی در مورد چگونگی وقوع این امر ارائه می دهد. به‌علاوه مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب به چگونگی ادغام حوضه‌های رودخانه‌ای مرزی و تشکیل سازمان‌های اداری مناسب حوضه که متناسب با منافع کشورهای مختلف است توجه نمی کند. به‌خصوص که در مقیاس فرامرزی برخی بازیگران از دیگران قدرتمندتر هستند و تصمیماتی اغلب بر اساس عدم تقارن قدرت بین دولت‌ها و انگیزه‌های سیاسی گرفته می‌شود. اگرچه مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب می‌تواند بر سیاست‌های ملی کشورها تأثیر بگذارد، فاقد راهنمایی لازم برای تهیه بهتر سیاست‌های آب است. چالش‌های سیاسی که با چالش‌های اجرایی و فنی تشدید می‌شود مانع از اجرای مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب شدند و این امر

1 MDGs

باعث تغییر در محافل سیاست از مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب به همبست آب- انرژی- غذا شد (Pittock, Hussey, & Dovers, 2015).

در دیدگاه مشارکت نیز همبست آب- انرژی- غذا منعکس کننده پایه‌ریزی مشارکتی است و نسبت به مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب می‌تواند ذی‌نفعان بیشتری به‌ویژه در بخش‌های کشاورزی و انرژی بپذیرد (Cai et al., 2018). بخش زیادی از گزارش همبست آب- انرژی- غذا سال ۲۰۱۱ به بحث در مورد مشارکت‌های نوآورانه آب به‌عنوان ائتلاف‌های خصوصی- دولتی برای تحول‌بخش آب با پلتفرم‌هایی برای گرد هم آوردن ذی‌نفعان مختلف اختصاص یافت. همچنین اجلاس بن ۲۰۱۱ توصیه می‌کند "انسجام سیاست" باید شامل همکاری بیشتر بین بازیگران و مشارکت شهروندان باشد، اگرچه از مشارکت دولتی و خصوصی نیز به‌عنوان یک سازوکار مهم تسهیل‌کننده یاد می‌کند. رویکرد همبست آب- انرژی- غذا با ایجاد ارتباط با انرژی و امنیت مواد غذایی، علاقه بسیار زیادی در بین سایر ذی‌نفعان جذب کرده است. برای مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب، مشارکت ذی‌نفعان بیشتر به شکل جوامع محلی و جامعه مدنی با اولویت‌بندی مشارکت بازیگران غیردولتی مانند بنگاه‌ها مهم است (Gain et al., 2013a)، لذا تفاوت عمده مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب با همبست تأکید بیشتر آن بر مشارکت فعالان تجاری است.

هدف هر دو رویکرد مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب و همبست آب- انرژی- غذا در ارتقا توسعه پایدار منابع آب است که با تفاوت‌هایی به استفاده کارآمد از منابع تأکید دارند و با رویکردی گسترده‌تر از توسعه پایدار تنظیم شده‌اند. همبست می‌تواند به‌عنوان یک موضوع جدید، یا حداقل با برخی از المان‌های جدید در نظر گرفته شود که یک واگرایی از الگوی مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب دارد. اما اینکه رویکرد تا چه اندازه جایگزین مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب می‌شود، هنوز مشخص نیست.

جدول ۳- مقایسه ویژگی‌های همبست آب- انرژی- غذا و مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب

شاخص	مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب	همبست آب- انرژی- غذا
یکپارچگی	یکپارچگی اهداف آب با سایر اهداف مدیریت هماهنگ جنبه‌های مختلف سیستم‌های منابع آب ادغام سیستم‌های منابع آب، اقتصادی و بخشی ایجاد رویکرد جامع برای یکی کردن شیوه‌های تکه‌تکه شده مدیریت منابع به یک الگوی مدیریت به‌هم‌پیوسته	یکپارچگی اهداف سیاست‌های آب، انرژی و غذا اهمیت یکسان به بخش‌های مختلف برنامه‌ریزی یکپارچه بخشی تأکید بر مبادلات در تخصیص منابع، چالش‌های توسعه و امنیت
مقیاس هدف	تمرکز بر حوضه آبریز مدیریت منصفانه و پایدار منابع آب و خدمات	چند مقایسه گذار بهتر جوامع به سمت اقتصادهای سبزتر و توسعه پایدار
حکمرانی بهینه	تأکید بر اصول حکمرانی خوب	استفاده از راه‌حل‌های سیاست یکپارچه تنظیمات سازمانی چندلایه
مشارکت	درگیرکردن سهام‌داران در تصمیم‌گیری‌ها بازیگران متعدد، ازجمله زنان	مشارکت‌های دولتی و خصوصی و پلتفرم‌های چند سهامداره برای افزایش همکاری سهام‌داران
استفاده از منابع	تخصیص‌های کارآمد جبران هزینه دسترسی برابر	تصمیم‌گیری منطقی ازنظر اقتصادی جبران هزینه
توسعه پایدار	مدیریت تقاضا	تضمین امنیت منابع

بحث

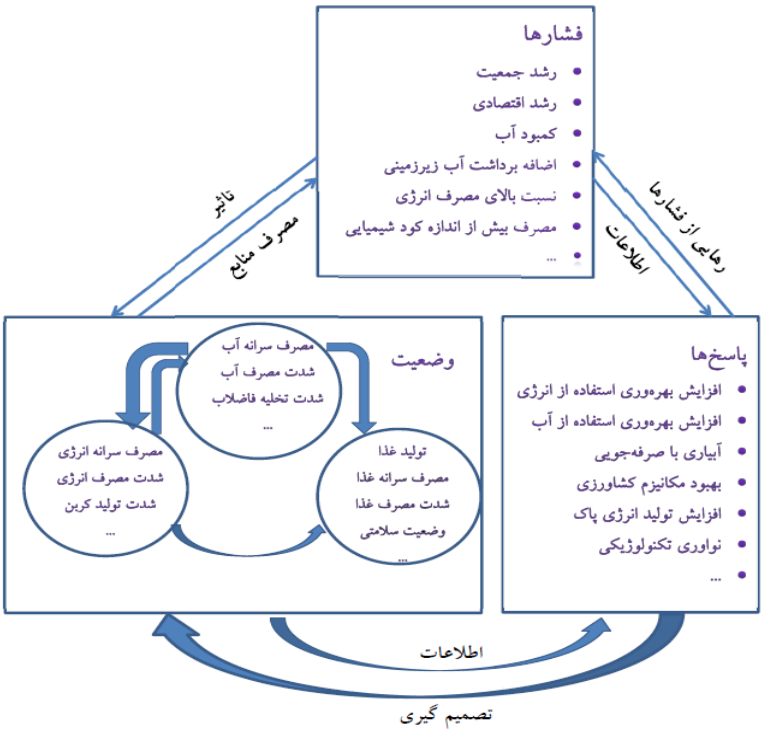
در این مقاله هدف مروری بر ابعاد و ویژگی‌های رویکرد همبست به‌ویژه همبست آب- انرژی- غذا بود؛ لذا جغرافیا یا مطالعه موردی برای جمع‌آوری تحقیقات مرتبط در نظر گرفته نشد و تنها تحقیقاتی با شروط تمرکز بر تحقیقات بر همبست آب- انرژی- غذا و تفاوت رویکرد همبست با سایر رویکردها مدنظر قرار گرفت.

باتوجه‌به بررسی‌های انجام‌شده همبست اغلب به‌عنوان ادغام چندین مؤلفه بخشی مانند انرژی، اقلیم، آب و تولید غذا در یک رویکرد حاکمیتی کلان ارائه شده و در مورد معنای دقیق آن توافق چندانی وجود ندارد. با وجود پراکندگی، رقابت و اغلب تداخل ادراک در مورد تعاریف همبست، در این مقاله تلاش شد مضامینی که بیشتر مورد وفاق قرار گرفتند، ارائه شود. باتوجه‌به رویکرد مقالات مورد بررسی و مطالعات موردی برخی از آنها، هرکدام در بخشی از مطالب ارائه شده در این مقاله مبنا و راهنما بوده‌اند و این مقاله حاصل بررسی و جمع‌بندی مقالات بررسی شده است.

رویکرد همبست در یک سیستم بر اساس روابط داخلی، عوامل خارجی و نحوهٔ ارزیابی عملکرد سیستم تعیین می‌شود. روابط داخلی و عوامل تأثیرگذار بر سیستم با رویکرد همبست دسته‌بندی مختلفی دارند. ارزیابی عملکرد سیستم با استفاده از

شاخص‌های مختلف به دست می‌آید که پایداری و انعطاف‌پذیری از شاخص‌های مطرح هستند. رویکرد همبست آب- انرژی- غذا به‌عنوان ابزاری برای برجسته‌کردن وابستگی متقابل آب، انرژی و امنیت غذایی و ارتقای مدیریت بهتر منابع ایجاد و ترویج شده است. همان‌طور که افزایش تعداد تحقیقات در خصوص همبست آب- انرژی-غذا نشان می‌دهد، در سال‌های گذشته موضوع همبست سه منبع در تحقیقات موردتوجه ویژه قرار گرفته است. تحقیقات مرتبط تا حد زیادی در کشورهای توسعه‌یافته انجام شده و آگاهی بیشتری در مورد این موضوع را در این مناطق به دنبال داشته است. درکشورهای درحال‌توسعه نیز باتوجه‌به شرایط آنها که بعضاً با مشکلات بیشتری در تأمین منابع مواجه هستند، در سال‌های اخیر به رویکرد همبست توجه بیشتری شده است. ایجاد درک جامع از همبست آب- انرژی- غذا و پیامدهای آن، چگونگی مدیریت هم‌زمان چالش‌های تأمین کمی و کیفی آب، تقویت امنیت غذایی از طریق کفایت کمی آبیاری و افزایش دسترسی به برق در همه مناطق، نیازمند رویکردی بر پایه مفاهیم سیستم است که به‌صراحت ارتباطات بین بخش‌ها را مشخص کند. باتوجه‌به سابقه رویکرد مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب، موضوع جدید بودن رویکرد همبست آب- انرژی- غذا محل تردید برخی پژوهشگران است. با استفاده از برخی شاخص‌های مفهومی رایج می‌توان شباهت‌ها و تفاوت‌های همبست آب- انرژی- غذا را با مفاهیم مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب مقایسه کرد. از مهم‌ترین شاخص‌ها، مقیاس مکانی بررسی‌ها در دو رویکرد است به‌نحوی‌که رویکرد مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب در مقیاس حوضه آبریز تعریف می‌شود و رویکرد همبست با مقیاس‌های مختلف می‌تواند تطبیق یابد. از طرفی، اهمیت یکسان بخش‌های مختلف منابع در رویکرد همبست برخلاف رویکرد مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب است که بخش آب را مرکز در نظر گرفته و سیاست‌های بخش‌های مختلف را بر اساس آن تبیین می‌کند. همبست بر توانایی خود در ایجاد ارتباط در بخش‌های مختلف مانند آب، انرژی و غذا در مدیریت منابع تمرکز داشته و تفاوت اصلی با دانش جامع یکپارچه‌سازی، سیاستِ چندمرکزی و دوری کردن از تمرکز بر یک منبع خاص در مفهوم آن است، هرچند ممکن است به اولویت‌های بخشی در موارد مختلف توجه شود.

توجه فوری به همبست آب- انرژی- غذا در همه کشورها به‌خصوص کشورهایی که برای امرارمعاش بخش مهمی از جامعه به‌شدت به کشاورزی متکی هستند ازجمله ایران، به‌منظور تحقق اهداف توسعه پایدار ضروری است. وجود داده‌های صحیح و به‌روز، ترتیبات نهادی، روابط سیاسی مناسب و پیوستگی سیاست‌گذاری برای مدیریت و نظارت بر بهره‌برداری از منابع لازمهٔ توسعهٔ تحقیقات مرتبط همبست آب- انرژی- غذا است. چارچوب تحقیقاتی روابط همبست آب- انرژی- غذا در ایران را می‌توان در شکل ۸ نمایش داد.



شکل ۸- چارچوب تحقیقاتی روابط همبست آب- انرژی- غذا در ایران

در ایران روابط آب و انرژی به‌صورت دوسویه است به‌نحوی‌که از هرکدام در راستای بهره از دیگری، استفاده می‌شود. ولی استفاده از غذا برای تولید انرژی آن‌چنان‌که در برخی کشورها به آن پرداخته شده، مدنظر قرار نگرفته است. آنچه از چارچوب تحقیقاتی روابط همبست آب- انرژی- غذا در ایران مشخص است فشارهایی که بر منابع وارد می‌شود منشأهای مختلفی دارد و ضروری است با استفاده از پاسخ‌های مناسب، کاهش فشار بر منابع و حفظ پایداری آن‌ها مدنظر قرار گیرد. تصویب سیاست‌ها، برنامه‌ها و قوانین در راستای کاهش فشار بر منابع در بخش‌های مختلف باید با اطمینان از مشارکت همه بخش‌ها در توسعهٔ آن سیاست‌ها یا برنامه‌ها باشد؛ لذا برای ارزیابی جوانب مثبت و منفی هر نوع مداخله با استفاده از یک رویکرد یکپارچه برای توسعه اقدامات و سیاست‌ها باید اطمینان حاصل شود که یک اقدام یا سیاست در یک بخش بر بخش‌های دیگر تأثیر منفی نمی‌گذارد. چنانچه به موضوع همبست منابع در کشور به‌عنوان اولویت تحقیقاتی، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری توجه شود، در گام بعدی می‌توان موضوع همبست منابع را فراتر از مرزهای کشور و به‌خصوص با کشورهای همسایه، به‌عنوان راهکاری برای ارتقای بهره‌وری منابع به‌صورت مشارکتی موردتوجه قرار داد. هرچند باتوجه‌به ماهیت ناهمگون کشورها، این نوع مشارکت نیاز به استراتژی‌های خاص منطقه‌ای و کشوری دارد که بتواند ذی‌نفعان و سیاست‌گذاران متعدد را از مناطق مختلف جغرافیایی تحت شرایط مختلف اجتماعی-اقتصادی، حقوقی، نهادی و سیاسی جذب کند. همچنین یک ابتکار منطقه‌ای برای بررسی چگونگی استفاده یک کشور از دیگری برای کسب منافع متقابل موردنیاز است؛ لذا تدوین استراتژی‌هایی برای افزایش استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی مشترک ضرورت دارد.

نتیجه‌گیری

همبست آب-انرژی-غذا (WEF) یک چارچوب مفهومی است که ارتباطات پیچیده بین بخش‌ها را تشخیص می‌دهد و به دنبال توسعه راه‌حل‌های مشترکی است که هم‌افزایی بین آنها را ترویج کند. همبست آب-انرژی-غذا تنها در مورد تمرین همکاری بین بخشی نیست، بلکه به نحوهٔ انجام تحقیقات علمی نیز می‌پردازد. تفکر همبست از نظر مفهومی مبتنی بر حداکثر کردن سود یا به‌حداقل‌رساندن هزینه نیست، بلکه بیشتر به تعامل بین بخش‌ها می‌پردازد. رویکرد همبست بر به‌حداقل‌رساندن هزینه‌های تعاملات، به‌جای بهینه‌سازی عملکرد بخش‌های جداگانه، مبتنی است. ممکن است تعاملات همبست در مقیاس‌های مختلف، از سطح جهانی تا سطح خانگی وجود داشته باشد. در چارچوب همبست تجزیه‌وتحلیل‌های متقابل برای شناسایی وضعیت اولیه، تعاملات و هم‌افزایی‌های مختلف در طی انجام پروسه‌ها (تأمین غذا، آب و انرژی) و انجام اقداماتی برای به‌حداقل‌رساندن هزینه‌ها و هدررفت‌های بخشی، موردنیاز است. اگرچه پیشرفت‌هایی در فرمول‌بندی مفهومی تفکر همبست صورت‌گرفته است، استفاده از تفکر همبست در مدل‌سازی پیچیده بوده و نیازمند نوآوری‌های اساسی است. علاوه بر این، رویکرد همبست نیازمند بازنگری در مدیریت بخشی و تغییرات نهادی و ساختاری است. آنچه مسلم است حاکمیت رویکرد همبست در تأمین رفاه جامعهٔ انسانی یک ضرورت است.

"هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Abdullaev, I., & Rakhmatullaev, S. (2016). Setting up the agenda for water reforms in Central Asia: Does the nexus approach help?. *Environmental Earth Sciences*, *75*(10). doi: 10.1007/s12665-016-5409-8

Al-Bakri, J., Salahat, M., Suleiman, A., Suifan, M., Hamdan, M., Khresat, S., & Kandakji, T. (2013). Impact of Climate and Land Use Changes on Water and Food Security in Jordan: Implications for Transcending "The Tragedy of the Commons". *Sustainability*, *5*(2), 724-748. doi: 10.3390/su5020724

Allouche, J., Middleton, C. & Gyawali, D. (2015). Interrogating the Power Linkages behind the Nexus. *Water Alternatives*, 8, 610–626

Al-Saidi, M., & Elagib, N. (2017). Towards understanding the integrative approach of the water, energy and food nexus. *Science Of The Total Environment*, *574*, 1131-1139. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.046

Al-Saidi, M., & Hussein, H. (2021). The water-energy-food nexus and COVID-19: Towards a systematization of impacts and responses. *Science Of The Total Environment*, *779*, 146529. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146529

Babel, M., Shrestha, B., & Perret, S. (2011). Hydrological impact of biofuel production: A case study of the Khlong Phlo Watershed in Thailand. *Agricultural Water Management*, *101*(1), 8-26. doi: 10.1016/j.agwat.2011.08.019

Bach, H., Bird, J., Clausen, TJ., Jensen, KM., Lange, RB., Taylor, R., Viriyasakultorn, V., & Wolf, A. (2012). Transboundary River Basin Management: Addressing Water, Energy and Food Security. Mekong River Commission, Lao PDR.

Barjaste, H.R., Ghoreishi, S.Z. & Mianabadi, H. (2020). Explanation the function of Nexus approach in transboundary water hydropolitics. *Echo Hydrology Journal* 7(3).

Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., & Gielen, D. et al. (2011). Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, *39*(12), 7896-7906. doi: 10.1016/j.enpol.2011.09.039

Beck, M., & Villarroel Walker, R. (2013). On water security, sustainability, and the water-food-energy-climate nexus. *Frontiers Of Environmental Science & Engineering*, *7*(5), 626-639. doi: 10.1007/s11783-013-0548-6

Benson, D., Gain, A.K. & Rouillard, J.J. (2015). Water governance in a comparative perspective: from IWRM to a 'Nexus' approach? *Water Alternatives* 8(1): 756-773.

Berardy, A., & Chester, M. (2017). Climate change vulnerability in the food, energy, and water nexus: concerns for agricultural production in Arizona and its urban export supply. *Environmental Research Letters*, *12*(3), 035004. doi: 10.1088/1748-9326/aa5e6d

Bizikova, L., Roy, D. & Swanson, D. (2013). The Water energy food Security Nexus: towards a Practical Planning and Decision-support Framework for Landscape Investment and Risk Management. *The International Institute for Sustainable Development*

Bogardi, J., Dudgeon, D., Lawford, R., Flinkerbusch, E., Meyn, A., & Pahl-Wostl, C. et al. (2012). Water security for a planet under pressure: interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. *Current Opinion In Environmental Sustainability*, *4*(1), 35-43. doi: 10.1016/j.cosust.2011.12.002.

Brundtland, GH. (1987). Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development

Butler, D., Ward, S., Sweetapple, C., Astaraie-Imani, M., Diao, K., Farmani, R., & Fu, G. (2016). Reliable, resilient and sustainable water management: the Safe & SuRe approach. *Global Challenges*, *1*(1), 63-77. doi: 10.1002/gch2.1010

Cabello, V., Renner, A., & Giampietro, M. (2019). Relational analysis of the resource nexus in arid land crop production. *Advances In Water Resources*, *130*, 258-269. doi: 10.1016/j.advwatres.2019.06.014

Cai, X., Wallington, K., Shafiee-Jood, M., & Marston, L. (2018). Understanding and managing the food-energy-water nexus – opportunities for water resources research. *Advances In Water Resources*, *111*, 259-273. doi: 10.1016/j.advwatres.2017.11.014

Cairns, R., & Krzywoszynska, A. (2016). Anatomy of a buzzword: The emergence of 'the water-energy-food nexus' in UK natural resource debates. *Environmental Science & Policy*, *64*, 164-170. doi: 10.1016/j.envsci.2016.07.007

Challinor, A., Simelton, E., Fraser, E., Hemming, D., & Collins, M. (2010). Increased crop failure due to climate change: assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China. *Environmental Research Letters*, *5*(3), 034012. doi: 10.1088/1748-9326/5/3/034012

Cook, C. (2014). Governing jurisdictional fragmentation: Tracing patterns of water governance in Ontario, Canada. *Geoforum*, *56*, 192-200. doi: 10.1016/j.geoforum.2014.07.012

De Laurentiis, V., Hunt, D., & Rogers, C. (2016). Overcoming Food Security Challenges within an Energy/Water/Food Nexus (EWFN) Approach. *Sustainability*, *8*(1), 95. doi: 10.3390/su8010095

Del Borghi, A., Moreschi, L., & Gallo, M. (2020). Circular economy approach to reduce water–energy–food nexus. *Current Opinion In Environmental Science & Health*, *13*, 23-28. doi: 10.1016/j.coesh.2019.10.002

Endo, A., Yamada, M., Miyashita, Y., Sugimoto, R., Ishii, A., Nishijima, J., Fujii, M., Kato, T., Hamamoto, H., Kimura, M., Kumazawa, T. & Qi, J. (2020). Dynamics of water energy food nexus methodology, methods, and tools. *Current Opinion in Environmental Science and Health* 13: 46-60

Communication from the European commission to the council, the European parliament, the economic and social committee and committee of the regions. (2002). *Science & Engineering Ethics*, *8*(1), 113-117. doi: 10.1007/s11948-002-0037-y

Famiglietti, J. (2014). The global groundwater crisis. *Nature Climate Change*, *4*(11), 945-948. doi: 10.1038/nclimate2425

The Water Energy Food Nexus A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture.. (2014).

The future of Food and Agriculture: trends and challenges. Food, Agriculture Organization of the United Nations. (2017).

Fernández-Ríos, A., Laso, J., Campos, C., Ruiz-Salmón, I., Hoehn, D., & Cristóbal, J. et al. (2021). Towards a Water-Energy-Food (WEF) nexus index: A review of nutrient profile models as a fundamental pillar of food and nutrition security. *Science Of The Total Environment*, *789*, 147936. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147936

Ferroukhi, R., Nagpal, D., Lopez-Pena, A., Hodges, T., Mohtar, RH., Daher, B., Mohtar, S. & Keulertz, M. (2015). Renewable Energy in the Water, Energy and Food Nexus. *IRENA*

Gain, A., Giupponi, C., & Benson, D. (2015). The water–energy–food (WEF) security nexus: the policy perspective of Bangladesh. *Water International*, *40*(5-6), 895-910. doi: 10.1080/02508060.2015.1087616

Gallagher, L., Dalton, J., Bréthaut, C., Allan, T., Bellfield, H., & Crilly, D. et al. (2016). The critical role of risk in setting directions for water, food and energy policy and research. *Current Opinion In Environmental Sustainability*, *23*, 12-16. doi: 10.1016/j.cosust.2016.10.002

Garcia, D., & You, F. (2016). The water-energy-food nexus and process systems engineering: A new focus. *Computers & Chemical Engineering*, *91*, 49-67. doi: 10.1016/j.compchemeng.2016.03.003

Ghose, B. (2014). Food security and food self-sufficiency in China: from past to 2050. *Food And Energy Security*, *3*(2), 86-95. doi: 10.1002/fes3.48

Howells, M., Hermann, S., Welsch, M., Bazilian, M., Segerström, R., & Alfstad, T. et al. (2013). Integrated analysis of climate change, land-use, energy and water strategies. *Nature Climate Change*, *3*(7), 621-626. doi: 10.1038/nclimate1789

Hoff, H. (2011). Understanding the nexus. *In Background paper for the Bonn 2011 conference*: the water, energy and food security nexus. Stockholm environment institute:1–51

Hosseini, S., Barker, K., & Ramirez-Marquez, J. (2016). A review of definitions and measures of system resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, *145*, 47-61. doi: 10.1016/j.ress.2015.08.006

Hussey, K. Pittock, J. & Dovers, S. (2015). Climate, Energy and Water: Managing Trade-offs, Seizing Opportunities. *Cambridge University Press*

Hussey, K., & Pittock, J. (2012). The Energy–Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future. *Ecology And Society*, *17*(1). doi: 10.5751/es-04641-170131

IEA, International Energy Agency (2016). *World energy outlook*. Paris, France

Keskinen, M., Guillaume, J., Kattelus, M., Porkka, M., Räsänen, T., & Varis, O. (2016). The Water-Energy-Food Nexus and the Transboundary Context: Insights from Large Asian Rivers. *Water*, *8*(5), 193. doi: 10.3390/w8050193

Kurian, M. (2017). The water-energy-food nexus: trade-offs, thresholds and transdisciplinary approaches to sustainable development. *Environmental Science & Policy* 68, 97–106

Lawford, R., Bogardi, J., Marx, S., Jain, S., Wostl, C., & Knüppe, K. et al. (2013). Basin perspectives on the Water–Energy–Food Security Nexus. *Current Opinion In Environmental Sustainability*, *5*(6), 607-616. doi: 10.1016/j.cosust.2013.11.005

Li, P., & Ma, H. (2020). Evaluating the environmental impacts of the water-energy-food nexus with a life-cycle approach. *Resources, Conservation And Recycling*, *157*, 104789. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104789

Liu, J., Mao, G., Hoekstra, A., Wang, H., Wang, J., & Zheng, C. et al. (2018). Managing the energy-water-food nexus for sustainable development. *Applied Energy*, *210*, 377-381. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.064

Liu, J., Yang, H., Cudennec, C., Gain, A.K., Hoff, H., Lawford, R., Qi, J. & Strasser, L. (2017). Challenges in operationalizing the water energy food nexus. *Hydrological Sciences Journal* 62(11)

Mahlknecht, J., González-Bravo, R., & Loge, F. (2020). Water-energy-food security: A Nexus perspective of the current situation in Latin America and the Caribbean. *Energy*, *194*, 116824. doi: 10.1016/j.energy.2019.116824

Marzban, A. (2020). Nexus approach and Reducing Waste in the Food Production Chain. 27th National Congress of Food Science and Technology of Iran

Mirzaei, SH. (2018). Introducing the Nexus and its role in resource sustainability. *Journal of Water and Sustainable Development*. 5(1)

Mortensen, J., González-Pinzón, R., Dahm, C., Wang, J., Zeglin, L., & Van Horn, D. (2016). Advancing the Food-Energy–Water Nexus: Closing Nutrient Loops in Arid River Corridors. *Environmental Science & Technology*, *50*(16), 8485-8496. doi: 10.1021/acs.est.6b01351

Mu, J., & Khan, S. (2009). The effect of climate change on the water and food nexus in China. *Food Security*, *1*(4), 413-430. doi: 10.1007/s12571-009-0042-y

Nguyen, T., Cai, X., Ouyang, Y., & Housh, M. (2016). Modelling infrastructure interdependencies, resiliency and sustainability. *International Journal Of Critical Infrastructures*, *12*(1/2), 4. doi: 10.1504/ijcis.2016.075868

Olsson, G. (2013). Water, energy and food interactions—Challenges and opportunities. *Frontiers Of Environmental Science & Engineering*, *7*(5), 787-793. doi: 10.1007/s11783-013-0526-z

Owen, A., Scott, K., & Barrett, J. (2018). Identifying critical supply chains and final products: An input-output approach to exploring the energy-water-food nexus. *Applied Energy*, *210*, 632-642. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.09.069

Ringler, C., Bhaduri, A., & Lawford, R. (2013). The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency?. *Current Opinion In Environmental Sustainability*, *5*(6), 617-624. doi: 10.1016/j.cosust.2013.11.002

Rouillard, J., Benson, D., & Gain, A. (2014). Evaluating IWRM implementation success: are water policies in Bangladesh enhancing adaptive capacity to climate change impacts?. *International Journal Of Water Resources Development*, *30*(3), 515-527. doi: 10.1080/07900627.2014.910756

Sachs, JD. (2015).The Age of Sustainable Development. New York, NY: *Columbia University Press*

Sadeghi, S., Sharifi Moghadam, E., Delavar, M., & Zarghami, M. (2020). Application of water-energy-food nexus approach for designating optimal agricultural management pattern at a watershed scale. *Agricultural Water Management*, *233*, 106071. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106071

Safaei, V., Davari, K. & Poormohammad, Y. (2019). The Necessity of water energy food Nexus based on a strategic plan for sustainable development. *Journal of Water and Sustainable Development* 6(2) 9-14

Sanders, K., & Webber, M. (2012). Evaluating the energy consumed for water use in the United States. *Environmental Research Letters*, *7*(3),

034034. doi: 10.1088/1748-9326/7/3/034034

Scanlon, B., Ruddell, B., Reed, P., Hook, R., Zheng, C., Tidwell, V., & Siebert, S. (2017). The food-energy-water nexus: Transforming science for society. *Water Resources Research*, *53*(5), 3550-3556. doi: 10.1002/2017wr020889

Scanlon, B., Duncan, I., & Reedy, R. (2013). Drought and the water–energy nexus in Texas. *Environmental Research Letters*, *8*(4), 045033. doi: 10.1088/1748-9326/8/4/045033

Scott, C., Vicuña, S., Blanco-Gutiérrez, I., Meza, F., & Varela-Ortega, C. (2014). Irrigation efficiency and water-policy implications for river basin resilience. *Hydrology And Earth System Sciences*, *18*(4), 1339-1348. doi: 10.5194/hess-18-1339-2014

Scott, A. (2017). Making governance work for water energy food nexus approaches. Working Paper. London: Climate and Development Knowledge Network (CDKN)

Shannak, S., Mabrey, D., & Vittorio, M. (2018). Moving from theory to practice in the water–energy–food nexus: An evaluation of existing models and frameworks. *Water-Energy Nexus*, *1*(1), 17-25. doi: 10.1016/j.wen.2018.04.001

Sharifi Moghadam, E., Sadeghi, SHR., Zarghami, M. & Delavar, M. (2019). Water energy food nexus as a new approach for watershed resources management: a review. *Environmental Resources Research* 7(2)

Siddiqi, A., & Anadon, L. (2011). The water–energy nexus in Middle East and North Africa. *Energy Policy*, *39*(8), 4529-4540. doi: 10.1016/j.enpol.2011.04.023

Simpson, G., & Jewitt, G. (2019). The Development of the Water-Energy-Food Nexus as a Framework for Achieving Resource Security: A Review. *Frontiers In Environmental Science*, *7*. doi: 10.3389/fenvs.2019.00008

Correction for Suweis et al., Resilience and reactivity of global food security. (2015). *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, *112*(34), E4811-E4811. doi: 10.1073/pnas.1512971112

Smajgl, A., Ward, J., & Pluschke, L. (2016). The water–food–energy Nexus – Realising a new paradigm. *Journal Of Hydrology*, *533*, 533-540. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.12.033

Taha, F. (2017). Water Governance Perspectives: From IWRM to WEF-Nexus. *https://www.researchgate.net/publication*

Voelker, T., Blackstock, K., Kovacic, Z., Sindt, J., Strand, R., & Waylen, K. (2019). The role of metrics in the governance of the water-energy-food nexus within the European Commission. *Journal Of Rural Studies*. doi: 10.1016/j.jrurstud.2019.08.001

Ward, F., & Pulido-Velazquez, M. (2008). Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, *105*(47), 18215-18220. doi: 10.1073/pnas.0805554105

Weitz, N., Strambo, C., Kemp-Benedict, E., & Nilsson, M. (2017). Closing the governance gaps in the water-energy-food nexus: Insights from integrative governance. *Global Environmental Change*, *45*, 165-173. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2017.06.006

Wiegleb, V., & Bruns, A. (2018). What Is Driving the Water-Energy-Food Nexus? Discourses, Knowledge, and Politics of an Emerging Resource Governance Concept. *Frontiers In Environmental Science*, *6*. doi: 10.3389/fenvs.2018.00128

Wichelns, D. (2017). The water-energy-food nexus: Is the increasing attention warranted, from either a research or policy perspective?. *Environmental Science & Policy*, *69*, 113-123. doi: 10.1016/j.envsci.2016.12.018

Winemiller, K., McIntyre, P., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., & Nam, S. et al. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, *351*(6269), 128-129. doi: 10.1126/science.aac7082

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. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.194

Zhang, X., & Vesselinov, V. (2017). Integrated modeling approach for optimal management of water, energy and food security nexus. *Advances In Water Resources*, *101*, 1-10. doi: 10.1016/j.advwatres.2016.12.017