

چارچوب رویکرد همبست آب-انرژی-غذا برای امنیت منابع طبیعی^۱

شاهرخ زندپارسا^۲ و علیرضا سپاس‌خواه^۳

چکیده

در مقاله حاضر، چگونگی تکامل همبست آب-انرژی-غذا^۴ از شروع تا شناخته‌شدن در سیاستگذاری و توسعه آن از سال ۲۰۱۱ بررسی شد. کاربرد چارچوب همبست آب-انرژی-غذا نتایج سودمندی مانند توسعه پایدار و همچنین بهینه‌سازی تخصیص آب، انرژی و زمین را به دنبال دارد. البته، اگر قرار باشد به‌طور گسترده به کار برده شود با چالش‌هایی مانند زیادی شمار قانون‌های حقوقی و بوروکراسی اداری روبه‌رو می‌شود. همچنین، موضوع امرار معاش و عدالت اجتماعی از مهمترین کاستی‌هایی آن است که اغلب در ارزیابی‌ها منظور نمی‌شود. البته، اگر از نظر علمی همبست آب-انرژی-غذا به‌طور کامل اجرا شود، می‌تواند به بهره‌مند شدن همه جامعه بیانجامد. برای جذابیت آن به ویژه از نظر «اهداف توسعه پایدار» باید آن را برای رسیدن به امنیت منابع برای همه گروه‌های اجتماعی به کاربرد. این روش باید حفظ همزمان محیط‌زیست و عدالت اجتماعی را به رسمیت بشناسد. همچنین، باید به نظرهای حکمرانی در رابطه با چارچوب همبست آب-انرژی-غذا توجه شود. در پایان مقاله، تأثیر بالقوه واکاوی همبست آب-انرژی-غذا در کمک به دستیابی به هدف‌های توسعه پایدار بررسی شده است و نیز نتایج شش بررسی موردی به ترتیب در سطح بین‌المللی و ملی در زمینه‌های مختلف آب، انرژی و غذا ارائه و واکاوی شده است.

واژه‌های کلیدی: امنیت منابع، توسعه پایدار، حکمرانی منابع طبیعی، عدالت اجتماعی.

مقدمه

نیم قرن پیش (Meadows et al., 1972) هشدار دادند که اگر رشد جمعیت دنیا، صنعتی شدن، آلودگی محیط‌زیست، تولید غذا و برداشت از منابع طبیعی به همین روال ادامه یابد، برداشت‌ها تا یک صد سال در کره زمین، به سقف غیرمجاز خواهد رسید. سه دهه بعد، این پژوهشگران بیان کردند که رشد اقتصاد جامعه‌های بشری از حدود نگران‌کننده‌ای فراتر رفته و این وضعیت در دهه‌های آینده تشدید خواهد شد (Meadows et al., 2004). چند سال بعد از هشدار دوم، میانگین قیمت جهانی غذا به طور قابل توجهی افزایش یافت به‌طوری که بخش زیادی از جمعیت دنیا نمی‌توانستند نیازهای غذایی خود را تأمین کند (Mohtar & Daher, 2012). این افزایش قیمت مواد غذایی نمایانگر رشد مصرف بیش از حد منابع طبیعی بوده‌است (Ringler et al., 2013) و طبیعت محدود و جایگزین‌ناپذیر آب شیرین نیز در دهه اول قرن ۲۱ بر

علت‌ها افزود. نشست اقتصاد جهانی در سال ۲۰۱۱ در انتشارات خود با عنوان «امنیت آب: همبست آب- غذا- انرژی- اقلیم» نشان داد که در بسیاری از جاهای دنیا، قیمت آب کم است و منابع آب زیرزمینی کاهش یافته است و برخلاف انرژی، برای آب گزینه جایگزین دیگری نیست (Waughray & Workman, 2011).

پیش‌بینی‌ها نشانگر این است که نیاز جهانی به منابع طبیعی روی سیاره زمین «گرم، گرسنه، شلوغ و با تبخیر شدید» به شدت افزایش می‌یابد. تخمین شورای آینده نگری ملی^۱ نشان می‌دهد که رشد نیازهای غذایی، آب و انرژی تا سال ۲۰۳۰ به ترتیب ۳۵، ۴۰ و ۵۰٪ خواهد بود (Waughray & Workman, 2011). این افزایش‌ها به خاطر افزایش جمعیت، شهرنشینی و افزایش ۳ میلیاردی جمعیت در قشر متوسط جامعه تا سال ۲۰۳۰ می‌باشد (WWF & SABMiller, 2014). افزون بر این، نیاز معیشتی ۱ میلیارد قشر کم برخوردار جمعیت جهان با فقر غذایی و بدون دسترسی به برق و آب آشامیدنی پاکیزه، باید تأمین شود (IRENA, 2015). مسئولین جهانی در موقعیت‌های مختلف (سال ۲۰۱۱) هشدار داده‌اند که در بین مسئله‌های مهم جهانی، همبست آب-انرژی-غذا بزرگترین چالش بشر می‌باشد که باید بین دانشگاهیان، تصمیم‌گیران، موسسه‌های توسعه ملی و بین‌المللی و کشورهای همکار بیشتر توجه شود.

پرسش‌ها و بحث‌های متداول

در این مقاله، نخست معنی و مفهوم واژه همبست آب-انرژی-غذا بررسی می‌شود. سپس، واکاوی می‌شود تا نشان دهد که آیا این روش رویکردی منحصر به فرد است یا این‌که همان چارچوب‌های قدیمی است که با بسته‌بندی جدید ارائه می‌شود. در مرحله بعدی چالش یکپارچه‌سازی و بهینه‌سازی بخش‌های مختلف آب-انرژی-غذا به همراه سر به سر شدن اقتصادی و هم‌افزایی با ارایه نتایج بررسی‌های موردی بین‌المللی و ایرانی دنبال می‌شود. پس از آن، انتقاد کلیدی، عبارت «آیا هدف‌های امنیت منابع به امرار معاش طبقه‌های فقیر جامعه و حفظ محیط‌زیست می‌انجامد یا نه؟» بررسی می‌شود. سرانجام، سودمندی‌های حاصل از واکاوی همبست آب-انرژی-غذا در مورد توسعه سیاست‌گذاری و حکمرانی‌های مناسب بررسی می‌شود.

مفهوم همبست آب-انرژی-غذا چیست؟

همبست به معنی ارتباط دادن است و در مفهوم دقیق‌تر، برهمکنش بین دو یا چند بخش به هم وابسته یک سیستم را نشان می‌دهد. بنابراین، واژه همبست آب-انرژی-غذا عبارت از ارتباط (پیوند) بین این سه عامل است؛ به‌طوری‌که مدیریت آن‌ها موجب هم‌افزایی، رفع تقابل و/یا سر به سر شدن منابع طبیعی بشود (Shannak et al., 2018). این واژه به‌اندازه‌ای پیچیده است که برخی از کشورهای در حال توسعه حتی از مفهوم آن با خبر نیستند. همچنین بسته به این‌که این واژه در چه زمینه‌ای از منابع طبیعی به کار برده شود، ترتیب این ۳ منبع متفاوت می‌شود. برای نمونه، بخش تولید انرژی آن را همبست انرژی-آب-غذا، بخش هیدرولوژی آن را همبست آب-انرژی-غذا و بخش کشاورزی آن را همبست غذا-انرژی-آب می‌نامند.

امنیت آب، غذا و انرژی بدون کاهش منابع به‌عنوان چالشی بزرگ شناخته می‌شود. از این رو، از یک دهه پیش سازمان ملل متحد مجموعه‌ای به نام «هدف‌های توسعه پایدار»^۲ را با هدف دستیابی به توسعه پایدار درازمدت در جامعه‌های انسانی برای تضمین فراهم شدن غذا، آب و انرژی برای نسل‌های آینده در دستور کار قرار داد. در پیوند آب-انرژی-غذا، تلاش می‌شود تا تعادل بین هدف‌های مختلف، منافع و نیازهای مردم و محیط‌زیست از راه مدل‌سازی‌های کیفی و کمی به‌صورت

یکپارچه برای توسعه پایدار برقرار شود. یکی از روش‌های تعیین کمیت رابطه ذاتی بین آب-انرژی-غذا، بهره‌گیری از توابع توزیع مشترک می‌باشد (Shannak et al., 2018).

به خاطر تغییرها در ترتیب اصطلاح همبست آب-انرژی-غذا، نوع رویکرد اصولی واکاوی الگوی همبستگی به هدف‌های پژوهشگران و تصمیم‌گیران بستگی پیدا می‌کند. همچنین، برخی از پژوهشگران بر این باورند که اصطلاح همبست آب-انرژی-غذا برای پژوهشگران مختلف، معنی متفاوتی دارد. برای برخی، معنی آن خیلی محدود است؛ به شیوه‌ای که نوسان‌های اقلیمی و حفظ محیط‌زیست را شامل نمی‌شود، اما برخی آن را به طور گسترده‌تر می‌بینند؛ به گونه‌ای که در آن اقتصاد سبز، کاهش فقر و امنیت منابع جهانی را در نظر می‌گیرند. در نشست جهانی اقتصاد، همبست آب-انرژی-غذا را به معنی «امنیت آب» در نظر گرفتند (FAO, 2012a). برخی از پژوهشگران در آن موردهای دیگری مانند پایداری، اقتصاد سبز، سر به سر شدن منابع، امرار معاش، نوسان‌های اقلیمی، بهینه‌سازی، مدل‌سازی یا کمبود منابع را وارد کردند (FAO, 2012a). در سال‌های نخست معرفی همبست آب-انرژی-غذا، توجه اصلی بر امنیت منابع بود، اما بعد کاربرد آن گسترده شد، به گونه‌ای که روی همبستگی‌ها و یکپارچگی برای مدیریت پایدار منابع متمرکز شدند.

آیا اصول همبست آب-انرژی-غذا ایده جدیدی است؟

برخی از پژوهشگران جدید بودن ایده همبست آب-انرژی-غذا را زیر سؤال برده‌اند (Wichelns, 2017). سازمان خواربار جهانی (FAO, 2014) این پرسش را مطرح کرده است که آیا این ایده همان نظریه‌های پیشین است که در قالب جدیدی ارایه شده است یا این که برای توسعه پایدار ایده جدیدی است. همچنین، این سازمان می‌گوید آیا در همبست آب-انرژی-غذا تنها ۳ بخش آب-انرژی-غذا وارد می‌شود یا این که اجزای دیگری مانند نوسان‌های اقلیمی، حفاظت محیط زیست، حفاظت زمین‌ها، حکمرانی، شهرنشینی، هدررفت منابع یا امرار معاش باید وارد شود. در ادامه بیان شد که در فلسفه همبستگی بسیاری از ایده‌ها مطرح در راهبردهای پیشین وجود داشته است (Benson et al., 2015). زمانی که توسعه پایدار پیشنهاد شده بود، در آن رشد جمعیت، امنیت غذایی، انرژی، حفاظت محیط زیست، آمایش سرزمین و توسعه شهرنشینی به هم ارتباط داده شده بودند و نمی‌شد یکی از آن‌ها را بدون دیگری در نظر گرفت. اگر ایده همبست چیزی نو نیست، پس چرا این همه مورد توجه سازمان‌هایی مانند سازمان ملل متحد، نشست اقتصاد جهانی و صندوق جهانی برای منابع طبیعی قرار گرفته است. (Wichelns, 2017) بر این باور است که ایده همبستگی به منظور در نظر گرفتن تأثیر نوسان‌های اقلیمی بر امنیت آب، انرژی و غذا می‌باشد. پژوهشگران بر این باورند که بخش‌های سه‌گانه همبست، زیر تأثیر نوسان‌های اقلیمی قرار دارند و عکس آن هم ممکن است که نتایج این ۳ عنصر روی نوسان‌های اقلیمی مؤثر باشد.

از نظر حکمرانی آب، چارچوبی در اوایل دهه ۱۹۹۰ تهیه شد که همان مدیریت یکپارچه منابع آب^۱ بود. به خاطر واکاوی یکپارچه بخش‌های مختلف منابع، این چارچوب در واقع همان توسعه پایدار بود که سازمان ملل متحد این چارچوب را به عنوان هدف توسعه هزاره سوم مطرح کرد. البته، برخی از پژوهشگران بر این باورند که مدیریت یکپارچه منابع آب به تنهایی کافی به نظر نمی‌رسد. از این رو، برخی از پژوهشگران عنوان می‌کنند که چارچوب همبست آب-انرژی-غذا نوآوری‌هایی مانند یکپارچه‌سازی جامع سیاستگذاری در بخش‌های مختلف (آب-انرژی-غذا) دارد که آن را به چارچوب مدیریت یکپارچه منابع آب برتری می‌بخشد (Benson et al., 2015; Karian, 2017).

پژوهشگران متعددی گفته‌اند که وضعیت بین رشته‌ای رویکرد همبست آب-انرژی-غذا جدید نیست. دلیل اصلی ارجحیت چارچوب همبست این سه منبع بر چارچوب مدیریت یکپارچه منابع آب این است که چارچوب همبست، چند لایه است و هرکدام از بخش‌ها دارای اهمیت یکسانی هستند، اما در چارچوب مدیریت یکپارچه منابع آب عنصر آب اهمیت اصلی را دارد (Owen et al., 2018). Cai et al. (2018) بر این باورند که همبست آب-انرژی-غذا را بهره‌وران، به ویژه در بخش کشاورزی و انرژی، بیشتر قبول دارند.

ارتباط بین همبست آب-انرژی-غذا و مدیریت جامع و پایدار منابع آب

مدیریت پایدار منابع آب می‌تواند موجب حفاظت زیست‌بوم، نگهداشت گوناگونی زیستی و سلامت آن بشود. این عامل‌های برای در دسترس بودن درازمدت خدمات‌های زیست‌بوم لازم است و برای فعالیت‌های کشاورزی، تولید انرژی و سلامتی کلی محیط زیست حیاتی می‌باشند (Biggs et al., 2015). بنابراین برای تمرکز بر مدیریت پایدار منابع آب در ایران، نخستین گام لازم، برنامه آب-انرژی-غذا می‌باشد. این برنامه اساس استواری برای نگرش جامع می‌باشد که در آن همبستگی و هم‌افزایی بین سیستم‌های آب، انرژی و غذا در نظر گرفته شده و موجب نتایج پایدار و تاب‌آور می‌شود. از آنجایی که آب از نخستین منابع برای تولید آسان انرژی و غذا می‌باشد، مدیریت پایدار منابع آب برای رسیدن به پایداری درازمدت و تاب‌آوری در سیستم آب-انرژی-غذا، بسیار اساسی است. ایران با چالش‌های بزرگی در مدیریت منابع آب از جمله کمبود آب و استفاده بیش از حد از منابع آب شیرین روبه‌رو می‌باشد. با تمرکز بر مدیریت پایدار منابع آب، ایران می‌تواند با این چالش‌ها رویارویی کرده و پایه‌های محکمی برای مدیریت جامع و پایدار در سیستم آب-انرژی-غذا بنا نهد.

جامع‌نگری و بهینه‌سازی همبست آب-انرژی-غذا

برخی از منتقدان بر این باورند که واکاوی یک بخش از منابع به اندازه کافی پیچیده می‌باشد. بنابراین، واکاوی هر ۳ منبع کار را دشوارتر می‌سازد (Simpson & Jewitt, 2019). برای نمونه، واکاوی مدیریت منابع طبیعی و مدیریت منابع آب خیلی موفق نبود، زیرا اهمیت بخش اجرایی را دستکم گرفته و همچنین بیشتر واکاوی‌های هیدرولوژیک در حوضه آبریز انجام شده است. در حالی که، (Abdullaev & Rakhmatullaev, 2016) بر این باورند که نگرش همبست آب-انرژی-غذا این چالش مدیریت یکپارچه منابع آب را بر طرف می‌کند، چون زیادی قوانین حقوقی و دیوان سالاری موجود در چرخه حکمرانی و سیاستگذاری را کنار می‌زند (Belinskii, 2015). باید در نظر داشت که روش همبست آب-انرژی-غذا در اجرا پیچیدگی‌هایی دارد، اما در برخی از کشورها بر پایه مدل‌های رایانه‌ای به کار برده شده است. به هر حال، در همه‌جا از ۱ مدل یکسان نمی‌توان استفاده کرد و باید این مدل‌ها را بومی‌سازی و زمینه‌سازی کرد. نمونه‌ای از این بومی‌سازی و زمینه‌سازی مدل برای همبست آب-انرژی-غذا در سطح پایین‌تر از سطح ملی در بخش بعدی ارائه شده است.

چالش دیگر همبست آب-انرژی-غذا در فرایندهای جهانی‌سازی ایجاد می‌شود. جریان آزادسازی تجارت جهانی به معنای این است که بر همکنش آب-انرژی-غذا پیچیده می‌باشد، زیرا با تبادل تولیدهای کشاورزی از مرزهای بین‌المللی، آب به صورت مجازی از مرزها عبور می‌نماید (Bogardi et al., 2012). افزون بر این، کشورهای توسعه‌یافته مانند انگلستان و ایتالیا برای حفظ منابع اساسی خود برنامه استفاده از منابع کشورهای در حال توسعه مانند گینه، سیرالئون و موزامبیک را در پیش گرفتند و از منابع آب، انرژی تولید می‌کنند و از زمین‌های این کشورها برای تولید سوخت زیستی و غذا بهره‌گیری می‌کنند. در این برنامه، نکته قابل توجه این است که برای این کشورهای در حال توسعه، بیماری‌های تغذیه‌ای

و کمبود منابع آب مشکل اقتصادی به بار آورده است. شوربختانه، کشورهای غنی برای حفظ منابع خود در مقیاس جهانی حفاظت از منابع طبیعی کشورهای فقیر را در نظر نگرفته‌اند و تنها به فکر حفاظت از منابع طبیعی خود هستند. کمی کردن انتقال آب مجازی بین ملت‌ها و منطقه‌های تنها چالش علمی موجود نیست، اما همبست آب-انرژی-غذا به هزاران داده مرتبط می‌شود که برای واکاوی برهمکنش آن‌ها لازم است با روش‌های مختلف اندازه‌گیری شوند که هر کدام واحدهای اندازه‌گیری مربوط به خود را دارند. افزون بر نیازهای داده‌ای، واکاوی‌ها در مقیاس‌های مکانی (واکاوی در سطح ۱ شهر، حوضه آبریز، ملی، منطقه و یا جهانی) و زمانی متفاوت خواهد بود. از نظر زمانی بررسی‌ها در مقیاس آبی یا دوره زمانی ۱ ماه یا ۱ سال انجام می‌شود. چالش دیگر جستجو برای حالت بهینه همبست آب-انرژی-غذا است که در آن پژوهشگران به دنبال رسیدن به حالت تعادل هستند؛ در حالی که موردهای محیط زیستی، نوسان‌های اقلیمی و کاهش فقر را در نظر نمی‌گیرند.

برنامه همبست آب-انرژی-غذا و امنیت منابع و اهداف توسعه پایدار

برای این که امنیت منابع برای همه به طور پایدار حاصل شود، سلامت خدمت‌های زیست‌بوم و منابع پایه آن باید حفظ شود، درحالی که دسترسی به منابع گسترش می‌یابد. برای این منظور، هدف‌های توسعه پایدار به طور مستقیم یا غیرمستقیم به غذا ارتباط پیدا می‌کنند. گروهی از پژوهشگران (Rockstrom & Sukholev, 2016) این نظر را مطرح کرده‌اند که هدف‌های رفع فقر و گرسنگی نیاز به برابری انسان‌ها، اشتغال کافی و کاهش نابرابری دارد. همچنین، دیگر پژوهشگران بر این باورند که در واکاوی همبست آب-انرژی-غذا، امرار معاش و حفظ محیط زیست باید همزمان در نظر گرفته شود. دیگران بر این باورند که هرچند همبست آب-انرژی-غذا سودمندی‌های کلیدی دارد، اما محیط زیست را به‌عنوان زیرساختی جایگزین‌ناپذیر در نظر نمی‌گیرد. چالش اصلی این است که باید سیاست‌هایی اتخاذ شود تا پایداری منابع آب، انرژی و غذا را نگه دارد و همزمان، دسترسی همه جامعه را به آن‌ها فراهم سازد و این امر نیاز به اولویت دادن به حفاظت از محیط زیست است.

حکمرانی در ارتباط با همبست آب-انرژی-غذا

نبود تمرکز حکمرانی، عنصر مهم در بحث‌های همبست آب-انرژی-غذا می‌باشد. همبست آب-انرژی-غذا شامل محدوده وسیعی از سیستم‌های خصوصی و عمومی است که عرضه و تقاضای آن‌ها را مدیریت می‌کند. ایجاد دسترسی به منابع آب بهتر، امکانات بهداشتی و تامین الکتریسیته از نظر بسیاری از شهروندان به‌عنوان سنجش حکمرانی خوب است و در هدف‌های توسعه هزاره سوم و هدف‌های توسعه پایدار نیز منعکس شده است. حکمرانی مؤثر برای همبست آب-انرژی-غذا هنگامی رخ می‌دهد که یکپارچه‌سازی بخش‌های مختلف منابع به‌طور مؤثر دنبال شود، به‌گونه‌ای که هم‌افزایی بین موجودیت آب، تولید انرژی و غذا افزایش یابد، درحالی که باید سر به سر شدن اقتصادی مدیریت و رویارویی احتمالی رفع شود. نمونه‌ای از مدیریت سر به سر شدن همبست آب-انرژی-غذا و رفع رویارویی احتمالی بین المللی در بررسی موردی زیر تشریح شده است. گرچه نگرش همبست آب-انرژی-غذا از سال ۲۰۱۱ سرعت بیشتری گرفته است، اما به‌طور گسترده در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و سیاستگذاری به‌کار گرفته نمی‌شود.

پژوهشگران گزارش می‌کنند که فلسفه همبست آب-انرژی-غذا به تدریج جزء مهمی از برنامه توسعه کشورها شده و سبب هم‌افزایی بین مرزهای منطقه‌ای می‌شود، اگرچه در برخی از کشورها هنوز رویکرد همبست آب-انرژی-غذا در سطح

ملی عملی نشده است. پیش از درگیر شدن با فعالیت‌های بین‌المللی، لازم است هر کشوری، حکمرانی سازمانی برنامه همبست آب-انرژی-غذای خود را توسعه دهد.

از نظر حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا برای گستردگی مکانی، برخی از پژوهشگران به سرعت گسترش شهرها در جهان اشاره کرده و پیشنهاد می‌کنند که همبست آب-انرژی-غذا می‌تواند در شهرها به کار گرفته شود. آن‌ها همچنین بیان می‌کنند که نگرش همبست آب-انرژی-غذای شهرنشینی بخشی از حرکت به سمت مدیریت یکپارچه می‌باشد و «شهر هوشمند» اصلی‌ترین بخش پویای آن می‌باشد.

مورد دیگری که به حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا وابسته است، هدررفت منابع است. برخی از پژوهشگران بیان می‌کنند که ممکن است با رویکرد همبست آب-انرژی-غذا بتوان منابع آب، انرژی و غذای بیشتری را به طور پایدار تأمین و مصرف کرد. همچنین، آن‌ها پذیرفته‌اند که با کاهش تقاضا می‌توان این سه منبع کلیدی را مدیریت کرد (FAO, 2012a).

گفتگوی بهره‌وران (مشارکت مردمی)

زمینه‌های عملی واکاوی همبست آب-انرژی-غذا یعنی «مستندها»، «توسعه روایت‌ها» و «گزینه‌های پاسخگویی» می‌تواند از راه گفتگوهای بهره‌وران انجام شود. گفتگوهای بهره‌وران در بهترین شرایط می‌تواند به ایجاد هدف‌های روشن برسد و به استفاده‌های آن‌ها از منابع طبیعی کمک کند که موجب کم کردن تفاوت‌ها می‌شود. این گفتگوها به افزایش آگاهی از طبیعت به هم پیوسته منابع جهانی کمک نموده و زمینه مشترکی را بین آن‌ها ایجاد می‌نماید. همچنین، برای به دست آوردن اطلاعات مربوطه در سطح‌های پایین، دخالت بهره‌وران لازم است. سرانجام، گفتگوی بهره‌وران به ایجاد احساس تملک میان آن‌ها و فرآیندهای تصمیم‌گیری در قانون‌گذاری کمک می‌نماید.

گفتگوی بهره‌وران فرایندی مستمر است که در سطح‌های منطقه‌ای، ملی، محلی یا گروهی انجام می‌شود و همچنین به مسئله‌هایی مانند ارزیابی سیاست‌های ملی همبست آب-انرژی-غذا و یا به چگونگی تصمیم‌گیری در مورد دخالت در مسئله‌ای مرتبط می‌شود. حدی که بهره‌وران در این گفتگو شرکت می‌کنند و یا در این فرایند درگیر می‌شوند، به مقدار زیادی از کمینه تبادل اطلاعات تا تصمیم‌گیری و عمل کردن تغییر می‌نماید (FAO, 2012a).

نمونه‌هایی از رویکرد همبست آب-انرژی-غذا در دنیا

نمونه‌های بررسی موردی ارزیابی منطقه‌ای همبست آب-انرژی-غذا در کشورهای مختلف در زیر آورده شده‌اند:

بررسی موردی ۱ (Simpson & Jewitt, 2019) - استان مامالانگا^۱ در آفریقای جنوبی قطب انرژی این کشور می‌باشد. این استان منبع مهم ذغال سنگ می‌باشد و بیشترین نیروگاه‌های سوخت فسیلی در آن‌جا قرار دارند. از سوی دیگر، آفریقای جنوبی تنها ۱/۵٪ از زمین‌های قابل کشت درجه یک جهان را برای تولید محصول‌های پردرآمد دارد که ۴/۴٪ آن در استان مامالانگا قرار دارد. توسعه معادن ذغال سنگ به‌ویژه معادن روسطحی به تدریج از زمین‌های درجه یک برای کشت و کار می‌کاهد. بنابراین، توسعه این نیروگاه‌ها، امنیت غذایی آفریقای جنوبی را به خطر انداخته است. در آفریقای جنوبی نشان داده شده است که اگر قرار باشد کشور به سمت آینده‌ای با تولید گازهای گلخانه‌ای کمتر و پایداری محیط زیست حرکت کند، باید سیاست‌گذاری‌های مربوط به سرعت بخشیدن تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را دنبال کند.

بررسی موردی ۲ (Rasul, 2016; Ringler et al., 2013) - کشورهای جنوب آسیا با کمتر از ۵٪ زمین‌های جهان، باید غذای یک‌چهارم جمعیت دنیا را تأمین کنند. برای اطمینان از خوداتکایی غذایی و افزایش مواد غذایی، بسیاری از این

کشورها سیاست‌هایی مانند یارانه تامین انرژی آبیاری و کود شیمیایی و تضمین کمینه قیمت برای خرید گندم و برنج را برگزیده‌اند. اعمال این سیاست‌ها موجب شده تا صدای هشدارهای افت زیاد سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی بلند شود، زیرا این یارانه‌ها موجب افزایش مصرف آب و انرژی شده است. بنابراین، برنامه بیان‌شده برای همبست آب-انرژی-غذا مورد بازنگری قرار گرفت و در آن پیشنهادهایی برای کاهش و حذف یارانه آب، انرژی، زمین و غذا داده شد. نکته مهم این است که با تأمین آب و انرژی برای کشاورزی با قیمت‌های اندک، در پایان تأمین غذا به خطر می‌افتد. برخی از پژوهشگران، جدید و کامل بودن برنامه همبست آب-انرژی-غذا را زیر سؤال برده‌اند و بر این باورند که آنچه که این برنامه انجام می‌دهد، انتقال مدیریت منابع، از حوضه آبریز به مدیریت رفع مشکل، از راه دخالت دادن بهره‌وران در مدیریت آب-انرژی-غذا می‌باشد، یا به جای این که بپرسیم جامعه برای آب چه کاری باید انجام دهد، پرسش این می‌شود که آب برای جامعه چه کار می‌تواند انجام دهد.

بررسی موردی ۳ (Simpson & Jewitt, 2019)- در ارزیابی همبست آب-انرژی-غذا در حوضه آبریز مکونگ (ویتنام) مشخص شد که رشد چشمگیری در ظرفیت و تأمین نیروی برق از راه توسعه نیروگاه‌های برق-آبی، در میان تأثیرهای متفاوت، موجب کاهش گوناگونی جمعیت ماهیان و کاهش آب قابل استفاده برای آب‌بران پایین‌دست شد (Smaigl et al., 2016). این در حالی است که به جای تأکید بر تأمین انرژی و ظرفیت آن، سیاست مدیریت تقاضای انرژی می‌تواند تأثیرهای منفی نیروگاه‌های برق-آبی را بر امنیت غذا و آب در این حوضه رودخانه کاهش دهد. بنابراین، مشخص شد که اگر به جای ارزیابی همبست آب-انرژی-غذا، تنها بخش انرژی ارزیابی می‌شد، پیشنهاد این سیاست جدید به احتمال عملی نمی‌شد.

بررسی موردی ۴ (Simpson & Jewitt, 2019)- پیشنهاد شده است که «اتلاف» جزء جدایی‌ناپذیر است که اغلب در همبست آب-انرژی-غذا نادیده گرفته می‌شود (Machell et al., 2015) و باید اتلاف را به عنوان جزء چهارم در چارچوب واکاوی همبست آب-انرژی-غذا در نظر گرفت. نمونه‌ای از اصلاح هدررفت منابع توسط Walker et al. (2014) ارائه شده است. این پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که جداسازی اوره از فاضلاب لندن می‌تواند ۴۷٪ نیتروژن مواد غذایی مصرف‌شده در آن‌جا را بازیابی کند. این روش، توانایی درآمدزایی سالیانه ۳۳ میلیون دلار از تولید کود شیمیایی را دارد. این عملیات، هدررفت را کاهش و درآمدی تولید می‌کند که می‌تواند به هزینه‌های تصفیه آب کمک کند و منبع کلیدی جدیدی را برای استفاده در بخش کشاورزی تامین کند.

بررسی موردی ۵، دورنمای بین بخشی از نظر پمپاژ آب زیرزمینی (Swain & Charnoz, 2012)- پیدایش پمپ ارزان برای کشیدن آب از چاه، تولیدهای کشاورزی را بهبود بخشیده و اکنون امنیت غذایی کشورهایی مانند ایران، چین، هند و پاکستان به آن وابسته شده است. البته، پمپاژ آب زیرزمینی موجب سرعت بخشیدن به افت سطح ایستابی و کاهش منابع آب زیرزمینی شده است. همچنین، تولید غذا به شدت به قیمت انرژی وابسته شده است و سبب شده تا کشاورزان به یارانه هزینه‌های انرژی نیاز داشته باشند. همزمان، کشاورزان چاره‌ای جز وابستگی به پمپ آب ندارند و از سوی دیگر خدمات‌های کارگزاران عمومی آبیاری اغلب ضعیف و نامطمئن می‌باشد. راه حل رفع این دشواری‌ها این است که سیستم‌های تعرفه و اندازه‌گیری حجم آب و همچنین راندمان فنی پمپ‌ها بیشتر شود. نگاه به این مشکل‌ها از نقطه نظر همبست آب-انرژی-غذا به ما کمک می‌کند تا کاربرد گسترده رابطه بین آب، انرژی و غذا را بهتر درک کنیم و برنامه‌های آینده را برای مدیریت تقاضای آب و چارچوب سرمایه‌گذاری عمومی را برای بهبود آبیاری سطحی، مدیریت آب زیرزمینی، فناوری آبیاری، عملیات کشاورزی و همچنین فراهم آوردن غذا و سیاست‌های تجاری آن گسترش دهیم

(Swain & Charnoz 2012). این‌گونه مداخله‌ها و برنامه‌ها به احتمال در درجه اول روی مقدار استفاده از منابع آب و انرژی و فشارهایی که موجب برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی شده، مؤثر می‌باشند.

بررسی موردی ۶ (FAO, 2012b) - مدیریت منابع آب در حوضه دریای آرال بسیار پیچیده است و این پیچیدگی با افزایش تقاضا برای انرژی و غذا، تخریب محیط زیست و افزایش فشار بر منابع آب محدود منطقه در اثر توسعه اقتصادی، روند افزایش جمعیت و نوسان‌های اقلیمی بیشتر نیز می‌شود. با توجه به اهمیت منابع آب برای اقتصادهای ملی، سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد با همکاری صندوق بین‌المللی سرمایه‌گذاری برای نجات دریای آرال (EC- IFAS) و با همکاری مرکز منطقه‌ای سازمان ملل برای دیپلماسی بازدارندگی در آسیای میانه (UNRCCA)، روش «تفکر گزینه‌ای» را انتخاب کرد تا این‌که ایده‌هایی را برای توسعه اقتصادی-اجتماعی حوضه دریای آرال برای مدیریت پایدار و استفاده از منابع آب در نظر بگیرد. «تفکر گزینه‌ای» موجب شده تا «تعریف محدود مسئله» به «مشارکت جمعی» درباره ساختار پیچیده آب-انرژی-کشاورزی (همبست آب-انرژی-غذا) در آسیای میانه تبدیل شود (FAO, 2012b).

نمونه‌هایی از رویکرد همبست آب-انرژی-غذا در ایران

الف - در پژوهش لونی و شریف‌زاده (۱۴۰۱) مروری بر پژوهش‌های همبست آب، انرژی و غذا در ایران ارائه شده و به ضرورت بررسی این همبست پرداخته شده است. از جمله نتایج این پژوهش می‌توان به چالش‌های اصلی در زمینه اجرایی شدن همبست آب-انرژی-غذا در ایران اشاره نمود که شامل موردهای زیر می‌باشند:

- ❖ سیاست‌های بخشی و نبود مدیریت یکپارچه.
- ❖ نبود منبع مالی انجام پروژه‌های همبست آب-انرژی-غذا.
- ❖ نبود منابع اطلاعاتی مرتبط.
- ❖ تدوین نشدن قوانین بالادستی در زمینه‌های توسعه همبست آب-انرژی-غذا.

در پایان، نویسندگان پیشنهادهایی به شرح زیر برای توسعه همبست آب، انرژی و غذا ارائه نمودند.

- ❖ توسعه همکاری و هماهنگی همه سازمان‌های مرتبط از جمله وزارتخانه‌ها، مجلس شورای اسلامی، دانشگاه‌ها، انجمن‌ها و شرکت‌ها.
- ❖ تعیین نهادی برای سیاستگذاری و دستیابی به هم‌رایی.
- ❖ ایجاد و توسعه زیرساخت‌های بازار پایاپای همبست آب-انرژی-غذا.
- ❖ توسعه اقتصاد دیجیتال جهت توسعه فناوری‌های نوین مرتبط با اجرایی شدن طرح‌های همبست آب-انرژی-غذا
- ❖ آمایش سرزمین و ارزیابی نظام‌مند عامل‌های طبیعی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی.

ب - میرزایی و همکاران (۱۳۹۶) بیان می‌کنند که با افزایش تقاضا برای آب شیرین، انرژی و غذا در دهه‌های آینده فشار بر ۳ بخش افزایش یافته و اهمیت همبست آب-انرژی-غذا بیش از پیش نمایان خواهد شد. همچنین، ضرورت توجه به هدف‌های بهره‌وران در این ۳ بخش کلیدی و هدف‌های توسعه پایدار باید در تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌ها در بخش‌های آب، انرژی و غذا مورد توجه مسئولان قرار گیرد. بهینه‌سازی تخصیص آب، انرژی و زمین برای تولید محصول‌های غذایی با توجه به رویکرد همبست آب-انرژی-غذا-محیط زیست-اقلیم می‌تواند به عنوان یکی از راه‌حل‌های

تأمین هدف‌های بهره‌وران چندگانه در این باره توجه شود. میرزایی و همکاران (۱۳۹۶)، چهار راه حل سیاسی با توجه به رویکرد همبست آب-انرژی-غذا پیشنهاد کردند: ۱- سیاست‌گذاران باید گزینه‌های مختلف برای استفاده از بازار آب و قیمت‌گذاری آب و انرژی در نظر گرفته و تاثیر آن را بر عرضه و تقاضای آب، انرژی و غذا مشخص کنند. ۲- افزایش سهم انرژی بادی و خورشیدی در تولید انرژی، مقدار رد پای آب را به طور مؤثر کاهش خواهد داد. بنابراین، تدوین سیاست‌هایی در وزارت نیرو برای استفاده از منابع انرژی طبیعی می‌تواند سودمند باشد. ۳- سیاست تجارت آب مجازی با افزایش واردات محصول‌های کشاورزی و صنعتی آب‌بر و کاهش صادرات آن‌ها می‌تواند توسط نهادهای متولی بررسی شود. ۴- وزارت نیرو می‌تواند با ایجاد زیرساخت‌های لازم برای تأمین انرژی در ساخت گلخانه‌های مکانیزه و به روز، سیاست‌هایی را در جهت کاهش مصرف آب تدوین کند.

پ- عقلی و همکاران (۱۳۹۹) بیان می‌کنند که مدیریت منابع آب نیازمند درک درستی از مدیریت همزمان تولید غذا و مدیریت منابع انرژی به ویژه در بخش کشاورزی است. در این پژوهش، چارچوب همبست آب-غذا-انرژی با رویکرد پایداری منابع و مصارف، به کمک سناریونگاری به واکاوی مدیریت بهره‌برداری ترکیبی از منابع آب، غذا و انرژی می‌پردازد. همچنین، افزون بر مفاهیم پایداری، هزینه‌های محیط‌زیستی همچون انتشار کربن دی‌اکسید کربن از سوخت فسیلی و تاثیر آن بر محیط زیست نیز مطرح می‌شود. در این پژوهش، با توجه به شش شاخص تعریف‌شده بر مبنای قابلیت بهره‌گیری از انرژی خورشیدی و امکان بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیری همچون انرژی خورشیدی، سناریوهای مدیریتی مختلفی توسعه داده شده است. پس از بررسی مدل مدیریتی WEAP توسعه یافته در حوضه لنجانان به‌عنوان بررسی موردی توسعه مدل بارش-رواناب و واسنجی آن، هشت سناریوی مختلف دربرگیرنده ۱- سناریوی پایه (ادامه روند موجود)؛ ۲- سناریوی اول (تغییر سطح زیر کشت)؛ ۳- سناریوی دوم (افزایش راندمان آبیاری) و ۴- سناریوی سوم (استفاده از صفحه خورشیدی) و سه سناریوی ترکیبی از این سناریوها و نیز سناریوی افزایش راندمان پمپ‌ها به همراه سناریوی سوم در این مدل پیشنهاد و براساس معیارهای پایداری، بررسی و ارزیابی شدند. بر اساس نتایج پژوهش به‌دلیل استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی، ترکیب سناریوهای دوم و سوم به‌عنوان سناریوی برتر انتخاب و پیشنهاد شده است. همچنین، سناریوی ادامه روند موجود به‌عنوان آخرین سناریوها رتبه‌بندی شده است که نشانگر بدتر شدن شرایط موجود در صورت ادامه روند فعلی است. با توجه به نتیجه رتبه‌بندی سناریوها، استفاده از ترکیب سناریوهای سوم و چهارم از دیگر سناریوهای برتر انتخاب شده است.

ت- منعم و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با استفاده از روش پیشنهادی، اثر بخشی دیدگاه همبست آب-انرژی-غذا بر بهبود بهره‌وری و اولویت‌بندی سیاست‌های مدیریتی در سطح شبکه‌های آبیاری را به صورت کمی ارزیابی کردند. در این پژوهش شاخص ترکیبی آبیاری به‌صورت کمی ارزیابی شد و شاخص ترکیبی همبست آب-غذا-انرژی (WFE) استفاده شد. نتایج نشان داد که با استفاده از شاخص بهره‌وری نسبی آب در شبکه نکوآباد اصفهان، گزینه کاهش ۲۰٪ جریان آب تحویلی کانال‌ها و انسداد چاه‌ها، به عنوان گزینه‌های برتر مدیریتی معرفی شد. به هر حال، از دید شاخص بهره‌وری انرژی، اولویت سناریوها متمرکز بر بستن چاه‌ها و مدیریت تقاضا بود. از دید شاخص ترکیبی و با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف مصرف آب، انرژی و بهره‌وری تولید، اولویت‌ها به کاهش ۲۰ و ۴۰ درصدی جریان تحویلی تغییر خواهد کرد. افزون بر آن، رتبه‌بندی شبکه‌ها با در نظر گرفتن شاخص ترکیبی پیوند آب، غذا و انرژی نیز در هر سناریو تغییر کرده است. در مجموع، مشخص شد که اگرچه یکی از شاخص‌های بهره‌وری به تنهایی بیانگر تأثیرهای منفرد یکی از سناریوها

در شبکه‌های مختلف می‌باشد، ولی با استناد به تنها یک شاخص نمی‌توان در مورد اثربخشی واقع‌بینانه جنبه‌های مختلف مصرف آب، انرژی و تولید غذا تصمیم‌گیری قطعی نمود. این به آن معنی است که در نظر گرفتن مجموعه شاخص‌ها در انتخاب سناریوهای مناسب تاثیر تعیین‌کننده‌ای دارد و برای جامع‌نگری لازم است که از شاخص ترکیبی همبست آب-انرژی-غذا استفاده شود. این مهم نشانگر نقش مؤثر شاخص‌های تصمیم‌گیری در توسعه سیاست‌های مدیریتی می‌باشد. در اصل، نگاه تک بعدی در حل مسئله‌های منابع آبی به نوعی تضاد با عنوان «تضاد بخشی» می‌انجامد. تضاد بخشی مبین نگاه جزئی در حل مسئله‌ها می‌باشد و جامع‌نگری به عنوان یک اصل کلی در مدیریت منابع آب، نادیده گرفته می‌شود. برای نمونه، تمرکز صرف به کاهش مصارف آبی بدون در نظر گرفتن جنبه‌های تولید غذا و مصرف انرژی هرچند می‌تواند نتایج مفیدی در بخش‌هایی از یک سیستم به هم پیوسته داشته باشد، اما نباید پیامدهای چنین رویکردی را بر بخش‌های تولید و مصرف نهاده‌ها از نظر دور نگه داشت.

ث- هدف اصلی پژوهش قربانی و همکاران (۱۳۹۹) توسعه دیدگاه همبست آب-انرژی-غذا در شبکه‌های آبیاری از دیدگاه تولید محصول و شاخص‌های تحویل آب (کفایت و پایداری) با استفاده از رویکرد پویای سیستم‌ها بود. نتایج نشان داد که با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها می‌توان سازوکارهای مؤثر در همبست آب-انرژی-غذا را از دیدگاه تولید محصول و مناسب بودن آب در سطح شبکه‌های آبیاری شناسایی و آن‌ها را ارزیابی کرد. با بهره‌گیری از این رویکرد، اثر هر یک از سیاست‌ها به صورت ترکیبی در هر ۳ بخش آب، غذا و انرژی نه تنها در کوتاه مدت، بلکه با در نظر گرفتن اثر سازوکارهای محدودکننده و تعادلی در بلندمدت قابل بررسی و واکاوی است. بدین ترتیب، می‌توان متناسب با تأثیرهای همه‌جانبه و بلندمدت نسبت به سیاست‌ها، تصمیم‌های مناسب‌تری را گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که تأثیر کاهش منابع آب سطحی بر تولید محصول و مناسب بودن آب به مراتب بیشتر از اثر سیاست افزایش مصرف انرژی و سطح زیر کشت است. دلیل این موضوع افزون بر اهمیت آب سطحی به عنوان مهمترین نهاده تولید، محدودیت قابلیت افزایش مصرف انرژی و برداشت آب زیرزمینی و توسعه سطح کشت است. با توجه به محدودیت منابع آب و تاثیر چشمگیر آن بر تولید محصول و مطلوبیت، پیشنهاد شده است که در رویکرد همبست آب-انرژی-غذا، سناریوهای مرتبط با مدیریت آب از اولویت بالاتری برخوردار باشند.

ج- بررسی موردی در حوضه آبریز کرخه (ایران) توسط Enayati et al. (2021) ارائه شده است. از نظر همبست آب-انرژی-غذا زیرساخت‌های آبی (تاسیسات) پایدار ممکن است به تصمیم‌گیری‌های چند بعدی ارتباط پیدا کند که به خاطر وابسته بودن به عامل‌های داخلی و یا خارجی مانند نوسان‌های اقلیمی، دارای درجه‌هایی از نبود اطمینان است. مهم است توجه شود که تأثیرهای این پدیده‌ها نه تنها به تغییر الگوی اقلیمی محدود می‌شود، بلکه می‌تواند بر دیگر اجزای همبست آب-انرژی-غذا چه به طور مستقیم و چه غیر مستقیم تأثیرگذار باشد. توجه نکردن به این موارد به ویژه در پروژه‌هایی با طول عمر اقتصادی درازمدت مانند سیستم‌های برق-آبی، زیان‌آور خواهد بود. با برنامه‌ریزی دقیق می‌توان تغییرهای پیش‌بینی‌شده در اقلیم و اثرهای مربوط به آن‌ها را روی سایر بخش‌ها کاهش داده تا کارکرد قابل قبول محیط زیستی، اقتصادی-اجتماعی و فنی داشته باشد. به همین دلیل در پژوهشی، چارچوبی برای تصمیم‌گیری دقیق چند هدفه طراحی شد تا به بتواند به هدف پیش‌گفته برسد.

برای این‌که توانایی کاربرد این چارچوب جدید نشان داده شود، حوضه آبریز رودخانه کرخه در ایران برای بررسی موردی انتخاب شد، زیرا این حوضه نقش بحرانی در تأمین امنیت آب-انرژی-غذا در منطقه دارد. همچنین، یک سری از

گزینه‌های مختلف نوسان‌های اقلیمی در چارچوب تصمیم‌گیری‌های پیشنهادی وارد شدند. بر پایه این پژوهش، بخش‌های انرژی، غذا و محیط زیست در فرایند تصمیم‌گیری با واقعیت بیشتری دخالت داده شده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که نقش جنبه‌های اجتماعی به ویژه عدالت اجتماعی در عمل نادیده گرفته شده است. همچنین، نتایج نشان داد که اگر ظرفیت برق-آبی افزایش یابد یا این که به عامل تولید برق به نفع تولید انرژی بیشتر توجه شود، اگر همه عامل‌های مؤثر در سیستم در نظر گرفته شود، عملکرد سیستم ممکن است که کمتر از بهینه باشد و امنیت جنبه‌های دیگر همبست آب-انرژی-غذا به خطر بیفتد.

نتیجه‌گیری

همبست آب-انرژی-غذا در چرخه سیاستگذاری و توسعه از سال ۲۰۱۱ به‌طور گسترده شناخته شده است. این چارچوب توانایی فراوانی در همبست آب-انرژی-غذا دارد. البته، این واکاوی اگر قرار باشد به‌طور گسترده به کار برده شود با چالش‌هایی روبه‌رو می‌شود. از نظر کاستی‌های ممکن برای این روش که در مقاله‌های منتشرشده به آن‌ها اشاره شده این است که موضوع امرار معاش، حفظ محیط زیست و عدالت اجتماعی اغلب در ارزیابی‌ها در نظر گرفته نمی‌شوند. تا به امروز، بررسی‌های همبست آب-انرژی-غذا به فراوانی روی امنیت منابع در سطح جهانی بزرگ‌مقیاس متمرکز شده است. البته، هنگامی که اصول همبست آب-انرژی-غذا مطرح شد، هدف اصلی این نبوده است. برای این که این چارچوب واکاوی جذابیت به دست آورد، به ویژه از نظر «هدف‌های توسعه پایدار» باید آن را برای رسیدن به امنیت منابع کافی برای همه مردم به کار برد. این روش باید به طور همزمان حفظ محیط زیست و عدالت اجتماعی را به عنوان پایه اصلی همبست آب-انرژی-غذا به رسمیت شناخته و حفاظت کند.

هنگامی که ارتباط‌های داخلی، سر به سر شدن اقتصادی و مقدار استفاده از آب و انرژی در ارزیابی ترکیب شده است رهیافتی چند کانونی به پیچیدگی‌های آن اضافه شده است. این که رهیافت همبست آب-انرژی-غذا نمی‌تواند یک مدل همه‌کار باشد، بدین معنی است که آن را باید برای ارزیابی‌های مختلف (برای نمونه شهرها، کشورها و منطقه‌های مختلف) مقیاس‌بندی نموده و یا تغییر داد. همین مطلب توسط برخی از پژوهشگران، نقطه ضعف آن تلقی می‌شود، در صورتی که اگر از نظر علمی همبست آب-انرژی-غذا در مورد هوای سالم و یا محیط زیست بهتر اجرا شود، می‌تواند به سودمندی کل جامعه بیانجامد و اگر اصلاح‌های اجتماعی نیز صورت گیرد می‌توان به عدالت اجتماعی نیز رسید. در دسترس بودن داده‌های کامل و مربوط همچنین چالشی برای اجرای عملی واکاوی همبست آب-انرژی-غذا می‌باشد. افزون بر آن، واکاوی همبست آب-انرژی-غذا یک چارچوب به نسبت جدید و در حال پیشرفت می‌باشد.

هرچند بنیان‌های همبست آب-انرژی-غذا کامل نو نمی‌باشند، اما این نو نبودن دلیلی برای مناسب نبودن آن نیست. به‌خاطر چند منظوره بودن رهیافت همبست آب-انرژی-غذا این روش بهتر از چارچوب‌های کنونی مانند مدیریت جامع منابع آب برای تشریح توسعه پیچیده و چالش‌های امنیتی می‌باشد که جامعه جهانی با آن‌ها روبه‌روست. بنابراین، انتخاب این روش در آینده باید بیشتر بررسی شود. چارچوب همبست آب-انرژی-غذا توسط بسیاری از پژوهشگران در مقاله‌های علمی و نیمه علمی (خاکستری) به عنوان نقطه امیدی برای ایجاد ساختار سیاستگذاری توسعه و حکمرانی در دنیایی که با نوسان‌های اقلیمی، رشد جمعیت و نابرابری برای دسترسی به منابع روبه‌روست، در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، ارتباط بین ارزیابی‌های همبست آب-انرژی-غذا با هدف‌های توسعه پایدار، اجتناب‌ناپذیر است.

منابع

- عقیلی، سید امیر حسین؛ گل محمدی، محمد حسین؛ نیکویی، علیرضا. (۱۳۹۹). ارزیابی شاخص های پایداری منابع در همبست آب-غذا-انرژی به کمک تدوین و تحلیل سناریوهای مدیریتی با توجه به مفهوم آب مجازی: مطالعه موردی- زیر حوضه لنجان. *تحقیقات منابع آب/ ایران*، ۱۶ (۴)، ۷۷-۹۷.
- قربانی، الهام؛ منعم، محمد جواد؛ واعظ-تهرانی، مهسا. (۱۳۹۹). توسعه مدل پیوند آب، انرژی و غذا در سطح شبکه های آبیاری بر اساس شاخص های کفایت و پایداری آب (مطالعه موردی شبکه آبیاری قزوین). *تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی*، ۸۰: ۲۱-۶۱.
- لونی، ریحانه؛ شریف زاده، مهدی. (۱۴۰۱). مروری بر مطالعات همبست آب، انرژی و غذا در ایران: ضرورت، چالش ها و راهکار های پیشنهادی. *پایداری، توسعه و محیط زیست*. دمره سوم، شماره ۳، صص: ۲۹-۴۹.
- محمد جواد، منعم؛ دلاور، مجید؛ حسینی، سید معین. (۱۳۹۹). کاربرد و ارزیابی پیوند آب، غذا و انرژی (همبست آب - انرژی- غذا) در مدیریت شبکه آبیاری: مطالعه موردی شبکه آبیاری زاینده رود. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۴ (۱): ۲۸۵-۲۷۵.
- میرزایی، شکيبا؛ قهرمان، بیژن؛ مساعدی، ابوالفضل؛ ضرغامی، مهدی. (۱۳۹۶). *راه حل های سیاستی در مواجهه با بحران آب با رویکرد پیوند آب-انرژی-غذا*. اولین اجلاس "هم اندیشی بامتخصصان علوم آب و محیط زیست". وزارت نیرو. ۱۰ اسفند ۱۳۹۶.
- Abdullaev, I. & Rakhmatullaev, S. (2016). Setting up the agenda for water reform in Central Asia: does the nexus approach help? *Environment and Earth Science*, 75:870.
- Belinskii, A., 2015. Water-energy-food nexus within the framework of international water law. *Water*, 7, 5396-5415.
- Benson, D., Gain, A.K. & Rouillard, J.J. (2015). Water governance in a comparative perspective: From IWRM to a Nexus approach. *Water Alternatives*, 8, 756-773.
- Biggs, E.M., Bruce, E., Boruff, B., Duncan, J.M.A., Horsley, J., Pauli, N., McNeill, M., Neef, A., van Ogtrop, F., Curnow, J., Haworth, B., Duce, S. & Imanari, Y. (2015). Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods. *Environmental Science & Policy*. 54, 389-397.
- Bogardi, J.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 Optimum Environmental Sustainability*, 4, 35-43.
- Cai, X., Wallington, K., Shafiee_Jood, M. & Marson, I. (2018). Understanding and managing the food-energy-water nexus-opportunities for water resources research. *Advances in Water Resources*, 111, 259-273.
- Enayati, M., Bozorg-Hdad, O., Fallah-Mehdipour, E., Zolghadr-Asli, B. & Chu, X.F. (2021). A robust multiple-objective decision-making paradigm based on the water-energy-food security nexus under changing climate uncertainties. *Scientific Report*, 11, 20927.
- FAO. (2012a). Energy-Smart Food at FAO: An Overview. Environment and Natural Resources Management Working Paper No. 53. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- FAO. (2012b). Mutually Acceptable Mechanism on Integrated Use of Water resources in Central Asia. Application of Scenario Approach. Ankara: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2014). The Water-Energy-Food Nexus: A new approach in support of food security and sustainable agriculture.
- IRENA. (2015). Renewable Energy in the Water, *Energy and Food Nexus*. IRENA.

- Karian, M. (2017). The water-energy-food nexus: Trade-offs, thresholds and transdisciplinary approaches to sustainable development. *Environmental Science and Policy*, 68, 97-106.
- Machell, J., Prior, K., Allan, R. & Anderson, J.M. (2015). The water energy food nexus- challenges and emerging solutions. *Environmental Science*, 1, 15-16.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behrens, W.W.III. (1972). The limits to growth. *South African Journal of Science*. 211, 1-205.
- Meadows, D.H., Randers, J. & Meadows, D. (2004). The limits to growth: The 30-year update. London: Earthscan.
- Mohtar, R.H. & Daher, B. (2012). Water, energy and food: the ultimate nexus, in Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering. 2nd Edn. eds D.R. Heldman and C.I. Moraru (Taylor & Francis). 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. *Apply Energy*, 210, 632-642.
- Rasul, G. (2016). Managing the food, water, and energy nexus for achieving the sustainable development goals in South Asia. *Environmental Development*, 18,14-25.
- 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, 617-624.
- Rockstrom, J. & Sukholev, P. (2016). How Food Connects All the SDGs. Stockholm Resilience Centre.
- Simpson, G.B. & Jewitt, G.P.W. (2019). The development of the water-energy-food nexus as a framework for achieving resource security: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 7:8, doi:10.3389/fenvs.2019.00008.
- Shannak, S., Mabrey, D. & Vittorio, M. (2018). Moving from theory to practice in the water-energy-food nexus: An evaluation of existing models and framework. *Water-Energy-Nexus*, 1(1), 17-27.
- Smajgl, A., Ward, J. & Pluschke, L. (2016). The water-food-energy nexus- realizing a new paradigm. *Journal of Hydrology*, 533,533-540.
- Swain, A. & Charnoz, O. (2012). In pursuit of Energy Efficiency in India's Agriculture: Fighting "Free Power" or Working with it? Document de Travail. Paris: Agence Francaise de Development.
- Walker, V.R., Beck, M.B., Hall, J.W., Dawson, R.J. & Heidrich, O. (2014). The energy-water-food nexus: Strategic analysis of technologies for transforming the urban metabolism. *Journal of Environmental Management*, 141, 104-115.
- Waghray, D. & Workman, J.G.J. (2011). Water security: the water-food-energy-climate nexus: the World Economic Forum water initiative. *Environmental Science, Economics, Political Science* DOI:10.5860/choice.49-1001 Corpus ID: 128220209.
- Wichelns, D. (2017). The water-energy-food nexus: Is the increasing attention warranted from either a research or policy perspective? *Environmental Science and Policy*, 69,113-123.
- WWF, & SABMiller. (2014). The Water-Food-Energy Nexus: Insights into Resilient Development. Available online at: http://asests.wwf.org.uk/downloads/sab03_01_sab_wwf_project_nexus_final.pdf.

The Framework of the Water-Energy-Food Nexus Approach for the Security of Natural Resources

Zand-Parsa, Sh.¹ and Sepaskhah, A.R.²

This article presents a study of the evolution of the water-energy-food (WEF) nexus since its rise to prominence in policy and development discourses in 2011. Drawing from an extensive review of published literature, the article presents various interpretations of the concept while also considering the novelty of the WEF nexus. Various criticisms levelled at the WEF nexus, such as the neglect of livelihoods and the environment in assessments, are noted, together with governance considerations associated with this framework. Finally, the potential of the WEF nexus to contribute to the achievement of the sustainable development goals is reviewed. In terms of possible weaknesses associated with the WEF nexus, a concern identified in the literature is that livelihoods, social justice and the environment are often omitted from these assessments. So far, WEF nexus studies have focused on global macro-scale resources security. This was not the intention when the concept was first promoted. For this framework to gain traction, particularly in light of the sustainable development goals, it must be utilized to achieve adequate resource security for all groups. It must simultaneously acknowledge and protect the environment as the irreplaceable foundation of the nexus. The challenge of integrating and optimizing the components of this multi-centric nexus is examined, with six international case studies and seven national case studies being presented and discussed.

Keywords: Governance, Resource security, Sustainable development goals, Water-energy-food nexus.

1. Corresponding author, Email: zandparsa@yahoo.com

2. Professor of Shiraz University (Invited member of I.R. Academy of Sciences) and Professor of Shiraz University (Fellow of I.R. Academy of Sciences), respectively.