2023, Vol.10, No.2, Pages 1 to 12
Journal of Water and Sustainable Development

سال دهم، شماره ۲، ۱۴۰۲، صفحات ۱ تا ۱۲
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied Article

نوع مقاله: پژوهش کاربردی

Analyzing the Water, Energy and Food Nexus Mechanisms in Small-Scale Farming Exploitation Units of Hamedan Province

M. Motaghed[1], H. Shabanali Fami[2*], A. Asadi[2], Kh. Kalantari[2]

1- Posdoctoral Researcher, Department of Agricultural Extension and Education, Tarbiat Modares University and Ph.D. Graduate, Department of Agricultural Development and Management, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. 2- Professor, Department of Agricultural Development and Management, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: hfami@ut.ac.ir)

Received: 31-01-2023 Revised: 19-04-2023
Accepted: 23-04-2023 Available Online: 21-09-2023

تحلیل سازوکارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس استان همدان

مهسا معتقد[1]، حسین شعبانعلی‌فمی[2*]، علی اسدی[2]، خلیل کلانتری[2]

۱- پژوهشگر پسادکتری گروه ترویج و آموزش‌کشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس، دکتری توسعه‌کشاورزی گروه مدیریت و توسعه‌کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران. ۲- استاد گروه مدیریت و توسعه‌کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: hfami@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۳ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰

Abstract

The occurrence of natural hazards is always associated with severe damage in the agricultural sector, especially in small-scale farming exploitation units. One of the approaches to deal with these damages is to use the approach of water-energy-food (WEF) nexus in the management decisions of these units. Therefore, the present research was carried out with the aim of analyzing the mechanisms of linking water, energy and food in small-scale farming exploitation units in Hamadan province. The statistical sample of the research was 300 active farmers in small-scale farming exploitation units (below 10 hectares) which were determined by the rule of Cochran formula and sampling was done by cluster method. The main research tool was a researcher-made questionnaire, the content validity of which was confirmed by a panel of agricultural experts and faculty members of the Department of Agricultural Development and Management at the University of Tehran. In addition, the reliability of research's tool was confirmed through internal consistency procedure calculating Cronbach's alpha and CR (Cumulative Reliability) coefficients (Both above 0.7). Data analysis was carried out using SPSSwin25 and SMART PLS 3 software. The results showed that the overall nexus of water-energy and food from the six dual mechanisms of WEF the Energy or Food has received a more significant effect. According to the findings of the research, in order to strengthen the nexus approach of these vital resources, measures such as providing and introducing coherent and multilateral investment packages; providing training to farmers regarding synergy and unbreakable link of three sources in farm management and paying attention to this approach at different levels of the management system, from policy making and planning are suggested for field-level farm management decisions..

Keywords: Climate Change, Mechanisms, Water-Energy-Food Nexus, Small-Scale Farming Exploitation Units, Hamedan Province.

چکیده

وقوع مخاطرات طبیعی همواره با آسیب‌های شدیدی در بخش کشاورزی به‌ویژه در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس همراه است. یکی از رویکردهای مقابله با این آسیب‌ها، بهره‌گیری از رویکرد همبست آب-انرژی-غذا در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی این واحدها است. از این‌رو تحقیق حاضر با هدف کلی تحلیل سازوکارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس استان همدان انجام شد. نمونه‌آماری پژوهش ۳۰۰ نفر از کشاورزان فعال در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس (زیر ۱۰ هکتار) بودند که با ضابطه فرمول کوکران تعیین و نمونه‌گیری به روش خوشه‌ای انجام شد. ابزار اصلی پژوهش پرسش‌نامه محقق‌ساخته‌ای بود که روایی محتوایی آن را جمعی از متخصصان کشاورزی و اعضای هیئت‌علمی گروه مدیریت و توسعه‌کشاورزی دانشگاه تهران تأیید نمودند. برای بررسی پایایی از شاخص انسجام درونی و محاسبه آن از طریق ضریب آلفای کرونباخ و محاسبه ضریب پایایی ترکیبی بعد از انجام پیش‌آزمون، استفاده و با توجه به اینکه میزان ضرایب آلفا و پایایی ترکیبی برای مقیاس‌های اصلی پرسش‌نامه بیشتر از ۰/۷ بود، پایایی ابزار تحقیق تأیید شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای $SPSSwin_{25}$ و SMART PLS_3 انجام شد. نتایج نشان داد که همبست کلی آب-انرژی و غذا از شش سازوکار دوگانه آب بر غذا؛ غذا بر آب؛ انرژی بر آب؛ آب بر انرژی؛ غذا بر انرژی؛ انرژی بر غذا به ترتیب تأثیر معنی‌دار پذیرفته است. با توجه به یافته‌های تحقیق پیشنهاد می‌شود در راستای تقویت رویکرد همبست WEF، اقداماتی نظیر تأمین و معرفی بسته‌های سرمایه‌گذاری منسجم و چندجانبه؛ ارائه آموزش به کشاورزان درخصوص هم‌افزایی و همبست ناگسستنی سه منبع در مدیریت مزرعه و توجه به این رویکرد در سطوح مختلف نظام مدیریتی از سیاستگذاری و برنامه‌ریزی گرفته تا تصمیم‌گیری‌های میدانی مدیریت مزرعه صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، سازوکارها، همبست آب-انرژی-غذا، واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس، استان همدان.

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir

How to cite this article: Motaghed, M., Shabanali Fami, H., Asadi, A., & Kalantari, Kh. (2023). Analyzing the Water, Energy and Food Nexus Mechanisms in Small-Scale Farming Exploitation Units of Hamedan Province. Journal of Water and Sustainable Development, 10(2): 1-12. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v10i2.2301-1211

مقدمه

سه بخش بسیار مهم و حیاتی در زندگی بشر و همهٔ موجودات زنده که در سالیان اخیر در اثر پدیده تغییراقلیم دچار تحولات، مسائل فراوان و پیچیده ای شده است، بخشهای غذا، انرژی و آب می باشند (Pereira Ribeiro و همکاران، ۲۰۲۱). برای مثال، تغییرات در میزان و مقدار آب دردسترس، تأمین انرژی و غذا را بطور قابل ملاحظه ای تحت‌تأثیر قرار می دهد. در همین‌راستا، تمرکز برروی یکی از بخش‌های آب، انرژی و غذا، بدون درنظرگرفتن اثرات متقابل بین آن‌ها خطرات جدی را ایجاد خواهد کرد. در دهه های اخیر برآوردهای جهانی نشان می دهند که به‌دلیل فشارهای ناشی از افزایش جمعیت، تغییراقلیم و افزایش تقاضا برای تولید محصولات کشاورزی، منابع غذا، انرژی و آب با کمبود مواجه شده‌اند (علم‌الهدی، ۱۳۹۴). این در حالی است که رویکرد حفظ امنیت‌آبی، غذایی و انرژی و همبست بین آن‌ها در سیاست‌های توسعه کشور به‌ویژه در بخش کشاورزی کمتر دیده شده است (مالکی و همکاران، ۱۴۰۰) و این مشکل در سال‌های آتی در این بخش حادتر خواهد شد. علاوه بر موارد مذکور و با افزایش فشار مصرف منابع (آب-انرژی-غذا)، محدودیت ذاتی آن‌ها، تغییراقلیم و وجود اثرات متقابل منابع بر یکدیگر، لزوم نگرشی نو در شناسایی و تحلیل این روابط برای پایداری و بهره‌برداری از آن‌ها، غیرقابل‌انکار بوده است. لذا مدیریت درست و صحیح براساس اصول پایداری، بهره وری (اسماعیلی نژاد و داوری، ۱۳۹۹) و نظام‌مندسازی فرآیند تخصیص راهکاری راهبردی و اقدامی اساسی جهت دستیابی به امنیت آبی، غذایی و انرژی و توسعه‌پایدار تلقی می‌گردد. بنابراین ضرورت رویکرد همبست WEF (آب-انرژی-غذا) به‌عنوان رویکرد بهبود تاب آوری این نظام‌ها در مقابل تغییراقلیم، ابزاری برای یکپارچگی واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس، بستری برای مشارکت ذینفعان و روشی برای تبیین مسیر توسعه، تلقی و موجب پدیدارشدن چارچوب و رهیافتی میان رشته‌ای و تخصصی شده است (Calderon-Ambelis و Keshwani، ۲۰۲۳؛ Estoque، ۲۰۲۲). رویکرد همبست WEF، مفهومی است که برهم کنش‌های کلیدی بین بخش‌های یک یا چند سیستم را توصیف می‌کند (میرزایی، ۱۳۹۶). اهمیت این همبست بدین صورت است که می‌تواند هم‌افزایی‌های بین بخش‌های آب، انرژی و غذا را نمایان و بده بستان‌ها و برهم‌کنش‌های بیشتر بین بخش‌ها در همهٔ مقیاس‌ها و مکان‌های مجاور و دور از هم را آشکار سازد (FAO، ۲۰۱۴). بطورکلی کلید تفکر رویکرد همبست WEF؛ تعامل بین امنیت آب[1]، انرژی[2] و غذا[3] است، به‌گونه‌ای که تحول در یکی از آن‌ها اغلب بر دیگری تأثیر می‌گذارد (FAO، ۲۰۱۴؛ Bizikova و همکاران، ۲۰۱۴). برای مثال، امنیت‌غذایی از الزامات توسعه‌پایدار بوده و برای دستیابی به آن، توجه به امنیت‌آبی و انرژی انکارناپذیر است (عابدی، ۱۳۹۹)؛ چرا که این سه منبع در بخش کشاورزی با هم ارتباط کامل دارند (Sukhwani، ۲۰۱۹). آب نقش مهمی را در هریک از مراحل توسعه انرژی شامل استخراج، تولید و فرآوری سوخت‌های فسیلی، تولید برق و تصفیه ضایعات مربوط به فعالیت‌های انرژی، ایفا می کند. آب و انرژی برای تولید موادغذایی موردنیاز هستند و عمدتاً برای آبیاری، تولید و فرآوری محصولات کشاورزی استفاده می گردد. در مدیریت آب برای عملیات پمپاژ، جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب لازم است که انرژی مصرف شود (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۸). انرژی در تولید موادغذایی و فرآوری مکانیزه، آماده‌سازی زمین، کوددهی زمین، بکارگیری ابزارهای کشاورزی، آبیاری، کاشت، برداشت و حمل و نقل محصولات کشاورزی، بسته‌بندی، فرآوری و ذخیره‌سازی موادغذایی موردنیاز است که طبق بررسی‌های انجام‌شده حدود۳۰ درصد از کل مصرف انرژی جهان مربوط به مراحل تولید و عرضهٔ موادغذایی است (Mohtar و Lawford، ۲۰۱۶). بنابراین رویکرد همبست WEF به‌منظور بهینه‌سازی سیستم‌های آب، انرژی و تولید موادغذایی شکل گرفته و تأکید بسیاری بر وابستگی متقابل آب، غذا و انرژی دارد که موجب اهمیت آن در کشاورزی کوچک‌مقیاس شده است. این اهمیت به‌علت تأمین امنیت‌غذایی روز به روز افزایش می‌یابد؛ چنان‌که ۷۰ درصد از غذای جهان توسط کشاورزی خرد و کوچک‌مقیاس تولید می‌شود. کشاورزان کوچک‌مقیاس نیز جهت تأمین امنیت‌غذایی، آبی و انرژی در واحدهای کوچک‌مقیاس با شرایط محلی، سازگاری یافته و نظام‌های مقاوم و پایدار را شکل داده و ارتقاء می‌بخشند و با شکل‌دادن شیوه‌های خاص، امنیت‌غذایی، آبی و انرژی را به‌صورت پایدار (همبست WEF) تأمین می‌کنند (کاترین‌رضوی، ۱۳۹۷). در ایران، واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس رایج‌ترین شکل نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی است که در بسیاری از مناطق کشور، پایه تولید کشاورزی و تأمین معیشت اکثر خانوارهای روستایی هستند (سواری و همکاران، ۱۳۹۶). در واقع حدود ۸۳/۶ درصد بهره‌برداری‌های زراعی کشور با در اختیارداشتن ۳۷ درصد مساحت کل اراضی مزروعی را بهره‌برداری‌های کشاورزی کوچک‌مقیاس تشکیل می‌دهند (شعبانعلی‌فمی و همکاران، ۱۳۹۱). معیشت کشاورزان کوچک‌مقیاس در این نظام‌ها به‌دلیل وابستگی بالا به تولیدات واحدهای بهره‌برداری از نظر تولید غذا و درآمد، بیش از سایر اقشار از پدیده تغییراقلیم تأثیر می‌پذیرد و تغییراقلیم به‌دلایل متعدد مانند کوچکی اندازه مزرعه، استفاده از فناوری‌های قدیمی، فقدان توان سرمایه گذاری و فقدان تحمل ریسک‌های اقتصادی-اجتماعی موجب آسیب‌پذیری در معیشت و رفاه خانوارهای کشاورزان کوچک‌مقیاس شده است (Subedi و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از راه‌های توسعهٔ این واحدها، بهبود مدیریت همبست آب، انرژی و غذا از طریق بهبود همبست‌های دوگانه بین این سه منبع و هم‌افزایی، پیامدسنجی، مبادله و مدیریت آن‌ها، یعنی سازوکار[4]های آب برای غذا، غذا برای آب، انرژی برای آب، آب برای انرژی، غذا برای انرژی و انرژی برای غذا است (Simpson و Jewitt، ۲۰۱۹) که در

ادامه به مهم‌ترین این سازوکارها پرداخته شده و برخی از عملیات قابل‌توجه در ذیل هریک، معرفی گردیده است:

- **سازوکار آب بر غذا (WF):** مانند انواع روش‌های آبیاری کشاورزی، دسترسی به آب، تخصیص آب و تولید غذای سالم و مغذی (خیز و همکاران، ۱۳۹۷).

- **سازوکار آب بر انرژی (WE):** مانند تولید سوخت‌های زیستی و سایرانواع انرژی‌های تجدیدپذیر و استفاده از شیوه‌های نوین ذخیره‌سازی و مصرف آب برای صرفه‌جویی در مصرف کلی انرژی (Lianying و همکاران، ۲۰۱۳).

- **سازوکار انرژی بر غذا (EF):** مانند تأمین انرژی مناسب برای برداشت و حمل محصول، فرآوری محصول، بسته‌بندی و بازاریابی محصول و یا بهبود دسترسی به آب برای تولید غذا (ذوقی‌پور و ترکمانی، ۱۳۹۵). علاوه بر مذکور می‌توان به استفاده از هیزم، گاز و برق برای طبخ غذا در مزرعه؛ استفاده از انرژی در شخم و سایر عملیات برای بهبود کیفیت محصول تولیدی، آماده‌کردن، سرد نگه‌داشتن محصولات کشاورزی؛ استفاده از انرژی آبی برای آسیاب کردن غلات؛ استفاده از سوخت یا هیزم برای جوشاندن یا ضدعفونی آب اشاره نمود (صیادی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Sarkodie و Owusu، ۲۰۲۰).

- **سازوکار انرژی بر آب (EW):** مانند استفاده از انرژی در شیرین‌کردن، تصفیه و توزیع آب، کاربست درست انرژی، دسترسی به آب و آبیاری مزرعه، استفاده از انرژی در پمپاژ و انتقال آب و یا جوشاندن و ضدعفونی کردن آب و آماده‌سازی غذا.

- **سازوکار غذا بر آب (FW):** مانند حداکثرسازی محصول و کنترل تلفات در فرآیند تولید و مصرف محصولات کشاورزی به‌منظور افزایش راندمان آبیاری برای کنترل ضایعات غذا با هدف بهبود بهره‌وری آب (عابدی، ۱۳۹۹).

- **سازوکار غذا بر انرژی (FE):** مانند بهبود فرآیندهای تولید غذا در مزرعه با هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی (مرکز الگوی اسلامی- ایرانی پیشرفت، ۱۳۹۵).

باید توجه داشت که بهبود شاخص‌های عملکردی واحدهای بهره‌برداری، متأثر از مدیریت مناسب سازوکارهایی همچون برنامه‌های ارتقاء امنیت‌آبی، غذایی، انرژی و اقداماتی که منجر به کاهش تلفات بلایای طبیعی و افزایش تاب‌آوری واحدهای تولیدی می‌شود، است (Kim و همکاران، ۲۰۱۸).

در همین‌راستا نتایج برخی تحقیقات نشان داد که مهم‌ترین سازوکارهای متنوع در رویکرد همبست WEF، دربرگیرنده تعاملاتی همچون استفاده از انرژی برای موارد زیر است:

جوشاندن و ضدعفونی آب‌آشامیدنی (FAO، ۲۰۱۴؛ katekar و همکاران، ۲۰۲۱)؛ پختن غذا (Wa'el و همکاران، ۲۰۱۷)؛ تأمین آب در مزرعه (Ringler و همکاران، ۲۰۱۳)؛ تأمین آب آبیاری (پمپاژ آب) (Kedir و همکاران، ۲۰۲۲)؛ بهبود مدیریت منابع در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس (OECD، ۲۰۱۴؛Correa-cano و همکاران، ۲۰۲۲)؛ عدم‌تأکید بر تولید انرژی‌زیستی جهت حفظ و ارتقاء امنیت‌آبی (Ngammuangtueng و همکاران، ۲۰۲۳)؛ استفاده از آبیاری قطره‌ای به‌منظور افزایش راندمان آب و انرژی (Maftouh و همکاران، ۲۰۲۲)؛ کاهش هزینه های مزرعه از طریق استفاده بهینه منابع (Jing و همکاران، ۲۰۲۳)؛ افزایش رطوبت و کیفیت خاک (Mahia و همکاران، ۲۰۲۳)؛ افزایش بهره‌وری کشاورزی و تنوع زراعی (Usman و همکاران، ۲۰۲۳)؛ افزایش تاب‌آوری در سطح مزرعه (Gathala و همکاران، ۲۰۲۰)؛ کاهش مصرف انرژی در نتیجه پیشرفت‌های مدیریتی آب در کشاورزی کوچک‌مقیاس (Karamian و همکاران، ۲۰۲۱)؛ افزایش تقاضای آب به‌دلیل افزایش رقابت درون-بخشی در کشاورزی کوچک‌مقیاس (Hu و Li، ۲۰۲۲)؛ استفاده از آب و انرژی پاک به‌منظور تهیه غذای مغذی و سالم در کشاورزی کوچک‌مقیاس (Tucho و Okoth، ۲۰۲۰)؛ افزایش قیمت و کاهش عرضه موادغذایی در اثر تغییرات‌اقلیمی (Abulibdeh و همکاران، ۲۰۱۹)؛ افزایش دسترسی به موادغذایی و درآمد در اثر دسترسی به انرژی (Gupta، ۲۰۱۹)؛ افزایش بازده و قیمت موادغذایی در اثر دسترسی به انرژی (Olawuyi، ۲۰۲۰)؛ کاهش تلفات و ضایعات موادغذایی در اثر دسترسی به انرژی (fkhami و Zarrinpoor، ۲۰۲۲)؛ افزایش راندمان کلی انرژی در اثر تولید ضایعات و کود دام‌ها (به‌منظور تولید بیوگاز) (Malyan و همکاران، ۲۰۲۱)؛ افزایش حفظ و نگهداری موادغذایی در اثر دسترسی به انرژی تجدیدپذیر (Weidner و همکاران، ۲۰۲۲)؛ حفظ و ماندگاری پایدار موادغذایی و افزایش مدیریت نهاده‌های کشاورزی در اثر اتکاء به یارانه‌های انرژی (Zarei و همکاران، ۲۰۲۱)؛ ناپایداری تولید موادغذایی در اثر افزایش پمپاژ آب سفره‌های زیرزمینی (Granit، ۲۰۲۲).

از جمله استان‌های مهم کشور در حوزه کشاورزی، استان همدان است که اخیراً به‌دلیل کاهش چشمگیر نزولات جوی در معرض خشکسالی قرار گرفته و فعالیت‌های کشاورزی آن، با چالش اساسی روبرو گردیده است. در این استان واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس، رایج‌ترین نوع نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی می‌باشند (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۶). تغییراقلیم در این استان، تأثیرات محیطی، اجتماعی و اقتصادی جدی بر این واحدها داشته است. در واقع رخداد تغییراقلیم در استان موجب آسیب‌پذیرترشدن بخش کشاورزی و در معرض خطر قرارگرفتن امنیت‌غذایی، آبی و انرژی در این بخش شده است (اسدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ صالحی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به نوظهور بودن این رویکرد و فقدان مطالعات قبلی در این خصوص و از طرفی مشکلات ناامنی‌آبی در استان همدان، مطالعه حاضر با هدف بررسی و تحلیل سازوکارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس استان همدان اجرا شد. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند منجر به تدوین اقداماتی به‌منظور سازوکارهای همبست آب-انرژی-غذا در واحدهای مذکور گردد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف تحلیل سازوکارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس استان همدان به‌صورت پیمایشی انجام گرفت. ابتدا برای شناخت سازوکارها، پیشینهٔ پژوهش از پایگاه‌های داده داخلی و خارجی مرور شد. در مقیاس اولیه، شش سازوکار اصلی آب بر غذا؛ غذا بر آب؛ انرژی بر آب؛ آب بر انرژی؛ غذا بر انرژی و انرژی بر غذا مورد توجه قرار گرفتند که برای هر سازوکار، نشانگرهایی در قالب مولفه‌های همبست‌های دوگانه در رویکرد آب-انرژی-غذا در این واحدها شناسایی و معرفی شدند. براساس اطلاعات به‌دست‌آمده، پرسش‌نامه‌ای برای گردآوری داده‌ها، تدوین و استفاده شد. به‌منظور بررسی و تحلیل سازوکارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس در قالب شش سازوکار اساسی غذا بر انرژی (۸ گویه)، انرژی بر آب (۱۰ گویه)، غذا بر آب (۷ گویه)، آب بر غذا (۱۰ گویه)، آب بر انرژی (۸ گویه) و انرژی بر غذا (۱۶ گویه) به‌صورت طیف لیکرت موردسنجش قرار گرفتند. به‌منظور ارزیابی روایی پرسش‌نامه، از روش بررسی روایی محتوایی مبتنی بر کسب نظرات تعدادی از کارشناسان جهاد کشاورزی استان همدان و اعضای هیات‌علمی گروه مدیریت و توسعه کشاورزی دانشگاه تهران استفاده و روایی مورد تأیید قرار گرفت. برای ارزیابی پایایی یا انسجام درونی مقیاس اصلی پرسش‌نامه نیز، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد که دامنهٔ این ضریب برای مقیاس سنجش سازوکارهای مختلف بین ۰/۷۷۲ تا ۰/۹۴۹ بدست‌آمد که حاکی از پایایی یا اعتمادپذیری ابزار تحقیق است. حجم جامعه‌آماری تحقیق یعنی کشاورزان کوچک‌مقیاس دارای اراضی زیر ۱۰ هکتار معادل ۷۵۴۴۲ نفر برآورد شد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳). گردآوری داده‌ها به روش مصاحبه صورت گرفت که طی آن ۳۰۰ نفر از کشاورزان فعال در واحدهای بهره‌برداری کوچک‌مقیاس با ضابطه فرمول کوکران و روش نمونه‌گیری خوشه‌ای برای حجم نمونه انتخاب و به سوالات پرسش‌نامه پاسخ دادند. نمونه‌گیری به صورت چندمرحله‌ای انجام شد. در گام اول و با لحاظ نمودن همگنی تأثیرپذیری شهرستان‌های استان همدان از اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی، از نمونه‌گیری خوشه‌ای استفاده شد که از بین ۹ شهرستان (خوشه)، ۵ مورد به‌طور تصادفی انتخاب و در گام دوم نمونه‌های موردمصاحبه به روش تصادفی ساده، انتخاب و در فرآیند پرسش‌گری مشارکت نمودند. به‌منظور تحلیل آماری داده‌ها از روش آماری تحلیل‌عاملی تأییدی و از نرم‌افزار SMART PLS۳ استفاده شد. در اعتبارسنجی مدل تحلیل عاملی تأییدی، برای ارزیابی اعتبار درونی مدل یا همسانی آن، هر دو شاخص آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی بالاتر از ۰/۷ محاسبه شدند که حاکی از انسجام درونی و اعتبار مدل می‌باشند. برای بررسی روایی تشخیصی یا واگرای مدل نیز از شاخص Fornell و Larcker (۱۹۸۱) استفاده شد. در ضمن از متوسط واریانس استخراج‌شده (AVE)[۵] به‌عنوان معیاری برای ارزیابی روایی‌همگرا استفاده شد. مقدار مطلوب شاخص متوسط واریانس استخراج‌شده، بزرگتر از ۰/۵ است (Henseler و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج این شاخص هم نشان داد روایی مناسبی در مدل وجود دارد. در این تحلیل، بارهای عاملی بزرگتر از ۰/۶، مطلوب تلقی شدند. برای بررسی معنی‌داری آماری این ضرایب از مقادیر t که بزرگتر از ۱/۹۶ بودند، استفاده شد؛ زیرا ضرایب مسیر قدرت رابطه را تبیین می‌کنند (Taqwa و همکاران، ۲۰۱۳).

نتایج و بحث

• ویژگی‌های فردی و شغلی کشاورزان

میانگین سن کشاورزان مورد مصاحبه ۵۱/۲ سال و سطح تحصیلات اکثر افراد مورد مصاحبه راهنمایی (۳۶/۷ درصد) بود. ۸۶ درصد کشاورزان مورد مطالعه مرد، ۸۹/۷ درصد آن‌ها متأهل و اکثراً ۴ تا ۶نفر عضو در خانواده داشتند. در رابطه با سابقه کار کشاورزی؛ ۱۷درصد دارای سابقه کار کشاورزی بین ۱۶ تا ۲۰ سال بودند. ۴۱/۳ درصد از کشاورزان ابراز داشتند دارای اراضی‌آبی بین ۵-۲/۶ هکتار می‌باشند. ۷۰ درصد از کشاورزان دارای اراضی با مالکیت شخصی بودند. ۵۷/۷ درصد از کشاورزان اظهار داشتند تمایل زیادی به استفاده از تسهیلات بانکی برای بهبود عملیات آبیاری دارند. ۸۲ درصد از کشاورزان اشاره داشتند که از چاه عمیق به‌عنوان منبع آب آبیاری استفاده می‌کنند. ۸۲ درصد از کشاورزان از فناوری پمپ‌برقی و چاه عمیق به‌عنوان منبع اصلی آب استفاده کردند. براساس پاسخ کشاورزان، ۸۶ درصد دارای استخر ذخیره آب بودند و ۴۰ درصد کمتر از میزان نیاز، به آب دسترسی داشتند.

• برآورد مدل اندازه‌گیری سازوکارهای همبست آب-انرژی-غذا در نظام‌های تولیدی کوچک‌مقیاس

برای تحلیل سازوکارهای همبست آب-انرژی-غذا از تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد. نتایج ارزیابی برازش مدل عاملی در جدول (۱) ارائه شده که نشان می‌دهد مدل، برازش مناسبی دارد. مقادیر بارهای عاملی و ضرایب مسیر نیز در شکل (۱) نشان داده شده است. مقادیر سه شاخص ضریب پایایی ترکیبی (بالاتر از ۰/۶)، متوسط واریانس استخراج‌شده (بالاتر از ۰/۵)، و آلفای کرونباخ (بالاتر از ۰/۶) نشان می‌دهد که همه متغیرهای نهفته یا سازه‌ها (سازوکارها) در مدل پیشنهادی پایایی و روایی مناسبی دارند. همچنین، نتایج ارائه‌شده در این جدول نشان می‌دهد که بار عاملی استانداردشده تمامی نشانگرهای منتخب برای سازه‌های موردنظر بیش از ۰/۵ بوده و از لحاظ آماری در سطح یک‌درصد معنی‌دار بودند. این نتیجه حاکی از انتخاب درست و موثر نشانگرها در معرفی سازه‌های مربوطه هستند. برای بررسی معنی‌داری آماری این ضرایب از مقادیر t درحالیکه بزرگتر از ۱/۹۶ بودند، استفاده شد، زیرا آن‌ها قدرت رابطه را تبیین می‌کنند.

جدول ۱- نتایج ارزیابی روایی و پایایی مدل وضعیت سازوکارهای همبست WEF در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس

سازوکارها	نماد هر گویه در مدل	گویه‌ها	خطای استاندارد	ضریب تعیین (R^2)	ضریب پایایی ترکیبی (CR)	متوسط واریانس استخراج شده (AVE)	آلفای کرونباخ (α)
غذا بر انرژی	FE۸	استفاده از روش‌های مکانیکی و بیولوژیکی کنترل آفات برای کاهش مصرف انرژی	۰/۰۱۰	۰/۸۲۳	۰/۹۵۸	۰/۸۲۱	۰/۹۴۵
	FE۴	استفاده از عملیات کشاورزی حفاظتی برای کاهش مصرف انرژی	۰/۰۱۴				
	FE۲	حمل کود با دام یا وسایل ساده (فرقون) با هدف کاهش مصرف انرژی	۰/۰۰۷۲				
	FE۳	تسطیح و یکپارچگی اراضی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی موردنیاز آبیاری	۰/۰۰۹۴				
	FE۱	استفاده از روشهای سنتی کودپاشی با هدف کاهش مصرف انرژی	۰/۰۱۱				
انرژی بر آب	EW۸	استفاده از انرژی برای بازچرخانی زه‌آب در مزرعه	۰/۰۰۳۸	۰/۷۷۰	۰/۹۰۱	۰/۷۵۴	۰/۸۳۳
	EW۹	استفاده از انرژی برای تأمین آب آبیاری (پمپاژ، شیرین‌کردن، تصفیه و توزیع آب)	۰/۰۱۶۱				
	EW۷	استفاده از بقایای گیاهی و کمپوست برای بهبود ذخیره رطوبتی خاک	۰/۰۲۴				
غذا بر آب	FW۱	استفاده از عملیات کشاورزی حفاظتی برای مدیریت حفظ رطوبت خاک	۰/۰۰۹۰	۰/۶۷۱	۰/۹۴۶	۰/۸۵۳	۰/۹۱۴
	FW۳	تسطیح اراضی برای بهبود راندمان آبیاری	۰/۰۰۴۲				
	FW۲	مبارزه با علف‌های هرز برای بهبود راندمان آبیاری	۰/۰۱۳۱				
آب بر غذا	WF۷	تولید کودسبز در فصل‌های پرآبی برای بهبود حاصلخیزی مزرعه	۰/۰۱۰۳	۰/۸۲۵	۰/۹۳۸	۰/۷۹۱	۰/۹۱۲
	WF۳	پوشش انهار با هدف بهبود راندمان آبیاری و تولید محصول بیشتر	۰/۰۰۹۶				
	WF۴	استفاده از آب‌های نامتعارف (زه‌آب) برای تولید محصول بیشتر	۰/۰۱۰۵				
	WF۶	ذخیره‌سازی آب باران یا آب‌های کشاورزی خارج از فصل برای بهبود راندمان تولید	۰/۰۱۶۱				
آب بر انرژی	WE۱	ذخیره‌سازی آب در استخر با هدف کاهش مصرف انرژی در آبیاری شبانه	۰/۰۰۵۹	۰/۷۰۲	۰/۹۲۵	۰/۷۵۵	۰/۸۹۳
	WE۲	پوشش انهار برای کاهش انرژی مصرفی در لایروبی و پاکسازی جوی‌ها	۰/۰۱۰۶				
	WE۳	استفاده از آب‌های نامتعارف (زه‌آب‌ها) برای کاهش مصرف انرژی	۰/۰۰۷۶				
	WE۴	شناخت نیاز آبی گیاه برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی	۰/۰۳۷۷				
انرژی بر غذا	EF۱۳	استفاده از انرژی آبی برای آسیاب‌کردن غلات	۰/۰۰۶۷	۰/۵۱۳	۰/۹۳۸	۰/۷۱۶	۰/۹۲۰
	EF۱۴	استفاده از انرژی فسیلی برای جوشاندن و ضدعفونی آب آشامیدنی	۰/۰۰۵۵				
	EF۱۰	استفاده از برق برای طبخ غذا در مزرعه	۰/۰۲۴۵				
	EF۱	استفاده از انرژی خورشیدی برای بهبود محصول تولیدی	۰/۰۲۰۱				
	EF۶	استفاده از ذغال برای طبخ غذا در مزرعه	۰/۰۲۸۲				
	EF۷	استفاده از ذغال برای فرآوری محصولات (عرق گیری و...)	۰/۰۳۱۴				

** با توجه به اینکه همه مقادیر tبالاتر از ۲/۵۴ هستند، همگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار هستند.

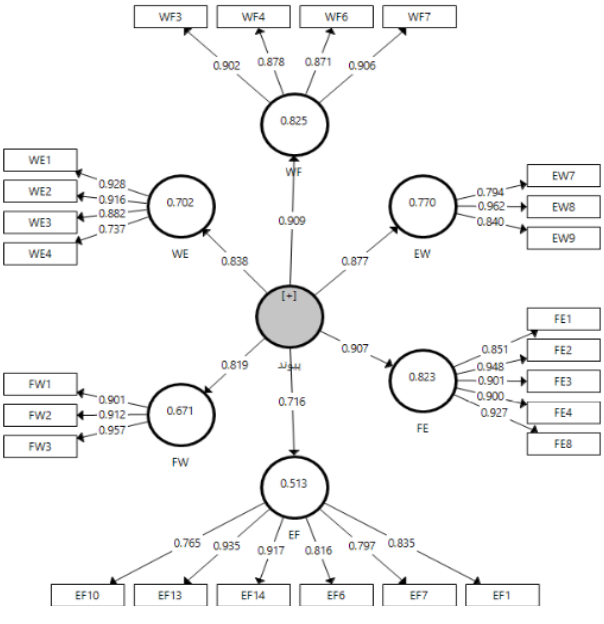
جدول (۲) که شاخص Fornell و Larcker (۱۹۸۱) را برای تبیین روایی تشخیصی نشان می‌دهد، حاکی از آن است که نشانگرهای منتخب برای اندازه‌گیری سازه‌های موجود روایی تشخیصی یا واگرای خوبی دارند، زیرا ریشه دوم میانگین واریانس استخراج‌شده برای هرسازه در قطر ماتریس از تمام همبستگی‌های سایر عوامل با آن عامل بیشتر است.

در جدول (۳) نیز ضرایب مسیر و مقادیر متناظر آماره tدر سطح اطمینان ۹۹ درصد ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کلیه این ضرایب در سطح اطمینان مذکور، معنادار بودند که در شکل (۱) نشان داده شده است. این حاکی از تبیین بالای همبست WEF در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس توسط سازه‌های منتخب بوده است.

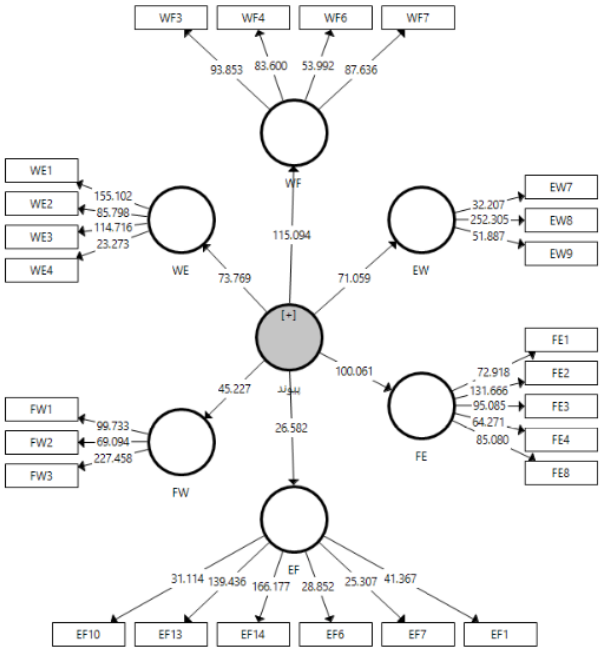
مدل نهایی تأییدشده در شکل‌های (۱) و (۲) معرفی شده است. با توجه به معنی‌داری همه ضرایب ساختاری (قدرمطلق همه مقادیر t بالاتر از ۲/۵۶) که جزییات آن در جدول (۳) ارائه شده است، نتایج این مدل حاکی از آن است که همبست کلی آب-انرژی و غذا به‌ترتیب از شش سازوکار دوگانه آب بر غذا؛ غذا بر آب؛ انرژی بر آب؛ آب بر انرژی؛ غذا بر انرژی؛ انرژی بر غذا تأثیر پذیرفته است. در ضمن مهمترین عملیات ضروری برای بهبود هر سازوکار دوگانه در جدول (۱) آمده است.

جدول ۲- مقایسه ریشه دوم میانگین واریانس استخراج‌شده با همبستگی‌های موجود (معیارFornell و Larcker، ۱۹۸۱)

سازوکارها	۱	۲	۳	۴	۵	۶
انرژی بر غذا	۰/۸۴۶	---	---	---	---	---
انرژی بر آب	۰/۷۰۵	۰/۸۶۸	---	---	---	---
غذا بر انرژی	۰/۴۵۶	۰/۶۶۱	۰/۹۰۶	---	---	---
غذا بر آب	۰/۴۱۲	۰/۶۴۱	۰/۸۶۷	۰/۹۲۳	---	---
آب بر انرژی	۰/۴۷۸	۰/۷۷۱	۰/۷۴۷	۰/۵۵۸	۰/۸۶۹	---
آب بر غذا	۰/۵۷۹	۰/۸۷۷	۰/۷۶۷	۰/۶۷۹	۰/۸۰۶	۰/۸۸۹



شکل ۱- ضرایب مسیر و تبیین سازه‌های مدل عاملی* وضعیت سازوکارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس (* شاخص‌هایی که در شکل حضور ندارند، در تحلیل عاملی به‌دلیل نقش ضعیف در تبیین سازهٔ مدنظر، از تحلیل حذف شده‌اند.)



شکل۲- معناداری سازه‌های مدل عاملی وضعیت سازوکارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس

جدول ۳- ضرایب مسیر در مدل عاملی وضعیت سازوکارهای همبست آب، انرژی و غذا در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس

مبدا مسیر	مقصد مسیر	ضریب مسیر β	مقدار t
وضعیت سازوکارهای پیوند WEF کل	سازوکار انرژی بر غذا	۰/۷۱۶	۲۶/۵۸۲
وضعیت سازوکارهای پیوند WEF کل	سازوکار انرژی بر آب	۰/۸۷۷	۷۱/۰۵۹
وضعیت سازوکارهای پیوند WEF کل	سازوکار غذا بر انرژی	۰/۸۲۳	۱۰۰/۰۶۱
وضعیت سازوکارهای پیوند WEF کل	سازوکار غذا بر آب	۰/۹۰۷	۴۵/۲۲۷
وضعیت سازوکارهای پیوند WEF کل	سازوکار آب بر انرژی	۰/۸۳۸	۷۳/۷۶۹
وضعیت سازوکارهای پیوند WEF کل	سازوکار آب بر غذا	۰/۹۰۹	۱۱۵/۰۹۴

بحث

همبست آب، انرژی و غذا یکی از ابزارها و راهکارهای مدیریتی در راستای تحقق اهداف توسعه‌پایدار کشاورزی است. این همبست باید به‌عنوان هویتی واحد در پایداری زیست‌محیطی واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس مورد توجه قرار گیرد. در واحدهای بهره‌برداری هریک از منابع آب، انرژی و غذا و بطورکلی سازوکارها به‌طور قابل‌توجهی به یکدیگر وابسته‌اند و با هم تشکیل سیستمی پویا را می‌دهند و تغییرات یک بخش، تأثیر خود را بر بخش‌های دیگر می‌گذارد. همچنین علاوه بر تأثیرپذیری متقابل از یکدیگر، از عوامل متعدد اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فناوری و محیطی در خارج از همبست نیز تأثیر می‌گیرند. براساس یافته‌ها ضریب مسیر اثر وضعیت سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار آب بر غذا، معادل ۰/۹۰۹ با سطح معنی‌داری ۰/۰۱ بود که نشان می‌دهد همبست WEF از سازوکار آب بر غذا اثر معنی‌داری به لحاظ آماری می‌پذیرد. این سازوکار شامل عملیات اساسی مانند ذخیره‌سازی آب با هدف تولید محصول مناسب در فصل گرم، استفاده بهینه از آب به‌منظور تهیه غذای مغذی و سالم در کشاورزی، استفاده از روش‌های نوین آبیاری برای افزایش میزان تولید غذا و بهبود کیفیت محصولات تولیدی است. این یافته توسط تعدادی از تحقیقات دیگر نیز تأیید شده است (مسائلی و همکاران، ۱۴۰۱؛ مفاخری و همکاران، ۱۴۰۰؛ Aguilar و همکاران،۲۰۲۱). در ضمن ضریب مسیر اثر وضعیت سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار غذا بر آب معادل ۰/۹۰۷ با سطح معنی‌داری ۰/۰۱ بود که نشان می دهد سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار غذا بر آب اثر معنی‌داری به لحاظ آماری می‌پذیرد. یافته‌ها حاکی از آن است که دومین سازوکار جدی و ضروری در همبست آب-غذا-انرژی، سازوکار غذا بر آب است. این نشان می‌دهد امنیت‌غذایی کشاورزان و شیوه مدیریت آن، تأثیر زیادی بر سازوکارهای بخش مدیریت آب و شاخص‌های آبی دارد. این یافته توسط تعدادی از تحقیقات دیگر تأیید شده است (مفاخری و همکاران، ۱۴۰۰؛ Alam و همکاران، ۲۰۲۱؛ Singh و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین ضریب مسیر اثرپذیری وضعیت سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار انرژی بر آب معادل ۰/۸۷۷ با سطح معنی‌داری ۰/۰۱ برآورد شد که حاکی از آن است که سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار انرژی بر آب اثر معنی‌داری به لحاظ آماری می‌پذیرد. این سازوکار شامل استفاده بهینه از انرژی برای استحصال، تأمین، انتقال و مصرف آب است. این بیانگر آن است که بدون بهبود راندمان مصرف انرژی؛ ناپایداری در واحدهای بهره‌برداری ایجاد می‌شود (Rasul، ۲۰۱۶). براساس نتایج در زیرهمبست انرژی بر آب؛ عملیات کاهش دسترسی به آب در کشاورزی کوچک‌مقیاس به‌دلیل گرانی انرژی، مدیریت آب سفره‌های زیرزمینی با استفاده از فناوری‌های هوشمند پمپاژ آب انرژی-اندوز و استفاده بهینه از انرژی به‌منظور مدیریت مصرف آب در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس حائز بیشترین اهمیت هستند. بنابراین در شرایط بحران آبی، انرژی ابزار قدرتمندی برای بهبود این شرایط است (کرمیان و همکاران، ۱۴۰۱؛ مفاخری و همکاران، ۱۴۰۰؛ Sarkodie و Owusu، ۲۰۲۰). طبق یافته‌ها ضریب مسیر اثر وضعیت سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار آب بر انرژی معادل ۰/۸۳۸ با سطح معنی‌داری ۰/۰۱ برآورد شد که بیان می‌کند سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار آب بر انرژی اثر معنی‌داری به لحاظ آماری می‌پذیرد. در سازوکار آب بر انرژی شامل عملیاتی نظیر استفاده از فناوری‌های انرژی-اندوز در مدیریت آب مانند استفاده از لوله برای انتقال آب با هدف کاهش انرژی مصرفی انتقال آب؛ انجام آبیاری در ساعات خنک صبح یا عصربا هدف کاهش مصرف انرژی؛ شناخت نیاز آبی گیاه برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی؛ ذخیره‌سازی آب با هدف کاهش مصرف انرژی در آبیاری شبانه؛ بهبود شبکه‌های توزیع و انتقال آب برای کاهش مصرف انرژی؛ پوشش انهار برای کاهش انرژی مصرفی در لایروبی و پاکسازی جوی‌ها؛ استفاده از آب‌های نامتعارف (زه‌آب‌ها و...) برای کاهش مصرف انرژی؛ ذخیره‌سازی آب باران یا آب‌های خارج از فصل برای کاهش نیاز به پمپاژ و انتقال آب در بهبود همبست آب-انرژی-غذا امری حیاتی است. البته هرچه ذخایرآبی در شرایط بحرانی‌تر قرار گیرند نیاز به انرژی برای بهبود راندمان‌آبیاری افزایش می‌یابد (مفاخری و همکاران، ۱۴۰۰؛ یوسفی و مهدوی دامغانی، ۱۳۹۰؛ Sarkodie و Owusu، ۲۰۲۰). البته باید توجه داشت بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده آب شیرین و بیش از یک چهارم انرژی جهان است (UNWater، ۲۰۲۱). با توجه به همبست عمیق بین این دو مولفه حیاتی در سامانه‌های تولیدغذا، امنیت‌غذایی بدون مدیریت مناسب و یکپارچه این منابع تحقق نمی یابد. بر اساس نتایج ضریب مسیر اثر وضعیت سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار غذا بر انرژی معادل ۰/۸۲۳ و سطح معنی‌داری ۰/۰۱ برآورد شد که نشان می‌دهد سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار غذا بر انرژی، اثر معنی‌داری به لحاظ آماری می‌پذیرد. این سازوکار که از طریق بهبود عملیات کشاورزی مانند کشاورزی حفاظتی، کنترل بهینه آفات، تناوب زراعی و نظایر آن امنیت‌غذایی را بهبود می‌بخشد، در نهایت بر مدیریت مناسب‌تر انرژی تأثیر می‌گذارد که با نتایج صفایی و همکاران (۱۳۹۸)، همسو است. طبق نتایج سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار انرژی بر غذا معادل ۰/۷۱۶ با سطح معنی‌داری ۰/۰۱ برآورد شد که حاکی از آن است سازوکارهای همبست WEF کل از سازوکار انرژی بر غذا اثر معنی‌داری به لحاظ آماری می‌پذیرد. باتوجه به مواردمذکور؛ نگاه به همبست ناگسستنی و هم‌افزای این سه منبع، امکان هماهنگی فعالیت‌های بین‌بخشی در این حوزه‌ها را فراهم می‌سازد (Rasul، ۲۰۱۶). فقدان نگاه سیستمیک به همبست منابع سه‌گانه در بسیاری از کشورهای درحال توسعه موجب‌شده

تا مدیریت این سه منبع مهم حیات و توسعه، ناکارآمد باشند (Khacheba و همکاران، ۲۰۱۸). البته تمرکز همبست باید فراتر از شاخص‌های صرفاً کارآیی و کمیابی منابع باشد تا بتواند در فقرزدایی و رفع نابرابری تأثیرگذار باشد (Jobbins و همکاران، ۲۰۱۵).

هرچه ارتباط اجزای همبست WEF قوی‌تر و هم‌افزایی بین آن‌ها وجود داشته باشد، نظام‌های تولیدغذا در مقابل تغییراقلیم و شوک‌های محیطی سازگارتر می‌شوند (Subedi و همکاران، ۲۰۲۰). رویکرد همبست آب، انرژی و غذا توان سازگاری کشاورزان با تغییراقلیم را افزایش می‌دهد (Nhamo و همکاران، ۲۰۱۸). گسترش رویکرد این همبست در واحدهای بهره‌برداری مستلزم توجه به آن در سطح مدیریت مزرعه است (Karamian و همکاران، ۲۰۲۱). در ضمن این رویکرد نباید صرفاً از بعد فنی مورد توجه قرار گیرد، بلکه ابعاد نهادی و سیاستی آن نیز بسیار مهم و تأثیرگذار است (Terrapon-Pfaff و همکاران، ۲۰۲۱) و عملکرد آن وابسته به میزان تلفیق با نظام‌های اجتماعی است (Molajou و همکاران، ۲۰۲۱).

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

یکی از الزامات توسعه‌پایدار و رفع فقر در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس، توجه به رویکرد همبست آب،انرژی و غذا در سطوح مختلف نظام مدیریتی از سیاستگذاری و برنامه‌ریزی گرفته تا مدیریت مزرعه می‌باشد که در نهایت پایداری کل زیست‌بوم‌های کشاورزی را رقم می‌زند. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که جایگاه امنیت‌آبی در این همبست بسیارحیاتی است و باید موردتوجه ویژه قرار گیرد. باتوجه به نتایج بدست‌آمده پیشنهادهای زیر به‌منظور تقویت رویکرد همبست WEF در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس ارائه می‌شود:

۱- پیشنهاد می‌شود در راستای تقویت این رویکرد در فرآیندهای تصمیم‌گیری در سطح خانوارهای کشاورزان کوچک‌مقیاس ظرفیت‌سازی شده و آموزش‌های لازم به آن‌ها در خصوص هم‌افزایی و پیوند ناگسستنی این سه منبع به‌ویژه بهبود مدیریت آب ارائه گردد.

۲- رویکرد همبست WEF باعث درک بهتر روابط پیچیده و پویای آب، انرژی و غذا می‌شود و کمک می‌کند تا کشاورزان بتوانند منابع محدود خود را بهتر مدیریت کنند. براساس این رویکرد، اتخاذ تصمیم در خصوص یکی از این منابع بر منابع دیگر نیز تأثیر دارد. با لحاظ‌نمودن هم‌افزایی بین این سه بخش، یافتن راهکارهای کارآمدتر امکان‌پذیر است. رویکرد همبستWEF ضمن تأمین امنیت سه منبع حیاتی تولید، باعث هم‌افزایی و کاهش هزینه مبادله بین این سه بخش می‌شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود آموزش‌های لازم در خصوص این رویکرد به کشاورزان و کارشناسان ارائه شود. با توجه به جایگاه امنیت‌آبی در این همبست بهبود سازوکارهای مدیریت آب در سطح مزرعه در ارتباط با دو منبع انرژی و غذا، شاخص پایداری و تاب‌آوری این واحدهای بهره‌برداری را ارتقاء می‌بخشد.

۳- براساس یافته‌ها، حدود ۸۶ درصد از کشاورزان دارای استخر ذخیره آب بودند، در حالی که هنوز۴۰ درصد بحران کم‌آبی را تجربه می‌کردند که این می‌تواند بر امنیت‌غذایی آن‌ها تأثیر بگذارد. این یافته حاکی از آن است که استخرهای موجود به‌دلیل حجم کم، کارکرد مدیریت موقت آب را داشته و در درازمدت نمی‌توانند بحران کم‌آبی را در ماه‌های خشکِ سال حل کنند. بنابراین توصیه می‌شود، دولت طرح حمایت از احداث استخرهای ذخیره آب با حجم بالا را به‌منظور استحصال و ذخیره‌سازی آب باران و آب در ماه‌های پربارش برای مصرف در فصل‌های خشک، تشویق، ترویج و حمایت کند. این استخرها به کشاورزان کمک می‌کند تا با نوسانات فصلی دسترسی به آب مقابله کرده و آب مازاد در فصل‌های کم‌مصرف (پاییز و زمستان) را برای استفاده در فصل پرمصرف ذخیره سازند.

۴- یافته‌های تحقیق نشان داد علی‌رغم استفاده از انرژی‌های فسیلی در فعالیت‌های داخلی مزرعه مانند خشک‌کردن محصول و...، تمایل کشاورزان به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بالا است. بنابراین با توجه به همبست آب و انرژی و انرژی با غذا، ایجاد و توسعه زیرساخت‌های مناسب برای تأمین امنیت‌انرژی ارزان، پاک و کارآمد از این طریق، توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود دولت سند تأمین امنیت‌انرژی از بخش‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر را برای حمایت از امنیت‌آبی و غذایی کشاورزان کوچک‌مقیاس در دستورکار قرار دهد.

قدردانی

این تحقیق از حمایتهای مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور و معاونت پژوهشی دانشگاه تهران-دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی برخوردار شده است که از این دو نهاد محترم تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

پی‌نوشت‌ها

۱- امنیت‌آبی: در بخش کشاورزی؛ امنیت‌آبی به معنای دسترسی مطمئن به میزان قابل قبولی از آب برای تولید محصولات زراعی، باغی و پرورش ماهی با توجه به مشکلات موجود در سطح مزرعه؛ همچون نامناسب بودن شکل و اندازه مزارع در رابطه با میزان آب و نحوه آبیاری، تلفات انتقال آب از منبع به محل مصرف، تلفات زیاد آب در مزارع کشاورزی، استهلاک سریع تأسیسات زیربنایی، افت کیفیت شبکه‌های آبیاری، عدم استفاده از شیوه‌های مناسب آبیاری و راندمان پایین آبیاری است (Monasterolo و Howarth، ۲۰۱۶).

۲- امنیت‌انرژی: به دسترسی به انرژی پاک، قابل‌قبول و مقرون به‌صرفه

برای پخت‌وپز، گرمایش و تولید، با توجه به نگرانی‌های محیطی و مشکلات موجود در سطح مزرعه اشاره دارد (AGECC، ۲۰۱۰).

۳- امنیت‌غذایی: دسترسی مطمئن به میزان قابل قبولی از غذا برای رفع نیازهای غذایی (با استفاده از محصولات زراعی، دامی و باغی) در کلیه مراحل تولید اعم از (کاشت، داشت، برداشت، فرآوری محصولات، انبارداری و بازاریابی) محصولات کشاورزی و امور مربوط به دامداری از قبیل(چرای دام، تعلیف، نگهداری، شیردوشی، تهیه مواد لبنی و بازاریابی)؛ با توجه به مسائل و مشکلات پیش‌بینی نشده در سطح مزرعه است (مهرابی بشرآبادی و اوحدی، ۱۳۹۳).

۴- سازوکار: در این تحقیق؛ فرآیند ارتباط متقابل و دوگانه منابع حیاتی انرژی، آب و غذا بر یکدیگر در واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کوچک‌مقیاس می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر سازوکار؛ یک فرآیند طبیعی یا تثبیت‌شده است که توسط آن رویدادی اتفاق می‌افتد و یا به‌وجود می‌آید (ویکی‌پدیا، ۱۳۹۶).

5-Average variance extracted

منابع

اسدی، محمدتقی، زارع ابیانه، حمید، دلاور، نسرین، و اسدی، آذر. (۱۳۹۸). اثر پدیده تغییراقلیم بر فراسنجه‌های اقلیمی همدان. مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۱(۹)، ۱-۱۴. Doi: 10.22034/jest.2020.21435.3046

اسلامی، زینب، جنت رستمی، سمیه، و اشرف‌زاده، افشین. (۱۳۹۸). کاربرد مدلسازی در مدیریت رابطه پیوندی آب، انرژی و غذا. آب و توسعه‌پایدار، ۶(۲):۱-۸. Doi: http://10.22067/jwsd.v6i2.74126

اسماعیلی‌نژاد، ابراهیم، و داوری، کامران. (۱۳۹۹). مدیریت تخصیص آب در ایران، بیراهه‌ای در گذر زمان. آب و توسعه‌پایدار، ۷(۲)، ۲۳-۳۲. Doi: http://10.22067/jwsd.v7i2.85262

جمشیدی، امید، اسدی، علی، و کلانتری، خلیل. (۱۳۹۶). سازوکارهای سازگاری با تغییراقلیم کشاورزان خرده‌پای استان همدان. علوم ترویج و آموزش کشاورزی، ۱۳(۲)، ۱۰۹-۱۳۰.

خیز، زهره، زیبایی، منصور، و فرجزاده، زکریا. (۱۳۹۷). تأثیر خشکسالی بر درآمد و رفاه خانوارها و شاخص تولیدغذا. اقتصاد کشاورزی، ۱۲(۲)، ۲۱-۴۳. Doi: http://10.22034/iaes.2018.32529

ذوقی‌پور، آمنه، و ترکمانی، جواد. (۱۳۹۵). تحلیل الگوی داده-ستانده انرژی در بخش کشاورزی ایران. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

سواری، مسلم، شعبانعلی‌فمی، حسین، ایروانی، هوشنگ، و اسدی، علی. (۱۳۹۶). طراحی الگوی پایدارسازی معیشت کشاورزان کوچک‌مقیاس در شرایط خشکسالی استان کردستان. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۵(۲)، ۱-۱۸.

شعبانعلی‌فمی، حسین، قارون، زهرا، و قاسمی، جواد. (۱۳۹۱). مدیریت نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی در ایران، جلد۱: نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی. انتشارات سروا. چاپ اول. تهران، ایران.

صالحی، معصومه، دهقانی، فرهاد، و ابراهیمی، نادرقلی. (۱۳۹۶). تجربه موفق تکثیر بذر سالیکورنیا با منابع آب شور. آب و توسعه‌پایدار، ۴(۱)، ۳۷-۴۶. Doi: http://10.22067/jwsd.v4i1.56175

صفایی، وحیده، داوری، کامران، و پورمحمد، یاور. (۱۳۹۸). ضرورت پیوند آب، انرژی و غذا براساس برنامه استراتژیك توسعه‌پایدار. آب و توسعه‌پایدار، ۶(۲)، ۹-۱۴. Doi: http://10.22067/jwsd.v6i2.72591

صیادی، محمد، سلطانی، امید، و موحدی، فرهاد. (۱۳۹۸). ارائه يك مدل مفهومی از پویایی هم‌پیوندی آب-انرژی-غذا در ایران: رویکرد سیستمی. اقتصاد محیط‌زیست و منابع‌طبیعی، ۳(۶)، ۷۹-۱۰۴. Doi: http://10.22054/eenr.2019.12483

عابدی، سمانه. (۱۳۹۹). حکمروایی آب و ارزیابی آثار آن بر تأمین امنیت آب و غذا. آب و توسعه‌پایدار، ۷(۱)، ۱-۱۲. Doi: http://10.22067/jwsd.v7i1.82068

علم‌الهدی، علی اصغر. (۱۳۹۴). اهمیت رویداد پیوند آب و انرژی. دانشگاه شریف، تهران، ایران. موجود در: http://enerwat.sharif.ir

کرمیان، فرانك، میرك‌زاده، علی‌اصغر، و آذری، آرش. (۱۴۰۱). تحلیل میزان مصرف آب و انرژی و اثرات محیط‌زیستی تولید محصولات کشاورزی در دشت میاندربند استان کرمانشاه. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۴(۴)، ۶۹۳-۷۱۲. Doi: 10.22067/agry.2021.67227.0

کاترین‌رضوی، خدیجه. (۱۳۹۷). امنیت‌غذایی در گرو کشاورزی سنتی و خرد. علوم‌تغذیه و صنایع‌غذایی ایران، ۱۳(۱)، ۱۶۷-۱۷۳.

مالکی، نادر، شاکری‌بستان‌آباد، رضا، صالحی‌کمرودی، محسن، و سیدآبادی، سعیده. (۱۴۰۰). بررسی وضعیت شاخص‌ترکیبی امنیت‌آبی استان‌های ایران در بازه ۱۳۹۵-۱۳۹۰: کاربردی از روش‌های تحلیل چندمعیاره. فصلنامه آب و توسعه‌پایدار، ۸(۲)، ۲۱-۳۲. Doi: 10.22067/jwsd.v8i2.1028

مرکز الگوی اسلامی-ایرانی پیشرفت. (۱۳۹۵). اصول و الزامات حاکم بر نظام‌های بهره‌برداری مطلوب، نظام بهره‌برداری از منابع و عوامل تولید درکشاورزی، اصول و الزامات. اندیشکده آب، محیط‌زیست، مرکز الگوی اسلامی پیشرفت؛ امنیت‌غذایی و منابع طبیعی، تهران، ایران.

مرکزآمار ایران. (۱۳۹۳). نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی-۱۳۹۳-استان همدان. همدان، ایران.

مسائلی، حوریه، گوهری، علیرضا، و شایان‌نژاد، محمد. (۱۴۰۱). ارزیابی روشهای مختلف آبیاری بااستفاده از رویکرد همبست آب، انرژی، غذا و کربن. مدیریت آب و آبیاری، ۱۲(۳)، ۵۱۱-۵۲۵. Doi: http://10.22059/jwim.2022.339054.965

مفاخری، صلاح، ویسی، هادی، خوشبخت، کورس، و نظری،

محمدرضا. (۱۴۰۰). ارزیابی پایداری پیوند سیستم‌های آب-انرژی-غذا در محصول‌های کشاورزی (مطالعه موردی شهرستان دهگلان). علوم‌محیطی، ۱۹(۴)، ۲۸۷-۳۰۶. Doi: 10.52547/envs.2021.222630.1078

مهرابی بشرآبادی، حسین، و اوحدی، عبدالحسین. (۱۳۹۳). بررسی عوامل‌موثر بر امنیت‌غذایی در ایران. اقتصاد کشاورزی، ۸، ۱۱۱-۱۲۱.

میرزایی، شکیبا. (۱۳۹۶). معرفی همبست و نقش آن درپایداری منابع. یادداشت تحلیلی، آب و توسعه‌پایدار، ۵(۱)، ۱۴۵-۱۴۶.

ویکی‌پدیا. (۱۳۹۶). تعریف سازوکار. https://fa.wikipedia.org/. تاریخ به‌روزرسانی:۱۳۹۶/۴/۲۵.

یوسفی، محمد، و مهدوی‌دامغانی، عبدالمجید. (۱۳۹۰). بررسی بهره‌وری مصرف آب و انرژی در بوم‌نظام‌های فاریاب استان کرمانشاه. بوم‌شناسی کشاورزی، ۵(۲)، ۱۱۳-۱۲۱. Doi: http://10.22067/jag.v5i2.24462

Abulibdeh, A., Zaidan, E., & Al-Saidi, M. (2019). Development drivers of the water-energy-food nexus in the Gulf Cooperation Council region. Development in Practice, 29(5), 582-593. DOI: 10.1080/09614524.2019.1602109

Adebiyi, J. A., Olabisi, L. S., Liu, L., & Jordan, D. (2021). Water–food–energy–climate nexus and technology productivity: a Nigerian case study of organic leafy vegetable production. Environment, Development and Sustainability, 23(4), 6128-6147. DOI: 10.1007/s10668-020-00865-0

Afkhami, P., & Zarrinpoor, N. (2022). The energy-water-food-waste-land nexus in a GIS-based biofuel supply chain design: A case study in Fars province, Iran. Journal of Cleaner Production, 340, 130690. DOI: 10.1007/s12649-022-01809-7

AGECC UN. (2010). Energy for a sustainable future. Summary report and recommendations of the secretary-general's Advisory Group on Energy and Climate Change. Summary Report and Recommendation.

Aguilar, F. X., Hendrawan, D., Cai, Z., Roshetko, J. M., & Stallmann, J. (2021). Smallholder farmer resilience to water scarcity. Environment, Development and Sustainability, 24, 2543–2576. doi.org/10.1007/s10668-021-01545-3

Alam, M. F., Mandave, V., Sikka, A., & Sharma, N. (2021). Enhancing Water Productivity Through On-Farm Water Management. Water, Climate Change, and Sustainability, 109-124. DOI: 10.1002/9781119564522.ch7

Bizikova, I., Roy, D., Venema, H.D., McCandless, M. Swanson, D., khachtryan, A. & Zubrychi, K. (2014). Water-Energy-Food Nexus and Agricultural Investment: A Sustainable Development Guidebook. International Institute for Sustainable Development.

Calderon-Ambelis, H. & KeshwaniD, R. (2022). Sources of Variability and Uncertainty in Food-Energy-Water Nexus Systems. Journal of the ASABE, 65(6), 1343-1353. doi.org/10.13031/ja.15046

Correa-Cano, M. E., Salmoral, G., Rey, D., Knox, J. W., Graves, A., Melo, O., ... & Yan, X. (2022). A novel modelling toolkit for unpacking the Water-Energy-Food-Environment (WEFE) nexus of agricultural development. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 159, 112182. doi.org/10.1016/j.rser.2022.112182

Estoque, R. C. (2023). Complexity and diversity of nexuses: A review of the nexus approach in the sustainability context. Science of The Total Environment, 854,158612.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158612

FAO. (2014). Walking the Nexous Talk: Assessing the Water-Energy-Food Nexous in the Context of the Sustainable Energy for All Intitiative.

Fornell, C., & Larcker, D.F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. Journal of Marketing Research, 18(1), 39-50. doi: 10.1177/002224378101800104

Gathala, M. K., Laing, A. M., Tiwari, T. P., Timsina, J., Islam, M. S., Chowdhury, A. K., ... & Gerard, B. (2020). Enabling smallholder farmers to sustainably improve their food, energy and water nexus while achieving environmental and economic benefits. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 120, 109645. doi.org/10.1016/j.rser.2019.109645

Granit, I. (2022). Microgrids through the Energy-Water-Food Security Nexus in La Guajira, Colombia: Increasing water and food security or jeopardizing groundwater levels?. Energy Research & Social Science, 93, 102814. doi.org/10.1016/j.erss.2022.102814

Gupta, E. (2019). The impact of solar water pumps on energy-water-food nexus: Evidence from Rajasthan, India. Energy Policy, 129, 598-609. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.02.008

Henseler, J., Ringle, C, Sinkovics, R. (2016). The use of

social dynamic in climate change: The implications of cumulative exposure, climate justice, and community resilience. Contents Lists Geoforum, 12(5),129-140. doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.08.006

Lianying, W. Yangdong, H. Congjie, G. (2013). Optimum design of cogeneration for power and desalination to satisfy the demand of water and power. Desalination, 13(3), 324-337. DOI: 10.1016/j.desal.2013.06.006

Maftouh, A., El Fatni, O., Fayiah, M., Liew, R. K., Lam, S. S., Bahaj, T., & Butt, M. H. (2022). The application of water–energy nexus in the Middle East and North Africa (MENA) region: a structured review. Applied Water Science, 12(5), 83. DOI: 10.1007/s13201-022-01613-7

Mahia, C. R., Rabanal, F. P. Á., Coupe, S. J., & Fontaneda, L. Á. S. (2023). The Role of Geothermal Heat Pump Systems in the Water–Energy Nexus. In Geothermal Heat Pump Systems, 185-215. Cham: Springer International Publishing.

Malyan, S. K., Kumar, S. S., Fagodiya, R. K., Ghosh, P., Kumar, A., Singh, R., & Singh, L. (2021). Biochar for environmental sustainability in the energy-water-agroecosystem nexus. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 149, 111379. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111379

Mohtar, R.H., & lawford, R. (2016). Present and future of the water-energy-food nexus and the role of the community of practice. Journal of Environmental Studies and Sciences, 6(1),192-199. DOI: 10.1007/s13412-016-0378-5

Molajou, A., Pouladi, P., & Afshar, A. (2021). Incorporating social system into water-food-energy nexus. Water Resources Management, 35(13), 4561-4580. DOI: 10.1007/s11269-021-02967-4

Ngammuangtueng, P., Nilsalab, P., Chomwong, Y., Wongruang, P., Jakrawatana, N., Sandhu, S., & Gheewala, S. H. (2023). Water-energy-food nexus of local bioeconomy hub and future climate change impact implication. Journal of Cleaner Production, 136543. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.136543

Nhamo, L., Ndlela, B., Nhemachena, C., Mabhaudhi, T., Mpandeli, S. and Matchaya, G. (2018). The water-energy-food nexus: Climate risks and opportunities in southern Africa. Water, 10(3), 567-581. doi.org/10.3390/w10050567

partial least squares path modeling in international marketing, Adv Int Market, 20 (29), 277-319. DOI: 10.1108/S1474-7979(2009)0000020014

Howarth, C. and Monasterolo, I. (2016). Understanding barriers to decision making in the UK energy-food-water nexus: The added value of interdisciplinary approaches, Environmental Science & Policy, 61(2), 53-60. doi.org/10.1016/j.envsci.2016.03.014

Hu, X., & Li, P. (2022). Relief and stimulus in a cross-sector multi-product scarce resource supply chain network. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 168, 102932. doi.org/10.1016/j.tre.2022.102932

Jing, D., Mohammed, A. A., Kadi, A., Elmirzaev, S., AL-Khafaji, M. O., & Marefati, M. (2023). Wastewater treatment to improve energy and water nexus with hydrogen fuel production option: Techno-economic and process analysis. Process Safety and Environmental Protection, 172, 437-450. DOI: 10.1016/j.psep.2023.02.032

Jobbins, G., Kalpakian, J., Chriyaa, A., Legrouri, A., & El Mzouri, E. H. (2015). To what end? Drip irrigation and the water–energy–food nexus in Morocco. International Journal of Water Resources Development, 31(3), 393-406. DOI: 10.1080/07900627.2015.1020146

Karamian, F., Mirakzadeh, A. A., & Azari, A. (2021). The water-energy-food nexus in farming: Managerial insights for a more efficient consumption of agricultural inputs. Sustainable Production and Consumption, 27(3), 1357-1371. DOI: 10.1016/j.spc.2021.03.008

Katekar, V. P., & Deshmukh, S. S. (2021). Energy-drinking water-health nexus in developing countries. Energy and Environmental Security in Developing Countries, 411-445. DOI: 10.1007/978-3-030-63654-817

Kedir, Y., Berhanu, B., & Alamirew, T. (2022). Analysis of water–energy–crop nexus indicators in irrigated sugarcane of Awash Basin, Ethiopia. Environmental Systems Research, 11(1), 1-19. DOI: 10.1186/s40068-022-00263-7

Khacheba, R., Cherfaoui, M., Hartani, T., & Drouiche, N. (2018). The nexus approach to water-energy-food security: an option for adaptation to climate change in Algeria. Desalination and Water Treatment, 131(3), 30-45. doi: 10.5004/dwt.2018.22950

Kim, H., Marcouiller, D., Woosnam, M. (2018). Rescaling

Optimizing Food-Energy-Water (FEW) nexus to foster collective resilience in urban-rural systems. Progress in Disaster Science, 3(4), 1266-1291. DOI: 10.3390/smartcities3040062

Taqwa, M.R.; Tabataeeyan, S.H.; Salehi Sadghiani, J. & Mohammadi, K. (2013). Factors affecting the success of international technology transfer projects with the support of the facilitator organization. Innovation Management Quarterly, 4(8), 53-80. DOI: 10.1109/IEEM.2010.5674623

Terrapon-Pfaff, J., Ersoy, S. R., Fink, T., Amroune, S., Jamea, E. M., Zgou, H., & Viebahn, P. (2021). Localizing the water-energy nexus: the relationship between solar thermal power plants and future developments in local water demand. Sustainability, 13(1), 108-123. doi.org/10.3390/su13010108

Tucho, G. T., & Okoth, T. (2020). Evaluation of neglected bio-wastes potential with food-energy-sanitation nexus. Journal of Cleaner Production, 242(1), 118547. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118547

UNWater. (2021). Water, Food and Energy. https://www.unwater.org/water-facts/water-food-and-energy

Usman, M., Ali, A., Bashir, M. K., Baig, S. A., Mushtaq, K., Abbas, A., ... & Iqbal, M. S. (2023). Modelling well-being of farmers by using nexus of climate change risk perception, adaptation strategies, and their drivers on irrigation water in Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 30(17), 49930-49947. DOI: 10.1007/s11356-023-25883-z

Wa'el A, H., Memon, F. A., & Savic, D. A. (2017). An integrated model to evaluate water-energy-food nexus at a household scale. Environmental modelling & software, 93, 366-380. doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.034

Weidner, T., Yang, A., Forster, F., & Hamm, M. W. (2022). Regional conditions shape the food–energy–land nexus of low-carbon indoor farming. Nature Food, 3(3), 206-216. DOI: 10.1038/s43016-022-00461-7

Zarei, S., Bozorg-Haddad, O., Kheirinejad, S., & Loáiciga, H. A. (2021). Environmental sustainability: A review of the water–energy–food nexus. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 70(2), 138-154. doi.org/10.2166/aqua.2020.058

OECD. (2014). Bridging the Digital Divide. (available at: https://www.oecd.org/site/schoolingfortomorrowknowledgebase/

Olawuyi, D. (2020). Sustainable development and the water-energy-food nexus: Legal challenges and emerging solutions. Environmental Science & Policy, 103, 1-9. doi.org/10.1016/j.envsci.2019.10.009

Pereira Ribeiro, J. M., da Silva, S. A., da Silva Neiva, S., Soares, T., Montenegro, C., Deggau, A. B., . . . and de Andrade Guerra, J. B. S. O. (2021). A proposal of a balanced scorecard to the water, energy and food nexus approach: Brazilian food policies in the context of sustainable development goals. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 35(1), 129-146. DOI: 10.1007/s00477-020-01769-1

Rasul, G. (2016). The nexus approach to water-energy-food security: an option for adaption to climate change. Climate policy, 16(6), 134-151. doi.org/10.1080/14693062.2015.1029865

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.org/10.1016/j.cosust.2013.11.002

Sarkodie, S. A., & Owusu, P. A. (2020). Bibliometric analysis of water–energy–food nexus: Sustainability assessment of renewable energy. Current Opinion in Environmental Science & Health, 13(2), 29-34. doi.org/10.1016/j.coesh.2019.10.008

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

Singh, R., Singh, P., Singh, H., & Raghubanshi, A. (2019). Impact of sole and combined application of biochar, organic and chemical fertilizers on wheat crop yield and water productivity in a dry tropical agro-ecosystem. Biochar, 1(2), 229-235. DOI: 10.1007/s42773-019-00013-6

Subedi, R., Karki, M., & Panday, D. (2020). Food system and water–energy–biodiversity nexus in Nepal: a review. Agronomy, 10(8), 1129-1140. doi.org/10.3390/agronomy10081129

Sukhwani, V., Shaw, R., Kumar, M.B., Wanglin, Y. (2019).