



Examining the nexus of food and water security components in the agricultural sector

Zeinab Farashi¹ | Hossein Shabanali Fami^{2✉} | Ali Asadi³ | Aliakbar Barati⁴

1. Department of Agricultural Management and Development, Faculty of Agricultural Economics and Development, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: zeinab.farashi67@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agricultural Management and Development, Faculty of Agricultural Economics and Development, University of Tehran, Karaj, Iran E-mail: hfamfami@ut.ac.ir
3. Department of Agricultural Management and Development, Faculty of Agricultural Economics and Development, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: aasadi@ut.ac.ir
4. Department of Agricultural Management and Development, Faculty of Agricultural Economics and Development, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: aabarati@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 18 November 2024

Received in revised form

5 April 2025

Accepted 4 November 2025

Published online 17 March 2026

Keywords:

Food Availability

Food Sustainability

Water Supply

Food Consumption

ABSTRACT

Food insecurity is a major global development challenge, requiring investment in agriculture, poverty reduction, and conservation of natural resources to ensure universal access to food. This study aimed to identify and analyze the linkages between key food and water security components. The target population included experts in food and water security, particularly faculty members and practitioners, with 15 participants selected through purposive sampling. Data were collected using a questionnaire, validated by agricultural management and development experts at the University of Tehran, and its reliability was confirmed by Cronbach alpha coefficient. The DEMATEL technique was used for data analysis. Results revealed that the sustainability of water access had the greatest impact on other water and food security components, while food consumption had the least influence. Food availability was identified as the most influenced component, Economic access to water was the least influenced. The sustainability of food access was highlighted as the most critical factor for improving food security. The study emphasizes sustainable natural resource management, investment in innovative technologies, and increased resilience to climate change to enhance water and food security. Additionally, economic policies should be designed to improve the economic capacity for water and food access, particularly for low-income groups. These measures can foster more sustainable and equitable systems in water and food security.

Cite this article: Farashi, Z., Shabanali Fami, H., Asadi, A., & Barati, A. (2026). Examining the nexus of food and water security components in the agricultural sector. *Journal of Water and Irrigation Management*, 15 (4), 787-804. DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2025.385441.1189>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2025.385441.1189>

Publisher: University of Tehran Press.



بررسی هم‌پیوندی مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی در بخش کشاورزی

زینب فراشی^۱ | حسین شعبانعلی فمی^۲ | علی اسدی^۳ | علی اکبر براتی^۴۱. گروه مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: zeinab.farashi67@ut.ac.ir۲. نویسنده مسئول، گروه مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hfami@ut.ac.ir۳. گروه مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: aasadi@ut.ac.ir۴. گروه مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: aabarati@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۶

کلیدواژه‌ها:

فراهمی غذا

پایداری غذا

تأمین آب

مصرف غذا

نامنی غذایی یکی از چالش‌های مهم توسعه در جهان است که نیازمند سرمایه‌گذاری در کشاورزی، کاهش فقر و حفظ منابع طبیعی برای دسترسی همه به غذا می‌باشد. این پژوهش با هدف شناسایی و بررسی پیوند بین مؤلفه‌های اصلی امنیت غذایی و آبی انجام شد. جامعه آماری آن شامل متخصصان حوزه امنیت غذایی و آبی، به‌ویژه اعضای هیأت علمی و کارشناسان بخش اجرا بودند که از میان آن‌ها، ۱۵ نفر به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه بود که روایی آن توسط استادان گروه مدیریت و توسعه کشاورزی دانشگاه تهران و پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ تأیید شدند. برای تحلیل داده‌ها از روش دیمتل (DEMATEL) استفاده گردید. نتایج نشان داد که پایداری دسترسی به آب و مصرف غذا به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را بر دیگر مؤلفه‌های امنیت آبی و غذایی دارند. همچنین، فراهمی غذا و دسترسی اقتصادی به آب به‌عنوان مؤلفه‌هایی که به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین اثرپذیری را از دیگر مؤلفه‌ها دارند، شناسایی شدند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که از دیدگاه خبرگان پایداری دسترسی به غذا مهم‌ترین مؤلفه در بهبود امنیت غذایی است. براساس نتایج برای ارتقای امنیت آب و غذا، تمرکز بر مدیریت پایدار منابع طبیعی، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین و افزایش تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی ضروری است. علاوه بر این، سیاست‌های اقتصادی باید به گونه‌ای طراحی شوند که دسترسی اقتصادی به آب و غذا، به‌ویژه برای گروه‌های کم‌درآمد، بهبود یابد. این اقدامات می‌توانند به ایجاد سیستم‌های پایدار و عادلانه‌تر در حوزه امنیت آب و غذا منجر شوند.

استناد: فراشی، زینب؛ شعبانعلی فمی، حسین؛ اسدی، علی و براتی، علی اکبر (۱۴۰۴). بررسی هم‌پیوندی مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی در بخش کشاورزی.

نشریه مدیریت آب و آبیاری، ۱۵ (۴)، ۷۸۷-۸۰۴. DOI: <https://doi.org/10.22059/jwim.2025.385441.1189>

۱. مقدمه

ناامنی غذایی در ایران و جهان به واسطه تهدیدات محیطی، از جمله کم‌آبی و تغییر اقلیم، به یک چالش جدی برای جوامع بشری تبدیل شده است. این پدیده تأثیرات منفی گسترده‌ای بر تولیدات کشاورزی، دسترسی به غذا و ثبات اقتصادی و اجتماعی دارد (Khader et al., 2019; Pickson et al., 2023). بسیاری از پژوهش‌گران بر این باورند که امنیت غذایی به‌طور مستقیم وابسته به فعالیت‌های بشری است، به‌ویژه بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی که منجر به کاهش تولیدات کشاورزی، کمبود آب، کاهش سطح زیرکشت (Alefi et al., 2018)، افزایش میانگین دما و کاهش میانگین بارش‌ها می‌شود (Mahmoodi and Parhizkari, 2016). این در حالی است که عمده غذای بشر (بیش از ۹۵ درصد) از تولید محصولات کشاورزی و منابع محیطی به‌دست می‌آید (Rojas et al., 2016)، که به‌وضوح نقش کلیدی کشاورزی در تولید غذا و تأمین امنیت غذایی را نشان می‌دهد. امنیت غذایی به معنای توانایی دسترسی فیزیکی و اقتصادی افراد به منابع غذایی است، به گونه‌ای که نیازهای غذایی و ترجیحات آن‌ها را برای یک زندگی فعال و سالم روزانه تأمین کند (Wisdom et al., 2022) که خود شامل چهار مؤلفه اصلی است؛ ۱- دسترسی (فیزیکی و اقتصادی)؛ این مؤلفه به توانایی افراد برای دسترسی فیزیکی به غذا و همچنین توانایی اقتصادی آن‌ها برای خرید مواد غذایی موردنیاز اشاره دارد. دسترسی فیزیکی به معنای وجود غذا در بازارها و فروشگاه‌هاست، درحالی‌که دسترسی اقتصادی به معنای توانایی مالی افراد برای خرید غذا بدون تحمل فشار اقتصادی است، ۲- فراهمی؛ که به میزان تولید و عرضه مواد غذایی در یک منطقه یا کشور مربوط می‌شود. این مؤلفه اطمینان می‌دهد که غذا به اندازه کافی برای جمعیت موجود وجود دارد، ۳- پایداری؛ که به توانایی سیستم‌های غذایی برای تأمین نیازهای غذایی فعلی بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود اشاره دارد. این موضوع مستلزم استفاده پایدار از منابع طبیعی از جمله خاک، آب و انرژی است؛ و ۴- مصرف؛ که به کیفیت و کمیت مصرف غذا توسط افراد مربوط می‌شود. مصرف مناسب غذا باید از نظر تغذیه‌ای کافی و سالم باشد تا سلامت افراد را تضمین کند (Berry, 2019). برای دستیابی به امنیت غذایی در سطح خانوار شرایط مختلف اقتصادی مانند تمرکز بر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، به‌ویژه در بازارهای عمده‌فروشی و جاده‌ها، کاهش محدودیت‌های مرتبط با سیاست‌گذاری مانند تشریفات اداری بیش از حد و مقررات ایمنی مواد غذایی و تجاری، ضروری است (Reardon et al., 2021). از طرفی دیگر، بازارهای غیردائمی (فصلی، هفتگی و روزانه) نقش بسیار پراهمیتی برای دسترسی خانوارها به غذا دارند، بازارهای محلی، مکانی برای رفع نیازهای اقتصادی اقشار مختلف مردم به‌ویژه روستاییان است. اغلب روستاییان سعی می‌کنند محصولات خود را در زمان بازار به فروش برسانند و مایحتاج خود را نیز در همین محدوده زمانی بخرند. فروش محصولات در این بازارها از جهات بسیاری می‌تواند به سود کشاورزان و سایر شرکت‌کنندگان در آن باشد (Ghadiri Masoum et al., 2016)، همچنین نیروی کار خانوار نشانگر منبع سرمایه انسانی خانوار در فعالیت‌های اقتصادی است. با افزایش نیروی کار خانوار، میزان درآمد کل خانوار افزایش می‌یابد و تأمین غذا بهبود می‌یابد. خانوارهایی که علاوه بر شغل کشاورزی منبع درآمد دیگری داشته باشند، دسترسی بیشتری به غذا نیز دارند (Reardon et al., 2021). بسیاری از کشاورزان به‌منظور افزایش عملکرد مزرعه از سموم، علف‌کش‌ها و کودهای شیمیایی به شکل بی‌رویه استفاده می‌کنند که این نه‌تنها یک رژیم غذایی ناپایدار (مصرف کمتر و بیش از حد) است بلکه آسیب‌های زیست‌محیطی آن آینده امنیت غذایی و آبی را تهدید می‌کند. بنابراین، کشاورزان با تجربه می‌توانند با اتخاذ تصمیم‌های درست مدیریتی، مانند استفاده از روش‌های نوین کشاورزی نه‌تنها احتمال قرارگرفتن در گروه‌های دارای فقر غذایی را کاهش می‌دهند، بلکه آسیب کمتری به منابع تولید نیز وارد می‌کنند (Acheampong et al., 2022). سطح تحصیلات از دیگر عواملی است که احتمال مصرف مواد غذایی قابل‌قبول را افزایش می‌دهد (Melketo, 2023). در نتیجه، در میان

جوامعی که در آن‌ها غذای کافی برای برآوردن نیازهای غذایی وجود ندارد، این امکان وجود دارد که آموزش بتواند کمیت و کیفیت رژیم غذایی را بهبود بخشد (Ngema *et al.*, 2018). زیرا آموزش با افزایش سطح آگاهی از نیازهای تغذیه‌ای، می‌تواند باعث اصلاح الگوهای غذایی با توجه به کمبود منابع آبی شود.

با گسترش مناطق خشک به دلیل گرمایش جهانی و تشدید خشک‌سالی، کمبود منابع آبی در مناطق مختلف افزایش یافته است (Wang *et al.*, 2021). این در حالی است که رشد جمعیت و توسعه اقتصادی باعث افزایش تقاضا برای غذا شده است (Ma *et al.*, 2023). اکنون، خشک‌سالی‌های مکرر باعث محدودیت گسترش زمین‌های زیرکشت در مناطق با منابع محدود آب گردیده است (Cai *et al.*, 2022) و در کنار عواملی چون تغییرات پوشش گیاهی، افزایش دما و پراکنش الگوهای بارندگی، کوچک و ذوب‌شدن یخچال‌های طبیعی، امنیت غذایی و آبی را تهدید کرده است (Iortyom and Kargbo, 2023). در حال حاضر، رشد جمعیت امنیت غذایی را به چالش کشیده است. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی، گرسنگی بیش از ۱۰ درصد از جمعیت جهان را در سال ۲۰۲۱ تحت تأثیر قرار داده است (Galappaththi *et al.*, 2024). امنیت غذایی جهانی نه تنها به دلیل رشد جمعیت، بلکه به دلیل بی‌ثباتی اقتصادی، توزیع نابرابر منابع و عوامل استرس‌زای محیطی تضعیف شده است (Fox *et al.*, 2020). این امر تحت تأثیر عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بی‌شماری بوده است که تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین این عوامل است، زیرا تولید و زنجیره تأمین مواد غذایی را مختل می‌کند (Freduah *et al.*, 2017). تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی بر امنیت غذایی با توجه به فراوانی و شدت فزاینده رویدادهای آب‌وهوایی شدید مانند خشک‌سالی، سیل، طوفان، بالا آمدن سطح دریا و تغییر در الگوهای بارش در مناطق مختلف متفاوت است (Mirzabaev *et al.*, 2023). بنابراین، جوامع به طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر مسائل ناامنی غذایی ناشی از تغییرات آب‌وهوایی قرار دارند. علت اصلی تغییر اقلیم فعالیت‌های انسانی مانند افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی و افزایش گاز دی‌اکسیدکربن بوده که امنیت غذایی و آبی میلیاردها نفر در کشورهای در حال توسعه را به مخاطره انداخته است (Leal Filho *et al.*, 2021) و درآمد خانوار از بخش کشاورزی را کاهش داده است (Ngoma *et al.*, 2024). این در حالی است که بخش کشاورزی ۱۱/۶۱ درصد از تولید ناخالص داخلی کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهد و تأثیر قابل توجهی بر اقتصاد ملی و امنیت غذایی این کشورها دارد (Ahmed, 2024). با این حال، تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی و همچنین تغییر کاربری و پوشش زمین، اغلب منجر به تغییر موازنه بین عملکرد تولید محصول و خدمات مرتبط با امنیت آبی می‌شود که تهدیدی برای امنیت غذایی ایجاد می‌کند (Ma *et al.*, 2023). آثار شدید تغییر اقلیم، به‌ویژه به دلیل فعالیت‌های انسانی و انتشار مداوم گازهای گلخانه‌ای (Birch, 2014)، شوک‌های اقلیمی، تأثیرات قابل توجهی بر تولیدات کشاورزی دارند. تغییرات اقلیمی می‌توانند باعث کاهش عملکرد محصولات، افزایش هزینه‌های تولید و حتی از بین رفتن کامل محصولات در برخی مناطق شوند. این مسائل نگرانی‌ها در مورد کاهش تولیدات کشاورزی را تشدید کرده‌اند. این موضوع نه تنها بر امنیت غذایی تأثیر می‌گذارد، بلکه می‌تواند باعث ورشکستگی کشاورزان و کاهش درآمد شود (Borowski, 2022; Ngoma *et al.*, 2024). این در حالی است که بخش کشاورزی در کشورهای در حال توسعه یکی از محرک‌های مهم رشد اقتصادی است، زیرا به درآمد، تجارت و امنیت غذایی خانوار کمک می‌کند. با وجود اهمیت آن، کاهش تولید ناشی از کم‌آبی در این بخش در بسیاری از نقاط جهان به‌وضوح قابل مشاهده است (Liu *et al.*, 2015). کمبود آب یکی از چالش‌های عمده‌ای است که بسیاری از کشورها، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان با آن مواجه هستند. این مسئله نه تنها بر دسترسی به آب آشامیدنی سالم تأثیر می‌گذارد، بلکه تأثیرات گسترده‌ای بر امنیت غذایی، سلامت جامعه، توسعه اقتصادی و ثبات سیاسی دارد. در این میان، امنیت آبی و امنیت غذایی ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند و توجه به مسئله امنیت آبی می‌تواند به حل مشکل امنیت غذایی کمک کند (Chen *et al.*, 2023). به گفته کمیسیون تحقیقات آب آفریقای جنوبی، امنیت آبی به‌عنوان، در دسترس بودن مقدار قابل قبولی از آب با کیفیت و سالم برای معیشت، سلامت، اکوسیستم و تولید

اقتصادی- اجتماعی و همچنین سطح قابل قبولی از خطرات مرتبط با آب برای مردم، محیط‌زیست و اقتصاد تعریف شده است (Apraku et al., 2023). بنابراین، امنیت آبی به‌طور کلی شامل ابعادی مانند دسترسی به آب، کیفیت آب، مدیریت پایدار منابع آب و توانایی مقابله با خطرات و تغییرات محیطی است (Garfin et al., 2016). لذا، همانند امنیت غذایی در خصوص امنیت آبی نیز می‌توان چهار مؤلفه کلیدی را تعریف نمود؛ ۱- فراهمی: این مؤلفه به میزان منابع آب موجود در یک منطقه اشاره دارد که باید برای مصارف مختلف مانند شرب، کشاورزی و صنعت کافی باشد، ۲- دسترسی اقتصادی به آب: این مؤلفه به توانایی مالی افراد و جوامع برای دسترسی به آب سالم و قابل شرب مربوط می‌شود. هزینه‌های تأمین آب نباید به حدی باشد که دسترسی به آب را برای اقشار کم درآمد دشوار کند، ۳- دسترسی فیزیکی: دسترسی فیزیکی به آب به معنای وجود زیرساخت‌های لازم برای توزیع آب به تمامی نقاط موردنیاز است. این شامل شبکه‌های آبرسانی، چاه‌ها و سایر منابع آب است و ۴- تداوم دسترسی به آب: این مؤلفه به قابلیت اطمینان و پایداری دسترسی به آب در طول زمان اشاره دارد. تغییرات اقلیمی، خشک‌سالی‌ها و آلودگی منابع آب می‌توانند تداوم دسترسی به آب را تهدید کنند. این مؤلفه‌ها نشان می‌دهند که امنیت آب و غذا نه تنها به منابع فیزیکی، بلکه به عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی نیز وابسته است (Hailu et al., 2022). درک این مؤلفه‌ها و ارتباط بین آن‌ها برای طراحی سیاست‌های مؤثر در جهت تضمین امنیت آب و غذا ضروری است.

حدود ۸۰ درصد از جمعیت جهان با نوعی ناامنی آبی مواجه هستند (Vörösmarty et al., 2010) که اغلب مانع دستیابی به اهداف مرتبط با امنیت غذایی می‌شود (Singh, 2017). در ایران، چالش‌های مرتبط با ناامنی آبی و تغییرات اقلیمی در قالب خشک‌سالی، تغییر اقلیم، کاهش منابع آبی و کاهش تولید در بخش کشاورزی نمایان شده است. براساس مطالعات پیشین، کاهش طول فصل رشد، افزایش تعداد روزهای یخبندان (Joudaki et al., 2023)، کم‌آبی ناشی از تغییر اقلیم و خشک‌سالی (Maleknia et al., 2017)، افزایش شهرنشینی، افزایش قیمت نهاده‌ها، فشار بر منابع آب، افزایش آسیب‌پذیری محصولات کشاورزی و دامی در برابر تغییرات آب‌وهوایی (Frone and Frone, 2015)، در کنار، افزایش ۷۰ درصدی تقاضای غذا به دلیل افزایش جمعیت و کمبود زیرساخت‌ها (Rahbardehghan et al., 2021) به شدت تولیدات بخش کشاورزی در کشورهای در حال توسعه را کاهش داده و امنیت غذایی را به چالش کشانده است (Ngoma et al., 2024).

در ایران نیز کمبود منابع آب یکی از چالش‌های عمده امنیت غذایی در آینده می‌باشد. از یک طرف کمبود بارندگی فصلی می‌تواند دسترسی به آب را محدود و از طرف دیگر سیل‌های غیرمنتظره باعث کاهش کیفیت آب شده که این عوامل آینده امنیت آبی و به دنبال آن امنیت غذایی را مختل می‌کند (Young et al., 2021). امنیت آبی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار، نقش حیاتی در تضمین دسترسی پایدار به منابع آب برای جوامع و اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند. این مفهوم نه تنها شامل تأمین آب کافی برای مصارف انسانی، کشاورزی و صنعتی است، بلکه به کیفیت آب، مدیریت پایدار منابع آبی و مقابله با چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی، خشک‌سالی، سیلاب‌ها و آلودگی‌های محیطی نیز توجه دارد (Garfin et al., 2016). هم‌پیوندی امنیت آبی و امنیت غذایی از جمله موضوعات کلیدی در بحث توسعه پایدار است. آب به‌عنوان عنصری اساسی در تولید غذا، نقش تعیین‌کننده‌ای در امنیت غذایی جوامع دارد. کاهش دسترسی به منابع آب سالم و پایدار می‌تواند به کاهش تولیدات کشاورزی، افزایش قیمت مواد غذایی و در نهایت ناامنی غذایی منجر شود. از سوی دیگر، تغییرات اقلیمی و افزایش تقاضا برای آب، فشار بیش‌تری بر منابع آبی وارد می‌کند و این چرخه را تشدید می‌نماید (De Amorim et al., 2018). آب برای تولید محصولات کشاورزی و پرورش دام ضروری است و از سوی دیگر کشاورزی و تولید غذا نیز بر منابع آب تأثیر می‌گذارد. افزایش جمعیت، تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آب شیرین، چالش‌های بزرگی را در رابطه با پیوند آب و غذا ایجاد کرده‌اند (Salem et al., 2022).

براساس مطالعات انجام‌شده در حوزه پیوند امنیت آبی و غذایی، آب جزء ذاتی همه بخش‌های توسعه است. بنابراین، امنیت

آبی عمیقاً در مسائل مربوط به امنیت بخش‌های دیگر در هم تنیده است. این بدیهی است که ارتباط آب و غذا یکی از مهم‌ترین پیوندهای بین بخشی است، زیرا تولید غذا تقریباً ۷۰٪ کل مصرف آب توسط انسان را تشکیل می‌دهد و ۴۰٪ از زمین نیز برای تولید غذا استفاده می‌شود (Varis et al., 2017). زمین اساسی‌ترین عامل تولید کشاورزی، زمینه‌ساز بقا و توسعه جامعه بشری و تضمین‌کننده امنیت غذایی و محیط زیست جهانی است (Su et al., 2019). اینکه آیا می‌توان از زمین‌های کشت‌شده به‌طور مؤثر استفاده کرد یا خیر، به وضعیت امنیت آبی برمی‌گردد. باین‌حال، در یک دوره توسعه سریع اقتصادی و اجتماعی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، منابع و گستره زمین‌های زیر کشت در معرض تهدید جدی کم‌آبی قرار دارند (Qi et al., 2022). در واقع امنیت آبی بر امنیت غذایی تأثیر می‌گذارد و با آن مرتبط است. براساس مطالعات، کم‌آبی باعث کاهش سرانه منابع زمین زیر کشت در جهان از ۴۱٪ هکتار در سال ۱۹۶۰ به ۲۱٪ هکتار در سال ۲۰۱۹ که به‌دنبال آن تولید محصولات کشاورزی که عمده غذایی بشر را تأمین می‌کند شده است (Chen et al., 2020). مطالعات اخیر نشان‌دهنده وابستگی شدید تولید جهانی غذا به شیوه‌های مصرف آب و ارتباط تنگاتنگ بین آب و غذا هستند. این پژوهش‌ها تأکید می‌کنند که بسیاری از سیستم‌های کشاورزی در سراسر جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به روش‌های ناپایدار آبیاری متکی هستند. این شیوه‌ها نه تنها باعث کاهش ذخایر آب شیرین می‌شوند، بلکه بر جریان‌های طبیعی آب نیز تأثیر منفی می‌گذارند و در نتیجه اکوسیستم‌های آبی را مختل می‌کنند (Rosa et al., 2019). انرژی، آب و غذا برای تأمین نیازهای اساسی انسان ضروری هستند. به‌عنوان مثال، تولید انرژی تجدیدپذیر مانند برق‌آبی به‌طور مستقیم وابسته به منابع آب است. در مقابل استخراج، تصفیه و انتقال آب به انرژی نیاز دارد هم‌چنین، تولید غذا به انرژی و آب وابسته است. از طرفی تولید سوخت‌های زیستی می‌تواند با تولید غذا رقابت کند و قیمت مواد غذایی را افزایش دهد. هم‌چنین، تصفیه و توزیع آب به انرژی نیاز دارد. این وابستگی متقابل باعث می‌شود که اختلال در یکی از این بخش‌ها تأثیرات مستقیمی بر بخش‌های دیگر داشته باشد. این منابع تضمین‌کننده رشد اقتصادی و تضمین‌کننده رفاه اجتماعی می‌باشند (Namany et al., 2019). امنیت آبی و غذایی دو موضوع به هم پیوسته و حیاتی برای بقای بشر و توسعه پایدار هستند. روابط متقابل بین این دو حوزه بسیار پیچیده و چندبعدی است. کمبود منابع آبی به‌طور مستقیم بر عملکرد محصولات تأثیر می‌گذارد. کاهش بارندگی و خشک‌سالی‌های مکرر باعث کاهش رطوبت خاک و افت عملکرد محصولات استراتژیک مانند گندم، برنج و ذرت می‌شود (Zhang and Vesselinov, 2017). در بلندمدت، برخی اراضی کشاورزی ممکن است به‌دلیل شورشیدن خاک یا بی‌آبی کاملاً از چرخه تولید خارج شوند. کاهش عرضه محصولات کشاورزی منجر به افزایش قیمت آن‌ها می‌شود، به‌ویژه در کشورهایی که به واردات مواد غذایی وابسته هستند. نوسانات قیمت، دسترسی گروه‌های کم‌درآمد به غذا را محدود کرده و ناامنی غذایی را تشدید می‌کند. تشدید این وضعیت می‌تواند به ناآرامی‌های اجتماعی یا بحران‌های سیاسی منجر شود (Zhang and Vesselinov, 2017). به‌طور قطع، منابع آب، انرژی و سطح آبیاری مؤثر از عوامل اساسی و کلیدی در حمایت از تولید محصولات غذایی به‌شمار می‌روند. این عوامل به‌طور مستقیم بر بهره‌وری کشاورزی و امنیت غذایی تأثیر می‌گذارند (Zhang et al., 2022). بنابراین، تأمین پیوسته و امن منابع آب، انرژی و غذا (EWF) مستلزم مدیریت کارآمد این منابع و در عین‌حال در نظر گرفتن آسیب‌پذیری‌های احتمالی است (Namany et al., 2019). این امر برای امنیت غذایی که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های جهان مدرن شناخته می‌شود، ضروری است. در واقع، نیاز فوری به تضمین تأمین پایدار غذا برای جمعیت رو به رشد وجود دارد. استفاده از انرژی در تولید مواد غذایی و حفظ منابع آب از جمله موضوعات حیاتی در زمینه توسعه پایدار است. آب به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین منابع طبیعی، نقش اساسی در امنیت غذایی و تولید محصولات کشاورزی و دامی ایفا می‌کند. کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین در جهان، نزدیک به ۷۰ درصد از کل آب شیرین قابل دسترس را مصرف می‌کند. این آب برای آبیاری محصولات زراعی، پرورش دام و سایر فرایندهای کشاورزی ضروری است (Rosa et al., 2019).

در نتیجه، حفاظت و استفاده اصولی از منابع آبی برای توسعه امنیت غذایی و آبی بسیار مهم است. هم‌چنین ایجاد هم‌پیوندی آب و غذا در عرصه مدیریت آب و تولیدات کشاورزی موجب بهره‌برداری بهینه از منابع تولید خواهد شد (Wang *et al.*, 2021).

بنابراین امنیت آبی و غذا از جمله مسائل حیاتی و به هم پیوسته در جوامع امروزی هستند که تأثیر مستقیمی بر سلامت، رفاه و پایداری محیط زیست دارند. برای تولید هر نوع مواد غذایی به آب نیاز است. این در حالی است که رخدادهای آب‌وهوایی با تأثیر منفی بر منابع آبی تولیدات غذا در بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده است. از آنجایی که تولید غذا برای پاسخ‌گویی به جمعیت آینده مستلزم وجود منابع آبی است (Young *et al.*, 2021)، لذا اختلال در این بعد امنیت آبی باعث محدودیت تولید و کاهش عرضه محصول در بازار شده و دسترسی خانوارها به غذا را محدود می‌کند. کاهش تولید از یک طرف باعث افزایش قیمت مواد غذایی برای تقاضای جمعیت رو به رشد شده و از طرفی دیگر درآمد خانوار که به تولیدات بخش کشاورزی وابسته است را کاهش داده است. این فرایند باعث کاهش قدرت خرید خانوار می‌شود (Ripple *et al.*, 2022). هم‌چنین، کاهش منابع آبی با تأثیر بر تنوع تولیدات بخش کشاورزی، باعث عدم دسترسی خانوارها به سبد غذایی متنوع و با کیفیت (Thomas, 2019) و در نتیجه کاهش تنوع درآمدی خانوارهای روستایی می‌شود (Thomas, 2019; Whitney *et al.*, 2018). کاهش درآمد خانوار، دسترسی کمی و کیفی خانوارها به مواد غذایی را تحت تأثیر قرار داده و مصرف مواد غذایی را محدود می‌کند (Young *et al.*, 2021) و باعث فقر پایدار بسیاری از خانوارهای کشاورزی می‌شود. امنیت غذایی و آبی هم‌چنین به بازارهای غذایی ناقص، فرصت‌های شغلی ناکافی، توزیع ناعادلانه منابع، ناتوانی در سرمایه‌گذاری، تبعیض و عوامل جمعیتی به‌شدت بستگی دارد (ESCAP, 2023). خانوارهایی که به غیر از شغل کشاورزی به منبع درآمد دیگری (کارمند) متکی هستند، از امنیت غذایی بیش‌تری نیز برخوردارند. بنابراین، اشتغال سرپرست خانوار یا اعضای خانوار در دسترسی به امنیت غذایی مؤثر است (Young *et al.*, 2021).

بنابراین، مرور مطالب فوق حاکی از آن است که تغییرات اقلیمی تأثیرات عمیقی بر بخش کشاورزی و منابع آب داشته است. این موضوع منجر به کاهش دسترسی به منابع آب شیرین و افزایش تنش آبی شده که در پی آن کاهش تولید محصولات کشاورزی به دلیل تغییرات اقلیمی، منجر به افزایش قیمت مواد غذایی و کاهش دسترسی به غذا شده است. این موضوع به‌ویژه در مناطق فقیر و در حال توسعه بیش‌تر مشهود است. تغییر در کیفیت خاک و کاهش حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی نیز به کاهش تولید مواد غذایی کمک کرده است و امنیت غذایی و آبی را در بسیاری از مناطق جهان به خطر انداخته است.

بنابراین، ارتباط بین امنیت آبی و امنیت غذایی بسیار تنگاتنگ است، زیرا آب به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین نهادهای تولید غذا، نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی ایفا می‌کند. هر دو مفهوم به‌شدت به یکدیگر وابسته‌اند و تأثیرات متقابلی بر هم دارند. بدون دسترسی به آب کافی و با کیفیت، تولید محصولات کشاورزی کاهش می‌یابد و امنیت غذایی به خطر می‌افتد. تغییرات اقلیمی باعث کاهش دسترسی به منابع آب و افزایش خشک‌سالی‌ها می‌شود. این تغییرات بر تولید محصولات کشاورزی تأثیر منفی می‌گذارد و امنیت غذایی را تهدید می‌کند. با افزایش جمعیت و رشد صنایع، رقابت بر سر منابع آب افزایش می‌یابد. این رقابت ممکن است باعث کاهش آب اختصاص یافته به بخش کشاورزی و در نتیجه کاهش تولید غذا شود که این عوامل مؤلفه فراهمی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در بعد مصرف، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌تواند بر کیفیت محصولات کشاورزی تأثیر بگذارد. استفاده از آب آلوده برای آبیاری ممکن است باعث آلودگی مواد غذایی و تهدید سلامت انسان‌ها شود. بهبود بهره‌وری آب در کشاورزی، به‌ویژه از طریق روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای، نقش کلیدی در افزایش امنیت آبی و غذایی ایفا می‌کند. این روش‌ها نه تنها مصرف آب را

کاهش می‌دهند، بلکه بازدهی محصولات را نیز افزایش می‌دهند استفاده از سیستم‌های مقاوم به خشکی و کم‌آبی می‌تواند از خسارت‌های اقتصادی ناشی از کاهش تولیدات کشاورزی در دوره‌های خشک‌سالی جلوگیری کنند که این مسئله در بعد اقتصادی می‌گنجد. امنیت آبی و امنیت غذایی دو مفهوم به هم پیوسته هستند که تأمین آن‌ها نیازمند مدیریت هوشمندانه منابع آب و توسعه سیستم‌های غذایی پایدار است. بدون امنیت آبی، دستیابی به امنیت غذایی غیرممکن خواهد بود و بالعکس. بنابراین، سیاست‌ها و راه‌کارهای یکپارچه در سطح ملی و بین‌المللی برای مدیریت این دو حوزه ضروری است. بر همین اساس سوال اصلی این پژوهش این است که اثرگذارترین و اثرپذیرترین مؤلفه‌های امنیت آبی و غذایی کدامند؟ و هر یک از این مؤلفه‌ها چگونه و با کدامیک از دیگر مؤلفه‌ها در ارتباط هستند؟ با توجه به اهمیت مسئله امنیت غذایی و آبی و فقدان مطالعات پیشین در رابطه با هم‌پیوندی این دو مقوله دستیابی به پاسخ پرسش‌های فوق می‌تواند نقطه تمایز این مطالعه با دیگر پژوهش‌ها باشد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش، نوعی مطالعه پیمایشی بود که از لحاظ هدف در گروه مطالعات کاربردی و از لحاظ میزان و درجه کنترل متغیرها در گروه مطالعات غیرآزمایشی است. هم‌چنین، این مطالعه از نظر روش تحلیل داده‌ها از نوع توصیفی-همبستگی است. دیدگاه کلی حاکم بر این پژوهش با توجه به ماهیت و نوع پژوهش، کمی است. ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه بود که روایی آن توسط تعدادی از اعضای هیأت علمی دانشگاه تهران (گروه مدیریت و توسعه کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی و گروه مدیریت آبیاری و آبادانی) تأیید گردید. پایایی مقیاس‌های موردسنجش نیز با روش ضریب آلفای کرونباخ بررسی گردید که این ضریب برای همه مقیاس‌ها بالای ۰/۷ بود و پایایی آن‌ها تأیید شد. جامعه آماری این پژوهش شامل کارشناسان خبره و اعضای هیأت علمی مراکز پژوهشی کشاورزی (کارشناسان وزارت جهاد کشاورزی و مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی) که در زمینه امنیت غذایی و آبی فعالیت داشتند و اعضای هیأت علمی دانشگاه تهران بود. نمونه مورد مطالعه از طریق نمونه‌گیری هدفمند (شامل ۱۵ نفر) انتخاب شدند. متغیرهای کلیدی موردبررسی در این پژوهش شامل چهار مؤلفه امنیت غذایی شامل دسترسی (فیزیکی و اقتصادی)، فراهمی، پایداری و مصرف و چهار مؤلفه امنیت آبی شامل فراهمی، دسترسی اقتصادی به آب، دسترسی فیزیکی، تداوم دسترسی به آب بود که از طریق مرور پیشینه پژوهش و بررسی مبانی نظری و نظر خبرگان به‌دست آمدند (جدول ۱). برای تحلیل اثر مؤلفه‌ها از روش DEMATEL با استفاده از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

Table 1. The main components of food and water security

اولویت	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	علامت اختصاری	مؤلفه
1	0.247	5.20	21	(EAF)	دسترسی اقتصادی به غذا
2	0.305	6.22	20.33	(SF)	تداوم دسترسی به غذا (ثبات)
3	0.334	6.84	20.46	(PAF)	دسترسی فیزیکی به غذا
4	0.346	7.01	20.26	(AF)	فراهمی غذا
5	0.621	10.65	17.13	(CF)	مصرف غذا
1	0.173	4.15	23.86	(SW)	پایداری یا تداوم دسترسی به آب
2	0.227	4.86	21.35	(EW)	دسترسی اقتصادی به آب
3	0.273	6.02	22	(AW)	موجودیت یا کفایت منابع آب
4	0.289	6.26	21.60	(PAW)	دسترسی فیزیکی به منابع آب

Source: The research findings

روش دیمتل^۱ توسط فوتتلا و گابوس (۱۹۷۱) برای حل مسائل پیچیده ارائه گردید. این روش مبتنی بر تئوری دیاگراف است که می‌تواند عوامل دخیل در یک مسئله را به دو گروه علت و معلول تفکیک نماید. این دیاگراف‌ها رابطه وابستگی میان مؤلفه‌ها را به تصویر می‌کشند. به‌طوری‌که اعداد روی هر دیاگراف، بیانگر شدت تأثیر یک مؤلفه بر مؤلفه دیگر است. هدف روش دیمتل شناسایی الگوی روابط علی میان مؤلفه‌ها است. این روش شدت روابط را مورد بررسی قرار داده، بازخورها توأم با اهمیت آن‌ها را نشان داده و روابط غیرمستقیم را نیز می‌پذیرد و مورد تحلیل قرار می‌دهد (Jalilibal and Bozorgi-Amiri, 2022). از آنجایی که این روش می‌تواند ارتباطات متقابل بین مجموعه وسیعی از مؤلفه‌ها را به روشنی بیان کند و متخصصان را قادر می‌سازد با تسلط بیش‌تری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان مؤلفه‌ها پردازند، نسبت به سایر روش‌ها از مزیت برخوردار است. مراحل انجام این روش شامل گام‌های زیر است.

گام اول: تشکیل ماتریس روابط مستقیم: (M') این ماتریس حاصل میانگین نظرات خبرگان است.

گام دوم: نرمال‌سازی ماتریس روابط مستقیم. از طریق روابط (۱) و (۲) ماتریس نرمال شده به دست می‌آید.

$$M = a \cdot M' \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$a = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^n M'_{ij}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در اینجا، M ماتریس نرمال، M' همان ماتریس اولیه، M'_{ij} مربوط به اعداد سطر ستون i ام و ستون j ام و a معکوس بیش‌ترین مجموع سطر و ستون است.

گام سوم: محاسبه ماتریس روابط کل با استفاده از رابطه (۳):

$$T = M(I - M)^{-1} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن، T ماتریس کل، M ماتریس نرمال، I ماتریس واحد می‌باشد.

گام چهارم: ترسیم نمودار علی و تحلیل روابط: حاصل جمع سطری (R) برای هر مؤلفه نشانگر میزان تأثیرگذاری آن مؤلفه بر سایر مؤلفه‌های سیستم است (میزان تأثیرگذاری مؤلفه‌ها)، حاصل جمع ستونی (J) برای هر مؤلفه نشانگر میزان تأثیرپذیری آن مؤلفه از سایر مؤلفه‌های سیستم است (میزان تأثیرپذیری مؤلفه‌ها). بردار افقی ($R+J$) میزان تأثیر و تأثر مؤلفه موردنظر در سیستم است. به عبارت دیگر، هرچقدر مقدار ($R+J$) مؤلفه‌ای بیش‌تر باشد، آن مؤلفه تعامل بیش‌تری با سایر مؤلفه‌های سیستم دارد. بردار عمودی ($R-J$) قدرت تأثیرگذاری هر مؤلفه را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر ($R-J$) مثبت باشد، مؤلفه یک مؤلفه علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در نهایت یک دستگاه مختصات دکارتی تشکیل می‌شود. در این دستگاه محور طولی ($R+J$) و محور عرضی ($R-J$) می‌باشد. موقعیت هر مؤلفه با نقطه‌ای به مختصات ($R-J$; $R+J$) در دستگاه معین می‌شود. به این ترتیب یک نمودار گرافیکی نیز به دست آمد (Jalilibal and Bozorgi-Amiri, 2022). نحوه امتیازدهی به هر یک از مؤلفه‌ها به شکل جدول (۲) می‌باشد.

Table 2. Scoring spectrum in the DEMATEL method

Very high impact	High impact	Low impact	Very little impact	No effect
(4)	(3)	(2)	(1)	(0)

Source: Jalilibal and Bozorgi-Amiri (2022)

۳. یافته‌های پژوهش

۳.۱. توصیف جامعه خبرگان مورد مطالعه

از نظر ویژگی‌های جمعیت شناختی، ۵۳/۳ درصد پاسخ‌گویان اعضای هیأت علمی گروه مدیریت و توسعه کشاورزی، گروه

ترویج و آموزش کشاورزی و گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، ۲۶/۷ درصد کارشناسان وزارت جهاد کشاورزی، ۶/۷ درصد عضو هیأت علمی گروه ترویج و توسعه روستایی دانشگاه لرستان، ۶/۷ درصد عضو هیأت علمی گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و ۶/۷ درصد هم کارشناس سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان بودند. ۱۳/۳ درصد از پاسخ‌گویان زن و ۸۶/۷ درصد مرد بودند. ۷۳/۳ درصد دارای مدرک دکتری، ۲۰ درصد فوق لیسانس و ۶/۷ درصد دارای تحصیلات لیسانس بود. میانگین سنی پاسخ‌گویان ۴۹/۹۳ سال (با انحراف از معیار ۱۰/۷۷) و میانگین سابقه فعالیت آن‌ها در شغل فعلی ۱۸/۴ سال (با انحراف از معیار ۸/۸۲) بود. میانگین سابقه فعالیت در حوزه امنیت آبی ۸/۵۰ سال (با انحراف از معیار ۹/۳۸) و میانگین سابقه فعالیت در حوزه امنیت غذایی ۹/۱۵ سال (با انحراف از معیار ۸/۹۲) بود. حوزه فعالیت آن‌ها در بخش امنیت غذایی شامل بازاریابی، تولید، برنامه‌ریزی، تجزیه و تحلیل دستورالعمل‌های ایمنی مواد غذایی، ردیابی سیستم‌های غذایی، غذای سالم، خودکفایی غذایی، بهره‌وری اقتصادی، بازاریابی و بسته‌بندی مواد غذایی، تولید محصولات استراتژیک و در حوزه امنیت آبی شامل مدیریت آب، فاضلاب و پسماند، رفتار مصرف آب، خشک‌سالی، تضاد آب، ردیابی آب و انعطاف‌پذیری در شرایط خشک‌سالی، بهینه‌سازی و بهبود بهره‌وری آب، آب مجازی، اقتصاد آب، محیط زیست، منابع آب، تخصیص بهینه منابع آب، آب‌های زیرزمینی، کمبود آب و تغییرات آب‌وهوایی، کم‌آبی و خشک‌سالی و کانال‌های آبیاری بود.

۲.۳. هم‌پیوندی مؤلفه‌های امنیت آبی و غذایی

همانگونه که در بخش روش پژوهش بیان شد، در این مطالعه برای ارزیابی هم‌پیوندی مؤلفه‌های امنیت آبی و غذایی از روش دیمتال استفاده شد که نتایج حاصل از آن در ادامه ارائه شده است.

در گام اول، برای بررسی میزان اثرگذاری عناصر ماتریس (همان مؤلفه‌های اصلی امنیت غذایی و آبی) از دامنه امتیازدهی صفر تا ۴ (عدد صفر نمایانگر بدون تأثیر، ۱ تأثیر خیلی کم، ۲ تأثیر کم، ۳ تأثیر زیاد، ۴ تأثیر خیلی زیاد) که توسط خبرگان مورد قضاوت قرار گرفت، استفاده شد که میانگین نظرات خبرگان در جدول (۴) ارائه گردیده است. اعداد مندرج در این جدول بیانگر شدت تأثیر عنصر موجود در هر سطر بر عنصر موجود بر هر ستون است. لازم به ذکر است، اگر تأثیر متغیر ردیف بر ستون زیاد باشد لزوماً به مفهوم تأثیر معکوس این دو بر هم نیست.

Table 4. The average matrix of experts' opinions (Scoring from 0 to 4)

(EW)	(SW)	(PAW)	(AW)	(SF)	(FC)	(AF)	(PAF)	(EAF)	M'
2.4	2.13	1.86	2.13	3.13	2.53	2.73	3.2	0	دسترسی اقتصادی به غذا (EAF)
2.06	2.4	2.53	2.53	3.13	3.06	2.86	0	2.4	دسترسی فیزیکی به غذا (PAF)
2.06	2.13	2.13	2.2	3	3.13	0	3.2	2.46	فراهمی غذا (AF)
1.66	1.8	2	2	2.33	0	2.4	2.33	2.33	مصرف غذا (CF)
2.46	2.6	2.33	2.26	0	3	3.13	2.66	2.6	تداوم دسترسی به غذا (ثبات) (SF)
2.46	3.06	3	0	2.73	2.66	2.93	2.6	2.8	موجودیت یا کفایت منابع آب (AW)
2.6	2.46	0	2.46	2.73	2.73	2.8	2.53	2.53	دسترسی فیزیکی به منابع آب (PAW)
2.8	0	3.33	3.06	3	2.73	3.26	2.6	2.06	پایداری یا تداوم دسترسی به آب (SW)
0	2.93	2.53	2.73	2.73	2.66	3.13	2.86	2.66	دسترسی اقتصادی به آب (EW)

Source: The research findings

در گام دوم: ماتریس اثرات مستقیم تبدیل به ماتریس نرمال شد. برای این منظور پس از محاسبه مجموع سطری و ستونی نظرات خبرگان و تقسیم هر درایه ماتریس مستقیم بر بزرگ‌ترین مجموع سطر و ستون، مطابق روابط (۱) و (۲)، ماتریس نرمال شده به دست آمد (جدول ۵).

Table 5. Normalized matrix

(EW)	(SW)	(PAW)	(AW)	(SF)	(CF)	(AF)	(PAF)	(EAF)	M=M*a
0.10	0.09	0.08	0.09	0.13	0.11	0.12	0.14	0.00	دسترسی اقتصادی به غذا (EAF)
0.09	0.10	0.11	0.11	0.13	0.13	0.12	0.00	0.10	دسترسی فیزیکی به غذا (PAF)
0.09	0.09	0.09	0.09	0.13	0.13	0.00	0.14	0.11	فراهمی غذا (AF)
0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	مصرف غذا (CF)
0.11	0.11	0.10	0.10	0.00	0.13	0.13	0.11	0.11	تداوم دسترسی به غذا (ثبات) (SF)
0.11	0.13	0.13	0.00	0.12	0.11	0.13	0.11	0.12	موجودیت یا کفایت منابع آب (AW)
0.11	0.11	0.00	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	دسترسی فیزیکی به منابع آب (PAW)
0.12	0.00	0.14	0.13	0.13	0.12	0.14	0.11	0.09	پایداری یا تداوم دسترسی به آب (SW)
0.00	0.13	0.11	0.12	0.12	0.11	0.13	0.12	0.11	دسترسی اقتصادی به آب (EW)

Source: The research findings

گام سوم: در این گام ماتریس روابط کل محاسبه شد. برای محاسبه ماتریس روابط کل، ماتریس واحد (ماتریسی با قطر اصلی برابر با یک و بقیه عناصر برابر صفر) را از ماتریس نرمال شده (جدول ۳) کم نموده، سپس آن را معکوس نموده و در ماتریس نرمال ضرب می‌نماییم (جدول ۴).

براساس یافته‌های حاصل از این فرایند (جدول ۶) مشخص گردید که مؤلفه پایداری یا تداوم دسترسی به آب (SW) با بیش‌ترین مجموع سطری (۹/۹۰۶) در بین سایر مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی بیش‌ترین اثرگذاری را بر روی سایر مؤلفه‌ها دارد و مصرف غذا (CF) با کم‌ترین مجموع سطری (۶/۸۹۸) کم‌ترین اثرگذاری را بر روی سایر مؤلفه‌ها داراست. همچنین مشاهده گردید که مؤلفه فراهمی غذا (AF) با بیش‌ترین مقدار ستونی (۹/۲۳۷) اثرپذیرترین و مؤلفه دسترسی اقتصادی به آب (EW) با کم‌ترین مقدار ستونی دارای کم‌ترین (۷/۴۹۴) میزان اثرپذیری از سایر مؤلفه‌های پژوهش است. درنهایت مؤلفه‌ای که بیش‌ترین ضریب وزنی را در بین سایر مؤلفه‌ها دارد و به عبارتی دارای بیش‌ترین اثرگذاری و اثرپذیری در کل سیستم است تداوم دسترسی به غذا یا همان پایداری است که مقدار J+R آن برابر ۱۷/۵۲۱ می‌باشد. به عبارت دیگر، تداوم دسترسی به غذا از دیدگاه خبرگان در بهبود امنیت غذایی در بین مؤلفه‌های نه‌گانه دارای بیش‌ترین اهمیت می‌باشد. همچنین، براساس مقادیر ستون J-R، مؤلفه‌های دسترسی فیزیکی به غذا، فراهمی غذا، مصرف غذا و تداوم دسترسی به غذا مؤلفه‌های اثرپذیر در سیستم و مؤلفه‌های دسترسی اقتصادی به غذا، فراهمی یا موجودیت منابع آبی، دسترسی فیزیکی به منابع آب، پایداری یا تداوم دسترسی به آب و دسترسی اقتصادی به آب مؤلفه‌های اثرگذار در سیستم هستند. جدول (۶) بیانگر جریات روابط هر یک از مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی است.

Table 6. Total relationship matrix

T=M(I-M) ⁻¹	(EAF)	(PAF)	(AF)	(CF)	(SF)	(AW)	(PAW)	(SW)	(EW)	R	J	R+J	R-J
(EAF)	0.78	0.98	1.00	0.98	1.00	0.84	0.85	0.85	0.82	8.108	8.023	16.131	0.084
(PAF)	0.90	0.89	1.04	1.03	1.04	0.89	0.90	0.89	0.84	8.399	8.808	17.207	-0.409
(AF)	0.88	0.98	0.90	1.00	1.00	0.85	0.86	0.85	0.81	8.143	9.237	17.380	-1.094
(CF)	0.76	0.82	0.86	0.75	0.84	0.73	0.74	0.72	0.69	6.897	9.027	15.924	-2.130
(SF)	0.91	0.99	1.05	1.03	0.92	0.88	0.89	0.90	0.85	8.431	9.090	17.521	-0.660
(AW)	0.97	1.04	1.10	1.07	1.08	0.84	0.96	0.96	0.90	8.906	7.818	16.724	1.088
(PAW)	0.91	0.98	1.04	1.01	1.02	0.88	0.80	0.89	0.85	8.380	7.935	16.316	0.445
(SW)	0.96	1.07	1.14	1.09	1.11	0.97	1.00	0.86	0.93	9.128	7.861	16.989	1.267
(EW)	0.96	1.05	1.11	1.07	1.08	0.94	0.95	0.95	0.80	8.904	7.494	16.398	1.410

Source: The research findings

شکل (۱) که براساس دو ستون آخر جدول (۶) طراحی شده است. نشان‌دهنده وضعیت مؤلفه‌های اصلی امنیت غذایی و آبی از نظر میزان اثرگذاری، اثرپذیری و نقش محوری هر یک از مؤلفه‌های مورد مطالعه است. هرچه متغیرها در امتداد محور عمودی بالاتر باشند حاکی از اثرگذاری بیش‌تر آن‌ها و هرچه پایین‌تر باشند حاکی از اثرپذیری بیش‌تر آن‌هاست. همچنین در امتداد محور افقی هرچه متغیرها متمایل به سمت راست باشند به مفهوم پررنگ‌تر بودن نقش محوری آن‌ها یا به عبارت دیگر شبکه روابط پیچیده‌تر آن‌ها با سایر متغیرهاست. ماتریس (۷) نیز ماتریس روابط ساده‌شده براساس روابط

کل است که در آن براساس ارزش آستانه روابط ضعیف حذف شده‌اند تا تفسیر مدل راحت‌تر باشد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس کل (T) محاسبه شود. با حذف مقادیر زیر میانگین به‌عنوان حد آستانه (در اینجا مقدار ۰/۹۵۲) ماتریس اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌ها ساده خواهد شد.

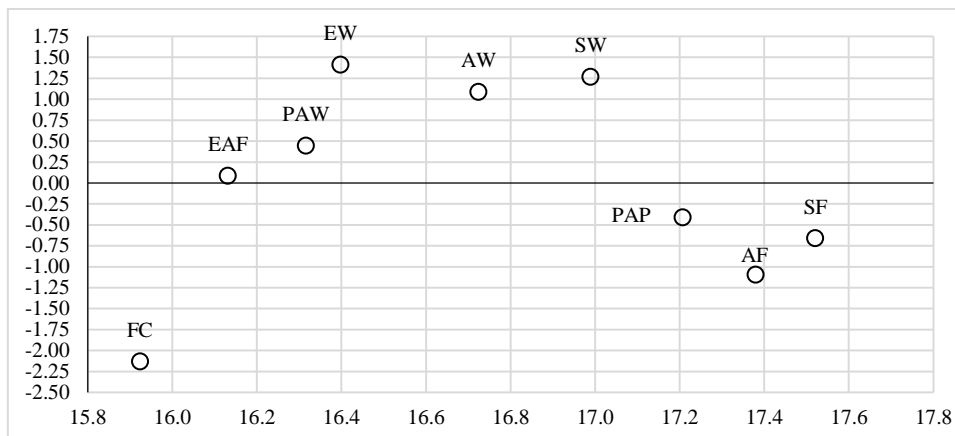


Figure 1. Determining the location of the main components of food and water security

Table 7. The mutual effects of the main components of food and water security

Relationships	(EAF)	(PAF)	(AF)	(CF)	(SF)	(AW)	(PAW)	(SW)	(EW)
(EAF)		0.979	1.004	0.978	1.004				
(PAF)			1.041	1.027	1.035				
(AF)		0.982		1.002	1.003				
(CF)									
(SF)		0.994	1.053	1.028					
(AW)	0.965	1.042	1.100	1.068	1.077		0.963	0.957	
(PAW)		0.984	1.037	1.013	1.020				
(SW)	0.961	1.066	1.136	1.095	1.110	0.974	0.996		
(EW)	0.960	1.051	1.106	1.068	1.077			0.952	

Source: The research findings

در نهایت، می‌توان براساس نتایج حاصل از ماتریس روابط مستقیم (ماتریس استاندارد شده) شبکه روابط بین مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی را به‌صورت یک مدل (شکل ۲) جهت‌دار نشان داد. در این شکل نوع روابط بین مؤلفه‌ها، شدت و جهت اثرات ترسیم شده است.

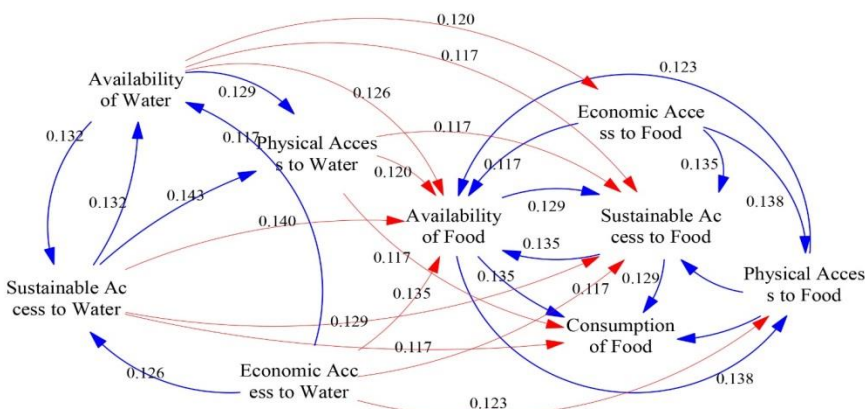


Figure 2. Model of relationships between the main components of food and water security

۳. بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌های پی‌درپی تأثیرات عمیقی بر امنیت آبی و در نتیجه آن بر امنیت غذایی در سراسر جهان گذاشته‌اند. این چالش‌ها به‌ویژه در بخش کشاورزی که مصرف‌کننده اصلی منابع آب شیرین است، مشهودتر هستند. تغییر الگوهای بارش و تبخیر بیش‌تر به دلیل گرمایش جهانی، منابع آب سطحی و زیرزمینی را کاهش داده است. موجودیت یا فراهم‌بودن منابع آب (مانند رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی و بارش) به‌طور مستقیم بر دسترسی فیزیکی به آب تأثیر می‌گذارد. اگر منابع آب کافی و پایدار وجود داشته باشد، دسترسی فیزیکی به آب برای مصارف خانگی، کشاورزی و صنعتی تسهیل می‌شود. از طرفی، آب یکی از نهاده‌های اصلی تولید غذا است. کمبود آب یا ناپایداری دستیابی به آن می‌تواند هزینه‌های تولید غذا را افزایش دهد و دسترسی اقتصادی به غذا را برای جمعیت‌های کم درآمد دشوار کند.

نتایج این پژوهش حاکی از آن است پایداری منابع آب به معنای تضمین تولید پایدار غذاست. اگر آب به اندازه کافی و به‌طور پایدار در دسترس باشد، تولید غذا پایدار خواهد بود و امنیت غذایی بهبود می‌یابد. پایداری آب به معنای مدیریت بهینه منابع آب برای تأمین نیازهای کشاورزی است. کشاورزی پایدار که مبتنی بر استفاده کارآمد از آب است، می‌تواند فراهمی یا موجودبودن غذا را تضمین کند. از طرفی دیگر، اگر پایداری آب به خطر بیفتد، تولید غذا کاهش می‌یابد و این امر می‌تواند منجر به کمبود غذا، افزایش قیمت مواد غذایی و ناامنی غذایی شود. این نتیجه با نتایج مطالعه Frone and Frone (2015)، Hosseini et al. (2020)، Joudaki et al. (2023)، Maleknia et al. (2017) و Ngoma et al. (2024) هم‌راستا است. وجود منابع آب مناسب و دائمی باعث شده در بسیاری از مناطق به بهره‌برداری‌های بی‌رویه از این منابع روی آورده شود که به از بین رفتن پوشش گیاهی، کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش مقدار تولید منجر می‌شود و اثرات سوء آن در بلندمدت در موجودیت غذا آشکار می‌شود، به این صورت که عملکرد محصول کاهش یافته و بخش کشاورزی قادر به تأمین نیازهای غذایی نیست. این بُعد امنیت آبی نیز تعامل بالایی با سایر مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی دارد. این یافته با نتایج مطالعات Leal Filho et al. (2021) و Young et al. (2021) هم‌راستا است. همچنین، نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تعامل قوی بین مؤلفه فراهمی آب و سایر مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی است. به‌طور کلی نقش آب در تولید غذا، بی‌بدیل است و تأمین امنیت غذایی به دارایی منابع آب هر کشور وابسته است. مؤلفه فراهمی غذا اثرپذیرترین مؤلفه امنیت غذایی از امنیت آبی است که خود به‌شدت تحت تأثیر پایداری منابع آبی قرار می‌گیرد. کمبود آب یا نوسانات بارندگی نیز می‌تواند باعث کاهش عملکرد محصولات و حتی از بین رفتن مزارع شود. سیستم‌های آبیاری ناکارآمد نیز می‌توانند باعث هدررفت آب و کاهش بهره‌وری کشاورزی شوند. لیکن به هر حال، تولید داخلی محصولات کشاورزی از کلیدی‌ترین اجزای امنیت غذایی است که برآیند مؤلفه‌هایی چون منابع پایه تولید (آب و خاک)، توان اقتصادی کشاورزان و سرمایه‌گذاری دولت در بخش کشاورزی، پشتیبانی و حمایت مؤثر از کشاورزان که تولیدکنندگان اصلی منابع غذایی می‌باشد.

بنابراین، برای بهبود مؤلفه فراهمی غذا پیشنهاد می‌شود که حمایت‌هایی از کشاورزان به‌صورت اعطای یارانه و تسهیلات برای نهاده‌های کشاورزی مانند کود و سم صورت گیرد. تشویق کشاورزان به بیمه‌کردن محصولات خود در برابر بلایای طبیعی نظیر سیل و خشک‌سالی و حمایت دولت برای کشت محصولات مقاوم به خشکی و کم‌آب‌دوست نیز ضروری است. همچنین، کشاورزان می‌توانند با تولید محصولات خانگی و جمع‌آوری بخشی از مواد غذایی از محیط طبیعی مانند گیاهان دارویی، سبزیجات، شکار و ماهی‌گیری، به بهبود فراهمی غذا کمک کنند. ساخت سدها و مخازن ذخیره‌سازی آب و همچنین مشارکت کشاورزان در تأسیس زیر ساخت‌های مدیریت منابع آبی و بهبود روش‌های آبیاری و کشت نیز از دیگر اقدامات مؤثر در این زمینه هستند.

تغییرات کنونی در عرصه بازار و نیاز مصرف‌کنندگان، امنیت غذایی را به موضوع مهمی تبدیل کرده است که به‌طور چشمگیری در کانون توجه دولت‌ها قرار گرفته است. ارتباط امنیت غذایی و آبی به دلیل اهمیت کلیدی وابستگی تولید مواد غذایی بر تقاضای آب است، زیرا کشاورزی بیش از ۷۰ درصد از کل برداشت جهانی آب را به خود اختصاص می‌دهد (Ingrao *et al.*, 2023). به‌طور کلی، امنیت غذایی تحت تأثیر ابعاد و مؤلفه‌هایی است که هر کدام می‌تواند تأثیر مثبت و منفی بر آن بگذارد. براساس نتایج مؤلفه مصرف غذا با مقدار R-J (-۲/۱۳۰) تنها مؤلفه‌ای است که از تمام مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی تأثیر می‌پذیرد و بر هیچ‌کدام تأثیر ندارد. مصرف و عادات غذایی مناسب نقطه شروع یک نظام غذایی سالم است، اما این تنها زمانی پایدار خواهد بود که زنجیره تأمین غذا (از تولید تا مصرف) به‌ویژه در بخش کشاورزی، پایدار و ایمن باشد. وابستگی تولید غذا به کشاورزی نشان می‌دهد که بدون حمایت از کشاورزان و تأمین منابع پایدار (مانند آب)، حتی با وجود الگوهای مصرفی صحیح، امنیت غذایی در بلندمدت تهدید می‌شود. کمبود آب یا مدیریت نادرست آن می‌تواند تولید و عرضه مواد غذایی را با اختلال مواجه کند و بر قیمت، دسترسی و تنوع غذایی تأثیر بگذارد. لذا داشتن و حفظ یک الگوی مصرفی مناسب بدون وجود امنیت آبی میسر نیست که در مطالعه (Acheampong *et al.* (2022) از روش‌های مصرف و استفاده بهینه از منابع غذایی به‌عنوان یک عامل مهم در دستیابی به امنیت غذایی یاد شده است. استفاده از پساب‌های تصفیه‌شده در کشاورزی و اصلاح شیوه‌های سنتی مدیریت منابع آب در سطح محلی، استانی و حتی کشوری به صرفه‌جویی آب کمک می‌کند. بنابراین لازم است دولت و سیاست‌گذاران جهت کنترل مصرف و بهره‌برداری بی‌رویه منابع آبی نسبت به ممنوعیت کشت محصولات آب‌دوست وابسته به برداشت بی‌رویه از منابع آبی قنوت و استحصال آب کشاورزی از منابع زیرزمینی اقدام نماید. درضمن در بسیاری از مناطق رعایت حد نصاب فنی اقتصادی سطح زیر کشت باغی و زراعی نیز به بهبود به‌چرخه غذایی کمک می‌کند و از رویه سوق تسهیلات و خدمات دولت به کشت تک‌محصولی جلوگیری نمایند.

نحوه تولید و انتخاب نوع محصولات کشاورزی، نقش مهمی در مصرف آب و کاهش ضایعات دارد. انتخاب غذاهای محلی، فصلی و تازه باعث می‌شود که آب کم‌تری برای تولید این محصولات استفاده شود و ضایعات مواد غذایی نیز کاهش یابد. با افزایش آگاهی و مدیریت بهتر، ضایعات مواد غذایی می‌تواند به حداقل برسد و همچنین می‌توان از راه‌های ایمن برای استفاده دوباره از مواد غذایی استفاده کرد که منجر به کاهش آلودگی آب و کاهش هزینه‌های مواد غذایی خواهد شد. توسعه صنایع تبدیلی نیز به کاهش ضایعات و بهبود امنیت غذایی کمک می‌کند. آموزش خانوارها درباره رژیم غذایی متنوع و مناسب می‌تواند هدررفت آب را کاهش داده و باعث پایداری بیش‌تر در مصرف غذا شود.

تداوم دسترسی به غذا نیز جایگاه مهمی در امنیت غذایی و آبی دارد که طبق یافته این پژوهش مؤلفه پایداری یا تداوم دسترسی به غذا با مقدار ۱۷/۵۲۱ بیش‌ترین تعامل را با دیگر مؤلفه‌های امنیت غذایی و آبی دارد. تداوم دسترسی به غذا مستلزم توجه به دیگر مؤلفه‌های امنیت غذایی (دسترسی فیزیکی، فراهمی و مصرف غذا) و امنیت آبی (فراهمی آب، دسترسی فیزیکی آب، دسترسی اقتصادی به آب و تداوم دسترسی به آب) می‌باشد که این نتیجه هم‌راستا با نتایج مطالعه Rosa (2019) و Young *et al.* (2021) است. بر این اساس، پیشنهاد می‌گردد برای دستیابی به پایداری در امنیت غذایی و آبی، به‌کارگیری تجربیات موفق کشورهای مختلف در افزایش بهره‌وری کشاورزی و تطبیق این روش‌ها با شرایط کشور موردتوجه قرار گیرد. همچنین، استفاده از فناوری‌های کشاورزی نوین مانند کشاورزی دقیق، کشاورزی حفاظتی، سیستم‌های نوین آبیاری و کشت گلخانه‌ای می‌تواند به پایداری تولید کشاورزی کمک کند. تولید محصولات پایدار که کم‌ترین آسیب را به محیط زیست وارد کنند و فراگیری روش‌های مقابله با تنش‌های محیطی مانند خشک‌سالی و تغییرات آب‌وهوایی، از دیگر راه‌کارهای حیاتی است. استفاده از روش‌های ذخیره آب مانند احداث سدها و استخرها نیز

از جمله راه‌های مؤثر در حفظ منابع آبی است. همچنین، نگهداری دام و طیور در کنار فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند به‌عنوان یک منبع درآمد جانبی به امنیت غذایی خانوارها کمک کند. دولت نیز می‌تواند با حمایت از کشاورزان و مالکان اراضی، میزان تولید پایدار محصولات غذایی را افزایش داده و در نتیجه امنیت غذایی را بهبود بخشد.

براساس نتایج، مؤلفه دسترسی اقتصادی به آب یکی از مؤلفه‌های اثرگذار بر امنیت غذایی و آبی می‌باشد به‌طوری‌که این مؤلفه از هیچ‌یک از مؤلفه‌های اصلی امنیت آبی و غذایی تأثیر نمی‌پذیرد اما بر بیش‌تر مؤلفه‌ها تأثیر می‌گذارد. بنابراین، کشاورزانی که با چالش‌های دسترسی به منابع اقتصادی مواجه هستند، برای بهبود وضعیت مالی خود، محصولات پر سود را انتخاب می‌کنند. از سوی دیگر، تغییر آب‌وهوا باعث کاهش عملکرد محصول، درآمد کشاورز و ذخیره آب می‌شود که این مسئله باعث ائتلاف منابع و آسیب‌های زیست‌محیطی در بلندمدت می‌شود که این یافته هم‌راستا با نتایج مطالعه Javansalehi and Shourian (2024) است. دلیل این امر آن است که بخش کشاورزی بیش‌تر تحت تأثیر مسائلی همچون تغییرات فصلی در عرضه تولیدات، انتقال نوسان قیمت‌های جهانی به بازار داخلی محصولات کشاورزی و نوسان‌های ناشی از روند عمومی قیمت‌ها می‌باشد. بنابراین، با توجه به تاب‌آوری نسبی بخش کشاورزی در برابر نوسان‌های اقتصادی توجه ویژه به بخش کشاورزی و سرمایه‌گذاری بیش‌تر در این بخش باید هدف سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان باشد تا شاهد رشد بیش‌تر در بخش کشاورزی و پیرو آن رشد کل اقتصاد باشیم که با تغییر سیاست‌ها امکان‌پذیر است.

۴. پی‌نوشت

1. Decision Making Trial and Evaluation

۵. تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت‌های معاونت پژوهش و فناوری دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران به انجام رسید. لذا بدین وسیله از همکاری و مساعدت این معاونت، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Acheampong, P. P., Obeng, E. A., Opoku, M., Brobbey, L., & Sakyiamah, B. (2022). Does food security exist among farm households? Evidence from Ghana. *Agriculture & Food Security, 11*(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40066-022-00362-9>
- Ahmed, M. R. (2024). Climate shocks' impact on agricultural income and household food security in Bangladesh: An implication of the food insecurity experience scale. *Heliyon, 10*(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25687>
- Alefi, K., Dashti, G., & GHahremanzade, M. (2018). The Impact of Climatic Factors on Land Use Change between Annually Crops Groups in Iran: Application of Spatial Fractional Multinomial Logit Model. *Agricultural Economics, 11*(4), 21-40. <https://doi.org/10.22034/iaes.2018.26526>
- Apraku, A., Gyampoh, B. A., Morton, J. F., & Karikari, A. B. (2023). Water security in rural Eastern Cape, SA: Interrogating the impacts of politics and climate change. *Scientific African, 19*, e01493. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01493>

- Berry, E. M. (2019). Sustainable food systems and the Mediterranean diet. *Nutrients*, 11(9), 2229. <https://doi.org/10.3390/nu11092229>
- Birch, E. L. (2014). A Review of “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability” and “Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change” Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). (Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). New York, NY: Cambridge University Press. 2,621 pages. Available online at <http://ipcc-wg2.gov/AR5/report/final-drafts/>; Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). (Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). New York, NY: Cambridge University Press. 1,967 pages. Available online at <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3>. In: Taylor & Francis.
- Borowski, P. F. (2022). Mitigating climate change and the development of green energy versus a return to fossil fuels due to the energy crisis in 2022. *Energies*, 15(24), 9289. <https://doi.org/10.3390/en15249289>
- Cai, L., Wang, H., Liu, Y., Fan, D., & Li, X. (2022). Is potential cultivated land expanding or shrinking in the dryland of China? Spatiotemporal evaluation based on remote sensing and SVM. *Land Use Policy*, 112, 105871. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105871>
- Chen, B., Duan, Q., Zhao, W., Wang, L., Zhong, Y., Zhuang, Y., Chang, X., Dong, C., Du, W., & Luo, L. (2023). Oasis sustainability is related to water supply mode. *Agricultural Water Management*, 290, 108589. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108589>
- Chen, Y., Li, S., & Cheng, L. (2020). Evaluation of cultivated land use efficiency with environmental constraints in the dongting lake eco-economic zone of hunan province, china. *Land*, 9(11), 440. <https://doi.org/10.3390/land9110440>
- De Amorim, W. S., Valduga, I. B., Ribeiro, J. M. P., Williamson, V. G., Krauser, G. E., Magtoto, M. K., & de Andrade, J. B. S. O. (2018). The nexus between water, energy, and food in the context of the global risks: An analysis of the interactions between food, water, and energy security. *Environmental Impact Assessment Review*, 72, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.05.002>
- ESCAP, U. (2023). Delivering on the sustainable development goals through solutions at the energy, food and finance nexus. <https://hdl.handle.net/20.500.12870/5537>
- Fox, S., Qillaq, E., Angutikjuak, I., Tigullaraq, D. J., Kautuk, R., Huntington, H., Liston, G. E., & Elder, K. (2020). Connecting understandings of weather and climate: steps towards co-production of knowledge and collaborative environmental management in Inuit Nunangat. *Arctic Science*, 6(3), 267-278. <https://doi.org/10.1139/as-2019-0010>
- Freduah, G., Fidelman, P., & Smith, T. F. (2017). The impacts of environmental and socio-economic stressors on small scale fisheries and livelihoods of fishers in Ghana. *Applied Geography*, 89, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.09.009>
- Frone, D.-F., & Frone, S. (2015). The importance of water security for sustainable development in the Romanian agri-food sector. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 674-681. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.120>
- Galappaththi, E. K., Perera, C. D., Illangarathna, G. A., Jayasekara, S. M., & Garbutt, H. (2024). Food security policy and coastal climate adaptation among Indigenous and Local Communities. *Marine Policy*, 170, 106408. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106408>
- Garfin, G. M., Scott, C. A., Wilder, M., Varady, R. G., & Merideth, R. (2016). Metrics for assessing adaptive capacity and water security: common challenges, diverging contexts, emerging consensus. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 21, 86-89. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.007>
- Ghadiri Masoum, M., Rezvani, M. R., & Cheraghi, M. (2016). Case Study: Analysis of Factors Affecting Sustainable Food Security Rural Households: Zanjan Township. *Journal of Rural Research*, 7(4), 658-671. (In Persian).
- Hailu, R., Tolossa, D., & Alemu, G. (2022). Household water security index: development and application in the Awash Basin of Ethiopia. *International Journal of River Basin Management*, 20(2), 185-201. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1755300>
- Hosseini, T. S. M., Hosseini, S. A., Ghermezcheshmeh, B., & Sharafati, A. (2020). Drought hazard depending on elevation and precipitation in Lorestan, Iran. *Theoretical and applied climatology*, 142, 1369-1377. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03386-y>

- Ingrao, C., Strippoli, R., Lagioia, G., & Huisingsh, D. (2023). Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18507>
- Iortyom, E. T., & Kargbo, P. (2023). Food and water security in the context of sustainable development. *European Journal of Development Studies*, 3(2), 10-16. <https://doi.org/10.24018/ejdevelop.2023.3.2.206>
- Jalilibal, Z., & Bozorgi-Amiri, A. (2022). A Hybrid Grounded Theory, Fuzzy DEMATEL and ISM Method for Assessment of Sustainability Criteria for Project Portfolio Selection Problems. *Interdisciplinary Journal of Management Studies (Formerly known as Iranian Journal of Management Studies)*, 15(3), 425-442. (In Persian).
- Javansalehi, M., & Shourian, M. (2024). Assessing the impacts of climate change on agriculture and water systems via coupled human-hydrological modeling. *Agricultural Water Management*, 300. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108919>
- Joudaki, A., Zohourian Por Del, M., Shakiba, A., & Dast Bozorgi, A. (2023). Finding the potential of suitable areas for saffron cultivation in Lorestan province in climate change. *Journal of Climate Research*, 1401(52), 89-108. (In Persian).
- Khader, B. F., Yigezu, Y. A., Duwayri, M. A., Niane, A. A., & Shideed, K. (2019). Where in the value chain are we losing the most food? The case of wheat in Jordan. *Food Security*, 11, 1009-1027. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00962-7>
- Leal Filho, W., Azeiteiro, U. M., Balogun, A.-L., Setti, A. F. F., Mucova, S. A., Ayal, D., Totin, E., Lydia, A. M., Kalaba, F. K., & Ouge, N. O. (2021). The influence of ecosystems services depletion to climate change adaptation efforts in Africa. *Science of The Total Environment*, 779, 146414. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146414>
- Liu, N., Charrua, A. B., Weng, C.-H., Yuan, X., & Ding, F. (2015). Characterization of biochars derived from agriculture wastes and their adsorptive removal of atrazine from aqueous solution: A comparative study. *Bioresourcetechnology*, 198, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.129>
- Ma, S., Wang, L.-J., Chu, L., & Jiang, J. (2023). Determination of ecological restoration patterns based on water security and food security in arid regions. *Agricultural Water Management*, 278, 108171. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108171>
- Mahmoodi, A., & Parhizkari, A. (2016). Economic analysis of the climate change impacts on products yield, cropping pattern and farmer's gross margin (case study: Qazvin plain). *Economic Growth and Development Research*, 5(17 (3)), 40-25. (In Persian).
- Maleknia, R., Khezri, E., Zeinivand, H., & Badehian, Z. (2017). Mapping natural resources vulnerability to droughts using multi-criteria decision making and GIS (case study: Kashkan Basin Lorestan Province, Iran). *Journal of Rangeland Science*, 7(4), 376. (In Persian).
- Melketo, T. A. (2023). Disability-related factors affecting food security status: A case study from southern Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13, 100647. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100647>
- Mirzabaev, A., Kerr, R. B., Hasegawa, T., Pradhan, P., Wreford, A., von der Pahlen, M. C. T., & Gurney-Smith, H. (2023). Severe climate change risks to food security and nutrition. *Climate Risk Management*, 39, 100473. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100473>
- Namany, S., Al-Ansari, T., & Govindan, R. (2019). Optimisation of the energy, water, and food nexus for food security scenarios. *Computers & Chemical Engineering*, 129, 106513. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.304>
- Ngema, P. Z., Sibanda, M., & Musemwa, L. (2018). Household food security status and its determinants in Maphumulo local municipality, South Africa. *Sustainability*, 10(9), 3307. <https://doi.org/10.3390/su10093307>
- Ngoma, H., Finn, A., & Kabisa, M. (2024). Climate shocks, vulnerability, resilience and livelihoods in rural Zambia. *Climate and Development*, 16(6), 490-501. <https://doi.org/10.1080/17565529.2023.2246031>
- Pickson, R. B., Gui, P., Chen, A., & Boateng, E. (2023). Climate change and food security nexus in Asia: A regional comparison. *Ecological Informatics*, 76, 102038. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102038>
- Qi, X., Feng, K., Sun, L., Zhang, D., Liu, Z., & Baiocchi, G.. (2022). Rising agricultural water scarcity in China is driven by expansion of irrigated cropland in water scarce regions. *One Earth*, 13, 1139-1152. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.09.008>

- Rahbardehghan, A., Mehrabi Boshrahadi, H., & Jalaei Esfandabadi, A. (2021). A study on Food Security of Rural households in Iran and its effective socioeconomic factors. *Nutrition and Food Sciences Research*, 8(3), 19-25. <https://doi.org/10.52547/nfsr.8.3.19>
- Reardon, T., Liverpool-Tasie, L. S. O., & Minten, B. (2021). Quiet Revolution by SMEs in the midstream of value chains in developing regions: wholesale markets, wholesalers, logistics, and processing. *Food security*, 13, 1577-1594. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01224-1>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Gregg, J. W., Levin, K., Rockström, J., Newsome, T. M., Betts, M. G., Huq, S., Law, B. E., & Kemp, L. (2022). World scientists' warning of a climate emergency 2022. In: Oxford University Press. <http://hdl.handle.net/10871/126814>.
- Rojas, R. V., Achouri, M., Maroulis, J., & Caon, L. (2016). Healthy soils: a prerequisite for sustainable food security. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-5099-7>
- Rosa, L., Chiarelli, D. D., Tu, Ch., Rulli, M. C. & D'Odorico, P. (2019). Global Unsustainable virtual water flows in agricultural trade. In: *Environ. Res. Lett.* 14 (2019) 114001.
- Rosa, L., Chiarelli, D. D., Tu, C., Rulli, M. C., & D'Odorico, P. (2019). Global unsustainable virtual water flows in agricultural trade. *Environ. Res. Lett.* 14 (2019) 114001 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4bfc>
- Salem, H. S., Pudza, M. Y., & Yihdego, Y. (2022). Water strategies and water-food Nexus: challenges and opportunities towards sustainable development in various regions of the World. *Sustainable Water Resources Management*, 8(4), 114. <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00676-3>
- Singh, V. P. (2017). Challenges in meeting water security and resilience. *Water International*, 42(4), 349-359. <https://doi.org/10.1080/02508060.2017.1327234>
- Su, M., Guo, R., & Hong, W. (2019). Institutional transition and implementation path for cultivated land protection in highly urbanized regions: A case study of Shenzhen, China. *Land Use Policy*, 81, 493-501. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.015>
- Thomas, B. F. (2019). Índices de sustentabilidade para avaliar o manejo adaptativo das águas subterrâneas: um estudo de caso na Califórnia (EUA) para a Lei de Gestão Sustentável das Águas Subterrâneas. *Hydrogeology Journal*, 27, 239-248. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1863-6>
- Varis, O., Keskinen, M., & Kumm, M. (2017). Four dimensions of water security with a case of the indirect role of water in global food security. *Water Security*, 1, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.06.002>
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., & Liermann, C. R. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *nature*, 467(7315), 555-561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>
- Wang, S., Song, S., Zhang, J., Wu, X., & Fu, B. (2021). Achieving a fit between social and ecological systems in drylands for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 48, 53-58. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.09.008>
- Whitney, C. W., Luedeling, E., Hensel, O., Tabuti, J. R., Krawinkel, M., Gebauer, J., & Kehlenbeck, K. (2018). The role of homegardens for food and nutrition security in Uganda. *Human Ecology*, 46, 497-514. <https://doi.org/10.1007/s10745-018-0008-9>
- Wisdom, O., Apollos, N., Samuel, O., & Lawrence, I. (2022). Environmental taxation and food security in Sub-Saharan Africa. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 41(18), 6-14. <https://doi.org/10.9734/CJAST/2022/v41i1831734>
- Young, S. L., Frongillo, E. A., Jamaluddine, Z., Melgar-Quiñonez, H., Pérez-Escamilla, R., Ringler, C., & Rosinger, A. Y. (2021). Perspective: the importance of water security for ensuring food security, good nutrition, and well-being. *Advances in nutrition*, 12(4), 1058-1073. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab003>
- Zhang, X., & Vesselinov, V. V. (2017). Integrated modeling approach for optimal management of water, energy and food security nexus. *Advances in Water Resources*, 101, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.12.017>