نشریه علمی پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)
مقاله پژوهشی/ سال بیست و چهارم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳، صص: ۵۳-۶۸

تبیین و تحلیل عوامل مؤثر بر تراز تجاری دو جانبه آب مجازی با رویکرد توسعهٔ پایدار و تأکید بر الگوی جاذبه[۱]

سپیده عامری گلستان[۲]
صادق بختیاری[۳]
سارا قبادی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰

چکیده

وجود مشکلات کمی و کیفی در منابع آب کشور و قرارگیری ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک و رویارویی با بحران‌های کم‌آبی، ضرورت توجه به سمت تقاضای آب در سطح کلان و تدوین برنامه‌های اصولی در جهت بهره‌برداری پایدار از منابع آب را به‌همراه داشته است. در این راستا، استفاده از رویکرد تجارت آب مجازی توسط کشورها، عملکرد مطلوبی را در رابطه با اقدامات مفید مدیریتی نشان می‌دهد. این پژوهش با استفاده از الگوی جاذبه و برآوردگر PPML، عوامل مؤثر بر تراز تجاری دو جانبه آب مجازی در پنج محصول عمده کشاورزی ایران (گندم، برنج، خرما، پسته و هندوانه) را در بازه زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۹ و از دیدگاه توسعه پایدار مورد بررسی قرار داده است. سال‌های مورد مطالعه با توجه به اطلاعات در دسترس و برآوردهای صورت‌گرفته انتخاب شده‌اند. مطابق با بررسی‌های صورت‌گرفته، تراز تجاری آب مجازی ایران با نرخ ارز دو جانبه رابطه مثبت و با مسافت و نسبت جمعیت رابطه منفی داشته و برای متغیر تولید ناخالص داخلی نیز این رابطه به‌جز محصول هندوانه، برای محصولات دیگر مثبت می‌باشد. همچنین، ایران در رابطه با دو محصول هندوانه و پسته، صادرکننده و برای دو محصول گندم و برنج واردکننده آب مجازی و در محصول خرما نیز با توجه به صرفاً صادراتی بودن آن، صادرکننده آب مجازی است و به‌طور کلی صادرکننده آب مجازی قلمداد می‌شود.

واژگان کلیدی: آب مجازی، توسعهٔ پایدار، PPML، تجارت آب مجازی
طبقه‌بندی JEL: B17, Q25, Q01

۱. این پژوهش مستخرج از رساله دکتری نویسنده نخست (سپیده عامری گلستان) است.

۲. دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
pd.ameri65@gmail.com
۳. استاد گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران (نویسندهٔ مسئول)
bakhtiari@khuisf.ac.ir
۴. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
sghobadi@khuisf.ac.ir

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

۱. مقدمه

بحران آب از بزرگ‌ترین چالش‌هایی است که اکثر مناطق جهان و به‌ویژه ایران با آن روبه‌رو هستند. خشکسالی‌های مکرر و برداشت بی‌رویهٔ آب‌های سطحی و زیرزمینی، منابع آبی را محدود کرده و درعین حال رشد جمعیت نیز افزایش تقاضا و مصرف در زنجیرهٔ آب و صنایع غذایی (به‌خصوص محصولات کشاورزی) را به همراه داشته است.

از جمعیت جهان هنوز بیش از ۲ میلیارد نفر بدون آب آشامیدنی سالم زندگی می‌کنند و از آن‌ها ۱۱۵ میلیون نفر هنوز از آب‌های سطحی می‌نوشند (سازمان جهانی بهداشت/یونیسف[۱]،2023). گروه بین‌المللی تغییرات اقلیم (IPPC)[۲] ۲۰۲۲ اعلام نموده است که تقریباً نیمی از جمعیت جهان حداقل برای بخشی از سال با کمبود شدید آب مواجهند. بلایای مرتبط با آب در ۵۰ سال گذشته بر فهرست بلایا غالب بوده و ۷۰ درصد از کل مرگ‌ومیرهای مربوط به بلایای طبیعی را تشکیل می‌دهند (بانک جهانی،2022). آب‌های فرامرزی ۶۰ درصد آب شیرین جهان را تشکیل می‌دهند و ۱۵۳ کشور دارای قلمروی حداقل ۱ از ۳۱۰ حوضه رودخانه‌ها و دریاچه‌های فرامرزی و ۴۶۸ سیستم آبخوان فرامرزی دارند (کنفرانس جهانی آب، ۲۰۲۳) اینست که در سال گذشته (۲۰۲۳) اولین کنفرانس بزرگ سازمان ملل درخصوص آب بود و کلاً دهه ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۸ به‌عنوان «دهه بین‌المللی آب برای توسعه پایدار»[۳] نامگذاری شده است. با توجه به موارد فوق ملاحظه می‌کنیم که گزارش ۲۰۲۳ توسعه جهانی سازمان ملل[۴] که توسط یونسکو منتشر شده عنوان «مشارکت و همکاری برای آب»[۵] دارد. درحقیقت این کنفرانس و انتشارات مربوطه توضیح می‌دهند که چگونه ایجاد مشارکت و افزایش همکاری‌ها در همهٔ ابعاد باید برای نیل به توسعه پایدار و آرمان ششم آن که دقیقاً مربوط به آب است، ضرورت حیاتی دارد.[۶]

وابستگی متقابل و پیچیده بین جوامع بشری و آب که معمولاً به‌عنوان یک پویایی اجتماعی-زیست‌محیطی بین نیازهای انسان و منابع هیدرولوژیکی محلی در نظر گرفته می‌شود، غالباً از طریق روابطی که در اثر جهانی‌سازی منابع آب حاصل می‌شود، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (هوکسترا و چاپاگین[۷]، ۲۰۰۸). درحقیقت، بشریت با تعدیل ذخایر آب و جابجایی مقادیر قابل‌توجه آن، بر چرخه آب جهانی تأثیر می‌گذارد و با آن‌ها تعامل دارد.

1 WHO/UNICEF
2. Intergovernmental Panel on Climate Change
3. Water for Sustainable Development 2018-2028
4. UN World Development Report 2023
5. Partnership and Cooperation for Water
۶. اطلاعات فوق از سایت سازمان ملل به آدرس ذیل اقتباس شده است:
https://www.un.org/en/observances/water-day
7. Hoekstra & Chapagain (2008)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]
[DOI: 10.22034/24.4.53]

اگرچه غالباً تغییرات چرخه آب به‌طور سنتی و تنها بر اساس جریان‌های فیزیکی آب و ذخایر آن ارزیابی شده‌اند، این روش برای جنبهٔ مهمی از فعل و انفعالات اجتماعی-هیدرولوژیکی که چرخه آب جهانی را شکل می‌دهد، کارایی نداشته و جریان‌های آب «پنهان» و «مجازی» نیز باید علاوه بر جریان‌های فیزیکی آب مد نظر قرار گیرد (هوکسترا و هونگ[1]، ۲۰۰۲؛ ۲۰۰۵).

۲. مبانی نظری

امروزه یکی از بحث‌برانگیزترین مسائل در بخش کشاورزی، استفاده از منابع طبیعی آب در این بخش است. توزیع جریان‌های نامتعادل آبی و عدم تناسب آن با توزیع جمعیت از یک‌سو و محدودیت استفاده از منابع آب جدید و ضرورت افزایش محصولات کشاورزی از سوی دیگر، تردیدهایی را در رابطه با توانایی بسیاری از کشورهای جهان برای حفظ سطح مورد نیاز تولید کشاورزی در میان چالش‌های در حال افزایش آب، به وجود آورده است.

حجم کل آب مصرف‌شده برای تولید کالاهای آب‌بر نسبت به حجم آبی که به‌صورت فیزیکی در جهان منتقل می‌شود، بسیار بیشتر است و مسافت‌های بیشتری را طی می‌کند (اکی و همکاران[2]، ۲۰۱۷). از این‌رو، حمل محصولات یا کالاهای دیگر بسیار آسان‌تر از انتقال آب مورد نیاز برای تولید آن‌ها می‌باشد. در همین راستا و به‌ویژه برای درک منابع آب در جهانی شدن، آب مجازی نخستین‌بار توسط تونی آلن[3] در سال ۱۹۹۳و به‌صورت ترکیبی از دو مفهوم کشاورزی و اقتصادی تعریف شده و در قالب حجم آب موردنیاز در فرآیند تولید یک کالا در نظر گرفته شده است (آلن، ۱۹۹۷؛ هوکسترا[4]، ۱۹۹۸؛ یانگ و همکاران[5]، ۲۰۰۶). ایدهٔ آلن (۱۹۹۶) توضیح می‌دهد که چگونه منابع آب از طریق تجارت فراملی کالاهای کشاورزی اختصاص می‌یابد. در همین رابطه درک فرآیندها و تأثیرات آنچه ما به‌عنوان «چرخه آب مجازی» تعریف می‌کنیم، به جنبه‌ای اساسی برای تعریف مجدد مفهوم چرخه هیدرولوژیک جهانی تبدیل می‌شود (دی اودریکو و همکاران[6]، ۲۰۱۹). همچنین مفهوم اقتصادی آب مجازی با مفاهیم مزیت نسبی و مطلق که در تئوری هکشر-اوهلین به آن پرداخته شده، در ارتباط است. به این معنا که هر کشوری به صادرات کالایی می‌پردازد که آن را با ملزومات در دسترس و ارزان تولید می‌کند و متقابلاً کالایی را وارد می‌کند که در تولید آن به عوامل کمیاب و گران نیازمند است. در رابطه با موضوع آب مجازی، الگوی هکشر – اوهلین پیش‌بینی می‌کند کشورهایی که از منابع آب فراوان برخوردار هستند، باید به صادرات محصولات آب‌بر (و درنتیجه آب مجازی) بپردازند و کشورهایی که با کمبود منابع آبی روبه‌رو هستند نیز باید واردکننده محصولات آب‌بر و آب مجازی باشند (قدوسی و داوری، ۱۳۹۵).

1. Hoekstra & Hung (2002,2005)
2. Oki et al. (2017)
3. Allan (1993)
4. Hoekstra (1998)
5. Yang et al. (2006)
6. D'Odorico et al. (2019)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

تجارت هر منطقه یا کشور با توجه به شرایط متفاوت اقلیمی، ویژگی‌های خاک، دما و فشار هوا و دیگر پارامترهای اساسی و تأثیرگذار بر کشاورزی، می‌تواند در تولید کالای خاص کشاورزی تخصص پیدا کرده، در آن مزیت یابد و به تولید آن محصول با مصرف آب کمتر بپردازد و آن را به مناطقی صادر کند که برای تولید آن محصول نیازمند آب بیشتری هستند (چاپاگین و همکاران[1]، ۲۰۰۵).

حجم کل آب مصرف‌شده برای تولید کالاهای آب‌بر نسبت به حجم آبی که به‌صورت فیزیکی در جهان منتقل می‌شود، بسیار بیشتر است و مسافت‌های بیشتری را طی می‌کند (اکی و همکاران[2]، ۲۰۱۷). از این‌رو، حمل محصولات یا کالاهای دیگر بسیار آسان‌تر از انتقال آب مورد نیاز برای تولید آن‌ها می‌باشد. از سوی دیگر، این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که آب از عوامل اصلی توسعه پایدار در نظر گرفته می‌شود.

استراتژی آب مجازی به‌عنوان راه حل احتمالی برای کشورهای کم‌آب در جلسات بین‌المللی آب مانند مجمع جهانی آب مطرح شده و به‌عنوان یک جنبهٔ راهبردی برای تأثیر بر الگوی تولید و مصرف، از طریق ابزارهایی مانند استفاده بهینه از آب مجازی ارائه شده است (لیچ و همکاران[3]، ۲۰۱۶). به‌نحوی که آب مجازی را می‌توان به‌عنوان یک استراتژی سازگار قلمداد کرد که مناطق خشک را قادر می‌سازد تا بدون اعمال فشار بر منابع آبی کمیاب خود، اقتصاد پررونقی را توسعه دهند.

امروزه مدیریت تجارت آب مجازی به‌عنوان رویکردی در جهت حفظ و پایداری منابع آب موردتوجه قرار دارد که برای ذخیره سازی منابع آب کشورها و دستیابی به امنیت آبی در سطح ملی کارآمد می‌باشد (گربنزلینز و همکاران[4]، ۲۰۰۹).

۳.پیشینه تحقیق

درخصوص آب مجازی مطالعات متعددی صورت گرفته که در برخی از آن‌ها مفهوم توسعه پایدار نیز در نظر گرفته شده است. یوسفی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱) در مقاله‌ای با عنوان «طراحی الگوی آموزش آب مجازی در بخش کشاورزی با رویکرد اقتصاد مقاومتی و توسعه پایدار (مطالعه موردی: استان تهران)»، طراحی الگوی آموزش آب مجازی در بخش کشاورزی با رویکرد توسعه پایدار را در جهت آگاهی بهره‌برداران از آب مجازی و حفاظت از منابع آبی در سال ۱۴۰۰، مورد توجه قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که اجرای آموزش آب مجازی از طریق الگوی تدوین‌شده در این پژوهش تا حد زیادی از اتلاف منابع آبی در بخش کشاورزی جلوگیری می‌کند و همچنین تولید محصولات کشاورزی استراتژیک و کم‌آب‌بر، نقش مهمی در خودکفایی و شکوفایی اقتصادی ایفا کرده و فرصتی برای دستیابی به کشاورزی نوین و توسعه پایدار را فراهم می‌نماید.

1. Chapagain et al. (2005)
2. Oki et al. (2017)
3. Leach et al. (2016)
4. Gerbens-Leenes et al. (2009)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

عبداله‌زاده و همکاران (۱۴۰۱) وضعیت آماری سطح زیرکشت، عملکرد تولید و ارزیابی بهره‌وری و آب مجازی محصولات گندم، جو، یونجه و هندوانه را برای سنوات ۱۳۹۰-۱۴۰۰ در دشت پلدشت مورد بررسی قرار داده و نتیجه می‌گیرند هندوانه بیشترین بهره‌وری و یونجه کمترین بهره‌وری را دارند. اما محصول هندوانه بسیار آب‌بر بوده و با وجود بهره‌وری بالایی که دارد عموماً کارشناسان به‌دنبال جایگزینی برای آن هستند. شیرزادی و همکاران (۱۳۹۸) محصول گندم را برای گروهی از کشورهای منتخب طی سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار داده و با استفاده از الگوی جاذبه، تأثیر معنادار و مثبت متغیر جمعیت ایران بر مدل را نشان می‌دهند. بدین‌صورت که افزایش جمعیت، نیاز بیشتر به تأمین گندم در سبد خانوار را به‌دنبال دارد که با توجه به سطح زیرکشت محصول و وضعیت منابع آبی، نیاز به واردات کالا افزایش می‌یابد. محمدی و بنی‌حبیب (۱۳۹۹)، با پژوهش تجارت آب مجازی در محصولات کشاورزی ایران در سال ۱۳۹۳، صادرات این محصولات را بهترین راهبرد برای تبادل محصولات در ایران می‌دانند. غلامحسین‌پور و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی امکان بهره‌گیری از مبادلات آب مجازی پسته و خرما برای استان کرمان پرداخته‌اند. طبق نتایج پسته و خرما دارای بالاترین میزان آب مجازی بین محصولات استان بوده، ولی به دلیل حجم بالای صادرات و ورود ارز به کشور، نمی‌توان آن را از چرخه اقتصادی حذف کرد، لذا بهتر است از احداث باغ‌های جدید برای این دو محصول جلوگیری شود و محصولاتی با نیاز آبی کمتر جایگزین گردد. دوارت و همکاران[1] (۲۰۱۹) با استفاده از روش داده‌های تابلویی و الگوی جاذبه، عوامل مؤثر در انتقال آب مجازی حاصل از تجارت دوجانبه محصولات کشاورزی را بین ۷۰ کشور مورد بررسی قرار داده و نشان می‌دهند که عوامل اقتصادی، نهادی و جغرافیایی به‌عنوان محرک‌های اصلی در جریان تجارت آب مجازی نقش اصلی را به عهده داشته و رشد اقتصادی و رشد جمعیت باعث افزایش تجارت آب مجازی در بلندمدت می‌شود.

۴. نگاه اجمالی به داده‌ها و وضعیت اقتصادی کشورهای طرف تجاری ایران

در این پژوهش کشورهای طرف تجاری عمده ایران برای هر محصول، کشورهایی هستند که صادرات یا واردات آن با ایران برای محصول بیشترین باشد که شامل عراق، امارات، کانادا، عمان، پاکستان، هند، ترکیه، آذربایجان، تایلند، اروگوئه، سوئیس، افغانستان، کویت، گرجستان، قطر، ارمنستان، انگلستان، روسیه، مالزی، قزاقستان، هنگ کنگ، ویتنام، اردن و لبنان هستند.

از بین کشورهای فوق شش کشور فدراسیون روسیه، ترکیه، امارات متحده عربی، هند، پاکستان و عراق که با ایران روابط تجاری بیشتری دارند انتخاب شده‌اند. دلایل انتخاب کشورهای فوق را می‌توان این‌گونه خلاصه نمود که اولاً طرف‌های عمده تجاری ایران هستند، ثانیاً از لحاظ شاخص توسعه انسانی جزو کشورهای توسعه‌یافته یا نسبتاً توسعه‌یافته هستند، ثالثاً اطلاعات مربوط به تجارت آب مجازی آن‌ها قابل‌حصول بوده و رابعاً هریک از آن‌ها کم و بیش از نظر منابع آب و تجارت آب

1. Duarte et al. (2019)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

مجازی با مشکلاتی دست به گریبانند. از بین محصولات مورد مبادله نیز، گندم، برنج، خرما، پسته و هندوانه پنج محصول عمده‌ای هستند که در این تحقیق مورد برررسی قرار گرفته‌اند.

در ذیل مختصری از خصوصیات اقتصادی شش کشوری که مورد بررسی قرار گرفته، ارائه شده است. اطلاعات از شاخص توسعه جهانی[1] (شاخص توسعه جهانی، 2021) جمع‌آوری شده است.

عراق کشوری است با ۴۳ میلیون نفر جمعیت که ۱۱ میلیون نفر نیروی کار دارد. تولید ناخالص داخلی این کشور ۲۰۷ میلیارد دلار و متوسط رشد اقتصادی آن در بازه زمانی مورد مطالعه ۵,۷ است. این کشور ۹,۲۴ درصد صادرات آب مجازی پنج محصول مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است.

امارات متحده عربی نیز ازجمله مهم‌ترین شرکای تجاری ایران است که ۱۶,۹ درصد صادرات آب مجازی و ۱۷,۱۵ درصد واردات آب مجازی به ایران برای این پنج محصول را در بین شرکای عمده مورد بررسی دارد. جمعیت این کشور تقریبا ۹ میلیون نفر می‌باشد که ۶ میلیون نفر به‌عنوان نیروی کار مشغول‌اند. این کشور با متوسط رشد اقتصادی ۳,۶ درصد در بازه زمانی مذکور، تولید ناخالص داخلی به میزان ۴۱۵ میلیارد دلار را داراست .

پاکستان کشوری است با جمعیت ۲۳۱ میلیون نفر، جمعیت نیروی کار ۷۳ میلیون نفر و رشد اقتصادی آن به‌طور متوسط ۴ درصد می‌باشد. تولید ناخالص داخلی پاکستان ۳۴۸ میلیارد دلار بوده و به ترتیب ۱۱,۰۶ درصد و ۶,۰۵ درصد واردات و صادرات آب مجازی به ایران را برای پنج محصول مورد مطالعه دارد.

هند کشوری است پهناور با تولید ناخالص داخلی به میزان ۳۱۷۶ میلیارد دلار و به‌طور متوسط ۶۶ درصد صادرات آب مجازی برنج به ایران را در اختیار دارد و شریک بزرگ تجاری ایران در محصول برنج است. این کشور با جمعیتی معادل یک میلیارد و چهارصد میلیون نفر و نیروی کار ۴۰۰ میلیون نفر، به‌طور متوسط رشد اقتصادی ۶,۸۵ درصد دارد. کشور هند ۷,۱۹ درصد صادرات آب مجازی و ۴۵,۷۷ درصد واردات آب مجازی به ایران را برای محصول‌های مورد مطالعه و در بازه زمانی مذکور داشته است.

ترکیه ۶,۱۹ درصد صادرات آب مجازی و ۴,۷۸ درصد واردات آب مجازی به ایران را برای پنج محصول مورد مطالعه را داشته است. این کشور با تولید ناخالص داخلی ۸۱۹ میلیارد دلار، متوسط رشد اقتصادی ۵ درصد را در بازه زمانی مورد نظر تجربه کرده است. جمعیت این کشور ۸۴ میلیون نفر و نیروی کار آن ۳۲ میلیون نفر می‌باشد.

روسیه ۱۴۳ میلیون نفر جمعیت و ۷۲ میلیون نفر نیروی کار دارد. تولید ناخالص داخلی این کشور ۱۷۷۸ میلیارد دلار و متوسط رشد اقتصادی آن ۲,۴۸ درصد در بازه زمانی مورد مطالعه می‌باشد. این کشور در بازه زمانی مورد نظر ۵,۰۷ درصد صادرات آب مجازی و ۵,۱۴ درصد واردات آب مجازی به ایران را برای پنج محصول مورد بررسی داشته است.

1. WDI:World Development Indicator

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

۵. الگوی تحقیق

به منظور طراحی الگوهای مورد بررسی در این تحقیق، از الگوی جاذبه استفاده شده است. الگوی جاذبه یک چهارچوب روش شناختی برای بررسی علل تجارت بین‌المللی است که اساساً سعی می‌کند با در نظر گرفتن اندازه اقتصادی هر دو کشور و همچنین فاصله بین آن‌ها، جریان تجاری موجود در میان کشورها را توضیح دهد. طبق گفته لیندر[1] (۱۹۶۱)، تجارت از نظر شباهت‌های موجود در میان ویژگی‌های تقاضا بین طرف‌های تجاری قابل‌توضیح است. این الگو به‌طور فزاینده‌ای برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست‌محیطی در تجارت بین‌المللی استفاده می‌شود تا آنجا که امکان در نظر گرفتن متغیرهایی با تأثیر بالقوه مانند درآمد، جمعیت، مسافت‌های جغرافیایی و عوامل نهادی در یک چهارچوب اقتصادی را میسر می‌کند (دوارت و همکاران[2]، ۲۰۱۸). الگوی جاذبه براساس قانون عمومی گرانش نیوتن استخراج و الگوی جاذبه تجارت، به‌صورت الگوی تعاملات تجاری دوجانبه بین کشورها به شرح ذیل بیان می‌شود:

$$X_{ij} = K\frac{S_i S_j}{T_{ij}^{\theta}} \qquad (۱)$$

در این الگو X_{ij} صادرات کشور i به کشور j، S_i نشان‌دهنده کلیه ویژگی‌هایی است که صادرکننده i را به‌عنوان عرضه‌کننده (در مقابل شرکایش) تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و S_j منعکس‌کننده کلیه ویژگی‌های کشور j به‌عنوان بازار مقصد کلیه منابع برای تولیدکننده i است و T هزینه‌های تجارت یا مقیاس دسترسی به بازار j برای تولیدکنندگان در کشور i بوده که عموماً با فاصله جغرافیایی اندازه‌گیری می‌شود (البته در الگوی جاذبه برای هزینه‌های تجارت می‌توان مواردی مانند مجاور بودن، زبان یکسان، پول یکسان و ... را نیز در نظر گرفت). انتظار می‌رود تجارت بین کشورها ارتباط مستقیم با اندازهٔ اقتصادی و ارتباط منفی با فاصله بین کشورها داشته باشد.

بر این اساس، تحقیق حاضر با بهره‌گیری از الگوی جاذبه لگاریتمی فراکاسو[3] (۲۰۱۴) به تحلیل اقتصادی عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی ایران و شرکای عمده کشاورزی برای محصولات برنج، هندوانه، خرما، گندم و پسته می‌پردازد که الگوی جاذبه برای هر محصول به شرح ذیل است:

$$LnVWT_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 WP_i + \alpha_2 LnSZK_i + \alpha_3 LnEXC_{ij} + \alpha_4 Ln\frac{G_i}{G_j} + \alpha_5 Ln\frac{Po_i}{Po_j} + \alpha_6 LnD_{ij} + U_{ij} \qquad (۲)$$

در این الگو، بهره‌وری آب در ایران (WP)، سطح زیر کشت محصول در ایران (SZK)، نرخ ارز دوجانبه (EXC)، نسبت تولید ناخالص داخلی ایران به تولید ناخالص داخلی کشور طرف تجاری ($\frac{G_i}{G_j}$)، نسبت جمعیت ایران به جمعیت کشور طرف تجاری ($\frac{Po_i}{Po_j}$) و مسافت میان کشور ایران و کشور طرف تجاری (D)، به‌عنوان عوامل مؤثر بر تراز تجاری آب مجازی محصول (VWT[4]) در نظر گرفته شده

1. Linder (1961)
2. Duarte et al. (2018)
3. Fracasso (2014)
4. Virtual Water Trade

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]
[DOI: 10.22034/24.4.53]

است. برآورد الگوهای پژوهش با استفاده از الگوی جاذبه، به‌منظور سهولت نمایش نتایج حاصله، در جداول (۱) تا (۳) ارائه شده است. از سوی دیگر، نبود داده‌های کافی و نیز صفر بودن میزان صادرات و واردات برخی از کالاها که در بعضی از سال‌ها و در ارتباط با شماری از طرف‌های تجاری وجود دارد، لحاظ نشدن برخی از داده‌های آماری را در پی داشته و مشکلاتی را در برآورد الگوهای خطی پدید می‌آورد (موتا[1] ، ۲۰۱۹) و از آن‌جایی‌که تحقیق حاضر با مشکل وجود صفر در متغیرهای مستقل و همچنین صفر بودن واردات از کشورهای طرف تجاری برای برخی از محصولات مواجه بوده است از روش تخمین‌زننده حداکثر درست‌نمایی شبه پواسون [2](PPML) استفاده شده که روشی مناسب برای رفع مشکلات مطرح‌شده می‌باشد. آنچه که در بررسی الگوهای تجارت دوجانبه به انتخاب رویکردهای مطلوب تخمین جهت برآورد الگوها منجر می‌شود، توجه به رفتار متغیرهای وابستهٔ اثرگذار می‌باشد که در سه دستهٔ مجزا به‌صورت متغیرهای غیرقابل‌تغییر در طول زمان مانند فاصله جغرافیایی، متغیرهای کیفی غیرقابل‌تغییر در طول زمان و متغیرهای مستقلی قابل‌بررسی بوده که در طول زمان و بین مقاطع مختلف دچار تغییر می‌شوند (اندرسون و وان وین کوپ[3]، ۲۰۰۳). برآوردگر PPML، به‌صورت یک فرم تبعی ضربی برای برآورد پارامترهای مختلف در الگو مد نظر قرار گرفته و برآوردهای سازگاری از الگو را ارائه می‌کند (سیلوا و تنریرو[4]، ۲۰۰۶).

۶. بحث پیرامون یافته‌های تحقیق

در این پژوهش تجارت آب مجازی دوجانبه محصولات برنج، هندوانه، خرما، گندم و پسته بین ایران و شرکای عمده کشاورزی برای هرکدام از محصولات مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اطلاعات در دسترس و برآوردهای صورت‌گرفته، سال مورد مطالعه برای محصولات برنج، هندوانه و گندم ۱۳۸۵-۱۳۹۹ و برای محصولات خرما و پسته ۱۳۸۷-۱۳۹۹ می‌باشد. همچنین شرکای عمده تجاری برای هر محصول با توجه به میزان صادرات و واردات متفاوت است. به‌طوری که برای محصول برنج، ۱۱کشور طرف تجاری شامل عراق، امارات، کانادا، عمان، پاکستان، هند، ترکیه، آذربایجان، تایلند، اروگوئه و سوئیس؛ برای محصول هندوانه، ۱۲ کشور طرف تجاری شامل عراق، امارات، افغانستان، عمان، کویت، گرجستان، قطر، آذربایجان، ارمنستان، انگلستان، ترکیه، روسیه؛ برای محصول خرما، ۸ کشور طرف تجاری شامل عراق، امارات، مالزی، کانادا، هند، قزاقستان، ترکیه، پاکستان؛ برای محصول گندم، ۱۱ کشور طرف تجاری شامل عراق، امارات، افغانستان، عمان، قزاقستان، سوئیس، آذربایجان، ارمنستان، انگلستان، ترکیه، روسیه و برای محصول پسته، ۷ کشور طرف تجاری شامل امارات، هنگ کنگ، هند، قزاقستان، پاکستان، ترکیه، روسیه می‌باشند.

1. Motta (2019)
2. Poisson Pseudo-Maximum Likelihood Estimation
3. Anderson & Van wincoop (2003)
4. Silva &Tenreyro (2006)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]
[DOI: 10.22034/24.4.53]

با بررسی داده‌های صادرات و واردات محصولات کشاورزی، می‌توان گفت این محصولات جزء محصولات مهم و استراتژیک بوده و به‌طور تقریبی بیشترین میزان صادرات و واردات کشاورزی ایران و بیشترین حجم تجارت آب مجازی را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین نتایج به‌دست آمده می‌تواند نمونه‌ای برای تجارت آب مجازی کشور باشد. ارزیابی‌های انجام‌شده بر مبنای استفاده از برآوردگر PPML برای متغیرهای مورد بررسی در این پژوهش صورت گرفته که به منظور سهولت بیشتر در ردیابی نتایج حاصل از یافته‌های تحقیق در قالب سه جدول (جداول ۱، ۲، ۳) و به تفکیک متغیرها ارائه شده است.

نظر به اینکه عوامل متعددی می‌تواند بر صادرات و واردات تراز تجاری هرکشور تأثیرگذار باشد، بنا بر این فرض، ثبات سایر شرایط در استدلال‌های مربوطه همواره حفظ شده است. به‌طوری که مشاهده می‌شود ضریب نسبت نرخ ارز در همهٔ محصولات غیر از محصول هندوانه در سطح ۹۵٪ معنادار است و برای هر پنج محصول رابطه تراز تجاری دوجانبه آب مجازی و نرخ ارز مثبت است. می‌توان بیان نمود به دنبال افزایش نرخ ارز، هزینه واردات برای طرف تجاری کاهش می‌یابد، از طرفی بخشی از افزایش تولید ناخالص داخلی نسبی می‌تواند ناشی از افزایش تولید محصول در کشور ایران و درنتیجه افزایش صادرات آن باشد، بر این اساس کاهش هزینه واردات برای طرف تجاری و افزایش تولید محصول در ایران، می‌تواند به افزایش تراز تجاری آب مجازی منجر شود.

جدول ۱: نتایج برآورد الگوی تحقیق

متغیر	محصول	ضریب	Z	P>|Z|
نرخ ارز دوجانبه	پسته	۰/۶۴۴	۳/۴۱	۰/۰۰۱
	گندم	۰/۳۰۳	۲/۰۹	۰/۰۳۶
	خرما	۰/۱۵۲	۳/۹۰	۰/۰۰۰
	هندوانه	۰/۱۷۸	۱/۸۲	۰/۰۶۹
	برنج	۲/۳۶۷	۴/۳۱	۰/۰۰۰
تولید ناخالص داخلی نسبی	پسته	۰/۴۷۴	۲/۵۹	۰/۰۱۰
	گندم	۰/۹۶۸	۳/۷۶	۰/۰۰۰
	خرما	۰/۳۵۹	۶/۳۴	۰/۰۰۰
	هندوانه	-۰/۳۴۲	-۳/۱۱	۰/۰۰۲
	برنج	۲/۱۵۳	۶/۹۴	۰/۰۰۰

(منبع: یافته‌های تحقیق)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

طبق یافته‌ها در جدول (۱)، ضریب نسبت تولید ناخالص داخلی برای همهٔ محصولات غیر از هندوانه مثبت است. افزایش نسبت تولید ناخالص داخلی ایران به تولید ناخالص داخلی شریک تجاری یا به خاطر افزایش تولید ناخالص داخلی در کشور بوده که می‌توان انتظار افزایش صادرات را داشت یا به دلیل کاهش تولید ناخالص داخلی شریک تجاری بوده که این کاهش تولید در کشور شریک تجاری، می‌تواند نیاز به افزایش واردات طرف تجاری و بالطبع افزایش صادرات ایران را در پی داشته باشد.

جدول ۲: نتایج برآورد الگوی تحقیق

متغیر	محصول	ضریب	Z	P>|Z|
جمعیت نسبی	پسته	-۰/۳۸۸	-۱/۷۰	۰/۰۸۹
	گندم	-۱/۶۱	-۷/۷۲	۰/۰۰۰
	خرما	-۰/۰۵۲	-۰/۹۵	۰/۳۴۴
	هندوانه	-۰/۲۳۱	-۲/۵۲	۰/۰۱۲
	برنج	-۲/۴۴۳	-۴/۵۲	۰/۰۰۰
مسافت بین ایران و طرف تجاری	پسته	-۰/۰۱۱	-۰/۰۸	۰/۰۱۷
	گندم	-۰/۳۱۹	-۲/۴۰	۰/۰۱۷
	خرما	-۰/۰۹۲	-۱/۲۶	۰/۲۰۹
	هندوانه	-۰/۴۸۰	-۵/۰۰	۰/۰۰۰
	برنج	-۱/۰۶۳	-۴/۸۵	۰/۰۰۳

(منبع: یافته‌های تحقیق)

مطابق با نتایج حاصل از الگوی تحقیق در جدول (۲)، ضریب مسافت در همهٔ محصولات غیر از خرما معنادار بوده و نتایج حاصله برای هر پنج محصول، مؤید رابطه منفی مسافت با تراز تجاری آب مجازی است. درواقع، افزایش مسافت میان دو کشور، افزایش هزینه انتقال محصول را موجب شده و تراز تجاری آب مجازی را کاهش می‌دهد.

در جدول (۳)، نتایج مربوط به ضرایب سطح زیر کشت محصولات و بهره‌وری آب در ایران ارائه شده است. ضریب سطح زیر کشت، به‌جز محصول برنج، برای محصولات خرما، هندوانه، گندم و پسته معنادار است. افزایش سطح زیر کشت پسته و گندم در پاسخ به افزایش تقاضای جهانی بوده و این ضریب رابطه مثبت با تراز تجاری آب مجازی دارد. افزایش سطح زیر کشت هندوانه و خرما در پاسخ به افزایش تقاضای داخلی بوده و صادرات و درنتیجه تراز تجاری آب مجازی آن‌ها کاهش می‌یابد.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

جدول ۳: نتایج برآورد الگوی تحقیق

متغیر	محصول	ضریب	Z	P>|Z|
سطح زیر کشت	پسته	۰/۲۵۳	۲/۰۵	۰/۰۴۰
	گندم	۰/۷۰۶	۴/۴۵	۰/۰۰۰
	خرما	-۰/۲۹۷	-۳/۲۶	۰/۰۰۱
	هندوانه	-۰/۱۴۹	-۲/۸۰	۰/۰۰۵
	برنج	۰/۲۰۹	۱/۱۰	۰/۲۷۰
بهره‌وری آب در ایران	پسته	۰/۴۷۷	۴/۰۳	۰/۰۰۰
	گندم	۰/۰۱۲	۰/۱۶	۰/۸۷۱
	خرما	۰/۲۱۴	۱۰/۱۳	۰/۰۰۰
	هندوانه	۰/۱۴۶	۳/۸۴	۰/۰۰۰
	برنج	-۰/۱۷۰	-۱/۲۸	۰/۲۰۰

(منبع: یافته‌های تحقیق)

یادآوری می‌شود که به دلیل وجود فرآیند خرده مالکی در پنج دههٔ گذشته و خردشدن زمین‌های کشاورزی از مقیاس وسیع آن و فقدان کشت منطقه‌ای و تنوع در کشت به دلایل مذکور سبب افزایش هزینه‌های مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت شده است. مجموع عوامل ذکرشده به اضافه وجود روابط دلالی و واسطه‌گری در خرید محصول و صادرات آن یا واردات مواد اولیه لازم و توزیع آن، قدرت رقابت‌پذیری را از تولیدکننده سلب نموده است.

همچنین صادرات و واردات آب مجازی این پنج محصول در بازه زمانی مورد مطالعه مطابق با جدول (۴) ارائه می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود برای دو محصول گندم و برنج واردات آب مجازی و برای محصولات پسته و هندوانه صادرات آب مجازی بیشتر است. درخصوص محصول خرما با وجود آب‌بری به نسبت کمتر از دیگر محصولات مورد مطالعه، به‌خاطر صرفاً صادر شدن محصول و واردات بسیار ناچیز، صادرات آب مجازی بیشتر است. درکل ایران در بازه زمانی مورد مطالعه صادرکننده آب مجازی بوده است.

جدول ۴: ارزش ریالی صادرات و واردات آب مجازی محصولات مورد مطالعه

محصول	صادرات (همت)	واردات (همت)
گندم	3/727	12/907
پسته	206/835	37/295
خرما	13/287	۰
هندوانه	0/64	۰
برنج	0/56	43/352
جمع	224/546	56/263

(منبع: یافته‌های تحقیق)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

۷. نتیجه‌گیری

مدیریت پایدار منابع آب، درخلال ایجاد نظامی یکپارچه و جامع بر آن است تا ضمن توجه به ارزش کامل اقتصادی و امنیتی آب به‌عنوان یکی از محورهای اصلی توسعه پایدار، در راستای عرضهٔ آب مطمئن اقدام نموده و از طریق استعمال رویکردهای جدید مدیریتی، نقش خود را در ارتقای رفاه اجتماعی و توسعهٔ پایدار ایفا کند. توجه به تجارت آب مجازی می‌تواند از راهکارهای نیل به مقصود باشد.

محصولات مهم پسته، هندوانه، برنج، گندم و خرما، نشان می‌دهد که تراز تجاری آب مجازی ایران با نرخ ارز دوجانبه رابطهٔ مثبت و با مسافت و نسبت جمعیت رابطهٔ منفی دارد. همچنین برای متغیر تولید ناخالص داخلی نیز این رابطه به‌جز محصول هندوانه، برای محصولات دیگر مثبت می‌باشد.

ایران در رابطه با دو محصول گندم و برنج، واردکننده آب مجازی و در محصولات هندوانه و پسته، صادرکننده آب مجازی بوده و در محصول خرما نیز با توجه به نقش صادراتی آن، صادرکننده آب مجازی به‌شمار می‌رود. به‌طور کلی، مقایسه میزان صادرات و واردات آب مجازی در محصولات مذکور، ایران را در زمره صادرکنندگان آب مجازی در بازه موردنظر نشان می‌دهد.

در خاتمه با توجه به اینکه در تحقیقات مرتبط با داده‌های ترکیبی، کشورهای مختلف با اقتصادهای متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرند، ارائهٔ راهکار عملی که برای همهٔ آن‌ها مصداق داشته باشد مشکل به‌نظرمی‌رسد، هرچند هدف همهٔ کشورها را می‌توان در نیل به توسعه پایدار خلاصه نمود. از این‌رو شاید با توجه توصیه‌های سازمان ملل مشارکت و همکاری بین کشورهای مختلف در این رابطه و تشویق صادرات و واردات براساس محاسبه آب مجازی مرتبط، راهگشا باشد. درخصوص ایران با در نظر گرفتن شرایط خاص آن، کاهش صادرات آب مجازی و مدیریت صحیح منابع آبی مورد استفاده ازجمله ضروریات نیل به توسعهٔ پایدار خواهد بود.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

References

Abdulzadeh Kahrizi, R, Kokabinejad Moghadam, A & Marufini, E. (2022). Investigating virtual water and agricultural water productivity index in crops of Dasht-Poldasht. Soil and water modeling and management, 3(1), 54-68. [In Persian]

Allan, J. A. (1996). *Policy responses to the closure of water resources Water Policy: Allocation and Management in Practice*. London: Chapman and Hill.

Allan, J.A. (1997). Virtual Water: A Long Term Solution for Water Short Middle Eastern Economies. *Technical Report, 3*. Occasional Paper, School of Oriental and African Studies (SOAS) , University of London.

Anderson, J & Wincoop, E.V. (2003). Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review, 93*, 170– 192.

Chapagain, A. K, Hoekstra, A. Y & Savenije, H. H. G. (2005). Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 10* (3), 455- 468.

D'Odorico, P., Carr, J., Dalin, C., Dell'Angelo, J., Konar, M., Laio, F., Ridolfi, L., Rosa, L., Suweis, S. & Tamea, S;Tuninetti, M. (2019). Global virtual water trade and the hydrological cycle: patterns, drivers, and socio-environmental impacts. *Environ. Res. Lett. 14*, 053001.

Duarte, R., Pinilla, V. & Serrano, A. (2018). Factors driving embodied carbon in international trade: a multiregional input–output gravity model. *Econ. Syst. Res. 30*(4), 545-566.

Fracasso, A. (2014). A gravity model of virtual water trade. *Ecological Economics, 108*, 215–228.

Gerbens-Leenes, W., Hoekstra, A.Y. & Van der Meer, T.H.(2009). The water footprint of bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences,106*(25), 10219-10223.

Qudousi, H. & Davari, H. (2015). Critical analysis of virtual water from the policy perspective. *Journal of water and sustainable development, 3*(1), 47-56. [In Persian]

Gholamhosseinpour Jafarinejad, A., Alizadeh, A., Neshat, A. & Abolhasani Zaraatkar, M . (2015). Virtual water exchange in order to improve efficiency in water consumption (case study of Kerman province*). Iranian Irrigation and Drainage Journal, 8*(2), 335-325. [In Persian]

Hoekstra, A.Y. (1998). *Perspectives on water: An integrated model-based exploration of the future*. International Books, Utrecht: the Netherlands.

Hoekstra, A.Y. & Chapagain, A.K. (2008). *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*. Blackwell Publishing. Oxford, UK.

Hoekstra, A.Y. & Hung, P, Q. (2002). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in ralation to international crop trade, Value of water in IHE. *Reasearch Report Series*, 11, 33-63.

Hoekstra, A.Y. & Hung, P.Q. (2005). Globalization of water resources. *Global Environ Change, 15*(1), 45–56.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

Leach, AM., Emery, K.A., Gephart, J., Davis, K.F., Erisman, J.W. & Leip, A. (2016). Environmental impact food labels combining carbon, nitrogen, and water footprints. *Food Policy* ,*61*, 213–230.

Mohammadi, A. & Bani Habib, M. A. (2021). Strategic management model of virtual water exchange of agricultural and livestock products of Iran. *Water management and irrigation*. *10*(1), 15-29. [In Persian]

Motta, V. (2019). Estimating Poisson pseudo maximum-likelihood rather than log-linear model of a log-transformed dependent variable. *RAUSP Management Journal, 54*(4), 508-518.

Oki, T., Yano, Sh. & Hanasaki, N. (2017). Economic aspects of virtual water trade. *Environ. Res*. Lett. 12. 044002.

Santos-Silva, J.M.C. &Tenreyro, S. (2006). The Log of Gravity. *The Review of Economics and Statistics, 88*(4), 641–658.

Shirzadi, E; SayehMiri, A; Asgari, H. (2020). Investigating Factors Affecting Virtual Water Trade in wheat production Using Gravity Model. *Journal of Economic Research and Agricultural Development of Iran. 2*(3), 504-513. [In Persian]

UN Water Conference.(2023). New York. https://www.unwater.org.

UNICEF-UNFPA-WHO Meeting with manufactures and suppliers. (2023). Copenhagen, Denmark.

World Bank, annual Report. (2022).https://doi.org/10.1596/AR2022EN.

Yawson David, O. (2020). Estimating virtual water and land use transfers associated with future food supply: A scalable food balance approach. *MethodsX*, *24*(7), 100811.

Yang, H., Wang, L., Abbaspour K. C. & Zehnder, A.J.B. (2006). Virtual Water Trade: An Assessment of Water Use Efficiency in the International Food Trade. *Hydrology and Earth System Sciences, 10,* 443-454.

Yawson, D.O., Mohan, S., Armah, F.A., Ball, T., Mulholland, B., Adu, M.O. & White, P.J. (2020). Virtual water flows under projected climate, land use and population change: the case of UK feed barley and meat. *Heliyon 6*, e03127.

Yousefinejad, M., Larijani, M., Shabiri, S.M. & Rezaei, M. (2022). Designing a model of virtual water education in the agricultural sector with the approach of resistance economy and sustainable development (case study: Tehran province). *Sustainability, development and environment*. *3*(2), 78-112. [In Persian]

.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

Quarterly Journal of The Economic Research (Sustainable Growth and Development)
Original Research Article/ Vol.24, No.4, Winter 2024, pp: 53-68

Bilateral Virtual Water Trade Balance and Sustainable Development using the Gravity Model An Explanation

Sepideh Ameri Golestan[1]
Sadegh Bakhtiari[2]
Sara Ghobadi[3]

Received: 2023/12/31 Accepted: 2024/01/30

Aim and Introduction

Water crisis is considered as one of the biggest challenges that most regions of the world, especially Iran, are facing. Indiscriminate surface and underground water extraction and successive droughts have limited water resources. Population growth has also led to an increase in demand and consumption in the water chain and food industry (especially agricultural products) and emphasizes the necessity of using virtual water as an efficient approach.

According to the report of the International Panel on Climate Change (IPPC) in 2022, half of the world population faces severe water shortages at least for part of the year. Due to the centrality of the severe lack of water resources in the world, the first major United Nations conference on water was held in 2023, and in general, the decade from 2018 to 2028 was named as the "International Decade of Water for Sustainable Development". Although the water cycle changes are often evaluated only based on physical water flows and its reserves, this method is not effective on a larger scale and in relation to the global water cycle, and it also emphasizes the need to pay attention to "virtual water" flows which should be considered in addition to the physical flows of water.

Methodology

In order to design the patterns examined in this research, the gravity pattern has been used. This model is mainly used for the analysis of environmental effects in international trade, as it allows the consideration of variables with potential impact such as income, population, geographical distances and institutional factors in an economic framework. The gravity model was applied in this research in order to estimate the research patterns and since the current research has faced the problem of zero in the independent variables as well as zero imports from trading countries for some products, using the estimator method Pseudo Poisson Maximum Likelihood (PPML) was also used. It is worth mentioning here that PPML is a suitable method to solve the problems mentioned above.

1. Ph.D. Student of Economics, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran. E-mail: pd.ameri65@gmail.com
2. Professor of Economics, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran. (Corresponding Author) E-mail: bakhtiari@khuisf.ac.ir
3. Assistant Professor of Economics, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran. E-mail: sghobadi@khuisf.ac.ir

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]

Findings
According to the investigations, Iran's virtual water trade balance has a positive relationship with the bilateral exchange rate and a negative relationship with the distance and population ratio, and for the variable of GDP, this relationship is positive for other products except watermelon. Iran is also an exporter of watermelon and pistachio products and an importer of virtual water for two products of wheat and rice, and an exporter of virtual water for date products due to the fact that it is only for export. In general, it is considered a virtual water exporter. The existence of quantitative and qualitative problems in the country's water resources and the location of Iran in an arid and semi-arid region and facing water shortage crises, is necessary to pay attention to the demand for water at the macro level and formulate basic plans for the sustainable use of water resources. Therefore, the use of virtual water trade approach by countries shows a favorable performance in relation to useful management measures. This research, while using the gravity model and the PPML estimator, studies the factors affecting the bilateral trade balance of virtual water in five major agricultural products of Iran (wheat, rice, dates, pistachios, and watermelon) in terms of sustainable development approach.

Discussion and Conclusion
In this research, bilateral virtual water trade about rice, watermelon, dates, wheat, and pistachio products between Iran and its major agricultural partners has been investigated. Examining the export and import data of agricultural products shows that these products are important and strategic products which include the largest amount of export and import of Iran's agriculture and the largest volume of virtual water trade. Therefore, the obtained results can be an example of the country's virtual water business. According to the investigations, Iran's virtual water trade balance has a positive relationship with the bilateral exchange rate and a negative relationship with the distance and population ratio, and for the variable of GDP, this relationship is positive for other products except watermelon. Also, the results indicate that virtual water import is more for wheat and rice products and virtual water export is more for pistachio and watermelon products. Regarding the date product, water extraction is relatively less than other studied products, and since the product is exported and the import level is very small, virtual water export is higher. In general, Iran can be considered as an exporter of virtual water over the period.
Considering the existing conditions, Iran should act in order to achieve sustainable development by reducing virtual water exports and saving water resources. Since access to water resources and its optimal use and food production are among the benefits of human societies, sustainable development is considered an excellent approach that emphasizes the necessity of water resources management and its impact on human societies.

Keywords: Virtual Water, Sustainable Development, PPML, Virtual Water Trade
JEL Classification: B17, Q25, Q01

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2025-04-29]

[DOI: 10.22034/24.4.53]