نشریه علمی (فصلنامه) پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی شماره ۱۰۴
سال سی‌ام، زمستان ۱۴۰۱، صفحه ۲۳۶ - ۲۰۹

ارزیابی تراز تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی (مطالعه موردی استان مازندران)

سعید راسخی
استاد اقتصاد، گروه اقتصاد انرژی، دانشگاه مازندران (نویسنده مسئول)
srasekhi@umz.ac.ir
مائده کریمی
کارشناس ارشد اقتصاد، گروه اقتصاد انرژی، دانشگاه مازندران
maedeh18karimi@gmail.com

بر اساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۲۱، بخش کشاورزی ۷۰ درصد آب شیرین را مصرف می‌کند. از این رو، مدیریت و استفاده بهینه آب و آینده نگری درباره مصرف آب مجازی در بخش کشاورزی ضروری است. دسترسی محدود، توزیع نابرابر منابع آب، تغییر اقلیم و روند افزایشی تقاضای آب در سطح بین‌المللی، بر اهمیت این موضوع افزوده است. با آگاهی از این وضعیت، هدف اصلی مطالعه حاضر، بررسی تراز آب مجازی گروه کالاهای منتخب کشاورزی استان مازندران با کشورهای مستقل مشترک‌المنافع (CIS) در سال ۱۳۹۷ می‌باشد. در این مطالعه با به‌کارگیری نرم‌افزارهای CROPWAT و OPTIWAT، ابتدا نیاز آبی گیاهان محاسبه شده و سپس، با پردازش داده‌های تجارت خارجی استان مازندران با CIS، تراز تجاری آب مجازی محصولات کشاورزی محاسبه شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد تراز تجاری آب مجازی استان مازندران با CIS در سال ۱۳۹۷، ۲۸۱۶/۷۶ میلیون مترمکعب بوده که نشانگر صرفه جویی در منابع ملی آب در تجارت خارجی استان می‌باشد. توصیه سیاستی این مطالعه، توجه ویژه به موضوع آب مجازی و ترکیب آن در اسناد بالادستی در راستای صرفه جویی ملی آب و پایداری اجتماعی، اقتصادی و محیط زیست می‌باشد.

طبقه‌بندی JEL: Q01, Q17, Q25.
واژگان کلیدی: آب مجازی، تجارت خارجی، استان مازندران، CIS.

تاریخ دریافت: ۱۸ / ۷ / ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: ۲۰ / ۱۱ / ۱۴۰۱

۱. مقدمه

کمبود آب در چند دهه گذشته به‌ویژه در مناطق کم آب تشدید شده است که عمدتاً به دلیل شکل‌گیری دوره‌های رونق اقتصادی و رشد مداوم جمعیت جهان است. این موضوع در کنار مصرف ۷۰ درصدی بخش کشاورزی از آب شیرین موجب شده است که توجه بیشتری به استفاده بهینه آب به‌ویژه در مناطق کم آب صورت گیرد. کشورها توجه خود را از مصرف آب در فعالیت‌های اقتصادی فراتر برده و به محتوای آب محصولات توجه می‌کنند و در این چارچوب، آب مجازی به رویکردی جدید در ارزیابی استفاده پایدار از آب در بخش کشاورزی تبدیل شده است (جوزف[1]و همکارن، ۲۰۲۰). این رویکرد به قدری مهم است که تجارت آب مجازی به عنوان یک روش مؤثر برای غلبه بر کمبود آب به ویژه در کشورهای دچار کمبود آب، و واردات محصولات با نیاز آبی بالا نیز به عنوان راهی برای افزایش منابع آبی آنها قلمداد شده است(بذرافشان[2] و همکاران، ۲۰۲۰). بدین ترتیب، رویکرد تجارت آب مجازی آلن[3](۱۹۹۷)، به راهی برای بهبود کارایی مصرف و کاهش کمبود آب در سطح منطقه‌ای از طریق تغییر ساختار الگوی کشت و تجارت بین منطقه‌ای مواد غذایی تبدیل شده است (چاپاگین[4] و همکاران، ۲۰۲۰).

در کشورهای درحال‌توسعه، تصمیم‌گیرندگان اغلب با اولویت دادن به برخی از شاخص‌های اقتصاد کلان همچون GDP و رشد اقتصادی، مسائل مهم محیط زیستی مرتبط با رفاه اجتماعی را نادیده می‌گیرند و یا با ساده انگاری استفاده بی‌رویه و ناکارآمد آب در بخش‌های اقتصادی، اولویت‌های راهبردی خود بر اساس متغیرهای اقتصاد کلان تعریف می‌کنند (اوینگ[5] و همکاران، ۲۰۱۲) که می‌تواند به کمبود شدید منابع آبی بینجامد. تخصیص و مدیریت منابع آب به

---

1. Joseph
2. Bazrafshan
3. Allen
4. Chapagain
5. Ewing

کارآمدترین و مناسب‌ترین بخش‌های اقتصادی تا حدودی منطبق با نظریه نئوکلاسیک تجارت بین‌الملل است که بر اساس آن، وفور نسبی منابع طبیعی عامل تعیین کننده مزیت نسبی و تخصص گرایی در تولید محسوب شده و در این چارچوب، کشورهای با دسترسی محدود به آب باید در کالاهایی تخصص پیدا کنند و آنها را صادر کنند که به نسبت آب بری کمتری دارند (فرامرزی[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

علیرغم برخی ملاحظات برای افزایش بهره وروی و بهبودهای کمی و کیفی در بخش کشاورزی، در اسناد بالادستی کشور، توجهی به مصرف و تجارت آب مجازی نشده است. این در حالی است که آب شیرین نقش اساسی را در امنیت غذایی ایفا می‌نماید و به دلیل تغییرات اقلیمی و بهره‌گیری غیربهینه از آب، منابع آبی در حال کاهش است.

هدف اصلی مقاله حاضر، بررسی تراز تجاری آب مجازی استان مازندران با کشورهای مستقل مشترک المنافع(CIS)[2] در گروه کالاهای منتخب کشاورزی می‌باشد و برای این منظور، از نرم‌افزارهای CROPWAT وOPTIWAT استفاده شده و نیاز آبی گیاهان در سال ۱۳۹۷ محاسبه شده است. سپس با پالایش و پردازش داده‌های تجاری استان مازندران با کشورهای منتخب و محاسبات آب مجازی در تجارت خارجی استان با این کشورها، تراز تجاری آب مجازی استان مازندران با منطقه CIS محاسبه و تحلیل شده است. محاسبات فنی-اقتصادی تراز تجاری آب مجازی استانی در تمام گروه محصولات کشاورزی و تاکید بر نقش آب مجازی در تحلیل‌های تجارت منطقه‌ای از نوآوری‌های مقاله حاضر به شمار می‌رود. عضویت ایران در اتحادیه اقتصادی اوراسیا در سال ۱۳۹۸ و احتمال تبدیل آن به موافقت نامه تجارت آزاد، بر اهمیت این مطالعه می‌افزاید.

مطالعه حاضر در پنج بخش ارائه شده است. بعد از مقدمه، بخش دوم به ادبیات تحقیق اختصاص دارد. روش تحقیق در بخش سوم مقاله ارائه شده است. در بخش چهارم، محاسبات و تحلیل نتایج آمده است. جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی در بخش پنجم ارائه شده است. بخش پایانی نیز به منابع اختصاص پیدا کرده است.

---

1. Faramarzi
2. Commonwealth Independent Countries (CIS)

۲. ادبیات تحقیق

آب در کنار سایر عوامل تولید همچون کار وسرمایه برای تولید کالاها و خدمات ضروری است به ویژه تولید کالاهای کشاورزی بدون این نهاده حیاتی غیرممکن است. شاید به همین دلیل است که برخی از محققان عنوان کرده‌اند که باید به جای اصطلاح *واردات آب مجازی* از *واردات غذا* استفاده شود(مرت[1]، ۲۰۰۳). البته این مورد بر اساس محتوای عامل[2] در تجارت بین‌الملل حل شده است و همان چنان که ونک[3](۱۹۶۸) مطرح می‌کند می‌توان به جای تجارت کالایی از تجارت محتوای عامل استفاده کرد و در این شرایط، تنها کافی است از تجارت خدمات آب[4] استفاده شود که تعبیر دیگری از تجارت کالای آب بر می‌باشد. اگرچه هم چنان که عنوان شد آب یک نهاده ضروری در فرایند تولید به ویژه برای کالاهای کشاورزی است ولی این نهاده به دلایل مختلف همچون هزینه صفر آب سبز برای کشاورز و آب بهای ناچیزی که توسط وی پرداخت می‌شود، هزینه قابل توجهی برای تولیدکننده ندارد. احتمالاً این وضعیت باعث شده است که اقتصاددانان بین‌الملل معمولاً آب را در لیست عوامل تعیین کننده تجارت بین‌الملل وارد نکنند. بر این اساس، برخی از محققان همچون ویشلز[5](۲۰۰۴) ادعا می‌کنند که تجارت آب مجازی به مزیت نسبی ارتباط ندارد. در این رابطه باید به دو نکته مهم توجه کرد. اولاً آنچه مسلم است ارزش واقعی آب بالاتر از حق بهایی است که کشاورز پرداخت می‌کند. ثانیاً هم چنان که ریمر و لی(۲۰۱۰) نشان می‌دهند که متوسط تعرفه‌های بخش کشاورزی گاهاً به دو برابر سایر بخش‌ها می‌رسد، ضمن اینکه هزینه‌های حمل و نقل در این بخش نیز قابل توجه است و همین شرایط محدودکننده می‌تواند تعیین کنندگی آب در تجارت بین‌الملل را دچار ابهام کند. به هر حال، آنچه مسلم است آب همچون سایر عوامل تولید تعیین کننده مزیت نسبی در تجارت بین‌الملل می‌باشد.

---

1. Merett
2. Cintent factor
3. Vanek
4. Import of the services of water
5. Wichelns

حال سئوال این است که الگوی تجارت آب مجازی چگونه تعیین می‌شود؟ بر اساس مدل هکشر-اهلین-ساموئلسون(HOS)[1] هر کشور در کالایی تخصص پیدا می‌کند که عامل نسبتاً فراوانش در تولید این کالا با شدت بیشتری استفاده شود. این قضیه مبتنی بر اثر ریبزنسکی[2] است که بر اساس آن، هر کشور کالایی را بهتر تولید می‌کند که در این کالا از عاملی به نسبت بیشتر استفاده می‌شود که کشور مذکور این عامل را به نسبت بیشتر دارد. قضیه اصلی مدل هکشر-اهلین-ساموئلسون الگوی تجارت میان کشورها را بر اساس فراوانی نسبی عوامل تولید تعیین می‌کند و در تعامل با شدت‌های متفاوت عامل[3] این قضیه پیش بینی می‌کند که هر کشور کالایی را صادر خواهد کرد که در عوامل تولید مورد استفاده در این کالا دارای فراوانی نسبی[4] باشد.

برای تعمیم مدل HOS به تجارت آب مجازی[5] فرض کنید دو کشور(خودی و خارجی) وجود دارد که دو کالای کشاورزی X و صنعتی Y را با به‌کارگیری دو عامل تولید آب(W) و سرمایه(K) تولید می‌کنند. همچنین فروض استاندارد دیگر این مدل(تجارت آزاد، رقابت کامل، تحرک کامل عوامل تولید در داخل و عدم تحرک بین‌المللی آنها، عدم برگشت شدت عامل[6] و الگوی مشابه تقاضا در دو کشور) نیز برقرار می‌باشند. همچنین فرض می‌شود کشور خودی دارای فراوانی نسبی آب و کشور خارجی دارای فروانی نسبی سرمایه بوده و تولید دو کالای X و Y به ترتیب آب بر و سرمایه بر باشد. بر اساس این فروض، مرز امکانات تولید دو کالا در کشور خودی بر اساس دو محدودیت سرمایه و آب(به ترتیب محدودیت‌های اول و دوم) به صورت زیر خواهد بود:

$$a_{kx}X + a_{ky}Y \le K$$
$$a_{wx}X + a_{wy}Y \le W \qquad (۱)$$

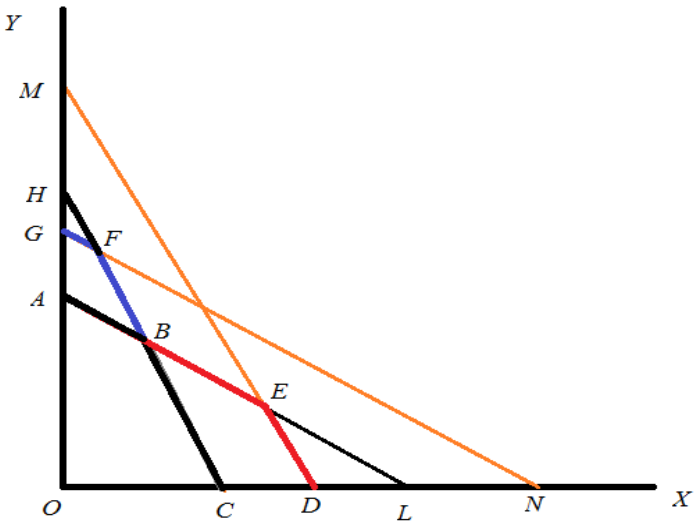
---

1. Hechscher-Ohlin-Samuelson(HOS)
2. Rybczynski effect
3. Factor intensities
4. Relative abundance
۵. توصیف ریاضی مدل بر اساس کروگمن و آبستفلد (۲۰۰۹) تعدیل وارایه شده است.
6. Factor intensity reversal

که در آن، a_{ij} ضریب فنی بوده و نشان می‌دهد چقدر از نهاده i در تولید یک واحد از کالای j استفاده می‌شود. نمودار (۱) مرز امکانات تولید و اثر ریبزنسکی را نشان می‌دهد. با توجه به فروض مطرح شده اولاً $\frac{a_{kx}}{a_{ky}} < \frac{a_{wx}}{a_{wy}}$ است و در این صورت، HFBC محدودیت آب و ABEL محدودیت سرمایه خواهد بود. بر اساس این دو محدودیت، فضای امکانات تولید کشور خودی به صورت چند ضلعی OABC می‌باشد. ثانیاً با افزایش عرضه آب، محدودیت این نهاده به سمت بالا منتقل می‌شود و در این صورت، مرز امکانات تولید به سمت بالا و بیشتر در جهت تولید کالای X انتقال پیدا می‌کند که همان اثر ریبزنسکی است. بر این اساس، مرز امکانات تولید جدید به صورت ABED در می‌آید. به طریق مشابه، با افزایش عرضه سرمایه و انتقال محدودیت این نهاده، مرز امکانات تولید به شکل GFBC قابل ارائه است که نشان می‌دهد، منحنی امکانات تولید به سمت کالای Y کشیده شده است. همان گونه که از نمودار (۱) مشخص است، افزایش عرضه هر یک از عوامل تولید موجب انتقال تورش‌دار به سمت کالایی می‌شود که از این عوامل تولید به نسبت بیشتر استفاده می‌کند. این تفاوت عرضه عوامل تولید در دو کشور خودی و خارجی موجب تفاوت در منحنی‌های امکانات تولیدی شده و متعاقب آن، تجارت بین آنها از طریق تفاوت در قیمت عرضه‌ای شکل می‌گیرد. با توجه به فروض مطرح شده در رابطه با برخورداری نسبی کشورهای خودی و خارجی، خطوط شکسته OABED و OGFBC در نمودار (۱) به ترتیب مرزهای امکانات تولید دو کشور خودی (با برخورداری نسبی از عاملی که با شدت بیشتری در تولید کالای X استفاده می‌شود) و خارجی (با برخورداری نسبی از عاملی که با شدت بیشتری در تولید کالای Y استفاده می‌شود) می‌باشند. در صورتی که کالای X آب بر باشد و کشور خودی در منابع آبی برخورداری نسبی داشته باشد، منحنی امکانات تولید این کشور به صورت OABED بوده و بر اساس مدل HOS پیش بینی می‌شود، این کشور در کالای آب بر تخصص پیدا کرده و صادرکننده خالص این کالا خواهد بود. در مقابل کشور خارجی که دارای فراوانی نسبی سرمایه و منحنی امکانات تولید OGFBC می‌باشد، در کالای سرمایه بر به تخصص رسیده و این کالا را صادر خواهد کرد. بدین ترتیب:

$$EX = X - C_X$$
$$EX^* = Y^* - C_Y^*$$
$$IM = C_Y - Y$$
$$IM^* = C_X^* - X^* \qquad (۲)$$

که در آنها، EX و EX^* به ترتیب صادرات کشورهای خودی و خارجی و IM و IM^* به ترتیب واردات دو کشور خودی و خارجی، X و X^* به ترتیب تولید دو کشور خودی و خارجی از کالای آب بر X، C_X و C_X^* به ترتیب مصرف دو کشور از این کالا، Y و Y^* به ترتیب تولید دو کشور از کالای سرمایه بر Y و C_Y و C_Y^* به ترتیب مصرف دو کشور از این کالا می‌باشد. بنابراین روابط، الگوی تجارت آب مجازی در مدل HOS بر اساس برخورداری نسبی از نهاده‌های تولید از جمله منابع آبی مشخص می‌شود.



نمودار ۱. مرز امکانات تولید و اثر ریبزنسکی در مدل HOS

منبع: یافته‌های پژوهش

اگرچه مدل HOS به خوبی الگوی تجارت آب مجازی را توضیح و پیش بینی می‌کند ولی همچنانکه ریمر[1](۲۰۱۲) نیز مطرح می‌کند برخی محققان، ابهاماتی را در این خصوص مطرح کرده‌اند. در این رابطه، آنسینک (۲۰۱۰) ادعا می‌کند اگر صادرات آب مجازی تجسم یافته در کالای آب بر به اندازه کافی توسط واردات کالای سرمایه بر جبران می‌شود، اعتبار مدل HOS از دست می‌رود. این مورد زمانی امکان پذیر است که آب نهفته در واردات کالای سرمایه بر بیشتر از کالای آب بر صادر شده باشد که در این صورت، کشور صادرکننده کالای آب بر(کشور خودی) ممکن است واردکننده خالص آب مجازی نیز باشد. همچنانکه ریمر(۲۰۱۲) نشان داده است این ادعا به راحتی بر اساس بحث محتوای عامل در تجارت بین‌الملل رد می‌شود. به هر حال کشور خودی نمی‌تواند کالای سرمایه بر(Y) را آنقدر زیاد وارد کند که واردکننده خالص آب شود چون در این صورت، برای تأمین واردات، باید صادرات بیشتری از X باید داشته باشد که نهایتاً صادرکننده خالص آب خواهد بود.

یکی دیگر از ایراداتی که آنسینک(۲۰۱۰) به مدل HOS در رابطه با تجارت آب مجازی گرفته است این است که حتی اگر کشور خودی به صورت نسبی دارای فراوانی آب باشد، هنوز هم این امکان برای کشور خارجی وجود دارد که به صورت مطلق، آب بیشتری داشته باشد. در این شرایط، مدل HOS پیش بینی می‌کند که کشور خودی کالای آب بر را به کشوری صادر خواهد کرد که خود دارای آب بیشتری است. نتیجه این گزاره، نابرابری بیشتر منابع آبی در سطح بین‌المللی است. همچنین، افخمی[2] و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داده‌اند که تجارت آب مجازی ممکن است کمکی به کاهش نابرابری در منابع جهانی آب نکند. به اعتقاد آنان، این امکان وجود دارد که کشورهای کمتر توسعه یافته‌ای که فاقد سرمایه هستند و منابع آبی کافی نیز در اختیار ندارند، در کالاهای کشاورزی آب بر تخصص پیدا کنند و این موجب بدتر شدن توزیع آب در سطح جهانی شود. در مقابل، آلان(۱۹۹۷) بحث کرده است که تجارت بین‌الملل در مواد غذایی به

---

1. Reimer
2. Afkhami

بهبود نابرابری در منابع آبی منجر می‌شود. همچنین، بر اساس هوکسترا و هانگ(۲۰۰۵)، کمیابی بالاتر آب در داخل موجب می‌شود واردات آب مجازی جذاب‌تر شده و وابستگی به آب دیگر کشورها افزایش یابد. به هر حال هم چنان که ریمر(۲۰۱۲) نیز مطرح می‌کند اگر کشوری به تعبیر وی به صورت مطلق، آب بیشتری دارد باید به صورت مطلق، سرمایه بیشتری نیز داشته باشد. در این شرایط، اولاً این کشور باید بزرگ باشد و آب کمی هم مصرف کند به گونه‌ای که منابع آب این کشور با تجارت فزونی یابد. ثانیاً حتی اگر کشور بزرگ به صورت مطلق موجودی آب بیشتری داشته باشد، محتوای مصرف عامل آن بعد از تجارت، شباهت بیشتری به کشور مقابل پیدا خواهد کرد که به معنای حرکت محتوای مصرفی آب به سمت برابری است. در این رابطه، چپتا و دوپراز[1](۲۰۲۱) مطرح می‌کنند که رفتار کشورها با منابع آبی قویاً به قیمت‌های جهانی محصولات زراعی بستگی دارد مگر اینکه محصول کشاورزی همچون غلات با امنیت غذایی کشورها گره خورده باشد که در این صورت، این رابطه ضعیف‌تر می‌باشد. آنان مطرح می‌کنند که تجارت بین‌الملل به شکل غیرمستقیم موجب توزیع مجدد مجازی برای منابع آب جهانی شده و در این چارچوب، تجارت آب مجازی برای کشورهای صادرکننده روشی برای بازیابی منابع اضافی آب و برای کشورهای واردکننده به عنوان راه کاری برای غلبه برای کمبود و حفاظت از منابع آبی تلقی می‌باشد.

در مجموع، الگوی تجارت آب مجازی بر اساس مدل‌های استاندارد تجارت بین‌الملل قابل توضیح و پیش بینی است. بر این اساس، کشورهایی نظیر ایران که در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارند، نباید در کالاهایی تخصص پیدا کنند و آنها را صادر کنند که در تولید آنها از آب به نسبت بیشتری در مقایسه با عوامل تولید دیگر استفاده می‌شود.

تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در سطح جهانی درباره تجارت آب مجازی در بخش کشاورزی انجام شده است. آرین[2] و همکاران(۲۰۲۱) با به‌کارگیری روش هوکسترا و چاپاگین[3]، ردپای آب

---

1. Cheptea and Dupraz
2. Arrien
3. Hoekstra & Chapagain

و تجارت آب مجازی ذرت در استان بوئنوس آیرس کشور آرژانتین را طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۱۷ بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که ردپای آب سبز برای محصول ذرت در استان بوئنوس آیرس بین ۱۷۰ و ۷۳۰۰ مترمکعب بر تن می‌باشد. همچنین، بر اساس این مطالعه، کل ردپای آب در محصول ذرت معادل ۳۸۸ مترمکعب بر تن (۵۸ درصد سبز، ۲۵ درصد آبی و ۱۷ درصد خاکستری) برآورد شده است که نشان می‌دهد آب مجازی سبز در مقایسه با سایر اجزای آب مجازی، سهم عمده‌ای را در تولید ذرت استان بوئنوس آیرس دارد. عوید[1] و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT و روش فائو-پنمن-مونتیث[2]، ردپای آب برنج در ۷استان عراق در سال ۲۰۱۷ را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ردپای آب برنج در عراق ۳۰۷۲ مترمکعب بر تن است که بالاتر از متوسط جهانی می‌باشد. محققان این مطالعه به این نتیجه دست یافتند که می‌توان برنج را با محصولات با نیاز آبی کمتر و سود بیشتر، جایگزین کرد. آنان در مطالعه دیگر (۲۰۲۰)، با روش مشابه برای سال ۲۰۱۹، محتوای آب مجازی و انتقال آب مجازی برای گندم عراق را ارزیابی کردند. بر اساس این مطالعه، ردپای آب گندم در سال۲۰۱۹، ۱۸۷۶ مترمکعب بر تن بدست آمده و بر این اساس، عراق با واردات گندم، به میزان ۴۶۶۷۲۶۷۳ مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کرده است. همچنین، مراداوغلو[3](۲۰۲۰) با روش هوکسترا و چاپاگین، ردپای آب گندم و تجارت آب مجازی ترکیه را برای دوره زمانی ۲۰۰۸-۲۰۱۹ ارزیابی کرده است. بر مبنای این مطالعه، کل ردپای آب مصرفی سالانه تولید و مصرف گندم ترکیه به ترتیب ۳۹/۳ و ۴۸/۱ گیگامترمکعب محاسبه شده است. همچنین بر اساس محاسبات این تحقیق، متوسط آب مجازی آبی و سبز گندم در ترکیه به ترتیب ۱۱۶۱ و ۷۴۸ مترمکعب در تن بدست آمده است. بر اساس نتایج این مطالعه، کل صرفه‌جویی در مصرف آب ترکیه، ۷/۸ گیگامترمکعب در سال محاسبه شده که بیشتر از طریق واردات از روسیه بوده است.

---

1. Ewaid
2. Fao-penmen-Montith
3. Muratoglu

قاسمی پور[1] و همکاران(۲۰۲۰) از جدول داده-ستانده چندمنطقه‌ای استفاده کرده و جریان آب مجازی را در ایران مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج این مطالعه، شمال کشور وارد کننده خالص آب مجازی می‌باشد در حالی که مناطق با کمبود شدید آب، صادرکننده خالص آب مجازی می‌باشند. فو[2] و همکاران (۲۰۲۱) نیز با روش مشابه، جریان آب مجازی ۴۳ کشور طی دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۰ را بررسی کردند. بر اساس نتایج این مطالعه، انگلستان واردکننده خالص آب مجازی طی دوره مورد بررسی بوده است. این در حالی است که طی دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۰، جریان آب مجازی قابل توجهی از اروپا به آمریکا صورت گرفته است. همچنین، چین از طریق تجارت خارجی، بخشی از آب مجازی اتحادیه اروپا را بعد از ۲۰۱۲ به خود اختصاص داده است. اشک تراب و زیبایی[3](۲۰۲۲) با به‌کارگیری یک مدل جاذبه، جریان آب مجازی در ایران و عوامل تعیین کننده آن را بررسی کردند. این محققان، با بررسی تجارت مجازی ایران در شش محصول کشاورزی شامل گندم، جو، ذرت، برنج، چغندر و گوجه فرنگی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۰ نتیجه گرفته‌اند که متغیرهای تولید ناخالص داخلی و جمعیت جزو عوامل تعیین کننده اصلی تجارت آب مجازی ایران بوده است.

در ایران، بذرافشان و همکاران(۱۳۹۶) با به‌کارگیری روش فائو-پنمن-مونتیث و با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT، بیلان آب مجازی بخش کشاورزی استان هرمزگان را طی دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۴ محاسبه کرده و نشان دادند که در میان محصولات مورد بررسی در استان هرمزگان؛ نخیلات، جو آبی و سیب‌زمینی به ترتیب با ۹۸/۸، ۴۳/۷، ۵/۱ میلیون مترمکعب، دارای بیشترین حجم مبادلاتی آب مجازی هستند. در این مطالعه، پایین ترین و بالاترین حجم آب مجازی به ترتیب مربوط به گروه سبزی‌ها و نخیلات بوده است. انارکی و همکاران(۱۳۹۹) با رویکرد مشابه، آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی شهرستان قلعه گنج را طی دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۹۵ بررسی کرده و نشان داده‌اند که بیشترین سطح زیر کشت در این شهرستان در بازه‌ی زمانی

---

1. Qasemipour
2. Fu
3. Ashktorab and Zibaei

مورد بررسی، مربوط به غلات و نخیلات(با بیش از ۶۰ درصد مجموع ردپای آب) بوده است. در مقابل، محصولاتی نظیر ذرت علوفه‌ای، پیاز و خربزه درمجموع ۳۸/۵درصد از عملکرد محصولات کشاورزی شهرستان را به خود اختصاص داده و بیشترین مقدار بهره‌وری آب را داشته‌اند. رستگاری‌پور و همکاران(۱۴۰۰) با به‌کارگیری روش فائو-پنمن-مونتیث، شاخص‌های آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب چغندرقند در شهرستان تربت‌حیدریه را طی دوره ۱۳۹۸-۱۳۹۰ بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، میزان آب مجازی چغندرقند در حالت عادی ۱/۲مترمکعب بر کیلوگرم و با احتساب راندمان ۳۵ درصد، ۳/۴ مترمکعب بر کیلوگرم می‌باشد و این در حالی است که طی دوره زمانی مورد مطالعه، به‌طور پیوسته بر میزان کل آب مجازی ناشی از صادرات این محصول افزوده شده است. بر اساس این تحقیق، ردپای آب سبز در تولید چغندرقند، ۲۶۵ میلیون مترمکعب در سال یعنی حدود ۱۴ درصد کل ردپای آب محاسبه شده و پایین بودن ردپای آب سبز این منطقه به نقش کمتر نزولات جوی در تولید و وابستگی شدید تولید به منابع آب زیرزمینی نسبت داده شده است. بهلول‌زاده و همکاران(۱۴۰۰) با استفاده از رویکرد بالا به پایین و با به‌کارگیری نرم‌افزار CROPWAT، ردپای اکولوژیک آب و آب مجازی محصولات گندم و برنج در استان خوزستان را برای سال ۱۳۹۷ بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داده است که کشت گیاه برنج در استان خوزستان به جز نواحی بسیار محدود، به دلیل مصرف زیاد آب صرفه اقتصادی ندارد. همچنین، تهامی پور و عظیمی(۱۴۰۱) تجارت آب مجازی ایران را در بخش صنعت نفت ایران مورد ارزیابی قرار داده و تقاضای آب ویژه و تجارت آب مجازی بخش نفت ایران طی سال‌های ۱۳۵۷تا ۱۳۹۸ را محاسبه کرده‌اند. نتایج این مقاله نشان می‌دهد به دلیل حجم بالای صادرات نفت، ایران صادرکننده خالص آب مجازی است.

۳. روش تحقیق

برای اندازه‌گیری آب مجازی، از دو رویکرد کلی شامل تعادل جزئی و تعادل عمومی استفاده می‌شود. در رویکرد تعادل جزئی یا رهیافت کلی فنی پایه که ریشه در مطالعات هوکسترا و همکارانش دارد، با فرض ثبات سایر عوامل؛ تنها یک بازار، یک بخش و یا محصولات یک

بخش(کشاورزی) در نظر گرفته می‌شود. مطالعات انجام شده با رویکرد تعادل جزئی نشان می‌دهد که مبنای آماری این رویکرد، فیزیکی(هکتار، مترمکعب و یا تن) می‌باشد. در مقابل این رویکرد، رویکرد تعادل عمومی یا رویکرد تعادل فراگیر جدول داده-ستانده قرار دارد که در آن، مصرف آب مجازی در تمام بخش‌های اقتصادی اعم از کشاورزی، صنعت، معدن و خدمات مورد توجه قرار می‌گیرد و در این راستا، از داده‌های ترکیبی(ارزشی-فیزیکی) استفاده می‌شود. یکی از نارسایی‌های اصلی به‌کارگیری رویکرد تعادل عمومی، فرض یکسان بودن تکنولوژی و ضرایب فنی در سنجش واردات آب مجازی است[۱].

در چارچوب رویکرد تعادل جزئی، محاسبه مصرف آب مجازی و تراز تجاری آب مجازی در ۳ مرحله صورت می‌گیرد: ۱- محاسبه مصرف آب مجازی محصولات کشاورزی ۲- محاسبه جریان‌های تجاری آب مجازی ۳- محاسبه تراز تجاری آب مجازی. در مطالعه حاضر، بر اساس مطالعه هوکسترا و هونگ[۲](۲۰۰۳) و اودونل[۳](۲۰۱۸)، آب مجازی گیاه بر اساس نوع محصول و به‌طور جداگانه برای هر کشور و بر اساس داده‌های نیاز آبی محصول، عملکرد محصول و به صورت زیر محاسبه شده است:.

$$SWD[n, c]=\frac{CWR[n,c]}{CY[n,c]} \qquad (۳)$$

که در آن SWD[4] آب مجازی گیاه c برای کشور n (بر حسب مترمکعب بر تن)، CY عملکرد محصول[۵](بر حسب تن بر هکتار) و CWR[6] نیاز آبی گیاه(بر حسب مترمکعب بر هکتار) می‌باشد. شایان گفتن است که نیاز آبی گیاه از حاصل جمع مقادیر روزانه‌ی تبخیر-تعرق(ETc, mm/day) در کل دوره‌ی رشدگیاه بدست می‌آید. با توجه به اینکه، اندازه‌گیری(مستقیم) تبخیر-تعرق، هزینه

---

۱. درباره مفهوم آب مجازی و رویکردهای مربوطه، به عنوان نمونه، به گزارش مرکز پژوهش های مجلس(۱۳۹۵) مراجعه شود.

2. Hoekstra & Hung
3. O'Donnell
4. Special water demand

۵. اطلاعات عملکرد محصولات از بانک زراعت وزارت جهاد کشاورزی و سازمان فائو به‌دست آمده است.

6. Crop water requirement

بر و غیرمعمول است. معمولاً، تبخیر-تعرق به‌صورت غیرمستقیم با استفاده از مدلسازی با داده‌های اقلیمی، برآورد می‌شود. روش‌های متعددی برای این مدل‌سازی وجود دارد که در این رابطه می‌توان به مدل EPIC (ویلیامز[1] و همکاران، ۱۹۸۹ و ویلیامز، ۱۹۹۵) و مدل CROPWAT اشاره کرد که مدل اخیر توسط سازمان خواروبار جهانی ملل متحد بر اساس روش آلن و همکاران(۱۹۹۸) توسعه داده شده است.

جریان تجارت آب مجازی با ضرب جریان تجارت خارجی محصولات کشاورزی در محتوای آب مجازی این محصولات و به صورت زیر محاسبه شده است:

$$VWT[ne, ni, c, t]=CT[ne, ni, c,t]\times SWD[ne,c] \quad (۴)$$

که در آن VWT[2] تجارت آب مجازی (بر حسب مترمکعب)، ne کشور صادرکننده، ni کشور واردکننده، t سال و c نشانگر محصول، CT[3] مقدار محصول مبادله شده(صادرات یا واردات) بر حسب تن بر سال و SWD آب مجازی محصول (بر حسب مترمکعب بر تن) در کشور صادرکننده می‌باشد. داده‌های صادرات و واردات محصولات کشاورزی در سال ۱۳۹۷ از گمرک جمهوری اسلامی ایران[4] جمع‌آوری و پردازش شده است. واردات ناخالص آب مجازی(GVWI[5]) نیز از مجموع واردات تمامی گروه محصولات مورد بررسی و به صورت زیر اندازه گیری شده است:

$$GVWI[ni, t]= \sum_{ne,c} VWT[ne, ni, c, t] \quad (۵)$$

به طریق مشابه، صادرات ناخالص آب مجازی(GVWE[6]) از طریق مجموع صادرات آب مجازی تمامی گروه محصولات مورد بررسی بدست آمده است:

$$GVWE[ni, t]= \sum_{ni,c} VWT[ne, ni, c, t] \quad (۶)$$

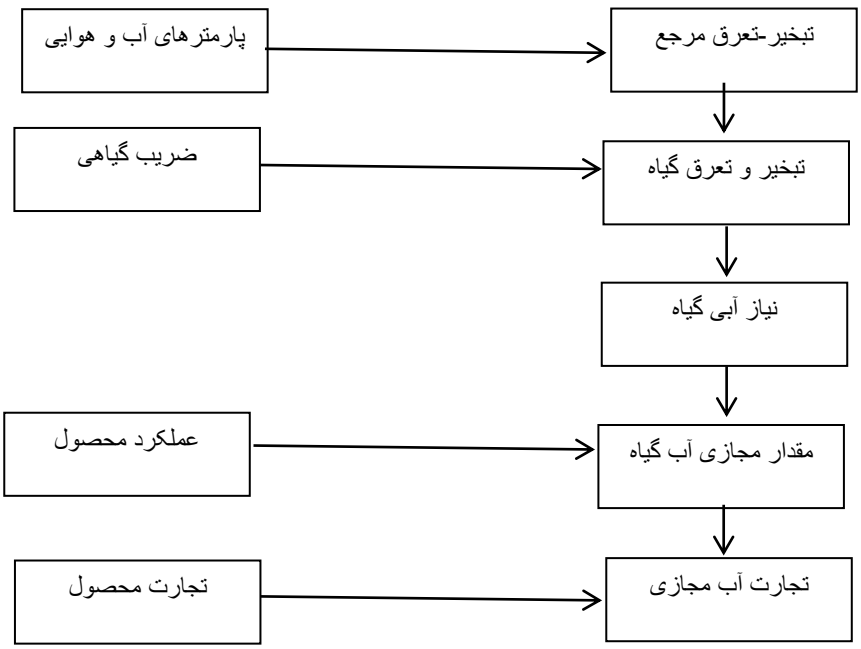
---

1. Williams
2. Virtual water trade
3. Crop traded
4. www.irica.gov.ir
5. Gross virtual water imported
6. Gross virtual water exported

سرانجام برای محاسبه خالص واردات یا تراز تجاری آب مجازی(NVWI[1]) از رابطه زیر استفاده شده است:

$$NVWI[x, t]=GVWI[x, t]-GVWE[x, t] \quad (۷)$$

شکل (۱) مراحل محاسبه تجارت آب مجازی را خلاصه می‌کند.



شکل ۱. مراحل محاسبه تجارت آب مجازی

منبع: ال سادک[2](۲۰۱۱) و و اودونل (۲۰۱۸)

1. Net virtual water imported
2. El-Sadek

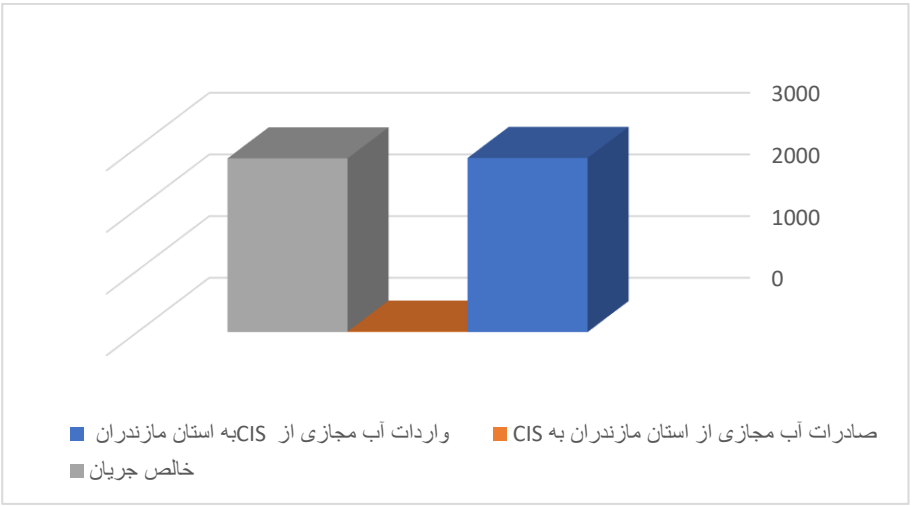
۳. محاسبات و تحلیل نتایج

جدول (۱) تراز تجاری آب مجازی استان مازندران در محصولات کشاورزی با CIS را برای سال۱۳۹۷ ارائه می‌کند. همان گونه که این جدول نشان می‌دهد، صادرات و واردات آب مجازی استان در سال ۱۳۹۷ به ترتیب ۷/۲ میلیون و ۲۸۲۴/۰۴۷ میلیون مترمکعب برآورد شده است. بدین ترتیب، در سال مورد مطالعه، استان مازندران واردکننده خالص آب مجازی در بخش کشاورزی بوده است. نمودار (۲) نیز نتیجه مشابهی را نشان می‌دهد و بر اساس آن، واردات خالص آب مجازی استان مازندران در سال ۱۳۹۷ معادل ۲۸۱۶/۷۶ میلیون مترمکعب می‌باشد که نشان دهنده صرفه جویی منابع آبی در تجارت خارجی استان می‌باشد.

جدول ۱. تراز تجاری آب مجازی استان مازندران با CIS در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب)

کشور	آب مجازی سبز	آب مجازی آبی	آب مجازی کل
فدراسیون روسیه	۵۸/۱۹۳۰	۰۲/۳۶۵	۶۰/۲۲۹۵
قزاقستان	۰۹/۴۸۸	۱۰/۲۷	۱۹/۵۱۵
آذربایجان	۴۲/۹	۸۴/۳	۲۶/۱۳
مازندران	۸۴/۰	۴۵/۶	۲۹/۷
تراز کل	۲۵/۲۴۲۷	۵۱/۳۸۹	۷۶/۲۸۱۶

منبع: یافته‌های پژوهش



نمودار ۲. تراز تجاری آب مجازی محصولات کشاورزی استان مازندران
با CIS در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب)
منبع: یافته‌های پژوهش

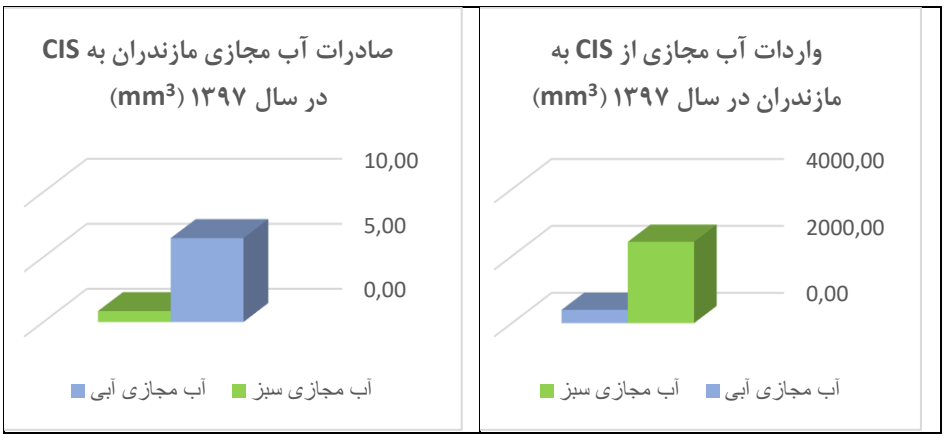
برای بررسی دقیق‌تر نتایج، جدول (۲) تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی استان مازندران با CIS را به تفکیک آب سبز و آب آبی در سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، استان مازندران در سال ۱۳۹۷، معادل ۶/۴۴ میلیون مترمکعب آب آبی به منطقه CIS صادر و به میزان ۳۹۵/۹۵ میلیون مترمکعب آب آبی از این منطقه وارد کرده است. همچنین میزان صادرات آب سبز استان به منطقه CIS معادل ۰/۸۳ میلیون مترمکعب و میزان واردات استان در آب سبز از این منطقه نیز ۲۴۲۸/۰۹۱ میلیون مترمکعب بدست آمده است. نمودار (۳) نیز وضعیت تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی استان مازندران را با منطقه CIS به تفکیک آب سبز و آب آبی برای سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، استان مازندران واردکننده آب سبز و صادرکننده آب آبی می‌باشد. بدین ترتیب، اگرچه تراز تجاری آب مجازی به نفع استان بوده و موجب صرفه جویی منابع آبی شده است ولی آب مجازی در صادرات استان به CIS عمدتاً از منابع زیرزمینی تأمین شده است. آنچه مسلم است قضاوت دقیق درباره تراز تجاری آب مجازی بدون تفکیک آب مجازی به انواع آن امکان پذیر نیست و ترجیح سیاست‌گذار در بخش کشاورزی باید

صادرات آب سبز باشد چون برداشت منابع زیرزمینی می‌تواند اثرات جبران ناپذیری بر امنیت غذایی و همچنین، وضعیت آتی منابع زیرزمینی داشته باشد. از طرف دیگر، جایگزینی واردات در محصولاتی که با واردات آب سبز مواجه هستند، به شرط لحاظ کردن مزیت‌های نسبی، می‌تواند به خودکفایی این محصولات کمک کند.

جدول ۲. تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی استان مازندران
با CIS به تفکیک آب سبز و آب آبی در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب)

۱۳۹۷	آب مجازی سبز	آب مجازی آبی
واردات	۲۴۲۸/۰۹۱۴۴۹	۳۹۵/۹۵۶۵۱۹
صادرات	۰/۸۳۸۵۴۶۰۱۶	۶/۴۴۸۹۹۰۲۳۷

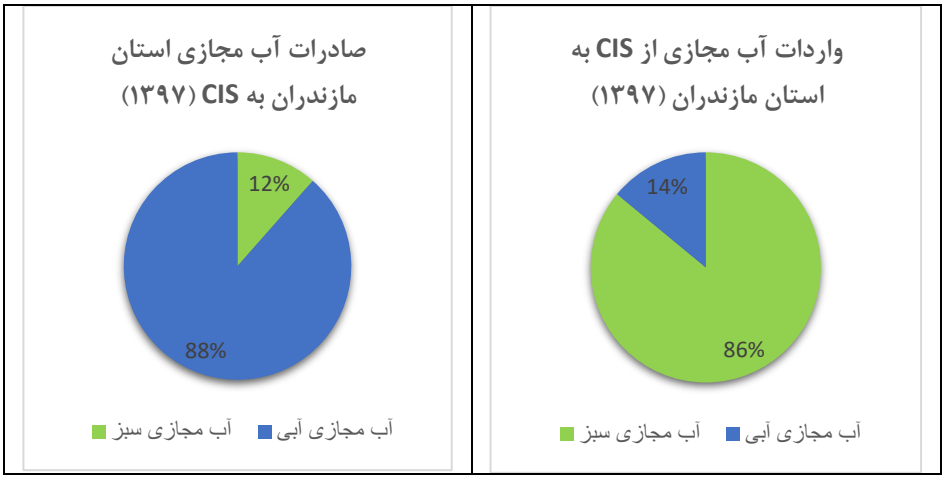
منبع: یافته‌های پژوهش



نمودار ۳. تجارت آب مجازی استان مازندران با CIS به تفکیک آب سبز و آبی در سال ۱۳۹۷ (میلیون مترمکعب)
منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار (۴) سهم آب سبز و آب آبی در تجارت آب مجازی استان مازندران با CIS را در سال۱۳۹۷ نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۷، استان مازندران آب آبی(منابع آب

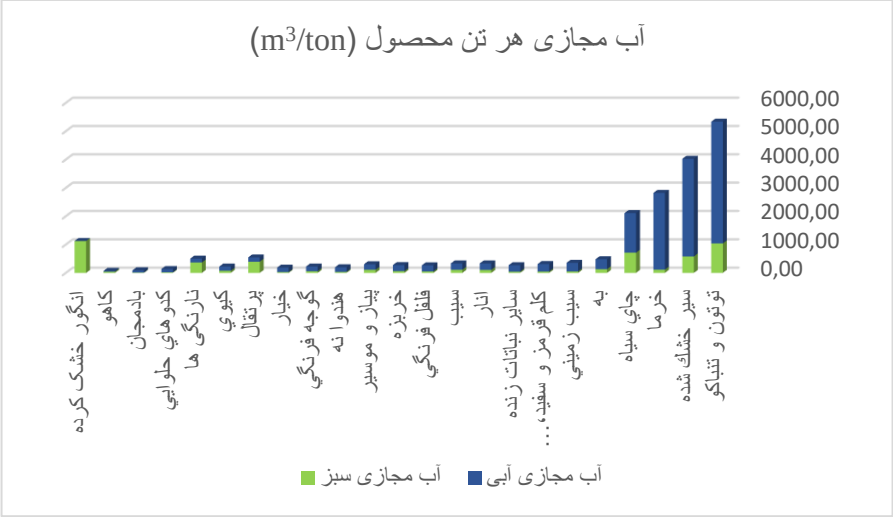
زیرزمینی و سطحی) به CIS صادر کرده و در مقابل، آب سبز (آب باران) را از CIS وارد کرده است. مشخصاً، در سال ۱۳۹۷، ۸۸ درصد از صادرات آب مجازی استان مازندران در محصولات کشاورزی از طریق آب آبی و ۸۶ درصد از واردات آب مجازی استان در این محصولات از طریق آب سبز صورت گرفته است. این یافته نشان‌دهنده استفاده غیربهینه از منابع آبی برای تولید و صادرات محصولات کشاورزی در استان مازندران می‌باشد. از دلایل احتمالی این وضعیت می‌توان به عدم وجود آمایش سرزمین در بخش کشاورزی و فقدان الگوی کشت بهینه بر اساس شرایط اقلیمی، بهره‌گیری بهینه از آب سبز و ارتقای بهره‌وری آب اشاره کرد. ادامه روند فعلی می‌تواند منجر به کاهش ذخائر ملی منابع آب شیرین در ایران شود. در مقابل، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد کشورهای CIS در تولید محصولات کشاورزی، بیشترین استفاده را از منابع آب باران کرده‌اند که این موضوع، علاوه بر استفاده حداکثری از آب باران در الگوی کشت منطقه‌ای، باعث ذخیره منابع آبی و ایجاد درآمد ارزی برای این کشورها شده است. لازم به ذکر است نتایج مطالعه حاضر در خصوص نقش مسلط آب مجازی آبی (سبز) در صادرات(واردات) با پژوهش‌های تجربی از جمله حکمت نیا و همکاران (۱۳۹۹)، قاسم پور و همکاران(۲۰۲۰) سازگار است.



نمودار۴. سهم آب مجازی در تجارت استان مازندران با CIS به تفکیک آب سبز و آب آبی در سال ۱۳۹۷ (درصد)

منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار (۵) مصرف آب مجازی هر تن محصول کشاورزی صادراتی از استان مازندران به مقصد CIS در سال ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، در سال ۱۳۹۷، توتون و تنباکو، سیر خشک شده، خرما و چای بالاترین میزان مصرف آب مجازی را در صادرات استان به خود اختصاص داده‌اند. سایر محصولات زراعی و باغی از جمله انگور خشک شده، بادمجان، کاهو، کدوحلوایی و سایر صیفی‌جات به‌ازای هر تن محصول، آب مجازی کمتری مصرف کرده‌اند. دلیل بالا بودن مصرف آب مجازی در محصولاتی نظیر توتون و تنباکو، خرما و چای، عملکرد نسبتاً پایین این محصولات می‌باشد. برای تأیید این ادعا، عملکرد محصولات صادراتی استان مازندران در سال ۱۳۹۷ در جدول (۳) ارائه شده است. در مقابل، عملکرد بالای محصولات بادمجان، کاهو، کدوحلوایی باعث شده است که این گروه محصولات دارای کمترین میزان آب مجازی باشند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق عربی و همکاران (۱۳۸۷) هم‌خوانی دارد.



نمودار ۵. مصرف آب مجازی هر تن محصول زراعی و باغی صادراتی استان مازندران به مقصد CIS در سال ۱۳۹۷ (مترمکعب بر تن)

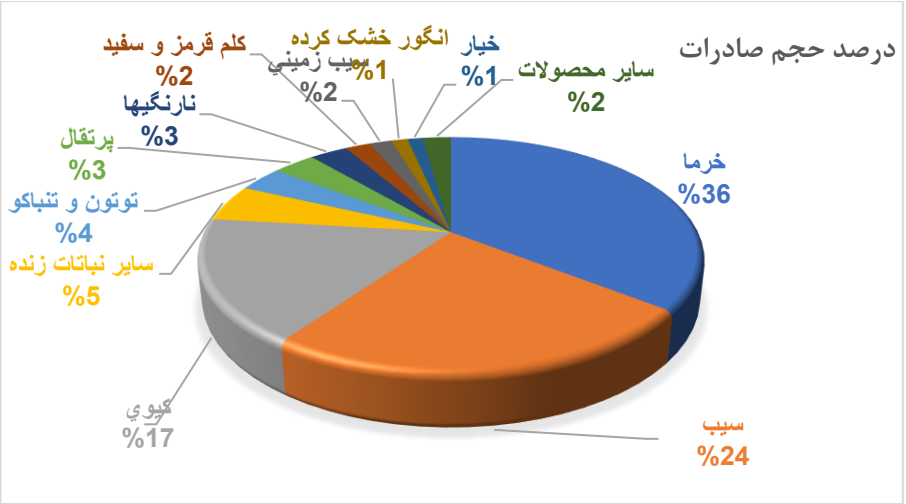
منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳. عملکرد محصولات صادراتی استان مازندران در سال ۱۳۹۷

رتبه	محصول صادراتی	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	رتبه	محصول صادراتی	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)
۱	بادمجان	۴۵۰۰۰	۱۲	انار	۱۸۶۹۰
۲	کاهو	۳۵۰۰۰	۱۳	سیب‌زمینی	۱۷۰۱۲
۳	کدوهای حلوایی	۳۵۰۰۰	۱۴	پیاز و موسیر	۱۶۰۱۳
۴	کیوی	۳۱۱۶۹	۱۵	سیب	۱۴۸۳۷
۵	خیار	۲۹۹۰۸	۱۶	فلفل فرنگی	۱۴۰۰۰
۶	کلم	۲۸۰۰۰	۱۷	سیر	۱۱۷۰۰
۷	هندوانه	۲۶۸۰۴	۱۸	به	۱۱۶۳۸
۸	نارنگی‌ها	۲۶۳۰۳	۱۹	انگور	۹۲۵۵
۹	گوجه‌فرنگی	۲۴۲۰۷	۲۰	خرما	۷۰۲۵
۱۰	پرتقال	۲۴۰۲۳	۲۱	چای سیاه	۴۴۲۳
۱۱	خربزه	۲۰۸۳۳	۲۲	توتون و تنباکو	۱۰۴۷

منبع: وزارت جهاد کشاورزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۷)

نمودار (۶) سهم محصولات زراعی و باغی از کل صادرات زراعی و باغی استان مازندران به مقصد CIS را در سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، در سال ۱۳۹۷، خرما (۳۶٪)، سیب (۲۴٪) و کیوی (۱۷٪) در رده‌های اول تا سوم صادرات محصولات زراعی و باغی استان مازندران به CIS قرار گرفته‌اند و این سه محصول مجموعاً نزدیک ۸۰٪ از صادرات این استان به CIS در سال۱۳۹۷ را به خود اختصاص داده‌اند. سایر محصولات شامل هندوانه، چای، پیاز، فلفل فرنگی، گوجه‌فرنگی، سیر، انار، بادمجان، کدوحلوایی، کاهو، به و خربزه می‌باشد که سهم صادرات هریک از آنها کمتر از ۱ درصد کل صادرات استان به CIS در سال ۱۳۹۷ می‌باشد.

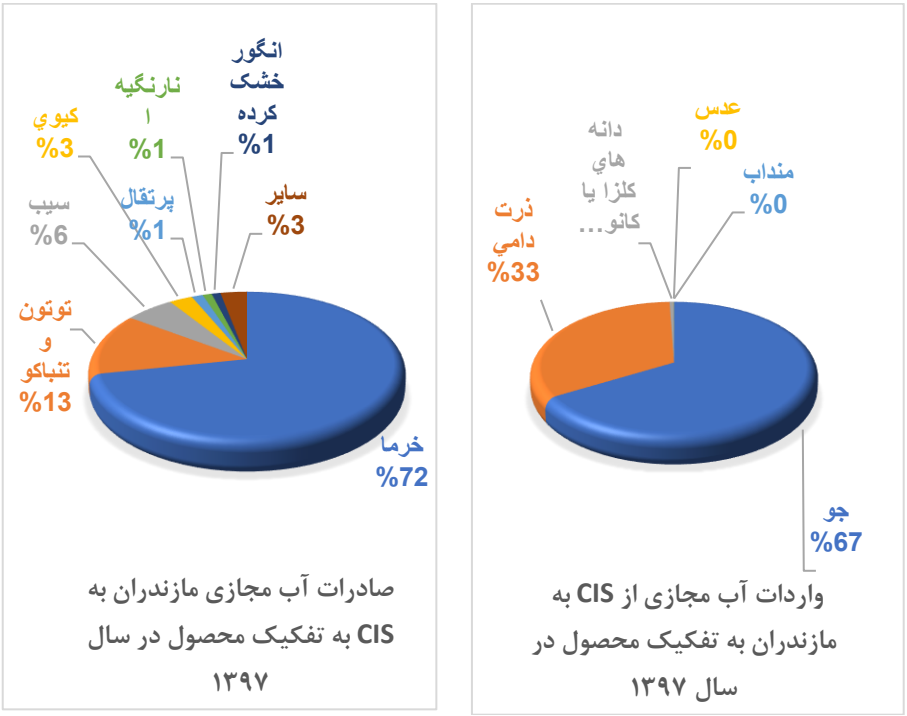


نمودار۶. سهم محصولات از کل صادرات زراعی و باغی استان مازندران
به مقصد CIS در سال ۱۳۹۷ (درصد از کل حجم صادرات زراعی و باغی)
منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار (۷) میانگین سهم محصولات کشاورزی در تجارت آب مجازی استان مازندران با CIS در سال ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. باتوجه‌به این نمودار، در سال ۱۳۹۷، خرما، توتون و تنباکو و سیب بیشترین سهم را در صادرات آب مجازی استان مازندران داشته‌اند به گونه‌ای که سهم این محصولات در صادرات آب مجازی به ترتیب ۷۲ درصد، ۱۳ درصد و ۶ درصد بدست آمده است. سایر محصولات با بالاترین صادرات آب مجازی استان مازندران به CIS در سال ۱۳۹۷ به ترتیب کیوی(۳ درصد)، پرتقال(۱ درصد)، نارنگی(۱ درصد)، انگور خشک شده(۱ درصد) و سایر(۳ درصد) بوده است. بر اساس نتایج این تحقیق، انتظار این است که صادرات محصولات مانند توتون و تنباکو و خرما دارای سهم قابل توجه در صادرات آب مجازی، محدود شوند. به نظر می‌رسد از میان استفاده بهینه از منابع آبی و ملاحظات سودآوری و ارزآوری، مورد اخیر در سیاست‌گذاری‌ها و رفتار عوامل اقتصادی اولویت داشته است. به هر حال، تصمیم به صادرات محصولات با آب مجازی بالا تنها در شرایطی به لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر است که کشور در تولید اینگونه محصولات دارای مزیت نسبی واقعی(مبتنی بر هزینه‌های فرصت منابع) باشد. در

سیاست‌های تجاری در بخش کشاورزی توجه به سطح زیرکشت محصول و میزان صادرات نیز مهم است. به عنوان نمونه علیرغم اینکه میزان مصرف آب مجازی در هر تن توتون و تنباکو بیشتر از خرما است، ولی به دلیل حجم صادرات، میزان صادرات آب مجازی خرما بیشتر از توتون و تنباکو می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر با پژوهش‌های تجربی از جمله حکمت نیا و همکاران (۱۳۹۹)، قاسم پور و همکاران(۲۰۲۰) و عابدی و تهامی پور(۱۳۹۵) همخوانی دارد.

بر اساس نمودار (۷)، به‌طور متوسط ۶۷ درصد از کل واردات آب مجازی استان مازندران از CIS در سال ۱۳۹۷ مربوط به جو و باقیمانده مربوط به واردات ذرت دامی است. این یافته حداقل با الگوی مزیت نسبی استان مازندران سازگاری دارد چون اگرچه استان مازندران در تولید غلات محدودیت دارد ولی در تولید محصولات باغی و میوه‌ها دارای مزیت نسبی می‌باشد.



نمودار ۷. میانگین سهم محصولات کشاورزی در تجارت آب مجازی استان مازندران با CIS در سال ۱۳۹۷ (درصد)

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۴) خلاصه محاسبات تراز تجاری آب مجازی استان مازندران در محصولات کشاورزی زراعی و باغی با کشورهای مشترک المنافع را در سال ۱۳۹۷ ارائه می‌کند. لازم به ذکر است که برای سناریوهای تحلیل حساسیت، از افزایش ۲۰ درصدی راندمان در مصرف آب در بخش کشاورزی(سناریوی ۱) و عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهانی(سناریوی ۲) و محاسبات مکنون و هوکسترا (سناریوی ۳) استفاده شده است. با توجه به گزارش‌های وزارت جهاد کشاورزی، تلفات ناشی از راندمان آبیاری ۲۰ درصد بالاتر از متوسط جهانی است، در سناریوی اول با فرض حصول به متوسط جهانی راندمان آبیاری، محاسبات آب مجازی تکرار شده است. در سناریوی دوم، برای محصولات صادراتی با عملکرد کمتر از متوسط جهانی، فرض شده است که بتوان به این عملکرد متوسط دست یافت و با این فرض، محاسبات مجدداً انجام شده است. در سناریوی سوم و برای ارزیابی محاسبات پژوهش حاضر از مطالعه مکنون و هوکسترا استفاده شده و شاخص‌های آب مجازی آنان در محاسبات مطالعه حاضر استفاده شده است. همچنان که محاسبات نیز نشان می‌دهند به نظر می‌رسد محاسبات تحقیق حاضر از استحکام لازم برخوردار هستند.

جدول ۴. خلاصه محاسبات تراز تجاری آب مجازی استان مازندران
در محصولات کشاورزی زراعی و باغی با کشورهای مشترک المنافع در سال ۱۳۹۷

مآخذ	صادرات آب مجازی	تراز تجاری آب مجازی
پژوهش حاضر	۷/۲۹	۲۸۱۶/۷۶
سناریوی ۱ (۲۰ درصد)	۶/۴	۲۸۱۷/۶۵
سناریوی ۲ (عملکردی)	۶/۹۰	۱۸۱۷/۱۵
سناریوی ۳ (MH)	۶/۹۸	۲۸۱۷/۰۷

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

۴. نتیجه‌گیری

هدف اصلی مطالعه حاضر، محاسبه و بررسی تراز تجارت خارجی آب مجازی استان مازندران با کشورهای مستقل مشترک‌المنافع(CIS) برای محصولات منتخب کشاورزی در سال ۱۳۹۷ می‌باشد. نتایج این مقاله نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۷ آب مجازی وارد شده به استان مازندران از

طریق تجارت محصولات کشاورزی، ۲۸۲۴/۰۴۸ میلیون مترمکعب بوده است که در این میان، ۶۷درصد از آن به واردات جو و باقیمانده به واردات ذرت دامی اختصاص دارد. همچنین، استان مازندران در تجارت محصولات کشاورزی با CIS، معادل ۷/۲۸۷۵ میلیون مترمکعب آب مجازی به این منطقه صادر کرده است. خرما(۷۲ درصد) و توتون و تنباکو(۱۳ درصد) بیشترین سهم را در صادرات آب مجازی استان به CIS در سال ۱۳۹۷ به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس یافته‌های مقاله حاضر، در سال ۱۳۹۷ استان مازندران واردکننده خالص آب مجازی بوده به گونه‌ای که خالص واردات آب مجازی استان مازندران در این سال ۲۸۱۶/۷۶ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. محاسبات این تحقیق نشان می‌دهد، استان مازندران در تجارت محصولات کشاورزی با CIS، عمدتاً آب مجازی سبز وارد کرده و به‌طور خالص آب مجازی آبی صادر کرده است به گونه‌ای که این استان سهم آب سبز در واردات آب مجازی استان مازندران حدود ۸۶ درصد می‌باشد. این در حالی است که استان مازندران در صادرات آب مجازی تنها ۱۲ درصد از آب سبز استفاده کرده است. بدین ترتیب، آب آبی سهم عمده‌ای در صادرات آب مجازی استان مازندران داشته به‌طوری‌که ۸۸ درصد از کل صادرات آب مجازی مازندران از طریق آب آبی صورت گرفته است. این وضعیت می‌تواند موجب کاهش منابع آبی استان مازندران گردد.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر پیشنهاد می‌شود الگوی کشت محصولات کشاورزی در استان مازندران مورد بازنگری قرار گیرد و در اصلاح این الگو، به استفاده حداکثری از آب سبز توجه شود. علاوه بر نوع محصول کشت شده؛ توجه به مولفه‌های مؤثر بر مصرف آب آبی شامل عملکرد محصولات، سیستم مناسب آبیاری، تعداد دفعات آبیاری و میزان آبیاری و همچنین، تاریخ و زمان آبیاری نیز حائز اهمیت است. مشخصاً توصیه می‌شود، محصولات دارای نیاز آبی بالا مانند غلات، از سایر کشورها وارد شود و محصولات با مقاومت بالا نسبت به خشکی و کم‌آبی، در داخل تولید شوند. همچنین، توسعه صادرات محصولات کشاورزی نظیر خرما، توتون و تنباکو که در هرتن تولید به آب نسبتاً زیادی نیاز دارند، بررسی و احتیاط بیشتری صورت گیرد و محاسبات مزیت نسبی برای این محصولات دربردارنده ارزش کمیابی آب باشد. همچنین به‌منظور افزایش عملکرد این قبیل محصولات و افزایش بهره‌وری آب در تولید آنها، توصیه می‌گردد که با

تاکید بر شیوه‌های مدرن کشاورزی، به آموزش و ترویج کشاورزان جهت به‌کارگیری تکنولوژی‌های پیشرفته و شبکه‌های تحت‌فشار توجه بیشتری صورت گیرد.

منابع

بذرافشان، ام‌البنین؛ دهقان‌پیر، شهلا و ارشک حلی‌ساز (۱۳۹۶). «برآورد بیلان آب مجازی در بخش کشاورزی در استان هرمزگان طی دهه‌ی گذشته». *نشریه مدیریت بیابان*، شماره۱۰، صص۱۲۹-۱۱۶.

بهلول‌زاده، علی؛ سبزقبایی، غلامرضا و سولماز دشتی (۱۴۰۰). «ردپای اکولوژیک آب و آب مجازی محصولات گندم و برنج در استان خوزستان در راستای مدیریت پایدار منابع آبی». *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۵(۲)، صص ۳۴۱-۳۲۹.

تهامی پور زرندی، مرتضی و سیدامین عظیمی (۱۴۰۱). «ارزیابی و تحلیل تجارت آب مجازی در بخش نفت ایران»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران* doi: 10.22054/jiee.2022.66746.1896.

ثقفیان، بهرام؛ حیدری، نادر و سعید مرید (۱۳۹۷). *بررسی رویکرد اسناد و قوانین بالادستی مؤثر بر سازگاری با تغییر اقلیم: گزارش شماره ۲ طرح تدوین راهبردها و برنامه ملی سازگاری با تغییر اقلیم در بخش آب*.

حکمت‌نیا، مهران؛ حسینی، سید مهدی و مهدی صفدری (۱۳۹۹). «تعیین و ارزیابی ردّپای آب‌های سبز، آبی و خاکستری در تجارت بین‌المللی محصولات کشاورزی ایران». *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۴(۲)، صص ۴۴۶-۴۶۳.

رحیمی‌پور انارکی، محمدرضا؛ محمدی، علی؛ رفیعیان، ارجمندی و سعید کریمی (۱۳۹۹). «ارزیابی آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: شهرستان قلعه‌گنج)». *فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۱(۴۱)، صص ۹۲-۷۷.

رستگاری‌پور، فاطمه؛ سالاری، امیر و فاطمه عزیززاده (۱۴۰۰). «تعیین شاخص‌های آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب چغندرقند در روستاهای شهرستان تربت‌حیدریه». *راهبردهای توسعه روستایی*، ۸ (۲)، صص۲۳۳-۲۴۳.

صالح‌نیا، نرگس و مهدی باستانی (۱۳۹۶). «بررسی راهبرد تجارت آب مجازی محصولات زراعی و باغی در ایران». *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۱(۵)، صص ۷۵۰-۷۶۲.

عابدی، سمانه و مرتضی تهامی‌پور (۱۳۹۵). «اندازه‌گیری و تحلیل تراز تجاری آب مجازی در بخش کشاورزی استان زنجان». *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۴۷(۴)،صص۸۰۵-۸۱۴.

عربی یزدی، اعظم؛ علیزاده، امین و فرشاد محمدیان (۱۳۸۷). «بررسی ردپای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران». *نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۳(۴)، صص۱۵-۱.

مرکز پژوهش‌های مجلس(۱۳۹۵)، *آب مجازی، بررسی تجارب و مطالعات انجام شده در ایران و جهان*، تهران.

Afkhami M., Bassetti T., Ghoddusi H. and F. Pavesi (2020). *Virtual Water Trade: The Implications of Capital Scarcity*. Available at SSRN.

Allan J.A. (1997). *Virtual water: A long term solution for water short Middle Eastern economies?*, Water Issues Study Group, School of Oriental and African Studies, University of London.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. and M. Smith (1998). *Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage*. FAO, Rome.

Ansink E. (2010). "Refuting Two Claims about Virtual Water Trade", *Ecological Economics*, No. 69, pp. 2027-2032.

Arrien M.M., Aldaya M.M. and C.I. Rodriguez (2021). "Water Footprint and Virtual Water Trade of Maize in the Province of Buenos Aires", *Argentina. Water*, *13*(13): pp.1-16.

Ashktorab N. (2019). *Virtual Water Flows and Determinants in Iran*, PhD Thesis. Shiraz University, Shiraz, Iran.

Ashktorab N. and M. Zibaei (2022). "Future virtual water flows under climate and population change scenarios: focusing on its determinants", *Journal of Water and Climate Change*; 13(1), pp. 96–112.

Bazrafshan O., Zamani H., Etedali H.R., Moshizi Z.G., Shamili M., Ismaelpour Y. and H. Gholami (2020). "Improving Water Management in date Palms Using Economic Value of Water Footprint and Virtual Water Trade Concepts in Iran". *Agricultural Water Management*, No. 229, 105941.

Cheptea A. and C.L. Dupraz (2021). Is Irrigation Driven by the price of Internationally Traded Agricultural Products?, *Q Open*, 1(1): 1-19.

El-Sadek A. (2011) "Virtual water: an effective mechanism for integrated water resources management". *Agricultural Sciences*, No. 2, pp. 248-261.

Ewaid S.H., Abed S.A., Abbas A.J. and N. Al-Ansari (2020). "Estimation the Virtual Water Content and the Virtual Water Transfer for Iraqi Wheat". In *Journal of Physics: Conference Series*, 1664(1), 012143.

Ewaid S.H., Abed S.A., Chabuk A. and N. Al-Ansari (2021). "Water Footprint of Rice in Iraq". In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 722 (1), 012008.

Ewing B.R., Hawkins T.R., Wiedmann T.O., Galli A., Ercin A.E., Weinzettel J. and K. Steen-Olsen (2012). "Integrating Ecological and Water Footprint Accounting in a Multi-regional Input–output Framework". *Ecological indicators*, No.*23*, pp. 1-8.

Faramarzi M., Yang H., Mousavi J., Schulin R., Binder C.R. and K.C. Abbaspour (2010). "Analysis of Intra-country Virtual Water Trade Strategy to Alleviate Water Scarcity in Iran". *Hydrology and Earth System Sciences*, *14*(8): 1417-1433.

Fu T., Xu C. and X. Huang (2021). "Analysis of Virtual Water Trade Flow and Driving Factors in the European Union". *Water*, 13 (1771), ppl. 1-13.

Hoekstra A.Y. and P.Q. Hung (2003). "Virtual Water Trade". In *Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade*, No.12, pp.1-244.

Hoekstra A.Y. and P.Q. Hung (2005). "Globalization of Water Resources: International Virtual Water Flows in Relation to Crop Trade". *Global Environmental Change*, No. 15, pp. 45-56.

Joseph N., Ryu D., Malano H.M., George B. and K.P. Sudheer (2020). "A Review of the Assessment of Sustainable Water use at Continental-to-global Scale". *Sustainable Water Resources Management*, *6*(2), pp. 1-20.

Krugman P.R. and M. Obstfeld (2009). *International Economics: Theory and Policy*. Boston: Pearson Addison-Wesley, Chicago.

Merrett S. (2003). "Virtual water and Occam's razor", *Water International*, No.28, pp. 103-105.

Muratoglu A. (2020). Assessment of wheat's water Footprint and Virtual Water Trade: a case study for Turkey. *Ecological Processes*, *9*(1), pp. 1-16.

O'Donnell E. (2018). *Irrigation Management, Environment, and Profits: Who Wins?*, A Thesis in Agricultural Economics, Lincoln, Nebraska.

Qasemipour E., Abbasi A. and F. Tarahomi (2020). Water-saving scenarios based on input–output analysis and virtual water concept: A case in Iran. *Sustainability*, *12*(3), 818.

Qasemipour E., Tarahomi F., Pahlow M., Malek Sadati S.S. and A. Abbasi (2020). "Assessment of Virtual Water Flows in Iran Using a Multi-Regional Input-Output Analysis". *Sustainability*, *12*(7424), pp.1-19.

Reimer J.J. (2012). "On the Economics of Virtual Water Trade", *Ecological Economics*, No. 75, pp. 135-139.

Reimer J.J. and M. Li (2010). "Trade Costs and the gains from Trade in crop Agriculture", *American Journal of Agricultural Economics*, No. 92, pp. 1024-1039.

World Bank (2021). *Global Water Security and Sanitation Partnership Annual Report* 2021, Washington, D.C.: World Bank Group.

Zisopoulou K., Zisopoulos D. and D. Panagoulia (2022). "Water Economics: An In-Depth Analysis of the Connection of Blue Water with Some Primary Level Aspects of Economic Theory I". *Water*, 14(103), pp. 1-31.