



تجارت آب مجازی در ایران: یک تحلیل داده-ستانده

نورالدین شریفی^۱

حسین اسماعیلی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹

چکیده

مشکل کمبود آب سبب شد تا علاوه بر مزیت نسبی کشورها در تولید کالاها و خدمات، آب مصرف شده در تولید محصولات هم مورد توجه قرار گیرد. این مقاله در پی محاسبه میزان مصرف مستقیم و غیر مستقیم آب در تولید انواع محصولات صادراتی ایران است. علاوه بر این، میزان آب صرفه‌جویی شده از واردات کالاها و خدمات برای مصارف واسطه و نهایی محاسبه می‌شود. برای این منظور از مدل داده-ستانده استفاده می‌گردد. اطلاعات مورد نیاز عمدتاً از جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۵ ایران که آخرین جدول آماری رسمی کشور است، تامین می‌شود. بر اساس نتایج حاصل، صادرات آب مجازی کشور در سال ۱۳۹۵، ۸۵۱۴/۵۹ میلیون متر مکعب بوده است که در مقایسه با ۱۵۰۶۲/۸۳ میلیون متر مکعب واردات آب مجازی کشور در این سال، تراز تجاری کشور در این سال ۶۵۴۸/۲۴- متر مکعب بوده است که وارد کننده خالص آب مجازی می‌باشد. این در حالی است که تراز تجاری کشور در این سال، ۳۴۶/۲۹ تریلیون ریال بوده است. در این بین، تولیدات محصولات زراعی و باغی به دلیل ضریب فزاینده آب‌بری بالا، بیشترین صادرات آب مجازی، بیشترین وارد کننده آب مجازی و بیشترین تراز تجاری منفی آب مجازی را در این سال داشته است.

واژگان کلیدی: تجارت خارجی، آب مجازی، تحلیل داده-ستانده، ایران.

۱- مقدمه

مفهوم آب مجازی^۱ اول بار توسط آلن^۲ مطرح شد (آلن، ۱۹۹۷). به طور کلی آب مجازی مقدار آبی است که در مراحل مختلف تولید یک محصول مصرف می‌شود. بنابراین، این آب، بسیار بیشتر از آبی است که در محصول وجود دارد. در این راستا، صادرات آب مجازی، عبارت از آبی است که در مراحل مختلف تولید محصولات صادر شده مورد نیاز است. در مقابل، با توجه به تفاوت مناطق به لحاظ فناوری، شرایط آب و هوایی و امثال آن، واردات آب مجازی هم مقدار آبی است که کشور وارد کننده در اثر واردات کالاها و خدمات، از مصرف آن در کشور معاف می‌گردد. تراز تجاری آب مجازی که به خالص واردات آب مجازی اطلاق می‌شود، از تفاضل واردات آب مجازی از صادرات آب مجازی حاصل می‌شود.

آب‌های مصرف شده در تولید محصولات از سه منبع آب سبز، آب آبی و آب خاکستری تامین می‌شوند. آب سبز آبی است که در اثر باران و نظایر آن، سبب رطوبت خاک، هوا و امثال آن می‌شود. آب آبی، شامل آب نهرها، رودها، زیرزمین، پشت سدها، دریاچه‌ها و امثال آن می‌باشد. و بالاخره آب خاکستری آبی است که در اثر استفاده آلوده شده و حاوی مواد زاید است. این آب‌ها که شامل فاضلاب‌های خانگی و پساب کارخانه‌ها و مزارع هستند، برای استفاده مجدد نیازمند تصفیه و رفع آلودگی می‌باشند.

ایران یکی از کشورهای کم آب جهان است که این مشکل به صورت‌های گوناگون خودنمایی می‌کند. کمبود آب شرب در مناطقی از کشور یکی از این مشکلات است که با کاهش بارندگی به تنش و بحران تبدیل می‌شود. یکی دیگر از مشکلات ناشی از کم‌آبی کشور، تعطیل شدن کشاورزی بخش‌هایی از کشور در بعضی از سال‌ها می‌باشد. این مشکل با توجه به نیاز کشور به این محصولات از یک سو و وابستگی زندگی کشاورزان و صنایع و خدمات ذیربط به درآمد ناشی از تولیدات کشاورزی از سوی دیگر، مشکلاتی را برای آن مناطق فراهم ساخته است. انتشار ریزگردها و نشست زمین از دیگر مشکلات کم‌آبی در کشور است که هر یک به نوبه خود تبعاتی در پی دارد.

این مسائل سبب می‌شود تا علاوه بر فکر یافتن منابع جدید آبی برای مناطقی که با مشکل کم‌آبی روبرو هستند، لازم است تا مدیریت مصرف آب بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد (موسوی و همکاران، ۲۰۲۱). از آن‌جا که بخش اعظم مصرف آب کشور در جریان تولید، به خصوص تولید

1. Virtual Water

2. Allan

محصولات کشاورزی مصرف می‌شود، توجه به میزان آب‌بری محصولات تولید داخل اهمیت زیادی دارد.

یکی از راه‌های مدیریت مصرف آب، توجه به تولید و مبادله کالاها و خدمات در جریان تجارت بین‌الملل است. توجه به ترکیب محصولات مبادله شده نه تنها می‌تواند از تشدید کمبود آب جلوگیری کند، تا حدی منجر به مهار آن نیز می‌شود. این در حالی است که عدم توجه به آب مصرف شده در تولید کالاها مبادله شده در تجارت بین‌المللی و حتی بین مناطق داخلی، می‌تواند عواقب فاجعه باری در پی داشته باشد.

این مقاله آب مجازی مبادله شده در تجارت خارجی ایران به تفکیک صادرات، واردات به صورت کل و به تفکیک بخش‌ها را بررسی می‌کند. برای این منظور، با استفاده از هزینه پرداختی بخش‌ها برای آب و ارزش آب در مصارف مختلف، حجم آب مصرف شده در بخش‌های مختلف محاسبه می‌شود. به این ترتیب، آب آبی و آب خاکستری استفاده شده در فعالیت‌های مختلف، مورد توجه قرار می‌گیرد.

این پژوهش در شش بخش سازمان‌دهی شده است. بخش بعدی به مبانی نظری تحقیق اختصاص دارد. پیشینه تحقیق موضوع بخش سوم است. بخش چهارم به معرفی روش تحقیق و منابع آماری مورد استفاده اشاره می‌کند. یافته‌های تحقیق موضوع بخش پنجم این تحقیق است. نتیجه‌گیری از مطالب بحث شده هم پایان‌بخش آن می‌باشد.

۲- مبانی نظری

استفاده از منابع طبیعی و تبعات آن بر محیط زیست سبب توجه به آن در نظریه‌های اقتصادی و اجتماعی شده است. این مسئله تا آنجا پیش رفته است که شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری میزان رعایت استفاده بهینه از منابع طبیعی در کشورها مورد توجه قرار می‌گیرد (هراتی و همکاران، ۲۰۱۵). اهمیت توجه به منابع طبیعی و محیط زیست، سبب شد تا در نظریه‌های قبلی تجارت اسمیت و ریکاردو که به ترتیب دارا بودن مزیت مطلق و نسبی در هزینه تولید را شرط انجام مبادلات تجاری بین کشورها می‌دانستند، مورد بازبینی قرار گیرد.

در این راستا، هکشر^۱ در سال ۱۹۱۹ و بعدها دانشجوی او اوهلین^۲ در ۱۹۶۷ که به توسعه نظریه او پرداخت، از اقتصاددانان سوئدی خاطر نشان کردند، برخلاف نظریه مزیت نسبی ریکاردو که

1. Heckscher

2. Ohlin

بازدهی عوامل تولید عامل پیدایش مزیت نسبی و به دنبال آن انجام تجارت خارجی می‌باشد، فراوانی عوامل تولید عامل اساسی در انجام تجارت بین‌الملل قلمداد می‌گردد. به عقیده هکشر و اوهلین، هر کشور در تولید محصولی مزیت نسبی دارد که به طور نسبی از عوامل تولید فراوان‌تری برخوردار باشد. بنابراین، تفاوت در موجودی عوامل تولید و شدت کاربرد آن، موجب تفاوت در قیمت‌های نسبی و پیدایش تجارت بین‌الملل می‌شود (نجشی^۱، ۲۰۰۱).

علاوه بر این، اوهلین به این نتیجه رسید که هم تجارت بین منطقه‌ای و هم تجارت بین‌المللی عاملی برای مبادله محصولات تولیدی عوامل تولید می‌باشد. عوامل تولید مثل آب و زمین یا قابلیت جابه‌جایی چندانی ندارند و یا اساساً قابل انتقال نیستند. به این ترتیب، قیمت نسبی کالاها و خدمات مختلف در مناطق مختلف بستگی به میزان وفور این منابع در آن مناطق دارد. بر این اساس حتی اگر فناوری تولید در مناطق مختلف یکسان باشد، تفاوت مناطق و کشورها در دسترسی به عوامل تولید سبب تجارت بین آن‌ها می‌شود.

یکی از نتایج حاصل از نظریه هکشر-اوهلین افزایش تقاضا برای عوامل تولید فراوان منطقه و کشور می‌شود که دارای این منابع است. این افزایش تقاضا افزایش قیمت این عوامل تولید را در پی دارد. این روند تا آن‌جا ادامه دارد که قیمت عوامل تولید مناطق مختلف برابر گردد.

از نتایج دیگر نظریه هکشر-اوهلین، تجارت عوامل تولید بین مناطق و کشورها می‌باشد. به عبارت دیگر، تجارت کالاها و خدمات موجب جابه‌جایی عوامل تولید در بین مناطق و کشورها می‌شود. بنابراین، تجارت کالا جایگزینی برای جابه‌جایی عوامل تولید می‌باشد.

با این حال، لئونتیف^۲ (۱۹۵۳) نظریه هکشر-اوهلین را در تجارت خارجی آمریکا مورد مطالعه قرار داده است. برای این منظور، جدول داده-ستانده سال ۱۹۴۷ این کشور را مورد استفاده قرار داد. بر اساس یافته‌های لئونتیف، کالاهای وارداتی این کشور ۳۰٪ بیشتر از کالاهای صادراتی آن سرمایه‌بر است. این نتایج که با نظریه هکشر-اوهلین در تضاد است به معنای لئونتیف معروف شده است.

برای رفع این معما، تلاش‌های زیادی توسط لئونتیف و دیگران صورت پذیرفته است که هنوز هم این معما به قوه خود پابرجا می‌باشد. به عنوان نمونه، ونک^۳ (۱۹۶۸)، با لحاظ کردن عوامل دیگری مثل زمین، آب و هوا، و آب یک مدل چند عاملی برای حل این مشکل ارائه کرد. بوئن و

1. Negishi (2001)

2. Leontief (1953)

3. Vanek (1968)

همکاران^۱ (۱۹۸۷) هم نظریه فراوانی عوامل تولید در حالت چندعاملی در چند کشور را مورد آزمون قرار داده‌اند که به دلیل عدم دریافت نتیجه قطعی، ضرورت آزمون نظریه هکشر-اولهین مورد پیشنهاد قرار گرفته است. تلاش‌های کاساس و چوی^۲ (۱۹۸۵) و ترفلر^۳ (۱۹۹۳) هم نمونه‌های دیگر از بررسی نظریه هکشر-اولهین می‌باشد.

در پایان خاطر نشان می‌شود، که تجارت آب مجازی هزینه‌ای به مراتب کمتر از تجارت آب فیزیکی دارد. لذا تجارت آب مجازی این فرصت را برای کشورهای کم‌آب فراهم می‌سازد تا با واردات محصولاتی که نیاز به حجم زیادی آب در صنایع بالادستی دارند، به مقدار بیشتری به منابع آب جهانی دست یابند. به این ترتیب، با واردات آب مجازی مشکل کمبود آب این کشورها تا حدی برطرف می‌شود (آلن، ۱۹۹۷؛ هوکسترا^۴، ۲۰۱۰ و زنگ و همکاران^۵، ۲۰۱۶).

۳- پیشینه تحقیق

کارهای انجام شده در این زمینه به لحاظ روش مورد استفاده به دو گروه تعادل جزئی و تعادل عمومی قابل تقسیم می‌باشد:

در گروه اول که با استفاده از روش تعادل جزئی بوده است، هوکسترا و هانگ^۶ (۲۰۰۳) و چپاگین و هوکسترا^۷ (۲۰۰۴) سهم محصولات زراعی، دامی و صنعتی در مبادلات آب مجازی در بین کشورهای مختلف را بررسی نموده‌اند. الامری و رید^۸ (۲۰۱۹) تراز تجارت آب مجازی عربستان برای محصولات زراعی در فاصله ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ را محاسبه نموده‌اند. بریندها^۹ (۲۰۱۹) واردات آب مجازی هند با کشورهای طرف معامله در محصولات زراعی، دامی و صنعتی را با استفاده از اطلاعات پایه فنی مورد مطالعه قرار داده است.

روش تعادل جزئی در ایران هم مورد استفاده بعضی از محققین قرار گرفته است. در این بین، بابازاده و سرائی تبریزی (۲۰۱۲) وضعیت کشاورزی استان هرمزگان را از دید آب مجازی بررسی کرده‌اند. رنجبر و فتوکیان (۲۰۱۵) روند صادرات و واردات آب مجازی در ایران را مورد بررسی

1. Bowen (1987)

2. Casas & Choi (1985)

3. Trefler (1993)

4. Hoekstra (2010)

5. Zhang (2016)

6. Hoekstra & Hung (2003)

7. Chapagain & Hoekstra (2004)

8. Alamri & Reed (2019)

9. Brindha (2019)

و بیست محصول حائز بیشترین نقش را مشخص نمودند. کیانی (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های فنی تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی استان‌های کشور با یکدیگر و با دیگر کشورها را محاسبه نموده است. با استفاده از روش اقتصادسنجی، حکمت‌نیا و همکاران (۲۰۲۱) تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران در دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ را با توجه به اطلاعات فنی تبخیر، تفرق و آب مورد نیاز محاسبه نموده‌اند.

دسته دوم از تحقیقات انجام شده با روش تعادل عمومی که اثرات مستقیم و غیر مستقیم را نشان می‌دهند، صورت پذیرفته است. بعضی از تحقیقات این گروه، جدول داده- ستانده چند منطقه‌ای را برای محاسبه آب مجازی در سطح مناطق مورد استفاده قرار داده‌اند. فنگ و همکاران^۱ (۲۰۱۱) و زنگ و آنادون^۲ (۲۰۱۴) مصرف آب مجازی در مناطق مختلف چین با یکدیگر و با اقتصاد جهانی را مطالعه نموده‌اند. چن و چن^۳ (۲۰۱۳) جدول داده- ستانده چند منطقه‌ای را برای محاسبه آب مجازی کشورهای جهان مورد استفاده قرار داده‌اند.

در ایران هم دسته‌ای از مطالعات با استفاده از روش تعادل عمومی انجام شده است. به عنوان نمونه، صادقی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰، ردپای آب مجازی محصولات تولید داخل و وارداتی را برای اجزای تقاضای نهایی محاسبه نموده‌اند. تهمی‌پور و همکاران (۲۰۱۵) جدول داده-ستانده استان گیلان در سال ۱۳۹۰ را مبنای محاسبه تجارت آب مجازی این استان قرار داده‌اند. نصراللهی و همکاران (۲۰۱۹) ردپای آب مجازی استان یزد در سال ۱۳۹۰ در تجارت با خارج از استان را با استفاده از تحلیل داده-ستانده اندازه‌گیری کرده‌اند. قاسمی‌پور و همکاران^۴ (۲۰۲۰) هم از جدول داده-ستانده چند منطقه‌ای سال ۱۳۹۰ ایران برای محاسبه مبادله آب مجازی داخلی و خارجی استفاده نموده‌اند. نجفی و همکاران (۲۰۲۲) هم با تجمیع جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۵ بانک مرکزی ایران در ۷ بخش، ردپای آب در تجارت خارجی کشور در این بخش‌ها را مشخص کرده‌اند.

برای بررسی میزان آب مورد نیاز در مراحل مختلف فرایند تولید محصولات صادراتی و وارداتی، از مدل تعادل عمومی داده-ستانده استفاده می‌شود. از ویژگی‌های این تحقیق، استفاده از امکانات جدول داده-ستانده کشور در تفکیک واردات به واسطه‌ای و نهایی است که با توجه به تاثیر

1. Feng (2011)

2. Zhang and Anadon (2014)

3. Chen & Chen (2013)

4. Qasemipour (2020)

متفاوت آنها در اقتصاد، سبب شفاف تر شدن نتایج محاسبات انجام شده می شود. استفاده از جدول ۸۹ بخشی که بزرگترین جدول ممکن برای این سال می باشد، دیگر ویژگی این تحقیق است که سبب افزایش دقت در محاسبات می گردد. استفاده از اطلاعات سالنامه آماری برای محاسبه حجم آب مصرف شده در فعالیت های کلی اقتصاد که از سازمان مربوطه کشور گرفته شده است برای محاسبه حجم آب مصرف شده در فعالیت های مختلف ویژگی دیگر این تحقیق است که سبب افزایش دقت آن می شود.

۴- روش تحقیق و منابع آماری

۴-۱- محاسبه جدول فعالیت در فعالیت

این بخش به بسط مدل لزن^۱ (۲۰۰۱) در خصوص تجارت آب مجازی می پردازد. برای این منظور، واردات واسطه ای و نهایی سال ۱۳۹۵، ابتدا با فرض تکنولوژی فعالیت، جدول داده-ستانده فعالیت در فعالیت داخلی این سال محاسبه می شود. برای این کار، با کسر جدول واردات از جدول جذب، جدول جذب از منابع داخلی محاسبه می گردد.

$$U^d = U - M \quad (۱)$$

U^d ماتریس جذب داخلی و U ماتریس جذب کل است که از ناحیه اول ماتریس مصرف گرفته می شود. M هم ماتریس واردات واسطه ای کالا در بخش است. با استفاده از رابطه (۲)، ماتریس ضرایب فنی ماتریس جذب داخلی محاسبه می شود:

$$K = U^d \hat{Q}^{-1} \quad (۲)$$

K ماتریس ضرایب فنی ماتریس جذب داخلی و \hat{Q}^{-1} معکوس ماتریس قطری تولیدات بخش ها را نشان می دهند.

ماتریس سهم بازار، دیگر ماتریس مورد نیاز در تهیه جدول متقارن داخلی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می شود:

$$D = M^k \hat{G}^{-1} \quad (۳)$$

^۱. Lenzen (2001)

D ماتریس سهم بازار، M^k ماتریس ساخت و \hat{G}^{-1} معکوس ماتریس قطری تولیدات محصولات مختلف می‌باشد.

ماتریس ضرایب فنی داخلی از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$A = DK \quad (۴)$$

A ماتریس ضرایب فنی داخلی می‌باشد.

با پس‌ضرب این ماتریس در ماتریس قطری تولیدات بخش‌ها، ناحیه اول جدول داده-ستانده حاصل می‌شود:

$$X = A\hat{Q} \quad (۵)$$

X ناحیه اول جدول داده-ستانده متقارن داخلی و \hat{Q} ماتریس قطری تولیدات بخش‌ها را نشان می‌دهد.

با تعمیم فرض تکنولوژی فعالیت به ناحیه دوم جدول داده-ستانده، ناحیه دوم جدول از پیش‌ضرب ماتریس سهم بازار در ناحیه دوم جدول عرضه بر حسب فعالیت در می‌آید.

$$F = DF^g \quad (۶)$$

F^g ماتریس اجزای تقاضای نهایی بر حسب محصولات و F ماتریس تقاضای نهایی بر حسب فعالیت می‌باشد.

ناحیه سوم جدول داده-ستانده بدون هیچ تعدیلی از ناحیه سوم جدول عرضه اخذ می‌شود. برای تجزیه واردات به تفکیک واسطه و نهایی، ابتدا جمع سطری ماتریس واردات واسطه محاسبه می‌شود.

$$M^g = Me \quad (۷)$$

M^g بردار ستونی واردات واسطه بر حسب کالاها و خدمات و e بردار یک ستونی می‌باشد. با تفریق بردار واردات واسطه از بردار واردات کل در جدول عرضه، بردار ستونی واردات نهایی حاصل می‌شود:

$$M^f = M^t - M^g \quad (۸)$$

M^f بردار واردات نهایی برحسب محصول و M^t بردار واردات کل برحسب محصول می‌باشد. با پیش ضرب ماتریس واردات نهایی برحسب کالا و خدمات در ماتریس سهم بازار، با فرض تعمیم تکنولوژی فعالیت به واردات نهایی، واردات نهایی برحسب فعالیت‌ها حاصل می‌شود:

$$M^{sf} = DM^f \quad (۹)$$

M^{sf} بردار واردات نهایی برحسب فعالیت است.

۴-۲- محاسبه آب مجازی مصرفی

برای محاسبه آب مجازی، رابطه تولید فعالیت‌ها به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$Q = AQ + Fe - M^f \Rightarrow Q - AQ = Fe - M^{sf} \Rightarrow \quad (۱۰)$$

$$Q = (I - A)^{-1}(Fe - M^{sf}) = CY$$

در این رابطه، AQ بردار تقاضای واسطه داخلی و Fe بردار تقاضای نهایی، I ماتریس یکه و Y بردار محصولات نهایی تولید داخل می‌باشد. C معکوس ماتریس لئونتیف است که عناصر آن، مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم تولید هر واحد محصول نهایی بر تقاضا برای محصولات فعالیت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

برای محاسبه آب مجازی، ضرایب مستقیم آب معرفی می‌شود:

$$H_j = \frac{W_j}{Q_j} \Rightarrow W_j = H_j Q_j \quad (۱۱)$$

H_j مقدار آب مصرفی برای تولید هر واحد محصول در فعالیت j را نشان می‌دهد.

با تعمیم رابطه (۱۱) برای همه فعالیت‌ها، مقدار آب مورد نیاز برای تولید مقادیر محصول در فعالیت‌های مختلف محاسبه می‌شود:

$$W = \hat{H}Q \quad (۱۲)$$

در این رابطه، بردار W مقدار آب مورد نیاز برای تولید مقادیر مختلف محصولات تولید شده در فعالیت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

با جایگذاری رابطه (۱۰) در رابطه (۱۲)، رابطه (۱۳) حاصل می‌شود:

$$W = \widehat{H}CY = BY \quad (13)$$

$B = \widehat{H}C$ ماتریس ضرایب فزاینده آب برای مقادیر مختلف محصولات نهایی را نشان می‌دهد. با توجه به اجزای تشکیل دهنده آن، آب مستقیم و غیر مستقیم لازم در تولید هر واحد محصول نهایی یک فعالیت در فعالیت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

رابطه (۱۲) برای هر مجموعه از محصولات نهایی تولید شده در داخل قابل تعمیم است. با قرار دادن E بردار محصولات صادراتی به جای Y ، مقادیر آب مستقیم و غیر مستقیم لازم در فعالیت‌های مختلف اقتصادی که از نظر اقتصادی هزینه‌ای برای آنها لحاظ می‌شود، یعنی مقادیر آب آبی و آب خاکستری به دست می‌آید. همین مسئله برای واردات نهایی هم صادق است. با قرار دادن M^{sf} بردار واردات نهایی به جای Y ، مقادیر آب مستقیم و غیر مستقیمی که اقتصاد در اثر واردات این کالاها و خدمات نهایی از مصرف آن معاف می‌شود، محاسبه می‌گردد (روابط ۱۴ و ۱۵).

$$W^e = BE \quad (14)$$

$$W^{ms} = BM^{sf} \quad (15)$$

در این رابطه W^e ، صادرات آب مجازی برای محصولات صادراتی و W^{ms} ، میزان آب صرفه‌جویی شده در فعالیت‌های تولیدی در اثر واردات نهایی را نشان می‌دهد.

به همین ترتیب، ابتدا بردار ستونی واردات واسطه‌ای برحسب فعالیت‌های تولید کننده این گونه محصولات محاسبه می‌شود (رابطه ۱۶).

$$M^{si} = DM^g \quad (16)$$

M^{si} بردار ستونی واردات واسطه برحسب فعالیت‌های تولید کننده است.

حال با توجه به فناوری داخلی، مقدار آب مجازی مورد نیاز در صورتی که این محصولات وارداتی در داخل تولید می‌شد محاسبه می‌شود. برای این منظور، این محصولات همانند محصولات نهایی

صادراتی و وارداتی مورد توجه قرار می‌گیرد. به این ترتیب، رابطه (۱۷) میزان آب مجازی وارداتی در اثر واردات واسطه‌ای محاسبه می‌شود:

$$W^{mi} = BM^{si} \quad (17)$$

W^{mi} آب مجازی واردات واسطه‌ای فعالیت‌های تولیدی را نشان می‌دهد. با جمع روابط (۱۵) و (۱۷)، مجموع آب مجازی وارداتی فعالیت‌ها محاسبه می‌شود.

$$W^m = W^{mi} + W^{mf} \quad (18)$$

با تفریق رابطه (۱۸) از رابطه (۱۴)، (W^{tb}) ، تراز تجاری آب مجازی به تفکیک فعالیت‌های تولیدی محاسبه می‌شود.

$$W^{tb} = W^e - W^m \quad (19)$$

با پس‌ضرب هر یک از جملات رابطه (۱۹) در ماتریس یکه ستونی، (T^m) حجم کل آب مجازی وارداتی، (T^e) حجم کل آب مجازی صادراتی و (T^{tb}) حجم کل تراز تجاری آب مجازی محاسبه می‌شود:

$$T^e = W^e e \quad (20)$$

$$T^m = W^m e \quad (21)$$

$$T^{tb} = W^{tb} e \quad (22)$$

۴-۳- منابع آماری

عمده اطلاعات مورد استفاده در تحقیق حاضر از جداول آماری داده-ستانده سال ۱۳۹۵ بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران حاصل می‌شود (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۲۰۲۲). این جداول شامل جدول مصرف، عرضه و واردات واسطه به تفکیک ۱۳۰ محصول و ۸۹ فعالیت است. برای تبدیل اطلاعات ریالی آب مصرفی به تفکیک ۸۹ فعالیت مورد مطالعه، به اطلاعات

فیزیکی، از اطلاعات آب مصرفی فعالیت‌های تولیدی سالنامه آماری کشور در سال ۱۳۹۵ استفاده می‌گردد (مرکز آمار ایران، ۲۰۱۸).

۵- یافته‌های تحقیق

ابتدا جدول مقارن داخلی سال ۱۳۹۵ در ۸۹ فعالیت تهیه شده است. این جدول مبنای محاسبات تحقیق قرار گرفته است. بر اساس نتایج محاسبات، جدول ۱ به ترتیب، پنج فعالیت حائز رتبه‌های اول تا پنجم صادرات کالاها و خدمات کشور در سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، استخراج نفت خام و گاز طبیعی با ۱۲۸۰/۰۵ تریلیون ریال صادرات که ۴۲/۵۴ درصد صادرات کشور در این سال را تشکیل می‌دهد، در رتبه اول قرار دارد.

این پنج بخش با ۲۱۰۵/۰۶ تریلیون ریال صادرات، قریب به ۷۰ درصد صادرات کشور در این سال که ۳۰۰۸/۸۵ تریلیون ریال بوده است را در اختیار داشتند. در این بین، صادرات نفت خام و گاز طبیعی و مشتقات آن که معمولاً بخش قابل ملاحظه‌ای از تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی و تمام محصولات تولید فرآورده‌های نفتی را شامل می‌شود، جایگاه ویژه‌ای دارد. به طوری که، بیش از نیمی از صادرات کشور را نفت خام و فرآورده‌های آن تشکیل می‌دهند.

جدول ۱: صادرات فعالیت‌های حائز رتبه اول تا پنجم در سال ۱۳۹۵- واحد: تریلیون ریال

رتبه	سهم	صادرات	فعالیت
۱	۴۲/۵۴	۱۲۸۰/۰۵	استخراج نفت خام و گاز طبیعی
۲	۱۱/۳۸	۳۴۲/۳۷	تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی
۳	۵/۸۳	۱۷۵/۳۲	عمده فروشی و خرده فروشی
۴	۵/۱۸	۱۵۵/۹۵	حمل و نقل جاده‌ای بار
۵	۵/۰۳	۱۵۱/۳۷	تولید فرآورده‌های نفتی (بالاشنگاه‌ها)
-	۶۹/۹۶	۲۱۰۵/۰۶	جمع پنج فعالیت
-	۱۰۰	۳۰۰۸/۸۵	کل اقتصاد

منبع: یافته‌های پژوهش

با استفاده از روابط (۷)، (۸) و (۹)، بردار واردات کل به دو بردار واسطه و نهایی تجزیه شده است. جدول ۲، عمده واردات محصولات تولید شده در فعالیت‌های مختلف کشور را نشان می‌دهد. کل واردات کشور در این سال، ۲۶۶۲/۵۶ تریلیون ریال بوده است که نیمی از این واردات به مصرف نهایی و نیمی دیگر به صورت کالاهای واسطه مورد استفاده قرار گرفته است. به طوری که در

مجموع ۵۰/۶۰ درصد از واردات کشور را واردات کالاهای واسطه و ۴۹/۴۰ درصد آن را واردات کالاهای نهایی تشکیل داده است. بر خلاف صادرات کشور که ۴۲/۵۴ درصد آن را صادرات نفت خام و گاز طبیعی تشکیل داده است، بیشترین واردات مربوط به تولید سایر ماشین آلات و تجهیزات می باشد که ۹/۶ درصد واردات کشور را شامل می شود. به استثنای محصولات زراعت و باغداری، مابقی اقلام وارداتی کشور از محصولات صنعتی بوده است.

مجموع سهم واردات محصولات تولید شده در پنج فعالیت اول، کمتر از سهم صادرات نفت خام و گاز طبیعی در اقتصاد کشور است. به این ترتیب، محصولات وارداتی کشور توزیع متعادل تری دارند. نکته قابل توجه دیگر، محصولات تولید شده در فعالیت تولید مواد شیمیایی و فرآورده های شیمیایی است. علی رغم صادرات نسبتا بالاتر این محصولات در کشور، واردات آنها هم حائز رتبه سوم می باشد که حاکی از تجارت بالای درون صنعت این محصولات است.

جدول ۲: واردات محصولات تولیدی فعالیت های حائز رتبه های اول تا پنجم در سال ۱۳۹۵- واحد تریلیون ریال

رتبه	درصد	کل واردات	واردات واسطه	واردات نهایی	فعالیت
۱	۹/۶	۲۵۴/۵	۹۴/۴	۱۶۰/۱	تولید ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده در جای دیگر
۲	۸/۴	۲۲۳/۹	۹۱/۵	۱۳۲/۴	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
۳	۷/۶	۲۰۱/۳	۱۵۴/۸	۴۶/۵	تولید مواد شیمیایی و فرآورده های شیمیایی
۴	۶/۸	۱۸۱/۰	۱۱۸/۶	۶۲/۴	تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر
۵	۶/۴	۱۶۹/۵	۳۴/۴	۱۳۵/۱	تولید محصولات رایانه ای، الکترونیکی و نوری
-	۳۸/۷	۱۰۳۰/۱	۴۹۳/۷	۵۳۶/۵	جمع پنج فعالیت
-	۱۰۰	۲۶۶۲/۵۶	۱۳۴۷/۲۲	۱۳۱۵/۳۳	کل اقتصاد

منبع: یافته های پژوهش

جدول ۳ تراز تجاری محصولات تولید شده در فعالیت های حائز رتبه های اول تا پنجم مثبت و منفی را نشان می دهد. به عبارت دیگر، سطرهای اول تا پنجم، مربوط به فعالیت هایی است که محصولات آنها بیشترین تراز تجاری مثبت را دارا می باشند. در مقابل، سطرهای ششم تا دهم، فعالیت های با رتبه های ۸۹ تا ۸۵، به ترتیب فعالیت هایی هستند که به دلایل مختلف بیشترین تراز تجاری منفی را دارا می باشند. در مجموع، با فزونی ارزش کل صادرات کشور در سال ۱۳۹۵ نسبت به ارزش کل واردات آن، تراز تجاری کشور در این سال ۳۴۶/۲۹ تریلیون ریال بوده است. پنج فعالیت حائز بیشترین تراز تجاری مثبت، دقیقا همان فعالیت های حائز بیشترین صادرات کشور می باشند، اگرچه رتبه آنها در این دو جدول یکسان نیست. با این حال، فعالیت های تولید مواد

شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی / و تولید فرآورده‌های نفتی که از فعالیت‌های صنعتی می‌باشند، علاوه بر صادرات بسیار بالا، واردات قابل ملاحظه‌ای هم دارند. به خصوص، محصولات تولید شده در فعالیت تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی که رتبه دوم صادرات و رتبه سوم واردات را در اختیار دارند، با صادرات نسبتاً بالای آن در مقایسه با دیگر فعالیت‌های اقتصادی کشور، به لحاظ تراز تجاری مثبت هم در ردیف سوم قرار دارد. در مقابل، تولیدات چهار فعالیت حائز بیشترین تراز تجاری منفی، رتبه‌های اول تا پنجم واردات را دارا می‌باشند. فقط پوشاک که از لحاظ واردات در رتبه ششم قرار داشت، به لحاظ کسری در تراز تجاری در رتبه پنجم قرار داشت.

جدول ۳: تراز تجاری فعالیت‌های حائز رتبه اول تا پنجم در تراز تجاری مثبت و منفی کشور در سال ۱۳۹۵- واحد تریلیون ریال

رتبه	تراز تجاری	واردات	صادرات	فعالیت
۱	۱۲۷۵/۲۴	۴/۸۱	۱۲۸۰/۰۵	استخراج نفت خام و گاز طبیعی
۲	۱۶۴/۰۸	۱۱/۲۴	۱۷۵/۳۲	عمده فروشی و خرده فروشی
۳	۱۴۱/۱۲	۲۰۱/۲۵	۳۴۲/۳۷	تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی
۴	۱۳۹/۲۴	۱۶/۷۱	۱۵۵/۹۵	حمل و نقل جاده‌ای بار
۵	۸۵/۹۸	۶۵/۳۹	۱۵۱/۳۷	تولید فرآورده‌های نفتی (پالایشگاه‌ها)
۸۹	-۲۴۷/۸۲	۲۵۴/۵۴	۶/۷۱	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده در جای دیگر
۸۸	-۱۷۴/۸۴	۱۸۰/۹۶	۶/۱۲	تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر
۸۷	-۱۶۴/۵۶	۱۶۹/۵۱	۴/۹۵	تولید محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری
۸۶	-۱۵۸/۳۸	۱۶۹/۵۰	۱۱/۱۲	تولید پوشاک
۸۵	-۱۴۴/۱۸	۲۲۳/۸۹	۷۹/۷۱	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
-	۳۴۶/۲۹	۲۶۶۲/۵۶	۳۰۰۸/۸۵	کل اقتصاد

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۴ منابع و مصارف آب در سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود، مصارف آب بسیار کلی می‌باشد. بر اساس این جدول، ۶۵ درصد کل آب‌های سطحی و زیر سطحی در فعالیت کشاورزی که شامل ۴ زیر بخش است، مصرف شده است. فعالیت‌های صنعت و خدمات به ترتیب، ۲/۳ و ۲۲/۲ درصد از این آب‌ها را مصرف کرده است. ۱۰/۵ درصد از آب‌ها هم به مصرف شرب رسیده است.

با استفاده از اطلاعات جدول ۴ و هزینه‌های مصرف آب فعالیت‌های مختلف تولیدی جدول داده-ستانده متقارن داخلی، حجم مصارف آب به تفکیک زیربخش‌های مختلف تولیدی محاسبه شده است. با استفاده از رابطه (۱۲)، جدول ۵ میزان مصرف آب در کل اقتصاد و پنج فعالیت

مصرف کننده عمده آب در سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. همان طوری که ملاحظه می‌شود، کل آب مصرف شده در اقتصاد کشور در سال ۱۳۹۵، ۸۱۹۴۴ میلیون متر مکعب است. ۷۸/۹ درصد از آب‌های مصرف شده در فعالیتهای تولیدی، در این پنج فعالیت به مصرف رسیده است که فعالیت کاشت محصولات زراعی و باغی به تنهایی ۶۱/۶ درصد آن را مصرف نموده است.

جدول ۴: منابع و مصارف کلی آب در سال ۱۳۹۵ - واحد: میلیون متر مکعب

منابع آب	کشاورزی	صنعت	شرب	خدمات و سایر	جمع
کل تخلیه از آب‌های زیرزمینی	۳۹۸۱۷	۱۴۱۵	۶،۴۳۳	۱۳۵۹۴	۶۱۲۶۲
مصارف از آب سطحی	۱۹۶۹۴	۷۰۰	۳۱۸۲	۶۷۲۴	۳۰۳۰۱
مجموع کل آب‌های سطحی و زیرزمینی	۵۹۵۱۱	۲۱۱۵	۹۶۱۵	۲۰۳۱۸	۹۱۵۶۳

منبع: محاسبات پژوهش و سالنامه آماری ۱۳۹۵

جدول ۵: مصرف آب فعالیتهای تولیدی پرمصرف (آب) در سال ۱۳۹۵ - واحد: میلیون متر مکعب

رتبه	درصد	مصرف	فعالیت
۱	۶۱/۶	۵۰۴۹۷/۶	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
۲	۷/۳	۶۰۱۹/۵	پرورش حیوانات
۳	۳/۶	۲۹۳۲/۰	ماهگیری و آبرزی پروری
۴	۳/۴	۲۷۸۴/۴	ساختمان خصوصی
۵	۲/۹	۲۳۹۶/۵	تولید، انتقال و توزیع برق
-	۷۸/۹	۶۶۶۳۰/۱	جمع
-	۱۰۰	۸۱۹۴۴	کل اقتصاد

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۶ ضرایب مستقیم و ضرایب فزاینده آب‌بری فعالیتهای تولیدی را نشان می‌دهد. ضرایب مستقیم عکس بهره‌وری متوسط جزئی آب فعالیتهای مختلف را نشان می‌دهد که تا حد زیادی به ویژگی‌های محصولات تولیدی فعالیت‌ها وابسته است. بر اساس نتایج تحقیق، ضریب مستقیم آب برای فعالیت کاشت محصولات زراعی و باغی، ۳۸/۱۴ متر مکعب است که در مقایسه با دیگر فعالیتهای تولیدی، از بالاترین ضرایب مستقیم آب برخوردار است. به عبارت دیگر، یک میلیون ریال تولیدات این بخش به ۳۸/۱۴ متر مکعب آب سطحی و زیر سطحی در این فعالیت نیاز دارد. به این ترتیب، به طور متوسط، هر متر مکعب آب مصرف شده در این فعالیت، کمترین تولید را در مقایسه با دیگر فعالیتهای تولیدی به دنبال دارد.

جدول ۶: ضرایب مستقیم و ضرایب فزاینده آب‌بری فعالیت‌های تولیدی کشور در سال ۱۳۹۵

رتبه ضرایب فزاینده	ضرایب فزاینده	رتبه ضرایب مستقیم	ضرایب مستقیم	فعالیت
۱	۴۰/۱۱	۱	۳۸/۱۴	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
۲	۳۶/۳۹	۲	۳۳/۵	جمع‌آوری، تصفیه و تامین آب
۳	۲۸/۶۹	۳	۲۶/۴	ماهگیری و آبرزی پروری
۵	۱۴/۵۰	۴	۱۲/۳	تولید، انتقال و توزیع برق
۶	۱۳/۱۲	۵	۱۰/۳	خدمات دلالان املاک و مستغلات
۴	۱۵/۲۱	۷	۸/۳۶	پرورش حیوانات

منبع: یافته‌های پژوهش

دو ستون سمت چپ جدول ۶، پنج فعالیت دارای بالاترین ضرایب فزاینده آب و رتبه آن را نشان می‌دهد. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود، برای تولید یک میلیون ریال محصولات نهایی در بخش کاشت محصولات زراعی و باغی، ۴۰/۱۱ متر مکعب آب در فعالیت‌های مختلف تولیدی مصرف شده است. شایان ذکر است که ارتباط نزدیکی بین ضرایب مستقیم با ضرایب فزاینده آب در فعالیت‌های مختلف تولیدی وجود دارد، به طوری که ضریب همبستگی این دو ضریب در فعالیت‌های مختلف تولیدی، ۰/۹۵ شده است. این امر سبب شد تا رتبه این دو ضریب هم تا حد زیادی به هم نزدیک باشند.

علاوه بر این، ضریب همبستگی ضرایب فزاینده آب در فعالیت‌ها با ارزش صادرات و واردات محصولات مختلف تولید شده در فعالیت‌های تولیدی به ترتیب، ۰/۰۵- و ۰/۱۲- بوده است. به این ترتیب، در فعالیت‌هایی که ضرایب فزاینده، آب‌بری بیشتر دارند، صادرات نسبتاً کمتری صورت گرفته است. به عبارت دیگر، در محصولاتی که تولید کالای نهایی آن‌ها به آب بیشتری نیاز دارد، صادرات نسبتاً کمتر و در مقابل واردات نسبتاً بیشتری صورت پذیرفته است. با این حال، کم بودن مقادیر این ضرایب، حاکی از دخالت عوامل دیگری چون قابل تجارت بودن محصولات، ارزش افزوده فعالیت‌ها، در دسترس بودن نهاده واسطه و عوامل اولیه تولید در صادرات و واردات محصولات دارد.

در نتایج محاسبات این بحث نکاتی وجود دارد که لازم است در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی مورد توجه قرار گیرند: از جمله این نکات، توجه به ماهیت تولید فعالیت‌ها است. بعضی از فعالیت‌ها ماهیتاً با آب سروکار دارند. در نتیجه از ضرایب فزاینده آب بالایی برخوردارند. نکته دیگر قابل انتقال و قابل تجارت نبودن محصولات بعضی از این فعالیت‌ها است که از دایره بحث خارج می‌شوند. با توجه به این نکات، به همراه ارتقای بهره‌وری آب در تولید، برای استفاده از

منافع تجارت در مصرف آب و صرفه‌جویی در مصرف آن، تا حد امکان باید از صدور محصولات با ضرایب فزاینده بالا نظیر محصولات زراعی و باغی آب‌بر، (مانند برنج، سبزیجات و محصولات جالیزی) خودداری و حتی اقدام به ورود این محصولات نمود. در مقابل، صدور محصولات قابل تجارتی چون تولید فرآورده‌های نفتی با رتبه ضریب فزاینده ۸۷، تولید سایر مصنوعات با رتبه ضریب فزاینده ۸۵، تولید کفش و پوشاک با رتبه ضریب فزاینده ۸۴ و تولید محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری با رتبه ضریب فزاینده ۸۳ که همگی از صنایع و دارای ضرایب فزاینده آب‌بری پایینی می‌باشند، مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرند.

با استفاده از رابطه (۱۴)، صادرات آب مجازی ۸۵۱۴/۵۹ میلیون متر مکعب محاسبه شده است. جدول ۷، پنج فعالیت تولیدی که به ترتیب بیشترین صادرات آب مجازی کشور در سال ۱۳۹۵ را داشته‌اند، نشان می‌دهد. در این بین، تولیدات فعالیت کاشت محصولات زراعی و باغی به تنهایی ۵۲/۳۹ درصد این صادرات را در اختیار داشته است. نکته قابل توجه، فاصله بسیار زیاد بین سهم صادرات این فعالیت با فعالیت‌های رتبه دوم تا پنجم آن می‌باشد. نکته دیگر وابستگی این فعالیت‌ها به منابع طبیعی و خدمات است، به طوری که هیچ فعالیت صنعتی در بین آن‌ها وجود ندارد.

جدول ۷: فعالیت‌های حائز رتبه اول تا پنجم در صادرات آب مجازی در سال ۱۳۹۵ - واحد: میلیون متر مکعب

رتبه	سهم (درصد)	صادرات آب مجازی	فعالیت
۱	۵۲/۳۹	۴۴۶۰/۷۲	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
۲	۵/۵۶	۴۷۳/۴۳	پرورش حیوانات
۳	۵/۴۴	۴۶۳/۰۱	تولید، انتقال و توزیع برق
۴	۵/۳۸	۵/۱۲	استخراج سایر معادن
۵	۴/۳۹	۳۷۴/۰۴	فعالیت‌های خدماتی مربوط به غذا و آشامیدنی
-	۷۳/۱۷	۶۲۲۹/۷۱	جمع
-	۱۰۰	۸۵۱۴/۵۹	کل اقتصاد

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۸ با استفاده از رابطه (۱۵)، محصولات واردکننده عمده آب مجازی فعالیت‌های تولیدی را نشان می‌دهد. کل واردات آب کشور در سال ۱۳۹۵، ۱۵۰۶۲/۸۳ میلیون متر مکعب بوده است. واردات محصولات این فعالیت‌ها، کشور را از مصرف ۱۲۷۰۲/۷۰ میلیون متر مکعب آب مجازی که ۸۴/۳۳ درصد از کل واردات آب مجازی کشور می‌باشد، معاف کرده است. به استثنای واردات محصولات فعالیت پرورش حیوانات، مابقی فعالیت‌ها در لیست محصولات فعالیت‌های

بیشترین صادرکننده آب مجازی هم دیده می‌شوند. به این ترتیب، این فعالیت‌ها با تجارت درون صنعت بالایی روبرو هستند.

جدول ۸: واردات آب مجازی محصولات تولیدی فعالیت‌های مختلف در سال ۱۳۹۵-واحد: میلیون متر مکعب

رتبه	سهم (درصد)	آب مجازی واردات کل	آب مجازی واردات نهایی	آب مجازی واردات واسطه	فعالیت
۱	۷۲/۸۷	۱۰۹۷۵/۷۹	۶۵۴۹/۵۲	۴۴۲۶/۲۷	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
۲	۳/۷۲	۵۵۹/۶۱	۳۹۶/۲۱	۱۶۳/۴۰	فعالیت‌های خدماتی مربوط به غذا و آشامیدنی
۳	۲/۹۸	۴۴۹/۴۹	۱۶۵/۱۷	۲۸۴/۳۲	تولید، انتقال و توزیع برق
۴	۲/۴۳	۳۶۵/۹۲	۲۲۵/۱۵	۱۴۰/۷۷	پرورش حیوانات
۵	۲/۳۴	۳۵۱/۸۹	۱۰۸/۶۷	۲۴۳/۲۲	تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی
-	۸۴/۳۳	۱۲۷۰۲/۷۰	۷۴۴۴/۷۲	۵۲۵۷/۹۸	جمع
-	۱۰۰	۱۵۰۶۲/۸۳	۸۳۸۶/۳۶	۶۶۷۶/۴۷	کل اقتصاد

منبع: یافته‌های پژوهش

پنج سطر اول جدول ۹، محصولات پنج فعالیت حائز رتبه‌های اول تا پنجم تراز مثبت آب مجازی را نشان می‌دهد که به ترتیب بیشترین خالص صادرات آب مجازی کشور را در اختیار داشتند. نکته قابل توجه این است که به استثنای پرورش حیوانات، سایر فعالیت‌های این گروه، در لیست پنج فعالیت حائز رتبه‌های اول تا پنجم صادرات آب مجازی دیده نمی‌شوند. پنج سطر بعدی این جدول، محصولات پنج فعالیت تولیدی دیگر کشور است که به ترتیب بیشترین خالص واردات آب مجازی را در این سال داشته‌اند. محصولات تولید شده در دو فعالیت کاشت محصولات زراعی و باغی و فعالیت‌های خدماتی مربوط به غذا و آشامیدنی در گروه بیشترین واردکنندگان آب مجازی هم قرار دارند. نکته قابل ذکر این است که محصولات زراعی و باغی به دلیل ضرایب فزاینده بالای آب مجازی، با وجود این که در لیست پنج فعالیت حائز صادرات بیشتر کشور دیده نمی‌شود و محصولات این فعالیت در لیست بیشترین واردات هم در ردیف پنجم قرار دارد؛ هم به لحاظ صادرات آب مجازی و هم به لحاظ واردات آب مجازی و حتی به لحاظ بیشترین تراز منفی آب مجازی در رتبه اول قرار دارد. نکته دیگر هم این است که در مجموع خالص تراز تجارت آب مجازی در سال ۱۳۹۵ منفی و کشور واردکننده خالص آب مجازی بوده است.

جدول ۹: فعالیت‌های حائز رتبه‌های اول تا پنجم در تراز آب مجازی مثبت و منفی کشور در سال ۱۳۹۵- واحد

میلیون متر مکعب

رتبه	تراز تجاری	واردات	صادرات	فعالیت
۱	۱۲۲/۶۷	۲۰۴/۳۵	۳۲۷/۰۳	حمل و نقل آبی
۲	۱۰۷/۵۱	۳۶۵/۹۲	۴۳۷/۴۳	پرورش حیوانات
۳	۱۰۶/۶۲	۳۵۱/۸۹	۴۵۸/۵۱	تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی
۴	۷۳/۶۲	۲۴۳/۷۷	۳۱۷/۳۹	عمده فروشی و خرده فروشی
۵	۷۰/۸۶	۲۱۶/۵۱	۲۸۷/۳۷	ماهگیری و آبرزی پروری
۸۹	-۶۵۱۵/۰۶	۱۰۹۷۵/۷۹	۴۴۶۰/۷۲	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
۸۸	-۴۶/۹۲	۵۵۹/۶۱	۳۷۴/۰۴	فعالیت‌های خدماتی مربوط به غذا و آشامیدنی
۸۷	-۱۱۷/۲۵	۲۱۵/۴۱	۹۸/۱۵	فعالیت‌های خدماتی مربوط به تامین جا (هتل)
۸۶	-۴۶/۹۲	۸۸/۹۶	۴۲/۰۵	تولید آهن و فولاد پایه
۸۵	۲۵/۰۶	۶۴/۹۲	۳۹/۸۶	حمل و نقل هوایی
-	-۶۵۴۸/۲۴	۱۵۰۶۲/۸۳	۸۵۱۴/۵۹	جمع
-	-۶۵۴۸/۲۴	۱۵۰۶۲/۸۳	۸۵۱۴/۵۹	کل اقتصاد

منبع: یافته‌های پژوهش

۶- نتایج تحقیق

برای بررسی وضعیت تجارت آب مجازی در ایران با استفاده از تحلیل داده-ستانده، جدول داده-ستانده آماری بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران مبنای محاسبات قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات این جدول، کل صادرات کشور در سال ۱۳۹۵، ۳۰۰۸/۸۵ تریلیون ریال بوده است. عمده صادرات این سال را نفت خام و گاز طبیعی به میزان ۱۲۸۰/۰۵ تریلیون ریال تشکیل داد که ۴۲/۵۴ درصد کل صادرات کشور در این سال بوده است. مجموع واردات کشور در سال ۱۳۹۵، ۲۶۶۲/۵۶ تریلیون ریال بوده است که نیمی از آن را محصولات واسطه و نیمی دیگر را محصولات نهایی تشکیل داده است. عمده این واردات را محصولات تولید شده در فعالیت تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر به میزان ۲۵۴/۵ تریلیون تشکیل داده است که ۹/۶ درصد کل واردات کشور در این سال بوده است. به این ترتیب، تراز تجاری کشور در سال ۱۳۹۵، ۳۴۶/۲۹ میلیون ریال بوده است که در یک جمع‌بندی کلی، بیشتر صادرات کشور از تولیدات فعالیت‌های کشاورزی و معدنی و عمده واردات کشور هم از محصولات بخش‌های صنعتی و کشاورزی بوده است.

براساس محاسبات انجام شده، به دلیل ارتباط بالای ضرایب مستقیم آب‌بری فعالیت‌ها با ضرایب فزاینده آب‌بری آن‌ها، ضریب همبستگی این دو شاخص ۰/۹۵ بوده است. در این بین، فعالیت

محصولات زراعی و باغی که بالاترین ضریب مستقیم آب‌بری را داشته است، از بالاترین ضرایب فزاینده آب‌بری هم برخوردار بوده است. این امر سبب شد تا علی‌رغم عدم احراز رتبه اول در صادرات، واردات و تراز تجاری در سال ۱۳۹۵، صادرات، واردات و تراز تجارت آبی منفی محصولات این فعالیت، با فاصله زیاد، در بین ۸۹ فعالیت تولیدی، در رتبه اول قرار گیرد.

ضریب همبستگی ضرایب فزاینده فعالیت‌ها با ارزش صادرات و واردات محصولات مختلف تولید شده در فعالیت‌های مختلف به ترتیب، ۰/۰۵- و ۰/۱۲ بوده است. به این ترتیب، در فعالیت‌هایی که ضرایب فزاینده آب‌بری بیشتر است، صادرات نسبتاً کمتری صورت گرفته است، در مقابل، فعالیت‌هایی که ضرایب فزاینده آب‌بری بیشتری دارند، محصولات تولید شده در این فعالیت‌ها واردات نسبتاً بیشتری داشته‌اند. با این حال، کم بودن مقادیر ضرایب همبستگی، حاکی از دخالت عوامل دیگری چون قابل تجارت نبودن محصولات بعضی از فعالیت‌ها، سهم ارزش افزوده ایجاد شده در تولید فعالیت‌ها، وجود منابع واسطه و دسترسی راحت‌تر به عوامل اولیه تولید در میزان صادرات و واردات محصولات می‌باشد.

کل صادرات آب مجازی کشور در سال ۱۳۹۵، ۸۵۱۴/۵۹ میلیون متر مکعب بوده است که ۷۳/۱۷ درصد این آب را صادرات محصولات تولید شده در پنج فعالیت غیر صنعتی تشکیل داده‌اند. کل واردات آب مجازی کشور در سال ۱۳۹۵، ۱۵۰۶۲/۸۳ میلیون متر مکعب بوده است که ۷۲/۸۷ درصد آن از طریق واردات محصولات زراعی و باغی وارد می‌شود. به این ترتیب، نتایج تحقیق نشان می‌دهد علی‌رغم مثبت بودن تراز تجاری کشور در سال ۱۳۹۵، تراز تجارت آب مجازی کشور در این سال منفی بوده است. به عبارت دیگر، ایران وارد کننده خالص آب مجازی بوده است. با این حال، با توجه به پایین بودن ضریب همبستگی صادرات و واردات محصولات نهایی تولید شده در فعالیت‌ها با ضرایب فزاینده آب‌بری از یک طرف و کمبود شدید آب در کشور از طرف دیگر، با توجه به ضرایب فزاینده آب مجازی محصولات نهایی تولید شده در فعالیت‌ها، امکان استفاده بیشتر از مزایای تجارت در به کارگیری از آب سایر مناطق وجود دارد.

در پایان پیشنهاد می‌شود تا در سیاست‌گذاری‌های تولیدی اقتصاد، ماهیت فعالیت‌ها نیز مورد توجه قرار گیرند. برای این منظور، لازم است تا علاوه بر ارتقای بهره‌وری آب در تولید، نه تنها از صدور محصولات با ضرایب فزاینده بالای آب خودداری شود، بلکه اقدام به واردات این دسته از کالاها نمود. در مقابل، تولید و صدور محصولات قابل تجارت صنعتی که از ضرایب فزاینده آب پایین‌تری برخوردار هستند، در دستور کار قرار گیرد.

References

- Alamri, Y. & Reed, M. R. (2019). "Estimating Virtual Water Trade in Crops for Saudi Arabia". American Journal of Water Resources 7(1): 16-22.
- Allan, J.A. (1997). "Virtual Water: A Long Term Solution for Water Short Middle Eastern Economies". British Association Festival of Science, University of Leeds, UK.
- Babazadeh, H. & Saraei Tabrizi, M. (2012). "Evaluation of the Agricultural Situation of Hormozgan Province from the Point of View of Virtual Water". Journal of Water Research in Agriculture 26(4): 485-499. (In Persian)
- Bowen, H. P. Leamer, E. E. & Sveikauskas, L. (1987). "Multicountry, Multifactor Test of the Factor Abundance Theory" The American Economic Review 77(5): 791-809.
- Brindha, K. (2019). "National Water Saving through Import of Agriculture and Livestock Products: A Case Study from India". Sustainable Production and Consumption 18: 63-71.
- Casas, F. R. & Choi, E. K. (1985). "The Leontief Paradox: Continued or Resolved?". Jornal of Political Economy 93(3): 610-615.
- Central Bank of Islamic Republic of Iran (2022). Input-Output Table for the Year 2016.
- Chapagain, A. K. & Hoekstra, A. Y. (2004). "Water Footprints of Nations, Value of Water Research Report Series". UNESCO-IHE. No. 16.
- Chen, Z. M. & Chen, G. Q. (2013). "Virtual Water Accounting for the Globalized World Economy: National Water Footprint and International Virtual Water Trade". Ecological Indicators 28: 142-149.
- Feng, K. Chapagain, A. Suh, S. Pfister, S. & Hubacek, K. (2011). "Comparison of Bottom-Up and Top-Down Approaches to Calculating the Water Footprints of Nations: The Water Footprints of Nations". Economic Systems Research 23(4): 371-385.
- Harati, J. Taghizadeh, H. & Amini, T. (2015). "Investigating the Impacts of Trade and Political Variables on Environmental Performance Index: A Dynaminc Panel Analysis". The Journal of Economic Policy 7(14): 129-159. (In Persian)
- Hekmatnia, M. Sadari, M. Hosseyni, S.-M. & Dadras Moghadam, A. (2021). "Factors Affecting the Virtual Water Trade of Agricultural Crops of Iran (Application of Panel Vector Autoregression Model)". Environmentand Water Engineering 7(2): 344-355. (In Persian)
- Hoekstra, A. & Hung, P. (2003). "Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade". Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report 12(1): 25-47.
- Hoekstra, A. (2010). "The Relation between International Trade and Freshwater Scarcity". WTO Staff Working Paper No. ERSD-2010-05.

- Kiani, G.-H. (2018). "Study of Domestic and International Virtual Water Trade in Iran". Journal of Water and Soil Science **22**(1): 115-125. (In Persian)
- Lenzen, M. & Foran, B. (2001). "An Input-Output Analysis of Australian Water Usage". Water Policy **3**(4): 321-340.
- Leontief, W. (1953). "Domestic Production and Foreign Trade; the American Capital Position Re-Examined". Proceedings of the American Philosophical Society **97**(4): 332-349.
- Moosavi, S.-F. Salehnia, N. Seifi, A. & Asgharpour Masouleh, A. (2021). "Investigating the Effects of Advertising and Forcing Frugal Behavior on Water Consumption with Regard to Social Interactions of Consumers". The Journal of Economic Policy **13**(25): 281-315. (In Persian)
- Najafi, B. Khodadad Kashi, F. Souri, A. & Mousavi Jahromi, Y. (2022). "Identification of Water Footprint in Iran's Foreign Trade with the Approach of the Input-Output Table-2016". New Economy and Trade **17**(1): 167-194. (In Persian)
- Nasrollahi, Z. Zarei, M. & Rayga, S. (2019). "Measurement of Water Footprint and Virtual Water Trade in the Economic Sectors of Yazd Province Using the Input-Output Approach". Journal of Water and Sustainable Development **6**(3): 11-18. (In Persian)
- Negishi, T. (2001). *Developments of International Trade Theory*, New York, Springer.
- Qasemipour, E. Tarahomi, F. Pahlow, M. Malek Sadati, S. S. & Abbasi, A. (2020). "Assessment of Virtual Water Flows in Iran Using a Multi-Regional Input-Output Analysis". Sustainability **12**(18): 7424.
- Ranjbar, E. & Fotokyan, M.-R. (2015). "Investigating the Export and Import Trend of Virtual Water in Iran". International Conference on Environmental Science, Engineering & Technologies 5-6 May 2015, University of Tehran, Tehran, Iran.
- Sadeghi, S. K. Karimi Takanlou, Z. Motafakker Azad, M.-A. Asgharpour Ghouchi, H. & Andayesh, Y. (2014). "Measuring the Water Ecological Footprint of Iranian Economic Sectors: By Emphasis on Social Accounting Matrix (SAM) Approach". The Quarterly Journal of Quantitative Economics **11**(3): 81-111. (In Persian).
- Statistical Center of Iran (2018). *Statistical Yearbook for the Year 2016*.
- Tahamipour, M. Salah, A. & Arabmazar, A. (2015). "Pattern of Virtual Water Trade in the Economic Activities of Guilan Province: Application of an Extended Input-Output Table". Environmental Sciences **13**(3): 35-50. (In Persian)
- Trefler, D. (1993). "International Factor Price Differences: Leontief Was Right!". Journal of Political Economy **101**(6): 961-987.
- Vanek, J. (1968). "The Factor Proportions Theory: The N—Factor Case". Kyklos **21**(4): 749-756.

Zhang, C. & Anadon, L. D. (2014). "A Multi-Regional Input–Output Analysis of Domestic Virtual Water Trade and Provincial Water Footprint in China". Ecological Economics **100**(105): 159-172.

Zhang, Y. Zhang, J. Tang, G. Chen, M. & Wang, L. (2016). "Virtual Water Flows in the International Trade of Agricultural Products of China". Science of the Total Environment **557-558**: 11-18.

Virtual water trade in Iran: An input-output analysis

Nooraddin Sharify^{1*}
Hossein Esmaili²

Received: 20-08-2022

Accepted: 20-11-2022

Introduction: The problem of water shortage has caused countries to pay attention to the water used in the production of products and their other advantages in the production of goods and services. This has to do with the water consumed in the production of imported or exported products. Although most of this water generally remains in the producer country, it is required in production processes. This paper seeks to calculate the amount of direct and indirect water consumed in the exported goods and service production in Iran. In addition, the amount of water saved on the imported products for intermediate and final uses is calculated.

Methodology: An input-output model is developed to measure the direct and indirect virtual water that is required for exported and imported products. The latest survey based on the input-output table of Iran for the year 2016 is employed as the database of the research. The rest of the data are obtained from the statistical yearbook of the country for the year 2016.

Results and Discussion: The symmetrical input-output table of Iran for the year 2016 has been prepared for 89 activities. This table was the basis for the research calculations. According to the results, the total imported commodities of the country were over 2662.56 trillion Rials, whereas the total export of the country in 2016 was 3008.85 trillion Rials. Thus, the trade balance of the country was 366.29 trillion Rials.

About half of the imported goods and services were consumed as intermediate demand, and the other half were final demand. The majority of the imports consisted of the products used for the production of machinery and equipment not classified elsewhere in the amount of 254.5 trillion, which was 9.6% of the country's total imports in the year 2016. In contrast, the extraction of crude oil and natural gas was in the first place with the value of 1280.05 trillion Rials, which constituted 42.54% of the country's exports in this year.

In addition, according to the results, the virtual water export of the country in 2016 was 8514.59 million cubic meters, compared to the country's virtual water import of 15062.83 million cubic meters in the year. So, the country's

1. Associated professor, Department of Economics, University of Mazandaran, Iran
Email: nsharify@umz.ac.ir

2. Master in Economics, University of Mazandaran, Iran

trade balance of virtual water in this year was -6548.24 cubic meters, which leads the country to be a net importer of virtual water.

It is notable that, in contrast to the positive trade balance, the balance of the virtual water trade was negative. To investigate this circumstance, one should note that the production of 353.4 thousand Rials worth of exported products needed one cubic meter of water. However, the country was exempted from one cubic meter of water for 176.8 thousand Rials worth of imported products. On the other hand, the country attempted to import products that need more water in contrast to export products that need less one. So, the imported products of the country were about two times more water-intensive than the exported ones.

Based on the calculations, due to the high correlation between the direct water coefficient of the activities and their water multipliers, the correlation coefficient of these two indicators was 0.95. Meanwhile, the activity of agricultural and garden crops, with the highest direct coefficient of water intensity, had the highest multipliers of water intensity as well. Thus, despite the export not achieving the first rank, the import and trade balance ranked first by a long distance among 89 production activities in 2016.

The correlation coefficient of the virtual water multipliers of the sectors with the value of their exports and imports were -0.05 and 0.12, respectively. Thus, in the sectors where the multipliers of water are higher, there was relatively less export, whereas the products of these sectors were relatively more imported. The lower multipliers indicate that other factors have also been involved to determine the amount of exports and imports.

Conclusions: According to the findings of the research, the water intensity of products was relatively considered in the foreign trade of Iran. So, the imported products need two times more virtual water compared to the exported ones. As a result, in contrast to the positive trade balance of the country, there was a negative virtual water balance. However, due to the attention paid to other factors in the foreign trade, the correlation coefficient between the virtual water multipliers of the sectors with the value of their exports and imports is small. In addition, some activities deal with water in nature. As a result, they have high water multipliers. According to this characteristic, along with the promotion of water efficiency in production processes, it is necessary to avoid exporting products with high water multipliers as well as importing these products.

Keywords: Foreign trade, Virtual water, Inputoutput analysis, Iran.

JEL Classification: C67, P45, Q25, Q27.