

تغییرات در تراز تجارت آب مجازی ایران با استفاده از تحلیل تجزیه ساختاری^۱

نورالدین شریفی*، حسین اسماعیلی**

DOI:10.30495/ECO.2023.1968378.2696

<p>چکیده</p> <p>هدف مقاله تعیین تغییرات در تراز تجارت آب مجازی ایران با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری طی دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۹۵ بود. نتایج نشان داد علی‌رغم مثبت بودن تراز تجاری در این سال‌ها، تجارت بین‌الملل سبب ورود آب مجازی به کشور شده است. با این حال، هم ارزش تراز تجاری محصولات و هم تراز تجارت آب مجازی سال ۱۳۹۵ در قیاس با سال ۱۳۹۰ کاهش یافته است. در مجموع، علی‌رغم افزایش واردات آب مجازی به دلیل کاهش تحرک‌آفرینی محصولات نهایی و تغییر در سهم صادرات و واردات در تراز تجارت خارجی، تغییرات در تراز تجاری، شدت مصرف مستقیم آب، ساختار تولید و ساختار کالاهای مبادله‌شده، به ترتیب، بیشترین سهم را در کاهش واردات آب مجازی در تجارت خارجی ایران داشته‌اند. به این منظور، پیشنهاد می‌شود با ارتقای فناوری مورد استفاده در تولید و جایگزینی نهاده‌های آب‌اندوز در جهت بهبود این تراز اقدام شود.</p>	<p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۴</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱</p> <p>طبقه‌بندی JEL: C67, P45, Q27</p> <p>واژگان کلیدی: تحلیل تجزیه ساختاری، تراز تجارت آب مجازی، مدیریت منابع آب.</p>
--	--

^۱ این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد حسین اسماعیلی به راهنمایی دکتر نورالدین شریفی در دانشکده علوم اقتصادی و امور اداری دانشگاه مازندران است.

nsharif@umz.ac.ir

* دانشیار گروه علوم اقتصادی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی:

h.esmaili75@gmail.com

** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم اقتصادی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران، پست الکترونیکی:

۱. مقدمه

«تجارت خارجی»^۱ یکی از ابزارهای مدیریت منابع آب است. بی‌توجهی به این ابزار، نه تنها ممکن است به رفع کمبود آب در کشور کمکی نکند، بلکه شاید سبب تشدید این کمبود نیز گردد؛ بنابراین، مطالعه تغییرات در «تراز تجارت آب مجازی»^۲ به‌عنوان روشی در بررسی کیفیت مدیریت منابع آب مطرح است.

همان‌طوری که صادرات «محصولات آب‌اندوز»^۳ می‌تواند سبب صرفه‌جویی در مصرف آب در تجارت شود، واردات «محصولات آب‌بر»^۴ می‌تواند سبب ورود آب مجازی به کشور شده و با معاف کردن کشور از مصرف مقادیر متناهی آب، گامی در جهت کاهش مشکل کم‌آبی بردارد. درمقابل، صادرات محصولات آب‌بر وسیله‌ای در جهت تشدید مشکل کم‌آبی به حساب می‌آید. به این ترتیب، تجارت آب مجازی می‌تواند به همراه تجارت دیگر محصولات در جهت مدیریت منابع آبی استفاده شود.

ارتقای مصرف آب و استفاده بهینه از آن در جریان تولید، دیگر روش مدیریت منابع آبی است. پیشرفت‌های فنی در تولید کالاها و خدمات و استفاده از روش‌های آب‌اندوز سبب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌گردد. درمقابل، عدم استفاده از روش‌های نوین در جهت ارتقای بهره‌وری آب، سبب تشدید کمبود آب می‌شود.

مطالعه تغییرات در تراز تجارت آب مجازی این فرصت را فراهم می‌سازد تا مدیریت منابع آب از جهات مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد. بخشی از این تغییرات به مبادله کالاها و خدمات و آبربری و آب‌اندوزی محصولات مبادله‌شده مربوط می‌شود. بخش دیگر نیز به تغییرات در فناوری تولید محصولات می‌پردازد و جهت‌گیری اقتصاد را از دید صرفه‌جویی در مصرف آب مجازی مورد توجه قرار می‌دهد.

این مقاله با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری^۵ تراز تجارت آب مجازی، مدیریت منابع آب در دوره ۱۳۹۰ - ۱۳۹۵ را در ایران بررسی می‌کند. برای این منظور، ابتدا تغییرات در تراز تجارت آب مجازی در تجارت خارجی کشور در این سال‌ها محاسبه می‌شود. در مرحله بعد، با تجزیه این تغییرات به اجزای مختلف، سهم هر یک از عوامل در این تغییرات بررسی می‌گردد.

این مقاله در پنج بخش سامان‌دهی می‌شود: در ادامه، در بخش دوم، ادبیات پژوهش مرور می‌شود؛ بخش سوم به روش تحقیق و منابع آماری می‌پردازد؛ یافته‌های تحقیق به بخش چهارم اختصاص دارد و در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و پیشنهادها عرضه می‌شود.

۲. مروری بر ادبیات

- مبانی نظری

گسترش فعالیت‌های اقتصادی و از جمله توسعه تجارت خارجی به لحاظ مقادیر آب مورد نیاز در تولید محصولات مختلف سبب شد کشورهای بسیاری که از منابع آبی چندانی برخوردار نیستند، با مشکلات بیشتری روبرو شوند. با وجود

¹ Foreign Trade

² Virtual Water Trade Balance

³ Water-Saving Products

⁴ Water-Based Products

⁵ Structural Decomposition Analysis (SDA)

ثابت بودن حجم کل آب در جهان، عده‌ای مشکل کمبود آب در دهه‌های آتی را مسئله جدی بشریت می‌دانند و خطر بروز جنگ بر سر دسترسی به منابع آبی را اجتناب‌ناپذیر پیش‌بینی می‌کنند (رحیمی آشتیانی، ۱۳۹۷).

باین‌حال، تجارت خارجی از جهات مختلف می‌تواند سبب مصرف بهینه آب مجازی در کشورها شود. از طرفی، رقابت بین کشورها سبب می‌شود تا کشورهایی که با کمبود آب روبرو هستند، به دلیل گرانی آب در این کشورها، در تولید محصولات آب‌بر قدرت رقابت کمتری داشته باشند؛ در نتیجه، واردکننده محصولات آب‌بر می‌شوند. در مقابل، توان تولیدی این کشورها در تولید محصولات آب‌اندوز متمرکز می‌گردد که خود به خود یک توزیع مجدد پنهان آب بین کشورهای پرآب و کم‌آب صورت می‌پذیرد. به این ترتیب، تجارت خارجی می‌تواند مشکل کم‌آبی کشورهای کم‌آب را تا حدی کمتر نماید (چاپاگین و هوکسترا^۱، ۲۰۰۳ و یانگ و زندر^۲، ۲۰۰۷).

شرکت در تجارت خارجی، مستلزم استفاده از فناوری نو در فرایند تولید است. از طرفی، افزایش تخصص کشورها در تولید کالاهای صادراتی، انگیزه برای سرمایه‌گذاری در صنایع مرتبط با آن محصولات در مراحل مختلف تولید را افزایش می‌دهد. نو شدن صنایع معمولاً با بهبود مصرف منابع کمیاب مانند آب همراه است. این امر سبب می‌شود با افزایش بهره‌وری آب، کشورهای تولیدکننده به سمت مصرف بهینه آب در تولید حرکت کنند.

علاوه بر این، تجارت خارجی به سبب افزایش تقاضا، معمولاً موجب انجام تولید در مقیاس وسیع می‌گردد. انجام تولید در مقیاس وسیع امکان استفاده از صرفه‌جویی‌های حاصل از بازده نسبت به مقیاس را فراهم می‌سازد. به این ترتیب، گسترش تجارت خارجی می‌تواند موجب صرفه‌جویی در هزینه مصرف آب در مراحل مختلف تولید شود.

در جمع‌بندی کلی، تجارت خارجی با تخصصی کردن تولیدات کشورها سبب تغییر در ساختار محصولات مبادله شده و ورود آب مجازی به کشورهای کم‌آب را فراهم می‌سازد (زندر، یانگ و شرتنلیب^۳، ۲۰۰۳ و دابروسکی، مورای، اشتون و لینر^۴، ۲۰۰۹). از طرف دیگر، رقابت بین کشورها در تجارت و افزایش تقاضا سبب نوسازی صنایع و انجام تولید در مقیاس وسیع‌تر می‌شود. این عوامل، سبب تغییر در ساختار تولید در جهت صرفه‌جویی در مصرف آب در مراحل مختلف تولید می‌گردد.

- پیشینه تجربی پژوهش

تحقیقات زیادی به بررسی مقادیر مبادله آب مجازی و تراز تجاری پرداخته‌اند. بیشتر تحقیقات آب مجازی با وجود این‌که برای مقاصد مختلفی انجام شده‌اند، تراز تجاری آب را به صورت مقطعی تجزیه و تحلیل کرده‌اند. بریندها^۵ (۲۰۱۹) واردات آب مجازی را به هند و ژانگ و آنادون^۶ (۲۰۱۴) مصرف آب مجازی در تجارت داخلی چین را محاسبه کرده‌اند. چن و چن^۷ (۲۰۱۳) ردپای آب مجازی ۱۱۲ کشور جهان را محاسبه کرده‌اند. فنگ، چاپالین، سوه،

¹ Chapagain & Hoekstra

² Yang & Zehnder

³ Zender, Yang & Schertenleib

⁴ Dabrowski, Murray, Ashton & Leaner

⁵ Brindha

⁶ Zhang & Anadon

⁷ Chen & Chen

پفیستر و هوبسک^۱ (۲۰۱۱) تراز آب مجازی در تجارت مناطق مختلف چین را بررسی کرده‌اند. همچنین، هوکسترا و هانگ^۲ (۲۰۰۲) و چا‌پاگین و هوکسترا (۲۰۰۳) در پژوهش‌های خود صادرات آب مجازی کشورهای مختلف را محاسبه کردند.

در ایران هم تحقیقات مشابهی صورت گرفته است. راسخی و کریمی (۱۴۰۱) تجارت آب مجازی ایران با کشورهای مستقل مشترک‌المنافع را برآورد کرده‌اند. قاسمی‌پور، ترحمی، پاهلو و ملک‌ساداتی و عباسی^۳ (۲۰۲۰) هم تراز تجارت آب مجازی مناطق مختلف و کل کشور را بررسی کردند. کیانی (۱۳۹۷) مبادله آب مجازی بین استان‌های ایران را در تجارت داخلی و بین‌المللی محاسبه نموده است. عابدی (۱۳۹۵) در پژوهش خود صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی استان زنجان را برآورد کرده است. تهامی‌پور، صلاح و عرب‌مازار (۱۳۹۴) تراز تجاری آب مجازی استان گیلان را به تفکیک بخش‌های مختلف اقتصادی محاسبه کرده‌اند. بابازاده و سرائی تبریزی (۱۳۹۱) واردات آب مجازی در استان هرمزگان را بررسی نموده‌اند.

درمقابل، دسته دیگری از تحقیقات، تغییرات در تراز تجارت آب مجازی را بررسی کرده‌اند. این تحقیقات روش‌های مختلفی را مورد استفاده قرار داده‌اند. الامری و رید^۴ (۲۰۱۹) تجارت آب مجازی عربستان سعودی را در دوره ۲۰۱۶-۲۰۰۰ با استفاده از روش تعادل جزئی برآورد کرده‌اند. کیانی قلعه‌سرد، مهدویان و نوربخش (۱۳۹۴) روند صادرات آب مجازی ایران را در دوره ۱۳۹۰-۱۳۹۷ با استفاده از مدل ریاضی شبکه استنتاجی عصبی فازی (انفیس) پیش‌بینی کرده‌اند. رنجبر و فتوکیان (۱۳۹۴) روند صادرات، واردات و تراز تجارت آب مجازی ایران برای بیست محصولی که بیشترین صادرات و واردات را در دوره ۲۰۰۷-۲۰۱۱ داشته‌اند با بهره‌بردن از روش تعادل جزئی محاسبه کرده‌اند. محمدی (۱۳۹۱) تاثیر آزادسازی و عدم آزادسازی تجارت خارجی بر تجارت آب مجازی استان فارس را با استفاده از مدل بهینه‌یابی ریاضی طی دوره ۱۳۸۶-۱۳۸۷ بررسی کرده است.

در میان پژوهش‌های مرتبط، تعدادی از تحقیقات هم با استفاده از روش داده-ستانده (که امکان مطالعه در سطح بخش‌های تولیدی را فراهم می‌سازد) انجام شده است. چن، وو، لئی و لی^۵ (۲۰۱۸) تغییرات صادرات و واردات و تجارت آب مجازی چین را در دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۲ با استفاده از مدل داده-ستانده به تفکیک بخش‌ها و کشورهای مختلف بررسی کردند. تیان^۶ و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل داده-ستانده، تجارت آب مجازی چین را در دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۹ در سطح ملی و بخش‌های تولیدی محاسبه کرده‌اند. این تحقیقات با استفاده از جدول داده-ستانده واردات، صادرات و تراز تجاری آب مجازی به تفکیک کشورها و بخش‌های تولیدی را بدون محاسبه سهم عوامل مختلف محاسبه کرده‌اند. ترک زبان (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی عوامل موثر بر صادرات آب مجازی ایران با استفاده از رویکرد تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)^۷ پرداخت. این تحقیق عوامل موثر بر تغییرات در صادرات آب مجازی را در دوره ۱۳۸۵-۱۳۹۰ در سطح هفت بخش اقتصادی بررسی کرده است. برای این منظور، سهم سه عامل تغییرات فناوری، ساختار اقتصادی و در ارزش حجم صادرات بر صادرات آب مجازی را بررسی کرده است.

¹ Feng, Chapagain, Suh, Pfister & Hubacek

² Hoekstra and Hung

³ Qasemipour, Tarahomi, Pahlaw, Malek Sadati & Abbasi

⁴ Alamri & Reed

⁵ Chen, Wu, Lei & Li

⁶ Tian et al.

⁷ Structural Decomposition Analysis Approach (SDA)

تمایز این پژوهش در مقایسه با ادبیات مرتبط داخلی، مطالعه تجارت شامل واردات به تفکیک واسطه و نهایی، صادرات و تراز تجاری است. ویژگی دیگر، تجزیه عوامل تغییرات از سه عامل به شش عامل است که امکان مطالعه عوامل بیشتر را فراهم می‌سازد. ویژگی دیگر نیز مطالعه آن در ابعاد وسیع‌تر است که سبب ارتقای دقت محاسبات و ارائه اطلاعات بیشتر می‌شود. استفاده از آخرین جدول‌های آماری کشور هم ویژگی دیگر این تحقیق محسوب می‌گردد.

۳. روش پژوهش

– مدل تحقیق

برای بررسی تغییرات تراز تجارت آب مجازی از مدل داده-ستانده استفاده می‌شود. این مدل امکان بررسی همزمان تغییرات در ساختار تجارت و ساختار تولید را فراهم می‌سازد (لنزن و فورن^۱، ۲۰۰۱). برای این منظور، با استفاده از تحلیل تجزیه ساختاری، تغییرات در تراز تجارت آب مجازی در دوره مورد مطالعه به اجزای مختلف تقسیم و سهم هریک از اجزا در این تغییرات مشخص می‌شود.

روش تحلیل تجزیه ساختاری در تحقیقات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است. تجربیات اولیه در استفاده از این روش در کارهای فلدمن، مک‌کلین و پالمیر^۲ (۱۹۸۷) برای آمریکا و اسکولکا^۳ (۱۹۸۹) برای استرالیا دیده می‌شود. پس از آن، در مطالعات رز و کسلر^۴ (۱۹۹۶)، دایتزنباخر و اُس^۵ (۱۹۹۷ و ۱۹۹۸) مورد استفاده قرار گرفته است. امروزه، مطالعات نسبتاً فراوانی با استفاده از این روش در ایران و دیگر کشورها صورت می‌پذیرد.

برای حذف تغییرات قیمت در دوره مورد مطالعه، جدول سال ۱۳۹۰ با استفاده از شاخص قیمت ضمنی، به قیمت سال ۱۳۹۵ محاسبه می‌شود. برای این منظور، جهت بالاتر رفتن دقت محاسبات، با توجه به اطلاعات شاخص قیمت بخش‌ها، ابتدا جدول سال ۱۳۹۰ در بزرگترین ابعاد ممکن تجمیع می‌شود. در مرحله دوم، این جدول با روش تعدیل مضاعف، به قیمت سال ۱۳۹۵ تبدیل می‌شود. در ادامه، برای مقایسه جدول‌های مذکور با یکدیگر و استفاده از روش SDA، این جدول‌ها مجدداً در بالاترین ابعاد ممکن، همسان‌سازی می‌شوند.

به دلیل در دسترس نبودن قیمت واحد برای محاسبه آب مصرف‌شده در بخش‌های مختلف تولیدی، حجم آب مصرفی در بخش‌های تولیدی با توجه به حجم کلی آب مصرفی بخش‌ها براساس اطلاعات مندرج در سال‌نامه‌های آماری سال‌های مورد مطالعه و هزینه آب بخش‌های تولیدی در جدول مصرف محاسبه شده است. در ادامه، ابتدا شدت مصرف آب مجازی بخش‌های تولیدی تعیین می‌شود:

$$H_j = \frac{W_j}{Q_j} \quad (1)$$

در این رابطه، W_j و Q_j به ترتیب، حجم آب مصرفی و ارزش تولید حاصل در بخش j ، و H_j شدت مصرف آب را در این بخش نشان می‌دهد.

¹ Lenzen
² Feldman et al.
³ Skolka
⁴ Rose & Casler
⁵ Dietzenbacher & Los

شدت مصرف آب، عکس متوسط بهره‌وری جزئی آب را نشان می‌دهد. با پیش‌ضرب ماتریس قطری شدت مصرف مستقیم آب در معکوس ماتریس لئونتیف، ماتریس ضرایب فزاینده آب مجازی محاسبه می‌شود که افزون‌بر مصرف مستقیم، مصرف غیرمستقیم آب مورد نیاز برای تولید یک واحد کالای نهایی در بخش‌ها را نشان می‌دهد.

$$\beta = \hat{H}C \quad (2)$$

\hat{H} و C به ترتیب، ماتریس قطری شدت مصرف مستقیم آب بخش‌ها و معکوس ماتریس لئونتیف و β ماتریس ضرایب فزاینده آب مجازی می‌باشند. حال با استفاده از رابطه (۲) می‌توان آب مجازی صادرات، واردات و به‌دنبال آن، تراز تجارت خارجی آن را محاسبه کرد.

$$W^e = \beta E \quad (3)$$

$$W^{mf} = \beta M^f \quad (4)$$

E بردار ستونی صادرات، M^f بردار ستونی واردات نهایی، W^e بردار ستونی آب مجازی مصرف‌شده در تولیدات بخش‌های مختلف برای صادرات و W^{mf} بردار ستونی آب مجازی معاف‌شده بخش‌های تولیدی در اثر واردات کالاهای نهایی را نشان می‌دهند. برای محاسبه آب مجازی معاف‌شده در واردات واسطه‌ای، همان‌طوری‌که در بالا اشاره شده است، ابتدا با پیش‌ضرب ماتریس سهم بازار در ماتریس واردات واسطه‌ای، این ماتریس به صورت بخش در بخش درمی‌آید.

$$M^{is} = D \times U^m \quad (5)$$

M^{is} ماتریس واردات واسطه بخش در بخش است. M^{ic} با جمع سطری ماتریس واردات واسطه بخش در بخش به صورت بردار ستونی به دست می‌آید (رابطه ۶):

$$M^{ic} = M^{is} \times e^s \quad (6)$$

e^s بردار یکه ستونی متناسب با تعداد بخش‌های تولیدی است. حال با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده آب در بردار واردات واسطه، رابطه (۷) به دست می‌آید.

$$W^{mi} = \beta M^{ic} \quad (7)$$

W^{mi} ماتریس آب مجازی صرفه‌جویی‌شده در اثر واردات کالاهای واسطه‌ای است. کل آب مجازی معاف‌شده اقتصاد در اثر واردات محصولات واسطه‌ای و نهایی از رابطه (۸) حاصل می‌شود.

$$W^m = W^{mi} + W^{mf} \quad (8)$$

W^m کل آب مجازی معاف‌شده در اثر واردات را نشان می‌دهد. با کسر واردات آب مجازی از صادرات آن، تراز تجارت آب مجازی محاسبه می‌شود.

$$W^b = W^e - W^m \quad (9)$$

W^b تراز تجارت آب مجازی را نشان می‌دهد. برای محاسبه تغییرات در تراز تجارت آب مجازی (ΔW^b)، از رابطه (۱۰) استفاده می‌شود. برای این منظور، تراز تجارت آب مجازی در سال‌های مورد مطالعه محاسبه می‌گردد.

$$\Delta W^b = W_1^b - W_0^b \quad (10)$$

برای تعیین سهم عوامل مختلف در تغییرات تراز تجارت آب مجازی، تغییرات در این تراز به اجزای مختلف تجزیه می‌شود. برای این منظور، رابطه (۱) به همه بخش‌ها تعمیم داده می‌شود.

$$W^b = H \cdot T \quad (11)$$

T بردار ستونی تولیدات بخش‌ها برای تجارت را نشان می‌دهد. برای تعیین سهم عوامل مختلف در تغییرات تراز تجارت آب مجازی، ابتدا T به دو جزء تقسیم می‌شود که در مرحله بعد، هریک از اجزاء به عوامل دیگر تجزیه می‌گردد.

$$W^b = H \cdot T = H \cdot C \cdot Y = H \cdot Z \cdot L \cdot R \cdot U \cdot V \quad (۱۲)$$

در رابطه (۱۲)، Y بردار ستونی تراز تجارت کالاها و خدمات را نشان می‌دهد. بقیه اجزاء به شرح روابط (۱۳) تا (۱۸) هستند.

$$C = [c_{ij}] = L \cdot Z \quad (۱۳)$$

$$Z = [z_{ij}] \rightarrow z_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \quad (۱۴)$$

$$L = [l_{ii}] \rightarrow l_{ii} = \sum_{i=1}^n c_{ij} \quad (۱۵)$$

$$Y = R \cdot U \cdot V \quad (۱۶)$$

$$R = [r_{ij}] \rightarrow r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}} \quad (۱۷)$$

$$U = [u_j] \rightarrow u_j = \frac{\sum_{i=1}^n r_{ij}}{V} \quad (۱۸)$$

Z به سهم تولیدات بخش i در نهاده‌های داخلی مورد نیاز برای هر واحد از تولیدات نهایی بخش j (ساختار تولیدی) اشاره دارد. ماتریس قطری L ، شاخص ارتباطی کلی پسین^۱ بخش‌ها را نشان می‌دهد. R یک ماتریس $n \times m$ است که ساختار اجزای تجارت خارجی و m تعداد اجزای تجارت خارجی را نشان می‌دهد. r_{ij} عناصر R سهم کالاها و خدمات در هریک از اجزای تجارت خارجی یعنی واردات واسطه، واردات نهایی و صادرات هستند. U بردار $1 \times m$ سطری ترکیب تجارت خارجی است. u_j عناصر این بردار، سهم هر یک از اجزای تجارت خارجی به تراز تجارت خارجی را نشان می‌دهد. سرانجام، V ، نشان‌دهنده تراز تجاری است که یک اسکالر می‌باشد. رابطه (۱۲) با توجه به رابطه (۱۰) به صورت رابطه (۱۹) بازنویسی می‌شود.

$$\Delta W^b = W_1^b - W_0^b \quad (۱۹)$$

$$= H_1 \cdot Z_1 \cdot L_1 \cdot R_1 \cdot U_1 \cdot V_1 - H_0 \cdot Z_0 \cdot L_0 \cdot R_0 \cdot U_0 \cdot V_0$$

به این ترتیب، تفاضل تراز تجاری آب مجازی بخش‌های تولیدی در دو مقطع زمانی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. با تجزیه تراز بخش‌های تولیدی به عوامل تشکیل‌دهنده آن، سهم هریک از عوامل در تغییرات تراز تجاری آب مجازی بخش‌های اقتصادی محاسبه می‌شود.

$$\Delta W^b = H_1 \cdot T_1 - H_0 \cdot Q_0 \quad (۲۰)$$

$$= \Delta H \cdot Z_0 \cdot L_0 \cdot R_0 \cdot U_0 \cdot V_0 \quad (۲۱)$$

$$+ H_1 \cdot \Delta Z \cdot L_0 \cdot R_0 \cdot U_0 \cdot V_0 \quad (۲۲)$$

$$+ H_1 \cdot Z_1 \cdot \Delta L \cdot R_0 \cdot U_0 \cdot V_0 \quad (۲۳)$$

^۱ Total Backward Linkage

$$+ H_1 \cdot Z_1 \cdot L_1 \cdot \Delta R \cdot U_0 \cdot V_0 \quad (24)$$

$$+ H_1 \cdot Z_1 \cdot L_1 \cdot R_1 \cdot \Delta U \cdot V_0 \quad (25)$$

$$+ H_1 \cdot Z_1 \cdot L_1 \cdot R_1 \cdot U_1 \cdot \Delta V \quad (26)$$

در رابطه فوق، ΔH تغییرات در شدت مصرف آب یا ضریب مستقیم آب، ΔL تغییرات در میزان تحرک آفرینی کالاهای نهایی بخش‌ها در اقتصاد، ΔZ تغییرات در ساختار تولید، ΔR تغییرات در ساختار اجزای تجارت خارجی، ΔU تغییرات در ترکیب اجزای تجارت خارجی و ΔV نیز تغییرات در تراز بازرگانی را نشان می‌دهد.

به این ترتیب، عبارت (۲۱) سهم تغییرات در ضرایب مستقیم یا شدت مصرف آب، عبارت (۲۲) سهم تغییرات در میزان تحرک آفرینی کالاهای نهایی بخش‌های تولیدی، عبارت (۲۳) سهم تغییرات در ساختار تولید، عبارت (۲۴) سهم تغییرات در ساختار اجزای تجارت خارجی، عبارت (۲۵) سهم تغییرات در ترکیب تجارت خارجی و بالاخره، عبارت (۲۶) سهم تغییرات در تراز تجاری تغییرات تراز تجارت آب مجازی بخش‌های تولیدی را نشان می‌دهند.

از آنجا که کالاهای وارداتی در خارج از کشور تولید می‌شوند، آب مستقیم و غیرمستقیم مصرف‌شده در تولید این کالاها نیز در خارج از کشور به مصرف می‌رسند. به این ترتیب، کالاهای واسطه وارداتی باید در محاسبات آب مجازی مصرف‌شده در تولیدات بخش‌های اقتصادی کشور کنار گذاشته شوند؛ زیرا این اقلام از طریق ضرایب فنی و به دنبال آن معکوس ماتریس لئونتیف (C) و اجزای آن یعنی Z و L نتایج تحقیق را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به عبارت دیگر، در صورت نادیده گرفتن این مسئله و استفاده از جدول داده-ستانده مختلط (داخلی و وارداتی)، تغییرات در میزان تحرک آفرینی تولید کالاهای نهایی بخش‌های اقتصادی و تغییرات در ساختار تولید که به ترتیب، با استفاده از عبارات (۲۲) و (۲۳) محاسبه می‌شوند، می‌توانند به همراه تغییرات در واردات کالاهای واسطه‌ای به جواب گمراه‌کننده‌ای منجر شوند. با این حال، با خارج کردن واردات واسطه‌ای از ناحیه اول جدول داده-ستانده و داخلی کردن ناحیه اول، واردات واسطه‌ای به صورت سطری بعد از این ناحیه ظاهر می‌شود و در هزینه کل یا نهاده کل بخش‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند (جدول ۱).

جدول ۱. نمای کلی جدول داده-ستانده مورد استفاده

ستانده کل	واردات نهایی	اجزای تقاضای نهایی	تقاضای واسطه	مبادلات بخش‌های تولیدی داخلی
				هزینه واسطه
				واردات واسطه‌ای
				اجزای ارزش افزوده
				نهاده کل

عمده اطلاعات مورد استفاده این مقاله، از جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران (جدول داده - ستانده سال ۱۳۹۰، ۱۳۹۶) و جدول داده - ستانده سال ۱۳۹۵ بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران حاصل می‌شود (جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۵، ۱۴۰۱). این جداول، آخرین جداول آماری موجود در کشور هستند که امکان داخلی‌سازی آنها وجود دارد. برای تبدیل جدول ۱۳۹۰ به قیمت ۱۳۹۵، شاخص ضمنی قیمت بخش‌های تولیدی از تقسیم ارزش

تولیدات بخش‌ها به قیمت جاری به ارزش تولیدات آنها به قیمت سال ۱۳۹۵ محاسبه می‌گردد. اطلاعات آب مصرفی بخش‌های مختلف تولیدی هم به دلیل مشخص نبودن قیمت انواع آب در همه کشور، از سالنامه آماری این سال‌ها (سالنامه آماری سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ محاسبه می‌شود.

برای محاسبه جدول مقارن داخلی‌ای همانند جدول (۱)، با کسر ماتریس واردات واسطه‌ای بخش‌ها از جدول جذب، جدول جذب داخلی محاسبه می‌شود.

$$U^d = U^t - U^m \quad (27)$$

در این رابطه، U^d ماتریس جذب از منابع داخلی، U^t ماتریس جذب کل و U^m هم ماتریس محصول در فعالیت واردات واسطه‌ای هستند. در ادامه، ناحیه اول جدول فعالیت در فعالیت، با فرض تکنولوژی بخش که در مقایسه با تکنولوژی کالا و تکنولوژی مختلط، جواب‌های بهتری حاصل می‌کند، محاسبه می‌شود. برای این منظور، ابتدا ماتریس ضرایب فنی ماتریس جذب داخلی محاسبه می‌شود.

$$K = U^d \hat{Q}^{-1} \quad (28)$$

K ماتریس ضرایب فنی ماتریس جذب داخلی و \hat{Q}^{-1} معکوس ماتریس قطری تولیدات فعالیت‌های مختلف را نشان می‌دهد. سپس، ماتریس سهم بازار با استفاده از رابطه (۲۹) محاسبه می‌گردد.

$$D = M \hat{G}^{-1} \quad (29)$$

D ماتریس سهم بازار، M ماتریس ساخت و \hat{G}^{-1} معکوس ماتریس قطری تولیدات کالاها و خدمات مختلف است. پس از آن، با استفاده از رابطه (۳۰)، ماتریس ضرایب فنی مقارن محاسبه می‌شود:

$$A = DK \quad (30)$$

A ماتریس ضرایب فنی ماتریس داده-ستانده مقارن فعالیت در فعالیت را نشان می‌دهد. با پس‌ضرب ماتریس قطری تولید فعالیت‌های اقتصادی در ماتریس ضرایب فنی، ناحیه اول جدول مقارن فعالیت در فعالیت داخلی حاصل می‌شود.

$$X^d = A \hat{Q} \quad (31)$$

X^d ناحیه اول جدول فعالیت در فعالیت داخلی است. با پیش‌ضرب ماتریس سهم بازار در ماتریس اجزای تقاضای نهایی جدول مصرف، ناحیه دوم جدول مقارن فعالیت در فعالیت محاسبه می‌گردد.

$$F^s = DF^g \quad (32)$$

F^s ماتریس اجزای تقاضای نهایی جدول فعالیت در فعالیت و F^g ماتریس اجزای تقاضای نهایی برحسب کالاها و خدمات را نشان می‌دهد. برای محاسبه بردار ستونی واردات کالاها و خدمات نهایی جدول مقارن، ابتدا با استفاده از رابطه (۳۳)، بردار ستونی واردات واسطه برحسب فرآورده‌ها محاسبه می‌شود.

$$M^{ig} = U^m e^g \quad (33)$$

M^{ig} بردار ستونی واردات واسطه برحسب فرآورده و e^g بردار یکه ستونی متناسب با تعداد کالاها و خدمات است. با کسر بردار واسطه برحسب فرآورده از بردار واردات کل در ماتریس عرضه، بردار واردات نهایی برحسب فرآورده حاصل می‌شود.

$$M^{fg} = M^t - M^{ig} \quad (34)$$

M^{fg} بردار ستونی واردات نهایی برحسب کالا و خدمات، M^t بردار ستونی واردات کل و M^{ig} بردار ستونی واردات واسطه‌ای برحسب کالاها و خدمات است. با پیش‌ضرب ماتریس سهم بازار در M^{fg} ، بردار ستونی واردات نهایی برحسب کالا و خدمات، بردار ستونی واردات نهایی برحسب فعالیت محاسبه می‌شود:

$$M^{fs} = DM^{fg} \quad (35)$$

M^{fs} بردار ستونی واردات نهایی برحسب فعالیت‌ها است. رابطه (۳۶) بردار سطری واردات واسطه را محاسبه می‌کند.

$$M^{is} = e^g U^m \quad (36)$$

M^{is} بردار سطری واردات واسطه‌ای بخش‌های مختلف تولیدی و e^g بردار یکه سطری متناسب با تعداد کالاها و خدمات است. ناحیه سوم این جدول متقارن فعالیت در فعالیت هم تماماً از ناحیه سوم جدول مصرف گرفته می‌شود.

۴. برآورد مدل و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در وهله نخست، جدول داده-ستانده داخلی فعالیت در فعالیت سال‌های مورد مطالعه، با استفاده از جداول مصرف و عرضه این سال‌ها با فرض تکنولوژی بخش طراحی و تنظیم شد. مصرف آب سطحی و زیرسطحی بخش‌ها، با توجه به هزینه مصرفی آب‌ها در جدول جذب، محاسبه شد. برای محاسبه جدول سال ۱۳۹۰ به قیمت سال ۱۳۹۵، ابتدا جداول ۱۳۹۰ در ۷۸ بخش تجمیع شدند. در مرحله بعدی، جدول سال ۱۳۹۰ به قیمت سال ۱۳۹۵ محاسبه شد. با تقسیم آب مصرفی بخش‌ها در سال‌های مورد مطالعه به ارزش ستانده بخش‌ها در این سال‌ها، شدت مصرف آب در بخش‌های مختلف محاسبه گردید.

جدول (۲) مجموع صادرات و واردات محصولات در سال‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس نتایج جدول (۲) تراز تجاری کشور در هر دو سال مثبت بوده است. صادرات و واردات واسطه و نهایی محصولات هم در مدت مورد مطالعه افزایش نشان می‌دهند. باین‌حال، افزایش واردات بیشتر از افزایش صادرات بوده است که با ۱۶۱/۰۷ تریلیون ریال کاهش در تراز تجاری کشور، به تغییر تراز تجاری از ۵۰۷/۳۶ تریلیون ریال در سال ۱۳۹۰ به ۳۴۶/۲۹ تریلیون ریال در سال ۱۳۹۵ منجر شده است.

جدول ۲. صادرات و واردات محصولات تولید شده در بخش‌های مختلف به قیمت سال ۱۳۹۵

واحد: تریلیون ریال

تغییرات	۱۳۹۵	۱۳۹۰	اقلام مختلف
۴۱۱/۹۱	۳۰۰۸/۸۵	۲۵۹۷/۹۴	صادرات محصولات مختلف
۲۳۱/۷۰	۱۳۴۷/۲۲	۱۱۱۵/۵۲	واردات واسطه محصولات مختلف
۳۴۱/۲۸	۱۳۱۵/۳۳	۹۷۴/۰۶	واردات نهایی محصولات مختلف

تغییرات	۱۳۹۵	۱۳۹۰	اقلام مختلف
۵۷۲/۹۸	۲۶۶۲/۵۶	۲۰۸۹/۵۸	مجموع واردات
-۱۶۱/۰۷	۳۴۶/۲۹	۵۰۷/۳۶	تراز تجاری

منبع: یافته‌های تحقیق

تولیدات فعالیت‌های استخراج نفت خام و گاز طبیعی و تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی به ترتیب، بیشترین صادرات کشور در سال‌های مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳)؛ اما واردات کشور در مقایسه با صادرات آن تفاوت‌هایی دارد: اول، رتبه اول و دوم واردات که وابستگی کشور به محصولات خارجی را نشان می‌دهد، در سال‌های مورد مطالعه متفاوت است؛ دوم، اختلاف بین ارزش صادرات رتبه اول و دوم بسیار زیاد است؛ درحالی‌که این اختلاف در واردات بسیار کمتر است که سبب جابه‌جایی رتبه اول و دوم در دو سال مورد مطالعه شده است (جدول ۳). به این ترتیب، علی‌رغم وابستگی شدید اقتصاد به صادرات نفت، این وابستگی در قسمت واردات از شدت زیادی برخوردار نیست.

جدول ۳. صادرات و واردات محصولات فعالیت‌ها در سال‌های مورد مطالعه واحد: تریلیون ریال

رتبه	۱۳۹۵	رتبه	۱۳۹۰	فعالیت‌ها
۱	۱۲۸۰/۰۵	۱	۱۱۵۶/۲۹	الف- صادرات استخراج نفت خام و گاز طبیعی
۲	۳۴۲/۳۷	۲	۲۳۸/۷۱	تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی
۴	۱۸۰/۹۶	۱	۲۲۹/۷۳	ب- واردات تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر
۸	۱۱۲/۱۸	۲	۱۶۳/۷۳	تولید آهن و فولاد پایه
۱	۲۵۴/۵۳	۴	۱۵۶/۰۲	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
۲	۲۲۳/۸۹	۳	۱۶۱/۲۲	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۴) صادرات، واردات و تراز تجارت آب مجازی را نشان می‌دهد. براساس نتایج، حاصل از محاسبات، تراز تجارت آب مجازی کشور در سال‌های مورد مطالعه منفی است. به عبارت دیگر، کشور در این سال‌ها، واردکننده آب مجازی بوده است. با این حال، میزان این واردات در سال ۱۳۹۵ در مقایسه با سال ۱۳۹۰، ۹۰۷/۳۰ میلیون مترمکعب کاهش یافته است. علت این کاهش به صادرات و واردت آب مجازی به کشور برمی‌گردد. صادرات آب مجازی در سال ۱۳۹۵ در مقایسه با سال ۱۳۹۰ افزایش نشان می‌دهد. مجموع واردات آب مجازی در این سال‌ها هم، علی‌رغم کاهش واردات آب مجازی ناشی از واردات کالاهای واسطه‌ای، افزایش یافته است. با این حال، از آنجاکه میزان این

افزایش کمتر از افزایش صادرات آب مجازی بوده است، سبب کاهش واردات آب مجازی و مثبت شدن تغییرات تراز تجارت آب مجازی شده است.

جدول ۴. صادرات، واردات و تراز تجارت آب مجازی
واحد: میلیون مترمکعب

تغییرات	۱۳۹۵	۱۳۹۰	عنوان
۱۰۷۵/۸۱	۹۳۱۸/۸۷	۸۲۴۳/۰۶	صادرات آب مجازی
-۱۸۹۴/۰۷	۷۱۳۳/۸۰	۹۰۲۷/۸۷	واردات آب مجازی در اثر واردات محصولات واسطه‌ای
۲۰۶۲/۵۸	۹۰۴۸/۰۶	۶۹۸۵/۴۹	واردات آب مجازی در اثر واردات محصولات نهایی
۱۶۷/۵۱	۱۶۱۸۱/۸۶	۱۶۰۱۳/۳۶	مجموع واردات آب مجازی در اثر واردات
۹۰۷/۳۰	-۶۳۶۲/۰۰	-۷۷۷۰/۳۰	تراز تجارت آب مجازی

منبع: یافته‌های تحقیق

محصولات صادراتی کشور نقش متفاوتی در صادرات آب مجازی از کشور داشته‌اند. محصولات فعالیت‌های زراعی و باغی، با اختلاف بسیار زیاد، نسبت به دیگر فعالیت‌ها اولین صادرکننده آب مجازی در سال‌های مورد مطالعه بوده است. این درحالی است که به لحاظ ارزش صادرات در سال ۱۳۹۰، در رتبه هفتم و در سال ۱۳۹۵، در رتبه هشتم قرار داشته است. رتبه دوم صادرات آب مجازی در سال ۱۳۹۰ مربوط به فعالیت‌های عمده‌فروشی و خرده‌فروشی و در سال ۱۳۹۵ از آن فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران بوده است. ارزش صادرات خدمات فعالیت‌های عمده‌فروشی و خرده‌فروشی در سال ۱۳۹۰ در رتبه چهارم و ارزش صادرات فعالیت‌های خدماتی مربوط به غذا و آشامیدنی در سال ۱۳۹۵ در رتبه دوازدهم قرار داشت.

جدول ۵. صادرات و واردات آب مجازی فعالیت‌ها در سال‌های مورد مطالعه - واحد: میلیون مترمکعب

رتبه	۱۳۹۵	رتبه	۱۳۹۰	فعالیت‌ها
۱	۴۶۲۳/۳۳	۱	۴۸۰۲/۸۴	الف- صادرات کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
۵	۳۹۳/۶۲	۲	۱۰۶۵/۷۰	عمده‌فروشی و خرده‌فروشی
۲	۱۰۵۴/۶۸	۱۶	۳۸/۴۰	فعالیت‌های خدماتی مربوط به غذا و آشامیدنی
				ب- واردات
۱	۱۱۰۷۸/۴۳	۱	۱۱۵۴۱/۳۳	کاشت محصولات (زراعت و باغداری)
۴	۵۵۹/۳۰	۲	۱۰۶۸/۱۵	فعالیت‌های خدماتی مربوط به تامین جا
۲	۱۵۷۶/۶۸	۷	۱۴۱/۲۳	فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران

منبع: یافته‌های تحقیق

واردات آب مجازی ناشی از واردات محصولات زراعی و باغی با فاصله بسیار زیاد بیشترین مقدار را در سال‌های مورد مطالعه داشته است. پس از آن، فعالیت‌های خدماتی مربوط به تامین جا بیشترین واردات آب مجازی را داشته

است که این رتبه در سال ۱۳۹۵ از آن فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران بوده است (جدول ۵). نکته قابل توجه این است که محصولات زراعی و باغی، به دلیل شدت مصرف آب بالا، هم به لحاظ صادرات آب مجازی و هم به لحاظ واردات آب مجازی رتبه اول را در سال‌های مورد مطالعه داشته است.

تفاوت جایگاه ارزش صادرات و واردات محصولات فعالیت‌ها با جایگاه صادرات و واردات آب مجازی آن‌ها، تاحدی به ضریب فزاینده آب مجازی فعالیت‌ها مربوط می‌شود. برای این منظور ضریب همبستگی ارزش صادرات فعالیت‌ها با ضرایب فزاینده آب مجازی آن‌ها محاسبه شده است (جدول ۶). با توجه به نتایج محاسبات، ضرایب همبستگی صادرات بخش‌ها با ضرایب فزاینده آب مجازی آن‌ها در هر دو سال منفی است. به این ترتیب، محصولات آب‌برتر تا حدی کمتر صادر شده است. در مقابل، ضریب همبستگی واردات محصولات با ضرایب فزاینده آب مجازی آن‌ها مثبت است که نشان دهنده ارتباط نسبتاً همسو بین این دو متغیر است. با این حال، کم بودن این مقادیر، حاکی از توجه به عوامل دیگری نظیر سودآورتر بودن محصولات، دسترسی به سایر نهاده‌های واسطه و عوامل اولیه تولید است. افزون‌براین، مقدار این ضرایب در دوره مورد مطالعه به صفر نزدیک‌تر شده است، که نشان‌دهنده کاهش توجه به مسئله آب مجازی در تجارت بین‌الملل در دوره مورد بررسی است.

جدول ۶. ضرایب همبستگی صادرات و واردات محصولات با ضرایب فزاینده آب مجازی

۱۳۹۵	۱۳۹۰	فعالیت‌ها
-۰/۰۵	-۰/۰۶	ضریب همبستگی صادرات با ضرایب فزاینده آب مجازی محصولات
۰/۱۲	۰/۱۶	ضریب همبستگی واردات با ضرایب فزاینده آب مجازی محصولات

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۷ سهم عوامل مختلف در تغییرات تراز تجارت آب مجازی در سال‌های مورد مطالعه

واحد: میلیون مترمکعب

تغییرات	متغیر	عامل	تغییرات	متغیر	عامل
۶۹۳/۰۱	R	ساختار تجارت خارجی	۱۸۱۹/۷۵	H	شدت مصرف آب
-۵۴۹۰/۹۲	U	ترکیب اجزای تجارت خارجی	۹۱۷/۱۰	Z	ساختار تولید
۳۱۹۲/۱۵	V	تراز تجاری محصولات	-۲۲۳/۷۸	L	تحرك آفرینی کالاهای نهایی بخش‌ها

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۷) سهم عوامل مختلف در تغییرات تراز تجارت آب مجازی در جدول (۴) را - که ۹۰۷/۳۰ میلیون مترمکعب بوده است - نشان می‌دهد. تغییرات ناشی از تراز تجاری محصولات، شدت مصرف آب، ساختار تولید و ساختار تجارت خارجی به ترتیب، بیشترین اثر را در افزایش صادرات آب مجازی در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۹۰ داشته‌اند. در مقابل، تغییرات ناشی ترکیب اجزای تجارت خارجی و تحرك آفرینی کالاهای نهایی بخش‌ها، به ترتیب،

بیشترین عامل افزایش واردات آب مجازی در سال‌های مورد مطالعه بوده‌اند. باین‌حال، تاثیر یک عامل در بعضی از فعالیت‌ها با تاثیر آن عامل در مجموع فعالیت‌ها متفاوت بوده است.^۱

جدول ۸. سهم فعالیت‌های حایز بیشترین تاثیرات بر تغییرات تراز تجارت آب مجازی واحد: میلیون مترمکعب

رتبه	تاثیر	فعالیت	رتبه	تاثیر	فعالیت
الف- شدت مصرف آب					
۱	-۴۹۹/۹۱	فعالیت‌های رستوران	۱	۱۹۶۴/۱	زراعت و باغداری
۲	-۱۱۱/۳۴	فعالیت‌های تامین جا	۲	۳۳۶/۴۷	حمل‌ونقل آبی
۳	-۱۱۱/۲۳	عمده‌فروشی و خرده‌فروشی	۳	۶۲/۱۷	ماهگیری و آبی‌پروری
ب- ساختار تولید					
۱	۲۹/۳۷-	حمل‌ونقل هوایی	۱	۴۸۱/۶۹	زراعت و باغداری
۲	-۱۲/۰۷	حمل‌ونقل از طریق لوله	۲	۲۰۴/۵۵	پرورش حیوانات
۳	-۱۱/۳۷	استخراج کانه‌های فلزی	۳	۱۲۲/۴۶	فعالیت‌های رستوران
ج- تحرک آفرینی کالاهای نهایی بخش‌ها					
۱	-۲۳۸/۰۷	زراعت و باغداری	۱	۴۷/۵۱	حمل‌ونقل آبی
۲	-۸۲/۶۰	فعالیت‌های رستوران	۲	۳۳/۷۶	حمل‌ونقل هوایی
۳	-۲۴/۴۳	فعالیت‌های تامین جا	۳	۱۵/۷۰	عمده‌فروشی و خرده‌فروشی
د- ساختار تجارت خارجی					
۱	-۲۷۳/۴۶	حمل‌ونقل آبی	۱	۵۵۳/۹۳	فعالیت‌های تامین جا
۲	-۷۴/۶۲	زراعت و باغداری	۲	۲۶۵/۲۸	فعالیت‌های رستوران
۳	-۲۵/۳۹	ماهگیری و آبی‌پروری	۳	۸۹/۸۵	پرورش حیوانات
ه- ترکیب اجزای تجارت خارجی					
۱	-۴۸۵۲/۱۵	زراعت و باغداری	۱	۱۹۴/۴۵	حمل‌ونقل آبی
۲	-۴۶۷/۲۱	فعالیت‌های رستوران	۲	۴۰/۶۷	تولید مواد و فرآورده‌های شیمیایی
۳	-۲۱۴/۳۴	فعالیت‌های تامین جا	۳	۳۳/۱۰	عمده‌فروشی و خرده‌فروشی
و- تراز تجاری					
۱	-۱۷۲/۱۷	حمل‌ونقل آبی	۱	۳۰۰۲/۴	زراعت و باغداری
۲	-۴۶/۳۲	تولید مواد و فرآورده‌های شیمیایی	۲	۲۴۲/۸۰	فعالیت‌های رستوران
۳	-۴۳/۵۹	عمده‌فروشی و خرده‌فروشی	۳	۱۴۱/۷۶	فعالیت‌های تامین جا

منبع: یافته‌های تحقیق

^۱ از آنجا که همه درایه‌های بردارها و ماتریس‌های روابط (۲۱ تا ۲۶) به‌استثنای درایه‌های بردار تراز تجاری و بردارها یا ماتریس‌های تغییرات آن‌ها همواره مثبت هستند، تاثیر کاهشی یا افزایشی داشتن فعالیت‌ها در عوامل مختلف، به وضعیت درایه‌های دو عامل تراز تجاری و بردارها یا ماتریس‌های تغییرات بستگی دارد.

محاسبات انجام شده با استفاده از رابطه (۲۱) سهم تغییرات در شدت مصرف آب در فعالیت‌های تولیدی را اندازه‌گیری می‌کند. نتایج این محاسبات نشان می‌دهد تغییرات در شدت مصرف آب محصولات زراعی و باغی سبب ۱۹۶۴/۱۲ میلیون مترمکعب افزایش در تراز تجارت آب مجازی کشور شده است که در مقایسه با دیگر فعالیت‌ها بیشترین اثر مثبت را داشته است (جدول ۸). گفتنی است که از یک طرف، شدت مصرف آب در فعالیت کاشت محصولات (زراعت و باغداری) از ۵۴/۵۳ در سال ۱۳۹۰ به ۳۸/۶۴ در سال ۱۳۹۵ کاهش یافت. از طرف دیگر، تراز تجاری محصولات تولیدشده در این فعالیت در سال ۱۳۹۰، ۹۰/۴۲- تریلیون ریال بوده است. در نتیجه، چون تراز تجاری برای محصولات این فعالیت منفی بوده است، کاهش شدت مصرف آب در سال ۱۳۹۵، به کاهش معافیت از مصرف آب در داخل یا کاهش واردات آب مجازی به کشور منجر شده است. واردات دو فعالیت بعدی هم تحت تاثیر این دو عامل، با فاصله زیاد در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

ستون‌های سمت چپ جدول (۸) فعالیت‌هایی را که به ترتیب، بیشترین افزایش در واردات آب مجازی در اثر تغییرات در شدت مصرف آب را داشته‌اند نشان می‌دهند. فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران با فاصله نسبتاً زیاد از دیگر فعالیت‌های بعدی قرار دارد. تراز تجارت خارجی محصولات این فعالیت در سال ۱۳۹۰، ۲۷/۲۲- تریلیون ریال بوده است. از طرف دیگر، شدت مصرف آب این فعالیت، از ۳/۵۱ متر مکعب به ازای هر میلیون ریال، در سال ۱۳۹۰ به ۲۰/۵۵ متر مکعب در سال ۱۳۹۵ رسید. در نتیجه این تغییرات، تراز تجارت آب مجازی کشور با ۴۹۹/۹۱ میلیون مترمکعب افزایش در واردات آب مجازی روبرو شد. تجارت محصولات تولید شده فعالیت‌های رتبه دوم و سوم هم تحت تاثیر این دو عامل به ترتیب، بیشترین واردات آب مجازی را در پی داشته‌اند.

تغییرات در ساختار تولید هم دیگر عامل موثر در کاهش واردات آب مجازی به کشور بوده است. در این راستا، فعالیت‌های کاشت محصولات (زراعت و باغداری)، پرورش حیوانات و فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران با توجه به تغییر در ترکیب نهاده‌های واسطه‌ای مورد استفاده در تولیدات و تراز تجارت خارجی، به ترتیب، بیشترین اثر مثبت را بر صادرات آب مجازی از کشور داشته‌اند (جدول ۸). در مقابل، خدمات حمل‌ونقل هوایی و حمل‌ونقل از طریق خطوط لوله و استخراج معادن فلزی به ترتیب، بیشترین تاثیر را بر افزایش واردات آب مجازی داشته‌اند.

جدول (۸) سهم تغییرات میزان تحرک‌آفرینی محصولات نهایی در تراز تجارت آب مجازی را نشان می‌دهد. همان‌طوری که در جدول (۷) نشان داده است، تغییرات در این عامل موجب افزایش واردات آب مجازی به کشور شده است. با این حال، تغییرات در این عامل در فعالیت‌های حمل‌ونقل آبی، حمل‌ونقل هوایی و عمده‌فروشی و خرده‌فروشی به ترتیب، بیشترین اثر مثبت را بر تراز تجارت آب مجازی کشور داشته‌اند؛ در حالی که تغییرات در تحرک‌آفرینی کالاهای نهایی فعالیت‌های کاشت محصولات (زراعت و باغداری)، فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران و فعالیت‌های خدماتی مربوط به تامین جا به ترتیب، بیشترین اثر را بر افزایش واردات آب مجازی در کشور داشته‌اند.

تغییرات در ساختار محصولات تجارت خارجی دیگر عامل موثر در تجارت آب مجازی است. تغییرات در این عامل، کمترین اثر مثبت را در تغییرات تراز تجارت آب مجازی در کشور داشته است. همان‌طوری که در جدول (۸) نشان داده شده است، تغییرات در سهم محصولات (ساختار تجارت خارجی) فعالیت‌های خدماتی مربوط به تامین جا، فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران و پرورش حیوانات در تجارت خارجی، به ترتیب، بیشترین اثر مثبت را بر تراز

تجارت آب مجازی داشته‌اند. درمقابل، تغییرات در سهم خدمات فعالیت‌های حمل‌ونقل آبی، کاشت محصولات (زراعت و باغداری) و ماهیگیری و آبی‌پروری در تجارت خارجی به ترتیب، بیشترین تاثیر را بر افزایش واردات آب مجازی به کشور داشته‌اند.

تغییرات در ترکیب اجزای تجارت خارجی، دیگر عامل موثر در تغییرات تراز تجارت آب مجازی است. تغییرات در این عامل، بیشترین تاثیر را بر افزایش واردات آب مجازی به کشور داشته است. با این حال، تغییر در ترکیب اجزای تجارت خارجی در فعالیت‌های حمل‌ونقل آبی، تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی و عمده‌فروشی و خرده‌فروشی در دوره مورد مطالعه، به ترتیب، سبب بیشترین افزایش در تراز تجارت آب مجازی کشور شده است. درمقابل، تغییرات در ترکیب اجزای تجارت خارجی فعالیت‌های کاشت محصولات (زراعت و باغداری)، فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران و فعالیت‌های خدماتی مربوط به تامین جا، به ترتیب، بیشترین تاثیر را در افزایش واردات آب مجازی به کشور داشته‌اند.

سرانجام، تغییرات در تراز تجارت خارجی محصولات فعالیت‌های مختلف، آخرین عامل مورد بررسی در این تحقیق است. تغییرات در این عامل بیشترین اثر مثبت را بر تراز تجارت آب مجازی داشته است. در همین راستا، تغییرات در تراز تجارت خارجی فعالیت‌های کاشت محصولات (زراعت و باغداری)، فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران و فعالیت‌های خدماتی مربوط به تامین جا، به ترتیب، بیشترین افزایش را در تراز تجارت آب مجازی داشته‌اند. درمقابل، تغییرات در تراز تجارت محصولات فعالیت‌های حمل‌ونقل آبی، تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی و عمده‌فروشی و خرده‌فروشی به ترتیب، بیشترین تاثیر را در افزایش واردات آب مجازی به کشور داشته‌اند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تجارت بین کشورها فرصتی است تا کشورهایی که با کمبود آب روبرو هستند، بتوانند با واردات محصولات آب‌بر و درمقابل صادرات محصولات آب‌اندوز مشکل کم‌آبی خود را تا حدی کاهش دهند. برای این منظور، کشورهایی که دسترسی بیشتری به آب دارند، به دلیل فراوانی و در پی آن ارزانی آب، می‌توانند در محصولات آب‌بر تخصص یابند. درمقابل، کشورهایی که با کمبود آب روبرو هستند، می‌توانند در تولید محصولاتی که در فرایند تولید به آب کمتری نیاز دارند، متمرکز شوند. با این حال، از آنجا که آب علی‌رغم اهمیت فراوان آن در زندگی انسان‌ها، یکی از عوامل تولید است، ممکن است در عمل، استثنائاتی هم دیده شود. برای این منظور، این مقاله، این مسئله را در دو مقطع زمانی بررسی کرده است که اول، تراز تجارت آب مجازی را در هر یک از مقاطع مشخص کند؛ دوم، روند اقتصاد کشور را در مدت مورد مطالعه بررسی نماید. علاوه بر این‌ها، عوامل تاثیرگذار در تراز تجارت آب مجازی را مشخص کند.

تراز تجاری کشور در سال‌های مورد مطالعه مثبت و صادرات و واردات آن با افزایش روبرو بوده‌اند. با این حال، به دلیل افزایش بیشتر واردات کشور در قیاس با صادرات آن، تراز تجاری کشور در دوره مورد مطالعه، کاهش یافته است. تولیدات فعالیت‌های استخراج نفت خام و گاز طبیعی با فاصله بسیار زیاد بیشترین صادرات کشور در سال‌های مورد مطالعه بوده است؛ درحالی‌که واردات کشور چنین وضعیتی وجود نداشته است.

برخلاف تراز تجارت خارجی محصولات، تراز تجارت خارجی آب مجازی کشور در سال‌های مورد مطالعه منفی بوده است که حاکی از واردات آب مجازی از ناحیه تجارت خارجی به کشور است. با این حال، مقدار واردات در سال

۱۳۹۵ در مقایسه با سال ۱۳۹۰ کاهش یافته است. به‌طور کلی، تغییرات در ترکیب اجزای تجارت خارجی و تغییرات در تحرک‌آفرینی کالاهای نهایی بخش‌ها به‌ترتیب، بیشترین افزایش در واردات آب مجازی به کشور را در پی داشته‌اند. در مقابل، تغییرات در تراز تجاری محصولات، شدت مصرف آب، ساختار تولید و ساختار تجارت خارجی به‌ترتیب، سبب بیشترین کاهش در واردات آب مجازی به کشور شده‌اند.

ضریب همبستگی صادرات محصولات فعالیت‌ها با ضرایب فزاینده آب مجازی آن‌ها در سال ۱۳۹۰، $0/06-$ و در سال ۱۳۹۵، $0/05-$ بوده است. به عبارت دیگر، فعالیت‌هایی که آب‌بری بیشتری داشته‌اند، صادرات نسبتاً کمتری داشته‌اند و بالعکس. در مقابل، ضریب همبستگی واردات فعالیت‌ها با ضرایب فزاینده آب مجازی آن‌ها در سال ۱۳۹۰، $0/16+$ و در سال ۱۳۹۵، $0/12+$ بوده است. به این ترتیب، محصولات فعالیت‌هایی که آب‌بری بیشتری داشته‌اند، محصولات آن‌ها نسبتاً بیشتر وارد شده است. با این حال، کم بودن این ضرایب همبستگی حاکی از توجه کمتر به میزان آب‌بری در تجارت خارجی محصولات است که کمتر شدن این ضرایب در سال ۱۳۹۵ در مقایسه با سال ۱۳۹۰، نشان‌دهنده کاهش حساسیت به این عامل در مدت مورد مطالعه است.

از بین ۷۸ فعالیت مورد مطالعه، فعالیت‌های کاشت محصولات (زراعت و باغداری) و فعالیت‌های خدماتی مربوط به رستوران در هر شش عامل مورد مطالعه، در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند. از سوی دیگر، ۵ عامل، رتبه‌های اول تا سوم را داشتند که حاکی از اهمیت آن‌ها در تجارت آب مجازی است. در حالی که بیش از ۶۰ فعالیت تولیدی دیگر، در تغییرات هیچ‌یک از عوامل به لحاظ تاثیر بر تراز تجارت آب مجازی در رتبه‌های اول تا سوم قرار نگرفته‌اند. به این ترتیب، برای کاهش کمبود آب در کشور لازم است تا ضرایب فزاینده آب محصولات صادراتی و وارداتی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. برای این منظور، باید اول با ارتقای تکنولوژی مورد استفاده در بخش‌های تولیدی، شدت مصرف آب بخش‌ها کاهش یابد؛ دوم اینکه ترکیب نهاده‌های مورد استفاده در بخش‌ها (ساختار تولید) در جهت کاهش مصرف آب حرکت نماید.

منابع

- بابازاده، حسین و سرائی‌تبریزی، مهدی (۱۳۹۱). ارزیابی وضعیت کشاورزی استان هرمزگان از دیدگاه آب مجازی. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶(۴)، ۴۹۹-۴۸۵.
- ترک‌زبان، بهزاد (۱۳۹۵). بررسی عوامل موثر بر صادرات آب مجازی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران با استفاده از رویکرد تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) براساس جداول داده-ستانده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی.
- تهامی‌پور، مرتضی، صلاح، عباس و عرب‌مازار، عباس (۱۳۹۴). الگوی تجارت آب مجازی در فعالیت‌های اقتصادی استان گیلان: کاربرد جدول داده-ستانده گسترش‌یافته. فصلنامه علوم محیطی، ۱۳(۳)، ۳۵-۵۰.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۱). جدول داده ستانده سال ۱۳۹۵. <https://www.cbi.ir/simplelist/2861.aspx>.
- راسخی، سعید و کریمی مائده (۱۴۰۱). تجارت آب مجازی ایران با کشورهای مستقل مشترک المنافع. مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۱(۴۲)، ۱۳۴-۱۰۹.
- رحیمی آشتیانی، دليلة (۱۳۹۷). جنگ آب در غرب آسیا؛ تخیل یا واقعیت؟ موسسه مطالعات و تحقیقات بین‌الملل، ابرار معاصر تهران، <https://tisri.org/?id=d0mxq18f>

- رنجبر، احسان و فتوکیان، محمد رضا (۱۳۹۴). بررسی روند صادرات و واردات آب مجازی در ایران، کنفرانس بین‌المللی علوم، مهندسی و فناوری محیط زیست، تهران: دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.
- سالنامه آماری سال ۱۳۹۵. (۱۳۹۷). مرکز آمار ایران،
<https://www.amar.org.ir/english/Iran-Statistical-Yearbook/Statistical-Yearbook-2016-2017>
- عابدی، سمانه و تهامی‌پور، مرتضی (۱۳۹۵). اندازه‌گیری و تحلیل تراز تجاری آب مجازی در بخش کشاورزی استان زنجان. *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۲(۴)، ۸۰۵-۸۰۴.
- کیانی، غلامحسین (۱۳۹۷). بررسی وضعیت تجارت داخلی و بین‌المللی آب مجازی در ایران. *علوم آب و خاک*، ۲۲(۱)، ۱۲۵-۱۱۵.
- کیانی‌قلعه‌سرد، سروش، مهدویان، سیدمحمدرضا و نوربخش، مهدی (۱۳۹۴). بررسی وضعیت حال و آینده صادرات آب مجازی در محصولات کشاورزی ایران. *مجموعه مقالات هشتمین کنگره پیشگامان پیشرفت*، ۸، ۳۴۹-۳۳۹.
<https://www.sid.ir/Fa/Seminar/ViewPaper.aspx?ID=56412>
- محمدی، حمید (۱۳۹۱). آثار آزادسازی تجارت بر رفاه مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی مبادله آب مجازی و پایداری منابع: مطالعه موردی در استان فارس. *اقتصاد کشاورزی*، ۶(۳)، ۱۷۶-۱۴۵.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۶). جدول داده ستانده سال ۱۳۹۰. قابل دسترس در وبسایت: <https://www.amar.org.ir>
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۱). سالنامه آماری سال ۱۳۹۰. قابل دسترس در وبسایت: <https://www.amar.org.ir>
- Alamri, Y., & Reed, M. (2019). Estimating virtual water trade in crops for Saudi Arabia. *American Journal of Water Resources*, 7(1): 16-22.
- 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.
- Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products, *Value of Water Research Report Series No. 13*, Institute of Water Education, UNESCO-IHE.
- 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.
- Chen, W., Wu, S., Lei, Y., & Li, S. (2018). Virtual water export and import in China's foreign trade: A quantification using input-output tables of China from 2000 to 2012. *Resources, Conservation and Recycling*, 132: 278-290.
- Dabrowski, J. M., Murray, K. Ashton, P. J., & Leaner, J. J. (2009). Agricultural impacts on water quality and implications for virtual water trading decisions. *Ecological Economics*, 68: 1074-1082.
- Dietzenbacher, E., & Los, B. (1997). Analyzing decomposition analyses. In András Simonovits and Albert E. Steenge (eds.), *Prices, growth and cycles*. London: Macmillan, 108-131.
- Dietzenbacher, E., & Los, B. (1998). Structural decomposition techniques: Sense and sensitivity. *Economic Systems Research*, 10(4): 307-323.
- Feldman, S. J., McClain D., & Palmer, K. (1987). Sources of structural change in the United States, 1963-78: An input-output perspective. *Review of Economics and Statistics*, 69(3): 503-510.
- 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.
- Hoekstra, A. Y. & Hung, P. Q. (2002). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report Series*, No. 11, IHE DELFT, the Netherland.
- Lenzen, M., & Foran, B. (2001). An input-output analysis of Australian water usage. *Water Policy*, 3(4): 321-340.
- 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.

- Rose, A., & Casler S. D. (1996). Input-output structural decomposition analysis: A critical appraisal. *Economic Systems Research*, 8(1): 33–62.
- Skolka J. R. (1989). Input-output structural decomposition analysis for Austria. *Journal of Policy Modeling*, 11(1): 45–66.
- Tian, X., Sarkis, J., Geng, Y., Qian, Y., Gao, C., Bleischwitz, R., & Xu, Y. (2018). Evolution of China's water footprint and virtual water trade: A global trade assessment. *Environment international*, 121(1): 178-188.
- Yang, H., & Zehnder, A. (2007). Virtual water: An unfolding concept in integrated water resources management. *Water Resources Research*, 43: 1-10.
- Zehnder, A. J. B., Yang, H. & Schertenleib, R. (2002). Water issues: The need for action at different levels. *Aquatic Sciences*, 65: 1-20.
- 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: 159-172.

