فصلنامهٔ اقتصاد و الگوسازی
دانشگاه شهید بهشتی، تابستان ۱۳۹۶

Quarterly Journal of Economics and Modelling
Shahid Beheshti University

ارزیابی تجارت محصولات صنعتی ایران با کشورهای مختلف از دیدگاه آب مجازی

مرتضی تهامی پور*، سحر دشتبان فاروجی، سمانه جواهردهی*****

تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۳/۲۳ تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۰۶/۰۶

چکیده

امروزه کشورهای کم آب در تعیین راهبردهای بلندمدت تولیدی خود به رویکرد تجارت آب مجازی توجه ویژه‌ای دارند. از این‌رو، هدف مطالعه حاضر تحلیل وضعیت آب مجازی در تجارت محصولات صنعتی با شرکای مختلف تجاری ایران است که از روش شاخص‌های فنی- پایه و داده‌های طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران برای دوره زمانی ۹۳-۱۳۹۰ استفاده شده است. در این راستا، با توجه به تعداد زیاد کشورهای شریک تجاری، ۲۰ کشور با سهم بالای ۹۵ درصدی در تجارت، انتخاب گردید و روند صادرات و واردات آب مجازی در مورد آن‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که روند خالص صادرات آب مجازی وضعیت مطلوبی را نشان نمی‌دهد. چنان‌که خالص صادرات آب مجازی از ۱۱۲- میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۰ به ۱۱۵ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۳ رسیده است. به بیان دیگر، بخش صنعت از واردکننده خالص آب مجازی به صادرکننده خالص آب تبدیل شده است. همچنین بیشترین صادرات و واردات آب مجازی به ترتیب با حجم ۱۱۹ و ۹۹ میلیون مترمکعب مربوط به کشور امارات متحده عربی و چین بوده است. اطلاعات حاصل شده براساس یافته‌های تحقیق می‌تواند برای اصلاح روابط و ترکیب تجاری محصولات صنعتی در راستای حفظ منابع آبی استفاده گردد.

کلیدواژه‌ها: *آب مجازی، محصولات صنعتی، ایران.*

طبقه‌بندی JEL : *F18, Q25*

---

* استادیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، m_tahami@sbu.ac.ir

** کارشناس ارشد اقتصاد دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، dashtban.sahar@yahoo.com

*** کارشناس ارشد اقتصاد دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، s.javaherdehi69@gmail.com

۱. مقدمه

طبق آمارهای هواشناسی، میانگین بارندگی در ایران ۲۵۲ میلیمتر در سال است، اما با این حال میانگین تبخیر در ایران ۱۷۹ میلیمتر (یعنی ۷۱ درصد بارندگی کشور) است. پراکنش مکانی و زمانی بارندگی‌ها نیز در کشور ایران بسیار نامناسب است؛ به گونه ای که ۷۰ درصد بارندگی‌ها در ۲۵ درصد از مساحت کشور واقع می‌شود و تنها یک درصد از مساحت کشور از بارندگی بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر برخوردار است. در حالی که بارش‌های جوی کشور سالانه حجم آبی معادل ۴۱۳ میلیارد متر مکعب برای کشور فراهم می‌کند که با ۱۳ میلیارد متر مکعب آب وارد شده به کشور توسط رودخانه‌های مرزی، این میزان به ۴۲۶ میلیارد متر مکعب افزایش می‌یابد؛ اما از این مقدار ۲۹۵ میلیارد متر مکعب مستقیماً تبخیر شده و از دسترس خارج می‌گردد (بیگ زاده و همکاران، ۱۳۸۸).

رویکرد تجارت آب مجازی[۱] به عنوان رویکردی که به نهاده آب در تولید و مصرف کالاهای مختلف اهمیت می‌دهد تقریباً دو دهه است که معرفی شده و مورد بحث قرار می‌گیرد. این رویکرد به این موضوع می‌پردازد که به ازای کالاهایی که تولید یا مصرف می‌شود چقدر منابع آب استفاده شده است. براساس این مفهوم، بحث تجارت آب مجازی اهمیت پیدا کرده و کشورها به این موضوع علاقمند شده‌اند که بدانند در تجارت کالاهای کشاورزی و صنعتی که انجام می‌دهند چه میزان آب صادر و یا چه میزان آب وارد می‌کنند؟ همچنین چقدر در تأمین امنیت غذایی و تولید کالاهای مورد نیاز داخلی خود به آب‌های داخل کشورشان متکی هستند؟ بنابراین، در پاسخ به سؤالات مذکور، تجارت آب مجازی به‌عنوان یکی از رویکردهای مدیریت منابع آب مورد پذیرش قرار گرفت و مطالعات در کشورهای زیادی به سمت محاسبه آب مجازی کالاهای تجارت شده سوق پیدا کرد.

---

[۱] Virtual Water

آب مجازی مقدار آبی است که یک کالا و یا یک فرآورده صنعتی و کشاورزی طی فرآیند تولید مصرف می‌کند تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان است. صفت مجازی در این تعریف به معنی آن است که بخش عمده آب مصرف شده طی فرایند تولید، در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد و در حقیقت بخش بسیار ناچیزی از آب مصرفی در پایان به عنوان آب واقعی در بافت محصول باقی خواهد ماند. انسان روزانه مقادیر زیادی آب را برای نوشیدن، پخت و پز و شستشو مصرف می‌کند. اما مقادیر مصارف غیرمستقیم آب برای تولید نیازهای بشر مانند مواد اولیه خوراکی، کاغذ، لباس و غیره بسیار بیشتر از مصارف مستقیم آن است.

اصطلاح آب مجازی برای اولین بار توسط آلن[۱] در سال ۱۹۹۳ میلادی مطرح شد. در این ارتباط، مقاله‌ای که پروفسور آلن در کنفرانس سالانه دانش در لندن ارائه کرد، به بحث پیرامون کمبود آب در خاورمیانه و مدیریت منابع برای عبور از بحران می‌پرداخت. در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ تحقیقاتی توسط شوروی سابق برای بررسی تعادل آب در جهان انجام شد. در این تحقیقات میزان در دسترس بودن آب و استفاده از آن نیز مورد اشاره قرار گرفته است (آلن، ۱۹۹۸). امروزه نیز مطالعات جدید و متنوعی درباره میزان آب مجازی مورد نیاز انواع کالاها در حال انجام است. به عنوان مثال براساس تحقیقاتی که در دانشگاه تونته[۲] در هلند انجام شده است، میزان آب مجازی مورد نیاز این کشور برای نوشیدن قهوه و چای توسط مردم هلند بررسی شده است. محاسبات این تحقیق براساس میزان مصرف آب برای تولید قهوه و چای در کشورهای اصلی صادرکننده این دو کالا انجام شده است. نتایج تحقیق آنها نشان داده است هزینه تامین آب یک فنجان قهوه و چای به ترتیب ۱۴۰ لیتر و ۳۴ لیتر است وکل آب مجازی در مصرف قهوه و

[۱] Allan

[۲] Twente

چای هلند در حدود ۲/۷ میلیارد مترمکعب در سال است. (هوکسترا و چاپگین[۱]، ۲۰۰۷). مطالعاتی نیز در موسسه ینسکو برای تعیین آب مصرفی[۲] برخی کالاهای اساسی انجام شده که براساس این مطالعات مقدار آب مصرفی برای تولید یک لباس از جنس کتان ۴۱۰۰ لیتر است (هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۵).

در نگاه جدید که نگاهی اقتصادی است، آب فقط شامل نیازهای آشامیدن و پخت غذا نیست بلکه آب مصرف شده در تمام کالاهای مورد نیاز را شامل می‌گردد. به عنوان مثال ۲ تا ۴ لیتر آب در روز برای نیازهای بیولوژیک انسان (آشامیدن) کافی است در حالی که ۱۰۰۰ مرتبه بیشتر فقط برای تولید غذا لازم است (هوکسترا، ۲۰۰۳). در کشورهای با درآمد کم و متوسط، ۱۰٪ آب در بخش صنعت، ۸٪ برای شرب و ۸۲٪ در بخش کشاورزی مصرف می‌شود در حالی که در کشورهای با درآمد بالا این اعداد به ترتیب ۳۰٪، ۱۱٪ و ۵۹٪ هستند. متوسط جهانی به این صورت است که سهم صنعت، شرب و کشاورزی به ترتیب ۲۲٪، ۸٪ و ۷۰٪ است و در ایران اعداد متناظر به ترتیب ۲٪، ۶٪ و ۹۲٪ هستند (بیگ زاده و همکاران، ۱۳۸۸). بر اساس برآوردهای انجام شده انتظار می‌رود مصرف جهانی آب در بخش صنعت از ۷۲۵ هزار مکعب در سال ۱۹۹۵ به ۱۱۷۰ هزار متر مکعب تا سال ۲۰۲۵ برسد. بیشترین افزایش مربوط به کشورهای در حال توسعه است که در حال حاضر به سرعت به سمت صنعتی شدن در حرکتند (همان، ۱۳۸۸). بنابراین، اگرچه در حال حاضر بخش کشاورزی مصرف کننده عمده آب کشور است (و از این رو تقریباً تمام مطالعات آب مجازی نیز در حیطه کشاورزی انجام شده است)، ولی بر اساس نسبت های جهانی، این انتظار وجود دارد که سهم بخش صنعت در آینده از مصرف آب افزایش یابد و لذا باید برای بهینه سازی مصرف آب در این بخش از هم اکنون برنامه‌ریزی و مطالعه انجام شود.

---

[۱] Hoekstra and Chapagain

[۲] UNESCO-IHE Institute for Water Education

بخش صنعت یکی از مصرف‌کنندگان منابع آب کشور است و بهینه‌سازی مصرف آب در این بخش، از مهم‌ترین اولویت‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد، تا علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، نیاز آبی صنایع در افق آینده نیز تأمین گردد. آب مورد نیاز صنایع در جهان در خلال قرن اخیر رشد بسیار زیادی داشته است، که دلیل آن بازدهی اقتصادی بسیار بالاتر آب مصرفی در صنعت نسبت به آب مصرفی در کشاورزی است (صغیر[۱]، ۲۰۰۰). در مقایسه‌های صورت گرفته، مشخص شده است که صنایع ۷ تا ۸ برابر آب کمتری نسبت به کشاورزی مصرف می‌نمایند، ولی سود خالص به دست آمده از این مقدار آب مصرفی ۴ تا ۲۰ برابر بیشتر از کشاورزی است (بیندرا و همکاران[۲]، ۲۰۰۳).

با توجه به مطالب بیان شده، سؤالات زیادی درخصوص نقش و جایگاه تجارت آب مجازی در مدیریت منابع آب بخش صنعتی کشور می‌تواند مطرح باشد. از جمله اینکه کشور چه پتانسیلی برای حفظ منابع آب‌های خود از طریق بهینه‌سازی تولید و تجارت بخش صنعت دارد؟ به بیان دیگر تا چه حد می‌توان از رویکرد تجارت آب مجازی برای کاهش اتلاف منابع آب و جلوگیری از بحران‌های آبی انتظار داشت؟ تجارت آب مجازی با چه کشورهای طرف تجاری مهم تر است و بطور کلی در مبادله کالاهای صنعتی با هر کشور در حال حاضر چه حجم آبی صادر و چه حجم آبی وارد می‌شود؟ ازاین‌رو، مطالعه حاضر با هدف پاسخگویی به این سوالات انجام شد تا نقش تجارت آب مجازی در مدیریت منابع آب در بخش صنعت را بررسی کند.

برای دستیابی به اهداف مطالعه، دوره زمانی ۹۳-۱۳۹۰ که اطلاعات کارگاههای صنعتی کشور در دسترس بوده است مورد توجه قرار گرفته است. در دوره مذکور، تجارت آب مجازی با روش شاخص های فنی- پایه برای ۲۳ کد دو رقمی صنعتی طبق

---

[۱] Saghir

[۲] Bindra et al.

طبقه بندی بین المللی فعالیت های صنعتی (ISIC) و به تفکیک ۲۰ کشور طرف تجاری واردات و ۲۰ کشور طرف تجاری صادرات که بیشتر از ۹۵ درصد حجم و ارزش کالاهای مبادله شده را پوشش داده اند، بررسی شده است.

ساختار مقاله به این صورت است که پس از مقدمه، ادبیات نظری و پیشینه تحقیق مرور می‌شود. سپس به بیان روش تحقیق و کشورها و کدهای صنعتی بررسی شده پرداخته می‌شود و در نهایت پس از ارائه نتایج بدست آمده، پیشنهادهای مستخرج از مطالعه برای کاربرد ابزار تجارت آب مجازی در مدیریت منابع آب در بخش صنعت ارائه شده است.

۲. ادبیات نظری و پیشینه تحقیق

آب مجازی که توسط تونی آلن در سال ۱۹۹۳ معرفی شد، نمایانگر جمع کل آب مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول (کالا)، با توجه به شرایط اقلیمی، مکانی، زمان تولید و راندمان است. حدود ۱۰ سال بعد، هاکسترا در سال ۲۰۰۳ مفهوم ردپای آب[۱] را مطرح کرد. ردپای آب، شاخصی برای نشان دادن حجمی از آب است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای تولید کالا و یا ارائه هر گونه خدمات به مصرف می‌رسد. آب مجازی تنها به حجم آب استفاده شده در تولید محصول اشاره دارد درحالی که ردپای آب علاوه بر حجم، به اینکه چه نوع آبی در آن محصول استفاده شده و کی و کجا استفاده شده است هم اشاره می‌کند.

آب مجازی میزان کل آبی است که بطور مستقیم یا غیرمستقیم در تولید یک واحد محصول بکار گرفته شده است. با توجه به این که آب به عنوان نهاده‌ای اولیه در تولید استفاده می‌شود، بسته به نوع تکنولوژی تولید، میزان مصرف آب متفاوت خواهد بود. برخی تکنولوژی ها آب‌بر و برخی دیگر آب‌اندوز هستند. چنانچه تکنولوژی تولید دارای

۱. Water Footprint

ساختاری آب‌بر باشد استفاده آب در تولید افزایش یافته و بهره‌وری آب را پایین خواهد آورد(احسانی و همکاران، ۱۳۸۲). بنابراین، بهره‌وری یا تولید متوسط آب (AP)[۱]، میزان تولید محصول به ازای مصرف هر واحد آب را نشان می‌دهد و با مفهوم آب مجازی رابطه عکس دارد. زیرا آب مجازی در واقع میزان استفاده از آب در هر واحد محصول است و تأکید مفهوم آب مجازی بر میزان استفاده از آب در فرآیند تولید است. در واقع از دیدگاه نظری، کاهش آب مجازی در محصولات صنعتی به معنی ارتقای بهره وری آب در آنها است.

مطالعات نشان می‌دهد که سیاست‌های استفاده از آب در سمت تقاضا[۲] کارا است ولی فشار به منابع آب همچنان بالا است. از این‌رو نیاز به دستکاری‌هایی برای تغییر تخصیص آب وجود دارد که فشار به منابع آبی را کاهش دهد. از این‌رو محققان سعی دارند با به کارگیری مفهوم تجارت و مزیت نسبی و تفاوت هزینه فرصت منابع آبی متفاوت در تغییر الگوی تجارت کالاهای آب‌بر گام بردارند (موباکو و همکاران، ۲۰۱۳)[۳]. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعات مختلفی به بررسی تجارت آب مجازی در محصولات صنعتی پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

ژائو[۴] (۲۰۱۰) به بررسی ردپای آب در چین برای سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ و در بخشهای صنعتی شامل معدن‌کاری، پردازش مواد غذایی و تنباکو، نساجی و چرم وسایر محصولات فیبر، الوار و محصولات کاغذی، پردازش نفت و پخت و پز، مواد شیمیایی، محصولات معدنی غیر فلزی، محصولات فلزی دستگاه ها و تجهیزات، برق و گاز و تولید آب، ساخت و ساز، عمده فروشی و خرده فروشی و حمل ونقل پرداخته است. مطالعه مذکور با بررسی تجارت آب مجازی نشان داده است ردپای آب در این سه

---

[۱] Average product

[۲] Demand-Oriented

[۳] Mubako et al

[۴] Zhao et al.

سال به ترتیب برابر ۴۶/۵۷، ۴۴/۵۲ و ۴۲/۷۱ میلیون مترمکعب است و کشور چین در تمام بخش‌های اقتصادی صادرکننده خالص آب مجازی است.

فنگ[۱] (۲۰۱۱) به بررسی الگوی تجارت آب مجازی در چین برای سال ۲۰۰۷ در ۴۸ بخش که شامل ۵ بخش کشاورزی، ۲۹ بخش صنعت و ۱۴ بخش خدمات است، پرداخته است. رودخانه زرد را براساس ویژگی‌های متفاوت منابع آبی، ساختار اقتصادی، درآمد خانوار به سه منطقه فوقانی، میانی و پایینی تقسیم کرده و با بکارگیری جدول داده-ستانده چندمنطقه ای به بررسی الگوی تجارت آب مجازی به تفکیک آب سبز و آبی و همچنین خانوار شهری و روستایی پرداختند. نتیجه این مطالعه حاکی از این بوده که مناطق مورد مطالعه، صادرکننده اب مجازی هستند و تولیدات خارج از این منطقه به منابع آب رودخانه زرد فشار می‌آورد. ردپای آب برای خانوارهای شهری (بیش از ۴۰۰ مترمکعب/ شخص) بیش از دو برابر ردپای آب برای خانوارهای روستایی (کمتر از ۲۰۰ مترمکعب/ شخص) است.

همچنین ردپای آب شهر پکن در چارچوب یک جدول داده-ستانده بین منطقه ای با تمرکز بر روی منابع آبی و مصرف آب توسط ژانگ و همکاران[۲] (۲۰۱۱)، ارزیابی شد. ارتباط درونی منابع آبی بین پکن و سایر استان‌های چین با ویژگی‌های بخشی تحلیل شده که نتایج آن نشان می‌دهد، ردپای کل آب پکن یک میلیون مترمکعب در سال معادل ۵۱ درصد ردپای آب خارجی به دست آمده از طریق واردات آب مجازی است. بخش کشاورزی معادل ۵۶ درصد منابع خارجی، بیشترین ردپای آب را دارد. در این ارتباط، در مطالعه دیگری در سه ایالات نیوجرسی، میرلند و دل‌اویر که براساس حجم تجارت آب مجازی کالاهای تولیدی و مصرفی توسط وانگ و همکاران[۳] (۲۰۱۵) انجام شده است، مشخص شد از طریق مدیریت تجارت آب مجازی، مصرف آب تا حدود ۳۵

[۱] Feng et al.

[۲] Zhang et al.

[۳] Wang et al.

درصد کاهش خواهد یافت.

حسن[۱] و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تجارت آب مجازی در محصولات صنعتی برای ۶۷ بخش صنعتی از جمله محصولات توتون و تنباکو، موتورسیکلت، سنگ معدن فلزی، نوشیدنی غیرالکلی و ... در ۱۰ کشور آمریکا، کانادا، روسیه، استرالیا، چین، مکزیک، اسپانیا، هلند، عربستان و آفریقای جنوبی پرداخته‌اند. هدف از مطالعه مذکور، بررسی میزان تجارت در محصولات صنعتی (معادن و تولید) بین مالزی و دیگر کشورها است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که مالزی صادرکننده آب مجازی در محصولات صنعتی است و تجارت محصولات صنعتی با کشور مالزی، با کشورهای کم‌آبی از جمله استرالیا، چین و هلند سودمند است و همچنین صنایعی مانند مواد غذایی، محصولات چوبی و محصولات لاستیکی به ازای هر واحد تولید به آب بیشتری نسبت به صنایعی مانند محصولات الکتریکی و الکترونیکی، ماشین آلات و تجهیزات ماشین آلات و تجهیزات حمل و نقل نیاز دارند. جریان آب مجازی از عربستان به مالزی ۴۴/۹ میلیون مترمکعب و جریان آب مجازی از مالزی به عربستان ۲/۴ میلیون مترمکعب است.

براساس یافته‌های گردُن و راکسترم[۲] (۲۰۰۱)، برای تولید کل محصولات کشاورزی در جهان سالیانه ۵۴۰۰ میلیارد متر مکعب آب مصرف می‌شود. با توجه به این رقم، حدود ۱۳ درصد از کل آب مورد استفاده برای تولید محصولات کشاورزی در جهان جهت مصرف داخلی نیست، بلکه برای صادرات به صورت مجازی است. آشوک و همکاران[۳] (۲۰۰۶) ارزیابی‌ای از جریان آب مجازی بین کشورها، برای تجزیه و تحلیل تجارت محصولات کشاورزی و صنعتی در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۷ انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد که ۱۶ درصد از مصرف آب جهانی برای تولید محصولاتی است که مصرف

---

[۱] Hassan et al.

[۲] Gordon and Rockstorm

[۳]. Chapagaina and Hoekstra

داخلی دارند، یعنی برای ساخت محصولات جهت صادرات، مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. همچنین بزرگترین جریان تجارت آب مجازی بین مناطق مختلف، مربوط به تجارت محصولات کشاورزی است.

به منظور بررسی اهمیت آب سبز در تجارت آب مجازی، آلدایا و همکاران[۱] (۲۰۰۸) مطالعه ای در طی سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۰ انجام داده‌اند. نتیجه کار این پژوهشگران این بوده است که بیشترین سهم آب مجازی گندم، ذرت و سویا مربوط به آب سبز که به‌طور دیم کشت و از ایالات متحده، کانادا، استرالیا و آرژانتین صادر می‌شوند. مطابق با تحقیق این پژوهشگران آب سبز در تامین امنیت غذایی و کاهش تنش و بحران آبی در جهان بیشترین سهم را داراست. در همین راستا، جانا و همکاران[۲] (۲۰۱۵) با استفاده از رویکرد تحلیل تجارت آب مجازی ارتباط بین تجارت کشاورزی، مواد غذایی جهانی، ساختار آن و جریان آب مجازی در دوره ۲۰۱۱-۱۹۸۶ را مورد بررسی قرار دادند. به طور خاص، برای پنج منطقه جهان (آفریقا، آسیا، آمریکای جنوبی، امریکای شمالی و اروپا) نرخ رشد ارزش تجارت بین مناطق و حجم آب مجازی، سهم گروه‌های مختلف محصول از تجارت و راندمان مصرف آب اقتصادی برای واردات و صادرات محاسبه شد. یافته های آنها نشان می‌دهد که در طول زمان ارزش تجارت به طور کلی با سرعت بیشتری نسبت به حجم آب مجازی افزایش یافته است. در آفریقا و جنوب امریکا صادرات آب مجازی تقریبا از سال ۱۹۸۶ چهار برابر شد. در تمام مناطق کالاهای اساسی و محصولات صنعتی، بزرگترین سهم را در تجارت آب مجازی تشکیل می‌دهند.

مطالعات داخلی معدودی در ارتباط با بررسی تجارت آب مجازی در بخش صنعت وجود دارد. از جمله اینکه بانویی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه ای تحت عنوان به کارگیری تکنیک داده- ستانده برای محاسبه ردپای آب در ایران، با استفاده از روش

---

[۱] Aldaya et al.

[۲] Schwarz et.al.

داده ستانده و جدول تجمیع شده ۸ بخشی (کشاورزی، معدن، صنایع وابسته به کشاورزی، سایر صنایع، برق و گاز، آب، ساختمان و خدمات) سال ۱۳۹۰ ردپای آب ۸ بخش مورد نظر را محاسبه و نتیجه گرفته‌اند که ایران دارای تراز تجاری مثبت آب مجازی حدود ۵/۲ میلیون مترمکعب و ردپای آب سرانه در ایران بالاتر از میانگین جهانی است. نتیجه اول بر خلاف ادعای هوکسترا و چاپاگین (۲۰۰۷) است که ایران را وارد کننده خالص آب مجازی می‌دانند.

تفضلی (۱۳۹۳) در مطالعه خود با استفاده از الگوی داده- ستانده ردپای آب در سطح بخش‌های اقتصادی را مورد مطالعه قرار داده است. در این مطالعه از جدول داده- ستانده سال ۱۳۸۵ که به هنگام‌شده جدول سال ۱۳۸۰ است، استفاده شده و نتایج بیانگر این هستند که ایران در سال ۱۳۸۵ صادرکننده خالص آب مجازی است، که مغایر با نظریه هکچر- اوهلین در تجارت بین الملل است. براساس نتایج به دست آمده در سطح بخش‌های مختلف، زیربخش‌های بخش کشاورزی حدود ۶۷ درصد از ردپای آب کل اقتصاد کشور را به خود اختصاص داده است. همچنین زیربخش‌های صنعت حدود ۱۶ درصد و سایر بخش‌ها ۱۷ درصد ردپای آب کل کشور را به اختصاص داده‌اند.

در مطالعه دیگری، الگوی تجارت آب مجازی در فعالیت‌های اقتصادی استان گیلان، توسط تهامی‌پور و همکاران(۱۳۹۴) بررسی شد. این محققین از روش جدول داده- ستانده گسترش یافته میزان آب مصرفی مستقیم کل، به تفکیک ۴۰ رشته فعالیت اقتصادی در سطح استان گیلان را محاسبه نمودند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استان گیلان به ترتیب با خالص صادرات ۶۳۶ و۸۱۱ میلیون متر مکعب آب در سطح کل فعالیت‌های اقتصادی و بخش کشاورزی، صادرکننده خالص آب مجازی بوده است. درحالیکه این استان در بخش صنعت وارد کننده خالص آب مجازی بوده است. علاوه بر این، تهامی پور و قربانی(۱۳۹۵) مطالعه ی با عنوان اندازه‌گیری و تحلیل جایگاه تجارت آب مجازی در بخش صنعت و معدن انجام دادند. در این مطالعه، از آمارهای دوره زمانی

۹۲- ۱۳۸۷ و روش رهیافت شاخص‌های فنی- پایه برای اندازه‌گیری آب مجازی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که کشور ایران در بخش صنعت واردکننده خالص و در بخش معدن صادرکننده خالص آب مجازی است. همچنین به این نتیجه دست یافتند که در بخش معدن بیشترین حجم صادرات و واردات آب مجازی مربوط به گروه استخراج سنگ‌های فلزی و در بخش صنعت ارقام متناظر مربوط به صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی است.

بیگ‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی آب مجازی در صنایع ایران با مطالعه موردی شهرک صنعتی خمین پرداخته‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد آب مجازی روغن صنعتی بیشترین و آب مجازی تولید ویفر کمترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین مصرف ۵ واحد صنعتی مورد بررسی به وضوح افزایش یافته است. مصرف سال ۱۳۸۸ دو واحد صفر بوده که دلیل آن به احتمال زیاد تعطیلی واحد بوده است. از بین ۱۰ واحد صنعتی بررسی شده تنها ۳ واحد کاهش نسبی مصرف داشته‌اند که ۳۰ درصد کل واحدها را تشکیل می‌دهند. شکاری و کوکبی‌نژاد مقدم (۱۳۸۹) نیز به بررسی مدیریت بهینه منابع آب با اصلاح الگوی مصرف آب مجازی در صنعت پرداخته‌اند. در این مطالعه، مصارف آب در ۲۴۲ واحد کارخانجات (از میان ۳۰۰ کارخانه فعال) شهرستان اردبیل، نیر و نمین مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان آب مجازی در بخش صنایع دارویی و بعد به ترتیب در صنایع نساجی و صنایع سلولزی است. همچنین صنایع غذایی جزو صنایع پرمصرف با میزان بهره‌وری کم قرار دارد و صنایع برق و الکترونیک جزو صنایع کم مصرف با میزان بهره‌وری بالا است. در مطالعه ای دیگر که با هدف بررسی میزان سازگاری ایران با برنامه‌ریزی پیرامون آب مجازی توسط باغستانی وهمکاران(۱۳۸۹) انجام شد، آن‌ها به محاسبه میزان آب در محصولات عمده وارداتی و صادراتی کشارزی برای سال‌های حد فاصل ۱۳۸۵-۱۳۷۵ پرداختند و نشان دادند که ایران در طی سال‌ها همواره واردکننده خالص آب مجازی

بوده است. روش محاسبه آب مجازی در مطالعه مذکور، به کارگیری فرمول‌هی پایه برای محصولات کشاورزی است که تحت عنوان محاسبه تقاضای آب ویژه برای هر محصول با استفاده از فرمول پنمن-مانتیث[۱] برآورد شده است. محصولات صادراتی مورد بررسی این مطالعه ۹۳/۷ درصد از کل ارزش صادراتی محصولات کشاورزی و محصولات وارداتی ۷۲/۲ درصد از کل ارزش محصولات وارداتی کشاورزی را شامل می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که محصولات عمده صادراتی به طور متوسط تقاضای ویزه آب بیشتری در مقایسه با محصولات وارداتی کشاورزی داشته‌اند.

با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان این گونه جمع بندی کرد که در زمینه تجارت آب مجازی در بخش صنعت کشور مطالعات بسیار محدودی انجام شده است و تاکنون در هیچ مطالعه‌ای در داخل کشور، وضعیت تجارت آب مجازی صنعتی با کشورهای طرف تجاری در صادرات و واردات به تفکیک کدهای ISIC صنعتی بررسی نشده است. بنابراین انجام این مهم که در مطالعه حاضر مدنظر قرار گرفته است، مطالعه جدیدی بوده و بر اساس نتایج بدست آمده، می‌توان با به کارگیری مفهوم آب مجازی و با توجه به نقش نهاده آب در تولید، اصلاحاتی در ترکیب فعالیت‌های مصرف‌کننده آب و نحوه تخصیص آب بین فعالیت‌ها و محصولات به‌وجود آورد که به کاهش اتلاف منابع آب و افزایش راندمان آب منجر شود. بدین ترتیب مفهوم آب مجازی و به کارگیری اصول اقتصادی در تجارت آن می‌تواند سرآغاز روندی نو در شکل‌دهی سیاست‌های اقتصادی دولت برای تخصیص این منبع کمیاب و مدیریت شوک‌های کم‌آبی و خشکسالی در جهت استفاده پایدار از آب با توجه به ظرفیت کشور باشد.

---

[۱] Penmen-monteith

۳. روش تحقیق

برای محاسبه آب مجازی دو رهیافت کلی در مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است که شامل رهیافت تعادل فراگیر استفاده از جدول داده- ستانده و رهیافت فنی- پایه هستند (تهامی پور و همکاران، ۱۳۹۴).

در رهیافت تعادل فراگیر استفاده از جدول داده-ستانده با توجه به این که بخش‌های مختلف و رشته فعالیت‌های اقتصادی با یکدیگر رابطه‌ای بسیار گسترده‌ای دارند و هر فعالیت اقتصادی نیاز به بکارگیری نهاده‌ها از سایر بخش‌ها و فعالیت‌های اقتصادی دارد، نیاز است که جریان آب مجازی در یک تعادل فراگیر در کل اقتصاد دیده شود و روابط بین بخش‌های اقتصادی مد نظر قرار گیرد و هر فعالیت نه به شکل یک جزیره منفرد بلکه جزایری مرتبط در محاسبه نقش داشته باشند.

هر بخش از اقتصاد برای تولید کالای خود به مقداری استفاده از آب به عنوان نهاده اولیه نیاز دارد. این استفاده را استفاده مستقیم آب [۱]می‌نامند. دیگر نهاده‌های هر بخش نیز یا به صورت اولیه است مانند نیروی کار یا از تولید دیگر بخش‌ها(به عنوان کالای واسطه‌ای) تأمین می‌گردد. از آنجا که بخش‌ها دیگر نیز برای تولید خود نهاده آب را به کار گرفته‌اند، مجموع آب استفاده شده برای کالای واسطه‌ای که به بخش مورد نظر به عنوان نهاده وارد می‌شود آب غیرمستقیم[۲] گفته می‌شود. مجموع دو آب مستقیم و غیر مستقیم در واقع کل آب استفاده شده برای تولید کالا و خدمات در بخش مورد نظر است که آب مجازی نامیده می‌شود. در این روش ابتدا شدت استفاده از آب (آب مستقیم) محاسبه می‌شود.

برای هر بخش از اقتصاد می‌توان میزان آب مستقیم را با روش‌های پایه‌ای و یا آماری می‌توان محاسبه و برآورد کرد. به این ترتیب که با در دست داشتن میزان کل

---

[۱] Direct Water

[۲] Indirect Water

تولید(TP_j) و آب استفاده شده(W_j) آن بخش(آب مستقیم) می‌توان شاخصی به نام شدت استفاده از آب(f_j) که در واقع ضریب فنی آب در جدول داده - ستانده است را تعریف و محاسبه کرد:

$$f_i = \frac{w_j}{TP_j} \qquad (۱)$$

سپس به محاسبه آب غیرمستقیم و جریان آب مجازی پرداخته می‌شود. از آن جا که آب غیر مستقیم ورودی به هر بخش در واقع قسمتی (مجموع وزنی) از آب مستقیم دیگر بخش‌ها است، می‌توان از این ایده استفاده کرد به این شکل که با بدست آوردن ماتریس میزان استفاده مستقیم آب در بخش های اقتصاد و استفاده از ضریب تکاثری برای مشخص کردن و وزن استفاده دیگر بخش‌ها از آب مستقیم آن بخش به عنوان آب غیر مستقیم در دیگر بخش را بدست آورد که برای این منظور از ماتریس لئونتیف استفاده می‌شود. به این ترتیب که ابتدا f_j ماتریس ضرایب فنی آب استفاده شده مستقیم را بدست آورده(با استفاده از آمارهای موجود و روش‌های مذکور) و آنگاه از(I-A)$^{-1}$ به عنوان ضریب تکاثر کل اقتصاد برای وزن‌دهی و محاسبه کل آب استفاده شده برای تولید هر واحد کالا و خدمات در اقتصاد استفاده می‌شود.

$$f_j^t = f_j^d + \sum_{i=1}^{n} a_{ij} f_j^t \qquad (۲)$$

$$f_t = f_j + f_t \times A$$

$$f_t - f_t \times A = f_j$$

$$f_t(I-A) = f_j$$

$$f_t = f_j(I-A)^{-1}$$

j فعالیت اقتصادی مورد نظر است. n تعداد فعالیت‌های اقتصادی اقتصاد است. d اشاره به میزان آب مستقیم دارد. t اشاره به میزان آب کل(مجموع آب غیرمستقیم و مستقیم)

دارد. i نماینده رشته فعالیت های اقتصادی است. عنصرi ام از کل f_t بردار ضـریب مقـدار کل(مستقیم و غیر مستقیم) آب در هر واحد استفاده نهایی از کـالا بخـش iام اسـت. بـا ضرب کردن این ماتریس که میزان کل آب استفاده شـده در هـر واحـد تولیـد را نشـان می‌دهد در میزان تولید می‌توان به مقدار تجارت آب مجازی دست یافت. پـس مـی‌تـوان مقدار خالص صادرات آب مجازی را برای یک منطقه بدست آورد.

$$v_{vw}=f_t c \qquad (۳)$$

که در آن v_{vw} میزان جریان[۱] آب مجازی خالص صـادرات اسـت. c جملـه جریـان پـولی تجارت داخلی و خارجی بین منطقه‌ای را نمایندگی می‌کند که تفاضـل میـزان واردات از صادرات ($Y_E - Y_M$) بدست می‌آید. از آنجا کـه "خـالص صـادرات" اسـتفاده نهـایی از محصولات است، ضریب تکاثر[۲] عنصر iام f_t و عنصر iام از c را می‌دهد که مقدار کل آب گنجانده شده است در تجارت منطقه است.

رهیافت دوم رهیافت فنی – پایه است. در این رهیافـت، بـرای محاسـبه آب مجـازی مصرفی محصولات صنعتی، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$SWD_i = PW_i / Y_i \qquad (۴)$$

در رابطه فوق، SWD_i متوسط آب مصرفی ویژه[۳] کالا یا کد صنعتی (یـا معـدنی) iام بر حسب متر مکعب بر تن، PW_i آب خریداری یا مصرف شده توسط واحد صـنعتی iام بر حسب متر مکعب و Y_i مقدار تولید کد صنعتی iام بر حسب تن است.

با محاسبه SWD_i طبق رابطه (۴)، برای کلیه کدهای صنعتی مورد مطالعه، شاخص آب مصرفی هر تن کالای صنعتی iام بر حسب متر مکعب قابل محاسبه است:

$$TSWD_i = SWD_i \times TP_i \qquad (۵)$$

---

[۱] Flow Volume

[۲] Multiplication

[۳] Specific Water Demand

که در آن، TP_i نمایانگر وزن تولید هر کد یا کالا است. $TSWD_i$ بیانگر کل آبی است که باید مصرف شود تا یک تن محصول iام تولید شود و به آن آب مصرفی پایه هر واحد کالای iام اطلاق می‌شود. به منظور تعیین مقدار آب مجازی که از کشور صادر شده (WFP_{ex}) رابطه زیر به کار گرفته می‌شود:

$$WFP_{ex} = \sum_{i=1}^{n} SWD_i \, EX_i \qquad (۶)$$

در این رابطه، WFP_{ex} شاخص پایه آب مصرفی کل محصولات صنعتی صادراتی بر حسب مترمکعب و EXi کل صادرات محصول iام است. برای تعیین مقدار آب مجازی وارداتی نیز WFP_{im} بطور مشابه به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$WFP_{im} = \sum_{i=1}^{n} SWD_i . IM_i \qquad (۷)$$

در رابطه فوق، IM_i نشان‌دهنده کل واردات محصول iام است. همچنین WFP_{im} آب مصرفی پایه وارداتی است و کل آب مجازی وارداتی ناشی از واردات محصولات صنعتی را نشان می‌دهد. برای تعیین وضعیت کشور از لحاظ تراز خارجی تجارت آب مجازی(TVW_T)، از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

$$TVW_T = WFP_{ex} - WFP_{im} \qquad (۸)$$

بدیهی است که حاصل رابطه (۸) بسته به شرایط سال مورد بررسی ممکن است مثبت، منفی و یا صفر باشد. چنانچه حاصل رابطه فوق منفی باشد به این معنی است که واردات آب مجازی بیشتر از صادرات آن بوده و بخش صنعت کشور در سال مورد بررسی، واردکننده خالص آب مجازی است.

در مجموع، در رهیافت تعادل فراگیر جدول داده - ستانده با توجه به این که بخش‌های مختلف و رشته فعالیت‌های اقتصادی با یکدیگر ارتباط بسیار گسترده‌ای دارند و هر فعالیت اقتصادی نیازمند به‌کارگیری نهاده‌ها از سایر بخش‌ها و فعالیت‌های

اقتصادی است، جریان آب مجازی در یک تعادل فراگیر در کل اقتصاد دیده می‌شود و روابط بین بخش‌های اقتصادی مد نظر قرار می‌گیرد. در حالیکه در رهیافت فنی – پایه با تحلیل مفهوم آب مجازی و به‌کارگیری روابط فنی و فیزیکی، فرمولهایی برای محاسبه آب مجازی به تفکیک نوع محصول صنعتی معرفی شده است. بنابراین، با توجه به اهداف مطالعه و داده های در دسترس، به منظور تعیین صادرات و واردات آب مجازی به تفکیک فعالیتهای صنعتی و کشورهای مختلف در این مطالعه از روش شاخص های فنی-پایه استفاده می‌گردد. از جمله مطالعاتی که از رهیافت فنی – پایه استفاده نموده‌اند می‌توان به آلدیا و همکاران (۲۰۰۸)، نووو و همکاران (۲۰۰۹) و چاپگین و همکاران (۲۰۰۶) اشاره نمود.

دوره زمانی مطالعه سال‌های ۹۳-۱۳۹۰ است. اطلاعات مورد نیاز در مورد حجم و ارزش صادرات و واردات کالاهای صنعتی از سالنامه آمار بازرگانی خارجی جمهوری اسلامی ایران و اطلاعات مورد نیاز در مورد مصرف آب و ارزش تولید کالاهای صنعتی از طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران بدست آمده است. در جدول (۱)، لیست کدهای صنعتی دو رقمی مورد بررسی بر اساس طبقه بندی ISIC ارائه شده است.

جدول (۱). کدهای صنعتی دو رقمی مورد بررسی بر اساس طبقه بندی ISIC

کد ISIC	نام صنعت	کد ISIC	نام صنعت
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۲۷	تولید فلزات اساسی
۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو	۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی
۱۷	تولید منسوجات	۲۹	تولید ماشین آلات و تجهیزات
۱۸	تولید پوشاک	۳۰	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر
۱۹	دباغی و عمل آوردن چرم	۳۱	تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال برق

۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی	۳۲	تولید رادیو و تلویزون
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۳۳	تولید ابزار پزشکی و اپتیکی و....
۲۲	انتشار و چاپ و تکثیر	۳۴	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر
۲۳	تولید زغال کک و پالایشگاه‌ها	۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل
۲۴	تولید مواد و محصولات شیمیایی	۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۳۷	صنایع متفرقه (بازیافت)
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی		

منبع: مرکز آمار ایران.

انتخاب کشورها جهت انجام تجارت، بر اساس سهمی که در صادرات و واردات دارند صورت گرفته است، به این ترتیب که ابتدا متوسط سهم ۱۵۷ کشور طرف تجارت ایران در مورد کالاهای صنعتی برای سالهای دوره بررسی محاسبه گردید. در نهایت ۲۰ کشور با تاکید بر کشورهای همسایه که در مجموع حداقل ۹۵ درصد از صادرات و واردات را پوشش دهند، انتخاب شدند. کشورهای انتخاب شده برای بررسی واردات آب مجازی شامل افغانستان، آذربایجان، آلمان، امارات متحده عربی، انگلستان، برزیل، پاکستان، چین، روسیه، سنگاپور، سوئیس، عراق، قبرس، قزاقستان، هلند، هند، ارمنستان، ترکیه، ترکمنستان و کره جنوبی هستند. کشورهای انتخاب شده برای بررسی صادرات آب مجازی نیز شامل افغانستان، آذربایجان، کویت، امارات متحده عربی، عربستان سعودی، سوریه، پاکستان، چین، روسیه، مصر، تاجیکستان، عراق، عمان، قزاقستان، قطر، هند، ارمنستان، ترکیه، ترکمنستان و کره جنوبی هستند.

در مورد استخراج اطلاعات ذکر این نکته لازم است که دسته بندی کالاهای قابل تجارت در گمرگ (کد تعرفه مربوط به حجم و ارزش صادرات و واردات کالاها) شامل طبقه بندی مختلفی از جمله بر حسب تعرفه، کشور، کشور- تعرفه، گمرک، گمرک- تعرفه، گمرک- کشور- تعرفه و ماه- تعرفه است. در این پژوهش از اطلاعات دسته بندی

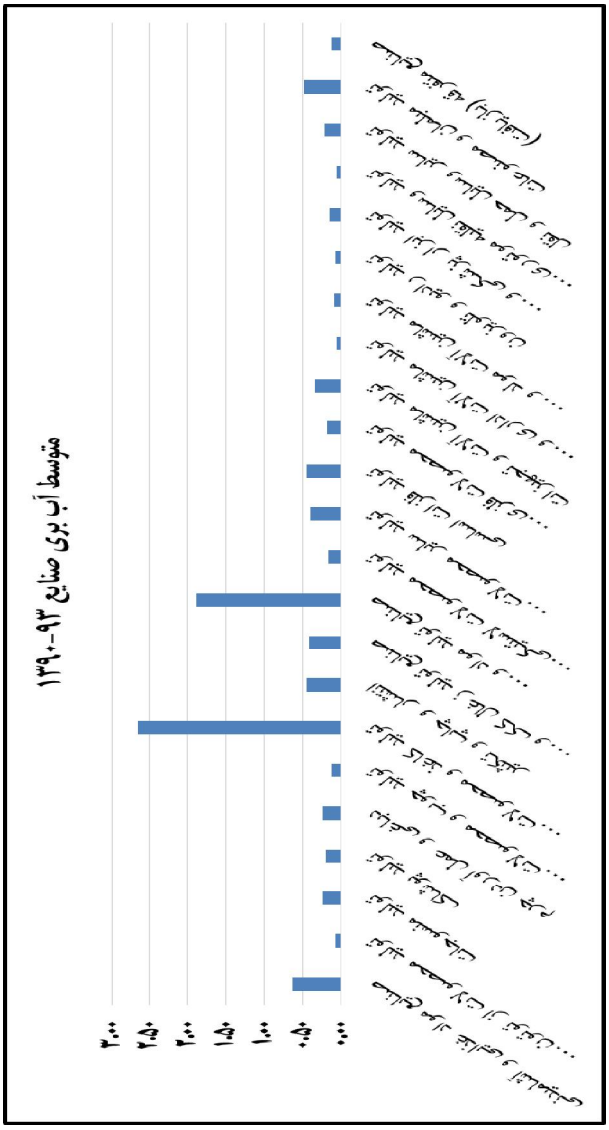
کشور- تعرفه استفاده شده است تا صادرات و واردات کالاهای صنعتی به تفکیک مقاصد صادراتی و وارداتی مشخص شود. اما بخش دیگری از اطلاعات کالاهای صنعتی که از طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی مرکز آمار ایران بدست آمده است (شامل تعداد کارگاه، تعداد شاغلان، ارزش افزوده و ارزش تولید) بر طبق کدهای ISIC است. بنابراین در مطالعه حاضر، این دو دسته بندی مورد تطبیق قرار گفته و کدهای متناظر تعرفه گمرکی متناظر با کدهای ISIC دو رقمی انتخاب شده است.

در این ارتباط لازم به توضیح است که کتاب مقررات صادرات و واردات دارای ۲۱ قسمت و ۹۸ فصل است که در هر فصل کد تعرفه و نوع محصول مشخص شده است. کدهای آیسیک مربوط به بخش صنعت نیز همانطور که ذکر شد، از ۱۵ تا ۳۷ است. انطباق کدهای تعرفه با کدهای آیسیک براساس نوع محصول صورت گرفته است. برای مثال کد ISIC ۲۵ مربوط به تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی است که با کد تعرفه ۳۹ طبق کتاب مقررات صاردات و واردات منطبق است. برای مثال کد آیسیک ۲۵ مربوط به تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی است که با کد تعرفه ۳۹ طبق کتاب مقررات صادرات و واردات منطبق است. در حالیکه کد آیسیک ۱۵ مربوط به صنایع مواد غذایی و آشامیدنی است که با کدهای تعرفه ۱۵،۱۷،۱۸،۱۹،۲۰،۲۱،۲۲،۳۵ طبق کتاب مقررات صادرات و واردات منطبق است.

۴. نتایج و بحث

آب یکی از نهاده های مهم در تولید محصولات صنعتی است و نقش های متفاوتی دارد. به عنوان مثال نقش تولیدی (در مورد صنایع غذایی و آشامیدنی)، نقش انتقال مواد اولیه (در صنایع قند و ذوب آهن)، نقش آبکشی و شستشو (در صنایع آبکاری و داروسازی) و نقش های دیگری مانند تولید انرژی و انتقال حرارات. بر این اساس، میزان مصرف آب در کدهای صنعتی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارد. نمودار (۱)،

متوسط آب مصرفی ویژه (آب مصرف شده به ازای واحد تولید) بـرای دوره ۹۳-۱۳۹۰ را برای کدهای صنعتی مختلف مورد مقایسه قرار داده است.



نمودار (۱). مقایسه آب بری رشته فعالیت‌های صنعتی مختلف در طول دوره ۹۳-۱۳۹۰

(مترمکعب بر میلیون ریال)

منبع: یافته‌های پژوهش.

همان طور که ملاحظه می‌گردد، بیشترین مصرف آب به ازای ارزش واحد تولید به ترتیب متعلق به صنایع تولید کاغذ، صنایع تولید محصولات شیمیایی و صنایع مواد غذایی و آشامیدنی است. البته آب بری صنایع در طول زمان دارای نوسانات زیادی بوده است ولی می‌توان این گونه بیان کرد که بطور متوسط برای دوره ۹۳-۱۳۹۰ در مجموع همه صنایع، به ازای هر میلیون ریال ارزش ستانده کالاهای صنعتی، ۰/۴۲ مترمکعب آب مصرف شده است. با توجه به روش شناسی ارائه شده و آب مصرفی ویژه فوق الذکر، حجم آب مجازی وارد شده و صادر شده به تفکیک کدهای دو رقمی ISIC و به تفکیک سال‌های ۹۳-۱۳۹۰ محاسبه گردید که جداول (۲) و (۳) نتایج آن را نشان می‌دهد.

جدول (۲). متوسط آب مجازی وارداتی به تفکیک کدهای صنعتی طی دوره ۹۳-۱۳۹۰

(میلیون مترمکعب)

کد	نام صنعت	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	متوسط
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۲۴.۱	۵۰.۷	۳۹.۱	۳۳.۰	۳۶.۷
۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو	۰.۳	۰.۲	۰.۳	۰.۰	۰.۲
۱۷	تولید منسوجات	۳.۴	۴.۲	۳.۶	۴.۴	۳.۹
۱۸	تولید پوشاک	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۱۹	دباغی و عمل آوردن چرم	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۱	۰.۱
۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی	۱.۵	۱.۵	۲.۴	۸.۰	۳.۴
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۴۸.۶	۶۵.۲	۴۶.۰	۴۱.۱	۵۰.۲
۲۲	انتشار و چاپ و تکثیر	۰.۲	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۱
۲۳	صنایع تولید زغال کک و پالایشگاه ها	۰.۴	۵.۷	۴.۹	۲.۷	۳.۴
۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۲۹.۱	۴۸.۷	۲۵۲.۲	۲۴۵.۱	۱۴۳.۸
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۴.۶	۴.۳	۴.۴	۵.۲	۴.۶

کد	نام صنعت	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	متوسط
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	۳.۳	۲.۸	۳.۰	۳.۵	۳.۱
۲۷	تولید فلزات اساسی	۳۰.۴	۹۶.۸	۲۸.۴	۲۱.۲	۴۴.۲
۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی	۰.۱	۰.۳	۰.۳	۰.۷	۰.۴
۲۹	تولید ماشین آلات و تجهیزات	۵۹.۶	۴۵.۶	۱۴.۰	۲۷.۴	۳۶.۷
۳۰	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۳۱	تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق	۱۶.۵	۴.۹	۶.۰	۶.۵	۸.۵
۳۲	تولید رادیو و تلویزون	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۳۳	تولید ابزار پزشکی و اپتیکی و....	۱.۵	۱.۷	۳.۰	۵.۳	۲.۹
۳۴	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر	۰.۷	۱.۲	۴.۱	۴.۴	۲.۶
۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل	۲.۵	۰.۵	۱.۴	۱.۳	۱.۴
۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات	۱.۳	۴.۲	۰.۸	۱.۳	۱.۹
۳۷	صنایع متفرقه (بایافت)	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
	جمع	۲۲۸.۲	۳۳۸.۶	۴۱۳.۹	۴۱۱.۴	۳۴۸.۰

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول (۲) نشان می‌دهد که صنایع تولید مواد و محصولات شیمایی در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ نسبت به دو سال قبل رشد قابل توجهی در واردات آب مجازی داشته است و در مجموع بطور متوسط در طول دوره ۹۳-۱۳۹۰ حدود ۴۱ درصد حجم واردات آب مجازی صنعت را به خود اختصاص داده است. صنایع تولید کاغذ و محصولات کاغذی، تولید فلزات اساسی، تولید ماشین آلات و تجهیزات و صنایع مواد غذایی و آشامیدنی به ترتیب رتبه های بعدی را در واردات آب مجازی بخش صنعت داشته اند. نکته قابل توجه آن است که حجم آب مجازی وارد شده در صنایع مهم مذکور در طول دوره مورد بررسی دارای نوسانات قابل توجهی است که عمدتاً ناشی نوسانات حجم آب مصرفی در این سال‌ها است.

جدول (۳). متوسط آب مجازی صادراتی به تفکیک کدهای صنعتی طی دوره ۹۳-۱۳۹۰

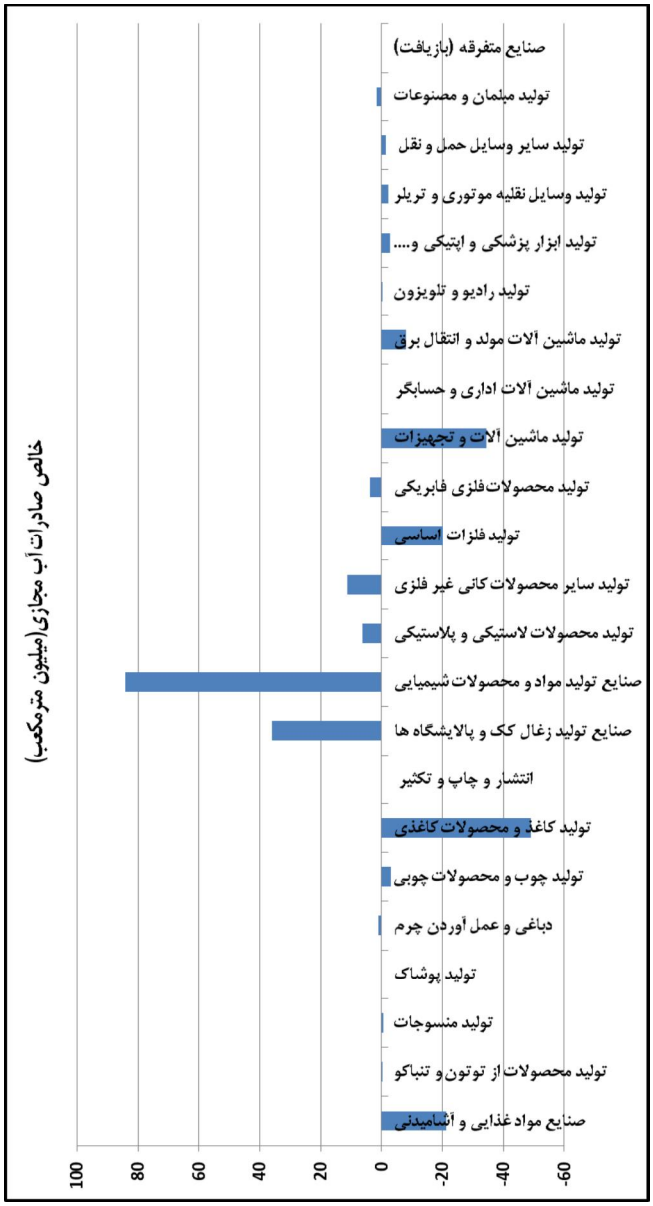
(میلیون مترمکعب)

کد	نام صنعت	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	توسط
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۱۰.۸	۱۱.۵	۱۷.۳	۲۱.۸	۱۵.۴
۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۱۷	تولید منسوجات	۲.۷	۴.۵	۲.۶	۳.۷	۳.۴
۱۸	تولید پوشاک	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۱۹	دباغی و عمل آوردن چرم	۰.۷	۱.۳	۱.۰	۱.۳	۱.۱
۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی	۰.۱	۰.۱	۰.۲	۰.۶	۰.۲
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۱.۱	۱.۵	۰.۷	۱.۴	۱.۲
۲۲	انتشار و چاپ و تکثیر	۰.۳	۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۱
۲۳	صنایع تولید زغال کک و پالایشگاه ها	۳.۱	۶۱.۹	۵۰.۲	۴۲.۳	۳۹.۴
۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۵۵.۱	۸۷.۶	۳۶۵.۴	۴۰۳.۵	۲۲۷.۹
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۹.۳	۸.۱	۱۰.۵	۱۵.۲	۱۰.۸
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	۱۰.۰	۱۳.۸	۱۷.۵	۱۶.۴	۱۴.۴
۲۷	تولید فلزات اساسی	۱۳.۷	۴۸.۶	۲۰.۸	۱۳.۶	۲۴.۲
۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی	۲.۷	۴.۱	۵.۷	۳.۷	۴.۱
۲۹	تولید ماشین آلات و تجهیزات	۳.۱	۳.۹	۰.۹	۱.۳	۲.۳
۳۰	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۳۱	تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق	۰.۳	۰.۲	۰.۳	۰.۵	۰.۳
۳۲	تولید رادیو و تلویزون	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۳۳	تولید ابزار پزشکی و اپتیکی و....	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۱
۳۴	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر	۰.۱	۰.۵	۰.۵	۰.۳	۰.۴
۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات	۲.۷	۱۰.۱	۰.۶	۰.۷	۳.۵
۳۷	صنایع متفرقه (بایافت)	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
	جمع	۱۱۵.۸	۲۵۷.۹	۴۹۴.۴	۵۲۶.۶	۳۴۸.۷

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول (۳) نشان می‌دهد که صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی در سالهای ۹۳-۱۳۹۲ نسبت به دو سال قبل رشد بسیار قابل توجهی در صادرات آب مجازی داشته است و در مجموع بطور متوسط در طول دوره ۹۳-۱۳۹۰ حدود ۶۵ درصد حجم واردات آب مجازی صنعت را به خود اختصاص داده است. صنایع تولید زغال کک و پالایشگاه ها، تولید فلزات اساسی و صنایع مواد غذایی و آشامیدنی به ترتیب رتبه های بعدی را در صادرات آب مجازی بخش صنعت داشته اند.

برای تعیین وضعیت خالص صادرات آب مجازی کدهای صنعتی دو رقمی و مقایسه آن‌ها، متوسط واردات آب مجازی برای دوره زمانی ۹۳-۱۳۹۰ محاسبه و از عددهای متناظر برای صادرات آب مجازی کسر گردید. نتیجه این محاسبه در شکل زیر نمایش داده شده است.



نمودار (۲). متوسط خالص صادرات آب مجازی کدهای صنعتی دو رقمی طی دوره ۹۳-۱۳۹۰

(میلیون مترمکعب)

منبع: یافته‌های پژوهش.

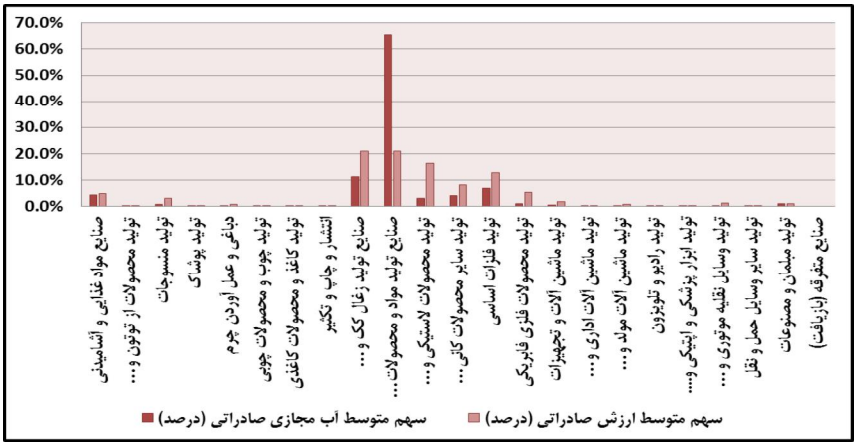
نمودار(۲) نشان می‌دهد که صنایع تولید مواد و محصولات شیمایی و صنایع تولید زغال کک و پالایشگاه ها به ترتیب دارای بیشترین خالص صادرات آب مجازی مثبت هستند. به عبارت دیگر صنایع مذکور صادرات به مراتب بزرگتری نسبت به واردات آب مجازی دارند به نحوی که بطور خالص به ترتیب حدود ۸۴ و ۳۶ میلیون مترمکعب آب در این دو صنعت از کشور خارج شده است (اعداد ذکر شده متوسط سالهای ۹۳-۱۳۹۰ هستند). در مقابل، صنایع تولید کاغذ و محصولات کاغذی، تولید ماشین آلات و تجهیزات و صنایع مواد غذایی و آشامیدنی به ترتیب دارای بزرگترین خالص صادرات آب مجازی منفی بوده اند و از طریق این صنایع، به ترتیب بطور متوسط سالانه ۴۹، ۳۴ و ۲۰ میلیون مترمکعب آب وارد کشور شده است.

یکی از سوالات مهمی که در این مطالعه وجود دارد آن است که چه ارتباطی بین حجم آب مصرفی، حجم آب مجازی صادر و وارد شده و ارزش کالاهای صنعتی صادر و یا وارد شده کدهای صنعتی مختلف وجود دارد؟ برای پاسخ به این سوال در جدول (۴) و نمودارهای (۳) تا (۶) بر اساس ارقام متوسط دوره زمانی ۹۳-۱۳۹۰، سهم آب مجازی صادر یا وارد شده با سهم ارزش صادرات و واردات و سهم آب مصرفی کدهای صنعتی مختلف مطابق با طبقه بندی بین المللی کدهای ISIC مقایسه شده است.

جدول (۴). مقایسه سهم آب مجازی صادر یـا وارد شـده بـا سـهم ارزش صـادرات و واردات و سهم آب مصرفی کدهای ISIC

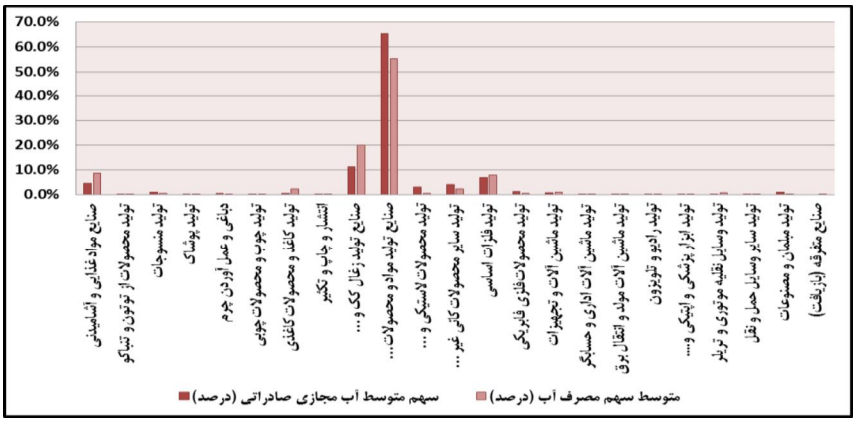
کد	نام صنعت	سهم متوسط آب مجازی	سهم متوسط ارزش	متوسط سهم مصرف آب	سهم متوسط آب مجازی	سهم متوسط ارزش
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	۴/۴٪	۵/۰٪	۸/۶٪	۱۰/۶٪	۸/۷٪
۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۱٪	۰/۶٪
۱۷	تولید منسوجات	۱/۰٪	۳/۱٪	۰/۵٪	۱/۱٪	۲/۷٪
۱۸	تولید پوشاک	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪
۱۹	دباغی و عمل آوردن چرم	۰/۳٪	۰/۹٪	۰/۱٪	۰/۰٪	۰/۰٪
۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی	۰/۱٪	۰/۳٪	۰/۱٪	۱/۰٪	۳/۷٪
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی	۰/۳٪	۰/۱٪	۲/۲٪	۱۴/۴٪	۳/۴٪
۲۲	انتشار و چاپ و تکثیر	۰/۰٪	۰/۱٪	۰/۱٪	۰/۰٪	۰/۰٪
۲۳	صنایع تولید زغال کک و پالایشگاه ها	۱۱/۳٪	۲۱/۰٪	۱۹/۹٪	۱/۰٪	۱/۳٪
۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۶۵/۴٪	۲۱/۱٪	۵۵/۳٪	۴۱/۳٪	۹/۳٪
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	۳/۱٪	۱۶/۳٪	۰/۴٪	۱/۳٪	۴/۹٪
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی	۴/۱٪	۸/۴٪	۲/۳٪	۰/۹٪	۱/۳٪
۲۷	تولید فلزات اساسی	۶/۹٪	۱۲/۹٪	۷/۹٪	۱۲/۷٪	۱۵/۵٪
۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی	۱/۲٪	۵/۴٪	۰/۴٪	۰/۱٪	۰/۴٪
۲۹	تولید ماشین آلات و تجهیزات	۰/۷٪	۱/۸٪	۰/۸٪	۱۰/۵٪	۲۲/۰٪
۳۰	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪
۳۱	تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق	۰/۱٪	۰/۹٪	۰/۲٪	۲/۴٪	۱۴/۹٪
۳۲	تولید رادیو و تلویزون	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪
۳۳	تولید ابزار پزشکی و اپتیکی و////	۰/۰٪	۰/۱٪	۰/۱٪	۰/۸٪	۲/۶٪
۳۴	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر	۰/۱٪	۱/۳٪	۰/۶٪	۰/۷٪	۷/۰٪
۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۱٪	۰/۴٪	۱/۰٪
۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات	۱/۰٪	۱/۲٪	۰/۲٪	۰/۵٪	۰/۶٪
۳۷	صنایع متفرقه (بایافت)	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪	۰/۰٪

منبع: یافته‌های پژوهش.



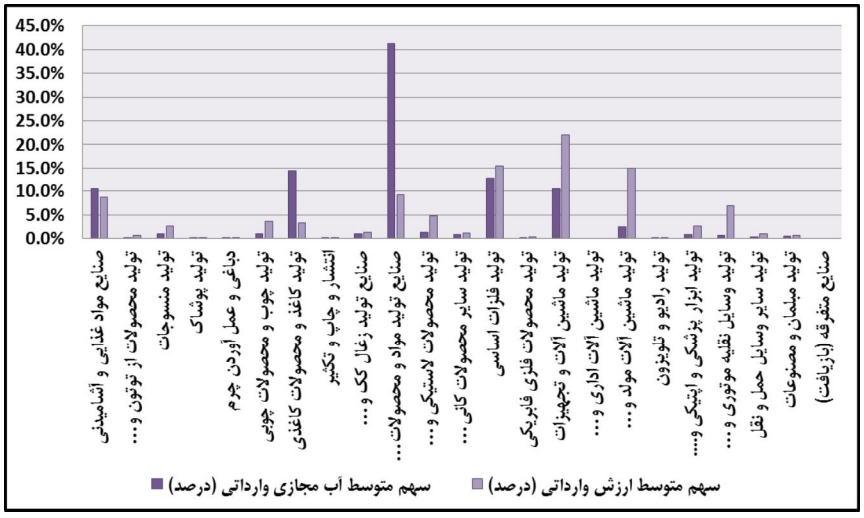
نمودار (۳). مقایسه حجم آب مجازی صادراتی با ارزش صادرات به تفکیک کدهای صنعتی

منبع: یافته‌های پژوهش.



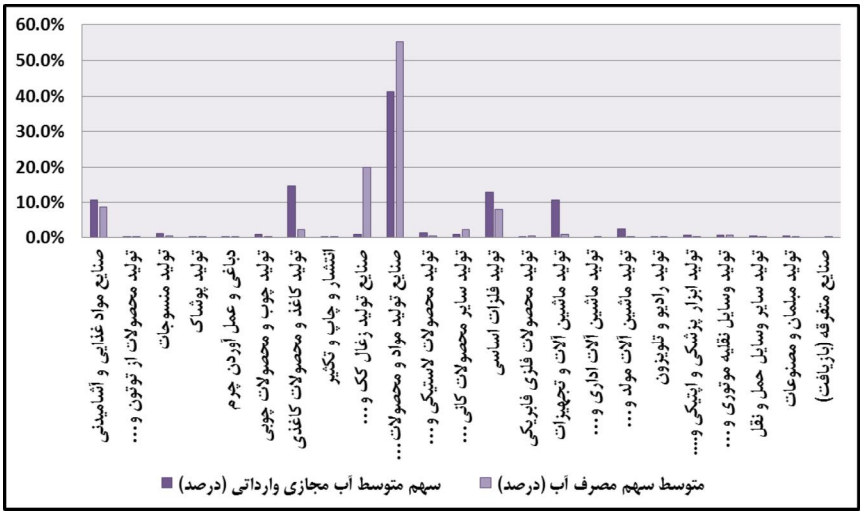
نمودار (۴). مقایسه حجم آب مجازی صادراتی با حجم آب مصرفی به تفکیک کدهای صنعتی

منبع: یافته‌های پژوهش.



نمودار (۵). مقایسه حجم آب مجازی وارداتی با ارزش واردات به تفکیک کدهای صنعتی

منبع: یافته‌های پژوهش.



نمودار (۶). مقایسه حجم آب مجازی وارداتی با حجم آب مصرفی به تفکیک کدهای صنعتی

منبع: یافته‌های پژوهش.

نتایج جدول (۴) و نمودارهای (۳) تا (۶) بیانگر آن است که برای برخی از کدهای مهم صنعتی، سهم آب مجازی تجارت شده با سهم ارزش کالای تجارت شده و سهم حجم آب مصرفی همخوانی ندارد. به عنوان مثال در مورد صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی، سهم آب مجازی صادر شده حدود ۶۵ درصد است و این کد صنعتی ۵۵ درصد آب مصرفی کل صنایع را در بازه زمانی ۹۳-۱۳۹۰ به خود اختصاص داده است. این در حالی است که سهم این کد از ارزش محصولات صادر شده، فقط ۲۱ درصد است و این موضوع بیانگر آن است که به نسبت آبی که در این صنعت مصرف شده و صادر می‌شود، ارزش افزوده به مراتب کمتری ایجاد می‌شود. این وضعیت با شدت کمتری در مورد صنایع مواد غذایی و آشامیدنی نیز مشاهده می‌شود به نحوی که سهم آب مصرفی ۸/۶ درصد است درحالیکه فقط ۵ درصد ارزش صادراتی را به خود اختصاص داده است.

در مقابل در مورد برخی کدهای صنعتی نظیر تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی، تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی و تولید فلزات اساسی وضعیت بسیار مناسب تری ملاحظه می‌گردد. بطوریکه این صنایع سهم آب مصرفی و سهم آب مجازی صادراتی پایینی دارند، درحالیکه سهم ارزش صادراتی آنها بالا است و نشان می‌دهد که این صنایع علیرغم ارزش صادراتی بالا، صنایع کم اب‌بری بوده و آب زیادی را از کشور خارج نمی نمایند. به عنوان مثال در مورد صنایع تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی، سهم آب مجازی صادر شده ۳ درصد و سهم آب مصرفی از کل صنایع ۰/۴ درصد است ولی حدود ۱۶ درصد ارزش صادرات صنایع را به خود اختصاص می‌دهد. به لحاظ نگاه امنیت آبی، صنایع دیگری نظیر تولید ماشین آلات و تجهیزات و تولید ماشین آلات مولد و انتقال برق نیز وجود دارند که آب‌بر نیستند و سهم آنها از حجم آب مصرفی پایین است ولی سهم بالایی از حجم آب مجازی وارداتی و یا ارزش واردات دارند.

در ادامه، با توجه به آب مصرفی ویژه و حجم تجارت کالاهای صنعتی با کشورهای مختلف، صادرات و واردات آب مجازی به تفکیک کشورهای طرف تجاری ایران محاسبه

گردید که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است. همچنین در این جدول، سهم هر کشور از کل واردات و صادرات آب مجازی و رتبه آنها مشخص شده است.

جدول (۵). متوسط آب مجازی صادراتی و وارداتی به تفکیک کشور طی دوره ۹۳-۱۳۹۰

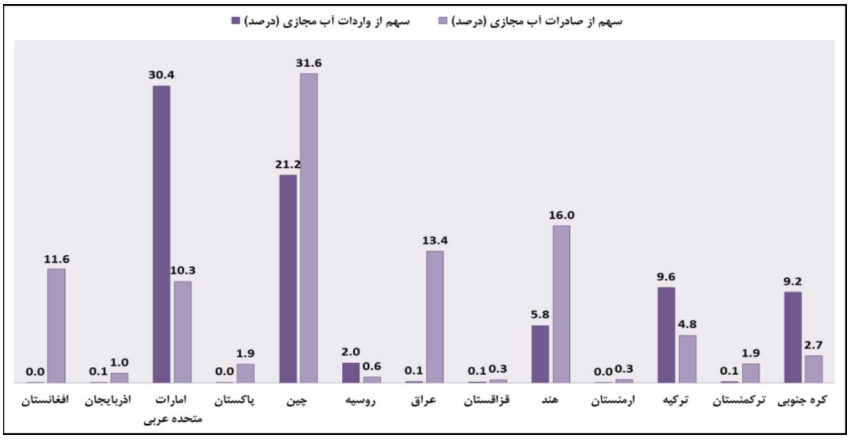
(میلیون مترمکعب)

کشور	متوسط واردات آب مجازی	سهم واردات آب مجازی	رتبه		کشور	متوسط صادرات آب مجازی	سهم صادرات آب مجازی	رتبه
امارات متحده عربی	۹۸/۶	۳۰/۴٪	۱		چین	۱۱۹/۴	۳۱/۶٪	۱
چین	۷۶/۳	۲۱/۲٪	۲		هند	۵۷/۶	۱۶/۰٪	۲
ترکیه	۳۵/۰	۹/۶٪	۳		عراق	۴۱/۲	۱۳/۴٪	۳
کره جنوبی	۳۳/۱۲	۹/۲٪	۴		افغانستان	۴۰/۸	۱۱/۶٪	۴
آلمان	۳۲/۵	۹/۳٪	۵		امارات متحده عربی	۳۲/۵	۱۰/۳٪	۵
هند	۲۲/۶	۵/۸٪	۶		ترکیه	۱۶/۷	۴/۸٪	۶
سوئیس	۱۵/۳	۴/۲٪	۷		کره جنوبی	۹/۲	۲/۷٪	۷
هلند	۱۲/۶	۳/۷٪	۸		ترکمنستان	۶/۴	۱/۹٪	۸
سنگاپور	۷/۳	۲/۱٪	۹		پاکستان	۵/۸	۱/۹٪	۹
روسیه	۶/۵	۲/۰٪	۱۰		مصر	۴/۶	۱/۲٪	۱۰
قبرس	۳/۳	۱/۱٪	۱۱		اذربایجان	۳/۰	۱/۰٪	۱۱
برزیل	۱/۷	۰/۵٪	۱۲		تاجیکستان	۲/۹	۰/۹٪	۱۲
انگلستان	۱/۵	۰/۴٪	۱۳		روسیه	۲/۴	۰/۶٪	۱۳
عراق	۰/۵	۰/۱۴٪	۱۴		سوریه	۱/۳	۰/۵٪	۱۴
ترکمنستان	۰/۳۹	۰/۱۱٪	۱۵		عمان	۱/۲	۰/۴٪	۱۵
قزاقستان	۰/۳	۰/۱۰٪	۱۶		قزاقستان	۱/۰	۰/۳٪	۱۶
آذربایجان	۰/۲	۰/۰۵٪	۱۷		ارمنستان	۱/۰	۰/۳٪	۱۷
پاکستان	۰/۲	۰/۰۴٪	۱۸		کویت	۰/۵	۰/۲٪	۱۸
ارمنستان	۰/۱	۰/۰۳٪	۱۹		قطر	۰/۵	۰/۲٪	۱۹
افغانستان	۰/۰	۰/۰۰۴٪	۲۰		عربستان سعودی	۰/۴	۰/۲٪	۲۰

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول (۱) بیانگر آن است که بطور متوسط در طول دوره زمانی ۹۳-۱۳۹۰ سالانه حدود ۲۷۵ میلیون مترمکعب آب در قالب واردات کالاهای صنعتی از پنج کشور امارات متحده عربی، چین، ترکیه، کره جنوبی و آلمان وارد کشور شده است و این پنج کشور حدود ۸۰ درصد واردات آب مجازی را تشکیل می‌دهند. همچنین در بازه زمانی نامبرده، بطور متوسط سالانه ۲۹۱ میلیون مترمکعب آب از طریق صادرات کالاهای صنعتی به پنج کشور چین، هند، عراق، افغانستان و امارات متحده عربی صادر شده است. مبادلات دو طرفه تجاری ایران با برخی کشورها نظیر چین، امارات متحده عربی و هند باعث شده است که این کشورها همزمان جزء مهمترین کشورهای واردکننده و صادرکننده آب مجازی باشند. در مورد کشور امارات متحده عربی با توجه به اینکه به عنوان یک کشور واسط تجاری عمل می‌کند، جزء کشورهای مهم آب مجازی قلمداد شده است. در واقع از آنجا که مبدا و مقصد اصلی تجارت کالاهای صنعتی که از طریق امارات متحده عربی منتقل می‌شوند در آمار گمرک ج.ا.ا. منعکس نمی شود، این کشور نیز به عنوان شریک مهم تجاری قلمداد می‌گردد.

نکته قابل توجه در جدول (۵) آن است که از بین ۲۰ کشور بررسی شده برای صادرات و ۲۰ کشور منتخب واردات، ۱۳ کشور مشترکاً هم جزء شرکای تجاری صادراتی و هم جزء شرکای تجاری وارداتی هستند و این کشورهای مشترک حدود ۸۰ درصد واردات آب مجازی و ۹۷ درصد صادرات آب مجازی را به خود اختصاص می‌دهند. همانطور که جدول (۵) و نمودار (۷) نشان می‌دهد در مورد برخی از کشورها از جمله عراق و افغانستان کشور ما صرفاً صادرکننده آب مجازی بوده است و در مور برخی دیگر مانند آلمان و تاحدی سوئیس، عمدتاً وارد کننده آب مجازی است. اما در مورد کشورهایی مانند چین، امارات متحده عربی، هند، ترکیه و کره جنوبی مبادلات تجاری دوطرفه است یعنی هم آب وارد و هم صادر شده است (جدول (۶).



نمودار (۷). مقایسه متوسط سهم آب مجازی صادراتی و وارداتی با کشورهای مختلف در طول دوره ۹۳-۱۳۹۰

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول (۶). خالص صادرات آب مجازی کشورهای مشترک تجاری طی دوره ۹۳-۱۳۹۰

(میلیون مترمکعب)

کشورهای مشترک	خالص صادرات آب مجازی
افغانستان	۴۰/۸
اذربایجان	۲/۸
امارات متحده عربی	-۶۶/۱
پاکستان	۵/۷
چین	۴۳/۱
روسیه	-۴/۱
عراق	۴۰/۷
قزاقستان	۰/۷
هند	۳۵/۱
ارمنستان	۰/۹
ترکیه	-۱۸/۳
ترکمنستان	۶/۰
کره جنوبی	-۲۳/۹

منبع: یافته‌های پژوهش.

برای تحلیل بیشتر، که چه ترکیبی از کشورها، بیشترین صادرات و واردات آب مجازی را در طول سالهای مختلف دوره زمانی ۹۳-۱۳۹۰ به خود اختصاص داده است، سهم ۲۰ کشور منتخب از صادرات و واردات آب مجازی محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۷) ارائه شده است. برای رعایت اختصار، در هر سال فقط ۵ کشور دارای رتبه اول تا پنجم نمایش داده شده است.

جدول (۷). تغییرات رتبه بندی پنج کشور مهم از منظر متوسط حجم آب مجازی وارد شده طی ۹۳-۱۳۹۰

سهم از واردات آب مجازی	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	رتبه
چین	۱۵/۷٪	۲۱/۲٪	۲۱/۵٪	۲۶/۳٪	۱
امارات متحده عربی	۴۸/۶٪	۲۲/۹٪	۲۵/۸٪	۲۴/۲٪	۲
ترکیه	۶/۳٪	۱۰/۵٪	۱۰/۶٪	۱۱/۲٪	۳
هند	۱/۹٪	۳/۱٪	۸/۵٪	۹/۸٪	۴
آلمان	۹/۶٪	۷/۳٪	۱۰/۷٪	۹/۵٪	۵

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول (۸). تغییرات رتبه بندی پنج کشور مهم از منظر متوسط حجم آب مجازی صادر شده طی ۹۳-۱۳۹۰

سهم از صادرات آب مجازی	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	رتبه
چین	۲۹/۵٪	۲۰/۳٪	۳۶/۶٪	۳۹/۹٪	۱
هند	۱۵/۰٪	۱۴/۴٪	۱۹/۸٪	۱۴/۹٪	۲
عراق	۱۷/۴٪	۱۶/۴٪	۹/۱٪	۱۰/۸٪	۳
افغانستان	۱۰/۳٪	۱۲/۶٪	۱۲/۵٪	۱۰/۸٪	۴
امارات متحده عربی	۱۱/۴٪	۱۳/۷٪	۷/۷٪	۸/۲٪	۵

منبع: یافته‌های پژوهش.

مقایسه سهم کشورهای مهم صادرکننده و واردکننده آب مجازی و همچنین رتبه آنها حاوی نکات قابل توجهی است. از جمله این که در مورد صادرات آب مجازی، کشور چین در همه سال‌ها رتبه اول را داشته است، ولی سهم آب مجازی صادر شده به این کشور در طول زمان بین ۲۰ تا ۴۰ درصد در نوسان است. کشور هند از سال ۱۳۹۲ در رتبه دوم مقصد صادرات آب مجازی از کشور ما قرار گرفته است، درحالی که در سال‌های قبل این جایگاه متعلق به کشور عراق بوده است. در مورد واردات آب مجازی ذکر این نکته حائز اهمیت است که از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ کشور امارات متحده عربی اولین مقصد واردات آب مجازی و کشور چین در رتبه دوم بوده است ولی در سال ۱۳۹۳ جای این دو کشور عوض شده است. در مجموع ۵ کشور مهم رتبه بندی شده در بخش واردات و صادرات آب مجازی حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد کل آب وارد یا صادر شده را به خود اختصاص می‌دهد و این نکته قابل توجهی است که برای مدیریت تجارت کالاهای صنعتی در راستای بهبود تراز تجاری آب مجازی و افزایش امنیت آبی، برنامه ریزان و متولیان با مجموعه کشورهای محدودی سروکار دارند.

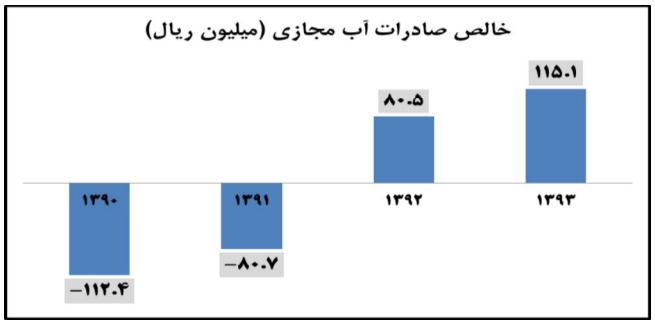
شایان ذکر است، همانطور که در جدول ۹ و نمودار ۸ نشان داده شده است، متوسط میزان واردات و صادرات آب مجازی کل محصولات صنعتی در بازه زمانی ۹۳-۱۳۹۰ به ترتیب ۳۴۸ و ۳۴۸/۶ میلیون مترمکعب است. به عبارت دیگر تراز تجارت آب مجازی در طول سال‌های مورد بررسی فقط ۰/۶ میلیون متر مکعب است. اما خالص صادرات آب مجازی در طول دوره مورد بررسی با نوسان همراه بوده است به نحوی که از ۱۱۲- میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۰ به ۱۱۵ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۳ رسیده است. به بیان دیگر، بخش صنعت از واردکننده خالص آب مجازی به صادرکننده خالص آب تبدیل شده است. البته این موضوع به لحاظ ارزش افزوده ایجاد شده نامطلوب نیست ولی اگر با نگاه امنیت آبی به این تحولات نگاه شود، جای این نقد وجود دارد که هدف افزایش ارزش افزوده در بخش صنعت باید با هدف حفظ منابع آب همسو باشد و

صنایعی مورد تشویق قرار گیرند که در داشتن مزیت نسبی و تولید ارزش افزوده صادراتی بالا، کمترین حجم آب صادراتی را نیز داشته باشند.

جدول (۹). نتایج مجموع آب مجازی صادر و وارد شده در بخش صنعت طی سال های ۹۳-۱۳۹۰

سال	واردات آب مجازی (میلیون مترمکعب)	صادرات آب مجازی (میلیون مترمکعب)	خالص صادرات آب مجازی (میلیون مترمکعب)
۱۳۹۰	۲۲۸/۲	۱۱۵/۸	-۱۱۲/۴
۱۳۹۱	۳۳۸/۶	۲۵۷/۹	-۸۰/۷
۱۳۹۲	۴۱۳/۹	۴۹۴/۴	۸۰/۵
۱۳۹۳	۴۱۱/۴	۵۲۶/۶	۱۱۵/۱
متوسط	۳۴۸/۰	۶۳۴۸/	۰/۶

منبع: یافته‌های پژوهش.



نمودار (۸). خالص آب مجازی صادر و وارد شده در بخش صنعت طی ۹۳-۱۳۹۰ (میلیون مترمکعب)

منبع: یافته‌های پژوهش.

همان طور که ذکر شد، از مجموعه کشورهای بررسی شده، ۱۳ کشور مشترکاً در لیست مهمترین شرکای تجاری از لحاظ واردات و صادرات کالاهای صنعتی قرار می‌گیرند. در ادامه برای تحلیل بیشتر موضوع و مقایسه دقیق‌تر وضعیت تجارت آب

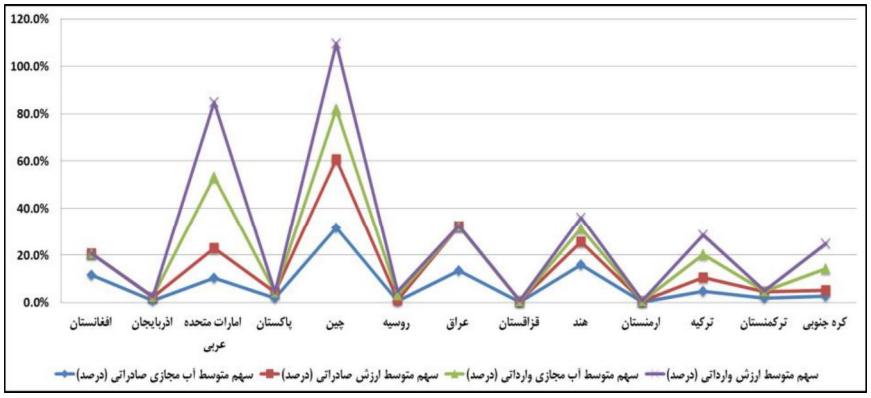
مجازی با این کشورها، در جدول (۱۰) سهم آب مجازی صادر و وارد شده در طـول دوره ۹۳-۱۳۹۰ با سهم ارزش صادرات و وارات با کشورها در همین دوره زمانی مقایسه شـده است. طبق جدول (۱۰)، برای کشورهای چین، هند و افغانستان که مهمترین کشورهای صادرکننده آب مجازی هستند، سهم متوسط آب مجـازی صـادراتی در طـول دوره ۹۳-۱۳۹۰ بزرگتر از سهم متوسط ارزش صادراتی آن‌ها است. به عبارت دیگـر در مـورد ایـن کشورها به نسبت ارزش افزوده‌ای که از تجارت نصیب ایران می‌شود، مقادیر آب بیشتری از کشور خارج می‌شود. در مقابل در مورد کشورهایی مانند امارات متحده عربـی و عـراق این وضعیت معکوس است و از دیدگاه امنیت آبی، صادرات به این کشـورها مناسـب تـر است.

در مورد واردات طبق جدول (۱۰) و نمودار (۹) می‌توان این گونه نتیجـه‌گیری نمـود که برای اکثر کشورهای طرف تجارت با ایران سهم متوسط ارزش وارداتی آن‌ها کمتـر از سهم متوسط آب مجازی وارداتی است. امـا در مـورد دو کشـور چـین و امـارات متحـده عربی که اتفاقاً بزرگترین شرکا از نظر واردات آب مجازی هستند، نسبت بـه سـهم ارزش واردات، آب مجازی کمتری وارد کشور می‌گردد. بنـابراین، در مجمـوع مـی‌تـوان نتیجـه گرفت که بررسی ترکیب کالاهای تجاری با کشورهایی مانند چین (که سهم آب مجـازی صادراتی و وارداتی بسیار بالایی دارند) و بهینه سازی این ترکیب، می‌تواند به بهبود تـراز تجاری آب مجازی کشور کمک نماید.

جدول (۱۰). مقایسه سهم آب مجازی صادر و وارد شده با سهم ارزش صادرات و واردات برای دوره ۹۳-۱۳۹۰

شرح	سهم آب مجازی صادراتی (درصد)	سهم ارزش صادراتی (درصد)	سهم آب مجازی وارداتی (درصد)	سهم ارزش وارداتی (درصد)
افغانستان	۱۱/۶٪	۹/۲٪	۰/۰٪	۰/۰٪
اذربایجان	۱/۰٪	۱/۴٪	۰/۱٪	۰/۱٪
امارات متحده عربی	۱۰/۳٪	۱۲/۶٪	۳۰/۴٪	۳۱/۷٪
پاکستان	۱/۹٪	۲/۵٪	۰/۰٪	۰/۰٪
چین	۳۱/۶٪	۲۹/۲٪	۲۱/۲٪	۲۷/۶٪
روسیه	۰/۶٪	۰/۶٪	۲/۰٪	۱/۶٪
عراق	۱۳/۴٪	۱۸/۷٪	۰/۱٪	۰/۲٪
قزاقستان	۰/۳٪	۰/۳٪	۰/۱٪	۰/۱٪
هند	۱۶/۰٪	۹/۶٪	۵/۸٪	۴/۶٪
ارمنستان	۰/۳٪	۰/۴٪	۰/۰٪	۰/۰٪
ترکیه	۴/۸٪	۵/۸٪	۹/۶٪	۸/۳٪
ترکمنستان	۱/۹٪	۲/۷٪	۰/۱٪	۰/۲٪
کره جنوبی	۲/۷٪	۲/۴٪	۹/۲٪	۱۰/۵٪

منبع: یافته‌های پژوهش.



نمودار (۹). مقایسه سهم آب مجازی صادر و وارد شده با سهم ارزش صادرات و واردات برای دوره ۹۳-۱۳۹۰

منبع: یافته‌های پژوهش.

۵. جمع‌بندی و پیشنهادها

از آنجا که بهبود تراز آب مجازی معادل با بهبود بهره وری است، لذا هدفمند کردن تجارت آب مجازی دیگر خواسته‌های مطلوب سیاستگذار را نیز تأمین می‌کند. از این رو، بهینه‌سازی ترکیب فعالیت‌های صنعتی در راستای حفظ منابع آب داخلی توصیه می‌گردد. با توجه به اینکه کالاهای تجاری در بخش صنعت دارای ارزش‌افزوده و محتوای آب مجازی متفاوتی هستند، این امکان وجود دارد که از طریق بهینه‌سازی ترکیب کالاها، ضمن حفظ و یا حتی افزایش ارزش‌افزوده حاصل از تجارت، اتکای به منابع آب داخلی را کاهش داد. در واقع این اقدام از طریق تغییر مبدأ و حجم تولید کالاهای قابل تجارت، تغییر شرکای تجاری و تغییر زمان تجارت امکانپذیر است. در تائید این موضوع نتایج تحلیل کدهای صنعتی دو رقمی نشان داد که در مورد صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی، سهم آب مجازی صادر شده حدود ۶۵ درصد است و این کد صنعتی ۵۵ درصد آب مصرفی کل صنایع را در بازه زمانی ۹۳-۱۳۹۰ به خود اختصاص داده است. این در حالی است که سهم این کد از ارزش محصولات صادر شده، فقط ۲۱ درصد است و بیانگر آن است که به نسبت آبی که در این صنعت مصرف شده و صادر می‌شود، ارزش افزوده به مراتب کمتری ایجاد می‌شود. در مقابل در مورد صنایع تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی، سهم آب مجازی صادر شده ۳ درصد و سهم آب مصرفی از کل صنایع ۰/۴ درصد است ولی حدود ۱۶ درصد ارزش صادرات صنایع را به خود اختصاص می‌دهد.

در این پژوهش رتبه‌بندی کشورها براساس مقادیر آب مجازی صادر و وارد شده برای هر کشور صورت گرفت. برای این منظور از روش شاخص‌های فنی- پایه و داده های طرح آمارگیری از کارگاههای صنعتی برای دوره ۹۳-۱۳۹۰ استفاده گردید. نتایج نشان داد که در طول دوره زمانی ۹۳-۱۳۹۰، کشور چین رتبه اول صادرات آب مجازی و کشور امارات متحده عربی رتبه اول واردات آب مجازی را به خود اختصاص داده‌اند.

همچنین متوسط خالص صادرات آب مجازی بخش صنعت در طول دوره نامبرده بسیار کوچک (حدود ۰/۶ میلیون متر مکعب) بوده است. این درحالی است که خالص صادرات آب مجازی در طول دوره مورد بررسی با نوسان همراه بوده است و بخش صنعت از واردکننده خالص آب مجازی به صادرکننده خالص آب تبدیل شده است.

یافته‌های مطالعه نشان داد که علیرغم اینکه حدود ۸۰ درصد صادرات آب مجازی ناشی از صادرات کالاهای صنعتی به کشورهای چین، عراق، هند، امارات متحده عربی و افغانستان صورت می‌پذیرد، اما رفتار تجاری و نسبت سهم ارزش کالای تجارت شده به آب صادر شده برای این کشورها متفاوت است، پیشنهاد می‌شود ترکیب صادرات به این مجموعه کشورها مورد بازنگری قرار گیرد و سهم کالاهایی که ارزش صادراتی کم ولی محتوای آب مجازی بالایی دارند، کاهش یابد.

چنان‌چه نتایج نشان داد، برای کشورهای چین، هند و افغانستان که مهمترین کشورهای صادرکننده آب مجازی هستند، سهم متوسط آب مجازی صادراتی در طول دوره ۹۳-۱۳۹۰ بزرگتر از سهم متوسط ارزش صادراتی آن‌ها است. به عبارت دیگر در مورد این کشورها به نسبت ارزش افزوده‌ای که از تجارت نصیب ایران می‌شود، مقادیر آب بیشتری از کشور خارج می‌شود. در مقابل در مورد کشورهایی مانند امارات متحده عربی و عراق این وضعیت معکوس است. بنابراین، توصیه می‌شود در راستای دستیابی به امنیت آبی بالاتر، در انتخاب کشورهای مقصد صادرات، فقط بر ارزش افزوده حاصل از تجارت تاکید نشود و معیار آب مجازی نیز به عنوان یکی از معیارهای مهم مورد توجه قرار گیرد. بویژه در مورد کشور چین، لازم است با استفاده از اطلاعات فراهم شده در این مطالعه، در قالب مطالعات تکمیلی صادرات و واردات کالاهای صنعتی به این کشور به دقت مورد بررسی و ارزیابی از دیدگاه آب مجازی قرار گیرد. زیرا همانطور که یافته های مطالعه حاضر نشان داد، کشور چین در همه سال‌های دوره ۹۳-۱۳۹۰ رتبه اول صادرات آب مجازی را داشته است، ولی سهم آب مجازی صادر شده به این کشور در

طول زمان بین ۲۰ تا ۴۰ درصد در نوسان بوده است. همچنین در مورد واردات آب مجازی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ کشور امارات متحده عربی اولین مقصد واردات آب مجازی و کشور چین در رتبه دوم بوده است ولی در سال ۱۳۹۳ جای این دو کشور عوض شده است.

یکی دیگر از مواردی که باید مورد توجه برنامه ریزان قرار گیرد، اصلاح اسناد توسعه بخش صنعت است به نحوی که صنایعی در افق توسعه هر استان مد نظر قرار گیرند که ضمن انطباق با پتانسیل‌های استان و اصول مزیت نسبی، در تعیین و اولویت‌بندی آنها به منابع آب در دسترس استان و همچنین محتوای آب مجازی تولیدات نیز توجه شود. تا از این طریق در بلندمدت، تراز تجاری آب مجازی کشور در بخش صنعت بهبود پیدا کند.

منابع:

- Aldaya M.M., Hoekstra, A.Y. & Allan J.A. (2008). Strategic Importance of Green Water in International Gr*ope Trade. UNESCO-IHE value of Water Research Report. Series No. 25*.
- Allan, J.A. (1993). Fortunately There Are Substitutes for Water Otherwise Our Hydro-Political Futures Would Be Impossible. in: Priorities for water resources allocation and management. London: ODA, 13-26.
- Allen, J. A. (1998). Virtual water: A strategic resource global solution to regional deficits, *Ground Water*, 6(4), 545-546.
- Ashok, K.C. & Hoekstra, A.Y. (2006). The Global Component of Freshwater Demand and Supply: An Assessment of Virtual Water Flows between Nations as a Result of Trade in Agricultural and Industrial Products. *Water International,* 33(1), 19-32.
- Banouei, A.A, J. Banouei, Z. Zakeri & Momeni, M. (2015). Using Input-output Model to Measure National Water Footprint in Iran. *Business Perspectives*, 14(2), 75-87.
- Baghestani, A., Mehrabi Basharabadi, H., Zare Mehrjerdi, M. & Sherafmand, H. (2010). Application of the Concept of Virtual Water in

Iranian Water Resources Management, *Journal of Iranian Water Resources Research*, 1, 28-38.

- Beginzadeh, Sh., BeyramiFatemeh Maleki, H., Kia, P., & Ataf Salehi, A. (2009). Virtual Water Review in Iranian Industries with Case Study of Khomein Industrial Town. Third National Conference on Water and Wastewater (with Consumption Approach Reform Approach). Tehran, March 2009, 1-9.
- Bindra, SP., Muntasser, Md., El Khweldi, M. & El Khweldi, A. (2003). Water Use Efficiency for Industrial Development in Libya. *Desalination*, 158(1-3), 167-78.
- Chapagain, A.K. Hoekstra, A.Y. & Savenije, H.H.G. (2006). Water Saving Through International Trade of Agricultural Products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, 455-466.
- Chapagain, A.K., & Hoekstra. A.Y. (2007). The Water Footprint of Coffee and Tea Consumption in the Netherlands. *Ecological Economics*, 64, 109-118.
- Jefferies, D., Muñoz, I., Hodges, J., J. King, V., Aldaya, M., Ertug Ercin, A., Milà i Canals, L., & Hoekstra. A.Y. (2012). Water Footprint and Life Cycle Assessment as Approaches to Assess Potential Impacts of Products on Water Consumption. Key learning points from pilot studies on tea and margarine. *Journal of Cleaner Production*, 33, 155-166.
- Gerbens-Leenes, P.W. n., Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. (2013). The Water Footprint of Poultry, Pork and Beef: A Comparative Study in Different Countries and Production Systems. *Water Resources and Industry,* 1–2, 25-36.
- Hassan, A., Saari, M. Y., & Tengku Ismail, T. H. (2016). Virtual Water Trade in Industrial Products: Evidence from Malaysi. *Environment, Development and Sustainability*, *Springer*, 19(3), 1-18.
- Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual Water: An Introduction Virtual Water Trade. Proceedings of the international Export meeting on virtual water, IHE Delft, The Netherland, 12-13 December 2002. Edited by A.Y. hockestra (editor), February 2003, 13-23.
- Hoekstra, A.Y. & Chapagain, A.K. (2007). The Water Footprint of Coffee and Tea Consumption in the Netherlands. Department of Water Engineering and Management. *University of Twente, P.O. Ecological*

economics, 64, 109-118.

- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Savenije, H.H.G. & Gautam, R. (2005). The Water Footprint of Cotton Consumption. *Value of Water Research Report Series,* 18, 1-44.
- Kuishuang Feng, Y.L., Guan, P., & Habacek, K. (2011). Assessing Regional Virtual Water Flows and Water Footprint Geography. *Applied geography,* 32, 691-701.
- Mubako, S., Lahiri, S. & Lant, C. (2013). Input-Output Analysis of Virtual Water Transfer: Case Study of California and Illinois. *Ecological Economics* 93, 230-238.
- Novo P., Garrido A. & Varela-Ortega, C. (2009). Are Virtual Water "flows" in Spanish Grain Trade Consistent with Relative Water Scarcity? *Ecological Economics*, 68, 1454-1464.
- Rockstorm, J. & Gordon, L. (2001). Assessment of Green Water Flows to Sustain Major of Biomes of the Word: Implications for Future Ecohydrological Landscape Management. *Physics and chemistry of the Earth*, 8(26), 843-851.
- Saghir, J., Schiffler, M. & Woldu, M. (2000). Urban Water and Sanitation in the Middle East and North Africa Region: The Way Forward. The World Bank: Middle East and North Africa Region, Infrastructure Development Group.
- Shekary, F., & Kokobinejad Moghaddam, A.H. (2010). Optimal Water Resources Management by Modifying the Pattern of Virtual Water Consumption in Industry (Case Study of Ardabil Study Area), the fifth Iranian Water Resources Management Conference, 1-9.
- Tafazoli, H. (2014). Measuring Water Footprints in Different Sectors of Iran's Economy Using the Data-Output Approach. Master's thesis, Faculty of Economics, Allameh Tabatabaei University, winter 2014.
- Tahamipour Zarandi, M., Salah, A., & Arab Mazar, A. (2015). The Virtual Water Trading Model in Economic Activities of Guilan Province: Application of Existing Data-Output Table. *Journal of Environmental Science*, 13(3), 35-50.
- Tahamipour Zarandi, M., & Ghorbani, M. (2016). Measurement and Analysis of the Status of Virtual Water Trade in the Iranian Iindustry and Mining Sector. *Journal of Water and Sustainable Development,* 2(1), 59-

72.

- Wang, Y.D., Leeb, J.S., Agbemabiesea, L., Zamea, K. & Kang, S. (2015). Virtual Water Management and the Water–Energy Nexus: A Case Study of Three Mid Atlantic. *Resources, Conservation and Recycling*, 98(3), 76–84.
- Zhang, Z., Yang, H. & Shi, M. (2011). Analyses of Water Footprint of Beijing in an Interregional Input-Output Framework. *Ecological Economics,* 70, 2494-2502.
- Zhao, X., Yang, H., Yang, Z., Chen, B. & Qin, Y., (2010). Applying the Input–Output Mmethod to Account for Water Footprint and Virtual Water Trade in the Haihe River Basin in China. *Environmental Science and Technology*, 44, 9150-9156.