-- Iranian Energy Economics------
Winter 2022, 41(11), 61-84
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.66746.1896

Original Research
Received: 21/Feb/2022
Accepted: 4/Apr/2022
ISSN: 2423-5954
eISSN: 2476-6437

Evaluation and Analysis of Virtual Water Trade in Iran's Oil Sector

Morteza Tahamipour Zarandi *
Assistant Professor, Faculty of Economics and Political science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Sidamin Azimi
M.A. in Theoretical Economics, Faculty of Economics and Political science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract
Attention to water resources and consumption in Iran's industrial sector is important due to the existence of severe tensions in the country's water resources. Therefore, the purpose of this study is to evaluate the virtual water trade in the oil industry of Iran. For this purpose, the technical-basic approach has been used to measure virtual water and the special water demand and virtual water trade of Iran's oil sector has been calculated from 1978 to 2019. The results show that due to the high volume of oil exports, Iran is a net exporter of virtual water. The amount of water consumed in the oil industry and the process of extraction and production of crude oil in the years under review averaged 594 million cubic meters per year and the amount of virtual water that left the country following the export of crude oil in these years averaged 356 million cubic meters per year. Also, the export value of virtual water in the oil sector has a value of 1838 thousand Rials per cubic meter. To manage the country's water resources and the leading crises in this sector of the industry, it is possible to greatly increase water efficiency in this sector by modifying production processes and updating equipment, facilities, and methods used to optimally consume water in this sector.

Keywords: water, virtual water trade, export, oil, Iran

JEL Classification: Q25 , F1

* Corresponding Author: m_tahami@sbu.ac.ir
How to Cite: Tahamipour Zarandi, M., Azimi, S A. (2022). Evaluation and analysis of virtual water trade in Iran's oil sector. Iranian Energy Economics, 41 (11), 61-84.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵

ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴

eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

-- پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ---------

دوره ۱۱، شماره ۴۱، زمستان ۱۴۰۰، ۶۱-۸۴

Jiee.atu.ac.ir

DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee. 2022.66746.1896

ارزیابی و تحلیل تجارت آب مجازی در بخش نفت ایران

مرتضی تهامی‌پور زرندی * استادیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

سیدامین عظیمی کارشناس ارشد اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

توجه به منابع و مصارف آب در بخش صنایع ایران به دلیل وجود تنش‌های شدید در منابع آب کشور حائز اهمیت است. به همین منظور هدف از انجام این مطالعه ارزیابی تجارت آب مجازی در بخش صنعت نفت ایران می‌باشد. برای این امر رهیافت فنی ـ پایه برای اندازه‌گیری آب مجازی مورد استفاده قرار گرفته است و تقاضای آب ویژه و تجارت آب مجازی بخش نفت ایران طی سال‌های ۱۳۵۷تا ۱۳۹۸ محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد به دلیل حجم بالای صادرات نفت، ایران صادرکننده خالص آب مجازی است. مقدار آب مصرف‌شده در صنعت نفت و فرآیند استخراج و تولید نفت خام در سال‌های مورد بررسی به طور متوسط برابر با ۵۹۴ میلیون متر مکعب در سال و مقدار آب مجازی که در پی صادرات نفت خام در این سال‌ها از کشور خارج شده است به طور میانگین سالانه ۳۵۶ میلیون متر مکعب می‌باشد. همچنین ارزش صادراتی آب مجازی در بخش نفت به ازای هر متر مکعب ارزشی برابر با ۱۸۳۸ هزار ریال دارد. لذا برای مدیریت منابع آبی کشور و بحران‌های پیش‌رو در این بخش، می‌توان با اصلاح فرآیندهای تولید و بروزرسانی تجهیزات، تأسیسات و روش‌های مورد استفاده، بهره‌وری آب را بسیار بالا برد تا مصرف آب به صورت بهینه در این بخش صورت گیرد.

کلیدواژه‌ها: آب، تجارت آب مجازی، صادرات، نفت، ایران

طبقه‌بندی JEL: F1 , Q25

* نویسنده مسئول: m_tahami@sbu.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه با در نظر گرفتن پیشرفت و توسعه زندگی حال حاضر که رشد تقاضای ناشی از افزایش جمعیت از یک طرف و محدودیت عرضه منابع طبیعی از طرف دیگر را شامل می‌شود، اهمیت استفاده بهینه و مناسب از منابع طبیعی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در این میان یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین منابع در کشورهای حال توسعه آب است که چشم‌انداز تولید و دستیابی به امنیت غذایی و توسعه اقتصادی را در این کشورها به شدت تهدید می‌کند. در مقایسه زمان حال با دو سه قرن گذشته، جهان در زمینه حفاظت از منابع طبیعی و استفاده بهینه از آن در دوران حساسی به سر می‌برد. عدم تطابق نیازهای انسانی با منابع موجود به نگرانی بسیاری از محققان و تسریع تحقیقات در زمینه استفاده پایدار از منابع طبیعی منجر شده است. مدیریت صحیح و همه جانبه، ضرورتی مهم برای رسیدن به توسعه پایدار است. در میان همه منابع طبیعی، آب شیرین از اصلی‌ترین منابعی است که باید به آن اهمیت ویژه داد. کمبود آب شیرین در بخش‌های زیادی از کره زمین مشکلات زیادی را برای تأمین آب زندگی انسان‌ها به وجود آورده است.

توسعه‌دهندگان ایده آب مجازی معتقداند با صادرات و واردات کالا و محصولات حجم زیادی آب جابه‌جا می‌شود که از آن به عنوان تجارت آب مجازی نام برده می‌شود. به منظور کاهش فشار بر منابع آب، به کشورهای کم‌آب توصیه می‌شود به جای تولید کالا و محصولات از منابع داخلی، به واردات آن‌ها مبادرت نموده و منابع آب داخلی را برای فعالیت‌های تجاری پرسود اختصاص دهند. بنابراین آبی که برای تولید یک کالا یا محصول در فرآیند تولید از لحظه شروع تا پایان مصرف می‌شود، «آب مجازی[1]» می‌نامند. نگاه به مقوله آب مجازی با دیدگاه جدیدتری با عنوان «ردپای آب[2]» مطرح شده است که معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از شروع تا پایان با لحاظ زمان و نوع آب مصرفی است. (رنجبر و فتوکیان، ۱۳۹۴). همچنین از این طریق کشورهایی که منابع آب کمتری دارند می‌توانند با وارد کردن بعضی از محصولات پرمصرف، کمبود آب را جبران کنند و به عنوان سیاستی جدید در مدیریت منابع آب هر کشوری تبدیل شود (آلن[3]، ۱۹۹۸).

1. Virtual Water
2. Water Foot Print
3. Allan

ایران به دلیل واقع شدن در اقلیم خشک و نیمه‌خشک و همچنین با رشد روزافزون مصارف آب، در سال‌های آتی با خطر بروز بحران آب مواجه می‌باشد. لذا برای مقابله با آن می‌بایست به انواع مصرف آب با حساسیت بیشتری برخورد شود. آبی که در فرآیند تولید کالاها به کار می‌رود، آب مجازی نامیده می‌شود که بخشی از آن نیز در محصول نگه داشته می‌شود. لذا وقتی کالاها به بازارهای جهانی وارد می‌شوند، تجارت آب مجازی اتفاق می‌افتد. انتظار می‌رود که تجارت آب مجازی، مصرف آب در سطح ملی و بین‌المللی را به دلیل استفاده کاراتر و تخصصی‌تر از آب کاهش دهد. با توجه به افزایش روزافزون تقاضا برای انرژی و کاهش منابع آب شیرین در بسیاری از کشورها و مناطق مختلف دنیا، علی‌الخصوص منطقه خاورمیانه که عمدهٔ منابع انرژی و سوخت جهان در آن قرار دارد و همچنین با استرس شدید منابع آبی نیز روبه‌رو است، پرداختن به موضوع بحران آب، دنبال کردن شبکه ردپای آب و آب مجازی در بخش انرژی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این موضوع برای کشور ایران که به دلایل ژئوپلتیکی و امنیتی، برخی از صنایع انرژی در مرکز کشور و مناطقی که آب کمی دارا است واقع شده است و بحث کم‌آبی نیز از مهم‌ترین مسائل می‌باشد، اهمیت دوچندان دارد. به بیان دیگر، با توجه به منابع سرشار ایران در بخش نفت و حجم بالای مبادلات تجاری این محصول، ابزار تجارت آب مجازی و مدیریت آن برای دستیابی به مقدار بهینه از واردات و صادرات نفت می‌تواند یکی از راههای مؤثر در کمک به حل بحران آب باشد.

پس از بیان سؤال و ضروت انجام این مطالعه در بخش مقدمه، در ادامه در بخش ۲ به مرور تجربیات و پیشینه تحقیق در مورد تجارت آب مجازی به‌ویژه در بخش نفت پرداخته می‌شود و سپس در بخش ۳ روش‌شناسی محاسبه آب مجازی و الگوی تجربی مورد استفاده در این مطالعه بیان می‌گردد. در نهایت، در بخش ۴ نتایج مطالعه بیان شده و در بخش ۵ جمع‌بندی مطالعه و توصیه‌های سیاستی ارائه می‌گردد.

۲. پیشینه پژوهش

آب مجازی را می‌توان مقدار آبی تعریف کرد که به طور مستقیم و غیر مستقیم برای تولید کالا مورد نیاز است. برای نخستین‌بار مفهوم آب مجازی توسط آلن در سال ۱۹۹۳معرفی شد. قبل از سال ۱۹۹۳ از واژه آب جاسازشده استفاده می‌شد، اما مورد توجه مدیران، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان قرار نگرفته بود. در سال ۱۹۹۷ آلن در مقاله خود از این

مفهوم به عنوان یک راه‌حل راهبردی برای کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا[1] استفاده کرد. تحلیل ارائه شده توسط آلن برای تحلیل تنش‌های سیاسی ناشی از کمبود آب در این منطقه بود. او معتقد بود اگر موانع تجاری بین کشورهای کم‌آب و پرآب رفع شود، نیاز آبی کشورهای کم‌آب از طریق محصولات تجاری تأمین می‌شود (قدوسی و داودی، ۱۳۹۵). پس از مباحث آلن در ۱۹۹۳ و بعد از ایشان مباحث و مطالعات آقای هاکسترا[2] در ۲۰۰۲، مطالعات متعددی در زمینه آب مجازی انجام شد که در ادامه به طور مختصر به برخی از آنها اشاره می‌شود.

مطالعات انجام‌شده در زمینه بررسی آب مجازی و ردپای آب در بخش نفت بسیار محدود است. ازجمله اینکه کارمونا[3] (۲۰۱۵) در این مطالعهٔ خود به اندازه‌گیری ردپای آب در زنجیره ارزش تولید نفت پرداخته است و روش کلی محاسبه ردپای خالص آب شامل مدل‌سازی عملیات و فرآیندهای انجام‌شده در هر بخش و ارزیابی داده‌های اولیه و ثانویه می‌باشد. این مطالعه برای سه حوزه نفتی در کلمبیا و در منطقه مانساروار انجام شده است. مقدار آب مجازی برای اولین‌بار برای یک شرکت هیدروکربنی کلمبیایی محاسبه شد و مقدار آن بین ۰/۲ تا ۰/۴ متر مکعب در هر بشکه نفت خام بود. همچنین کارمونا و همکارانش (۲۰۱۷) در مطالعه خود به محاسبه ردپای آب برای تولید نفت خام سنگین در سه میدان در مگدالنا و روش‌های کاهش مقدار تولید آب پرداختند. در این مطالعه ردپای آب برای هر ۳ حوزه مورد نظر به ازای هر بشکه نفت به طور جداگانه محاسبه شده است. این مقدار برای نفت خام برابر با ۰/۲۲۵ مترمکعب برای هر بشکه است. ردپای آبی و خاکستری از طریق داده‌های اولیه به دست آمده از سایت‌های تولیدی محاسبه می‌شود و ردپای آبی غیر مستقیم و سبز مستقیم با استفاده از مدل‌های کامپیوتری تخمین زده می‌شود. با توجه به روش استخراج نفت ۹۷ درصد از مقدار کل ردپای آب مربوط به ردپای آب آبی مستقیم می‌باشد که می‌توان به وسیله یک چرخه بخار آب را تصفیه کرد و این درصد را کاهش داد و برای ردپای خاکستری می‌شود با عملیات متعارف تصفیه فاضلاب، آن را کاهش داد. دینگ[4] و همکارانش (۲۰۱۸) نیز در مطالعه‌ای آگاهی از مصرف منابع آب و

1. MENA
2. Hokestra
3. Carmona
4. Ding

آلودگی در چرخه حیات محصولات انرژی و توسعه صنعت انرژی را دو راه برای بهبود بهره‌وری آب در نظر گرفته‌اند. محاسبه جریان آب نفت خام، شامل جریان آب در مراحل استخراج و پردازش است که مرحله استخراج شامل حفاری چاه و پمپاژ نفت از مخازن زیرزمینی است و مرحله پردازش شامل آبگیری، نمک‌زدایی و دفع رسوبات نفت برای رساندن آن به استانداردهای تصفیه می‌باشد. جریان آب مستقیم آبی در مرحله استخراج نفت تصفیه شده در چین ۷ متر مکعب در هر تن از نفت می‌باشد و برای فرآیند فراوری نفت ۲/۳۷ متر مکعب در هر تن از نفت می‌باشد. در نفت خام جریان آب مستقیم ۸۷ درصد از کل جریان آب را به خود اختصاص داده است.

در مقابل بخش زیادی از مطالعات آب مجازی در ارتباط با محصولات کشاورزی انجام شده است. ازجمله اینکه شوارتز[1] و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه خود با عنوان دیدگاه پویا در مورد الگوهای تجارت کشاورزی و جریان آب مجازی در پرو به تعیین سهم تجارت کشاورزی در جریان آب مجازی و دستاوردهای اقتصادی پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تمرکز بر بخش‌های صادراتی با ارزش بالا یک استراتژی توسعه معتبر برای کشورهای کم‌درآمد و متوسط از نظر اقتصادی و آب است. همچنین باغستانی و همکاران (۱۳۸۹) با هدف بررسی میزان سازگاری ایران با برنامه‌ریزی پیرامون آب مجازی به محاسبه میزان آب مجازی در محصولات عمده وارداتی و صادراتی کشور برای دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۵ پرداختند. نتایج نشان داد که ایران در طی این سال‌ها همواره واردکننده خالص آب مجازی بوده است. علاوه بر این ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعهٔ خود به بررسی وضعیت تجارت آب مجازی در استان خراسان رضوی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که محصول گندم و زعفران دارای آب مجازی بالا و بهره‌وری پایین هستند و محصولات انگور و سیب‌زمینی منجر به واردات آب مجازی بالا به این استان شده‌اند.

بخش دیگری از مطالعات نیز به اهمیت بحث آب مجازی پرداخته‌اند، ازجمله اینکه صافی و میرلطفی (۱۳۹۴) در مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که در کنار افزایش بهره‌وری آب به عنوان یکی از راههای مقابله با کم‌آبی باید توجه نمود که با دخالت دادن تجارت آب مجازی در سیاست‌های آبی علاوه بر اینکه میزان دسترسی خود را به منابع آبی جهان افزایش می‌دهیم، از افزایش فشار بر منابع محدود خود نیز می‌توانیم بکاهیم. بدین

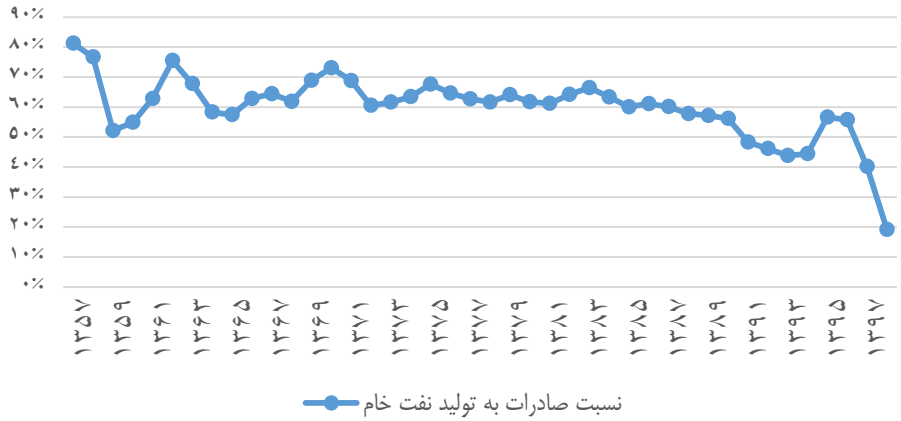
1. Schwarz

ترتیب که تولید یا صادرات محصولات آب‌بر با توجه به قیمت‌های تمام‌شده آب و انرژی به نفع کشور نیست و در طولانی‌مدت به اقتصاد کشور آسیب وارد خواهد نمود. خوش‌رفتار و همکارانش (۱۳۹۸) نیز در مطالعه خود با عنوان «جایگاه آب مجازی در مدیریت منابع آب» پس از جمع‌آوری داده‌های آب مجازی و تجزیه و تحلیل آن‌ها به این نتیجه رسیدند که واردات مواد غذایی بر مبنای سیاست‌های تجارت بین‌الملل می‌تواند به حفظ منابع آب کمک کند. همچنین حسینی (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای با عنوان استراتژی ملی مدیریت منابع آب با رویکرد آب مجازی پس از تعیین سناریوهای گوناگون و بررسی همه‌جانبه آنها، در نهایت این نتیجه به دست یافت که در برنامه‌ریزی منابع آب، ضمن خودکفایی نسبی در تولید محصول کشاورزی، می‌باید کالاهای آب‌بر نظیر غلات را از سایر کشورها، ازجمله تایلند وارد کرد زیرا این کشور مشخصاتی ازقبیل بعد مسافتی کم، دسترسی از طریق دریا، رابطه مناسب سیاسی، هزینه‌های تأمین آب کمتر و منابع آبی فراوان‌تری دارد.

در مجموع، مطالعات انجام‌شده مختلف نشان می‌دهد که موضوع آب مجازی در بخش نفت توسط پژوهشگران داخلی تاکنون دنبال نشده است و این بخش از بخش‌های بااهمیت اقتصاد ایران می‌باشد، لذا در این مطالعه بحث آب مجازی در صنعت نفت ایران مورد بررسی قرار می گیرد. صنعت نفت علاوه بر اینکه منبع اصلی تأمین انرژی در جهان به شمار می‌آید، نقش اساسی نیز در تعیین قدرت ملی و اعتبار بین‌المللی کشورهای مختلف ایفا می‌کند. در اقتصاد ایران بخش نفت سال‌های زیادی است که عمده درآمدهای ملی کشور را تأمین می کند و نقش مهمی در اقتصاد ایران دارد (سید مشهدی و همکاران، ۱۳۹۰).

نفت خام تولیدشده در مرحله اول برای تأمین مصارف داخلی به عنوان خوراک پالایشگاههای کشور مصرف می‌شود و بعد از آن براساس مقررات وضع‌شده توسط سازمان اوپک برای صادرات مستقیم و یا صادرات در ازای نفت خام دریافتی از کشورهای همسایه شمالی (سوآپ) به پایانه صادراتی ارسال می‌شود. در طی سال‌های مورد بررسی در این مطالعه، به طور میانگین ۶۰ درصد از تولیدات نفت خام ایران به کشورهای مختلف صادر شده است. بنابراین به دلیل حجم بالای صادرات نفت، ایران صادرکننده خالص آب مجازی در این بخش از صنعت می‌باشد.

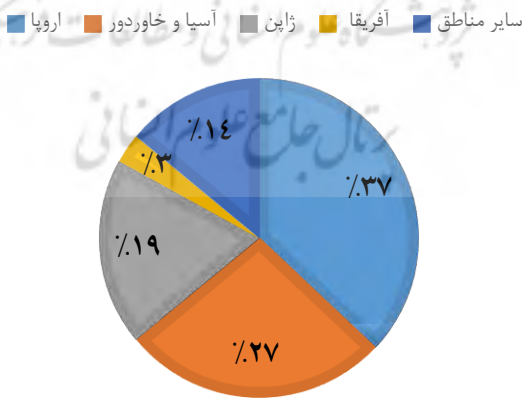
نمودار ۱. نسبت تولید به صادرات نفت خام ایران سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۵۷



منبع: مرکز آمار ایران

روند روبه کاهش مقدار صادرات در دهۀ ۹۰ شمسی به دلیل تحریم‌های اعمال‌شده توسط آمریکا بر صنعت نفت ایران می‌باشد. همین امر باعث شده تا در این سال‌ها سهم صادرات از تولید نفت به کمتر از ۵۰ درصد کاهش پیدا کند. همچنین با توجه به گزارشات منتشر شده توسط بانک مرکزی ایران که تا سال ۱۳۸۸ در دسترس می‌باشد، سهم مناطق مختلف از صادرات نفت خام ایران به این صورت می‌باشد که ۳۷ درصد اروپا، ۲۷ درصد آسیا و خاوردور، ۱۹ درصد ژاپن، ۳ درصد آفریقا و ۱۴ درصد سایر مناطق است.

نمودار ۲. سهم مناطق مختلف از صادرات نفت ایران



منبع: مرکز آمار ایران.

۳. روش تحقیق

دو رهیافت کلی برای محاسبه آب مجازی ارائه شده است. رهیافت اول تحت عنوان تعادل فراگیر با استفاده از جدول داده ستانده و رهیافت دوم رهیافت فنی پایه است و آن را رهیافت شاخص‌های فنی مهندسی نیز می‌نامند (تهامی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). در رهیافت فنی پایه با تحلیل مفهوم آب مجازی و به‌کارگیری روابط فنی و فیزیکی روابط برای محاسبه آب مجازی ارائه می‌شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸). در این مطالعه با توجه به داده‌های در دسترس، از رهیافت فنی پایه استفاده شده است.

در این رهیافت، برای محاسبه جریان آب مجازی محصولات مختلف، تولید محصولات به دو دسته محصولات اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. برخی از محصولات اولیه در روند فرآوری تبدیل به محصولات ثانویه می‌شوند. بر این اساس، محتوای آب مجازی به ازای هر میلیون ریال ارزش افزوده در بخش نفت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$VWC = \frac{IWW^{1}}{GDP} \qquad (۱)$$

در این رابطه IWW میزان آب مصرف‌شده در بخش‌های بالادستی (استخراج نفت) جهت حفاری، تولید گل حفاری، شست‌وشوی چاه، واحدهای نمکزدایی و غیره برحسب متر مکعب در سال و تولید ناخالص داخلی[۲]، ارزش افزوده آن محصول برحسب میلیون ریال است. با ضرب محتوای آب مجازی در ارزش صادراتی نفت، میزان آب مجازی صادراتی به دست می‌آید:

$$VWE^{3} = VWC^{4} \times EV \qquad (۲)$$

VWE میزان صادرات آب مجازی به واسطهٔ صادرات نفت خام برحسب متر مکعب است و EV ارزش صادراتی نفت خام بر حسب میلیون ریال است.

به طور مشابه می‌توان میزان واردات آب مجازی در قالب واردات نفت را نیز محاسبه نمود:

1. Industrial Water Withdrawal
2. Gross Domestic product) GDP)
3. Virtual Water Exported
4. Export Value

$$VWE^{1} = VWC^{2} \times EV \quad (۳)$$

بر این اساس جریان آب مجازی بخش نفت به روش زیر برحسب متر مکعب در سال محاسبه می‌شود:

$$VWF^{3} = VWE \times PT \quad (۴)$$

که در این رابطه VWF جریان آب مجازی برحسب متر مکعب در سال، PT میزان نفت خام برحسب بشکه در سال می‌باشد. تراز خالص آب مجازی نیز از اختلاف بین کل واردات و صادرات نفت خام مطابق با فرمول یر به دست می‌آید:

$$NVW = GVWI - GVWE \quad (۵)$$

در این رابطه NVW تراز خالص آب مجازی در صنعت نفت ایران است که از اختلاف کل واردات ناخالص آب مجازی (GVWI) و کل صادرات ناخالص آب مجازی (GVWE) محاسبه می‌شود (صافی و همکاران، ۱۳۹۴).

برای افزایش دقت در محاسبه میزان آب مصرفی در فرآیندهای نفت با کارشناسان و معاونت تولید و بهره‌برداری شرکت نفت جلسات متعددی برگزار شد. در این ارتباط، مسیری که نفت طی می‌کند تا صادر شود یا در پالایشگاهها و پتروشیمی‌ها مورد استفاده قرار گیرد را زنجیره ارزش نفت می‌نامند. این زنجیره ارزش دارای پنج مرحله اصلی است که عبارت است از اکتشاف، ارزیابی، توسعه، تولید و توزیع و رهاسازی. عمده مصرف آب در بخش توسعه و تولید نفت خام قرار دارد.

به طور خلاصه موارد مصرف آب در بخش‌های توسعه و تولید زنجیره ارزش نفت خام به شرح زیر می‌باشد:

آب مصرفی برای تست هیدرولیکی در بخش توسعه

آب مصرفی در واحدهای تولیدی:

آب مصرفی در فرآیند نمک‌زدایی و تهیه و تزریق محلول‌های شیمیایی

آب مصرفی در مبدل‌های حرارتی و استفاده در بویلرها

1. Virtual Water Exported
2. Export Value
3. Virtual Water Flows

آب مصرفی برای مصارف عمومی (شست و شوی خطوط لوله و ...) و آب مورد نیاز آتشنشانی

میزان مصرف آب در واحد حفاری جدید:

آب مصرفی برای تهیه سیال و سیمان حفاری

آب مصرفی برای مصارف عمومی (شست و شوی خطوط دکل‌های حفاری، پرسنل و ...)

میزان مصرف آب در واحد تعمیر چاه:

آب مصرفی برای کشتن چاه

میزان مصرف آب در واحد تعمیر چاه:

آب مصرفی برای تهیه سیال حفاری، فرآیند اسیدکاری، شکاف‌دهی هیدرولیکی و کشتن چاه

با توجه به فرآیندهای آب‌بر نامبرده، برای به دست آوردن تقاضای آب ویژه باید به روش‌های مختلف استخراج و تولید و همچنین روش‌های متفاوتی که برا بازیابی فشار چاههای نفتی تکامل‌یافته مورد استفاده قرار می‌گیرد، توجه داشت که متأسفانه در این ارتباط اطلاعات دقیق و ثبت شده‌ای در کشور و وزارت و شرکت نفت وجود ندارد. لذا تلاش شد با مروری بر مطالعات صورت‌گرفته در سراسر جهان و توجه به تفاوت در تکنولوژی‌های مختلف، تقاضای آب ویژه براساس شرایط مشابه و طبق نظر مشورتی کارشناسان نفت، استخراج و مورد استفاده قرار گیرد که نتایج آن در ادامه مقاله آورده می‌شود. سایر داده‌های مورد نیاز از بانک مرکزی، وزارت نفت و مرکز آمار ایران اخذ شده است.

برای تحلیل دقیق‌تر اهمیت مدیریت تجارت آب مجازی بخش نفت کشور، در ادامه مطالعه ارزش افزوده حاصل شده از هر متر مکعب آب مجازی صادر شده در قالب نفت (که از تقسیم ارزش دلاری و ریالی صادرات بر حجم آب نهفته در نفت به دست آمده) با هزینه فرصت تخصیص جایگزین آب در کشور (ارزش آب صنعتی براساس مطالعات انجام‌شده قبلی) مقایسه شده است.

همچنین با توجه به اهمیت بحث ارتقای بهره‌وری آب و از آنجا که کاهش محتوای آب مجازی و ارتقای بهره‌وری آب دو روی یک سکه هستند، در قالب سه سناریو، اثر کاهش ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصدی حجم مصرفی آب در فرآیند تولید نفت بر محتوای آب مجازی محاسبه‌شده و هزینه فرصت ریالی صرفه‌جویی ناشی از آن ارائه گردیده است.

٤. نتایج و یافته‌ها

برای برآورد تقاضای آب ویژه صنعت نفت در بخش استخراج و تولید، همان‌طور که بیان شد از میانگین این مقادیر در مطالعات مرتبط استفاده شده است که در جدول ذیل نشان داده شده است.

جدول ۱. تقاضا آب ویژه نفت براساس مطالعات مختلف (لیتر به ازای هر بشکه)

سایت عملیات	سال	مصرف آب به لیتر به ازای هر بشکه نفت
کلورادو، یوتا و ویومیگ[1]	۲۰۰۸	۳۹۳/٤۸
ایالات متحده آمریکا[2]	۲۰۰۸	۲٤۲/۲٦
کولد لیک[3]	۲۰۰٦	۲۳۸/٤۸
میدان کرن ریور[4]	۲۰۰۵	۱۰۷۳/۱٦
میانگین		٤۸٦/۸۵

منبع: مطالعات انجام‌شده و محاسبات تحقیق

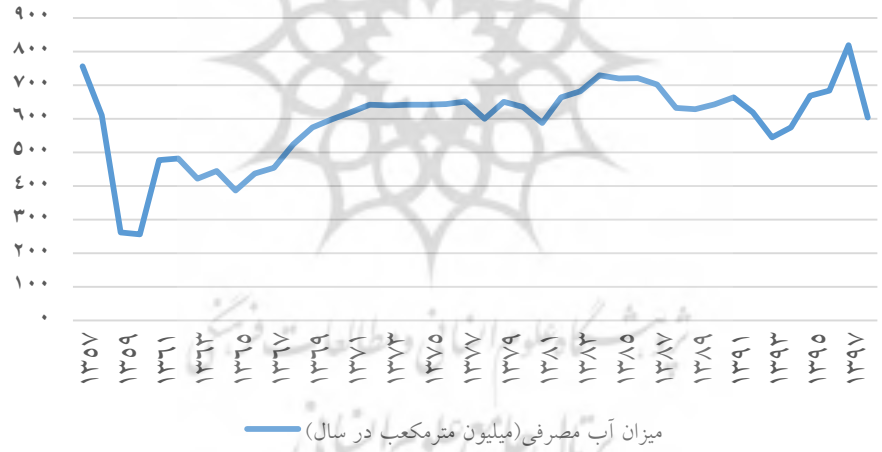
بر طبق گزارش منتشرشده در سال ۲۰۰۸ توسط دفتر مدیریت زمین[5] آمریکا در ایالات یوتا، کلورادو و ویومینگ برای استخراج نفت از سطح زمین و میادین نفتی به ازای استخراج هر بشکه نفت به طور متوسط به ۳/۳ بشکه آب نیاز است که این مقدار با ۳۹۳/۴۸ لیتر آب برای هر بشکه نفت برابر می‌باشد. همچنین براساس آماری که در سال ۲۰۰۶ توسط مجله نفت گاز[6] در آمریکا منتشر شد در آمریکا به طور میانگین برای عملیات بازیابی در خشکی برای ۱۴۶ میلیون گالن نفت خام نیاز به تزریق ۱۱۷۱ میلیون گالن آب می‌باشد که با روش میانگین وزنی که بین روش‌های گوناگون بازیابی گرفته شده است به طور میانگین برای استخراج هر گالن نفت به ۸ گالن آب نیاز است. این مقدار به ازای هر بشکه نفت برابر با ۲۴۲/۲۶ لیتر می‌باشد. والدرون (۲۰۰۵) نیز در مقاله خود بیان کرد که در منطقه رودخانه کرن[7] نرخ مصرف آب برابر با ۹ بشکه آب در ازای تولید هر بشکه نفت

1. Colorado, Utah, Wyoming
2. USA.
3. Cold Lake
4. Kern River Field
5. BLM (Bureau of Land Management)
6. Oil and Gas Journal
7. Kern River

است که برابر با ۱۰۳۷/۱۶ لیتر آب برای تولید هر بشکه نفت می‌باشد. بر طبق گزارش پایگاه اطلاعاتی هارت انرژی[1] در منطقه کولد لیک[2] برای هر بشکه نفت خام نیاز به حدود ۲ بشکه آب است که این میزان برابر با ۲۳۸/۴۸ لیتر آب برای هر بشکه نفت می‌باشد. در مجموع، برای استخراج هر بشکه نفت خام با توجه به مطالعات متعدد صورت‌گرفته به‌طور میانگین ۴۸۶/۸۵ لیتر آب مورد نیاز می‌باشد. بخش عمده مصرف آب در مرحله عملیات مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مقادیر براساس شرایط خاص در سایت‌های استخراج پیش‌بینی شده است. با استفاده از این مقدار و با در نظر گرفتن میزان استخراج نفت در میادین نفتی کشور، می‌توان مقدار آب مصرفی در فرآیند استخراج نفت خام را برآورد کرد.

با توجه به مقدار تولید نفت خام از سال ۱۳۵۷تا سال ۱۳۹۸ و مقدار تقاضای آب ویژه، مقدار آب مصرفی در فرآیند تولید نفت خام در هر سال محاسبه شد (نمودار ۳).

نمودار ۳. میزان آب مصرفی در فرآیند تولید نفت خام سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۵۷



منبع: محاسبات تحقیق.

با توجه به محاسبات انجام‌شده و روش‌شناسی این مطالعه، طی برنامه‌های توسعه ایران، مقدار آب مجازی بخش استخراج و تولید نفت ایران به شرح زیر می‌باشد:

1. Hart Energy
2. Cold Lake

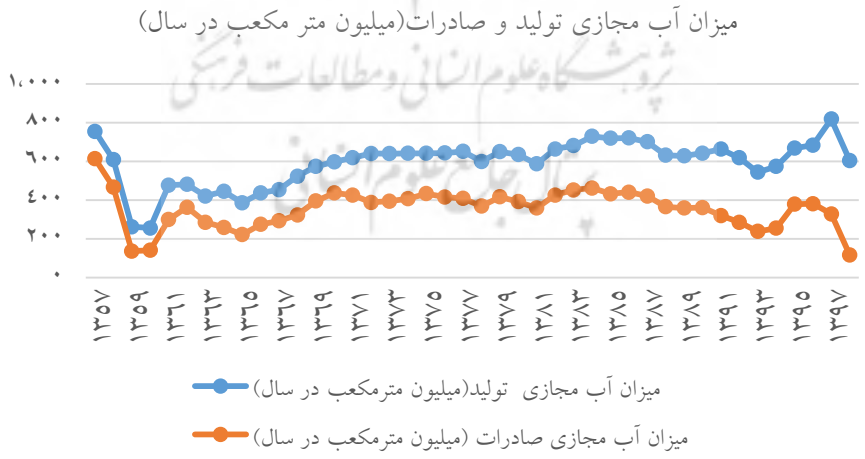
جدول ۲. مقدار تولید و صادرات نفت و مصرف آب در طی برنامه‌های توسعه

سال	میزان تولید نفت خام (هزار بشکه در روز)	میزان صادرات نفت خام (هزار بشکه در روز)	میزان آب مصرفی در فرآیند تولید (میلیون متر مکعب در سال)
برنامه اول (۱۳۷۲-۱۳۶۸)	۳/۳۷۳	۲/۲۱۸	۵۹۹
برنامه دوم (۱۳۷۸-۱۳۷٤)	۳/۵۷۷	۲/۲۹۰	٦۳٦
برنامه سوم (۱۳۸۳-۱۳۷۹)	۳/٦۲۲	۲/۳۰٤	٦٤٤
برنامه چهارم (۱۳۸۸-۱۳۸٤)	۳/۹٤٤	۲/۳۸۸	۷۰۱
برنامه پنجم (۱۳۹٤-۱۳۹۰)	۳/٤٤٤	۱/۷۰۷	٦۱۲
برنامه ششم (۱۳۹۸-۱۳۹٦)	۳/۹۰۵	۱/٦۹٤	٦۹٤

منبع: محاسبات تحقیق

براساس نتایج جدول ۲، متوسط مصرف آب در فرآیند تولید در برنامه‌های توسعه سالانه حدود ۶۳۶ میلیون متر مکعب بوده است. این در حالی است که در طی برنامه‌های توسعه متوسط تولید نفت خام در کشور نزدیک به سه میلیون و پانصد و هشتاد هزار بشکه بوده است. همچنین متوسط حجم صادراتی نفت خام در طی برنامه‌های توسعه مورد بررسی نیز نزدیک به دو میلیون و صد و هفتاد هزار بشکه در روز بوده است که در پی صادرات این حجم از نفت خام در هر برنامه، به طور میانگین سالانه حدود ۳۸۵ میلیون متر مکعب آب به صورت مجازی از کشور خارج شده است.

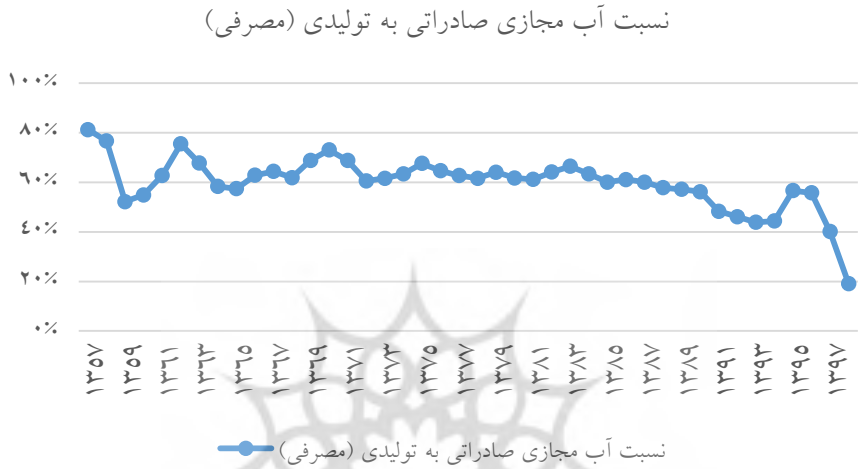
نمودار ٤. مقدار آب مجازی تولید و صادرات نفت در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۵۷



منبع: محاسبات تحقیق

براساس یافته‌های مطالعه، نسبت مقدار آب مجازی صادراتی نفت خام به کل آب مجازی فرآیند تولید طی دوره ۱۳۹۸-۱۳۵۷ حدود ۶۰ درصد می‌باشد که روند تغییر آن در دهه‌های گذشته در نمودار زیر نشان داده شده است.

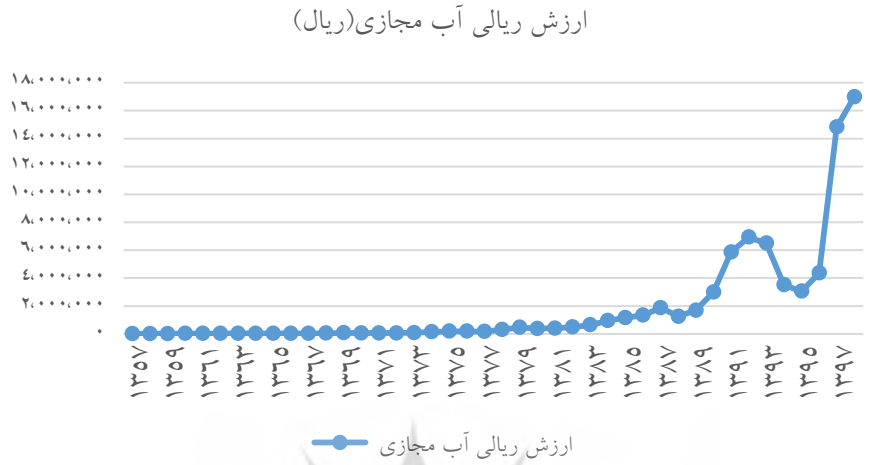
نمودار ۵. نسبت آب مجازی صادراتی به تولید در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۵۷



منبع: محاسبات تحقیق

ارزش ریالی آب مجازی به این معنی است که هر متر مکعب آب که طی صادرات نفت به صورت مجازی از کشور خارج می‌شود، چه میزان ارزش دارد. برای محاسبه این مقدار، حجم صادرات نفت به ریال بر میزان آب مجازی صادرشده در قالب نفت تقسیم می‌شود. ارزش ریالی آب مجازی رابطه مستقیمی با مفروضات تقاضای آب ویژه دارد. لذا با توجه به مطالعات جدول ۱، برای برآورد ارزش ریالی آب مجازی، از حداقل، حداکثر و میانگین تقاضای آب ویژه استفاده شد. حداقل مقدار تقاضای ویژه آب در مطالعات ۲۳۸/۴۸ لیتر به ازای هر بشکه نفت خام است که ارزش ریالی آب مجازی در این حالت برابر با ۳,۷۵۱,۵۹۷ ریال به ازای هر متر مکعب است. همچنین حداکثر مقدار تقاضای ویژه آب در مطالعات برابر با ۱۰۷۳/۱۶ لیتر آب به ازای هر بشکه نفت است که در این حالت نیز ارزش ریالی آب مجازی برابر با ۸۳۳۶۸۸ ریال به ازای هر متر مکعب خواهد شد. همچنین ارزش ریالی آب مجازی با میانگین مقدار تقاضای ویژه آب مجازی در نظر گرفته شده برابر با ۱۸۳۷۷۰۱ ریال به ازای هر متر مکعب است.

نمودار ٦. ارزش ریالی صادراتی آب مجازی بخش نفت در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۵۷



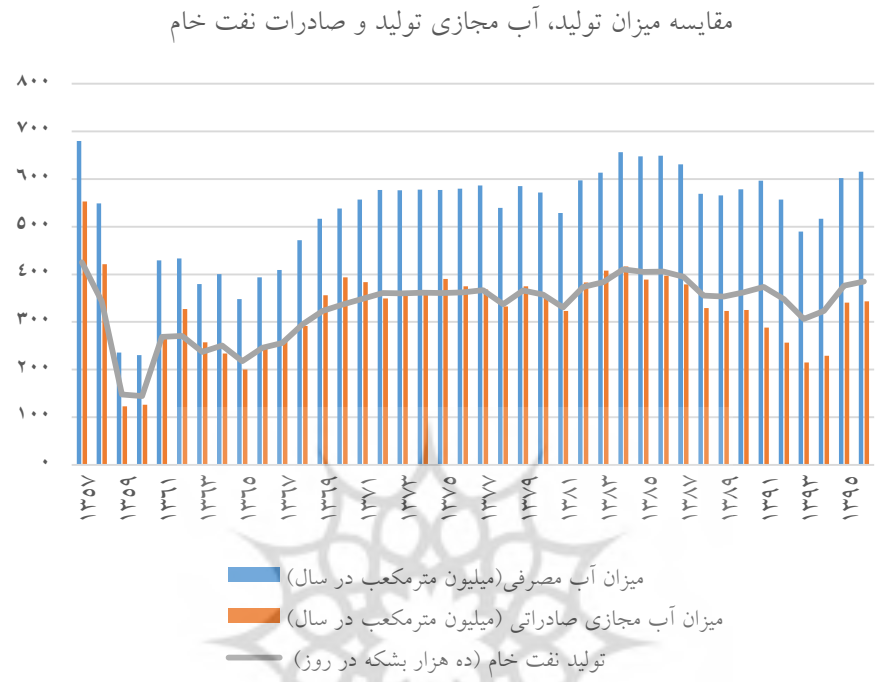
منبع: محاسبات تحقیق

به منظور مقایسه ارزش افزوده آب مجازی صادراتی در بخش نفت، ارزش محاسبه‌شده برای هر متر مکعب آب با ارزش اقتصادی آب در مصارف صنعت ایران (تهامی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷) و همچنین ارزش اقتصادی آب آشامیدنی خانگی (زارع‌پور و همکاران، ۱۳۹۰)، مقایسه گردید. نتایج این مقایسه نشان داد که ارزش ریالی آب مجازی نفت به طور متوسط به ازای هر متر مکعب ۱۸۳۷۷۰۱ ریال به دست آمد متوسط ارزش اقتصادی آب در مصارف صنعتی و خانگی طبق منابع ذکرشده به ترتیب ۸۷۳۴۷ و ۱۲۵۰۰۰ ریال به ازای هر متر مکعب می‌باشد. بنابراین، می‌توان به این نتیجه دست یافت که ارزش صادراتی آب مجازی در صنعت نفت از ارزش آب صنعتی و خانگی به مراتب بیشتر است.

همان‌طورکه بیان شد، برای مواجهه با چالش‌های محدودیت منابع آب در صنعت نفت ایران، بهبود فرآیند استخراج و تولید و افزایش بهره‌وری مصرف آب در این بخش راهکار مؤثر و مناسبی است. به همین منظور برای نشان دادن تأثیر تغییر در بهره‌وری از تحلیل حساسیت در قالب سه سناریو استفاده شده است که نتایج آن در ادامه آورده می‌شود.

در سناریو اول، میزان تقاضای آب ویژه در فرآیند استخراج و تولید نفت به مقدار ۱۰ درصد کاهش پیدا می‌کند که درنتیجه افزایش ۱۰ درصدی بهره‌وری است.

نمودار ۷. مقایسه میزان تولید، آب مصرفی و آب مجازی صادراتی در سناریوی اول

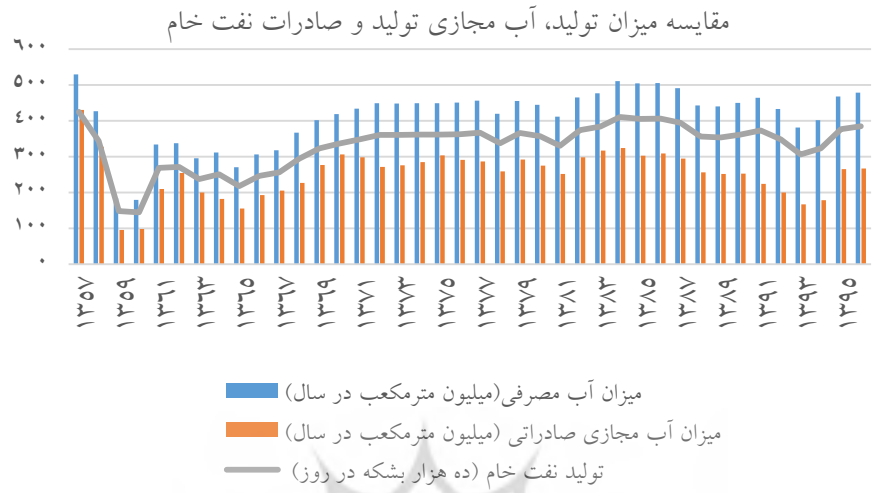


منبع: محاسبات تحقیق

نمودار ۷ نشان می‌دهد با افزایش ۱۰ درصد در بهره‌وری مصرف آب، حدود ۶۰ میلیون متر مکعب آب در بخش تولید و حدود ۳۵/۶ میلیون متر مکعب در بخش صادرات صرفه‌جویی می‌شود.

در سناریو دوم، میزان تقاضای آب ویژه در فرآیند استخراج و تولید نفت به مقدار ۳۰ درصد کاهش پیدا می‌کند که درنتیجه افزایش ۳۰ درصدی بهره‌وری است. در پی این تغییر میزان آب مصرفی و آب مجازی صادرتی در تولید و صادرات نفت خام ایران از سال ۱۳۵۷ تا سال ۱۳۹۸ در نمودار ۸ مشخص شد.

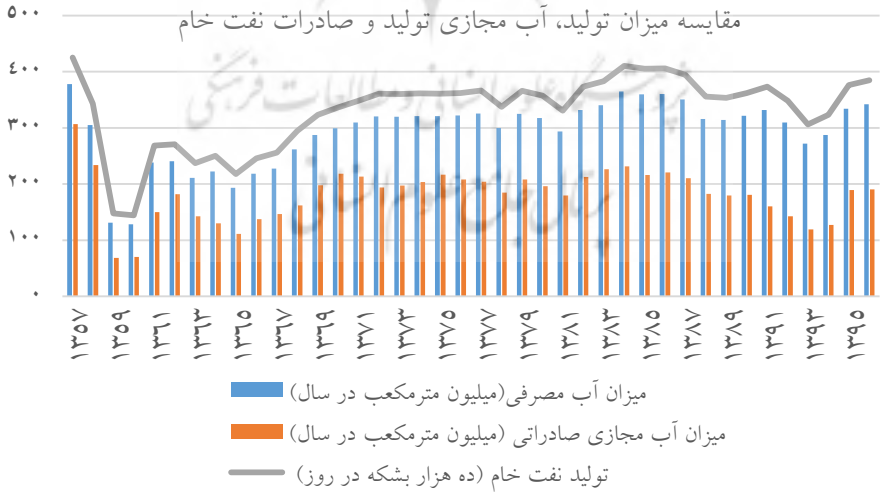
نمودار ۸. مقایسه میزان تولید، آب مصرفی و آب مجازی صادرات نفت خام در سناریوی دوم



منبع: محاسبات تحقیق

نمودار ۸ نشان می‌دهد با کاهش ۳۰ درصدی تقاضای آب ویژه میزان آب ذخیره‌شده در تولید نفت خام برابر با ۱۶۰ میلیون متر مکعب و در صادرات آن ۹۶/۵ میلیون متر مکعب در سال خواهد بود. در سناریو آخر، میزان تقاضای آب ویژه در فرآیند استخراج و تولید نفت به مقدار ۵۰ درصد کاهش پیدا می کند که درنتیجه افزایش ۵۰ درصدی بهره‌وری است.

نمودار ۹. مقایسه میزان تولید، آب مصرفی و آب مجازی صادرات نفت خام در سناریوی سوم



منبع: محاسبات تحقیق

اگر فرآیند مصرف آب کاملاً بهینه شود و تقاضای آب ویژه ۵۰ درصد کاهش پیدا کند، می‌توان سالانه به طور متوسط بیش از ۲۴۰ میلیون متر مکعب آب ذخیره کرد و از خروج بیش از ۱۴۵ میلیون متر مکعب آب از کشور جلوگیری کرد و از آن در فعالیت‌های اقتصادی دیگر یا افزایش حجم برداشت از منابع نفتی استفاده نمود.

همچنین مقدار ارزش صادراتی هر متر مکعب آب مجازی صادر شده در صادرات نفت را در ازای تغییرات تا ۵۰ درصد در تقاضای آب ویژه مورد بررسی قرار گرفته است. هر چه بهره‌وری مصرف آب بیشتر باشد مصرف آب در فرآیند استخراج و تولید نفت خام کمتر می‌شود و درنتیجه ارزش آب صادرشده همراه نفت بالاتر می‌رود. با کاهش ۱۰درصد در میزان تقاضای آب ویژه، ارزش آب مجازی به مقدار ۲۰۴۱۸۹ ریال بر متر مکعب افزایش می‌یابد، با کاهش ۳۰ درصدی تقاضای آب ویژه میزان تغییر ارزش آب مجازی صادراتی نسبت به حالتی که بهره‌وری بهبود نیافته، بیش از ۵۸۳۳۹۸ ریال بر متر مکعب افزایش پیدا می‌کند به ارزش ۲۶۲۵۲۸۷ ریال به ازای هر متر مکعب می‌رسد و همچنین می‌توان با بهینه کردن فرآیند مصرف آب و کاهش دادن تقاضای آب ویژه تا ۵۰ درصد، ارزش اقتصادی آب مجازی صادرشده به همراه نفت را تا حدود ۷۳ درصد افزایش داد و مقدار آن را به مبلغ ۳۶۷۵۴۰۱ ریال بر متر مکعب افزایش داد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به افزایش روزافزون تقاضا برای انرژی و کاهش منابع آب شیرین در بسیاری از کشورها و مناطق مختلف دنیا، علی‌الخصوص منطقه خاورمیانه که عمدهٔ منابع انرژی و سوخت جهان در آن قرار دارد و همچنین با استرس شدید منابع آبی نیز روبه‌رو است، پرداختن به موضوع بحران آب، دنبال کردن شبکه ردپای آب و آب مجازی در بخش انرژی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این موضوع برای کشور ایران که به دلایل ژئوپلتیکی و امنیتی، برخی از صنایع انرژی در مرکز کشور و مناطقی که آب کمی دارا است واقع شده است و بحث کم‌آبی نیز از مهم‌ترین مسائل می‌باشد این موضوع بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

به بیان دیگر، تولید همه کالاها به آب احتیاج دارد و انتقال آب در حجم زیاد و در فاصله‌های طولانی، به علت مشکلات انتقال و هزینه‌های بالای آن، تقریباً غیر ممکن است.

در این حالت تجارت محصولات و خدمات می‌تواند با انتقال مجازی حجم عظیمی از آب، به عنوان همگون‌سازی توزیع ناهمگون منابع آب محسوب شود. به این ترتیب نگاه به مقوله آب با دیدگاه جدیدتری با عنوان «آب مجازی» و «ردپای آب» مطرح می‌گردد. به عبارتی آب مجازی معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از شروع تا پایان است. با این دیدگاه، تجارت انواع کالاها را می‌توان به عنوان تجارت آب نیز در نظر گرفت به این صورت که هر محصول تولید شده در هر نقطه‌ای از جهان با خروج از آن نقطه به عنوان صادرات، میزان آبی که در مراحل تولید استفاده کرده را با خود می‌برد و در شرایطی که کالا وارد می‌شود همان میزان آب را به صورت مجازی وارد می‌کند.

با بررسی‌های انجام‌شده بر روی مطالعات مختلف پیرامون موضوع آب مجازی و تجارت آن، و همچنین روش‌های استخراج و تولید نفت خام مطابق با استانداردهای جهانی، با استفاده از روش رهیافت فنی ـ پایه محاسبه مقدار آب مجازی تولید نفت نفت خام ایران در این مطالعه به دست آمد. در این روش با استناد به پژوهش‌های صورت‌گرفته در گذشته، ابتدا مقدار تقاضای آب ویژه برآورد شد. سپس با توجه به حجم تولیدات نفت خام در سال‌های مورد نظر که در این گزارش مقدار تولید نفت از سال ۱۳۵۷ تا سال ۱۳۹۸ مورد بررسی قرار گرفته است، مقدار آب مجازی در فرآیند تولید این محصول محاسبه شد. مطابق با محاسبات صورت گرفته مقدار متوسط آب مجازی سالانه در فرآیند تولید نفت خام هر سال برابر با ۵۹۴ میلیون متر مکعب می‌باشد. این در رقم با در نظر گرفتن متوسط تولید ۳۳۴۰ هزار بشکه نفت در روز برای هر سال است.

براساس داده‌های گذشته تولید و صادرات نفت خام ایران، بعد از برآوردن نیاز داخلی به این محصول، به طور میانگین هر سال در حدود ۶۰ درصد از حجم کل تولیدات نفت از کشور صادر می‌شود. لازم به ذکر است که مقاصد اصلی صادراتی نفت ایران اروپا، آسیا و خاوردور، ژاپن و آافریقا است. بنابراین ۶۰ درصد از آب مجازی تولید نفت خام پس از خروج از کشور وارد این مناطق می‌شود. مطابق با محاسبات صورت گرفته به طور متوسط سالانه ۳۵۶ میلیون مترمکعب آب به صورت مجازی و در پی صادرات نفت خام از کشور خارج شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده در راستای بهبود تجارت آب مجازی به نفع ایران، افزایش ارزش افزوده آب مجازی و بهبود منابع آب کشور به واسطه تجارت نفت، افزایش

بهره‌وری مصرف آب در فرآیند استخراج و تولید نفت خام از پیشنهادات بسیار مهم در این زمینه می‌باشد. با بررسی‌های انجام‌شده، این نتیجه حاصل می‌شود که تجارت نفت از منظر آب مجازی یک فعالیت اقتصادی مقرون به صرفه است. بنابراین صادرات نفت خام علاوه بر ارزآوری که برای اقتصاد کشور دارد، در بحث آب مجازی نیز فعالیتی مفید است. درنتیجه برای مدیریت منابع آبی کشور و بحران‌های پیش‌رو در این بخش، می‌توان با اصلاح فرآیندهای تولید و بروزرسانی تجهیزات، تأسیسات و روش‌های مورد استفاده، بهره‌وری آب در این بخش را بسیار بالا برد تا مصرف آب به صورت بهینه در این بخش صورت گیرد. سپس آب ذخیره‌شده، این منبع ارزشمند، وارد فرآیند استخراج شود تا به کمک آن بتوان تولید از چاههایی که مدت بیشتری از عمر آن‌ها می‌گذرد و دچار افت فشار شده‌اند را افزایش داد و یا در فعالیت‌های دیگری که ارزش افزوده بالایی دارند از آن استفاده نمود. با بهبود فرآیند تولید و افزایش راندمان مصرف آب در این بخش علاوه بر کاهش چشمگیر مصرف آب و درنتیجه آن ذخیر حجم بسیار زیادی از منابع آن، همچنین ارزش افزوده آب در تولید و صادرات آب نیز افزایش پیدا خواهد کرد.

٦. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Morteza Tahamipour Zarandi https://orcid.org/0000-0001-9109-5153

Sidamin Azimi https://orcid.org/0000-0002-2673-5924

۷. منابع

ابراهیمی، الهام؛ طالبیان شریف، محمدرضا؛ انصاری، محمد؛ فرشته‌پور، محمد؛ دربان مقامی، علی؛ و قیصری، علیرضا. (۱۳۹۹). بررسی وضعیت تجارت آب مجازی در استان خراسان رضوی. هشتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران. مشهد.

باغستانی، علی‌اکبر؛ مهرابی بشرآبادی، حسین؛ زارع مهرجردی، محمدرضا و شرافتمند، حبیبه. (۱۳۸۹). کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آب ایران. *تحقیقات منابع آب ایران*، سال ششم. شماره ۱، صفحات ۳۸-۲۸.

تهامی‌پور زرندی، مرتضی؛ خزایی، علیرضا و کولیوند، فتانه. (۱۳۹۸). تحلیل نظام تعرفه و ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت ایران. *آب و توسعه پایدار*، شماره ۶(۳)، صفحات ۳۰-۱۹.

تهامی‌پور، مرتضی؛ صلاح، عباس و عرب مازار، عباس. (۱۳۹۴). الگوی تجارت آب مجازی در فعالیت‌های اقتصادی استان گیلان: کاربرد جدول داده ـ ستانده گسترش‌یافته. *علوم محیطی*، دوره ۱۳ (۳)، صفحات ۵۰-۳۵.

حسینی، بابک. (۱۴۰۰). استراتژی ملی مدیریت منابع آب با رویکرد آب مجازی. دوازدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست، شیروان.

خوش‌رفتار، رضا؛ عساکره، حسین و غفوری، کژال. (۱۳۹۸). جایگاه آب مجازی در مدیریت منابع آب. *رشد آموزش جغرافیا*. دوره سی‌وسوم، شماره ۳، بهار ۱۳۹۸.

رنجبر، احسان و فتوکیان، محمدرضا. (۱۳۹۴). بررسی روند صادرات و واردات آب مجازی در ایران. کنفرانس بین‌المللی علوم. مهندسی و فناوری‌های محیط زیست. تهران.

زارع‌پور، زهرا؛ تهامی‌پور، مرتضی و شاوردی، علی‌رضا. (۱۳۹۰). تعیین ارزش اقتصادی آب شرب: کاربرد روش‌های ارزشگذاری مشروط و قیمت بازار. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران.

سیدمشهدی، پردیس‌السادات؛ قلم‌باز، فرهاد و اسفندیاری، علی‌اصغر. (۱۳۹۰). اهمیت صنعت نفت در ایجاد تولید و اشتغال در اقتصاد ایران و تأثیر آن بر سایر فعالیت‌های اقتصادی. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، سال اول بهار ، شماره ۲، صفحات ۱۶۲-۱۳۳.

صافی، رامین و میرلطیفی، سیدمجید. (۱۳۹۴). ارزیابی وضعیت کشت نیشکر در استان خوزستان از دیدگاه آب مجازی. *فصلنامه علمی ـ پژوهشی مهندسی منابع آب*، شماره ۸(۲۵)، صفحات ۹۶-۸۷.

قدوسی، حامد و داوری، حامد. (۱۳۹۵). تحلیل انتقادی آب مجازی از منظر سیاست‌گذاری. *نشریه آب و توسعه پایدار*، شماره ۳(۱).

موسوی، سیدنعمت‌اله؛ اکبری، سیدمحمدرضا؛ سلطانی، غلامرضا و زارع مهرجردی، محلا. (۱۳۸۸). آب مجازی: راهکاری نوین در جهت مقابله با بحران آب. همایش ملی مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی ـ مرودشت.

References

Allan, J. A. (1998). Fortunately, There Are Substitutes for Water Otherwise Our Hydro-Political Future Would Be Impossible. Priorities for water resources allocation and management. London: ODA, 13-23.

Allan, J. A. (1998). Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits, *Ground Water*, Vol. 36, pp. 545-546.

Baghestani, A. A., Mehrabi Beshrabadi, H., Zare Mehrjardi, M. and Sherafatmand, H. (2010). The application of the concept of virtual water in the management of Iran's water resources. *Iran water resources research*, 6(1), pp. 28-38. [In Persian]

Carmona, L. G. (2015). Water Footprint for Heavy Oil Extraction in Colombia: Relationship Between Oil and Water. Paper presented at the SPE E&P Health, Safety, Security and Environmental Conference-Americas, Denver, Colorado, USA, March 2015. doi:https://doi.org/ 10.2118/173552-MS

Carmona, L.G. Whiting, K. and Carrasco, A. (2017). The Water Footprint of Heavy Oil Extraction in Colombia: A Case Study. *Water*, Vol. 9(5), pp.340. https://doi.org/10.3390/w9050340

Ding, J. L. Jianxin Y. and Bin L. (2018). Water footprints of energy sources in China: Ning Exploring options to improve water efficiency. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 174, pp. 1021-1031.

Ebrahimi, E. Talebian Sharif, M., Ansari, M. Fereshtapour, M. Daryanmaghami, A. and Kayseri, A. (2019). Investigating the status of virtual water trade in Razavi Khorasan province. *The 8th National Conference of Iran's Water Resources Management. Mashhad*. [In Persian]

Hart E. (2006). In Situ Production Technologies. published as a supplement to Hart Energy publications *E&P Magazine and Oil and Gas Investor*. July. Available at http://www.heavyoilinfo.com/feature_items/e-p_heavyoil_article-1.pdf/download

Hosseini, B. (1400). National water resource management strategy with virtual water approach. The 12th National Conference on Urban Planning, Architecture, *Civil Engineering and Environment*, Shirvan. [In Persian]

Khoshraftar, R. Asakreh, H. and Ghafouri, K. (2018). The role of virtual water in water resources management. *The growth of geography education.* Volume 32, Number 3, Spring 2018. [In Persian]

Mousavi, S. Akbari, s., Soltani, Gh. and Zare Mehrjardi, M. (2009). Virtual water: a new solution to deal with the water crisis. *National Conference on Water Crisis Management*, Islamic Azad University-Maroodasht. [In Persian]

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

Ranjbar, E. and Fatukian, M. (2014). Investigating the export and import trend of virtual water in Iran. International Science Conference. *Environmental engineering and technologies*. Tehran. [In Persian]

Safi, R. and Mirlatifi, Si. (2014). Assessing the status of sugarcane cultivation in Khuzestan province from the point of view of virtual water. *Scientific-Research Quarterly of Water Resources Engineering*. 8(25), pp. 96-87. [In Persian]

Schwarz, j., Mathijs, E. and Maertens, M. (2019). A dynamic view on agricultural trade patterns and virtual water flows in Peru. *Science of The Total Environment*, Vol.683, pp. 719-728.

Seyyed Mashahdi, P., Ghalambaz, F. and Esfandiari, A. (2011). The importance of the oil industry in creating production and employment in Iran's economy and its impact on other economic activities. *Economic growth and development research*, first year of Bahar, 2, pp. 133-162. [In Persian]

Tahamipour Zarandi, M., Khazaei, A. and Kolivand, F. (2018). Analysis of the tariff system and the economic value of water in Iran's industrial sector. *Water and Sustainable Development*, No. 6(3), pp. 19-30. [In Persian]

Tahamipour, M., Salah, A. and Arab Mazar, A. (2014). The pattern of virtual water trade in the economic activities of Gilan province: the application of the extended data-output table. *Environmental Science*, Volume 13(3), pp. 35-50. [In Persian]

Zarepour, Z., Tahamipour, M. and Shawardi, A. (2011). Determining the economic value of drinking water: the application of conditional valuation methods and market price. *The 4th Iran Water Resources Management Conference, Tehran.* [In Persian]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد به این مقاله: تهامی‌پور زرندی، مرتضی، عظیمی، سیدامین. (۱۴۰۰). ارزیابی و تحلیل تجارت آب مجازی در بخش نفت ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴۱ (۱۱)، ۶۱-۸۴.

Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.