

ارزیابی شاخص راندمان ذخیره آب در ایران و عراق در تجارت آب مجازی با ترکیه

نرگس خاتون دولت آبادی^۱، محمدابراهیم بنی حبیب^{۲*}، عباس روزبهانی^۳، اونا چتین^۴

۱. دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۲. استاد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۳. دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۴. استاد دانشگاه دجله - ترکیه

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۲/۳۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۰۶/۲۷)

چکیده

واردات محصولات کشاورزی می‌تواند یکی از استراتژی‌های کارآمد برای ذخیره آب در ایران و عراق باشد. بنابراین، تجارت آب مجازی به کاهش فشار بر منابع آب در این دو کشور منجر خواهد شد. در پژوهش حاضر دو استان الازیگ و دیاربکر که سرچشمه رودهای مهم دجله و فرات در کشور ترکیه هستند، به عنوان مبدأ تجارت آب مجازی از ترکیه به ایران و عراق انتخاب شده است. در مطالعه حاضر، میزان تجارت آب مجازی از استان یادشده به روش جریان تجارت کالا به کشورهای ایران و عراق طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۱۸ بررسی شده است. پژوهش حاضر با ارائه شاخص راندمان ذخیره آب نشان داد واردات گندم و عدس به ترتیب به طور متوسط ۳/۲ و ۲/۱ منابع آب در ایران و ۳/۱ و ۲/۰ منابع آب در عراق ذخیره می‌کند. از سوی دیگر، مصرف آب در بالادست حوضه برای تولید محصولات کشاورزی به مشکلات زیست‌محیطی در پایین‌دست حوضه منجر شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد گرچه واردات محصولات از ترکیه به ایران و عراق موجب ذخیره منابع آب در این دو کشور خواهد شد، با توجه به حوضه مشترک دجله و فرات، سیاست‌های تجاری باید براساس ذخیره‌سازی آب در کل حوضه شکل گیرند. رویکرد ارائه‌شده در مطالعه حاضر می‌تواند سبب بهبود سیاست‌های تجاری در منطقه و توجه به آثار این تجارت‌ها بر منابع آب و محیط زیست شود و همچنین به شکل‌گیری سیاست‌های تجاری براساس ذخیره‌سازی منابع آب از طریق تبادل آب مجازی در جهان منجر شود.

کلیدواژگان: تجارت آب مجازی، دجله و فرات، شاخص راندمان ذخیره آب.

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان، فشار بر منابع آب شیرین افزایش یافته است. کمبود ظرفیت سازگاری اجتماعی برای مقابله با کمبود آب، موقعیت‌های بسیار جدی مناقشه و ناامنی را در جهان ایجاد می‌کنند [۱]. از سوی دیگر، آب عامل مهمی برای توسعه پایدار است و باید در کنار دیگر عوامل محیطی و اجتماعی مانند دسترسی به زمین و زیرساخت‌های محلی در سیاست‌گذاری‌های منطقه‌ای و ملی مورد توجه قرار گیرد [۲]. در دهه‌های اخیر، یکی از استراتژی‌های کشورهای به وضعیت آب و هوایی دشوار، کاهش تولید محصولات کشاورزی بوده است، که به استراتژی مشترک واردات کالای آب‌بر برای کاهش فشار بر منابع داخلی آب، منجر شده است [۳]. در حالی که کشاورزی بزرگ‌ترین تقاضا برای منابع آب را دارد، بنابراین امری بدیهی است که افزایش تولیدات کشاورزی سبب کمبود آب جهانی می‌شود [۴].

اثرگذاری غیر مستقیم بر منابع آب در جهان، امروزه بسیار قابل مشاهده است که کمتر به آن توجه می‌شود. این اثرگذاری غیر مستقیم از طریق تجارت جهانی رخ می‌دهد [۵]. با توجه به اینکه تجارت بین‌المللی در دهه‌های گذشته به طور درخور توجهی در حال رشد است، برای حفاظت از منابع آب، ساختارهای صنعتی و سیاست‌های تجاری باید به گونه‌ای تنظیم شوند که به بهبود بهره‌برداری از آب بینجامند [۶]. خوشبختانه، تجارت آب مجازی^۱ به طور درخور توجهی می‌تواند بی‌ثباتی در منابع آب را کاهش دهد [۷].

ارزیابی تأثیر تجارت مواد غذایی بر منابع آب با در نظر گرفتن مفاهیم آب مجازی و رد پای آب امکان‌پذیر است. Allan (۱۹۹۶) برای نخستین بار مفهوم «آب مجازی» را معرفی کرد، که به عنوان منابع آب تعبیه‌شده در محصول تعریف شده است [۸]. این مفهوم برای کشف جریان‌های بین‌المللی آب مجازی مربوط به تجارت محصولات کشاورزی استفاده شده است [۹]. به این منظور، در پژوهش Chapagain و همکاران (۲۰۰۶) بیان شد که با تولید محصولات در مناطق با منابع آب غنی و تجارت آن به مناطق با منابع آب ضعیف، می‌توان حدود ۶ درصد آب استفاده‌شده در بخش کشاورزی را ذخیره کرد [۱۰]. در حقیقت، چون منابع آب در فرایند تولید کالاها مصرف می‌شوند، جریان‌های مجازی منابع آب از طریق تبادل

محصولات، جریان می‌یابند [۱۱]. در نتیجه، توجه به مفهوم آب مجازی سبب ارتقای فناوری در سیستم‌های منابع آب می‌شود [۱۲]. بنابراین، از آنجا که تجارت آب مجازی دامنه استفاده از منابع آب منطقه‌ای را گسترش می‌دهد، می‌تواند نوعی انتخاب مهم استراتژیک برای استفاده پایدار از منابع آب باشد [۷].

برای ارزیابی اثربخشی آب در زمینه تجارت محصولات و یا بهره‌وری جریان آب مجازی، مفهوم «صرفه‌جویی در آب» پیشنهاد شد [۱۳]. جریان آب مجازی کارآمد است اگر محصولات از مناطق با بهره‌وری زیاد آب به مناطق با بهره‌وری کم آب فروخته شوند، در این صورت صرفه‌جویی در آب مثبت و کارآمد می‌شود و در غیر این صورت، جریان آب مجازی ناکارآمد خواهد بود و به کاهش منابع آب، منجر می‌شود [۱۳]. در واقع، با استخراج منابع طبیعی و تجارت محصولات تولیدشده از یک کشور به کشور دیگر، فشارهای زیست‌محیطی به جای کشور مصرف‌کننده بر کشور تولیدکننده وارد می‌شود [۱۴]. با این حال، به دلیل اینکه تجارت محصولات به طور کلی از مناطقی با منابع آب غنی صورت می‌گیرد، نتیجه آن صرفه‌جویی آب در سطح جهانی است [۱۵].

تجارت آب مجازی بهتر است به منظور ترویج صرفه‌جویی در مصرف آب در کشورهای خشک مورد توجه قرار گیرد [۱۶]. امنیت منابع آب در خاورمیانه و شمال آفریقا (منطقه منا) در حال حاضر به میزان درخور توجهی به واردات آب از طریق واردات مواد غذایی و دسترسی به آن از طریق تجارت بستگی دارد [۱۷]. چالش‌های فعلی و آینده در این منطقه از خاورمیانه، بیشتر مربوط به دسترسی به آب برای تولید مواد غذایی به دلیل نیاز زیاد بخش کشاورزی است. بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در این منطقه است [۱۷]. به‌رغم بهره‌وری کم مصرف آب در بخش کشاورزی، مصرف و تخصیص آب به بخش خانگی و صنعت در منطقه یادشده نسبت به کشاورزی بسیار کمتر است [۱۸]. در ضمن، بیشترین پتانسیل آبیاری زمین‌های کشاورزی منطقه یادشده، ترکیه، ایران و عراق است [۱۷]. در منطقه یادشده مسئله کمبود آب هنگام شکل‌گیری سیاست‌های اقتصادی به‌ندرت مورد توجه قرار می‌گیرد [۱۹]. تعیین جریان آب مجازی می‌تواند گزینه‌ای برای حل کمبود آب در منطقه

1. Virtual Water

هستند. در منطقه یادشده، پنبه معمولاً در کشاورزی تک‌کشت و یا در تناوب با گندم رشد می‌کند [۲۸]. به این منظور، در مطالعه‌ای بیان شده است که با تکمیل پروژه GAP در ترکیه، تولید گندم ۱۰۴ درصد و تولید پنبه ۳۳۸ درصد افزایش خواهد یافت [۲۹]. همچنین، در مطالعه‌ای میزان آب مجازی گندم در ترکیه برابر ۱۵۳۱ مترمکعب بر تن برآورد شده است [۳۰]. از سوی دیگر، نتایج مطالعه‌ای در یونان نشان داد هر جا پنبه تولید می‌شود، صادرات آب غالب است [۱۰]. در نتیجه، کاهش تقاضا برای تولید نساجی به طور درخور توجهی کاهش تقاضای آب در جهان و در نتیجه، کاهش رد پای جهانی آب را در پی خواهد داشت [۳۱]. همچنین، میزان آب مصرفی در فرایند تبدیل دانه‌های پنبه به پارچه و لباس، بسیار بیشتر از تولید پنبه است [۳۲]. حجم تبادلات زیاد پوشاک از ترکیه به کشورهای دیگر یکی از زنجیره‌های مهم ارزش در این کشور را ایجاد کرده است. یکی از محصولات مهم در صادرات آب مجازی از ترکیه به ایران، محصولات تولیدشده از پنبه است.

از آنجا که اقتصاد ترکیه بر مبنای کشاورزی و صادرات آن به کشورهای منطقه از جمله ایران و عراق بنا شده است، بررسی جریان آب مجازی و رد پای آب در این منطقه می‌تواند عامل مؤثری بر شکل‌گیری روابط تجاری متأثر از منابع آب باشد. رودخانه‌های دجله و فرات در منطقه خاورمیانه، از مهم‌ترین رودخانه‌های دنیا هستند که از استان‌های اازیگ و دیاربکر در ترکیه سرچشمه می‌گیرند. استان اازیگ در بخش پایین رودخانه فرات قرار دارد و رودخانه دجله نیز از جنوب استان اازیگ سرچشمه گرفته و وارد استان دیاربکر شده است. در استان‌های یادشده طی سال‌های اخیر با گسترش پروژه GAP مناطق کشاورزی تحت آبیاری به‌شدت توسعه یافته است [۲۷]. در مطالعه حاضر جریان آب مجازی از استان‌های دیاربکر و اازیگ در ترکیه که رودخانه‌های فرات و دجله از آنها سرچشمه می‌گیرند، برای محصولات کشاورزی به کشورهای ایران و عراق و همچنین صادرات تولیدات نساجی به ایران محاسبه شده است. به این منظور، در نظر گرفتن مفهوم آب مجازی می‌تواند ابزاری مفید در این منطقه باشد، زیرا به تحلیلگران اجازه می‌دهد با توجه به منابع موجود و ابزارهای مؤثر سیاسی تصمیم‌گیری کنند [۱۹]. هدف از تحقیق حاضر، برآورد میزان آب ذخیره‌شده در کشورهای ایران و عراق با آب و هوای

خاورمیانه ایجاد کند [۲۰]. بنابراین، تجارت مجازی آب می‌تواند به حفظ رشد اقتصادی مناطق درون حوضه کمک کند و فشار کمبود آب را کاهش دهد.

حجم آب مجازی یک محصول به عنوان مجموع کل مصرف آب شامل اجزای آب آبی و سبز است [۲۱]. منابع آبی شامل آبخوان‌ها، دریاچه‌ها و سدها می‌شود، در حالی که منابع آب سبز رطوبت موجود در خاک است که از طریق بارش‌های جوی به وجود می‌آید [۲۲]. با توجه به حجم بارش و وجود رودخانه‌های مهم دجله و فرات، کشاورزی در ترکیه براساس آب آبی و آب سبز بنا شده است. درخور یادآوری است که مقدار آب آبی در یک حوضه رودخانه، توسط جریان آب سبز (ریزش‌های جوی) در بالادست رودخانه تعیین می‌شود [۲۳]. مقدار استفاده از آب سبز از طریق عملکردهای اکوسیستم و استفاده از آب مصرفی در کشاورزی دیم تعیین می‌شود، در واقع تغییر در کاربری اراضی در بالادست این دو رودخانه بر میزان جریان آب سبز و همچنین بر موجودیت آب آبی در پایین‌دست حوضه تأثیر گذاشته است [۲۴]. در منطقه خاورمیانه ایران پس از مصر بزرگ‌ترین واردکننده آب سبز است، در حالی که در همین منطقه ترکیه حجم زیادی آب مجازی (آب سبز و آب آبی) صادر می‌کند. درخور یادآوری است که ترکیه بزرگ‌ترین سطح زیر کشت منطقه را دارد، بنابراین بزرگ‌ترین تولیدکننده محصولات کشاورزی است [۱۷]. افزایش ظرفیت مهار و انتقال آب در بخش جنوب شرقی آناتولیا^۱ با عنوان پروژه GAP^۲، توسط کشور ترکیه به منظور تأمین آب مورد نیاز برای کشاورزی و تولید انرژی اجرا شده است [۲۵]. به طور کلی، مهار منابع آب در بالادست حوضه رودخانه‌های دجله و فرات با گسترش کشاورزی در ترکیه به‌خصوص استان‌های دیاربکر و اازیگ، سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی و کاهش آب در کشورهای پایین‌دست شده است. در واقع، عدم مدیریت صحیح منابع آب‌های مشترک بین کشورهای ایران، عراق و ترکیه و همچنین نادیده گرفتن مسائل زیست‌محیطی در توسعه‌های زیربنایی در ترکیه، از دلایل مهم شکل‌گیری پدیده‌هایی همچون توفان گردوغبار هستند [۲۶]. بخش کشاورزی آبی، ۷۵ درصد از کل مصرف آب در ترکیه را به عهده دارد [۲۷]. در منطقه GAP، پنبه و گندم دو محصول اصلی زراعی

1. Anatolia
2. The Southeastern Anatolia Project (Turkish: Güneydoğu Anadolu Projesi, GAP)

[۳۶]. کاهش سطح تالابها متأثر از افزایش برداشت آب در بالادست رودخانه و گسترش مناطق کشاورزی تحت آبیاری است. دو استان دیاربکر و الازیگ در کشور ترکیه در بخش جنوب شرق آناتولیا واقع شده‌اند. منطقه مطالعه شده در تحقیق حاضر در شکل ۱ نشان داده شده است. این منطقه آب و هوای نیمه‌خشک (زمستان مرطوب و تابستان خشک) دارد؛ توزیع بارندگی در یک سال و از سالی به سال دیگر متغیر است. متوسط بارش سالانه براساس میانگین بلندمدت ۴۹۱ میلی‌متر است که حدود ۸۰ درصد از ماه نوامبر تا می اتفاق می‌افتد [۲۸]. درخور یادآوری است که آب و هوای استان‌های الازیگ و دیاربکر برای کشاورزی دیم مناسب است [۳۷]. این منطقه به عنوان بخشی از پروژه GAP است. تغییرات عمده در بخش کشاورزی در این منطقه، شامل گسترش تولید پنبه و وابستگی به تولید محصولات کشاورزی می‌شود [۲۹].

جمع آوری داده‌ها

براساس داده‌های تهیه شده از دانشگاه دیاربکر و همچنین مرکز داده‌های تجارت جهانی (ITC) [۳۹]، جدول ۱ ارائه شده است. محاسبات آب مجازی خارج شده از کشور ترکیه و مبادله شده با کشورهای ایران و عراق طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۸ براساس داده‌های ارائه شده در جدول ۱ صورت گرفته است. جدول ۱ نشان می‌دهد به ترتیب عدس، علوفه و پنبه کشت غالب این دو استان است.

جدول ۱. میانگین درصد تولید استان‌های الازیگ و دیاربکر نسبت به میانگین کشور در ترکیه [۴۰]

محصولات	درصد تولید در دو استان نسبت به میانگین کشوری
عدس	۴۶/۹۰
پنبه	۱۴/۳۱
گندم	۱۰/۱
علوفه	۱۸/۰۳
ذرت	۵/۴۲
نخود	۳/۳۲
میوه‌ها	۰/۹۴
سبزیجات	۰/۵۸
چغندر قند	۰/۳۲
برنج	۰
مجموع	۱۰۰

خشک در تجارت با کشور ترکیه است. مزیت پژوهش حاضر بر مطالعات پیشین، ارائه شاخص راندمان ذخیره آب برای تعیین میزان ذخیره‌سازی آب بر اثر تجارت محصولات کشاورزی عمده و واردات آب مجازی است. این مطالعه می‌تواند به بهبود الگوی تجارت در منطقه و همچنین ارائه رویکردی برای تصمیم‌گیری پیرامون سیاست‌های تجاری براساس آب مجازی کمک کند.

مواد و روش

چارچوب نظری تحقیق

آب نه تنها به طور مستقیم در تولید برخی کالاها و خدمات مصرف می‌شود، بلکه به طور غیر مستقیم در جریان تولید سایر کالاها و خدمات به عنوان آب مجازی به کار می‌رود [۲]. آب مجازی شامل کل مقدار آب موجود در یک محصول به همراه تمام آب استفاده شده طی زنجیره تولید آن است [۳۳]. مفهوم آب مجازی رابطه آب و کشاورزی و تجارت را بازتاب می‌کند و موجب در نظر گرفتن جریان تجارت‌های کشاورزی در واحد آب می‌شود [۳۴]. روش تحقیق پژوهش حاضر به دو بخش تقسیم می‌شود. در بخش نخست تحلیل می‌شود که ایران و عراق با واردات محصولات کشاورزی به طور مستقیم چه میزان آب طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۱۸ ذخیره کرده‌اند. در بخش دوم نیز به محاسبه میزان تجارت آب مجازی از طریق واردات پوشاک از ترکیه به ایران پرداخته خواهد شد.

منطقه مطالعه شده

ترکیه، عراق و سوریه کشورهای حوضه رودخانه فرات و همچنین ترکیه، ایران، عراق و سوریه، کشورهای حوضه رودخانه دجله هستند. رودخانه‌های دجله و فرات پس از وارد شدن به عراق، در جنوب شرقی این کشور به تالاب‌های بین‌النهرین و در انتها به شط‌العرب وارد می‌شوند. آب ورودی به تالاب‌های بین‌النهرین از جمله تالاب مشترک هورالهوریه (هورالعظیم) بین ایران و عراق، در سال‌های اخیر به شدت کاهش یافته است [۳۵]. خشکسالی‌های پی‌درپی و عوامل انسانی همچون انحراف آب توسط رژیم بعث عراق، احداث سدهای عظیم روی رودهای منتهی به حوضه آبخیز بین‌النهرین و شبکه‌های آبیاری زهکشی در کشورهای ترکیه، عراق و ایران، از عوامل تأثیرگذار بر کاهش سطح تالاب‌های منطقه هستند



شکل ۱. موقعیت استان‌های الازیگ و دیاربکر در منطقه آناتولیای ترکیه [۲۸]

محصول (mm/yr) محاسبه می‌شود. در نهایت، آب مجازی هر یک از محصولات برابر با مجموع آب مصرف‌شده شامل اجزای آب سبز و آب آبی است [۴۳]. در مطالعه حاضر مساحت تحت آبیاری در منطقه مطالعه‌شده شامل مجموع ناحیه زراعت آبی و دیم است. بنابراین، حجم آب مصرف‌شده برای تولید محصول از مجموع کل مقدار آب مصرف‌شده سبز^۳ و آب مصرف‌شده آبی^۴ مورد نیاز محاسبه می‌شود. مقدار آب سبز و آبی مصرف‌شده برای تولید هر یک از محصولات با استفاده از داده‌های تهیه‌شده از دانشگاه دیاربکر براساس مساحت تحت آبیاری، مساحت تحت کشت، میزان نیاز گیاهان و عمق بارش محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد به طور درخور توجهی بیشتر از مصرف آب آبی (استفاده از آبیاری) است [۲۱]. در تحقیق حاضر برای ۱۰ محصول عمده تولیدشده در استان‌های الازیگ و دیاربکر ترکیه که در مجاورت رودخانه‌های بزرگ فرات و دجله قرار دارند، میزان تجارت آب مجازی بین ترکیه و عراق و ایران براساس میزان آب آبی و آب سبز که در تولید این محصولات مصرف شده است، با توجه به فرمول ۱ محاسبه شد.

محاسبه میزان رد پای محصولات حاصل از فرآوری پنبه بهبود عملکرد زیست‌محیطی زنجیره تأمین پوشاک برای پایداری اکوسیستم‌ها و جوامع در درازمدت حیاتی است. همچنین، آب منبع طبیعی کلیدی برای بخش پوشاک است [۴۴]. مرحله پردازش مرطوب پارچه^۵ یکی از

آب مجازی (محاسبه آب مجازی محصولات کشاورزی) جریان‌های آب مجازی بین‌المللی از کشوری به کشور دیگر به وسیله جریان تجارت کالا به صورت بین‌المللی محاسبه می‌شود [۵]. جریان آب مجازی محصولات کشاورزی بین کشور واردکننده و صادرکننده با مفهوم رد پای آب محاسبه می‌شود [۴۱]. اصطلاح آب مجازی در ارزیابی مصرف آب به جای مطالعات تجاری ب [۲]. مفهوم آب مجازی با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه می‌شود:

$$VW[n_e, n_i, c] = CT[n_e, n_i, c] \times CWU[n_e, c] \quad (1)$$

$$CWU_c = CGWU_c + CBWU_c \quad (2)$$

در روابط ۱ و ۲: VW : حجم جریان آب مجازی^۱ بین دو منطقه (m^3)، n_e : کشور صادرکننده، n_i : کشور واردکننده، c : محصول کشاورزی ($ton/year$)، CT : میزان تجارت محصول c از کشور صادرکننده به کشور واردکننده، CWU : حجم آب مصرفی محصول c (m^3/ton)، $CGWU$: آب مصرف‌شده سبز برای تولید محصول (m^3/ton)، c ، $CBWU$: آب مصرف‌شده آبی برای تولید محصول (m^3/ton) هستند.

آب مصرفی محصول^۲، مجموع مصرف آب آبی و آب سبز است و کل تبخیر تعرق واقعی محصول را نشان می‌دهد [۴۲]. مصرف آب کل (m^3/ton) برای تولید هر محصول در هر کشور با ضرب کردن سطح برداشت محصول (ha/yr) در عمق آب مصرف‌شده برای تولید آن

3. Consumptive Green Water Use
4. Consumptive Blue Water Use
5. Textile wet-processing

1. Volume of Virtual Water
2. Consumptive Water Use

فرایندها مقدار زیادی انرژی، آب، و مواد شیمیایی/رنگ را مصرف می‌کنند [۴۷]. جدول ۲ متوسط رد پای آب محصولات فرآوری شده از پنبه را نشان می‌دهد.

مصرف‌کنندگان بزرگ آب در تولید است [۴۵]. فرایندهای تولیدی که در صنایع نساجی کار می‌کنند عموماً شامل جمع‌آوری مواد اولیه، نخ، بافندگی، خشک کردن نخ، پارچه بافندگی و فرایند تولید لباس می‌شود [۴۶]. این

جدول ۲. متوسط رد پای آب جهانی فرآوری پنبه و پارچه‌های پنبه‌ای [۴۸]

متوسط رد پای آب (m ³ / ton)		محصولات		
مجموع	آب خاکستری	آب آبی	آب سبز	پنبهٔ حلاجی نشده
۹۱۱۴	۹۹۶	۲۹۵۵	۵۱۶۳	پنبهٔ حلاجی شده
۹۴۶۰	۱۰۳۴	۳۰۶۷	۵۳۵۹	تولید پارچه از پنبه
۹۹۸۲	۱۳۴۴	۳۲۵۳	۵۳۸۳	

جدول ۳. میانگین آب مجازی در جهان برای محصولات [۴۲]

محصولات	میانگین آب مجازی در جهان برای تولید (m ³ / ton)
گندم	۱۳۳۴
عدس	۱۵۷۵
پنبه	۳۶۴۴
علوفه	۲۸۵۳
عدس	۹۰۹

مطالعه حاضر به منظور محاسبه میزان آب ذخیره شده در ایران و عراق به موجب تجارت محصولات تولید شده در استان‌های الازیگ و دیاربکر که سرچشمهٔ دو رودخانه بزرگ و مهم دجله و فرات هستند، صورت گرفته است. مراحل زیر به تفکیک در بخش‌های بعد توضیح داده شده‌اند.

- I. ابتدا میزان واردات ۱۰ محصول از دو استان یادشده با توجه به نسبت تولیدی دو استان به تولید کل کشور ترکیه طی دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ محاسبه شده است.
- II. آمار میزان آب مصرفی محصولات به تفکیک آب سبز و آبی در دو استان برای ۱۰ محصول یادشده، جمع‌آوری شده است.
- III. پس از تعیین میزان تجارت از دو استان یادشده، میزان تجارت آب مجازی بین ترکیه با کشورهای همسایه ایران و عراق به تفکیک برای دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ از رابطه ۱ محاسبه شده است.
- IV. سپس، با توجه به جدول ۲، میزان آب مجازی وارداتی به ایران از ترکیه و همچنین از استان‌های

محاسبهٔ آب ذخیره شده در ایران و عراق

در مطالعه حاضر میزان آب مجازی برای ۱۰ محصول وارداتی از ترکیه به ایران و عراق بررسی شده است. در گام بعد، میزان آب ذخیره شده ناشی از این واردات محاسبه شده و سپس شاخصی با عنوان راندمان آب ذخیره شده تعریف شده است. این شاخص تعیین می‌کند که با واردات محصولات یادشده به ایران و عراق چه میزان آب ذخیره شده است. برای تعیین میزان ذخیرهٔ آب در ایران و عراق در تجارت با دو استان ترکیه که سرچشمهٔ رودهای بزرگ و مهم دجله و فرات در منطقهٔ خاورمیانه هستند، از شاخص راندمان ذخیرهٔ آب (WSE¹) استفاده شده است. هر چه این عدد از یک بزرگ‌تر باشد، یعنی دو کشور آب بیشتری ذخیره کرده‌اند. برای تعیین شاخص راندمان ذخیرهٔ آب، از نسبت آب مجازی واردشده به میانگین جهانی آب مجازی محصولات استفاده شده است. در جدول ۳ میانگین رد پای آب ۵ محصول اصلی وارداتی از ترکیه به ایران و عراق براساس تحقیق [۴۲] ارائه شده است. همچنین، شاخص راندمان ذخیرهٔ آب از رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$WSE = \frac{VWV_c^{imp}}{VWV_c^{global}} \quad (3)$$

VWV_c^{global} : میزان متوسط جهانی حجم آب مجازی محصولات کشاورزی، (Mm^3) VWV_c^{imp} : میزان متوسط حجم آب مجازی واردشده از دو استان ترکیه برای محصول c (Mm^3) است.

1. water-saving efficiency

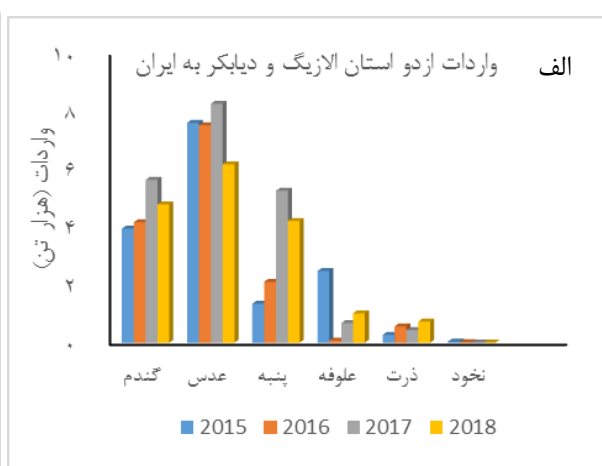
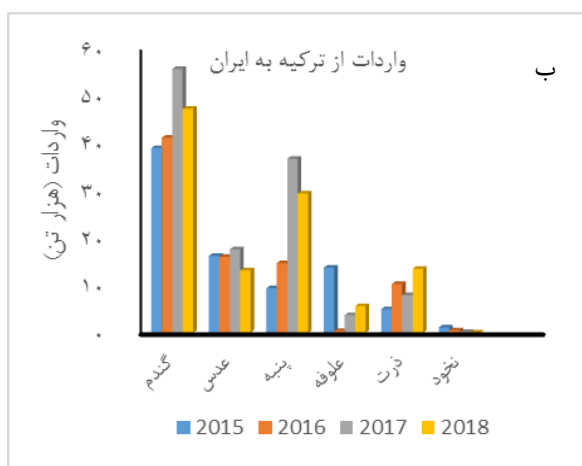
شکل ۲، محصولات عدس، گندم و پنبه بیشترین سهم واردات از اازیگ و دیاربکر به ایران را دارند. شایان یادآوری است که محصولات گندم، میوه و سبزیجات بیشترین واردات از کشور ترکیه به عراق را به خود اختصاص می‌دهند؛ این در حالی است که براساس شکل ۳، برای کشور عراق، محصولات گندم، عدس و علوفه بیشترین سهم واردات از دو استان یادشده به عراق را دارند. همچنین شایان یادآوری است که حجم تجارت پنبه و برنج به عراق بسیار کم است و کمترین میزان واردات به عراق را دارد. از سوی دیگر، برنج، سبزیجات و میوه‌های تولیدشده در استان‌های یادشده جزء محصولات صادرشده به ایران نیستند.

اازیگ و دیاربکر به واسطه تجارت محصولات تولیدشده از پنبه محاسبه شده است. ۷. در مرحله بعد، میزان آب ذخیره‌شده در ایران و عراق با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شده است.

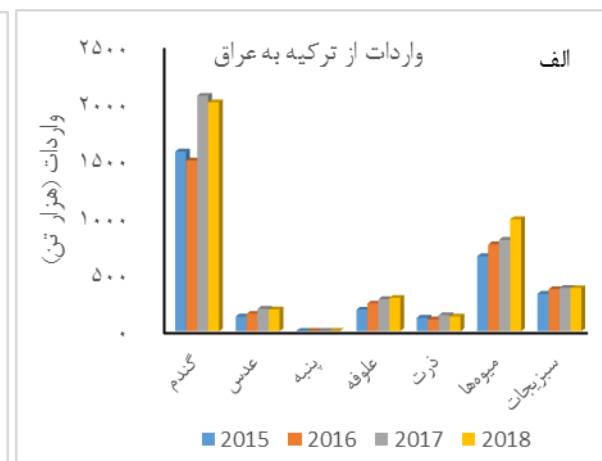
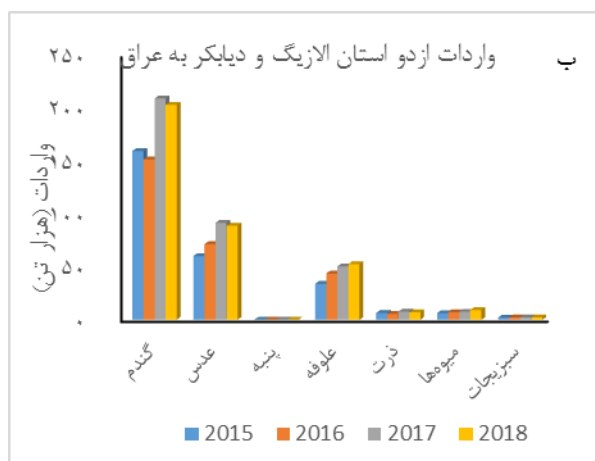
بحث و نتایج

میزان واردات محصولات اصلی از استان های دیاربکر و اازیگ به ایران و عراق

میزان واردات از استان‌های اازیگ و دیاربکر با استفاده از نسبت تولیدات استان‌های یادشده به تولید کل در ترکیه و همچنین نسبت واردات از ترکیه به ایران و عراق محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در شکل‌های ۲ و ۳ طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ نشان داده شده است. با توجه به



شکل ۲. میزان واردات به ایران: الف) میزان واردات از ترکیه به ایران، ب) میزان واردات از استان‌های اازیگ و دیاربکر به ایران



شکل ۳. میزان واردات به عراق: الف) میزان واردات از ترکیه به عراق، ب) میزان واردات از استان‌های اازیگ و دیاربکر به عراق

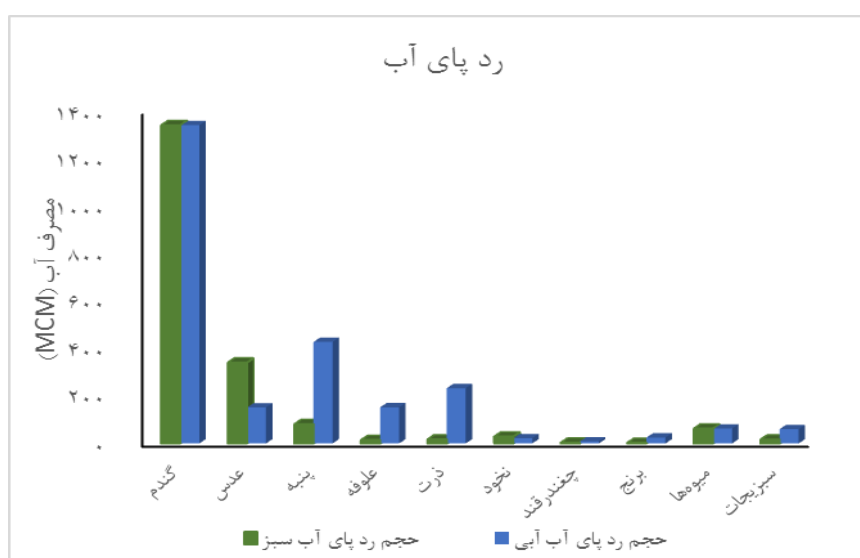
حجم آب مجازی مصرفی ۱۰ محصول کشت شده در استان‌های الازیگ و دیاربکر را به تفکیک آب سبز و آبی نشان می‌دهد. همچنین، در شکل ۴ نمودار میزان متوسط رد پای آب به تفکیک آب سبز و آبی نشان داده شده است. نتایج جدول ۴ و همچنین شکل ۴ نشان می‌دهد گندم، پنبه و عدس بیشترین میزان مصرف آب را در استان‌های یادشده دارند.

محاسبه میزان رد پای آب

جریان رد پای آب مجازی برای تولید محصول در کشور صادرکننده براساس میزان آب آبی، سبز و خاکستری استفاده شده، محاسبه می‌شود [۴۸]. میزان آب سبز و آبی گنجانده شده در محصولات کشاورزی متفاوت است. آب سبز از بارش باران تأمین می‌شود و در مناطق خشک و نیمه خشک میزان آن بسیار کم است و در حقیقت برای کشاورزی ارزش کمی دارد [۱۵]. جدول ۴ میزان متوسط

جدول ۴. میزان متوسط رد پای آب مصرفی محصولات کشاورزی در استان‌های الازیگ و دیاربکر به تفکیک رد پای آب سبز و آبی

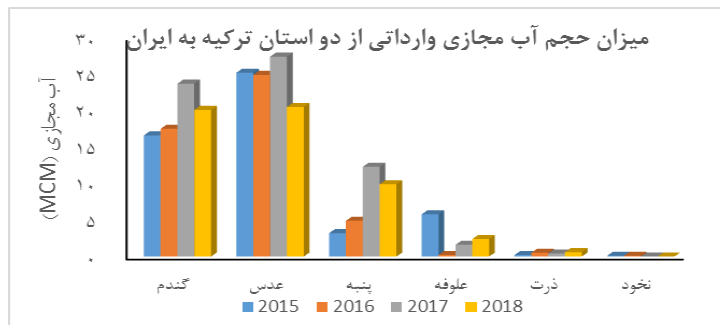
محصولات	مساحت زیر کشت	مصرف خالص از باران (رد پای آب سبز)	مصرف خالص از باران (رد پای آب آبی)	مصرف خالص آب آبیاری (رد پای آب آبی)	مصرف آب	مصرف آب
	ha	mm	mm	MCM	mm	MCM
گندم	۳۷۰۰۶۶	۳۶۲/۵	۱۳۴۱/۵	۳۶۲/۵	۷۲۵	۲۶۸۳
عدس	۷۵۷۵۲	۴۵۰	۳۴۱	۲۰۰	۶۵۰	۴۹۲/۴
پنبه	۴۲۷۷۶	۱۹۰	۸۱/۳	۱۰۰۰	۱۱۹۰	۵۰۹
علوفه	۹۶۸۴	۱۵۰	۱۴/۵	۱۵۷۵	۱۷۲۵	۱۶۷
ذرت	۲۶۶۶۲	۶۵	۱۷/۳	۸۷۳	۹۳۸	۲۵۰
نخود	۶۸۹۸	۴۱۵	۲۹	۳۱۵	۷۳۰	۵۰/۳
چغندر قند	۱۰۷۰	۳۰۰	۳/۲	۸۰۰	۱۱۰۰	۱۱/۷
برنج	۱۳۵۳	۲۰۰	۲/۷	۱۸۵۰	۲۰۵۰	۲۷/۷
میوه‌ها	۲۱۰۰۰	۳۰۰	۶۳	۳۰۰	۶۰۰	۱۲۶
سبزیجات	۱۱۰۰۰	۱۵۰	۱۶/۵	۵۵۰	۷۰۰	۷۷
مجموع	۵۶۶۲۶۳	۲۵۸۳	۱۹۰۹/۵	۷۸۲۶	۱۰۴۰۸	۴۳۹۴/۴



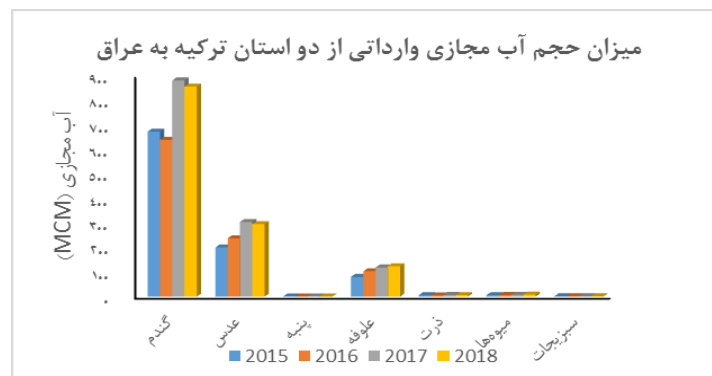
شکل ۴. میزان متوسط رد پای آب مصرفی محصولات کشاورزی در استان‌های الازیگ و دیاربکر به تفکیک آب سبز و آبی

در این دو استان را دارند، بیشترین سهم در تجارت با عراق و ایران را نیز دارند. در نتیجه، ایران و عراق به واسطه تجارت با استان‌های الازیگ و دیاربکر، حجم زیادی آب مجازی وارد می‌کنند. این حجم تبادل برای صادرات به ایران به ترتیب طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۸ برابر ۵۱/۱، ۴۸/۱، ۶۵/۴ و ۵۳/۵ میلیون مترمکعب بوده است. همچنین، این حجم تبادل برای صادرات به عراق به ترتیب طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۸ برابر ۹۶۴/۷، ۹۹۱/۷، ۱۳۱۷/۴ و ۱۲۸۹/۵ میلیون مترمکعب بوده است. بنابراین، دو استان یادشده تأثیر زیادی بر صادرات به ایران و به خصوص عراق دارند.

پس از محاسبه مصرف آب در جدول ۴، حجم آب مجازی برای ۱۰ محصول کشت‌شده در استان‌های الازیگ و دیاربکر و صادرشده به ایران و عراق، با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شده و در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. نتایج شکل ۵ نشان می‌دهد بیشترین حجم واردات آب مجازی به ایران از محصولات تولیدشده در این دو استان به ترتیب مربوط به محصولات عدس، گندم، پنبه و علوفه است. همچنین، شکل ۶ نشان می‌دهد به ترتیب محصولات گندم، عدس و علوفه بیشترین سهم واردات از دو استان یادشده به عراق را دارند. در نتیجه، با توجه به نتایج جدول ۴ و شکل‌های ۴ تا ۶ محصولاتی که بیشترین مصرف آب



شکل ۵. میزان حجم آب مجازی وارداتی از استان‌های الازیگ و دیاربکر به ایران از طریق محصولات کشاورزی



شکل ۶. میزان حجم آب مجازی وارداتی از استان‌های الازیگ و دیاربکر به عراق از طریق محصولات کشاورزی

است. براساس نتایج جدول ۲ طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۱۸ به ترتیب ۸۵/۸، ۱۳۴، ۳۳۵ و ۱۸۶ میلیون مترمکعب به صورت مجازی با تجارت پنبه از ترکیه به ایران وارد شده است. در ادامه، نسبت واردات کالاهایی که از پنبه و فراوری آن به دست آمده‌اند و در استان‌های الازیگ و دیاربکر تولید شده‌اند و همچنین، رد پای آنها در جدول ۶ ارائه شده است. به این منظور و براساس تجارت ایران با استان‌های الازیگ و دیاربکر که سرچشمه دو رود مهم و

متوسط حجم آب مجازی حاصل از پنبه وارداتی از ترکیه به ایران با توجه به اینکه پنبه از مهم‌ترین محصولات وارداتی از ترکیه به ایران است. از آنجا که پنبه یکی از محصولاتی است که در فراوری نیاز زیادی به آب دارد، در این بخش میزان حجم آب مجازی محصولات وارداتی تولیدشده از پنبه به ایران براساس اطلاعات به دست آمده از گمرک و با توجه به جدول ۲ محاسبه شده و در جدول ۵ ارائه شده

آن وارد ایران شده است. در نتیجه، واردات پنبه و مشتقات آن از ترکیه به ایران، تأثیر زیادی بر منابع آب در منطقه داشته است.

بزرگ فرات و دجله در خاورمیانه هستند، در دوره مطالعاتی ۲۰۱۵-۲۰۱۸ به ترتیب ۱۴/۷، ۲۲، ۵۱/۹ و ۳۹/۹ میلیون مترمکعب براساس تجارت پنبه و مشتقات

جدول ۵. میزان رد پای آب از واردات پنبه از ترکیه به ایران

۲۰۱۸		۲۰۱۷		۲۰۱۶		۲۰۱۵		
VVW (MCM)	CT (ton)	VVW (MCM)	CT (ton)	VVW (MCM)	CT (ton)	VVW (MCM)	CT (ton)	
۱۸۶/۰	۲۰۴۰۷/۴	۳۳۵/۰	۳۶۷۴۲/۸	۱۳۴/۰	۱۴۷۰۱/۳	۸۵/۸	۹۴۱۲/۸	پنبه حلاجی نشده
۱/۹	۲۰۵/۱	۷/۲	۷۵۶/۸	۶/۲	۶۵۹/۷	۱۰/۵	۱۱۰۹/۱	پنبه حلاجی شده
۱۶/۲	۱۶۱۸/۳	۴۰/۸	۴۰۷۸/۲	۲۸/۰	۲۸۰۰/۵	۱۸/۴	۱۸۴۵/۷	تولید پارچه از پنبه
۲۰۴/۱	۲۲۲۳۰/۸	۳۸۲/۸	۴۱۵۸۶/۸	۱۶۸/۲	۱۸۱۶۱/۴	۱۱۴/۷	۱۲۳۶۷/۵	مجموع

جدول ۶. میزان رد پای آب واردات پنبه از استان‌های الازیگ و دیاربکر ترکیه به ایران

۲۰۱۸		۲۰۱۷		۲۰۱۶		۲۰۱۵		
VVW (MCM)	CT (ton)	VVW (MCM)	CT (ton)	VVW (MCM)	CT (ton)	VVW (MCM)	CT (ton)	
۳۸/۴	۴۲۰۸/۲	۴۷/۹	۵۲۵۷/۹	۱۹/۲	۲۱۰۳/۷	۱۲/۳	۱۳۴۷/۰	پنبه حلاجی نشده
۰/۲	۱۷/۲	۰/۶	۶۳/۴	۰/۵	۵۵/۳	۰/۹	۹۳/۰	پنبه حلاجی شده
۱/۴	۱۳۵/۷	۳/۴	۳۴۲/۶	۲/۳	۲۳۴/۷	۱/۵	۱۵۴/۷	تولید پارچه از پنبه
۳۹/۹	۴۳۶۱/۰	۵۱/۹	۵۶۶۳/۹	۲۲/۰	۲۳۹۳/۸	۱۴/۷	۱۵۹۴/۶	مجموع

است. در واقع، واردات گندم و عدس به ترتیب به طور متوسط $3 \text{ Mm}^3/\text{Mm}^3$ و $2 \text{ Mm}^3/\text{Mm}^3$ ۲/۱ منابع آب در ایران را با توجه به تجارت آب مجازی با استان‌های دیاربکر و الازیگ برای هر میلیون مترمکعب آب ذخیره کند. براساس نتایج تحقیق حاضر برای ایران به ترتیب واردات گندم، عدس، ذرت، علوفه و پنبه کارآمد است و این در حالی است که برای عراق به ترتیب واردات گندم، عدس، پنبه، علوفه و ذرت کارایی دارد. به این منظور، با توجه به نتایج پژوهش حاضر ایران و عراق به شدت در واردات محصولات اساسی مانند گندم و عدس از ترکیه و به خصوص استان‌های دیاربکر و الازیگ که رودخانه‌های مهم دجله و فرات از آنها نشئت می‌گیرند، وابسته است. با این حال، توسعه کشاورزی در منطقه جنوب شرقی آناتولیا به ایجاد مسائل زیست‌محیطی و کاهش آب ورودی به عراق منجر شده است. لزوم توجه به مسئله کارآمدی واردات به ایران و عراق از کشور ترکیه و ایجاد این زنجیره تبادل کالا و مسائل زیست‌محیطی ایجاد شده در منطقه در دیپلماسی این کشورها ضروری است.

محاسبه میزان آب ذخیره شده در ایران و عراق براساس واردات محصولات کشاورزی از ترکیه

تجارت آب مجازی به عنوان یک اقدام سیاسی برای مدیریت منابع آب به میزان درخور توجهی برای رسیدن به صرفه جویی در آب و پایداری محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است [۴۹]. براساس رابطه ۲، شاخص راندمان ذخیره آب در کشور ایران و عراق محاسبه و در جدول ۷ ارائه شده است. محصول پنبه برای کشورهای ایران و عراق، کمترین میزان شاخص راندمان ذخیره آب، را در بین ۵ محصول وارداتی دارد؛ که این امر نشان‌دهنده ناکارآمدی واردات پنبه نسبت به سایر محصولات است. در واقع، پیشنهاد می‌شود ایران و عراق محصول پنبه را با توجه به مصرف زیاد آب در حوضه مشترک دجله و فرات، از حوضه‌ها و کشورهای دیگر که به لحاظ منابع آبی به آنها وابسته نیستند، وارد کنند. با این حال، به لحاظ شاخص راندمان ذخیره آب واردات محصول گندم و عدس است که به بیشترین ذخیره آب در این دو کشور منجر شده است، بنابراین واردات گندم و عدس سبب ذخیره آب در کشورهای ایران و عراق شده و واردات این محصول کارآمد

جدول ۷. شاخص راندمان ذخیره آب در ایران و عراق به واسطه تجارت با استان‌های الازیگ و دیاربکر

عراق				ایران				
%WSE	WSE	VWF_c^{imp}	VWF_c^{global}	%WSE	WSE	VWF_c^{imp}	VWF_c^{global}	
MCM / Year				MCM / Year				
۳۱۳/۹	۳/۱	۷۶۱/۳	۲۴۲/۵	۳۱۵/۷	۳/۲	۱۹/۵	۶/۲	گندم
۱۹۷/۹	۲/۰	۲۴۳/۳	۱۲۲/۹	۲۱۰/۶	۲/۱	۲۴/۵	۱۱/۶	عدس
۷۱/۵	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۶۴/۳	۰/۶	۷/۶	۱۱/۸	پنبه
۷۰/۷	۰/۷	۹۱/۳	۱۲۹/۱	۸۲/۱	۰/۸	۲/۵	۳/۰	علوفه
۴۷/۰	۰/۵	۲/۹	۶/۱	۹۱/۶	۰/۹	۰/۴	۰/۵	ذرت

نتیجه‌گیری

امروزه، با توجه به کمبود آب در سطح جهان، استفاده از منابع آب مشترک به عنوان یکی از اولویت‌های کشورهای ساحلی این منابع مطرح شده است. از سوی دیگر، تجارت آب مجازی بین ملت‌ها می‌تواند فشار بر منابع آب را کاهش دهد، با توجه به اینکه حدود ۹۰ درصد از آب‌های خاورمیانه، آب‌های مشترک بین دو یا چندین کشور است [۵۰]. توجه به تولیدات غذایی با استفاده از این آب‌های مشترک و همچنین تجارت این محصولات در این منطقه ضروری است. به این منظور، محاسبه و تعیین میزان حجم آب مجازی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد و سبب بهبود الگوی تجاری با توجه به میزان آب مبادله و ذخیره‌شده در این ناحیه، شود. یکی از منابع مشترک در غرب آسیا و منطقه خاورمیانه، تالاب‌های بین‌النهرین از جمله تالاب هورالهوریه (هورالعظیم) در مرز ایران و عراق است. این تالاب‌ها از طریق رودخانه‌های فرات و دجله تغذیه می‌شوند. در دهه‌های اخیر، با توجه به کاهش چشمگیر آب رودخانه فرات و دجله میزان آب ورودی به این تالاب‌ها به شدت کاسته شده است. مطالعه حاضر تلاشی برای بررسی حجم تبادل آب مجازی محصولات کشاورزی به منظور برقراری تعادل استفاده از آب و بهبود شرایط زیست‌محیطی در منطقه یادشده است. در مطالعه حاضر میزان تجارت آب مجازی برای ۱۰ محصول عمده بین استان‌های الازیگ و دیاربکر در ترکیه و کشورهای ایران و عراق بررسی شده است. دجله و فرات از استان‌های یادشده در کشور ترکیه سرچشمه می‌گیرند، بنابراین مطالعه حاضر میزان تجارت آب مجازی از دو رودخانه دجله و فرات در کشور ترکیه را با دو کشور مقصد تجارت یعنی ایران و عراق محاسبه کرده

است. همچنین، پژوهش حاضر شاخصی با عنوان راندمان ذخیره آب بر اثر تجارت یک محصول مشخص را ارائه می‌دهد؛ که نشان‌دهنده نسبت میزان رد پای آب واردشده به کشور مقصد و میزان آب مجازی مورد نیاز برای تولید آن محصول در کشور مقصد براساس متوسط جهانی است. ۵ محصول عمده انتخاب و شاخص راندمان ذخیره برای آنها محاسبه شده است، نتایج نشان می‌دهد برای محصولات گندم و عدس، شاخص راندمان ذخیره آب بیشتر از عدد یک بوده و در واقع تجارت این محصولات کارآمد است. این در حالی است که برای سایر محصولات این عدد کمتر از یک برآورد شد. این امر نشان‌دهنده ناکارآمدی واردات سایر محصولات از کشور ترکیه است. نتایج پژوهش حاضر تصدیق می‌کند لزوماً واردات محصولات از کشور ترکیه به ایران و عراق موجب ذخیره آب نخواهد شد و علاوه بر این، محصولاتی مانند پنبه نه تنها جزء محصولات با واردات کارآمد نیست بلکه با افزایش سطح زیر کشت این محصول در منطقه یادشده سبب کاهش ورودی آب دجله و فرات به تالاب‌های بین‌النهرین و تخریب محیط زیست مانند پدیده گردوغبار شده است. بنابراین، صرفاً واردات کالا با توجه به حجم آب مجازی به معنای ذخیره آب نخواهد بود و باید در سیاست‌های تجاری محصولات کشاورزی به تبادل محصولاتی اقدام کرد که در کشور مقصد ضریب ذخیره آب مجازی بیش از یک داشته باشد. در نتیجه، نتایج و رویکرد مطالعه حاضر می‌تواند به بهبود سیاست‌های تجارت در منطقه کمک کند و همچنین، گامی به سوی تعادل محیط زیست در منطقه باشد و برای سایر مناطق در جهان استفاده شود.

منابع

- [1]. Allan JA. Water security in the Middle East: The hydro-politics of global solutions: Columbia University Press; 2002.
- [2]. Feng K, Siu YL, Guan D, Hubacek K. Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach. *Applied Geography*. 2012;32(2):691-701.
- [3]. Lenzen M, Moran D, Bhaduri A, Kanemoto K, Bekchanov M, Geschke A, et al. International trade of scarce water. *Ecological Economics*. 2013;94:78-85.
- [4]. Ren D, Yang Y, Yang Y, Richards K, Zhou X. Land-Water-Food Nexus and indications of crop adjustment for water shortage solution. *Science of The Total Environment*. 2018;626:11-21.
- [5]. Chapagain AK, Hoekstra AY. 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*. 2008;33(1):19-32.
- [6]. Liu S, Han M, Wu X, Wu X, Li Z, Xia X, et al. Embodied water analysis for Hebei Province, China by input-output modelling. *Frontiers of Earth Science*. 2018;12(1):72-85.
- [7]. Ye Q, Li Y, Zhuo L, Zhang W, Xiong W, Wang C, et al. Optimal allocation of physical water resources integrated with virtual water trade in water scarce regions: A case study for Beijing, China. *Water research*. 2018;129:264-276.
- [8]. Allan JA. Policy responses to the closure of water resources: regional and global issues. *Water policy: Allocation and management in practice*. 1996:228-34.
- [9]. Hoekstra AY, Hung PQ. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global environmental change*. 2005;15(1):45-56.
- [10]. Chapagain AK, Hoekstra AY, Savenije H. Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 2006;10(3):455-468.
- [11]. Shao L, Chen G, Hayat T, Alsaedi A. Systems ecological accounting for wastewater treatment engineering: method, indicator and application. *Ecological indicators*. 2014;47:32-42.
- [12]. Fu Y, Zhao J, Wang C, Peng W, Wang Q, Zhang C. The virtual Water flow of crops between intraregional and interregional in mainland China. *Agricultural Water Management*. 2018;208:204-13.
- [13]. Liu J, Zhang Y, Yu Z. Evaluation of Physical and Economic Water-Saving Efficiency for Virtual Water Flows Related to Inter-Regional Crop Trade in China. *Sustainability*. 2018;10(11):4308.
- [14]. Salmoral G, Yan X. Food-energy-water nexus: A life cycle analysis on virtual water and embodied energy in food consumption in the Tamar catchment, UK. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018;133:320-30.
- [15]. Antonelli M, Roson R, Sartori M. Systemic input-output computation of green and blue virtual water 'flows' with an illustration for the Mediterranean region. *Water Resources Management*. 2012;26(14):4133-46.
- [16]. Hoekstra AY, editor *Virtual water trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade 2003: IHE Delft, The Netherlands*.
- [17]. Antonelli M, Tamea S. Food-water security and virtual water trade in the Middle East and North Africa. *International Journal of Water Resources Development*. 2015;31(3):326-342.
- [18]. Richards A, Waterbury J, Cammett M, Diwan I. *A political economy of the Middle East: Westview Press*; 2013.
- [19]. Sakmar SL, Wackernagel M, Galli A, Moore D, editors. *Sustainable development and Environmental Challenges in the MENA Region: Accounting for the Environment in the 21st century. Economic Research Forum*; 2011.
- [20]. Mellios N, Koopman JF, Laspidou C. *Virtual Crop Water Export Analysis: The Case of Greece at River Basin District Level. Geosciences*. 2018;8(5):161.
- [21]. Dabrowski J, Murray K, Ashton P, Leaner J. Agricultural impacts on water quality and implications for virtual water trading decisions. *Ecological economics*. 2009;68(4):1074-82.
- [22]. Rockström J, Falkenmark M, Karlberg L, Hoff H, Rost S, Gerten D. Future water availability for global food production: the potential of green water for increasing resilience to global change. *Water resources research*. 2009;45(7).
- [23]. Karimi P, Bastiaanssen WG, Molden D, Cheema MJM. Basin-wide water accounting based on remote sensing data: an application for the Indus Basin. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2013;17(7):2473-86.
- [24]. Vanham D, Hoekstra AY, Wada Y, Bouraoui F, de Roo A, Mekonnen MM, et al. Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of

- indicator 6.4. 2 “Level of water stress”. *Science of the Total Environment*. 2018;613:218-32.
- [25]. Kucukmehmetoglu M, Guldman J-M. International water resources allocation and conflicts: the case of the Euphrates and Tigris. *Environment and Planning A*. 2004;36(5):783-801.
- [26]. Banihabib M, Dowlatabadi N, Jabbari M. Designing a cognitive map of factor influencing drying up of Hoor-Al-Azim and its consequences. Congress of Dokuz Eylul University and Izmir Katip Celebi University; 30 May - 2 June 2018 Izmir/Turkey 2018.
- [27]. Cakmak E. *Agricultural Water Pricing: Turkey*. Organisation for Economic Co-Operation and Development. 2010.
- [28]. Gürsoy S, Sessiz A, Malhi S. Short-term effects of tillage and residue management following cotton on grain yield and quality of wheat. *Field crops research*. 2010;119(2-3):260-8.
- [29]. Karadogan S, Atasoy E. GAP Project built over Tigris and Euphrates rivers in Southeastern Turkey and problems encountered. BALWOIS; 2010.
- [30]. Chu Y, Shen Y, Yuan Z. Water footprint of crop production for different crop structures in the Hebei southern plain, North China. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2017;21(6):3061-9.
- [31]. Averink J. *Global water footprint of industrial hemp textile*: University of Twente; 2015.
- [32]. Handayani W, Kristijanto AI, Hunga AIR. A water footprint case study in Jarum village, Klaten, Indonesia: The production of natural-colored batik. *Environment, Development and Sustainability*. 2018;1-14.
- [33]. Alsamawi A, Murray J, Gómez-Paredes J, Reyes RC. Exporting water from the desert? An analysis of the virtual water content of Saudi Arabian agricultural exports. *International Journal of Water Resources Development*. 2018;34(2):292-304.
- [34]. Beltrán MJ, Kallis G. How Does Virtual Water Flow in Palestine? A Political Ecology Analysis. *Ecological Economics*. 2018;143:17-26.
- [35]. Fouladavand S, Sayyad GA. The Impact of Karkheh Dam Construction on Reducing the Extent of Wetlands of Hoor-Alazim. *Journal of Water Resources and Ocean Science*. 2015;4(2):33-8.
- [36]. UNEP. *Global Environment Outlook 2003*. 2013.
- [37]. Van Zeist W, de Roller GJ. The plant husbandry of aceramic Çayönü, SE Turkey. *Palaeohistoria*. 2015:65-96.
- [38]. Mapping: LIW. <http://www.landinfo.com/Turkey.pdf>- 2015.
- [39]. International Trade Centre (ITC). <http://www.intracen.org/>. 2019.
- [40]. TUIK. TARIM İSTATİSTİKLERİ ÖZETİ / The Summary of Agricultural Statistics 2011. TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU/ Turkish Statistical Institute. 2016:118.
- [41]. Mekonnen M, Hoekstra AY. National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption. 2011.
- [42]. Siebert S, Döll P. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *Journal of Hydrology*. 2010;384(3-4):198-217.
- [43]. Chapagain A, Hoekstra A. The green, blue and grey water footprint of rice from both a production and consumption perspective. Value of Water Research Report Series No. 40. Delft, Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education. 2010.
- [44]. Franke N, Mathews R. C&A's Water Footprint Strategy: Cotton Clothing Supply Chain. Water Footprint Network, Enschede, Netherlands & C&A Foundation, Zug, Switzerland. 2013.
- [45]. Hasanbeigi A, Price L. A technical review of emerging technologies for energy and water efficiency and pollution reduction in the textile industry. *Journal of Cleaner Production*. 2015;95:30-44.
- [46]. Liu X, Klemeš JJ, Varbanov PS, Čuček L, Qian Y. Virtual carbon and water flows embodied in international trade: a review on consumption-based analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2017;146:20-8.
- [47]. Ozturk E, Karaboyacı M, Yetis U, Yigit NO, Kitis M. Evaluation of integrated pollution prevention control in a textile fiber production and dyeing mill. *Journal of cleaner production*. 2015;88:116-24.
- [48]. Mekonnen MM, Hoekstra AY. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2011;15(5): 577-600.
- [49]. Mohammadi-Kanigolzar F, Ameri JD, Motee N. Virtual water trade as a strategy to water resource management in Iran. *Journal of Water Resource and Protection*. 2014;6(02):141.
- [50]. Isaac J, Hosh L. *Roots of the water conflict in the Middle East*: Applied Research Institute; 1992.