بررسی وضعیت تجارت داخلی و بین‌المللی آب مجازی در ایران

غلامحسین کیانی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲)

چکیده

اخیراً تجارت آب مجازی به‌عنوان یک ابزار جهت حل معضل کم‌آبی کشورهای مناطق خشک مطرح شده است. بر این اساس، کشورها و مناطق پرآب باید کالاهای با آب‌بری زیاد را تولید و به کشورها و مناطق کم‌آب صادر کنند. در مطالعه حاضر، با بررسی وضعیت تجارت داخلی و بین‌المللی آب مجازی در ایران در سال ۱۳۸۵ (به‌عنوان یک سال آبی نرمال)، کاربرد این مفهوم در مدیریت منابع آب کشور مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج محاسبات تحقیق نشان می‌دهد که در این سال، حدود ۱۸۶۶۶ میلیون مترمکعب آب مجازی از طریق مبادله محصولات کشاورزی بین استان‌های کشور جابه‌جا شده است. استان فارس بزرگ‌ترین صادر کننده و استان تهران بزرگ‌ترین وارد کننده آب مجازی بودند. میزان واردات آب مجازی کشور ۹۶۲۶ میلیون مترمکعب و میزان صادرات آن ۲۲۲۶ میلیون مترمکعب بود. متوسط آبرانه سرانه در کشور ۷۵۲ لیتر و میزان خودکفایی آب کشور ۸۲ درصد بوده است. به‌طور متوسط، هر کیلوگرم محصول صادراتی ۱۱۵۹ لیتر و هر کیلوگرم محصول وارداتی ۶۷۷ لیتر آب مجازی داشته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استان‌های کرمان، هرمزگان و سمنان که جزو استان‌های خشک کشور هستند، صادر کننده آب مجازی به سایر استان‌ها و خارج کشور و در مقابل استان‌های پرباران گیلان، چهارمحال و بختیاری، لرستان، کردستان، آذربایجان غربی و کهگیلویه و بویراحمد و کرمانشاه وارد کننده آب مجازی بوده‌اند. بنابراین، در ایران، امکان مدیریت بهتر منابع آب از طریق اصلاح الگوی تجارت داخلی و خارجی آب مجازی وجود دارد. در این راستا، اصلاح الگوی کشت محصولات کشاورزی و نیز اصلاح الگوی مصرف متناسب با محتوای آب مجازی محصولات کشاورزی می‌تواند در بهبود وضعیت منابع آب کشور در بلندمدت مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، آبرانه، خودکفایی آب

۱. گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: gh.kiani@ase.ui.ac.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر به‌دلیل افزایش جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی، تقاضا برای منابع آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت افزایش یافته است. از سوی دیگر، به‌دلیل اینکه ایران در ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است، افزایش عرضه منابع آب متناسب با افزایش تقاضا با محدودیت مواجه است. از این‌رو لزوم استفاده بهینه از منابع آب جهت پاسخگویی به نیازهای روزافزون ضروری می‌باشد. علاوه بر این، پراکنش بارش در کشور نیز نامتوازن بوده و حوضه‌های آبریز مرکزی و مرزی شرق سهم کمتری از بارش‌ها را دریافت می‌نمایند (۴). یکی از روش‌هایی که اخیراً جهت کاهش شکاف بین عرضه و تقاضای آب و همچنین تعدیل پراکنش بارش مطرح شده است، تجارت آب مجازی (به‌جای آب حقیقی) می‌باشد. طبق تعریف، آب مجازی مقدار آبی است که برای تولید مقدار معینی محصول مصرف می‌شود (۶). بر این اساس، کشورها یا مناطقی که با مشکل کم‌آبی مواجه هستند، می‌بایست تولید و یا صادرات کالاها با محتوای آب مجازی زیاد را کاهش داده و کاهش تولید این محصولات را با واردات از کشورها یا مناطقی که کمبود آب ندارند، جبران نمایند. به دنبال طرح این ایده، تحقیقات متعددی در کشورهای مختلف برای ترسیم وضعیت تجارت آب مجازی صورت گرفته است. در برخی از این مطالعات، ضمن محاسبه محتوای آب مجازی محصولات مختلف، وضعیت صادرات و واردات آب مجازی کشورها و میزان تطابق آن با کمبود منابع آب بررسی شده است. در برخی از مطالعات نیز روند مبادلات آب مجازی در داخل کشورها و تأثیر آن بر تعدیل یا تشدید کم‌آبی در مناطق مختلف آن کشورها بررسی شده است (۹، ۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۴).

از جمله تحقیقات داخلی، می‌توان به تحقیق جعفری و زارعی (۲) اشاره نمود که در آن، وضعیت صادرات و واردات آب مجازی ایران در خلال سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۳ محاسبه شده است. دهقانپور و بخشوده (۳) نیز در تعیین الگوی بهینه کشت در منطقه مرودشت، علاوه بر هدف حداکثرسازی منافع اجتماعی، هدف حداکثر واردات آب مجازی به منطقه را نیز لحاظ کرده‌اند.

کاربرد مفهوم تجارت آب مجازی در مدیریت منابع آب ایران با سؤالاتی همراه است که در این تحقیق به برخی از آنها پاسخ داده می‌شود. اولین سؤال این است که آیا وضعیت کنونی مبادله آب مجازی بین استان‌های مختلف کشور و با خارج کشور باعث تعدیل توزیع منابع آب در کشور شده و یا معضل کمبود آب در استان‌های کم‌آب را تشدید می‌کند؟ آیا با مبادله داخلی آب مجازی و صرف هزینه‌های کمتر نسبت به انتقال آب حقیقی می‌توان بخشی از مشکلات توزیع ناهمگن منابع آب کشور را حل نمود؟ سؤال دیگری که در این تحقیق مطرح می‌شود این است که مقدار تقاضای واقعی آب در ایران و هر یک از استان‌ها چقدر است؟ همچنین، میزان وابستگی کشور (استان‌ها) به منابع آب خارج از کشور (استان) چقدر است؟

در این تحقیق، ضمن محاسبه محتوای آب مجازی محصولات عمده کشاورزی در هر یک از استان‌های کشور، واردات و صادرات آب مجازی استان‌ها و کشور محاسبه شده و مسیر جریان آب مجازی در داخل و خارج کشور ترسیم می‌گردد. همچنین، ضمن محاسبه آبرانه (Water footprint) استان‌ها و کشور و میزان وابستگی هر استان به منابع آب داخلی و خارج از استان و میزان وابستگی کشور به منابع آب خارج از کشور تعیین می‌شود.

مواد و روش‌ها

همان‌طورکه اشاره شد، طبق تعریف، آب مجازی مقدار آب مصرف شده برای تولید مقدار معینی از محصول می‌باشد. در اغلب مطالعات انجام شده، نیاز آبی گیاهان به‌عنوان یک شاخص از مقدار آب مصرف شده برای تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است (۲، ۷، ۸، ۱۵، ۲۰ و ۲۲). هر چند با استفاده از نیاز آبی گیاه و نادیده گرفتن تلفات آب آبیاری و آب مورد نیاز جهت زهکشی، عملاً آب مصرف

شده کمتر از مقدار واقعی تخمین زده می‌شود (۸)، اما به‌دلیل عدم دسترسی به آمار راندمان آبیاری هر یک از محصولات مورد مطالعه در تمام استان‌های کشور، در این تحقیق نیز نیاز آبی گیاهان به‌عنوان یک شاخص از مقدار آب مصرف شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای محاسبه مقدار آب مصرف شده جهت تولید محصولات کشاورزی، از رابطه زیر استفاده می‌شود (۱):

$$SWD(n,c) = \frac{CWP(n,c)}{CY(n,c)} \qquad [۱]$$

که در آن SWD مقدار آب مصرف شده (مترمکعب بر تن) جهت تولید محصول c در استان n، CWP مقدار نیاز آبی محصول (مترمکعب در هکتار) و CY عملکرد تولید (تن بر هکتار) می‌باشند. پس از محاسبه محتوای آب مجازی محصولات کشاورزی، با محاسبه مقدار صادرات محصولات کشاورزی هراستان (به سایر استان‌ها و یا خارج کشور) و واردات محصولات کشاورزی هر استان (از سایر استان‌ها و یا از خارج کشور)، مقدار صادرات یا واردات آب مجازی و تراز آب مجازی (واردات آب مجازی منهای صادرات آب مجازی) آن استان و همچنین کل کشور محاسبه خواهد شد. نکته شایان ذکر این است که در این تحقیق از مفهوم آب مجازی نظری (مقدار آبی که در کشور مقصد می‌بایست مصرف شود تا کالاهای وارداتی در آن کشور تولید شوند) جهت محاسبه محتوای آب مجازی کالاهای وارداتی به کشور استفاده شده است.

مقدار آبرانه یک کشور برابر است با حجم آب مصرف شده جهت تولید کالا و خدماتی که توسط ساکنان آن کشور مصرف می‌شود (۱۳). بر این اساس، آبرانه یک کشور (WFP) از دو جزء آبرانه داخلی (IWFP) و آبرانه خارجی (EWFP) تشکیل می‌شود:

$$WFP = IWFP + EWFP \qquad [۲]$$

آبرانه داخلی مقدار آب مصرف شده از منابع داخلی هر کشور جهت تولید کالا و خدمات مصرف شده توسط ساکنان همان کشور می‌باشد. از این‌رو مقدار آبرانه داخلی کشور جمع کل آب مصرف شده از منابع داخلی منهای حجم آب مجازی صادر شده به سایر کشورها (ناشی از صادرات کالا) می‌باشد (۱۳):

$$IWFP = AWU+IWW+DWW-VWE_{dom} \qquad [۳]$$

که در آن IWFP آبرانه داخلی، AWU مقدار آب مصرف شده در بخش کشاورزی (شامل آب باران مؤثر و آب آبیاری)، IWW و DWW به‌ترتیب مقدار آب مصرف شده در بخش صنعت و خانگی و VWE_{dom} مقدار صادرات آب مجازی (ناشی از صادرات تولیدات داخلی) می‌باشند.

مقدار آبرانه خارجی (EWFP) یک کشور حجم مصرف سالانه آب در سایر کشورها است که جهت تولید کالا و خدمات مصرفی در کشور مورد نظر مصرف می‌شود. آبرانه خارجی برابر است با مقدار واردات آب مجازی از سایر کشورها (VWI) منهای صادرات آب مجازی به سایر کشورها ($VWE_{re\text{-}export}$) (ناشی از صادرات مجدد محصولات وارداتی) (۱۳):

$$EWFP = VWI - VWE_{re\text{-}export} \qquad [۴]$$

سرانه آبرانه یک کشور یا استان یک معیار مناسب جهت مقایسه آبرانه کشورها یا استان‌ها می‌باشد که از تقسیم نمودن مقدار کل آبرانه کشور یا استان بر جمعیت به‌دست می‌آید.

ضریب خودکفایی آب هر استان یا کشور (WSS) با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$WSS = (IWFP/WFP)*۱۰۰ \qquad [۵]$$

هر چقدر مقدار این ضریب نزدیک به صفر باشد نشان‌دهنده وابستگی بیشتر به منابع آب خارجی و هر چقدر مقدار آن نزدیک به ۱۰۰ باشد نشان‌دهنده خودکفایی بیشتر می‌باشد (۹).

در این تحقیق، با استفاده از تعاریف و روابط فوق، آبرانه کل و سرانه کشور و هر یک از استان‌ها محاسبه شده و وضعیت مصرف منابع آب در استان‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌گردد. ذکر این نکته ضروری است که به‌دلیل محدودیت‌های تحقیق، صرفاً آب مصرف شده در بخش کشاورزی مد نظر قرار می‌گیرد. همچنین، از بررسی صادرات آب مجازی به سایر کشورها ناشی از صادرات مجدد محصولات وارداتی صرف نظر می‌شود.

آمار و اطلاعات مورد استفاده

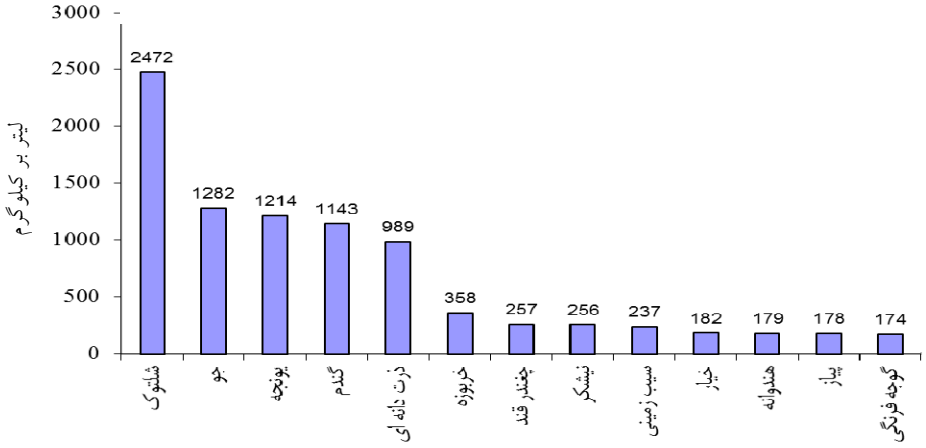
در این تحقیق حجم گستره‌ای از اطلاعات شامل نیاز آبی محصولات، مقدار تولید و مصرف ۱۴ محصول زراعی و ۱۵ محصول باغی استان‌های کشور در سال ۱۳۸۵ (به‌عنوان یک سال نرمال از لحاظ بارندگی) استفاده شد. محصولات زراعی مورد مطالعه شامل گندم، جو، شلتوک، ذرت دانه‌ای، چغندرقند، سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه، هندوانه، خیار، سویا، نیشکر و یونجه می‌باشند که ۸۹ درصد از سطح زیر کشت اراضی زراعی (آبی) و ۸۰ درصد از کل تولید محصولات زراعی (آبی) کشور را به خود اختصاص می‌دهند (لازم به ذکر است به‌دلیل اینکه ممکن است تولید فرآورده‌های دامی در یک استان با استفاده از خوراک دام تولید شده در سایر استان‌ها صورت گیرد و با توجه به اینکه آمار دقیقی در این زمینه در دسترس نمی‌باشد، محصول یونجه به‌عنوان بخشی از خوراک دام در نظر گرفته شد). محصولات باغی شامل سیب درختی، انگور، پسته، گردو، خرما، گلابی، نارنگی، گیلاس، هلو، انار، پرتقال، بادام، زردآلو، لیمو شیرین و لیمو ترش بوده که ۸۰ درصد از سطح باغ‌ها و ۹۴ درصد از محصولات باغی تولید شده را تشکیل می‌دهند. از آنجایی که آمار مصرف هر یک از محصولات به تفکیک استان‌ها در سال ۱۳۸۵ در دسترس نمی‌باشد، با استفاده از آمار تولید و واردات یا صادرات هر محصول و جمعیت کشور، مصرف سرانه در سطح کشور محاسبه شد. سپس با فرض مشابه بودن مصرف سرانه در همه استان‌ها و با توجه به جمعیت هر استان، مصرف سالانه در استان‌ها محاسبه گردید. با محاسبه تفاضل تولید و مصرف، مقدار صادرات یا واردات هر محصول در سطح استان محاسبه می‌شود. صادرات هر استان به سایر استان‌ها و یا خارج کشور و واردات محصول از سایر استان‌ها و یا از خارج کشور صورت می‌گیرد. به‌دلیل این‌که نمی‌توان مشخص کرد که محصولات وارد شده از خارج کشور به کدام استان تخصیص داده شده است، فرض می‌شود که محصولات وارداتی به نسبت بین استان‌هایی که با مازاد تقاضا مواجه بوده‌اند، ارسال شده است. صادرات محصول به خارج کشور نیز به نسبت توسط استان‌هایی که با مازاد عرضه مواجه هستند صورت گرفته است. همچنین فرض می‌شود که واردات از سایر استان‌ها به نسبت از استان‌های صادر کننده تأمین شده است. برای محاسبه آب مصرف شده توسط هر محصول در هر استان با استفاده از برآوردهای انجام شده از نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی (۵)، نیاز خالص آب آبیاری (آب آبی) در شهرستان‌های هر استان مد نظر قرار گرفته و با توجه به تولید هر شهرستان متوسط وزنی برای استان محاسبه گردید.

نتایج و بحث

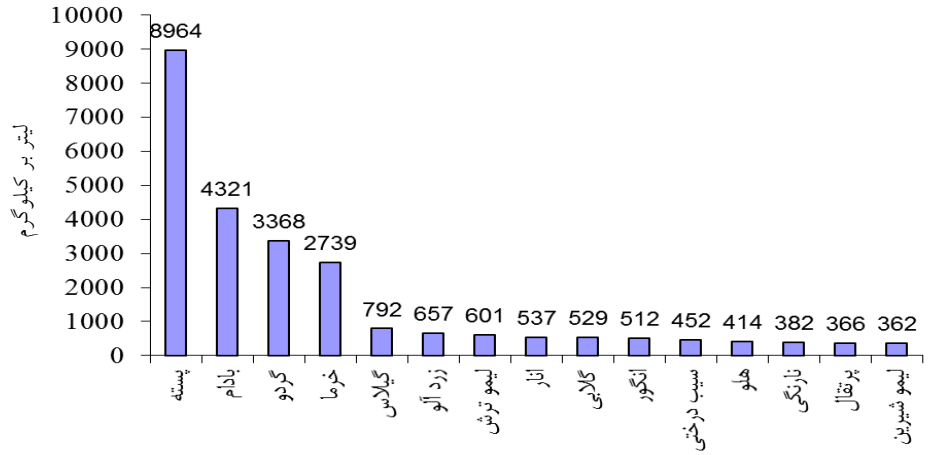
در سال ۱۳۸۵ استان تهران با واردات ۱۳/۵ میلیون تن و استان خوزستان با صادرات ۴/۰۵ میلیون تن محصولات عمده زراعی و باغی، بزرگ‌ترین تراز تجاری منفی و مثبت را با سایر استان‌ها و خارج کشور داشته‌اند. در این سال، میزان واردات و صادرات کل محصولات عمده زراعی و باغی کشور به‌ترتیب ۱۹/۴ و ۱/۹میلیون تن بوده است.

نتایج محاسبه محتوای آب مجازی محصولات زراعی و باغی نشان می‌دهد که محتوای آب مجازی محصولات در استان‌های مختلف بسیار متفاوت است. به‌عنوان مثال، برای تولید یک کیلوگرم گندم در استان سیستان و بلوچستان به ۲۹۰۲ لیتر آب نیاز است. اما برای تولید همین مقدار در استان مازندران فقط به ۵۳۵ لیتر آب نیاز می‌باشد. اختلاف در محتوای آب مجازی محصولات در استان‌های مختلف عمدتاً ناشی از تفاوت اقلیم و همچنین بهره‌وری تولید (عملکرد در هکتار) می‌باشد. متوسط آب مجازی محصولات زراعی و باغی کشور در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. بیشترین محتوای آب مجازی در بین محصولات زراعی مربوط به شلتوک (۲۴۷۲ لیتر بر کیلوگرم) و کمترین مقدار مربوط به گوجه‌فرنگی (۱۷۴ لیتر بر کیلوگرم) بوده است. در بین محصولات باغی، پسته با ۸۹۶۴ لیتر بر کیلوگرم و لیمو شیرین با ۳۶۲ لیتر بر کیلوگرم به‌ترتیب بیشترین و کمترین محتوای آب مجازی را داشته‌اند.

در جدول (۱)، مقدار واردات و صادرات آب مجازی هر



شکل ۱. متوسط آب مجازی محصولات زراعی کشور



شکل ۲. محتوای آب مجازی محصولات عمده باغی کشور

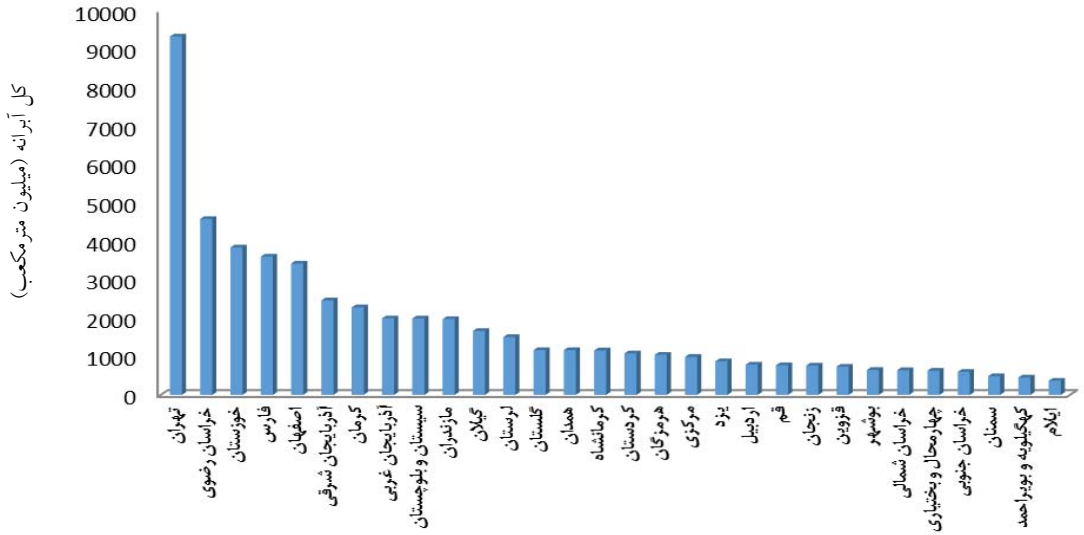
استان ناشی از افزایش واردات و صادرات محصولات عمده زراعی و باغی گزارش شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد، استان‌های فارس، کرمان و خوزستان سه استان برتر صادرکننده آب مجازی به سایر استان‌ها و خارج کشور بوده و در مقابل استان‌های تهران، اصفهان و سیستان و بلوچستان بزرگ‌ترین واردکنندگان آب مجازی از سایر استان‌ها و خارج کشور بوده‌اند. نکته قابل توجه این است که علیرغم اینکه استان خوزستان رتبه اول صادرات عمده زراعی و باغی را داراست، اما از لحاظ صادرات آب مجازی در رتبه سوم قرار دارد.

در سال ۱۳۸۵، کشور ایران با واردات ۹/۶ میلیارد مترمکعب و صادرات ۲/۲ میلیارد مترمکعب آب مجازی، یک کشور وارد کننده خالص مجازی بوده است. در این سال، مقدار آبرانه داخلی کشور ۴/۲۳۶ و مقدار کل آبرانه ۵/۲۹۸۶ میلیارد مترمکعب، میانگین آبرانه سرانه ۷۵۲ مترمکعب و میزان خودکفایی آب ۸۲ درصد بوده است. بیشترین مقدار آبرانه (۹۳۲۷ میلیون مترمکعب) متعلق به استان تهران و کمترین آن متعلق به استان ایلام (۳۶۹ میلیون مترمکعب) بوده است (جدول ۱ و شکل ۳). استان تهران بیشترین و استان فارس کمترین

جدول ۱. واردات و صادرات آب مجازی و آبرانه استان‌ها (میلیون مترمکعب) در سال ۱۳۸۵

استان	آب مجازی						آبرانه				
	واردات			صادرات							
	از سایر استان‌ها	از خارج کشور	کل	به سایر استان‌ها	به خارج کشور	کل	ترازآب مجازی	آبرانه داخلی	آبرانه خارجی	مقدار کل آبرانه	سرانه آبرانه (مترمکعب بر نفر)	درصد خودکفایی آب
اردبیل	۲۴۰	۱۳۸	۳۷۸	۳۵۴	۱۶	۳۷۰	−۸	۴۰۹	۳۷۸	۷۸۷	۶۴۱	۵۲
اصفهان	۸۳۶	۶۰۸	۱۴۴۴	۲۵۵	۱۹	۲۷۳	−۱۱۷۱	۱۹۷۴	۱۴۴۴	۳۴۱۸	۷۵۰	۵۸
ایلام	۱۴۷	۶۶	۲۱۳	۸۴	۱۶	۱۰۰	−۱۱۳	۱۵۶	۲۱۳	۳۶۹	۶۷۶	۴۲
آذربایجان شرقی	۸۴۲	۶۳۲	۱۴۷۴	۷۰۴	۳۰	۷۳۴	−۷۴۰	۹۸۸	۱۴۷۴	۲۴۶۲	۶۸۳	۴۰
آذربایجان غربی	۶۵۲	۳۸۵	۱۰۳۷	۷۷۶	۴۲	۸۱۸	−۲۱۹	۹۵۴	۱۰۳۷	۱۹۹۱	۶۹۳	۴۸
بوشهر	۳۳۶	۱۶۰	۴۹۶	۳۴۷	۷۸	۴۲۵	−۷۱	۱۵۵	۴۹۶	۶۵۰	۷۳۴	۲۴
تهران	۵۷۱۸	۲۵۵۶	۸۲۷۴	۶۲	۰	۶۲	−۸۲۱۲	۱۰۵۳	۸۲۷۴	۹۳۲۷	۶۹۵	۱۱
چهارمحال و بختیاری	۱۵۲	۱۰۵	۲۵۷	۲۱۳	۴	۲۱۷	−۴۰	۳۷۱	۲۵۷	۶۲۹	۷۳۳	۵۹
خراسان جنوبی	۲۰۶	۸۵	۲۹۱	۳۸	۰	۳۸	−۲۵۳	۳۰۹	۲۹۱	۶۰۰	۹۴۲	۵۱
خراسان رضوی	۱۰۷۷	۷۱۷	۱۷۹۴	۸۳۴	۸۳	۹۱۶	−۸۷۸	۲۷۸۵	۱۷۹۴	۴۵۷۸	۸۱۹	۶۱
خراسان شمالی	۱۶۶	۱۰۹	۲۷۵	۲۱۹	۲	۲۲۱	−۵۴	۳۶۸	۲۷۵	۶۴۳	۷۹۲	۵۷
خوزستان	۸۲۳	۲۲۶	۱۰۴۹	۲۵۱۰	۹۵	۲۶۰۵	۱۵۵۶	۲۷۹۱	۱۰۴۹	۳۸۳۹	۸۹۸	۷۳
زنجان	۲۱۴	۱۵۶	۳۷۰	۴۱۹	۱۰	۴۲۸	۵۸	۳۹۵	۳۷۰	۷۶۵	۷۹۳	۵۲
سمنان	۹۷	۷۹	۱۷۶	۲۴۲	۳۰	۲۷۱	۹۵	۳۱۰	۱۷۶	۴۸۶	۸۲۴	۶۴
سیستان و بلوچستان	۷۵۶	۴۳۶	۱۱۹۱	۱۸۷	۴۴	۲۳۱	−۹۶۰	۷۹۸	۱۱۹۱	۱۹۸۹	۸۲۷	۴۰
فارس	۳۹۰	۱۹۴	۵۸۴	۲۷۲۱	۸۷	۲۸۰۷	۲۲۲۳	۳۰۱۶	۵۸۴	۳۶۰۰	۸۳۰	۸۴
قزوین	۱۶۵	۱۱۱	۲۷۶	۶۸۳	۱۶	۶۹۹	۴۲۳	۴۵۸	۲۷۶	۷۳۴	۶۴۲	۶۲
قم	۳۴۶	۱۸۸	۵۳۳	۱۴۳	۰	۱۴۳	−۳۹۰	۲۳۸	۵۳۳	۷۷۲	۷۳۷	۳۱
کردستان	۳۶۴	۲۳۹	۶۰۳	۷۲	۶	۷۸	−۵۲۵	۴۷۶	۶۰۳	۱۰۷۹	۷۴۹	۴۴
کرمانشاه	۳۷۳	۱۵۹	۵۳۲	۴۶۸	۰	۴۶۸	−۶۴	۶۲۵	۵۳۲	۱۱۵۷	۶۱۵	۵۴
کهگیلویه و بویراحمد	۱۱۵	۵۹	۱۷۴	۹۳	۵	۹۸	−۷۶	۲۷۸	۱۷۴	۴۵۲	۷۱۲	۶۲
کرمان	۴۰۴	۳۳۸	۷۴۱	۱۳۷۴	۱۳۲۴	۲۶۹۸	۱۹۵۷	۱۵۳۸	۷۴۱	۲۲۷۹	۸۵۹	۶۷
گلستان	۳۷۹	۱۷۲	۵۵۱	۶۴۲	۳	۶۴۵	۹۴	۶۱۵	۵۵۱	۱۱۶۶	۷۲۱	۵۳
گیلان	۱۰۵۷	۳۱۸	۱۳۷۵	۱۱۴۳	۰	۱۱۴۳	−۲۳۲	۲۸۹	۱۳۷۵	۱۶۶۴	۶۹۲	۱۷
لرستان	۳۷۲	۱۹۲	۵۶۴	۱۱۵	۱۶	۱۳۱	−۴۳۳	۹۴۱	۵۶۴	۱۵۰۵	۸۷۷	۶۳
مازندران	۱۱۴۰	۳۸۱	۱۵۲۱	۱۷۰۲	۰	۱۷۰۲	۱۸۱	۴۵۱	۱۵۲۱	۱۹۷۳	۶۷۵	۲۳
مرکزی	۲۴۸	۲۰۹	۴۵۸	۵۳۶	۲	۵۳۸	۸۰	۵۳۴	۴۵۷	۹۹۱	۷۳۴	۵۴
هرمزگان	۵۳۱	۲۴۱	۷۷۱	۸۰۸	۱۲۴	۹۳۲	۱۶۱	۲۷۲	۷۷۱	۱۰۴۴	۷۴۳	۲۶
همدان	۲۸۷	۲۱۲	۴۹۹	۷۳۲	۲۰	۷۵۲	۲۵۳	۶۶۵	۴۹۹	۱۱۶۴	۶۸۳	۵۷
یزد	۲۳۵	۱۵۸	۳۹۳	۱۹۵	۱۵۶	۳۵۰	−۴۳	۴۸۳	۳۹۳	۸۷۵	۸۸۳	۵۵
کل کشور	۱۸۶۶۶	۹۶۲۶	۲۸۲۹۲	۱۸۶۶۶	۲۲۲۵	۲۰۸۹۲	−۷۴۰۰	۴۳۳۶۰	۹۶۲۶	۵۲۹۸۶	۷۵۲	۸۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق



شکل۳. مقدار کل آبرانه استان‌ها (میلیون مترمکعب)

وابستگی به منابع آب خارج استان را داشته‌اند (درصد خودکفایی به‌ترتیب ۱۱ و ۸۴ درصد) (جدول ۱).

در سال ۱۳۸۵، به‌طور متوسط به ازای هر دلار صادرات محصولات کشاورزی، ۱۵۲۷ لیتر آب نیز صادر شده که در این بین خرما و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان آب‌بری به ازای هر دلار صادرات (۴۲۱۷ و ۵۱۵) را داشته‌اند (جدول ۲). در این سال، به ازای هر دلار محصول وارداتی، ۶۶۷۲ لیتر آب نیز به کشور وارد شده است. محصول جو و پرتقال به‌ترتیب بیشترین و کمترین واردات آب مجازی به ازای هر دلار واردات (۱۰۲۷۰ و ۷۱۴) را به‌همراه داشته‌اند.

در شکل (۴)، تراز آب مجازی استان‌ها در سال ۱۳۸۵ (میلیون مترمکعب) و در شکل (۵) ارتفاع بارش استان‌ها در این سال نشان داده شده است. همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، انتظار بر این است که استان‌هایی که با کمبود منابع آب مواجه هستند وارد کننده آب مجازی و استان‌های برخوردار آب، صادر کننده آب مجازی باشند. اما مقایسه شکل‌های (۴) و (۵) نشان می‌دهد که از بین ۱۱ استان صادر کننده آب مجازی فقط چهار استان جزو استان‌های برتر از لحاظ بارش هستند. استان کرمان، که دومین صادر کننده آب مجازی است، در رتبه ۲۵ از لحاظ بارش قرار دارد. از سوی دیگر، استان‌هایی مانند گیلان، چهارمحال بختیاری، لرستان ، کردستان، آذربایجان غربی، کهگیلویه و بویراحمد و کرمانشاه که جزو ده استان اول از لحاظ بارش هستند، صادر کننده آب مجازی بوده‌اند. اما برخی از استان‌های خشک مانند سیستان و بلوچستان، یزد، خراسان رضوی، قم، اصفهان، بوشهر و تهران که جزو ده استان کم باران کشور هستند، واردکننده آب مجازی بوده‌اند. هر چند که در این استان‌ها، همچنان پتانسیل جبران کمبود بارش‌ها از طریق واردات بیشتر و صادرات کمتر آب مجازی وجود دارد. به‌عنوان مثال، در استان یزد که سالانه با صرف هزینه‌های گزاف کمتر از ۱۰۰ میلیون مترمکعب آب حقیقی از حوضه آبریز زاینده‌رود وارد می‌کند، پتانسیل کاهش خروج حدود ۳۵۰ میلیون مترمکعب آب به صورت مجازی از این استان وجود دارد.

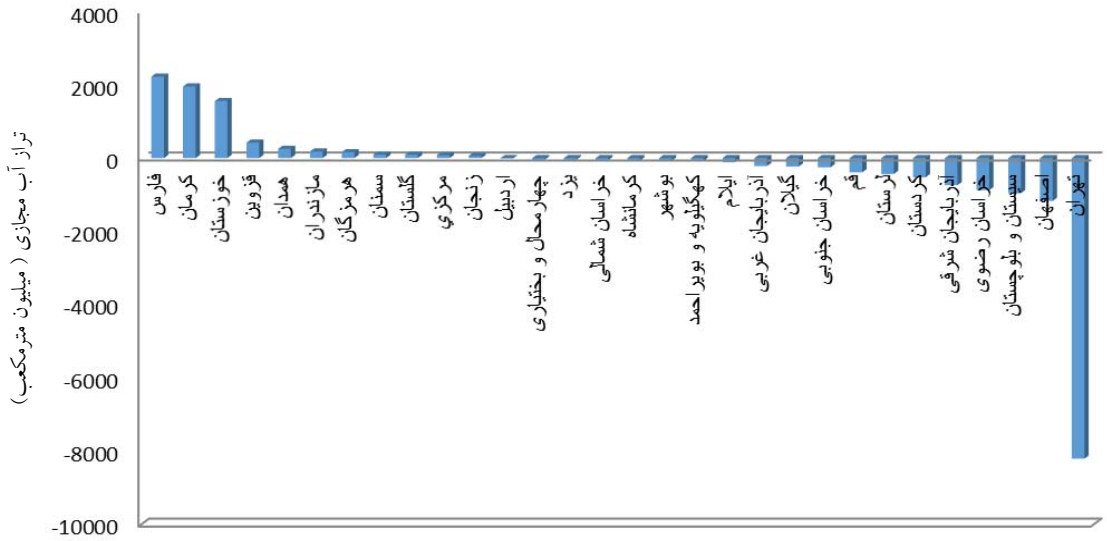
نتیجه‌گیری

طبق نظریه هیکسچر- اوهلین (۱۱ و ۱۳) انتظار می‌رود کشور و همچنین استان‌های کم‌آب، وارد کننده کالاهایی باشند که از نهاده کمیاب‌تر آب (نسبت به سایر نهاده‌ها مثل زمین یا نیروی کار) بیشتر در تولید آنها استفاده شده و برعکس، صادر کننده

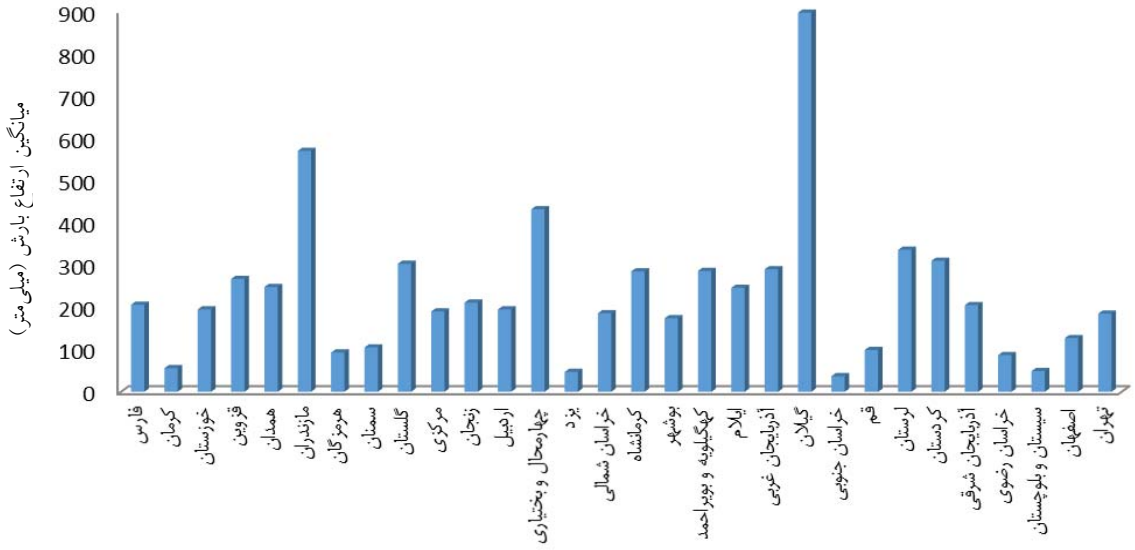
جدول ۲. نسبت آب مجازی به ارزش صادرات و واردات، به تفکیک محصول

صادرات				
محصول	صادرات (هزار تن)	آب مجازی (میلیون مترمکعب)	ارزش صادرات (میلیون دلار)	نسبت آب مجازی به صادرات (لیتربر دلار)
سیب‌زمینی	۲۴۱	۵۴	۴۹	۱۱۰۲
پیاز	۱۳۹	۲۵	۱۴	۱۷۸۶
گوجه‌فرنگی	۲۰۵	۳۵	۶۸	۵۱۵
هندوانه	۲۰۱	۳۳	۳۰	۱۱۰۰
خیار	۶۰۲	۱۰۷	۱۰۷	۱۰۰۰
سیب درختی	۲۲۷	۸۵	۸۰	۱۰۶۳
پسته	۱۶۳	۱۴۹۹	۱۰۱۸	۱۴۷۲
خرما	۱۴۳	۳۸۸	۹۲	۴۲۱۷
جمع کل	۱۹۲۱	۲۲۲۶	۱۴۵۸	۱۵۲۷
واردات				
محصول	واردات (هزار تن)	آب مجازی (میلیون مترمکعب)	ارزش واردات (میلیون دلار)	نسبت آب مجازی به واردات (لیتر بر دلار)
گندم	۴۳۸	۴۶۰	۷۶	۶۰۵۳
جو	۳۰۷	۳۸۰	۳۷	۱۰۲۷۰
شلتوک	۱۶۶۳	۳۴۲۸	۵۹۴	۵۷۷۱
ذرت دانه‌ای	۲۱۱۰	۲۰۳۳	۲۷۴	۷۴۲۰
چغندرقند	۹۱۰۳	۱۸۵۳	۲۹۹	۶۱۹۷
نیشکر	۵۷۲	۱۴۶۴	۱۴۹	۹۸۲۶
پرتقال	۳۳	۱۰	۱۴	۷۱۴
جمع کل	۱۴۲۲۶	۹۶۲۸	۱۴۴۳	۶۶۷۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق و (۱۱)



شکل ۴. تراز آب مجازی استان‌ها در سال ۱۳۸۵ (میلیون مترمکعب)



شکل ۵. میانگین ارتفاع بارش استان‌ها در سال ۱۳۸۵ (میلی‌متر)
مآخذ: مرکز آمار ایران

کالاهایی باشند که از آب در تولید آنها کمتر استفاده شده باشد اما نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که الگوی تجارت خارجی (و در برخی موارد تجارت داخلی) محصولات کشاورزی با این نظریه تطابق ندارد. از این‌رو، پتانسیل زیادی جهت کاربرد مفهوم آب مجازی جهت کاهش معضل کم‌آبی و نیز تعدیل عدم تعادل پراکندگی بارش در کشور وجود دارد. در این راستا، مدنظر قرار دادن محتوای آب مجازی محصولات کشاورزی در تدوین الگوی تجاری کشور، اصلاح الگوی کشت متناسب با نیاز آبی گیاهان و موجودی منابع آب، جایگزین نمودن تجارت آب مجازی به‌جای آب حقیقی، کاهش ضایعات محصولات کشاورزی (و بالتبع آب مصرف شده جهت تولید آنها)، اصلاح رژیم غذایی و الگوی مصرف مطابق با فراوانی منابع آب (مثلاً اصلاح عادت مصرف برنج لنجان با نیاز آبی فراوان در استان کم باران اصفهان) می‌تواند سودمند واقع گردد.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی انجام شده است. بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. احسانی، م.، ه. خالدی و ی. برقی. ۱۳۸۷. *مقدمه‌ای بر آب مجازی*. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.
۲. جعفری، ع. م. و ق. زارعی. ۱۳۸۶. تجارت آب مجازی و نقش آن در مقابله با بحران کم‌آبی. پیام آب ۵(۲۸): ۳۵-۳۱.
۳. دهقانپور، ح. و م. بخشوده. ۱۳۸۷، بررسی‌های محدود کننده تجارت آب مجازی در منطقه مرودشت. مجله علوم و صنایع کشاورزی (اقتصاد و توسعه کشاورزی) ۲۲(۱): ۱۴۷-۱۳۷.
۴. شرقی، ع. و غ. کیانی. ۱۳۸۹. *سالنامه آماری آب کشور ۸۷-۱۳۸۶*. معاونت امور آب و آبفا. وزارت نیرو.

۵. فرشی ع. ا.، م. شریعتی، ر. جاراللهی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر و م. م. تولایی. ۱۳۷۶. *برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور*. جلدهای ۱ و ۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج.

6. Allan, J. A. 1998. Virtual water: A strategic resource global solution to regional deficits. Groundwater 6(4): 545-546.
7. Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra. 2003. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series No. 13.
8. Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra. 2004. Water footprints of nations. UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series No. 16, Vol. 1 and 2.
9. Chapagain, A. K. and S. Orr. 2009. An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes. J. Environ. Manage. 90: 1219-1228.
10. Guan, D. and K. Hubacek. 2007. Assessment of regional trade and virtual water flows in China. Ecol. Econ. 61: 159-170.
11. Fao.2008. www.faosta.fao.org.
12. Fracasso, A. 2014. A gravity model of virtual water trade. Ecol. Econ. 108: 215-228.
13. Hoekstra, A. Y. and A. K. Chapagain. 2007a. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resour. Manage. 21: 35-48.
14. Hoekstra, A. Y. and A. K. Chapagain. 2007b. The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. Ecol. Econ. 6: 143-151.
15. Hoekstra, A. Y. and P. Q. Hung. 2002. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series No. 11.
16. Islam, S. M., T. Oki, S. Kanae, N. Hanasaki, Y. Agata and K. Yoshimura. 2007. A grid-based assessment of global water scarcity including virtual water trading. Water Resour. Manage. 21: 19-33.
17. Kumar, M. D. and O. P. Singh. 2005. Virtual water in global food and water policy making: Is there a need for rethinking? Water Resour. Manage. 19: 759-789.
18. Liu, J. and H. H. G. Savenije. 2008. Food consumption patterns and their effect on water requirement in China. UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series No. 30.
19. Ma, J., A. Y. Hoekstra, H. Wang, A. K. Chapagain and D. Wang. 2006. Virtual versus real water transfers within China. PHILOS. T. R. SOC B:19, 361: 835-842.
20. Novo, P., A. Garrido and C. Varela-Ortega. 2009. Are virtual water flows in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity? Ecol. Econ. 68: 1454-1464.
21. Oel, P. R. Van, M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra. 2008. The external water footprint of the netherlands: quantification and impact assesment. UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series No. 33.
22. Velázquez, E. 2007. Water trade in Andalusia. Virtual water: An alternative way to manage water use. Ecol. Econ. 63: 201-208.
23. Verma, S., D. A. Kampman, P. Van der Zaag and A. Y. Hoekstra. 2009. Going against the flow: A critical analysis of inter-state virtual water trade in the context of India's National River Linking Program. Phy. Chem. Earth 34: 261-269.
24. Zhao J., W. Liu and H. Deng. 2005. The potential role of virtual water in solving water scarcity and food security problems in China. Int. J. Sus. Dev. World Ecol. 12: 419-428.

J. Water and Soil Sci. (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 22, No. 1, Spiring 2018, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

Study of Domestic and International Virtual Water Trade in Iran

G. H. Kiani[1*]

(Received: Oct. 18-2015; Accepted: April 22-2017)

Abstract

Recently, virtual water trade has been introduced as a tool to solve the water scarcity of dry regions. The concept holds that water-rich countries and regions should produce and export water-intensive commodities to water-scarce countries and regions. In this study, the status of domestic and international virtual water trade was studied to assess water management in Iran in 2006 (which was considered as a normal year). The calculations showed that 18666 Mm3 of virtual water was traded through the exchange of agricultural products between the provinces. Fars and Tehran provinces were the largest exporter and importer of virtual water, respectively. Iran imported 9626 Mm3 and exported 2226 Mm3 of virtual water. Water footprint was 752 m3/cap/yr and water self-sufficiency was 82% in Iran. The virtual water content of the exported and imported products was 1159 L/kg and 677 L/kg, respectively. The results showed that water-scarce provinces such as Kerman, Hormozgan and Semnan were exporters of virtual water to other provinces and abroad, whereas water-rich provinces such as Guilan, Chaharmahal and Bakhtiari, Lorestan, Kordestan, West Azarbayjan, Kohgiloyeh and Boyr-Ahmad, and Kermanshah were the importers of virtual water. Therefore, water management can be improved by the improvement in international and inter-province virtual water trade. For this purpose, the cropping pattern and consumption pattern should be adapted to the virtual-water content of agricultural products for the long-term water conditions in Iran.

Keywords: Virtual water, Water footprint, Water self-sufficiency.

1. Dept. of Economics, Faculty of Administrative Sci. and Economics, Univ. of Isfahan, Isfahan. Iran.
*: Corresponding Author, Email: gh.kiani@ase.ui.ac.ir