نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد۹، آذر - دی ۱۳۹۴، ص. ۷۹۷-۷۸۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 9, Dec.-Jan. 2015, p. 784-797

نقش واردات و صادرات محصولات مهم زراعی و باغی در تجارت مجازی آب و رد پای آب در کشاورزی ایران

قاسم زارعی[۱] و علی‌محمد جعفری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۴

چکیده

در این مقاله نقش واردات و صادرات محصولات مهم کشاورزی در تراز خالص تجارت مجازی آب ایران تعیین و شاخص‌های آبی کشور محاسبه شده‌اند. شاخص‌های مطالعه شده شامل؛ رد پای آب در بخش کشاورزی، شدت مصرف آب کشاورزی، شاخص وابستگی به واردات آب مجازی و شاخص خود کفائی آب کشاورزی، بوده‌اند. طول دروهٔ مطالعه، پنج سال (۱۳۸۸ - ۱۳۸۴) بوده است. نتایج نشان می‌دهند که در این دوره، تراز خالص سالانهٔ تجارت مجازی آب کشور همواره مثبت بوده و در نتیجه ایران وارد کنندهٔ آب مجازی در سطح جهانی در این دوره بوده است به‌طوری‌که از طریق صادرات ۱۶ قلم محصول کشاورزی مهم، حدود ۳۷/۹ میلیارد مترمکعب آب به‌صورت مجازی صادر و از طریق واردات ۱۶ قلم محصول کشاورزی مهم، تقریباً ۱۲۵/۸ میلیارد مترمکعب آب به‌صورت مجازی وارد کشور شده است. نکتهٔ قابل تأمل در این خصوص، افزایش شدید تراز مثبت خالص تجاری مجازی آب کشور در سال‌های آخر این دوره است که دلایل آن افزایش سالانهٔ جمعیت و وقوع خشکسالی در اغلب استان‌های کشور بوده است. در این دوره، میانگین سالانهٔ رد پای آب در بخش کشاورزی کشور ۱۰۴/۸ میلیارد مترمکعب بوده و ایران با میانگین ۱۷/۶ میلیارد مترمکعب واردات خالص آب مجازی در سال، موجب ذخیرهٔ سالیانهٔ این حجم آب از منابع داخلی خود شده است. هم‌چنین شاخص‌های آبی محاسبه شده برای کشور نشان دادند که به‌طور میانگین در این دوره، شدت مصرف آب کشاورزی ۶۷/۱٪، شاخص وابستگی به واردات آب مجازی ۱۶/۸٪ و نیز شاخص خود کفائی آب کشاورزی حدود ۸۳/۲٪ بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: تجارت مجازی آب، محصولات کشاورزی، صادرات، واردات، منابع آب، نیاز آبی

مقدمه

ایران در ناحیه خشک و نیمه‌خشک دنیا واقع شده و به‌دلیل افزایش بی‌رویه جمعیت و شهرنشینی، تقاضا برای آب و مواد غذایی در کشور رشد یافته است. این امر و بروز خشکسالی‌های چند دههٔ اخیر موجب گردیده تا توسعهٔ منابع آب بیش‌تر گردیده و فشار بر ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی افزایش یابد و سیمای کشاورزی کشور، چهره ناپایداری به‌خود گیرد. در سال‌های اخیر تجارت آب مجازی در قالب تجارت کالا به‌ویژه محصولات کشاورزی، به‌عنوان راهکاری جدید جهت سازگاری با بحران آب مورد توجه متخصصان و مجامع علمی مرتبط با آب جهان قرار گرفته است. آب مجازی مقدار آبی است که صرف تولید کالا و یا فرآورده کشاورزی می‌شود و مقدار آن معادل کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیرهٔ تولید از لحظه شروع تا پایان است (Allan., 1993). صفت مجازی بدان معناست که بخش عمدهٔ آب مصرف شده طی فرآیند تولید، در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد. صفت مجازی به معنای غیر واقعی نیست بلکه باید گفت که آب مجازی، آب کاملاً واقعی است. شرایط اقلیمی، مکان تولید، مدیریت و برنامه‌ریزی و سطح فناوری به‌کار رفته، در حجم آب مجازی نهفته در کالا مؤثر است و مقدار آن برای یک کالا در مناطق مختلف جهان، متفاوت است. با توجه به تشدید بحران آب در جهان، موضوع آب مجازی به‌واسطهٔ عمق مفهوم آن، از اهمیّت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری کلان آب برخوردار شده است. هم اکنون نیز با گسترش تجارت در سطح جهان و با صادرات و واردات کالا و محصولات بین کشورهای مختلف، به‌طور مستمر محاسباتی از جریان آب مجازی در سطوح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی، گزارش می‌شود (Chapagain and Hoekstra., 2003). شاخص دیگری که در یک

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
۲- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان
(*- نویسنده مسئول: (Email: G.zarei@aeri.ir

دهۀ اخیر تعریف و به‌کار گرفته شده، رد پـای آب[1] اسـت و بـدان آب مصرفی پایه و یا آب معادل نیـز گفتـه مـی‌شـود (Hockestra and Hung., 2002). رد پای آب یک ابزار ضروری در محاسبۀ آب واقعی استفاده شده در یک کشور است و بنابر تعریف، معادل کل آب داخلـی مورد استفاده به علاوه خالص واردات آب مجازی (آب مجازی وارداتی منهای آب مجازی صادراتی) یک کشور در یک دوره‌ی معـیّن اسـت. آب مصرفی پایه هر کشور یک شاخص مفیـد تقاضـای آب بـرای آن است (Hoekstra and Hung., 2005).

بررسی الگوی تجارت خارجی محصولات کشاورزی کشور نشـان می‌دهد که عمده واردات مواد غذایی غلات، شکر و دانه‌هـای روغنـی هستند در حـالی‌کـه صـادرات کشـور را عمـدتاً محصـولات بـاغی و فرآورده‌های حاصل از آن‌ها تشکیل می‌دهند. میزان صادرات و واردات محصولات کشاورزی به‌خصوص محصولات اساسی و عمده به‌عنـوان یکی از شاخص‌های ارزیابی موفقیـت برنامـه‌هـای بخـش کشـاورزی است. به‌طور کلی تولید محصولات کشاورزی و دامی، فرایندهائی آب-بر هستند که فشار بر منابع آب کشور را تشدید می‌کنند. بـا توجـه بـه وضعیت فعلی بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی و سـطحی، اکثـر دشت‌های کشور از سوی وزارت نیـرو، دشـت‌هـای ممنوعـه اعـلام و صدور مجوز جدید بهره‌برداری از آن‌هـا ممنـوع شـده اسـت. شـواهد موجود حاکی از بحرانی بودن وضعیت ایـن منـابع اسـت. تحـت ایـن شرایط، سیاست‌گذاران تأکید زیادی بـر توسـعه صـادرات محصـولات کشاورزی به‌عنوان گزینه‌ای جهت تنوع درآمد ارزی کشور و هم‌چنین سیاست‌های خودکفایی در زمینه تولید مواد غذایی اسـتراتژیک دارنـد (بی‌نام، ۱۳۹۲).

حجم آب مجازی نهفته در یک کالای تولید شـده در کشـورهای مختلف دنیا و حتی مناطق مختلف یک کشور، اخـتلاف زیـادی دارد. این اختلاف بستگی به نوع خاک، نوع منطقه، شـرایط آب و هـوایی و ...، دارد. به‌عبارت دیگر، منـاطق مختلـف، دارای مزیـت‌هـای نسـبی متفاوتی در تولید و عرضه محصولات کشاورزی هستند. بدیهی اسـت که این مهم، کم و بیش الگوی کشت آن‌ها را شکل داده است. انتقال آب مجازی بین کشورهای مختلف، از طریق وارد یا صادر کردن انواع محصولات، کالاها و خدمات صورت می‌گیـرد. صـادرات آب مجـازی برای یک کشور، برابر با کل حجم آب مورد نیاز بـرای تولیـد اجنـاس صادراتی است. از طرف دیگر واردات آب مجازی یک کشـور برابـر بـا حجم آب مرتبط با واردات کالا یا خدمات است. از این دیـدگاه، بـرای یک کشور محصولات وارداتی می‌تواند منبع آبی محسوب گردد که از طریق آن به‌طور محلی دسترسی به منابع آب جهانی، امکان‌پـذیر مـی شود. اهمیت آب مجازی در دنیا افزایش یافته و لذا انتقال آب مجازی نهفته در غذایی که تجارت می‌شود، به‌عنوان جزئـی مهـم از مـدیریت آب در سطح جهان و به‌ویژه در نواحی کم آب، مطرح است. با تجـارت اجناس به‌ویژه محصولات غـذائی، جریـان مجـازی آب از کشـورهای صادرکننده کالا به کشورهای وارد کننده، بوجود می‌آید (Chapagain and Hoekstra., 2003). بدیهی است که به‌جای تولید ایـن کـالا و مواد غذائی، کشورهای وارد کننده می‌توانند معادل این آب را صـرفه-جوئی و یا به مصارف دیگری برسـانند (Chapagain et al., 2006). تجارت آب مجازی باعث صرفه‌جوئی و در نتیجـه تعـدیل در مصـرف آب در سطح جهان مـی‌شـود زیـرا محصـولات کشـاورزی عمـدتاً در جاهایی تولید می‌گردند که از مزیت نسـبی در تولیـد آن‌هـا برخـوردار هستند. بدین‌ترتیب، کشورهای کم آب می‌تواننـد محصـولاتی را وارد کنند که برای تولید آن‌ها نیاز به مقدار زیادی آب نسبت به‌حـالتی کـه در منطقه تولید می‌شوند، دارند (Fraiture et al., 2004).

آب مجازی برای اولـین بـار توسـط آلـن مطـرح شـد (Allan., 1993). او تجارت آب مجازی را به‌عنوان راهکـاری جهـت مقابلـه بـا کم‌آبی در کشورهای خشک جهان پیشنهاد کرد. ایـن کشـورها مـی-توانند محصولاتی که نیاز فراوان به آب دارند را وارد کنند. بـه‌نظـر او، این موضوع باعث ذخیره آب و کاهش فشار به منابع آب و اختصـاص آب در دسترس به دیگر مقاصد می‌گردد. ایـن کشـورها بجـای پمپـاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی، بایسـتی بـا دخالـت دادن تجـارت آب مجازی در سیاست‌های آبی خود، علاوه بر دسترسی مناسب به منـابع آب جهانی، از افزایش فشار به منابع محدود خود نیز بکاهند. این بحث ۱۰ سال طول کشید تا مورد توجه مجامع علمی جهان قـرار گیـرد. در دهۀ اخیر مطالعات متعددی در زمینۀ مفهوم آب مجازی، رد پـای آب، تجارت مجازی آب و شاخص‌های محاسباتی در سطوح ملی، منطقـه-ای، حوضه‌ای و بین‌المللـی انجـام شـده‌انـد (محمـدیان و همکـاران، ۱۳۸۶؛ دهقانپور و بخشوده، ۱۳۸۷؛ عربی‌یـزدی و همکـاران، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۳؛ Wichelns., 2001 and 2004؛ Yegenes-Botzer., 2001؛ Renault., 2003؛ Varner., 2003؛ Hockestra and Chapagain., 2003, 2006 and 2007؛ Jing., 2004؛ van Ole et al., 2008؛ Verma et al., 2008؛ El Sadek., 2010؛ Faramarzi et al., 2010).

هوکسـترا و هانـگ (Hoekstra and Hung,, 2002 -2005) و چاپـاگین و هوکسـترا (Chapagain and Hockestra., 2004)، آب مجازی را ابزاری برای محاسبه آب واقعی اسـتفاده شـده یـک کشـور می‌دانند. آن‌ها حجم مبـادلات آب مجـازی بـین‌المللـی در دوره ۹۹-۱۹۹۵ را با توجه به میزان آب مصـرفی در کشـور وارد کننـده حـدود ۱۰۴۰ میلیارد مترمکعب در سال و براساس کشـور صـادر کننـده ۶۹۵ میلیارد مترمکعب در سال برآورد کردند. ویچلنز تأمین آب مـورد نیـاز، امنیت غذایی، صرفه‌جـویی در آب، ارزآوری، افـزایش تولیـد ناخـالص داخلی، توسعه پایدار و رفاه اجتماعی را مزیت‌های تجارت مجـازی آب برای کشورهای صادرکننده یا وارده کننده می‌داند. از ایـن‌رو، تجـارت

1- Water Footprint

مجازی آب در سال‌های اخیر به‌طور دائم در حال افزایش بوده و آمارها بیانگر جابجائی حدود ۱۵٪ آب مصرفی جهان به‌صورت مجازی است (Wichelns., 2001). به‌نظر دینش و سینک در سال‌های اخیر، برنامه‌ریزان آب در کشورهای گوناگون به آب مجازی و تجارت آن توجه کرده و آن را جزء ارکان تصمیم‌گیری‌ها قرار داده‌اند زیرا صادرات آب به کشورهای خشک به‌دلیل حجم و وزن بسیار زیاد آن مشکلات فراوانی دارد و به این دلیل، منطقی‌تر و مقرون به صرفه‌تر آن است که این کشورها آب مورد نیاز خود را به‌صورت آب نهفته در مواد غذائی و کالا وارد نمایند (Dinesh and Singh., 2005).

براساس یافته‌های راک استرم و گردن، برای تولید کل محصولات کشاورزی در جهان سالیانه حدود ۵۴۰۰ میلیارد مترمکعب آب مصرف می‌گردد که بخشی از آن به‌صورت مجازی جابجا می‌شود. از این‌رو، حدود ۱۳٪ از کل آب مورد استفاده برای تولید محصولات کشاورزی در جهان جهت مصارف داخلی نیست بلکه به‌صورت مجازی صادر می‌شود (Rockstorm and Gordon., 2001). چاپاگین و هوکسترا اعلام کردند از طریق تجارت محصولات دامی در جهان، سالانه حدود ۲۴۵ میلیارد مترمکعب آب به‌صورت مجازی در سطح بین‌الملل مبادله می‌شود. اگر تجارت محصولات کشاورزی هم بدان اضافه شود، کل آب مجازی مبادله شدهٔ جهان از طریق محصولات غذایی حدود ۹۴۰ میلیارد مترمکعب خواهد بود (Chapagain and Hockestra., 2003). در مطالعهٔ یگنس بوتزر در اسرائیل، مشخص شد که این کشور سالیانه حدود ۶/۹ میلیارد مترمکعب آب مجازی وارد می‌کند در حالی‌که مقدار صادرات آن حدود ۳/۸ میلیارد مترمکعب است (Yegenes-Botzer, 2001). مطالعه جینگ در جنوب چین نشان داد که این منطقه واردکننده خالص محصولات کشاورزی، معادل ۵۲ میلیون مترمکعب آب مجازی است (Jing., 2004).

بنظر فرای‌چر و همکاران، کشورهای کم آب می‌توانند با واردات غلات، نقش قابل توجهی در حفظ منابع آب و خاک خود ایفا کنند. آن ها در بررسی واردات غلات دو کشور مصر و ژاپن دریافتند که در سال ۱۹۹۵، این دو کشور به‌ترتیب با واردات ۷/۵ و ۲۷ میلیون تن انواع غلات، به‌ترتیب ۹/۹ و ۳۷ میلیارد مترمکعب از منابع آب داخلی خود را ذخیره کردند. به‌دلیل آنکه بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی بین کشورهای صادرکننده متفاوت است لذا تجارت غلات سبب صرفه‌جویی در مصرف جهانی آب به میزان ۱۶۴ میلیارد مترمکعب می‌شود که از این مقدار ۱۱۲ میلیارد مترمکعب مربوط به آبیاری است (Fraiture et al., 2004). رنالت و زیمر و رنالت حجم مبادلات جهانی آب بین کشورها را در سال ۲۰۰۰، بر پایه میزان آب مورد نیاز در کشور واردکننده، حدود ۱۳۴۰ میلیارد مترمکعب گزارش کردند (Renault, 2003 and Zimmer and Renault., 2003).

می‌یاکه و همکاران، حجم مبادلات بین‌المللی آب مجازی در سال ۲۰۰۰ را با لحاظ کردن دو دیدگاه متفاوت محل تولید محصول در کشورهای صادرکننده و واردکننده، به‌ترتیب ۶۸۳ و ۱۱۳۸ میلیارد مترمعکب برآورد کردند. براساس نتایج این مطالعه، صرفه‌جویی جهانی آب در اثر مبادلات بین‌المللی محصولات غذایی در این سال، ۴۵۵ میلیارد مترمکعب بوده که این رقم تقریباً معادل ۸٪ حجم مصرف جهانی آب است (Miyake et al., 2002). بنابر مطالعات هوکسترا و هانگ، ایران با وارد کردن حدود ۲۹/۱ میلیارد مترمکعب آب در سال های ۹۹-۱۹۹۵، نوزدهمین کشور وارد کننده آب مجازی در جهان بود (Hoekstra and Hung, 2002). ورما و همکاران جریان آب مجازی ناشی از مبادلات محصول در ایالات مختلف هند طی دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۷ را بیش از ۱۰۶ میلیارد مترمکعب و یا ۱۳٪ حجم کل آب مصرفی آن کشور برآورد کردند (Verma et al., 2008).

چاپاگین و همکاران، حجم آب مجازی ناشی از مبادله محصولات کشاورزی را در سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷، حدود ۱۲۶۳ میلیارد مترمکعب در سال برآورد کردند (Chapagain et al., 2005). از دیدگاه چاپاگین و همکاران (Chapagain et al., 2006)، یانگ و همکاران (Yang et al., 2006) و محمدیان و همکاران (۱۳۸۶)، تجارت آب مجازی موجب بهبود کارآیی استفاده از آب و کاهش اثرات طبیعی کمبود آب از طریق تعدیل ساختار الگوی کشت و تجارت مواد غذایی بین‌منطقه‌ای است. هم‌چنین هوکسترا و هانگ با معرفی شاخص ردپای آب، توانستند اطلاعات مفیدی در ارتباط با الگوی مصرف افراد و به‌دنبال آن میزان آب مصرفی در تولید محصولات مختلف، مبادلات جهانی آب و مدیریت منابع آب، ارائه دهند (Hoekstra and Hung, 2002). ال سدک، با بررسی موقعیت کشور مصر از بُعد تولید مواد غذایی و خودکفایی در تولید محصولات استراتژی و تجارت مجازی آب در مقایسه با سایر کشورها، نتیجه گرفت که این استراتژی برای مصر نیازمند تحقیقات بیش‌تر و درک کلیه‌ی اثرات اجتماعی، محلی، اقتصادی، اجتماعی، محیطزیستی، فرهنگی، طبیعی و سیاسی است (El Sadek, 2010).

عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۸۸) رد پای اکولوژیک آب در ایران را بر مبنای صادرات و واردات مواد غذائی در سال ۱۳۸۵ محاسبه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که رد پای اکولوژیک آب کشور در این سال، ۱۰۴ میلیارد مترمکعب بود. در این سال با محاسبه خالص تجارت آب مجازی ایران مشخص شد که بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری، ۱۲ و با اعمال راندمان آبیاری، ۲۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب داخلی کشور ذخیره شد، به‌طوری‌که اگر قرار بود این مقدار محصول در داخل کشور تولید شود، لازم بود ۱۱۲ میلیارد مترمکعب آب در بخش کشاورزی مصرف گردد که چنین مقداری در دسترس نبود. محمدیان و همکاران (۱۳۸۶)، الگوی بهینهٔ کشت محصولات زراعی دشت فریمان- تربت جام را با تأکید بر مفهوم آب مجازی، پایداری و پویائی منابع آب زیرزمینی منطقه و کشاورزی پایدار، برای

یک دورهٔ ده ساله تعیین کردند. دهقان‌پور و بخشوده (۱۳۸۷) جنبه‌های محدودکنندهٔ تجارت مجازی آب در ایران را بررسی کردند. فرامرزی و همکاران تجارت مجازی آب ایران را برای کاهش کمبود آب در سطح کشور، مطالعه کردند. آنها نتیجه گرفتند که حدود ۵۳٪ از نواحی تحت کشت گندم ایران در مناطقی واقع‌اند که کمبود آب دارند و حدود ۱۰۰-۳۱٪ از کل کمبود گندم در استان‌های دارای کمبود، می‌تواند توسط مازاد تولید سایر استان‌ها تامین شود. از این‌رو استان‌های دارای کمبود گندم می‌توانند در حدود ۵/۵- ۳/۵ میلیارد مترمکعب آب مجازی را با واردات گندم از سایر استان‌ها، دریافت نمایند (Faramarzi et al., 2010).

عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۹۳)، شاخص ردپای آب و امنیّت آبی استان خراسان جنوبی را از طریق مبادله‌ی محصولات کشاورزی و تجارت مجازی آب در دوره‌ی ۱۳۹۱- ۱۳۸۷ مطالعه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که این استان در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ دارای تراز خالص آب مجازی منفی (صادرکننده‌ی آب مجازی) و در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ دارای تراز خالص آب مجازی مثبت (وارد کننده‌ی آب مجازی) بود. پور جعفری‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) با محاسبه آب مجازی محصولات کشاورزی استان کرمان در سال ۱۳۸۸، گزارش کردند که این استان به‌ویژه به‌واسطه تولید و صادرات پسته و خرما، صادر کننده‌ی مجازی آب بوده و حجم صادرات مجازی آب کرمان در این سال بیش از ۲/۶۴ میلیارد مترمکعب بوده است.

با عنایت به وقوع بحران خشکی و خشکسالی در دهه‌های اخیر، اهمیت روزافزون مفهوم کاربردی تجارت مجازی آب در کشور و نیز تعداد کم مطالعات انجام شده در سطح ملی به‌منظور تعیین آب مجازی صادر و یا وراد شده از طریق مبادله‌ی محصولات کشاورزی، هدف از این تحقیق تعیین نقش واردات و صادرات محصولات مهم کشاورزی (زراعی و باغی) در تجارت مجازی آب و محاسبه شاخص رد پای آب در بخش کشاورزی ایران در یک دوره‌ی میان مدت (پنج‌ساله) است.

مواد و روش‌ها

برآورد آب مصرفی محصولات منتخب

با استعلام از معاونت امور تولیدات گیاهی وزارت جهاد کشاورزی و نیز مدنظر قراردادن مقدار و ارزش (ریالی و ارزی) محصولات تبادل یافته کشور، محصولات عمده صارداتی و وارداتی کشور در بازه‌ی زمانی پنج ساله ۸۸- ۱۳۸۴ انتخاب شدند (بی‌نام، الف۱۳۸۹ و ب۱۳۸۹). این اطلاعات شامل؛ مبداء واردات، مقصد صادرات، مقدار واردات یا صادرات و ارزش ریالی و دلاری محصولات وارداتی یا صادراتی، بودند. برای ایجاد سهولت در مطالعه، دامنه انتخاب محدود به محصولاتی شد که به‌صورت تازه و بدون انجام فرآیندهای تبدیلی و تکمیلی، صادر یا وارد می‌شدند.

برای محاسبه آب مصرفی ویژه، علاوه بر نیاز به سطح زیرکشت و عملکرد محصولات انتخاب شده در مناطق تحت مطالعه، نیاز به محاسبه آب مصرفی گیاهان تحت کشت در مناطق مورد نظر بود. از طرف دیگر، برای تعیین نیاز آبیاری گیاهان، احتیاج به تعیین نیاز آبی گیاهان تحت مطالعه، بارندگی مؤثر در مناطق مختلف کشور در طول رشد گیاهان و راندمان آبیاری در آن مناطق بود. بدین منظور از کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، استفاده شد (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). در این کتاب نیاز خالص آبی گیاهان با لحاظ کردن میزان بارندگی مؤثر براساس آمار هواشناسی بلند مدت مناطق (به تفکیک استان‌ها و شهرستان‌ها) به روش فائو- پنمن- مانتیت محاسبه و ارائه شده‌اند. هم‌چنین راندمان‌های آبیاری در استان‌ها از گزارش سهراب و همکاران (۱۳۸۸)، استخراج و استفاده شدند.

محاسبه آب مصرفی ویژه محصولات منتخب

به منظور محاسبه آب مجازی نهفته در فرآیند تولید محصولات زراعی و باغی عمده صادراتی و یا وارداتی، از رابط ۱ استفاده شد (Hoekstra and Hung., 2005):

$$SWD_{ij} = \frac{CWR_{ij}}{CY_{ij}} \qquad (۱)$$

SWD_{ij}: آب مصرفی ویژه[1] محصول i ام در ناحیه j ام $(m^3.\ ton^{-1})$

CWR_{ij}: نیاز آبیاری گیاه[2] برای محصول i ام در ناحیه j ام $(m^3.\ ha^{-1})$

CY_{ij}: عملکرد محصول i ام در ناحیه j ام $(ton.\ ha^{-1})$

به دلیل تنوع اقلیمی کشور و وجود منابع متفاوت خاک و آب در کشور، هر نوع محصول در نواحی مختلف، مقادیر مصرف آب متفاوت خواهد داشت. از این رو برای هر محصول و در هر منطقه، مقادیر *SWD* به‌طور جداگانه محاسبه و سپس میانگین وزنی آن در نظر گرفته شد.

هوکسترا و هانگ (Hoekstra and Hung., 2002)، فرای‌چر و همکاران (Fraiture et al., 2004)، عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۹۳) و تعداد دیگری از محققین، برای محاسبه شاخص *CWR* از تبخیر و تعرق واقعی گیاهان (*ETc*) استفاده کرده‌اند. بدین‌ترتیب که با کسر کردن میزان بارندگی مؤثر از تبخیر و تعرق واقعی گیاهان و اعمال راندمان آبیاری، مقدار *CWR* محاسبه شده است. در این تحقیق نیز از همین روش برای محاسبه‌ی شاخص *CWR* استفاده شد. لازم به ذکر

1- Specific Water Demand
2- Crop Water Requirement

است که به‌دلیل عدم رعایت اصول آبیاری از طرف زارعین، معمولاً استفاده از ETc در عمل با آنچه که کشاورزان انجام می‌دهند، تفاوت نسبتاً فاحشی دارد (سهراب و همکاران، ۱۳۸۸). به همین دلیل برای محاسبه CWR، می‌توان به‌جای استفاده از روابط تئوری، از حجم کل آب مصرف شده در هکتار توسط زارعین براساس نتایج تحقیقات و آمار و اطلاعات اخذ شده از مراجع ذیصلاح، استفاده کرد.

پس از آن که SWD برای هر محصول و به ازای هر ناحیه محاسبه شد، از رابطه ۲ میانگین وزنی کشوری آن (SWD_i) محاسبه گردید:

$$SWD_i = (\sum_{j=1}^{m} SWD_{ij}.TP_{ij}) / TP_i \qquad (۲)$$

SWD_i: آب مصرفی ویژه هر واحد محصول i ام در سطح کشور ($m^3.ton^{-1}$)

TP_{ij}: کل تولید محصول i ام در ناحیه j ام (ton)

TP_i: کل تولید محصول i ام در کشور (ton)

بدین ترتیب SWD_i برای کلیه محصولات محاسبه گردید. SWD_i به‌عنوان شاخص آب مصرفی کشوری هر تن محصول i ام برحسب مترمکعب بوده و در واقع بیانگر کل آبی است که باید مصرف شود تا یک تن محصول i ام تولید شود و بدان آب مجازی[1] نهفته در هر واحد محصول i ام گویند.

برای تعیین حجم آب مصرفی کل محصول i ام در سطح کشور، از رابطه ۳ استفاده شد:

$$WU_i = SWD_i \times TP_i \qquad (۳)$$

که در آن؛ TP_i و SWD_i قبلاً تعریف شده‌اند و WU_i نیز حجم آب مصرفی محصول i ام در کل کشور برحسب مترمکعب است.

برای محاسبه کل حجم آب مصرفی محصولات باغی و زراعی منتخب کشور، از رابطه زیر استفاده شد:

$$WU = \sum_{i=1}^{n} WU_i \qquad (۴)$$

که در آن؛ WU_i قبلاً تعریف شده و WU نیز کل حجم آب مصرفی محصولات باغی و زراعی منتخب کشور برحسب مترمکعب است.

برآورد تراز خالص تجارت آب مجازی

حجم آب مجازی که به‌واسطه صادرات محصولات کشاورزی منتخب سالانه از کشور خارج می‌گردد، از رابطه ۵ محاسبه شد:

$$VVW_{ex} = \sum_{i=1}^{n} SWD_i.EX_i \qquad (۵)$$

در این رابطه؛ VVW_{ex} حجم آب مجازی صادراتی کشور برحسب مترمکعب و EX_i کل صادرات محصول i ام برحسب تن است.

هم‌چنین حجم آب مجازی وارد شده به کشور از طریق واردات محصولات منتخب، از رابطه ۶ محاسبه شد:

$$VVW_{im} = \sum_{i=1}^{n} SWD_i.IM_i \qquad (۶)$$

در رابطه فوق؛ VVW_{im} حجم آب مجازی وارداتی کشور برحسب مترمکعب بوده و منظور از آن، کل آب مجازی وارداتی ناشی از واردات محصولات کشاورزی در طول یک سال است. هم‌چنین، IM_i کل واردات محصول i ام برحسب تن است. از آنجا که محصول وارداتی از کشورهای مختلف، بسته به مزیت نسبی آن‌ها در تولید (شرایط اقلیمی، کشاورزی و تکنولوژیکی خود)، مقادیر SWD_i متفاوت از یک دیگر هستند، با توجه به این فرض که در اثر جایگزینی واردات با تولید در داخل کشور (تولید ملی) چه مقدار باید از منابع آب داخلی برای تولید آن‌ها مصرف شود، در این مطالعه از معادل داخلی آن‌ها استفاده شد.

برای تعیین وضعیت کشور از لحاظ واردات خالص آب مجازی[2] (تراز خارجی تجارت مجازی آب) ، $NVWI$ ، از رابطه ۷ استفاده گردید.

$$NVWI = VVW_{im} - VVW_{ex} \qquad (۷)$$

VVW_{ex} و VVW_{im} قبلاً تعریف شده‌اند و $NVWI$ واردات خالص آب مجازی کشور (برحسب مترمکعب در سال) است.

بدیهی است که حاصل معادله فوق می‌تواند مثبت، منفی و یا صفر باشد. چنانچه این بیلان مثبت باشد، به معنی آن است که حجم آب مجازی وارداتی بیش از حجم آب مجازی صادراتی است. چنانچه این بیلان منفی باشد، به معنی آن است که حجم آب مجازی وارداتی کم‌تر از حجم آب مجازی صادراتی است. هم‌چنین، مقدار صفر در معادله ۷ به مفهوم برابر بودن حجم آب مجازی صادراتی با حجم آب مجازی وارداتی است.

محاسبه شاخص‌های آبی

شاخص رد پای آب از جمع کل آب داخلی مصرف شده برای تولید محصولات کشاورزی با خالص واردات آب مجازی (آب مجازی وارداتی منهای آب مجازی صادراتی) کشور در دوره یک‌ساله مطابق رابطه ۸ به‌دست آمد (van Ole et al., 2008).

$$WF = AWU + NVWI \qquad (۸)$$

که در آن؛ WF رد پای آب (مترمکعب در سال) و AWU

1- Virtual Water

2- Net Virtual Water Import

حجم منابع آب مصرفی سالانه کشور در بخش کشاورزی (مترمکعب در سال) بوده و $NVWI$ نیز قبلاً تعریف شده است.

شاخص کم آبی کشور[1] WS که براساس تعریف انجام شده، نسبت کل مصارف آبی کشور به کل منابع آب موجود کشور[2] است، مطابق رابطه ۹ محاسبه شد (عربی‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Hockestra and Chapagain., 2003):

$$WS = \frac{TWU}{TWA} \times 100 \qquad (۹)$$

WS: شاخص کم آبی کشور (٪)

TWU: کل مصارف آبی کشور (مترمکعب در سال)

TWA: کل منابع آب موجود آن کشور (مترمکعب در سال)

مطابق این رابطه، شاخص WS می‌تواند بین ۰ تا ۱۰۰ متغییر باشد. هر چه مقدار عددی WS به صفر نزدیک‌تر باشد، به این معنی است که مقدار کم‌تری از آب موجود آن کشور مصرف می‌گردد. بالعکس هر چه مقدار عددی WS به سمت ۱۰۰ میل کند، بدین معنی است که شدت مصرف آب موجود آن کشور بیش‌تر است. پژوهشگران کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد، شاخص کمبود منابع آب کشورها را برحسب میزان برداشت سالانه از منابع آب تجدیدپذیر هر کشور تعریف کرده‌اند. بنابر این تعریف، چنانچه مقدار برداشت آب یک کشور بیش از ۴۰٪ کل منابع آب تجدیدپذیر باشد، آن کشور با بحران شدید آب مواجه است (Raskin et al., 1997). از آنجا که این پژوهش بر پایه مطالعات آب مصرفی محصولات عمده بخش کشاورزی استوار است، لذا شاخص کم آبی کشور مربوط به بخش کشاورزی محاسبه شده است. بدین منظور، TWU معادل حجم منابع آب مصرفی سالانه کشور در بخش کشاورزی[3] (AWU) در نظر گرفته شده است.

شاخص وابستگی به واردات آب مجازی[4] (WD) که میزان وابستگی یک کشور را به منابع آب خارجی نشان می‌دهد، از نسبت واردات خالص آب مجازی به کل آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی کشور، به صورت زیر محاسبه شد (عربی‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Hockestra and Chapagain., 2003):

$$WD = \begin{cases} \dfrac{NVWI}{AWU + NVWI} \times 100 & \dfrac{if\ \ NVWI \geq o}{if\ \ NVWI \langle\ o} \\ 0 \end{cases} \qquad (۱۰)$$

که در آن؛ WD شاخص وابستگی به واردات آب (٪) بوده و پارامترهای $NVWI$ و AWU نیز قبلاً تعریف شده‌اند.

در این تحقیق شاخص وابستگی به واردات آب مجازی از بُعد محصولات کشاورزی و منابع آب مصرفی در بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین، واردات خالص آب مجازی کشور از تفاضل مقدار صادرات آب مجازی و میزان واردات آب مجازی کشور محاسبه شد. محدوده این شاخص بین ۰ تا ۱۰۰ متغییر است. اگر $WD=0$، یعنی مقدار واردات و صادرات ناخالص آب مجازی در تعادل بوده و یا این‌که ما صادر کننده آب مجازی هستیم. در صورتی که شاخص وابستگی به واردات آب یک کشور به ۱۰۰٪ نزدیک شود، آنگاه آن کشور کاملاً به واردات آب مجازی وابسته است.

شاخص خودکفایی آب[5] (WSS) که در برابر شاخص وابستگی به آب پیشنهاد شده است، از نسبت کل مصارف آبی کشور در بخش کشاورزی به کل آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی کشور مطابق رابطه ۱۱ محاسبه شد (عربی‌یزدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Hockestra and Chapagain., 2003):

$$WSS = \begin{cases} \dfrac{AWU}{AWU + NVWI} \times 100 & \dfrac{if\ \ NVWI \geq o}{if\ \ NVWI \langle\ o} \\ 0 \end{cases} \qquad (۱۱)$$

که در آن؛ WSS شاخص خودکفایی آب (٪) بوده و پارامترهای $NVWI$ و AWU نیز قبلاً تعریف شده‌اند.

در واقع محاسبه شاخص WSS برای یک کشور، مبین آن است که آن کشور تا چه حدی می‌تواند نیازهای آبی جمعیت خود را از نظر تولید مواد غذائی، کالا و خدمات، از منابع داخلی کشور تأمین نماید. در حالتی که $WSS = 100$، کشور کل منابع آبی مورد نیاز برای تولید مواد غذائی، کالاها و خدمات را داخل مرزهای خود در اختیار دارد. هم‌چنین اگر $WSS = 0$، یعنی کشور به شدت به واردات منابع آبی به شکل مجازی از خارج وابسته است.

نتایج و بحث

حجم آب مجازی محاسبه شده برای محصولات صادراتی و وارداتی مهم و منتخب، در جدول ۱ ارائه شده‌اند. همان‌گونه که از این جدول مشاهده می‌شود، کم‌ترین آب مجازی محصول صادر شده در این دوره مربوط به کیوی، برابر ۳۰۳ لیتر بر کیلوگرم است و بیش‌ترین آن مربوط به زعفران، معادل ۶۱۶۷۵۲ لیتر بر کیلوگرم بوده است. متوسط وزنی حجم آب مجازی محصولات صادراتی منتخب برای دوره مورد مطالعه، حدود ۳۴۶۸ لیتر بر کیلوگرم شده است. هم‌چنین کم‌ترین آب مجازی محصول وارد شده در این مدت، مربوط به محصول آناناس (۲۸۶ لیتر بر کیلوگرم) و بیش‌ترین آن مربوط به آفتابگردان (۹۵۵۴ لیتر برکیلوگرم) بوده است. متوسط وزنی حجم آب

1- National Water Scarcity
2- National Water Availability
3- Agricultural Water Use
4- Water Dependency
5- Water Self-Sufficiency

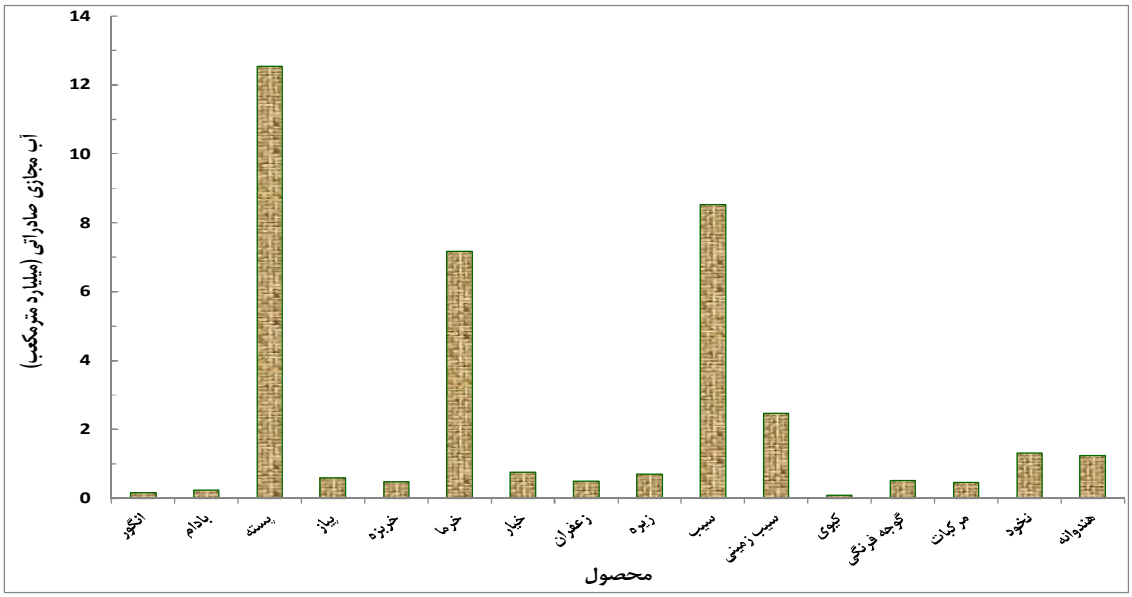
مجازی محصولات وارداتی منتخب نیز برای دوره مورد مطالعه، حدود ۲۷۱۴ لیتر بر کیلوگرم برآورد شده است.

جدول ۱- میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی منتخب در سال‌های ۸۸-۱۳۸٤ (lit/kg)

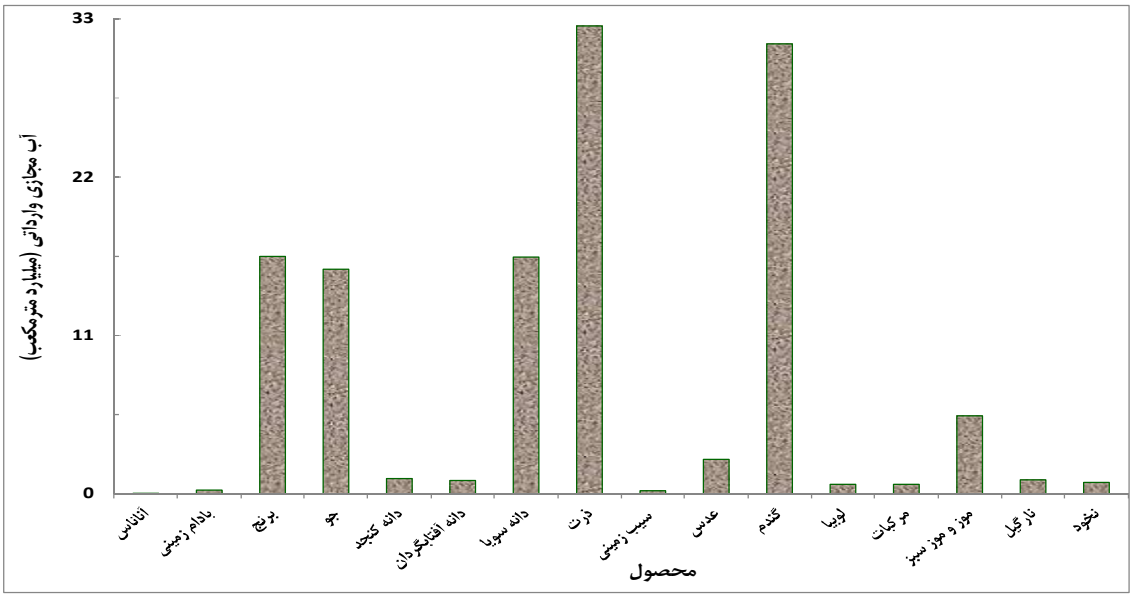
محصولات صادراتی		محصولات وارداتی	
محصول	آب معادل	محصول	آب معادل
انگور	۱۲۶۷	آناناس	۲۸۶
بادام	۱۰۱۳۵	بادام‌زمینی	۲۰۱۰
پسته	۱۲۰۳۶	برنج	۲۷۴۸
پیاز	۴۸۴	جو	۲۳۳۵
خربزه	۹۹۴	دانهٔ‌کنجد	۸۴۳۳
خرما	۳۷۴۴	دانهٔ‌آفتابگردان	۹۵۵۵
خیار	۴۲۶	دانه سویا	۳۹۸۴
زعفران	۶۱۶۷۵۲	ذرت	۲۱۷۸
زیره	۴۳۲۲	سیب‌زمینی	۹۵۱
سیب	۳۵۱۲	عدس	۷۲۷۳
سیب‌زمینی	۹۵۱	گندم	۲۵۶۱
کیوی	۳۰۳	لوبیا	۵۰۴۵
گوجه‌فرنگی	۴۴۳	مرکبات	۸۷۰
مرکبات	۸۷۰	موز	۲۲۴۲
نخود	۵۸۱۵	نارگیل	۵۶۳۰
هندوانه	۴۸۴	نخود	۵۸۱۶

گرچه میانگین وزنی آب مجازی محصولات صادراتی بیش‌تر از میانگین وزنی آب مجازی محصولات وارداتی بوده است، لیکن به خاطر ارزش اقتصادی بالاتر محصولات صادراتی در مقایسه با محصولات وارداتی، این عدم تعادل تا حدی تعدیل گردیده است. میانگین وزنی ارزش هر مترمکعب آب مجازی صادر شده بیش‌تر از میانگین وزنی ارزش هر مترمکعب آب مجازی وارد شده بوده است (به‌ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۱۵ دلار به ازای هر مترمکعب آب مجازی). بیش‌ترین ارزآوری هر واحد آب مجازی صادر شده مربوط به تولید کیوی و خیار به‌ترتیب با ۲/۲ و ۱/۵ و کم‌ترین ارزآوری هر واحد آب مجازی صادر شده، به‌ترتیب مربوط به نخود (۰/۱۲)، سیب (۰/۱۵) و خرما (۰/۳۰) دلار به ازای هر مترمکعب آب مجازی بوده‌اند. هم‌چنین ارزان‌ترین آب مجازی وارد شده به‌ترتیب مربوط به نارگیل (۰/۰۴)، دانه آفتابگردان (۰/۰۵) و کنجد (۰/۰۶) دلار به ازای هر مترمکعب آب و گران‌ترین آب مجازی وارد شده، به‌ترتیب متلعق به آناناس (۱/۶)، بادام زمینی (۰/۲۸) و سیب‌زمینی (۰/۲۶) دلار به ازای هر مترمکعب آب مجازی بوده است.

در دوره مورد مطالعه، بیش‌ترین تجارت مجازی آب به واسطه صادرات محصولات کشاورزی، به‌ترتیب از طریق پسته، سیب درختی و خرما و نیز کم‌ترین تجارت مجازی آب به واسطه صادرات محصولات کشاورزی، به‌ترتیب از طریق کیوی، انگور و بادام صورت گرفته است (شکل ۱). هم‌چنین در این دوره، بیش‌ترین تجارت مجازی آب به واسطه واردات محصولات کشاورزی، به‌ترتیب از طریق ذرت، گندم، برنج، سویا و جو و نیز کم‌ترین تجارت مجازی آب به‌واسطه واردات محصولات کشاورزی، به‌ترتیب از طریق آناناس، سیب زمینی و بادام زمینی صورت گرفته است (شکل ۲).

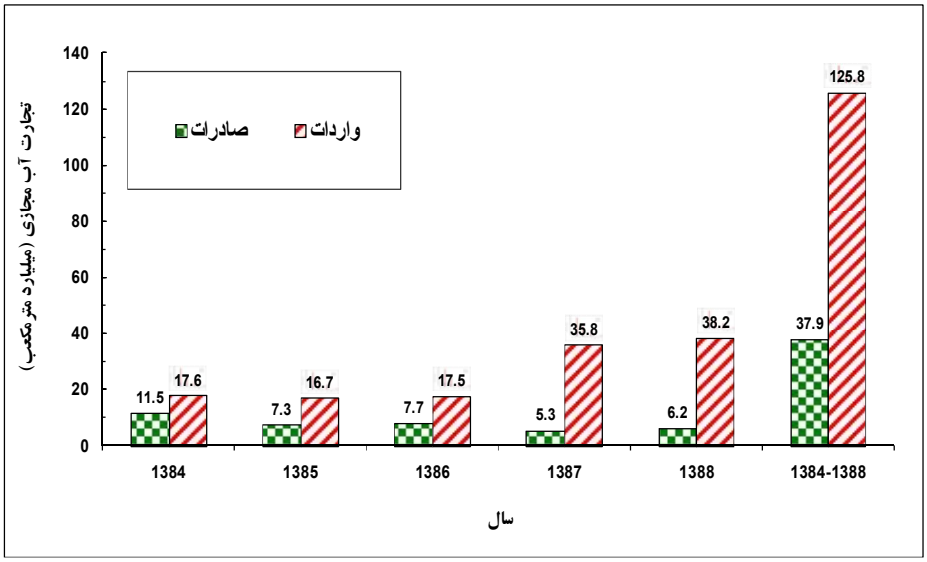


شکل ۱- حجم تجارت مجازی آب به‌واسطهٔ صادرات محصولات کشاورزی مهم منتخب در دوره پنج ساله ۸۸-۱۳۸٤

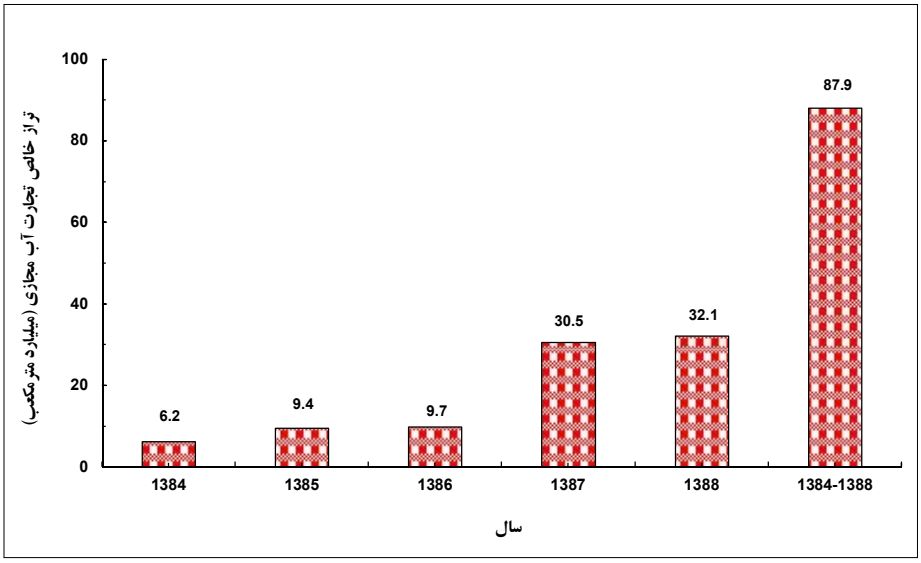


شکل ۲- حجم تجارت مجازی آب به‌واسطه واردات محصولات کشاورزی مهم منتخب در دوره پنج ساله ۸۸-۱۳۸٤

مطابق شکل ۳، حجم آب مجازی وارداتی ایران در دوره پنج ساله ۸۸- ۱۳۸۴ برای ۱۶ قلم محصول عمده، بیش از ۳ برابر حجم آب مجازی صادراتی در این مدت زمان برای ۱۶ قلم محصول عمده صادراتی بوده است (به‌ترتیب حدود ۱۲۵/۸ و ۳۷/۹ میلیارد مترمکعب). این بدین معنی است که تراز خالص تجارت آب مجازی در کشور در تمام سال‌های این دوره، مثبت بوده است (شکل ۴). هم‌چنین، حجم آب مجازی وارداتی در ۳ سال اول این دوره تقریباً ثابت ولیکن در دو سال انتهائی آن افزایش شدید داشته است. به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که روند واردات آب مجازی کشور در این دوره، افزایشی بوده است. از طرف دیگر، حجم آب مجازی صادراتی کشور در طول این دوره پنجساله، روند کاهشی را نشان می‌دهد. از جمله دلایل افزایش آب مجازی وارداتی و کاهش آب مجازی صادراتی در سال‌های آخر دوره زمانی تحت بررسی، علاوه بر افزایش جمعیت، وقوع خشکسالی در اغلب استان‌های کشور و نیاز به مصرف و واردات محصولات کشاورزی اساسی و استراتژیک بوده است (بی‌نام، ۱۳۹۲؛ بی‌نام، ۱۳۹۳). بدیهی است که وقوع خشکسالی روند تولید و صادرات محصولات کشاورزی و به‌تبع آن، واردات خالص آب مجازی کشور را نیز تحت تأثیر قرار داده است.



شکل ۳- حجم آب مجازی صادراتی و وارداتی نهفته در محصولات کشاورزی منتخب در سال‌های ۸۸-۱۳۸٤



شکل ٤- تراز خالص تجارت آب مجازی کشور به‌واسطه صادرات و واردات محصولات کشاورزی منتخب در سال‌های ۸۸-۱۳۸٤

مقایسه حجم آب مجازی وارد شده کشور در دوره سال‌های ۸۸-۱۳۸۴ (۱۲۵/۸ میلیارد مترمکعب) با حجم آب مجازی وارداتی محاسبه شده توسط هوکسترا و هانگ (Hoekstra and Hung., 2002) برای ایران در دوره پنج‌ساله ۱۹۹۹-۱۹۹۵ (۲۹/۱ میلیارد مترمکعب)، نشان دهنده رشد بیش از ۴ برابری واردات آب مجازی کشور در طول تقریباً یک دهه گذشته است. دلیل این رویداد، عواملی نظیر افزایش جمعیت، وقوع خشکسالی در قسمتی یا تمام کشور بوده که طبیعتاً کاهش تولید و افزایش واردات محصولات کشاورزی را به‌دنبال داشته است. هم‌چنین براساس محاسبات عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۸۸)، حجم آب مجازی صادر و وارده شده کشور در سال ۱۳۸۵ به‌واسطه مبادله محصولات عمده شامل؛ غلات، محصولات صنعتی، میوه‌ها، دانه‌های روغنی، حبوبات، صیفی‌جات و گیاهان علوفه‌ای، به‌ترتیب ۲/۶ و ۱۳/۳ میلیارد مترمکعب بوده است. براساس یافته تحقیقات حاضر، در این سال حجم آب مجازی صادر و وارد شده کشور به‌ترتیب ۷/۳ و ۱۶/۷ میلیارد مترمکعب بوده‌اند (جدول ۳). اختلاف مقادیر ارائه شده در این دو تحقیق، به‌علت تفاوت در نوع محصولات انتخاب شده (نیاز آبی متفاوت گیاهان) و نیز اعمال راندمان‌های آبیاری متفاوت برای محاسبه مقدار آب مصرفی محصولات تولید شده کشور است.

از نظر فرای‌چر و همکاران (Fraiture et al., 2004)، تولید غلات وارد شده به ایران در سال ۱۹۹۵ نیازمند مصرف ۲۶/۵ میلیارد مترمکعب آب از منابع داخلی بوده و ایران با این مبادله، ۱۵/۸۶ میلیارد مترمکعب مصرف آب جهانی را کاهش داد. به‌نظر چاپاگین و همکاران (Chapagain et al., 2005)، واردات سالانه آب مجازی ایران در فاصله سال‌های ۲۰۰۱- ۱۹۹۷ از طریق محصولات کشاورزی در حدود ۴۰/۰۷۸ میلیارد مترمکعب بوده است به‌طوری‌که در این سال‌ها، با واردت عمدهٔ غلات، دانه‌های روغنی و شکر، سالانه حدود ۳۷ میلیارد مترمکعب آب در کشور صرفه‌جویی شد. هم‌چنین، صادرات سالانه آب مجازی ایران از طریق محصولات کشاورزی، در حدود ۳/۵۸۷ میلیارد مترمکعب بود.

تراز تجارت خارجی محصولات کشاورزی منتخب در این دوره، نشانگر آن است که از لحاظ وزنی، ارزش و حجم آب مجازی مبادله شده، در تجارت خارجی موازنه وجود نداشته و میزان آن نیز قابل - ملاحظه است. به‌طوری‌که در این دوره ۸/۵ میلیون تن محصول کشاورزی مهم به ارزش ۹/۴ میلیار دلار با محتوای آب مجازی ۳۷/۹ میلیارد مترمکعب از کشور صادر و در عوض، ۴۶/۳ میلیون تن محصول کشاورزی مهم به ارزش ۱۴/۷ میلیارد دلار با محتوای آب مجازی ۱۲۵/۸ میلیارد مترمکعب وارد کشور شده است. این موضوع نشان می‌دهد با توجه به کم آبی در ایران، تا چه میزان دست‌یابی به اهداف خود کفایی در تولید محصولات کشاورزی دشوار است و لذا لازم است سیاست افزایش ضریب خود اتکائی به جای خود کفائی مطلق در تأمین محصولات کشاورزی مهم، انتخاب و دنبال گردد. به‌دلیل آن‌که تولید محصولات کشاورزی و غذایی، ماهیتاً فرآیندی آب‌بر است و جمعیت کشور نیز نسبت به یک قرن پیش، بیش از ۱۵ برابر شده، در حالی‌که منابع آبی به‌دلیل تغییر اقلیم و کاهش نزولات آسمانی محدودتر هم شده است، روند افزایش قابل ملاحظه واردات محصولات کشاورزی به کشور دور از انتظار نیست.

براساس آخرین آمار و ارقام موجود در دوره پنج‌ساله مورد مطالعه این تحقیق (۱۳۸۸-۱۳۸۴) که در جدول ۲ جمع‌آوری و ارائه شده‌اند، کل منابع آب قابل استحصال سالانه کشور در این دوره حدود ۱۳۰ میلیارد مترمکعب بوده است. هم‌چنین برآورد کل مصارف آب در کشور، متفاوت گزارش شده و دارای دامنه‌ائی بین ۹۷-۸۷/۵ میلیارد مترمکعب (با میانگین ۹۲/۲ میلیارد مترمکعب) بوده است. کل مصارف

آب در بخش کشاورزی نیز متفاوت گزارش شده است به‌طوری‌که دارای دامنه‌ائی بین ۸۷/۲–۸۲ میلیارد مترمکعب (با میانگین ۸۴/۲ میلیارد مترمکعب) تخمین زده می‌شود (حدود ۹۱٪ از کل مصارف آب کشور).

حجم آب مجازی صادراتی و وارداتی محصولات عمده کشور طی دوره پنج‌ساله مذکور در جدول ۳ آورده شده‌اند. هم‌چنین شاخص‌های محاسبه شده "کمبود آب"، "وابستگی به آب کشور" و "خود کفایی آب کشور" در این جدول ارائه شده‌اند. این محاسبات به تفکیک هر سال و نیز برای میانگین پنج‌ساله حجم آب مجازی صادراتی و وارداتی کشور، انجام و گزارش شده‌اند. همان‌گونه که از این جدول نمایان است، شدت مصرف آب کشور در بخش کشاورزی در این دوره بین ۶۷/۸–۶۶/۵٪ (با میانگین حدود۶۷/۱٪) بوده که مقدار زیادی محسوب می‌گردد (شاخص WS به ۱۰۰ نزدیک‌تر است). بنابر شاخص بین‌المللی موجود و فاصلهٔ آن از حد استاندارد (۴۰٪)، کشور در سال‌های تحت مطالعه با بحران شدید آب مواجه بوده است (Raskin et al., 1997). نتیجهٔ پژوهش حاضر برای سال ۱۳۸۵ (شدت مصرف آب ۶۷٪ در بخش کشاورزی) با نتیجهٔ مطالعات عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۸۸) که شاخص کم آبی کشور را برای این سال حدود ۷۱٪ اعلام کرده‌اند، مطابقت دارد. علت عدم تطابق کامل نتایج این دو تحقیق، یکسان نبودن تعداد و نوع محصولات انتخاب شده است. هم‌چنین هوکسترا و هانگ (Hoekstra and Hung, 2005) در مطالعه خود، شاخص کم آبی ایران را برای دوره زمانی ۹۹–۱۹۹۵ حدود ۷۳٪ اعلام داشته‌اند که با نتیجه تحقیق حاضر هم‌خوانی خوبی دارد.

وابستگی بخش کشاورزی کشور به واردات آب مجازی بین ۲۶/۷–۶/۷٪ (با میانگین پنج‌ساله حدود ۱۶/۸٪) بوده است. عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۸۸) مقدار این شاخص را برای سال ۱۳۸۸ برابر ۱۰/۱٪ اعلام کرده‌اند که با مقدار ۹/۷۵٪ به‌دست آمده از تحقیق حاضر، تطابق خیلی خوبی دارد. این درصد نشانگر آن است که اگر کشور به جای واردات محصولات کشاورزی مورد مطالعه، آن‌ها را در داخل تولید می‌کرد، باید به‌طور متوسط ۱۶/۸٪ به مصارف آب در بخش کشاورزی می‌افزود. به عبارت دیگر، با واردات آب مجازی به کشور در طی این سال‌ها، به‌طور میانگین سالانه حدود ۱۷/۵ میلیارد مترمکعب از منابع آب داخلی کشور حفظ و در بخش‌های دیگر مصرف گردیده است.

جدول ۲- بیلان آبی برآورد شده برای کشور در دههٔ ۸۰ شمسی

جزء آبی	حجم (میلیارد مترمکعب در سال)	مأخذ
کل منابع آب تجدیدپذیر	۱۳۰	(Ardakanian, 2005)
	۱۳۰	(Alizadeh and Keshavarz, 2005)
	۱۳۰	(Mousavi, 2005)
	۱۳۰	(عربی‌یزدی، ۱۳۸۸)
	۱۳۰	(بی‌نام، ۱۳۸۴)
میانگین	۱۳۰	
کل منابع آب مصرف شده	۹۷/۰	(Ardakanian, 2005)
	۸۷/۵	(Alizadeh and Keshavarz, 2005)
	۸۸/۵	(Mousavi, 2005)
	۹۳/۱	(عربی‌یزدی، ۱۳۸۸)
	۹۴/۷	(بی‌نام، ۱۳۸۴)
میانگین	۹۲/۲	
کل منابع آب مصرف شده در بخش کشاورزی	۸۳/۵	(Ardakanian, 2005)
	۸۲/۰	(Alizadeh and Keshavarz, 2005)
	۸۲/۵	(Mousavi, 2005)
	۸۶/۰	(عربی‌یزدی، ۱۳۸۸)
	۸۷/۲	(بی‌نام، ۱۳۸۴)
میانگین	۸۴/۲	

در مطالعات عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۸۸)، شاخص وابستگی بخش کشاورزی کشور به واردات آب مجازی در سال ۱۳۸۵، حدود ۱۰٪ اعلام شده است که با نتایج پژوهش حاضر که مقدار این شاخص را برای سال ۱۳۸۵، حدود ۹/۸٪ برآورد کرده است، کاملاً تطابق دارد. هم‌چنین، خود کفائی کشور در تأمین آب مورد نیاز در این دوره بین ۹۳/۳-۷۳/۳٪ (با میانگینی در حدود ۸۳/۲٪) برآورد شده است (جدول ۳). میزان این شاخص برای سال ۱۳۸۵ برابر ۹۰/۳٪ به‌دست آمده که با مقدار ۸۹/۹٪ گزارش شدهٔ عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۸۸) منطبق است.

جدول ۳- بیلان آبی، آب مجازی و شاخص‌های آبی محاسبه شده برای کشور در دورهٔ پنج‌ساله مورد مطالعه (۸۸- ۱۳۸٤)

بیلان آبی/ شاخص آبی	سال ۱۳۸٤	۱۳۸۵	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	میانگین پنج ساله
کل منابع آب قابل استحصال کشور (میلیارد مترمکعب در سال)	۱۳۰/۰	۱۳۰/۰	۱۳۰/۰	۱۳۰/۰	۱۳۰/۰	۱۳۰/۰
کل منابع آب مصرف شده در کشور (میلیارد مترمکعب در سال)	۹۳/۰	۹۴/۱	۹۴/۸	۹۵/۸	۹۶/۰	۹۴/۷
کل منابع آب مصرف شده در بخش کشاورزی کشور (میلیارد مترمکعب در سال)	۸۶/۵	۸۶/۷	۸۷/۲	۸۷/۶	۸۸/۱	۸۷/۲
صادرات مجازی آب از طریق محصولات کشاورزی مهم (میلیارد مترمکعب در سال)	۱۱/۵	۷/۳	۷/۸	۵/۳	۶/۲	۷/۶
واردات مجازی آب از طریق محصولات کشاورزی مهم (میلیارد مترمکعب در سال)	۱۷/۶	۱۶/۷	۱۷/۵	۳۵/۸	۳۸/۳	۲۵/۲
خالص واردات آب مجازی (میلیارد مترمکعب در سال)	۶/۲	۹/۴	۹/۷	۳۰/۵	۳۲/۱	۱۷/۶
شاخص رد پای آب کشاورزی (میلیارد مترمکعب در سال)	۹۲/۷	۹۶/۱	۹۶/۹	۱۱۸/۱	۱۲۰/۲	۱۰۴/۸
شاخص کمبود آب یا شدت مصرف آب کشاورزی (٪)	۶۶/۵	۶۶/۷	۶۷/۱	۶۷/۴	۶۷/۸	۶۷/۱
شاخص وابستگی به واردات آب مجازی (٪)	۶/۷	۹/۸	۱۰/۱	۲۵/۸	۲۶/۷	۱۶/۸
شاخص خودکفائی آب کشاورزی (٪)	۹۳/۳	۹۰/۳	۹۰/۰	۷۴/۲	۷۳/۳	۸۳/۲

نتیجه‌گیری

صادرات محصولات باغی کشور در دوره تحت مطالعه به مراتب بیش‌تر از محصولات زراعی بوده و بالعکس، واردات محصولات زراعی به کشور در این دوره به مراتب بیش‌تر از محصولات باغی بوده است. این مهم نشانگر مزیت نسبی کشور در تولید محصولات باغی بوده و لذا بایستی در تدوین الگوی بهینه کشت و نیز در برنامه‌ریزی و مدیریت تخصیص منابع به آب بخش کشاورزی کشور، مد نظر قرار گیرد. مثبت شدن تراز خالص تجارت مجازی آب در دوره تحت مطالعه ۸۸- ۱۳۸۴ نشانگر آن است که ایران وارد کننده آب مجازی در جهان محسوب می‌شود. در حالی‌که میزان صادرات مجازی آب کشور در سال‌های این دوره با شیب کمی در حاصل کاهش بوده است، لیکن میزان واردات مجازی آب روند صعودی داشته و با شیب بیش‌تری افزایش یافته است. دلیل و نوع این روند به نظر افزایش سالانه جمعیت و وقوع خشکسالی دهه‌های اخیر در اغلب استان‌های کشور و نیاز به مصرف (کاهش صادرات و افزایش واردات) محصولات کشاورزی مهم، بوده است.

همان‌گونه‌که جدول ۱ نشان می‌دهد، صادرات محصولات کشاورزی به معنی صادرات حجم بسیار بالای آب به‌صورت مجازی و واردات مواد غذایی به معنای واردات مقادیر زیادی آب است. بنابراین، کشورهایی همانند ایران که در کمربند خشک جهان قرار داشته و آب یک منبع با ارزش برای آنان تلقی می‌شود، از طریق واردات مواد غذایی مقادیر متنابهی آب وارد کشور خود می‌کنند. حال چنانچه این‌گونه کشورها تلاش نمایند که تمامی مواد غذایی مورد نیازشان را

خود تولید کنند، این امر مستلزم مصرف مقادیر بسیار زیادی از منابع آب آن‌ها است، در حالی‌که این منابع کمیاب و برای برنامه‌های توسعه اقتصادی آن‌ها، بسیار پر ارزش می‌باشد. به همین دلیل به نظر می‌رسد، مبادلات بین‌المللی محصولات غذایی یکی از راه‌حل‌های اساسی در کنترل مصرف جهانی آب باشد. با عنایت به این‌که بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی در کشورها و مناطق مختلف دنیا، متفاوت است. به همین دلیل، کشورهای کم آب می‌توانند با دخالت دادن تجارت مجازی آب در سیاست‌های آبی خود و توجه به مزیت نسبی تولید محصولات کشاورزی در دیگر کشورهای دنیا، علاوه بر این‌که میزان دسترسی خود به منابع آب جهانی را افزایش دهند، از فشار بر منابع محدود آب خود نیز بکاهند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دفتر پژوهش‌های کاربردی شرکت سهامی مدیریت منابع آب وزارت نیرو به جهت حمایت مالی از انجام این پروژه، تشکر می‌گردد.

منابع

بی نام. ۱۳۸۴. سند ملی توسعه بخش آب در برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران. دفتر طرح و برنامهٔ معاونت برنامه‌ریزی وزارت نیرو.

بی نام. الف. ۱۳۸۹. آمارنامه محصولات کشاورزی و دامی تولید شده سال‌های ۸۸- ۱۳۷۰. دفتر آمار و فناوری اطلاعات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزرات جهاد کشاورزی.

بی نام. ب۱۳۸۹. سالنامه‌های آمار بازرگانی خارجی کشور مربوط به سال‌های ۸۸- ۱۳۷۰. دفتر آمار و خدمات ماشینی اداره کل گمرکات وزرات بازرگانی.

بی نام. ۱۳۹۲. گزارش امنیت غذائی کشور: ارزیابی خود اتکائی کشاورزی و غذائی ایران با نگاهی به وضعیت تغذیه و مصرف مواد غذائی در جامعه (۹۱- ۱۳۶۸). اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران.

بی نام. ۱۳۹۳. تحلیل خشکسالی کشور طی ۲۳ سال گذشته. مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران، سازمان هواشناسی کشور.

پور جعفری‌نژاد،غ.ح.، علیزاده،ا.، نشاط،ع. و ابوالحسنی،م. ۱۳۹۳. مبادله آب مجازی به‌منظور بهبود بهره‌وری در مصرف آب (مطالعه موردی استان کرمان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران.۲. ۸:۳۳۵- ۳۲۵.

دهقانپور،ح. و بخشوده،م. ۱۳۸۷. بررسی جنبه‌های محدودکننده تجارت آب مجازی در منطقه مرودشت. مجله علوم و صنایع کشاورزی ویژه اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۲۲. ۱: ۱۴۷- ۱۳۷.

سهراب،ف.، عباسی،ف.، زارعی،ق. و آراستی،ع.ر. ۱۳۸۸. تحلیلی بر بازده آبیاری در ایران. گزارش پژوهش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۸۸/۹۴۳.

عربی‌یزدی،ا.، علیزاده،ا. و محمدیان،ف. ۱۳۸۸. بررسی رد پای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. نشریه آب و خاک (علوم کشاورزی و صنایع غذائی) دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۳. ۴: ۱۵- ۱.

عربی‌یزدی،ا.، نیک‌نیا،ن.، مجیدی،ن. و امامی،ح. ۱۳۹۳. بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص رد پای آب. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۴. ۸:-۷۳۵.

فرشی،ع.ا.، شهابی‌فر،م.، جارالهی،ر. و غالبی،ع. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات نشر آموزش کشاورزی کرج.

محمدیان،ف.، علیزاده،ا.، نی‌ریزی،س. و عربی،ا. ۱۳۸۶. طراحی الگوی پایدار با تاکید بر مبادله آب مجازی. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۲. ۱:۱۲۶-۱۰۹.

Alizadeh,A and Keshavarz,A. 2005. Status of agricultural water use in Iran. Proceeding of an Iranian-American Workshop on Water Conservation, Reuse and Recycling, Washington DC, USA, p. 271.

Allan,J.A. 1993. Virtual water: A strategic resource (Global solution to regional dficit). Editorial in Ground Water.36.4: 546-563.

Ardakanian,R. 2005. Overview of water management in Iran. Proceeding of an Iranian-American Workshop on Water Conservation, Reuse and Recycling, Washington DC, USA, p. 271.

Chapagain,A.K and Hoekstra,A.Y. 2003. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock production. Value of Water Research Report Series No. 13. UNESCO. IEIE. Delft, the Netherlands.

Chapagain,A.K and Hoekstra,A.Y. 2004. Water footprints of nations. Research Report NO. 16. UNESCO. IEIE. Delft, the Netherlands.

Chapagain,A.K., Heokstra,A.Y and Savenije,H.G. 2005. Saving water through global trade. Research Report Series No. 17. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Chapagain,A.K., Hoekstra,A.Y and Savenije,H.G. 2006. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrology. Earth System. Science. 10: 455-466.

long range patterns and problems. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world, Stockholm Environmental Institute, Stockholm, Sweden.

Renault,D. 2003. Value of Virtual Water in Food: Principles and Virtues, Value of Water Research Report Series NO. 11. UNESCO. IEIE. Delft, the Netherlands.

Rockstorm,J and Gordon,L. 2001. Assessment of green water flows to sustain major biomes of the world: Implications for future ecohydrological landscape management. Phys. Chem. Earth 26: 834-851.

van Ole,P.R., Meknnen,M.M and Hoekstra,A.Y. 2008. The external water footprint of the Netherlands: Quantification and impact assessment. Value of Water Research Report Series. NO. 33, UNESCO. IHE. Delft, the Netherlands.

Varner,J. 2003. Virtual water: Benefits, scarcity, distribution, security and conflict reconsideration. In A.Y. Hoekstra (ed.) Proceeding of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12. UNESCO. IEIE. Delft, the Netherlands.

Verma,S., Kampman,D.A., van der Zaag,P and Hokstra,A.Y. 2008. Going against the flow: A critical analysis of virtual water trade in the context of Indian's national rriver linking program. Value of Water Research Report Series. NO. 31, UNESCO. IHE. Delft, the Netherlands.

Wichelns,D. 2001. The role of vrtual water in efforts to achieve food security and other national goals with an example from Egypt. Agricultural Water Management.49: 131-151.

Wichelns,D. 2004. The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages. Agricultural Water Management.66: 49-63.

Yang,H., Wang,L., Abbaspour,K.C and Zehnder,A.J. 2006. Virtual water trade: An assessment of water use efficiency in the international food trade. Hydrol. Earth System. Science. 10: 443-454.

Yegenes-Botzer,A. 2001. Virtual water export from Israel: Quantities, driving forces and consequences: M.Sc. thesis DEW 166, UNESCO- IHE, Delft, the Netherlands.

Zimmer,D and Renault,D. 2003. Virtual water in food production and global trade: Review of methodological issues and preliminary results. Value of the Water Research Report Series No. 12. UNESCO. IHE. Delft, the Netherlands.

Dinesh Kumar,M and Singh,O.P. 2005. Virtual water global and water policy making: Is there a need for rethinking? Water Resource Management.19: 759-789.

El Sadek,A. 2010. Virtual water trade as a solution for water scarcity in Egypt. Water Resources Management 24.11: 2437-2448.

Faramarzi,M., Yang,H., Mousavi,J., Schulin,R., Binder,C.R and Abbaspour,K.C. 2010. Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water scarcity in Iran. Hydrol. Earth System. Science. 14: 1417–1433.

Fraiture,C.D., Ximing,C., Amerasinghe,U., Rosegrant, M and Molden,D. 2004. Does international cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use. Research Report NO.4. IWMI, Colombo, Srilanka.

Hoekstra,A.Y and Hung,P.Q. 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series NO. 11. UNESCO. IEIE. Delft, the Netherlands.

Hockestra,A.Y and Chapagain,A.K. 2003. Globalization of water- sharing the planet,s freshwater resources. Blackwell Publishing. p. 208.

Hoekstra,A.Y and Hung,P.Q. 2005. Globalization of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. Global Environmental Change 15.1: 45-56.

Hockestra,A.Y and Chapagain,A.K. 2006. The water foodprint of morocco and the Nederlands. Value of Water Research Report Series NO. 21. UNESCO. IEIE. Delft, the Netherlands.

Hockestra,A.Y and Chapagain,A.K. 2007. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resource Management. 21: 35-48.

Jing,M. 2004. Assessment of virtual water ttrade as a tool in achieving food security in china. M.Sc. thesis, WERM 0.14 UNESCO- IHE, DELFT, the Netherlands.

Miyake,M., Oki,T and Mushiake,K. 2002. Basic study of virtual water trade of Japan" Symposium of Water Resources. 728-733.

Mousavi,S.F. 2005. Agricultural drought management in Iran. Proceeding of an Iranian-American Workshop on Water Conservation, Reuse and Recycling, Washington DC, USA, p. 271.

Raskin,P., Gleick,P., Kirshen,P., Pontius,G and Strzepek,K. 1997. Water futures: Assessment of

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 9, Dec.-Jan. 2015, p. 784-797

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد۹، آذر - دی ۱۳۹۴، ص. ۷۹۷-۷۸۴

The Role of Import and Export of Major Crop Productions in Virtual Water Trade and Water Footprint in Agricultural sector of Iran

Gh. Zarei [1]* and A. M. Jafari [2]

Recived: Jul.05, 2015 Accepted: Jan.14, 2015

Abstract

In this article, the role of imports and exports of major agricultural products on amount of virtual water trade, net virtual water import (NVWI), and country water indices included water footprint (WF), water scarcity (WS), water dependency (WD), and water self-sufficiency (WSS) in agricultural sector was studied for a five-year period (1388- 1384). The results show that the volume of imported virtual water to Iran during the mentioned period for 16 major crops was three times more than the volume of exported virtual water for 16 major crops (about 125.8 and 37.9 billion cubic meters, respectively). This means that the NVWI in this period was positive. It is noted that sever increasing in positive NVWI in the two last years of this period has been accrued due to population increasing and drought events in most provinces of the country. Also, Annual meanly country water footprint in agricultural sector is 104.8 billion cubic meters in this period and with average annual 17.6 billion cubic meters through NVWI, Iran has been saved the same amount of its internal water resourecs. Calculated indices of WS, WD and WSS in Iran showed that the average annual intensity of water use in agricultural sector in the mentioned period has been 67.1% which is high (WS index close to 100). Average annual country's agricultural dependency on imports of virtual water (WD) has been 16.8%. This percentage indicates that if the country instead of importing agricultural products, produce those amount into country, an average of about 16.8% should be added to the water consumption in the agricultural sector. Also, average annual Iran's self-sufficiency to water (WSS) has been estimated about 83.2%.

Keywords: Virtual water trade, Agricultural crops, Export, Import, Water resources, Water requirement

1- Associate professor of Agricultural Engineering Research Institute
2- Associate professor of Hamedan Agricultural and Natural Resources Research Center
(*- Corresponding Author Email: G.zarei@aeri.ir)