مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۴ شماره ۱ صفحه‌های ۴۹ تا ۶۲ (۱۳۹۸)

تجارت آب مجازی در ایران از دیدگاه بهره‌وری اقتصادی[1]

قاسم زارعی[2] و علی محمد جعفری[3]

چکیده

نزدیک به سه دهه است که مفهوم تجارت آب مجازی ابداع شده و از آن به منزله روشی موثر در راستای متوازن‌سازی توزیع آب در بین کشورها و منطقه‌ها و همچنین سازگاری با مشکل کم‌آبی یاد می‌شود. ادبیات این موضوع به تجرید از دانش اقتصاد مسیر خود را پیموده و اقتصاددانان در نظریه‌پردازی آن اهتمام چندانی نداشته‌اند. در سال‌های اخیر در ایران با استفاده از این مفهوم، انتقادهای زیادی به صادرات برخی از محصول‌های کشاورزی وارد شده است. این مطالعه تلاش دارد تا با ارائه یک الگوی ساده اقتصادی و با استفاده از نظریه هزینه فرصت و ترکیب آن با دو مفهوم تجارت مجازی آب و بهره‌وری اقتصادی آب، به بررسی و واکاوی وضعیت صادرات و واردات محصول‌های اصلی کشاورزی ایران برای یک دوره پنج‌ساله بپردازد و الویت‌بندی آن‌ها را مشخص کند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تولید محصول‌های راهبردی در داخل هزینه فرصت بالایی دارند. همچنین صادرات میوه‌هایی مانند کیوی، مرکبات، انگور و نیز برخی از محصول‌های سبزی و صیفی مانند هندوانه، خیار و گوجه‌فرنگی ارزش آب مجازی بالایی ایجاد می‌کنند، به طوری که حتی صادرات آن‌ها اولویتی بالاتر از صادرات پسته دارند. با این حال و با توجه به وضعیت کنونی و بحرانی منابع آب کشور، ارزش آب مجازی ایجاد شده در قبال ارزش واقعی آب، ناچیز به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: ارزش آب مجازی، تجارت، محصول‌های کشاورزی، هزینه فرصت.

مقدمه

کمبود و بحران آب در کشور، باعث شده است در مورد تولید و تجارت برخی از محصول‌های کشاورزی سوال ایجاد شود، زیرا بخش کشاورزی در کشور با مصرف حدود ۷۲٪ منابع آب مصرفی در سال بیشترین مصرف‌کننده آب محسوب می‌شود (۱۱). از این‌رو صرفه‌جویی و کاهش مصرف آب در این بخش، به کاهش مقدار چشمگیری در برداشت از منابع آب زیرزمینی و سطحی منجر خواهد شد. با توجه به مفهوم تجارت آب مجازی، نحوه صادرات محصول‌های کشاورزی بیش از گذشته زیر پرسش قرارگرفته، چون مقدار زیادی از منابع آب کشور به‌صورت مجازی صادر می‌گردد درصورتی که کشور به شدت با بحران منابع آب مواجه است. از سوی دیگر، واردات محصول‌های کشاورزی براساس همین مفهوم، به معنی واردات آب به صورت مجازی بوده و می‌تواند به رفع بحران و روند پایداری منابع آب کمک کند. این درحالی است که با اتخاذ

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۷

۲- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: g.zarei@areeo.ac.ir

۳- به ترتیب، دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج و استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان.

سیاست‌های جایگزینی واردات مواد غذایی، مانند خودکفایی یا افزایش ضریب خوداتکایی غذایی در تولید برخی از محصول‌های راهبردی، در عمل بهره‌برداری از منابع آب تشدید شده و دامنه بحران آب را با توجه به فقر فناوری و دانش فنی موجود در این زمینه، گسترده‌تر و عمیق‌تر می‌کند. در حالی که بهره‌گیری از سیاست توسعه تجارت آب مجازی در کشور می‌تواند سیاست‌ها و راهبردهای منطقی‌تری را در حوزه صادرات و واردات محصول‌های کشاورزی در پی داشته باشد.

در حال حاضر از صادرات برخی محصول‌های کشاورزی مانند هندوانه، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و به‌طورکلی میوه‌ها و سبزی‌ها به‌شدت انتقاد می‌شود. در عوض به سیاست‌های جایگزینی واردات گاهی به‌صورت ارزشی نگریسته می‌شود. درحالی‌که این نوع سیاست‌ها منجر به بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب شده است. بدیهی است دستیابی به سیاست‌ها و راهبردهای مناسب در این باره، در گرو سنجش منافع و هزینه‌های هر یک از آن‌ها است. بهره‌گیری از مفهوم تجارت آب مجازی در این زمینه، کمک زیادی خواهد کرد. اما، این مفهوم به تجرید از سایر شاخص‌های اقتصادی نمی‌تواند کامل باشد. استعاره "تجارت آب مجازی" در اوائل دهه ۱۹۹۰ توسط آلان[1] ابداع شد که در حکم ابزاری جهت مدیریت و مقابله با کمبود منابع آب برای کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا پیشنهاد گردید (۱۳، ۱۴، ۱۵). پس از آن از این عبارت در جمع و نوشته‌های علمی و آکادمیک استفاده گسترده‌ای شده و سرمنشأ مبحث‌های زیادی بین دانشمندان، محفل‌های آکادمیک، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شده است. این استعاره از نظر مفهوم ذاتی آن، در بستر دانش اقتصاد قرار دارد، اما ابداع‌کننده آن یک جغرافیدان بود و اقتصاددانان به‌طور کلی در درک و پرداختن به آن به کندی واکنش نشان داده‌اند. آنان بیشتر از موضع انتقادی با آن برخورد کرده‌اند (۳۹) و افزون بر این از منظر سیاست‌گذاری هم به آن انتقادهایی وارد می‌شود (۸).

مِرِت[2] (۳۰) اولین اقتصاددانی است که به موضوع آب مجازی پرداخت و با وجود قدرتمند و خلاقانه خواندن آن، آن را فقط یک استعاره نامید (۳۰). از دیدگاه او عبارت آب مجازی به اندازه کافی مقدار محتوای آبی کالاها را مشخص نمی‌کند. وی بعد به‌جای اصطلاح واردات آب مجازی، استفاده از عبارت "واردات غذا" را توصیه کرد (۳۱). اما، این واژه به نحوی موضوع آب را در خود منعکس نمی‌کند و بنابراین رِیمِر[3] (۳۹) واژه "واردات خدمات آب[4]" را پیشنهاد داد که بیشتر با مفهوم‌های اقتصادی تجارت بین‌الملل سازگار بود. افزون بر بحث و جدل‌های اقتصادی درباره استعاره آب مجازی، در مورد سازگاری تجارت آب مجازی با نظریه‌های اقتصادی تجارت بین‌الملل نیز بین اقتصاددانان اتفاق نظر وجود ندارد. درحالی‌که آلان (۱۶) و لانت[5] (۲۶) رابطه نزدیکی را بین مفهوم تجارت آب مجازی و سودمندی نسبی ترسیم می‌کنند، ویچلنز[6] (۴۲، ۴۳) با انتقاد از آن‌ها بیان داشت که مفهوم‌های فوق ارتباطی با هم ندارند، چون‌که مفهوم آب مجازی فقط به فراوانی منابع اشاره می‌کند، اما به فناوری‌های تولید و هزینه فرصت توجهی ندارد. به عبارت دیگر، فراوانی نسبی آب در کشورها، حتی برای کالاهایی که برای تولیدشان آب زیادی مورد نیاز است، تنها عاملی نیست که تجارت را زیرتاثیر قرار می‌دهد. در مطالعه دیگری که توسط آنسینک[7] (۱۷) صورت گرفته، نشان می‌دهد که ادعاهای آلان در مورد تجارت آب مجازی و نقش آن در مقابله با کم آبی، از طرف نظریه‌های اقتصادی مرتبط با تجارت، به‌طور ضعیفی حمایت می‌شود. او این موضوع را با طرح مدل تجارت هکشر- اوهلین[8]، نشان می‌دهد که نظریه‌های الان هم راستا با این نظریه اقتصادی نیست (۲۳، ۳۵). وی با بیان شواهدی از کشورهای جهان بیان می‌کند بسیاری از کشورها با وجود داشتن آب فراوان، واردکننده خالص آب مجازی هستند

1. Allan
2. Merrett
3. Reimer
4. Import of the services of water
5. Lant
6. Wichelns
7. Ansink
8. Heckscher–Ohlin Trade Theory

و برخی نیز با وجود کمبود منابع آب، صادرکننده خالص آب مجازی هستند. مطالعه مکونن و هوکسترا[1] (۲۹) و لِنزِن و همکاران[2] (۲۸) نشان می‌دهند که ایران باوجود کمبود شدید آب، صادرکننده خالص آب مجازی و به ویژه آب آبی است. اما مطالعه‌های انجام شده در داخل کشور، نشان می‌دهند که ایران واردکننده آب مجازی است (۱، ۴، ۵، ۶، ۷) و این موضوع با مدل تجارت هکشر- اوهلین توضیح‌دادنی و تفسیرپذیر است، اما تعمیم‌پذیری یک نظریه نمی‌تواند توسط استثناها نقض شود (۱۷). آن‌چه که درباره دیدگاه اقتصاددانان درباره تجارت آب مجازی می‌توان گفت، این است که آنان توجهی به تبیین مبانی نظری این مفهوم نکرده‌اند و بیشتر نگاه نقادانه به آن داشته‌اند. با این‌حال توجه به جنبه‌های اقتصادی تجارت آب مجازی رو به افزایش است.

از این گروه مطالعه‌ها می‌توان به مطالعه شوارتز و همکاران[3] (۴۰) اشاره کرد که نشان دادند ارزش تجارت محصول‌های کشاورزی در جهان در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۱ رشد مستمری داشته است درحالی که مقدار آب مجازی هر واحد ارزش تجاری کالای مبادله شده، کاهش یافته است. آن‌ها نتیجه گرفتند که تجارت آب مجازی موجب افزایش کارآیی اقتصادی آب شده است. این موضوع از طریق تغییر الگوی تجارت از محصول‌های کم‌ارزش‌تر به سوی محصول‌های با ارزش‌تر محقق شده است. میگلیتا و مورون[4] (۳۲) اظهار داشته‌اند که تجارت‌های دو جانبه باعث افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در جهان می‌شود. آن‌ها عقیده دارند که مطالعه‌ها و مدل‌های اقتصادی تجارت آب مجازی نیاز به بسط و گسترش دارند. اُکی و همکاران[5] (۳۶) به بررسی مولفه‌های هدایت‌کننده اقتصادی تجارت آب مجازی در جهان پرداختند و نتیجه گرفتند که کشورهای با منابع آب اندک و کمیاب اما ثروتمند، واردکننده آب مجازی هستند و کشورهای با درآمد سرانه اقتصادی بالا و منابع آب فراوان، صادرکننده خالص آب مجازی هستند. این گروه کشورها تلاش دارند با کاهش مصرف منابع آبی خود از طریق واردات آب مجازی، منابع آب خود را حفظ کنند.

با این حال سابقه و ادبیات اقتصادی تجارت آب مجازی در جهان غنی نبوده و در حال گسترش است. در این پژوهش تلاش شده است تا براساس اصول و نظریه‌های اقتصادی و تجارت آب مجازی بتوان الگوی فعلی تجارت خارجی مواد غذایی کشور را واکاوی، اصلاح و درصورت لزوم، سیاست‌گذاری مجدد کرد. همچنین اولویت صادرات و واردات محصول‌های کشاورزی براساس محتوای آب مجازی آن‌ها و قیمت هر واحد محصول، مشخص شده است. افزون بر این الگوی فعلی تجارت خارجی کشور برای انواع محصول‌ها با وضعیت بهینه اولویت‌بندی شده، مقایسه شده است.

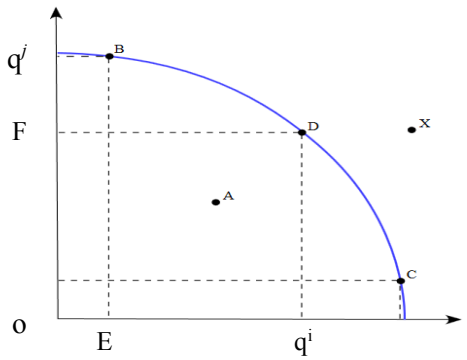
مواد و روش‌ها

برای بیان اولویت‌های صادراتی و وارداتی محصول‌های کشاورزی می‌توان از نظریه هزینه فرصت استفاده کرد. هرچند نظریه‌ای که تجارت بین‌المللی کالاها را تبیین می‌کند، نظریه مزیت نسبی ریکاردو[6] است. این نظریه بر اساس فرض‌های ساده‌ای چون نظریه ارزش کار و همگن بودن نیروی کار استوار بوده و مورد انتقاد بسیاری از اقتصاددان قرار گرفته‌است. اقتصاددانان کلاسیک به منظور نجات نظریه مزیت نسبی، راهکارهای متفاوتی پیشنهاد کرده‌اند. از جمله باس تیبل و مارشال[7] که به جای استفاده از هزینه کار، از هزینه واقعی برای بیان مزیت نسبی استفاده کردند. اما مهم‌ترین اقدام

1. Mckonnen and Hoekstra
2. Lenzen *et al.*
3. Schwarz *et al.*
4. Miglietta and Morrone
5. Oki *et al.*
6. Ricardo Comparative Advantage Theory
7. Bastible and Marshall

توسط هابِرلر[1](۲۲) صورت گرفت. وی نظریه مزیت‌نسبی را براساس نظریه هزینه فرصت تشریح کرد. این نظریه بیان می‌کند که "هزینه یک کالا عبارت است از مقدار کالای دیگری که باید از تولید آن صرف‌نظر کرد تا عامل‌های تولید و منابع کافی رها شوند و بدین وسیله، یک واحد اضافی از کالای اول تولید گردد". در این‌جا فرصت‌های از دست رفته تولید کالاهای دیگری که باید برای تولید یک کالای خاص از آن‌ها صرف‌نظر کرد، تعیین کننده ارزش هر کالا هستند. آدامز و همکاران[2] (۱۲) بیان می‌کنند که هزینه فرصت تولید یک واحد محصول q^i، برابر با صرف‌نظر کردن از مقدار تولید محصول q^j است، اگر منابع فیزیکی تولید به‌جای تخصیص به محصول q^j، به تولید محصول q^i اختصاص یابد.

برای بیان هزینه فرصت تولید، می‌توان از واکاوی نمودار مشابه منحنی امکانات تولید استفاده کرد (شکل ۱). منحنی امکانات تولید، مکان هندسی ترکیب‌های مختلفی از دو کالا است که یک جامعه با توجه به کل عامل‌های تولید ثابت و معین خود، مانند آب و با توجه به دانش فنی موجود، می‌تواند تولید کند. فرض می شود در این شکل دو محصول q^i و q^j با استفاده از عامل تولیدی مانند آب، تولید می‌گردند. در نقطه B، بیشتر منابع آب به تولید q^j اختصاص داده شده است. برعکس آن در نقطه C، بیشتر منابع آب به تولید محصول q^i اختصاص یافته و تولید q^j کاهش می‌یابد. هزینه فرصت افزایش تولید q^i به اندازه یک واحد معادل با مقدار کاهش در تولید q^j خواهد بود. افزایش تولید q^i نیازمند انتقال نهاده آب از تولید محصول q^j به محصول q^i است.



شکل۱- هزینه فرصت و منحنی امکانات تولید دو کالای q^i و q^j .

براساس شکل، هزینه فرصت تولید محصول q^i برحسب محصول q^j را می‌توان به‌صورت معادله زیر نوشت:

$$OP_{iforj} = \frac{oq^j}{oq^i} \qquad (۱)$$

که در آن OP_{iforj} ؛ هزینه فرصت تولید یک واحد محصول i بر حسب مقدار تولید محصول j، oq^i؛ مقدار تولید از محصول i و oq^j مقدار تولید از محصول j هستند. در شکل ۱ با توجه به غیرخطی بودن منحنی امکانات تولید، هزینه فرصت به صورت تغییرات جزئی در شیب خط نشان داده می‌شود:

$$OP_{iforj} = \frac{\Delta q^j}{\Delta q_i} \qquad (۲)$$

1. Haberler
2. Adams *et al.*

حال اگر Δq_i به سمت یک میل کند، OP_{iforj} هزینه فرصت تولید، یک واحد محصول q^i بر حسب محصول q^j خواهد بود. این موضوع در حالتی که منحنی امکانات تولید خطی فرض شود، بهتر قابل نمایش است. در معادله (۱) مقدارهای دو محصول q^i و q^j بر حسب کمیت فیزیکی هستند. چنان‌چه آن‌ها در قیمت‌های فوب (قیمت سر مرز برای محصول‌های صادراتی کشور) و سیف (قیمت در کشور مبدا برای محصول‌های وارداتی) ضرب شوند، هزینه فرصت محصول q^i بر حسب واحد پولی بیان می‌گردد:

$$OP_{iforj} = \frac{P_j . oq^j}{P_i . oq^i} \qquad (۳)$$

P_i و P_j به‌ترتیب قیمت‌های هر واحد از دو محصول q^i و q^j هستند. از سوی دیگر تقاضای ویژه آب[1] (آب مصرفی ویژه) یک واحد محصول q^i از معادله (۴) محاسبه می‌گردد:

$$SWD_{q^i} = \frac{CWR_{q^i}}{CY_{q^i}} \qquad (۴)$$

در این رابطه؛ SWD_{q^i} تقاضای ویژه هر واحد محصول q^i برحسب لیتر بر کیلوگرم. CWR_{q^i} نیاز آبیاری گیاه[2] محصول q^i برحسب لیتر در هکتار، و CY_{q^i} میزان محصول q^i برحسب کیلوگرم در هکتار هستند. آب مجازی یا تقاضای ویژه محصول q^j هم با استفاده از معادله (۴) محاسبه می‌شود. از آن‌جایی که بر اساس معادله (۴) معادل آب مجازی هر واحد محصول محاسبه می‌گردد و محصول هم در بازار برحسب قیمت هر واحد آن مبادله می‌شود، پس منطقی است فرض شود ارزش آب مجازی یک واحد محصول q^i معادل قیمت یک واحد از همان محصول خواهد بود. در این‌صورت ارزش آب مجازی محصول q^i از q^j متفاوت خواهد بود. با این فرض‌ها می‌توان در معادله (۳) به‌جای مقدارهای فیزیکی دو محصول q^i و q^j، معادل آب مجازی آن‌ها یعنی SWD را جایگزین کرد. این کار از حاصل ضرب مقدارهای فیزیکی دو محصول در معادل آب مجازی یک واحد از آن‌ها، محاسبه‌پذیر خواهد بود:

$$OP_{iforj} = \frac{P_j . oq^j . SWD_{q^j}}{P_i . oq^i . SWD_{q^i}} \qquad (۵)$$

معادله (۵) هزینه فرصت محصول q^i برحسب q^j را چنین بیان می‌کند: برای افزایش یک واحد پولی از q^i چند واحد پولی از q^j را باید از دست داد. در حالی‌که مقدارهای q^i و q^j نه بر اساس کمیت فیزیکی آن‌ها، بلکه معادل آب مجازی آن‌ها بیان شده‌اند. بدین‌ترتیب و با استفاده از معادله (۵)، اولویت صادراتی یا وارداتی محصول های مختلف کشاورزی را می‌توان تعیین کرد. افزون بر این، ارزش اقتصادی آب مجازی هر واحد محصول را می توان از معادله زیر محاسبه کرد:

$$P_{swd_{qi}} = \frac{P_i}{SWD_{q^i}} \qquad (۶)$$

که در آن ؛ $P_{swd_{qi}}$ ارزش اقتصادی یا آب بهای هر مترمکعب آب مجازی محصول، P_i قیمت فوب یا سیف هر واحد محصول (i)ام است.

1. Specific water demand
2. Crop irrigation requirement (CIR)

در این پژوهش به منظور محاسبه پارامترهای مورد نیاز تحقیق، آمار و اطلاعات از منابع مختلف تهیه شدند. مهم‌ترین پارامتر مورد محاسبه، آب آبیاری هر گیاه، در واحد سطح برای هر یک از محصول ها مورد مطالعه بود. با توجه به این که این مطالعه در سطح ملی انجام شد، به دلیل تنوع اقلیمی کشور و وجود منابع متفاوت خاک و آب در کشور، هر نوع محصول در ناحیه‌های مختلف، مقدارهای آب آبیاری نیز متفاوت بودند. از این رو برای هر محصول و در هر منطقه، مقدارهای SWD به‌طور جداگانه محاسبه شدند. هوکسترا و همکاران[1] (۲۵)، فریچر و همکاران[2] (۲۰) و سایر پژوهشگران، برای محاسبه شاخص آب آبیاری هر گیاه از تبخیر-تعرق واقعی گیاهان[3] استفاده کرده‌اند. در این مطالعه نیز به همین روش عمل شده و با کسر کردن میزان بارندگی مؤثر از تبخیر - تعرق واقعی گیاهان و اعمال راندمان آبیاری، مقدارهای آب آبیاری هر گیاه محاسبه گردیده‌اند. در اصل تجارت مجازی آب را می‌توان از دو دیدگاه جداگانه "تولید" یا "مصرف" بررسی کرد. دیدگاه نخست، مقدار آبی را که در فرآیند تولید هر کالا در مکان تولید آن کالا مصرف می‌شود را مبنای محاسبه قرار می‌دهد که به آن Production site specific گفته می‌شود. این دیدگاه ناظر بر مکان و زمان تولید و مقدارهای آب محلی است که در فرآیند تولید کالا به کار برده شده است. دیدگاه دوم ناظر بر مکان مصرف کالا است که مبنای محاسبه را بر مقدار آب مورد نیاز برای تولید کالا در مکان مصرف قرار می‌دهد و به آن Consumption site specific گفته می‌شود. این دیدگاه ناظر بر مکان و زمان تولید و مقدار آبی است که با واردات یک کالا به کشور، ذخیره می‌شود. پس دیدگاه دوم، زمینه‌ساز ذخیره آب در داخل یک کشور از طریق واردات یک محصول کشاورزی و یا کالای تجاری به‌جای تولید داخلی آن است و بهتر می‌تواند آثار تجارت مجازی آب را بر بیلان آب کشور نشان دهد. در نگارش این مقاله، دیدگاه دوم مورد نظر است (۲۴). پس از آن که SWD برای هر محصول و به ازای هر ناحیه محاسبه شد، از معادله زیر میانگین وزنی کشوری SWD برای محصول q^i محاسبه شد:

$$SWD_{q^i} = (\sum_{k=1}^{m} SWD_{q^i k} . TP_{q^i k}) / TP_{q^i} \qquad (۷)$$

که در آن $SWD_{q^i k}$ تقاضای ویژه آبهر واحد محصول q^i در منطقه (k)ام است. $TP_{q^i k}$ کل تولید همین محصول در منطقه (k)ام و TP_{q^i} کل تولید در کشور است.

محصول‌های منتخب برای این پژوهش ، به دو گروه اصلی محصول‌های صادراتی و وارداتی تقسیم شدند. در هر گروه ۱۶ محصول کشاورزی قرار دارند که به‌صورت خام و بدون فرآوری صادر یا وارد می‌شوند. با توجه به این‌که در آمارنامه‌های گمرک، محصول‌ها از تنوع بالایی برخوردارند، اولویت انتخاب آن‌ها براساس کمیت فیزیکی و ارزشی آن‌ها استوار بوده است. این محصول ها در مجموع بیش از ۹۰٪ ارزش کل محصول‌های کشاورزی صادراتی و یا وارداتی به‌صورت خام را شامل می‌شوند. برای برآورد آب مصرفی محصول‌ها از سند ملی آب کشور (۱۰) و کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان اصلی زراعی و باغی کشور (۹) استفاده شد. در مورد محصول هایی مانند آناناس، نارگیل و بادام زمینی که در ایران تولید نمی شوند و به همین دلیل نیاز آبی آن‌ها در اسناد یاد شده موجود نبود، از اطلاعات مربوط به میانگین آب مصرفی برای تولید این محصول ها در سطح دنیا (کشورهای اصلی تولید کننده آن‌ها) استفاده شده است (۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۷، ۳۳، ۳۴، ۳۷، ۳۸، ۴۱).

1. Hoekstra *et al.* 2. Fraiture *et al.* 3. Actual crop evapotranspiration (ETc)

مقدار صادرات و واردات برحسب کمیت‌های فیزیکی و ارزش‌های ریالی و دلاری این محصول ها از آمارنامه‌های گمرک جمهوری اسلامی ایران برای دوره زمانی پنج‌ساله ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ به دست آمد (۲). مقدار تولید هر یک از منطقه‌ها و همچنین کل تولید هر یک از آن‌ها برای کل کشور، از آمارنامه‌های منتشره وزارت جهاد کشاورزی برای دوره مورد پژوهش، استخراج شد (۳). داده‌های به دست آمده نیز با استفاده از نرم افزار اکسل تجزیه و واکاوی شدند.

نتایج و بحث

جدول ۱ تعداد ۱۶ محصول اصلی صادراتی بخش کشاورزی به صورت خام و بدون فرآوری در دوره مورد پژوهش را نشان می دهد. در بین آن‌ها بیشترین آب مجازی متعلق به زعفران است. این محصول به سبب میزان محصول کم، آب مجازی بالایی دارد. در عین حال ارزش هر واحد آن نیز بالاتر از سایر محصول‌ها است. بهره‌وری اقتصادی آب یا به عبارت دیگر ارزش آب مجازی هر مترمکعب آن، برابر ۰/۷۴ دلار است. لازم به یاداوری است که قیمت‌ها برحسب نرخ جاری هستند. مفهوم ارزش آب مجازی این است اگر یک مترمکعب آب به‌صورت مجازی و در قالب محصول q^i صادر شود، آن‌گاه با توجه به قیمت هر واحد از این محصول، ارزش هر مترمکعب آب مجازی آن چه میزان خواهد بود. نظر به این‌که تقاضای ویژه آب و قیمت هر محصول متفاوت از محصول دیگر است، بنابراین ارزش آب مجازی هر محصول با محصول دیگر متفاوت خواهد بود. در جدول ۱، بالاترین ارز دریافتی به ازای هر مترمکعب آب مجازی صادر شده متعلق به محصول کیوی و کمترین آن مربوط به نخود آبی است. میانگین وزنی آب مجازی محصول های صادر شده برابر ۶/ ۴۴۶۸ لیتر بر کیلوگرم است. میانگین قیمت هر کیلوگرم محصول صادر شده نیز ۱/۱۱ دلار است. همچنین، میانگین وزنی ارزش هر مترمکعب آب مجازی صادر شده در قالب ۱۶ محصول مطالعه شده، برابر ۰/۲۴۸ دلار است. اگر نرخ ارز برحسب بازار آزاد سال پایهٔ ۱۳۹۵ معادل ۴۱۶۰۰ ریال در نظر گرفته شود، ارزش هر مترمکعب آب مجازی صادر شده برابر ۱۰۳۱۷ ریال خواهد شد. این موضوع نشان می‌دهد که درآمد حاصله از صادرات آب مجازی در قالب صادرات محصول های کشاورزی رقم قابل ملاحظه‌ای نیست. در این پژوهش برای ساده‌سازی، فرض شده است که ارز به دست آمده از صادرات هر واحد محصول فقط به آب آبیاری نسبت داده‌شود و سایر نهاده‌ها در نظر گرفته نشده‌اند.

در جدول ۲ تعداد ۱۶ محصول اصلی وارداتی به کشور در دوره مورد پژوهش، نمایش داده شده‌اند. این محصول‌ها نیز دست‌کم ۹۰ ٪ ارزش کل محصول های کشاورزی خام وارده به کشور را شامل می‌شوند. کمترین آب مجازی مربوط به آناناس با ۲۸۶ و بیشترین آن مربوط به دانه آفتابگردان با ۱۲۴۷۳ لیتر بر کیلوگرم است. گران‌ترین و ارزان‌ترین محصول وارداتی هم به ترتیب دانه کنجد و ذرت دانه‌ای با قیمت‌های ۰/۷ و ۰/۲۳ دلار بر کیلوگرم بوده‌اند. میانگین قیمت هر کیلوگرم محصول وارداتی برابر ۰/۳۱۸ دلار بر کیلوگرم است. ارز پرداختی نیز بابت واردات آب مجازی برای این گروه از محصول‌ها به‌طور میانگین برابر ۰/۱۱۷ دلار در هر متر مکعب است. گران‌ترین آب مجازی وارداتی به محصول آناناس و ارزان‌ترین آن، به نارگیل تعلق دارد (به‌ترتیب ۱/۶ و ۰/۰۴ دلار در هر مترمکعب). نخود در دوره مورد پژوهش جزو کالاهای برجسته شانزده‌گانه صادراتی و وارداتی بوده است. ارزش ریالی هر مترمکعب آب مجازی وارد شده بر اساس نرخ ارز بازار آزاد سال پایه ۱۳۹۵ برابر ۴۸۶۷ ریال بر مترمکعب است.

جدول ۱- آب مجازی و ارزش محصول‌های صادراتی در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸.

ردیف	نام محصول	آب مجازی (لیتر در کیلوگرم)	قیمت صادراتی هر واحد محصول (دلار بر کیلوگرم)	ارز دریافتی در هر مترمکعب آب مجازی صادر شده (دلار)
۱	کیوی	۳۰۲	۰/۶۶	۲/۲
۲	خیار	۴۲۱	۰/۶۵	۱/۵۵
۳	گوجه فرنگی	۴۴۰	۰/۳۳	۰/۷۵
۴	زعفران	۱۲۲۹۳۳	۹۱۳/۸۳	۰/۷۴
۵	انگور	۱۲۷۱	۰/۶۶	۰/۵۲
۶	مرکبات	۸۷۳	۰/۴۳	۰/۵
۷	هندوانه	۴۸۲	۰/۱۸	۰/۳۷
۸	پیاز	۴۷۹	۰/۱۷	۰/۳۶
۹	بادام	۱۲۱۰۷	۴/۲۴	۰/۳۵
۱۰	خربزه	۱۰۰۶	۰/۳۵	۰/۳۴
۱۱	سیب‌زمینی	۹۴۷	۰/۳	۰/۳۱
۱۲	پسته	۲۵۰۶۵	۶/۴۸	۰/۲۶
۱۳	زیره	۸۳۸۸	۱/۶۱	۰/۱۹
۱۴	خرما	۷۹۲۳	۱/۲۷	۰/۱۶
۱۵	سیب تازه	۳۵۷۸	۰/۵	۰/۱۴
۱۶	نخود	۶۹۷۷	۰/۶۹	۰/۱۰
میانگین وزنی		۴۴۶۸/۶	۱/۱۱	۰/۲۴۸۲

در این پژوهش، به منظور ارزیابی سیاست جایگزینی واردات و طرح خودکفایی در تولید برخی محصول‌های راهبردی و نیز مقایسه آن با توسعه صادرات محصول‌های کشاورزی، محصول گندم انتخاب شد. این محصول با انواع اقلیم‌ها و شرایط آب و خاک سازگار بوده و به همین دلیل به تقریب در تمام نقطه‌های کشور کشت می‌شود و از این نظر مبنا و مقیاس خوبی برای واکاوی هزینه فرصت است. از آن‌جا که مقایسه دو دویی هزینه فرصت ۱۶ نوع محصول باعث می‌گردد تعداد زیادی مقایسه صورت گیرد، انتخاب محصول گندم به دلیل‌های گفته شده، مبنای مناسبی برای رتبه‌بندی محصول‌های صادراتی خواهد بود.

جدول ۲- مقدار و ارزش آب مجازی محصول‌های وارداتی در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸.

ردیف	نام محصول	آب مجازی (لیتر در کیلوگرم)	قیمت واردات هر واحد محصول (دلار)	ارز پرداختی در هر واحد آب مجازی وارد شده (دلار)
۱	آناناس	۲۸۶	۰/۴۶	۱/۶
۲	مرکبات	۸۶۴	۰/۴۳	۰/۵
۳	بادام زمینی	۲۰۱۰	۰/۵۵	۰/۲۸
۴	سیب زمینی	۹۴۱	۰/۲۵	۰/۲۷
۵	برنج	۲۷۴۲	۰/۵۱	۰/۱۸
۶	موز و موز سبز	۲۲۳۸	۰/۳۶	۰/۱۶
۷	گندم	۲۵۱۵	۰/۲۹	۰/۱۱
۸	دانه سویا	۳۹۷۵	۰/۴۳	۰/۱۱
۹	ذرت	۲۱۷۱	۰/۲۳	۰/۱۱
۱۰	لوبیا	۶۹۳۵	۰/۵۷	۰/۰۸
۱۱	نخود	۶۷۳۲	۰/۴۸	۰/۰۷
۱۲	جو	۳۵۳۸	۰/۲۴	۰/۰۷
۱۳	عدس	۹۲۱۶	۰/۵۳	۰/۰۶
۱۴	دانه (تخم) کنجد	۱۲۳۶۹	۰/۷۰	۰/۰۶
۱۵	دانه آفتابگردان	۱۲۴۷۳	۰/۵۷	۰/۰۵
۱۶	نارگیل	۱۰۶۳۳	۰/۴۳	۰/۰۴
	میانگین وزنی	۲۷۱۴	۰/۳۱۸	۰/۱۱۷

نتایج این واکاوی در جدول ۳ نمایش داده شده است. در این جدول هزینه فرصت تولید گندم بر اساس کمیت‌های فیزیکی تولید، ارزش محصول و ارزش آب مجازی نمایش داده شده‌اند. برای مثال، تولید هر کیلوگرم گندم در داخل معادل ۵/۷۱ کیلوگرم گوجه‌فرنگی است یا جایگزینی واردات گندم با تولید داخل و در نتیجه صرفه‌جویی ارزی در هر یک دلار، معادل ۱/۸۸ دلار گوجه فرنگی است. براساس تجارت آب مجازی، تخصیص هر واحد آب به تولید گندم هزینه فرصتی معادل ۶/۵۱ دلار ارزش آب مجازی در قالب محصول گوجه‌فرنگی در بردارد. این واکاوی به سایر محصول‌ها نیز، تعمیم‌پذیر است. بر اساس نتایج مندرج در این جدول، بالاترین هزینه فرصت مربوط به محصول کیوی (۱۹/۱۹ دلار) و کمترین آن مربوط به نخود (۰/۸۶ دلار) است.

جدول شماره ۳- هزینه فرصت تولید گندم براساس محصول‌های صادراتی با محدودیت نهاده آب.

نام محصول	هزینه فرصت تولید یک کیلوگرم گندم (کیلوگرم)	هزینه فرصت تولید یک کیلوگرم گندم (دلار)	هزینه فرصت یک دلار صرفه‌جویی ارزی ناشی از تولید داخلی گندم (دلار)
کیوی	۸/۳۴	۵/۵۳	۱۹/۱۹
خیار	۵/۹۷	۳/۹۱	۱۳/۵۵
گوجه‌فرنگی	۵/۷۱	۱/۸۸	۶/۵۱
زعفران	۰/۰۰	۱/۸۷	۶/۴۹
مرکبات	۲/۸۸	۱/۵۲	۵/۲۶
انگور	۱/۹۸	۱/۳۱	۴/۵۴
هندوانه	۵/۲۲	۰/۹۳	۳/۲۴
پیاز	۵/۲۵	۰/۹	۳/۱۲
بادام	۰/۲۱	۰/۸۸	۳/۰۶
خربزه	۲/۵	۰/۸۷	۳
سیب‌زمینی	۲/۶۶	۰/۷۹	۲/۷۳
پسته	۰/۱	۰/۶۵	۲/۲۶
زیره	۰/۳	۰/۴۸	۱/۶۷
خرما	۰/۳۲	۰/۴	۱/۴
سیب تازه	۰/۷	۰/۳۵	۱/۲۳
نخود	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۸۶

به استثنای نخود، هزینه فرصت تولید گندم بالا است و در هر دلار تولید گندم، ارزش بالاتری از محصول‌های دیگر را باید از دست داد. نظر به اهمیت راهبردی این محصول و نقش آن در سیاست‌گذاری‌های کلان کشور در زمینه تأمین امنیت غذایی، حذف یا کاهش تولید آن غیرممکن است، در نتیجه در برنامه الگوی کشت و تناوب زراعی در هر منطقه، می‌توان ضمن حفظ این محصول در الگوی کشت، محصول‌های دیگری که براساس جدول ۳ هزینه فرصت تولید آن‌ها بالاتر است، انتخاب و در اولویت قرار داد. البته هرگز این نتیجه‌گیری جایز و توصیه‌پذیر نیست که با توجه به هزینه فرصت بالای کیوی، در همه منطقه‌های گندم‌کاری کشور اقدام به کشت کیوی کرد. بدون شک محدودیت‌های اقلیمی مانع اساسی در این‌باره هستند و این مطالعه چنین توصیه‌ای را نمی‌کند. در مطالعه‌های پیشین مانند جعفری و زارعی (۵)، روحانی و همکاران (۶)، باغستانی و همکاران (۱) و توکلی‌شیرازی و همکاران (۴) در کشور تنها به برآورد آب مجازی صادر و وارد شده به کشور پرداخته شده است و وضعیت موجود در دوره‌های مختلف بررسی شده‌اند. اما، توصیه و سیاست‌گذاری راهبردی و کاربردی لازم در این‌باره ارائه نشده است. به‌طور کلی منابع این موضوع در خارج و داخل در این نوع بررسی بسیار فقیر است و مطالعه‌های مشابهی جهت راستی‌آزمایی وجود ندارد.

بحث

از دیدگاه بهره‌وری اقتصادی آب و بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، ارزش اقتصادی هر واحد آب مجازی صادر شده در قالب محصول‌های صادراتی که اغلب از گروه سبزی و صیفی و میوه‌ها هستند، از ارزش اقتصادی آب مجازی وارداتی بالاتر است. به همین دلیل در عمل هزینه فرصت سیاست‌های جایگزین واردات و خودکفایی بالا است. اما در مجموع، ارزش آب مجازی محصول‌های صادرشده قابل ملاحظه نیست و با توجه به وضعیت بحرانی حال حاضر منابع آب کشور، توسعه صادرات محصول‌های کشاورزی خردمندانه به نظر نمی‌رسد. از سوی دیگر، ارزش آب مجازی وارداتی از طریق محصول‌های وارداتی که اغلب آن‌ها جزو محصول‌های راهبردی نیز هستند پایین‌تر بوده و واردات این نوع محصول‌ها ضمن کم‌هزینه‌تر بودن آب مجازی آن‌ها، به حفاظت از منابع آبی و نیز بهره‌برداری پایدارتر از آن‌ها مساعدت می‌کند. از سوی دیگر، در بدترین وضعیت قابل تصور، چنان‌چه توسعه صادرات محصول‌های کشاورزی مد نظر باشد، برحسب ارزش آب مجازی صادراتی و هزینه فرصت، توسعه صادرات محصول‌هایی چون کیوی، خیار، گوجه‌فرنگی، زعفران، مرکبات، انگور و هندوانه اولویت بیشتری دارند. نکته مهم این است که پسته در جایگاه بعد از این محصول‌ها قرار می‌گیرد. با این حال با توجه به نبود حمایت نه چندان قوی مستندهای جهانی موضوع در این گونه مطالعه‌ها، پژوهش حاضر نیازمند تداوم و توسعه بیشتر است. زاویه‌های تاریک بسیاری درباره تجارت آب مجازی و ترکیب آن با اصول و نظریه‌های اقتصادی وجود دارد که روشن شدن آن‌ها به اهتمام و توجه اقتصاددانان و ورود آنان به این عرصه، وابسته است. نظریه‌پردازی اقتصادی درباره تجارت آب مجازی باوجود ماهیت اقتصادی آن، در مرحله‌های اولیه قرار دارد و توسعه آن به قطع نیاز به ورود اقتصاددانان برجسته جهان به این حوزه دارد. چنان‌که میگلیتا و مورون (۳۲) عقیده دارند مطالعه‌ها و مدل‌های اقتصادی تجارت آب مجازی نیاز به بسط و گسترش دارند. پیدایش نظریه‌های قوی در این حوزه به سیاست‌گذاران کمک خواهد کرد تا سیاست‌ها و برنامه‌های موثرتری در زمینه تجارت مجازی آب اتخاذ کنند. در این مقاله تلاش شد تا با استفاده از نظریه هزینه فرصت، سیاست‌های مناسب تجاری در عرصه محصول‌های کشاورزی بر مبنای تجارت مجازی آب ارائه گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از شرکت مدیریت منابع آب ایران به دلیل حمایت مالی از اجرای این پژوهش در سطح ملی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- باغستانی، ع.، ح. مهرابی بشرآبادی، م. زارع مهرجردی و ح. شرافتمند، ۱۳۸۹. کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آب ایران. نشریه آب و توسعه پایدار ۲۸-۳۸:(۱)۶.

۲- بی‌نام. (الف). ۱۳۸۹. آمارنامه‌های صادرات و واردات کالا سال‌های مختلف. گمرک جمهوری اسلامی ایران، تهران.

۳- بی‌نام. (ب). ۱۳۸۹. آمارنامه‌های تولید محصولات زراعی و باغی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۴- توکلی شیرازی، ن. و غ. اکبری. ۱۳۹۰. مدیریت منابع آب مورد نیاز بخش کشاورزی در سطح ملی با بهره‌جوئی از دیدگاه تجارت آب مجازی. مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. کرج.

۵- جعفری، ع.م. و ق. زارعی. ۱۳۸۵. تجارت مجازی آب و نقش آن در مقابله با بحران کم آبی. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶- روحانی، ن.، ه. یانگ، س. امین سیچانی، م. افیونی، ف. موسوی و ع.ا. کامکار حقیقی. ۱۳۸۷. ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۳۲-۴۱۷:(۲)۱۲.

۷- زارعی، ق. و ع.م. جعفری. ۱۳۹۴. نقش واردات و صادرات محصولات مهم زراعی و باغی در تجارت مجازی آب و ردپای آب در کشاورزی ایران. مجله آبیاری و زهکشی ایران ۴۵-۲۳:(۵)۶.

۸- قدوسی، ح. و ح. داوری. ۱۳۹۵. تحلیل‌انتقادی آب مجازی از منظر سیاست‌گذاری. آب و توسعه پایدار ۵۸-۴۷:(۶)۱-۳.

۹- فرشچی، ع.ا.، م. شهابی فر، ر. جارالهی و ع. غالبی. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. کرج. ۵۶۱ صفحه.

۱۰- کشاورز، ع.، ح. دهقانی، ا. علیزاده و غ.ع. کمالی. ۱۳۷۸. سند ملی آب کشور (نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت و راندمان آبیاری). معاونت‌های فنی و زیربنایی وزارت کشاورزی و سازمان هواشناسی کشور.

۱۱- عباسی، ف. ا.، ناصری، ف. سهراب، ح. باغانی، ن. عباسی و م. اکبری. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. تهران. ۷۰ صفحه.

12. Adams, V.M., R.L. Pressey, and R. Naidoo, 2010. Opportunity costs: Who really pays for conservation? Biological Conservation 143(2):439-448.
13. Allan J.A. 1993. “Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydropolitical futures would be impossible”, Priorities for water resources allocation and management, ODA, London, UK, pp. 13-26.
14. Allan, J.A. 1997. Virtual water: A long term solution for water short Middle Eastern economies? Occasional paper, No. 3. Water Issues Study Group, School of Oriental and African Studies, University of London. UK.
15. Allan, J.A. 1998. Virtual water: a strategic resource. Global solutions to regional deficits. Ground Water 36(4):545–546.
16. Allan, J.A. 2003. Virtual water-the water, food, and trade nexus: useful concept or misleading metaphor? Water International 28(1):106–112.
17. Ansink, E. 2010. Refuting two claims about virtual water trade, Ecological Economics 69(10):2038-2047.
18. Beasley, J.P. 1990. Peanut Growth and Development. The Cooperative Extension Service, the University of Georgia. USA. SB 23-3.
19. Food and Agricultural Organization (FAO). 2002. Pineapple. Land and Water Division. Rome, Italy.
20. Fraiture, C.D., C. Ximing, U. Amerasinghe, M.Rosegrant, and D. Molden. 2004. Does International Cereal Trade Save Water? The Impact of Virtual Water Trade on Global Water Use. Research Report NO.4. IWMI, Colombo, Srilanka.
21. Garcia, A.G., L.C. Guerra, A. Suleiman, J.O. Paz1 and G. Hoogenboom. 2007. Peanut Water Use under Optimum Conditions of Growth and Development: A Simulation Approach. Proceedings of the 2007 Georgia Water Resources Conference, Held March 27-29, 2007, at The University of Georgia. USA.
22. Haberler, G. 1936. The Theory of International Trade: with its applications to commercial policy. London, William Hodge. UK, pp. 408.

23. Heckscher, E.F. 1919. The effect of foreign trade on the distribution of income. In: Flam, H., Flanders, M.J. (Eds.), Heckscher–Ohlin Trade Theory, Heckscher, E.F. and B. Ohlin. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
24. Hoekstra, A.Y. 2003. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.
25. Hoekstra, A.Y. and P.Q. Hung. 2005. Globalization of Water Resources: International Virtual Water Flows in Crop Trade Relation to. Global Environmental Change 15(1):45-56.
26. Lant, C. 2003. Commentary. Water International. 28(1):113–115.
27. Lemon, R.G. and T.A. Lee. 1994. Production of Virginia Peanuts in the Rolling Plains and Southern High Plains of Texas. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A&M University System. USA. L-5140.
28. Lenzen, M., D. Mpran, K., Kanemonto and A. Geschke. 2013. Building EORA: a global multi-region input-output database at high country and sector resolution. Economic System Research. 25(1):20-49.
29. Mckonnen, M.M. and A.Y. Hoekstra. 2011. National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series, No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherland.
30. Merrett, S. 1997. Introduction to the economics of water resources: an international perspective. Rowman & Littlefield Publishers, Lanham, Maryland, USA.
31. Merrett, S. 2003. Virtual water and Occam's razor. Water International. 28(1):103–105.
32. Miglietta, P.P. and D. Morrone. 2018. Managing water sustainability: virtual water flows and economic water productivity assessment of the wine trade between Italy and the Balkans. Sustainability 10:1-19.
33. Mike K.V. Carr. 2011. The water relations and irrigation requirements of coconut (*Cocos nucifera*): A review. Expl Agr. 47(1):27–51.
34. Morton, J. 1997. Pineapple (*Ananas Comosus*). Horticultural Department. Purdue University, USA.
35. Ohlin, B. 1933. Interregional and international trade. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
36. Oki, T., S. Yano and N. Hanasaki. 2017. Economic aspects of virtual water trade. Environmental Research Letter 12:1-9.
37. Pahalwan, D.K. and R.S. Tripathi. 1984. Irrigation Scheduling Based on Evaporation and Crop Water Requirement for Summer Peanuts. Peanut Science 11:4-6.
38. Pedro V. de Azevedo, Cleber B. de Souza, Bernardo B. da Silva and Vicente P.R. da Silva. 2007. Water requirements of pineapple crop grown in a tropical environment, Brazil. Agricultural Water Management 88:201–208.
39. Reimer, J. 2012. On the economics of virtual water trade. Ecological Economics 75(1):135–139.
40. Schwarz, J., E., Mathijs and M., Maertens. 2014. Changing patterns of global agri-food trade and the economic efficiency of virtual water flows. Sustainability 7:5542-5563.
41. Shabbir, H.G., T. Silalertruksa, P. Nilsalab, R. Mungkung, S.R. Perret and N. Chaiyawannakarn. 2014. Water Footprint and Impact of Water Consumption for Food, Feed, Fuel Crops Production in Thailand. Water 6:1698-1718.
42. Wichelns, D. 2004. The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages. Agr. Water Manag. 66(1):49-63.
43. Wichelns, D. 2010. An economic analysis of the virtual water concept in relation to the agri-food sector. Water Resour. Res. 43(12): 1–10.

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 4(1): 49-62 (2019)

Virtual Water Trade in Iran with Respect to Economic Productivity

G. Zarei[1] and A.M. Jafari[2]

The virtual water trade concept was devised about three decades ago and it is now considered as a way of balancing the distribution of water among countries and regions in attempts to confront with water scarcity. The background literature of virtual water has developed independent of economic knowledge and economists have not endeavored to theorize it. Based on this concept, the export of agricultural products from Iran has been under much criticism in recent years. This study attempts to provide a simple economic model that works with based on opportunity cost theory in combination with economic water productivity and virtual water trade concepts to evaluate major agricultural products of Iran exported or imported in a five-year period. According to the results, internal production of strategic crops has high opportunity costs. The exporting of fruits such as kiwi, citrus, grapes, watermelon, cucumber and tomato created high virtual water values, even higher than pistachio. However, under the water crisis conditions in Iran, these values are much lower than real value of water.

Key words: Agricultural products, Opportunity cost, Trade, Value of virtual water.

1. Corresponding author, Email: g.zarei@areeo.ac.ir

2. Associate Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, and Assistant Professor of Hamedan Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamedan, respectively.