سال سوم، شماره ۱، شهریور ۱۳۹۵، صفحات ۴۷ تا ۵۸
نشریه آب و توسعه پایدار

2016, Vol.3, No.1, Pages 47 to 58
Journal of Water and Sustainable Development

تحلیل انتقادی آب مجازی از منظر سیاست‌گذاری

حامد قدوسی[۱*]، حامد داوری[۲]

۱- استادیار اقتصاد مالی، انستیتو فناوری استینوس آمریکا.
۲- پژوهشگر گروه توسعه پایدار، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران).

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: hghoddus@stevens.edu)
تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۲۶
تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۱۵

چکیده

مفهوم تجارت آب‌مجازی[۱] به داد و ستد آب مصرف شده برای تولید کالاها و محصولات کشاورزی از طریق مبادله آن‌ها بین کشورها اشاره دارد. تونی آلن با طرح این مفهوم بر کارایی آن جهت بهبود مسأله توزیع نابرابر آب در جهان تأکید کرد. در این مقاله با بررسی ابعاد تجارت آب مجازی از منظر مدل تجارت بین‌الملل هکشر اولین[۲]، نظریه‌ی اولیه آلن بررسی و بر خلاف پیش‌بینی خوش‌بینانه اولیه مشخص شد که تجارت آب مجازی حتی در برخی کشورهای کم‌آب ممکن است موجب تشدید فشار بر منابع آب شود. این الگو ممکن است به دلایل مختلفی از جمله (۱) نامتوزان بودن نسبت عوامل تولید (مخصوصاً آب به زمین) در بخش کشاورزی، (۲) قیمت‌گذاری نادرست آب کشاوزی، (۳) سیاست‌های تشویقی دولت و (۴) موانع تجارت آزاد مشاهده شود. در ادامه‌ی مقاله تجارب استفاده از مفهوم آب مجازی از منظر سیاست‌گذاری در مدیریت پایدار منابع آب در قالب تجارب کشورهای مشابه ایران مورد بررسی قرار گرفت و گزینه‌های سیاستی موازی نیز طرح و بررسی شد.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، تجارت بین‌الملل، ارزش سایه آب، سیاست‌گذاری منابع آب.

Critically analysis of virtual water from the perspective of policy-making

H. Ghoddusi, H. Davari

1- Assistant professor of financial economics, Stevens Institute of Technology, USA. 2- Researcher, Office of Sustainability, Amirkabir University of Technology(Tehran Polytechnic), Iran.

*(Corresponding Author Email: hghoddus@stevens.edu)
Received: 16-7-2016
Accepted: 5-9-2016

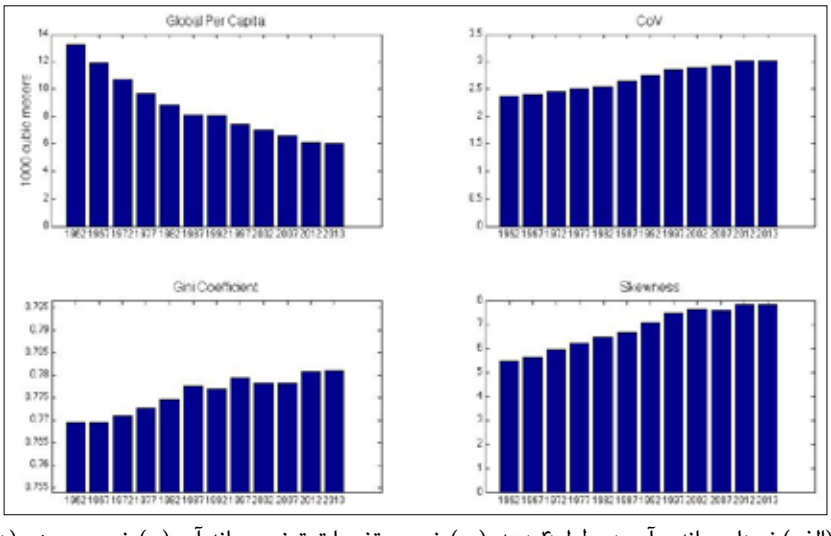
Abstract

The concept of virtual water trade refers to transact of the water consumed for production of goods and agricultural products through international trade. The Anthony Allan introduced this concept to improve global water used efficiency. In this paper, the original theory of Allen has been investigated through incorporating virtual water as a factor of production in Heckscher-Ohlin international trade model. The results indicate that contrary to Allen's initial optimistic forecasts, virtual water trade increased the pressure on water resources in some countries. This pattern may be the consequence of the following causes: (1) the imbalance of production factors relative to one another (especially water to land) in the agricultural sector (2) the inefficient agricultural water pricing, (3) government's agricultural incentive policies, and (4) barriers to free trade. Then, we have investigated the experiences of using the virtual water concept from the perspective of policy making on sustainable water resources management in the framework of similar countries to Iran and also, the parallel policy options.

Keywords: virtual water, international trade, water shadow price, policy making of the water resources.

مقدمه

توزیع نابرابر منابع آب تجدیدپذیر در جهان مسئله‌ای است که توجه محققین رشته‌های مختلف را به خود جلب نموده است. این توزیع نابرابر علی‌الخصوص زمانی بحرانی‌تر می‌شود که در کنار تصویر توزیع جمعیت مورد توجه قرار بگیرد. سرانه جهانی آب ۶۰۰۰ متر معکب و در ایران حدود ۱۶۰۰ مترمکعب به ازای هر نفر است. نگاهی دقیق‌تر به آمارهای توزیع سرانه آب بین کشورهای مختلف و در طول ۴ دهه از حیث درجه نابرابری در توزیع مؤید افزایش این نابرابری در محور زمان است (شکل ۱). شکل (۱-الف) نشان‌دهنده‌ی متوسط سرانه آب در دنیا است که از حدود ۱۳۰۰۰ به عددی حدود ۶هزار مترمکعب رسیده است. نمودار نشان‌دهنده‌ی کاهش سرانه منابع آب در دنیا است که علّت اصلی آن را می‌توان رشد جمعیت دانست. از میان دلایل دیگر می‌توان به از دست دادن منابع آب شیرین به خاطر مسائل تغییر اقلیم نیز اشاره کرد. سه نمودار دیگر در این شکل نیز نابرابری توزیع آب را نشان می‌دهد. شکل (۱- ب) نشان‌دهنده‌ی افزایش نابرابری با معیار ضریب تغییرات است. شکل (۱- ج) نشان‌دهنده‌ی افزایش ضریب جینی توزیع سرانه آب بین کشورها و درنتیجه افزایش نابرابری است. معیار دیگر چولگی توزیع است (شکل ۱-د)، نمودار نشان می‌دهد که چولگی توزیع آب بین کشورهای مختلف نیز بیشتر شده است. بنابراین در عین این‌که منابع آب دنیا در حال کاهش است، درجه نابرابری توزیع این منابع نیز در حال افزایش است.



شکل ۱- (الف) نمودار سرانه‌ی آب در طول ۴ دهه (ب) ضریب تغییرات توزیع سرانه آب (ج) ضریب جینی (د) چولگی.
هر چهار نمودار نشان‌دهنده‌ی افزایش نابرابری توزیع در طول زمان است.

پدیده دوم موضوعی بدیهی نیست، چرا که این کاهش می‌توانست برای همه کشورها یکنواخت باشد، در حالی که در طول زمان نابرابری بدتر شده است. نتیجتاً راه‌حل‌هایی راهگشا هستند که نه‌تنها کارایی را در استفاده از منابع آب زیاد کند بلکه به نوعی این نابرابری توزیع را هم مرتفع سازد. مفهوم «آب مجازی» از مفاهیم نظری است که در پاسخ به این نگرانی معرفی شد.

مفهوم آب‌مجازی اولین بار توسط تونی آلن[۳] در مجموعه ای از مقالات منتشر شده در سال‌های ۹۳ الی ۹۷ میلادی پیشنهاد شد. تحلیل اصلی آلن بیش‌تر معطوف به تحلیل تنش‌های سیاسی ناشی از کمبود آب در منطقه‌ی خاورمیانه و شمال آفریقا بود. این نظریه مدعی است در صورتی که موانع تجارت بین کشورهای کم‌آب و کشورهای پرآب رفع شود، آب مورد نیاز کشورهای کم آب می‌تواند به صورت پنهان در محصولات تجاری علی‌الخصوص محصولات کشاورزی بین کشورها مبادله شود. به زبان اقتصادی با اینکه توزیع منابع آب به صورت پیشینی[۴] ممکن است نابرابر باشد ولی با اجازه دادن به تجارت محصولات (و نه لزوماً تجارت خود آب) توزیع پسینی[۵] «مصرف» آب در کشورهای مختف ممکن است به برابری نزدیک شود.

در این مقاله قصد داریم تا با رویکرد اقتصادی از سه منظر مفهوم آب مجازی را مورد بررسی انتقادی قرار دهیم:

(۱) منظر اثبات‌گرایانه[۶]: آیا این مفهوم می‌تواند الگوی تجارت بین‌الملل (علی‌الخصوص محصولات کشاورزی) را توضیح دهد؟ به عبارت دیگر آیا آب را می‌توان مانند سایر نهاده‌هایی نظیر کار، سرمایه و ... به عنوان عامل مزیت نسبی بین کشورها به حساب آورد؟

(۲) منظر هنجاری[۷]: پیامد رفاهی آب مجازی چیست؟ آیا توجه به مفهوم آب مجازی در رفاه موثر است؟ و وجه تفارق آب با سایر نهاده‌ها چیست؟

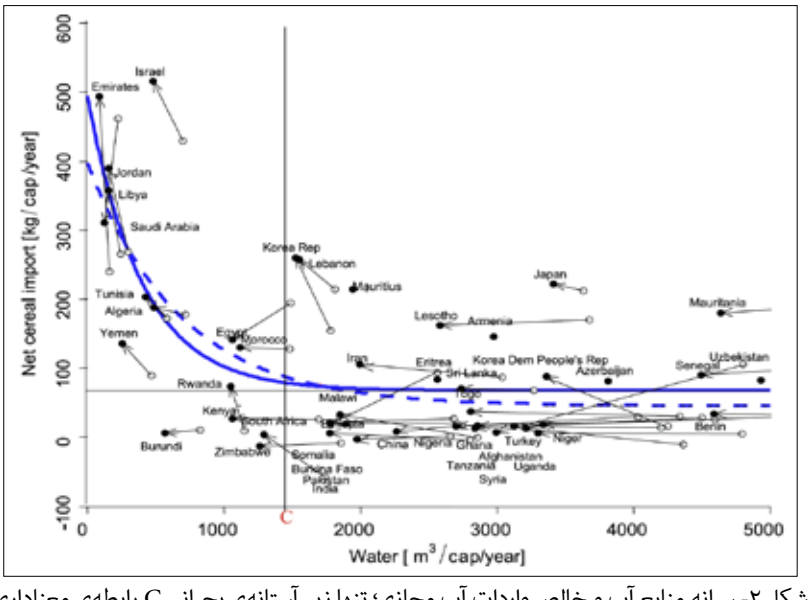
(۳) منظر سیاست‌گذاری: سیاست کشاورزی دولت‌ها چگونه می‌تواند با در نظر گرفتن تجارت آب‌مجازی به توزیع بهتر آب کمک کند؟ قیمت‌گذاری محلی آب باید از چه سیاست‌هایی پیروی کند تا کارایی سود به حداکثر خود برسد؟

بنابراین این مقاله در نهایت با تأکید بر رویکرد سوم (رویکرد سیاست‌گذاری) به دنبال یافتن پاسخ پرسش‌های فوق است. برای این منظور با ۳ عنوان مرور پیشینه و ادبیات موضوع، تجارت آب مجازی از منظر مدل اقتصاد بین‌الملل و سیاست‌گذاری منابع آب و تجارت آب مجازی به بحث در این موضوع می‌پردازد.

مرور پیشینه و ادبیات موضوع

آلن طی سال‌های ۹۳ تا ۹۷ میلادی، نقدی بر دیدگاهی که پیش‌بینی می‌کرد جنگ‌های آینده جنگ آب است، وارد نمود. او معتقد بود این نگاهی کوته‌بینانه و بیش از حد بدبینانه است. او تجارت محصولات نهایی کشاورزی را راه‌حلی برای رفع توزیع نابرابر منابع آب می‌دانست. عمده دلیل این موضوع ارزان‌تر بودن تجارت محصول نهایی بین هزار تا ده هزار برابر در مقابل تجارت فیزیکی آب است. بنابراین کشورهای کم‌آب با تجارت محصولات نهایی می‌توانند منابع آب محدود خود را صرف فعالیت‌های باارزش‌تر نمایند. طرح این مفهوم در ابتدا ناظر به منطقه خاورمیانه و شمال افریقا بود؛ منطقه‌ای که به علّت مناقشات آبی در حوزه رودخانه اردن و فرات، احتمال وقوع جنگ در ادبیات سیاسی آن پُررنگ بود. در واقع هدف از طرح مفهوم آب مجازی بررسی تأثیر تجارت آزاد بر شدت تنش در اقتصاد سیاسی آب است.

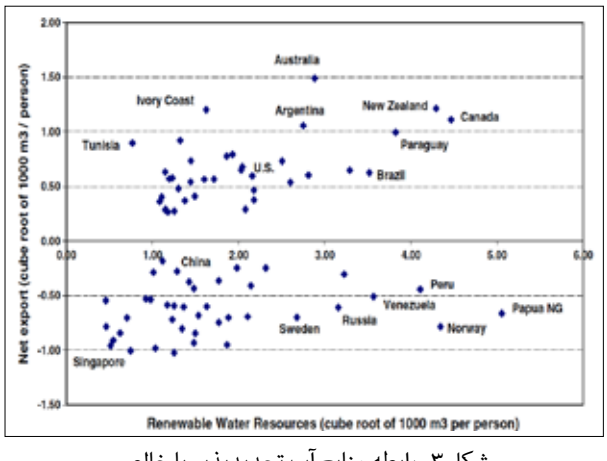
تجارت آب مجازی عمدتاً مربوط به محصولات کشاورزی و دامی است. این رقم در حدود ۷۰۰ تا ۱۱۰۰ کیلومترمکعب است؛ در حالی که مصرف کشاورزی آب جهان حدود ۵۴۰۰ کیلومترمکعب می‌باشد (۱۵ الی ۲۰ ٪) و بنابراین سهم بزرگی ندارد. از منظر اقتصاد دو اثر قابل رویت است، (۱) هموارسازی نابرابری (۲) کارایی ناشی از تجارت. تخمین‌ها گویای صرفه‌جویی حدود ۵۰۰ کیلومترمکعب در اثر تجارت آب مجازی در دنیا است (۸ الی ۱۰٪). بنابراین آمار نشان‌دهنده‌ی آن است که این مفهوم در عمل هم کارایی سود دارد و هم به توزیع بهتر کمک می‌کند.



شکل ۲- سرانه منابع آب و خالص واردات آب مجازی؛ تنها زیر آستانه‌ی بحرانی C رابطه‌ی معناداری بین منابع آب و واردات غلات دیده می‌شود (Zehnder و Yang، ۲۰۰۷)

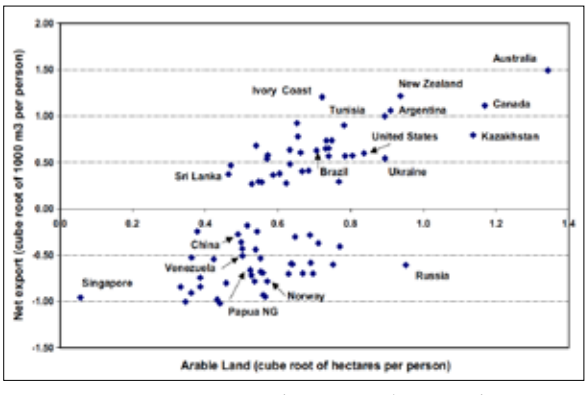
بر اساس نظریه آب مجازی اگر منابع آب یک کشور کمتر باشد باید واردات آب مجازی آن کشور بیشتر باشد تا هموارسازی در کمیابی آب اتفاق بیفتد. شکل (۲) در محور افقی سرانه منابع آب و در محور عمودی خالص واردات غلّات (آب مجازی) را نشان می‌دهد. تنها زیر یک آستانه بحرانی در محور افقی (سرانه منابع آب) این رابطه قابل مشاهده است. به عنوان مثال این رابطه برای کشورهایی مثل عربستان و امارات با برخورداری از منابع آب کم مشاهده می‌شود.

سمت دیگر پیش‌بینی نظریه تجارت آب‌مجازی این است که چنانچه کشوری از منابع آب زیاد برخوردار باشد صادرکننده خالص آب خواهد بود. شکل (۳) که منابع آب و صادرات آب‌مجازی را نشان می‌دهد بیانگر وجود رابطه آماری کوچکی (ضریب رگرسیون کوچک) است.



شکل ۳- رابطه منابع آب تجدیدپذیر با خالص صادرات آب مجازی (Wichelns، ۲۰۱۰)

در شکل (۴) متغیر زمین قابل کشت جایگزین آب شده است. این نمودار رابطه‌ی بهتری را میان صادرات آب مجازی و زمین نشان می‌دهد. لذا پیش‌فرض اولیه که کشورهای پرآب به کشورهای کم‌آب، آب صادر خواهند کرد برقرار نیست. این مسأله را این چنین می‌توان توضیح داد که کشورها برای صادرات آب مجازی در قالب محصولات کشاورزی و دام‌پروری باید نسبت متوازنی از آب، نیروی کار و زمین را در اختیار داشته باشند. در نتیجه برخورداری از منابع آب به تنهایی نمی‌تواند به تولید و صادرات محصولات دارای آب‌مجازی بیانجامد.



شکل ۴- رابطه زمین قابل کشت و خالص صادرات آب مجازی، (Wichelns، ۲۰۱۰)

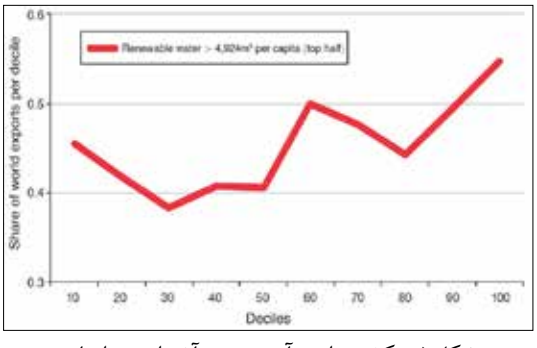
نقدهای اقتصادی به مفهوم آب مجازی

طرح مفهوم آب‌مجازی به عنوان عاملی جهت آگاه‌سازی مردم و سیاست‌گذاران به منظور اطلاع‌رسانیِ تأثیر الگوی مصرف بر منابع آب اثربخش بوده است. با این وجود سه نکته‌ی مهم در رابطه با تأثیر تصمیم مصرف‌کننده بر آب صرفه‌جویی شده از مصرف‌نکردن محصولات با ردپای بالا وجود دارد. اولین نکته شائبه‌ای است که اعلام اعداد ردپای آب در جداولی مانند جداول (۱) و (۲) در مصرف‌کننده ایجاد می‌کند. محتوای آب مجازی یک کیلوگرم گوشت گاو حدود ۱۳/۵ مترمکعب آب اعلام می‌شود. این عدد به هیچ عنوان بیانگر

جدول ۱- آب مجازی موجود در محصولات دامی و کشاورزی اساسی (Zimmer و Renault، ۲۰۰۳)

محصولات دامی و کشاورزی	آب مجازی موجود در هر محصول (متر مکعب بر تن)
گوشت گاو	۱۳۵۰۰
مرغ	۴۱۰۰
دانه سویا	۲۷۵۰
تخم مرغ	۲۷۰۰
برنج	۱۴۰۰
گندم	۱۱۶۰
شیر	۷۹۰

در تحقیق Debaere رابطه‌ی برخورداری از منابع آب و تولیدات و محصولات آب‌بر مورد بررسی قرار گرفته است. مطابق شکل (۵)، رابطه‌ی ۵ دهک بالای کشورهای پرآب (با سرانه بیش از ۴۹۲۴ مترمکعب) با صادرات محصولات آب بر به ازای هر دهک به تصویر کشیده شده است (Debaere، ۲۰۱۴). مشاهده می‌شود با حرکت به سمت محصولات با نیاز آبی بالاتر، سهم کشورهای پرآب در تولید جهانی آن محصول زیادتر می‌شود. بنابراین کشورهای پرآب در سطح یک محصول بیش‌تر به سمت تولید محصولات آب‌بر متمایل هستند، ولی وقتی آب موجود در همه محصولات را تجمیع کنیم لزوماً چنین نتیجه‌ای را در سطح کلان مشاهده نمی‌کنیم.



شکل ۵ – کشورهای پرآب و سهم آن‌ها در صادرات محصولات آب‌بر (Debaere، ۲۰۱۴)

میزان آب صرفه‌جویی شده حاصل از نخوردن یک کیلوگرم گوشت در کشور محل مصرف (ایران) نیست، چرا که ارزش کمیابی یا ارزش سایه آب[۸] در محل مصرف با محل تولید آن برابر نمی‌باشد. به عنوان مثال نخوردن گوشت در ایران به طور غیرمستقیم موجب کاهش مصرف آب در فرایند کشاورزی و فرآوری گوشت در برزیل می‌شود و بر منابع آب ایران تأثیری ندارد. علاوه بر آن اهمیت و ارزش صرفه‌جویی یک لیتر آب در منطقه میانی ایران با مثلاً جنگل‌های آمازون یکسان نیست. در نتیجه با توجه به الگوی مصرف و مکان تولید و مصرف هر محصول و نمایه آبی مربوط به آن بایستی ردپای محصولات غذایی محاسبه و اطلاع‌رسانی شود.

جدول ۲- سناریوهای تأثیر الگوی غذایی بر ردپای آب (Renault و Wallender، ۲۰۰۰)

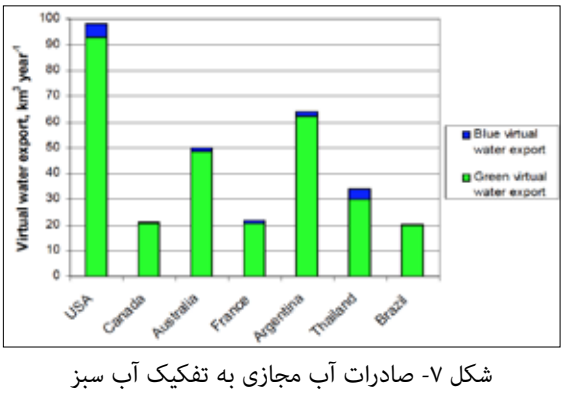
سناریوهای تأثیر الگوی غذایی بر ردپای آب	آب مجازی مورد استفاده (مترمکعب بر نفر بر روز)
بدون رژیم	۵/۴
۲۵ درصد کاهش فرآورده های دامی	۴/۶
جایگزینی ۵۰ درصد گوشت گاو با مرغ	۴/۸
جایگزینی ۵۰ درصد گوشت قرمز با سبزیجات	۴/۴
۵۰ درصد کاهش فرآورده های دامی	۳/۴
رژیم سبزیجات	۲/۶
حداقل رژیم غذایی برای بقای زیستی	۱

نکته‌ی دوم ثابت نبودن ردپای آب است. باید توجه داشت که ردپای آب اعلام شده در جداولی نظیر جدول (۱) میانگین ردپای تولید محصولات در جهان است و این عدد با توجه به نمایه‌ی آبی، بهره‌وری زمین و فناوری تولید در هر مکان متفاوت است. در نتیجه باید بین مفهوم آب مجازی نهایی[۹] و متوسط تفاوت گذاشت.

این اعداد بیانگر متوسط ردپای آب است و به معنی ردپای آخرین واحد تولید شده نیست. به طور مثال رقم ۱۳ هزار برای یک تن گوشت گاو متوسط کل تکنولوژی‌های تولید دنیا است، ولی آخرین واحد گوشتی که تولید شده ممکن است با ۴۰ هزار لیتر آب تولید شده باشد؛ به این دلیل که تولید همیشه از واحدهای کارا حرکت کرده و به سمت ناکارا می‌رود. در نتیجه برای اطلاع‌رسانی عموم مردم از تأثیر نحوه‌ی مصرف بر ردپای آب بایستی ردپای آخرین واحد تولید شده را اعلام نمود. با استناد به مطالعات انجام شده این عدد به طور تقریبی دو برابر میانگین است.

آب مجازی در ایران

ایران با برخورداری از سرانه آب ۱۶۰۰ مترمکعب جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک دسته‌بندی می‌شود؛ بنابراین با اتکا بر پیش‌بینی آقای آلن ایران می‌بایست واردکننده‌ی خالص آب‌مجازی باشد. بررسی آمار صادرات و واردات بر خلاف انتظار نشان‌دهنده‌ی صادرات آب مجازی در ایران است. با توجه به شکل (۶) (تراز تجاری آب مجازی) ایران نه‌تنها صادرکننده آب‌مجازی است بلکه تقریباً تمامی این آب را از منابع کمیابش تأمین می‌کند. Vanham (۲۰۱۳) در تحقیقی به ضرورت تفکیک آب آبی و آب سبز در ردپای آب مجازی و تجارت آن اشاره کرده است. در شکل (۷) کشورهای صادرکننده‌ی آب‌مجازی دیده می‌شوند که تقریباً تمامی آب مورد استفاده در محصولات صادراتی‌شان از منابع آب سبز[۱۰] تأمین شده است. شکل (۸) نیز نشان‌دهنده‌ی منابع ردپای محصولات تجاری ایران به تفکیک آب‌های سبز، آبی و خاکستری است. بر خلاف انتظار مشاهده می‌شود که ایران خالص صادرات آب آبی و واردات آب سبز دارد. این بدان معنی است که ایران منابع آب ارزش‌مند خود را صادر می‌کند و منابع کم‌ارزش‌تر آب سبز را از سایر کشورها وارد می‌کند.



شکل ۷- صادرات آب مجازی به تفکیک آب سبز و آبی، (Yang و Zehnder، ۲۰۰۸)

نکته سوم این است که در کشاورزی بهره‌وری و هزینه تولید مدام در هر حال تغییر است و میزان آب مجازی مشاهده شده ماحصل یک تعادل عمومی در تولید کلان کشاورزی دنیا است که ممکن است در نتیجه تغییر تولید و مصرف سایر محصولات دست‌خوش تغییر شود.

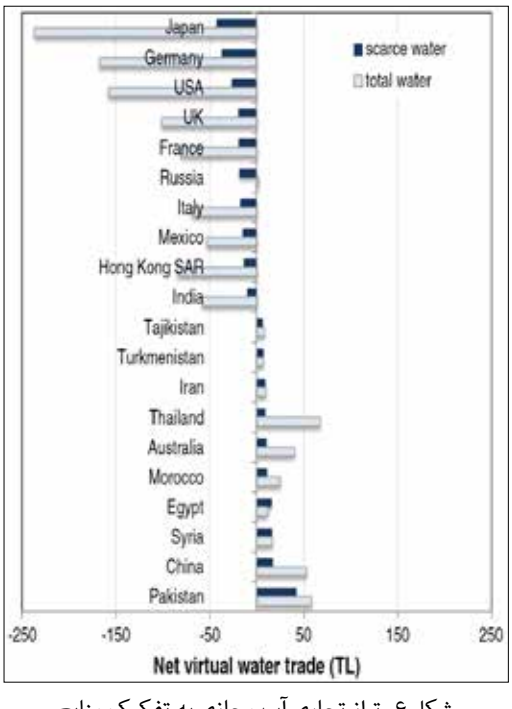
در نهایت به منظور آگاهی‌رسانی بهتر به مصرف‌کنندگان باید تأثیر تغییر رژیم غذایی بر میزان استفاده از منابع آب را با در نظر گرفتن موارد زیر انجام داد.

۱- تفکیک مفاهیم ردپای آب محصولات و میزان آب صرفه‌جویی شده در صورت تغییر مصرف

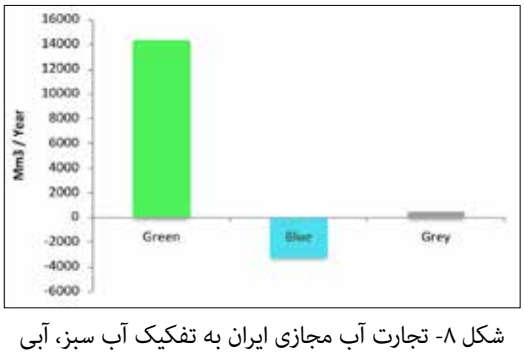
۲- تفکیک محصولات بر اساس مکان تولید و مصرف و میزان آب صرفه‌جویی شده در محل مصرف

۳- تفکیک محصولات بر اساس منبع آب تولیدی (آب سبز یا آب آبی)

۴- اطلاع‌رسانی میزان آب صرفه‌جویی بر اساس آخرین واحد تولید شده.



شکل ۶- تراز تجاری آب مجازی به تفکیک منابع کمیاب و کل (Lenzen و همکاران، ۲۰۱۳)



شکل ۸- تجارت آب مجازی ایران به تفکیک آب سبز، آبی و خاکستری (Mekonnen و Hoekstra، ۲۰۱۱)

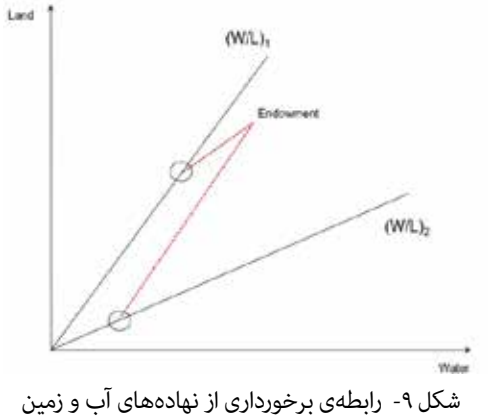
مدل ریکاردین[11] با مطرح نمودن مفهوم مزیت‌نسبی در نهاده‌های تولید نظیر کار و سرمایه و همچنین فناوری تولید محصولات، پیش‌بینی می‌کند با آغاز تجارت بین دو کشور، آن‌ها تنها به تولید محصولاتی می‌پردازند که در آن دارای مزیت نسبی هستند. در مدلی ساده‌سازی شده می‌توان دو کشور، دو کالا و دو عامل تولید را در نظر آورد. کشوری که در تولید کالای ۱ دارای مزیت نسبی است صادرکننده‌ی آن کالا و دیگری واردکننده‌ی آن خواهد بود. مفهوم مزیت نسبی نیز با مقایسه هزینه-فرصت بهره‌برداری از عامل ۱ در کالای ۱ بین دو کشور بیان می‌شود.

مدل Heckscher-Ohlin (HO) در مقابل پیش‌بینی می‌کند که تنها مزیّت نسبی میان کشورها نیست که وضعیت تولیدات را مشخص می‌کند بلکه نسبت برخورداری از عوامل تولید کشور نیز بر وضعیت تولیدات در آن کشور موثر است. برای مقایسه این دو مدل (با فرض‌های؛ دو کشور، دو کالا و دو عامل)، مدل ریکاردین نتیجه می‌گیرد کشور ۱ (دارای مزیت نسبی در عامل کار) تنها محصولات کاربر و کشور ۲ (دارای مزیت نسبی در عامل سرمایه) تنها محصولات سرمایه‌بر تولید کند. با این وجود مدل HO امکان تولید هر دو محصول (کاربر و سرمایه‌بر) را در هر دو کشور پیش‌بینی می‌کند؛ ولی کشور ۱ (دارای مزیت‌نسبی در عامل کار) را صادرکننده‌ی خالص محصولات کاربر و کشور ۲ (دارای مزیت نسبی در عامل سرمایه) را صادرکننده‌ی خالص محصولات سرمایه‌بر توصیه می‌کند. در مورد مسأله آب‌مجازی، مدل HO پیش‌بینی می‌کند که کشور برخوردار از منابع فراوان آب بایست صادرکننده محصولات آب‌بر و در نتیجه آب‌مجازی باشد و کشور کم‌آب نیز وارد کننده‌ی آب مجازی باشد.

بدیهی است که جابه‌جایی عوامل تولید نظیر کار و سرمایه بین کشورها - در صورت رفع موانع جابه‌جایی عوامل- موجب توزیع بهینه آن‌ها میان کشورها، متناسب با بازده کار یا سرمایه شود و در نتیجه کمیابی نسبی این عوامل در نقاط مختلف یکسان گردد. یکی دیگر از نتایج مدل HO این است که جابه‌جایی محصول نهایی و تجارت آن، بدون جابه‌جایی خود عوامل موجود در آن، به برابرشدن قیمت نهاده‌ها در دو کشور می‌انجامد. در نتیجه مدل HO پیش‌بینی می‌کند تجارت آب‌مجازی بین دو کشور منجر به برابرشدن کمیابی نسبی عوامل تولید آن (آب و زمین) خواهد شد. ضمناً باید تصریح کرد که آب و زمین دو عامل تقریباً غیرقابل جابه‌جایی به شمار می‌روند.

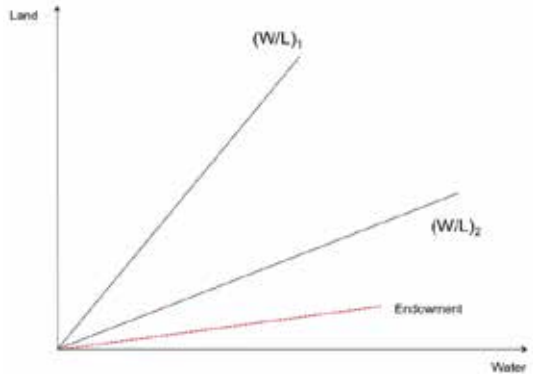
این مدل با طرح مفهوم مخروط تولید اشاره دارد به این‌که اگر محصول کشاورزی اول و دوم در هر دو کشور بر روی یک خط تکنولوژی تولید شوند، آن‌گاه ترکیب آب و زمین در هر دو کشور برای هر دو محصول برابر خواهد بود و در نتیجه هر کشوری متناسب با ترکیب آب و زمین، ترکیب خطی متفاوتی از تولید کالای اول و دوم را دارا خواهد بود. به این معنی که در دو کشور هر دو کالا تولید می‌شود، ولی تعدادی که تولید می‌شود با یکدیگر متفاوت است. در این حالت کمیابی‌ها با هم برابر می‌شوند. ولی حالت غیرنرمال در این رویکرد زمانی رخ می‌دهد که کشوری از یکی از منابع بسیار و از دیگری کم داشته باشد؛ مثلاً آب فراوان و زمین اندک یا بالعکس. در این حالت قاعده برابری‌های نسبیِ کمیابی نقض می‌شود.

با در نظر گرفتن عوامل آب و زمین به عنوان عوامل تولید در تولیدات کشاورزی، صحت و سقم پیش‌بینی مدل HO را در مورد تجارت آب‌مجازی بررسی می‌کنیم. نسبت برخورداری از آب و زمین را می‌توان در شکل (۹) به تصویر کشید.

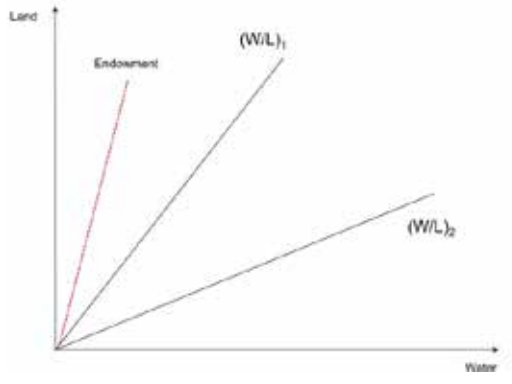


شکل ۹- رابطه‌ی برخورداری از نهاده‌های آب و زمین

با بررسی داده‌های زمین قابل کشت و منابع آب می‌توان کشورها را در سه دسته طبقه‌بندی نمود. دسته‌ی اول (شکل ۹) که بخش اعظم کشورها را در خود جای داده کشورهایی با برخورداری از نسبتی متوازن از آب و زمین‌اند. دو دسته‌ی دیگر کشورهایی هستند که به نسبت یا زمین زیاد و آب بسیار کم (شکل ۱۰) و یا آب بسیار زیاد و زمین کم (شکل ۱۱) دارند. بنابراین دو دسته‌ی اخیر را می‌توان ناقض پیش‌بینی مدل HO در مورد تأثیر تجارت آب مجازی بر برابرشدن کمیابی نسبی عوامل یعنی آب و زمین دانست.



شکل ۱۰- کشور خارج از مخروط با آب فراوان و زمین کم مانند ژاپن



شکل ۱۱- کشور خارج از مخروط با آب کم و زمین فراوان مانند استرالیا

مشاهده‌ی دیگر خلاف پیش‌بینی مدل HO این است که برخی کشورهای کم‌آب صادرکننده و برخی کشورهای پرآب واردکننده‌ی آب مجازی‌اند. کشورهای کم‌آب نظیر چاد، سوریه و ایران، کشورهای صادرکننده‌ی آب مجازی و کشورهای پرآب نظیر نروژ، ژاپن، کانادا و سوئیس واردکننده‌ی آب مجازی‌اند. سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی کشورها و تعامل آن با سایر بخش‌های اقتصاد دلیل عمده‌ی این مشاهده است.

کشورهای پرآب اشاره شده در بالا، با سهم بزرگ بخش صنعت و خدمات در مقابل بخش کشاورزی در این بخش‌ها به مزیّت دست‌یافته‌اند و سایر عوامل تولید (سرمایه، کار وغیره) خود به خود به این بخش‌ها جذب شده‌اند. در حالی‌که در سوریه آب با وجود کمبود یکی از معدود عوامل قابل عرضه و به کارگیری در تجارت است. بنابراین این کشور صادرکننده‌ی آب مجازی است.

سیاست‌گذاری منابع آب و تجارت آب مجازی

در این بخش به این سوالات پاسخ می‌دهیم که:
(۱) آیا آب مجازی به تنهایی می‌تواند به عنوان ابزاری سیاستی جهت مدیریت منابع آب قلمداد شود؟
(۲) آیا مفهوم آب مجازی حاوی اطلاعات مفیدی برای سیاست‌گذاری است؟
(۳) تأثیر سیاست‌های گذشته بر جریان تجارت آب مجازی چگونه است؟
(۴) سهم تجارت آب مجازی در مدیریت پایدار منابع آب چیست؟

۱- آب مجازی به عنوان ابزار سیاست‌گذاری

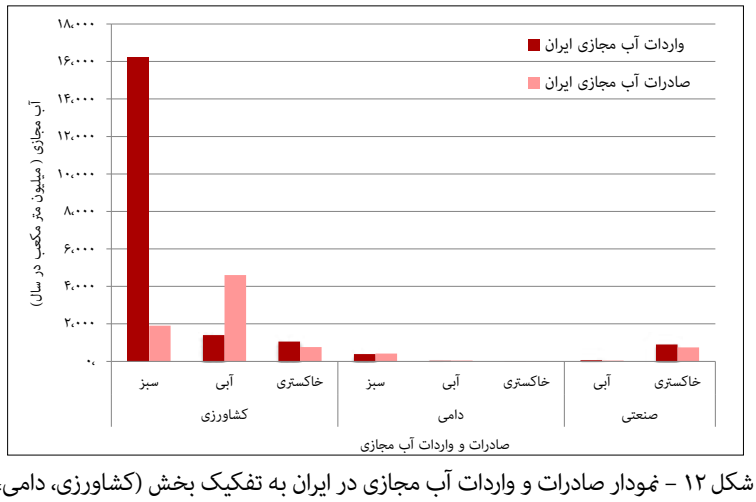
مفهوم آب مجازی هر چند به آگاهی مردم از تأثیر الگوی مصرف بر منابع آب کمک کرده است امّا نمی‌تواند به تنهایی راه‌حل سیاستی باشد؛ با این وجود باید به عنوان یک جزء اصلی در مجموعه‌ی ابزار مدیریت منابع آب در نظر گرفته شود (Antonelli و Sartori، ۲۰۱۵). استفاده از تجارت آب مجازی به عنوان تنها راه حل کمبود منابع آب موجب وابستگی بیش از حد به واردات محصولات کشاورزی و غذایی شده که این وابستگی به نوبه‌ی خود افزایش ریسک تجاری (نوسانات جهانی قیمت محصولات کشاورزی عمده نظیر غلات) و ریسک امنیتی را به دنبال دارد. Wichelns (۲۰۱۰) تأکید کرده است که ابزار سیاستی تجارت آب مجازی بایستی ابعادی از قبیل امنیت ملّی، حمایت از رشد اقتصادی، اشتغال‌زایی و کاهش فقر را نیز لحاظ کند (Wichelns، ۲۰۱۰). به عنوان مثال، لبنان با وجود این‌که می‌تواند بالقوه صادرکننده آب مجازی باشد، واردکننده آب مجازی است. سیاست‌گذاران این کشور با در نظر گرفتن عوامل دیگری نظیر امنیت ملی، امنیت غذایی، رشد اقتصادی و کیفیت زندگی شهروندان به عنوان عوامل تأثیرگذار، سیاست واردات آب مجازی را انتخاب کرده‌اند (El Fadel و Maroun، ۲۰۰۳).
تجارت آب مجازی به منظور سیاست‌گذاری هم در بعد بین‌المللی و هم در بعد داخلی قابل بررسی است. کشورهایی نظیر ایران، چاد و سوریه با وجود کم‌آبی مطلق و کشورهایی با منابع تحت تنش نظیر افغانستان، مالاوی، هند و تایلند (میزان دسترسی به منابع آب تجدید شونده زیر ۳۰۰۰ مترمکعب در سال به ازای هر نفر) صادرکننده آب مجازی‌اند؛ از طرفی کشورهای پرآبی مثل ژاپن، پرتغال و اندونزی با برخورداری از ۳۳۹۰، ۷۷۱۸ و ۱۳۷۰۸ مترمکعب در سال به ازای هر نفر واردکننده‌ی آب مجازی‌اند. بنابراین همان‌طور که پیش از این اشاره شد، پیش‌بینی مدل HO بر اساس فاکتور برخورداری از منابع آب صحیح نیست و عمده دلایل آن لحاظ نشدن فاکتورهای دسترسی به زمین زراعی، دانش، مزیت نسبی کشورها در بهره‌وری تولید محصولات، سیاست‌های حمایتی دولت‌ها، یارانه صادرات، تعرفه‌ی واردات و به طور کلی موانع تجارت است (Kumar و Singh، ۲۰۰۵).
در بعد داخلی کشورها نیز تجربه‌ی کشورهایی نظیر هند، چین و ایران نشان‌دهنده‌ی صادرات خالص آب مجازی از استان‌ها و مناطق کم‌آب و برخوردار از زمین به استان‌ها و مناطق پرآب است. در هند، Verma و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی امکان جایگزینی پروژه‌ی انتقال آب با تجارت آب مجازی، به این نتیجه رسیده‌اند که جریان آب مجازی وضعیت پایداری منابع آب را بدتر می‌کند و عوامل توضیح‌دهنده‌ی

آن را برخورداری از زمین (سرانه سطح زیرکشت منطقه) و دسترسی به بازار امن دانسته‌اند. دسترسی به بازارهای امن حاصل سیاست‌های غذایی و کشاورزی دولت در خرید تضمینی محصولات کشاورزی و اعطای یارانه به نهاده‌ها تعریف شده است.

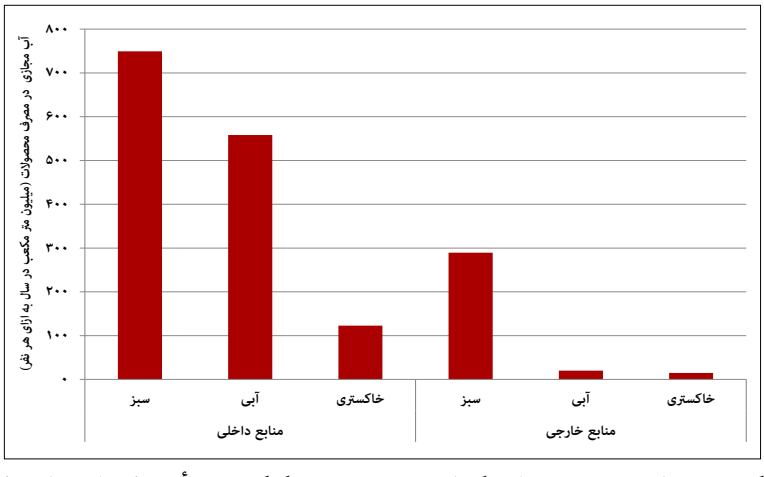
Zhuo و همکاران (۲۰۱۶) نیز در پژوهشی با بررسی تولید، مصرف و تجارت منطقه‌ای محصولات کشاورزی در چین به محاسبه‌ی ردپای آب مجازی پرداخته‌اند. چین رتبه‌ی اول ردپای آب مجازی مصرف محصولات کشاورزی و رتبه‌ی دوم ردپای آب مجازی در تولید محصولات کشاورزی در جهان را داراست. افزایش ۳۱ درصدی سطح زیرکشت این کشور در سال‌های مطالعه (۱۹۷۸-۲۰۰۸)، بیشتر (معادل ۷۷٪) در مناطق کم آب شمالی بوده است. این مناطق تنها از ۱۹٪ منابع آب آبی برخوردارند؛ لکن ۵۱٪ زمین قابل کشت را دارند. به دلیل متفاوت بودن ردپای تولید محصولات کشاورزی در مناطق با وجود تراز مثبت ردپای آب، چین در کل با تراز منفی ردپای آب آبی روبروست. میزان آب آبی از دست رفته حاصل از تجارت آب‌مجازی در سال ۱۹۷۸ معادل ۱۳ درصد ردپای آب آبی (۲۰ میلیارد متر مکعب) و در سال ۲۰۰۸ معادل ۶ درصد ردپای آب آبی (۹ میلیارد متر مکعب) بوده است. این کاهش عمدتاً به دلیل افزایش بهره‌وری استفاده از منابع آب آبی است. مشکلات کم آبی در مناطق شمالی منجر به برنامه‌ریزی دولت برای تخصیص ۶۰۰ میلیارد دلار به منظور بهبود زیرساخت‌های آب‌رسانی، ساخت منابع، لوله‌کشی، اجرای پروژه‌های انتقال آب بین حوزه‌های آب‌ریز و افزایش بهره‌وری آب بوده است. آنها پیش‌بینی کرده‌اند که برنامه‌ی دولت جهت انتقال آب از جنوب به شمال باعث افزایش کشاورزی با آب آبی (از طریق آبیاری) می‌شود و صادرات آب آبی را از مناطق کم‌آب شمال به جنوب بیش از پیش می‌کند؛ چرا که نتیجه‌ی این برنامه بیشتر از این که باعث کاهش فشار بر منابع آب در شمال شود، باعث رونق گرفتن کشاورزی و به تبع آن افزایش مصرف آب آبی می‌شود. پیشنهادات دیگری نظیر افزایش بهره‌وری محصولات (که در گذشته هم باعث کاهش ردپای آب محصولات کشاورزی شده است) با در نظر گرفتن موقعیت اکولوژیک و ویژگی‌های منطقه‌ای ارایه شده است. علاوه بر این تلاش جهت تغییر ترجیحات غذایی مردم از محصولات دامی و لبنی نیز پیشنهاد شده است. البته Kumar و Singh (۲۰۰۵) امکان افزایش بهره‌وری زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک را بیشتر دانسته‌اند که سیاست انتقال فیزیکی آب را تقویت می‌کند.

۲- آب مجازی و سیاست‌گذاری در ایران

در ایران نیز بخش کشاورزی بیش از ۹۰٪ مصرف منابع آب را به خود اختصاص داده و کمبود منابع آب چاره‌ای جز افزایش راندمان آن باقی نگذاشته است. میانگین راندمان آب در سطح ملی ۳۶٪ است و در برخی استان‌ها به ۱۵٪ نیز می‌رسد. برنامه‌های بهبود بهره‌وری آب در سطح گیاه و زمین به انجام رسیده است ولی این برنامه‌ها ناکافی بوده است؛ چرا که وضع در برخی مناطق بدتر شده است. نگاهی به وضعیت صادرات و واردات آب مجازی، اهمیت بخش کشاورزی را در مقایسه با سایر بخش‌ها روشن می‌کند. در شکل (۱۲) علاوه بر تفکیک بخش‌های کشاورزی، دامی و صنعتی، ردپای آب به تفکیک آب آبی، سبز و خاکستری گزارش شده است. در این شکل مشاهده می‌شود که نتیجه‌ی مبادلات ایران صادرات آب آبی با هزینه فرصت بالا و واردات آب سبز با هزینه‌ی فرصت اندک است؛ همان‌طور که در بخش‌های پیشین آمد الگوی مبادلات سایر کشورها نشان‌دهنده‌ی آن است که تمامی صادرات آب مجازی از منبع آب سبز است. شکل (۱۳) ضمن تأیید این نکته نشان‌دهنده‌ی مصرف حدود ۲۴ درصدی آب مجازی از طریق محصولات کشاورزی وارداتی است.



شکل ۱۲ – نمودار صادرات و واردات آب مجازی در ایران به تفکیک بخش (کشاورزی، دامی، صنعتی) و نوع آب (آبی، سبز، خاکستری) (Mekonnen و Hoekstra، ۲۰۱۱)



شکل ۱۳- ردپای مصرف محصولات کشاورزی در ایران به تفکیک محل تأمین (داخلی، خارجی) و تفکیک منبع آب (آبی، سبز، خاکستری) (Mekonnen و Hoekstra، ۲۰۱۱)

دولت ایران (وزارت نیرو) تاکنون عمدتاً سیاست‌های سرمایه‌گذاری در پروژه‌های آبی، بهره‌برداری از منابع آب جدید و بررسی تغییر الگوی کشت را دنبال کرده است؛ این سیاست‌ها در عمل به صورت ساخت سدها، پروژه‌های انتقال آب و ساخت شبکه‌های آبیاری اجرا شده است. Faramarzi و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی با حل مسأله برنامه‌ریزی خطی، سطح زیرکشت بهینه را با توجه به محدودیت‌های آب و تقاضای محصولات کشاورزی (گندم، جو، ذرت و برنج) در استان‌های مختلف ایران محاسبه نموده‌اند. در سناریوهای ۵ گانه‌ی این پژوهش، در صورت تغییر الگوی کشت، استان‌های پرآب می‌توانند به استان‌های کم‌آب گندم صادر کنند و از ۳۱٪ تا ۱۰۰٪ کمبود گندم این استان‌ها را تأمین کنند. این مقدار معادل ۳/۵ میلیارد متر مکعب تا ۵/۵ میلیارد متر مکعب آب مجازی است. سناریوهای مورد بررسی شامل؛ (۱) ادامه‌ی وضعیت موجود (۲) استفاده ۱۰ استان پرآب تا مرز ۷۰٪ منابع آب تجدیدپذیر (۳) عدم وجود محدودیت استفاده از منابع آب (۴) عدم تولید غلّات در ۷ استان کم‌آب کشور (۵) افزایش راندمان آب از ۳۶٪ به ۷۰٪ است. در سناریوهای ۱ و ۲ به ترتیب فاصله از مرز خودکفایی ۱۰٪ و ۸٪ خواهد بود. در سناریو ۳ در سال‌های پرآب کمی بیشتر و در سال‌های کم‌آب کمی کمتر از خودکفایی تولید خواهد شد. باید توجه داشت که سناریو ۳ پایداری منابع آب را در نظر نمی‌گیرد و نمی‌تواند در بلندمدت دوام بیاورد. تولید در سناریو ۴ نیز ۴۰٪ کمتر از حد خود کفایی خواهد بود. نتایج سناریو ۵ نیز نشان‌دهنده‌ی حل مسأله کمبود آب به شرط تغییر الگوی کشت است.

ایران تا دهه‌ی ۱۹۶۰ از لحاظ غذایی خودکفا بوده است؛ لکن با شروع واردات محصولات غذایی در خلال دهه‌ی ۷۰ میلادی روند وابستگی به واردات آغاز شده است. در سال ۱۹۷۹ با اتخاذ سیاست خودکفایی سیاست‌های اقتصادی مشوّق کشاورزی شامل: اعطای یارانه، معافیت‌های مالیاتی و اعطای وام‌های کم‌بهره را در پیش‌گرفت؛ با این وجود تنها در سال ۲۰۰۴ خودکفایی گندم به وقوع پیوست. این سیاست موجب رونق کشاورزی شده و افزایش فشار بر منابع سطحی و زیرزمینی آب را به دنبال داشته است. این روند با تغییر اقلیم و الگوی بارش و افزایش جمعیت بیش از پیش پایداری منابع آب را تهدید می‌کند. سیاست‌گذاری پایدار منابع آب عموماً با سیاست خودکفایی غذایی در تعارض است. کشورهای زیادی به دلیل نگرانی از مواجهه با کمبود آب در بخش‌های دیگر از سیاست‌های خودکفایی غذایی دست کشیده‌اند (Kajenthira Grindle و همکاران، ۲۰۱۵؛ Kumar و Singh، ۲۰۰۵). بنابراین هماهنگی سیاست‌های امنیت‌غذایی و پایداری منابع آب و سیاست‌گذاری براساس چارچوبی که بتواند جوانب فوق را در نظر بگیرد ضرورت دارد. Gupta و van der Zaag (۲۰۰۸) معیار انتخاب سیاست بهینه مدیریت منابع آب را برخورداری از ۵ ویژگی زیر پیشنهاد کرده‌اند: (۱) محاسبه تراز آب واقعی و اسمی در مناطق (۲) ایجاد حکمرانی خوب آب (۳) حفاظت از حقوق مالکیت آب (۴) در نظر گرفتن پشتوانه علمی (هیدرولوژی، اکولوژی و اجتماعی-اقتصادی) (۵) تضمین پایداری. با توجه به پیشینه تحقیق و تجربه‌ی کشورها در تأمین امنیت غذایی در کنار حفظ پایداری منابع آب ۶ دسته سیاست زیر را می‌توان برشمرد:

۱- تغییر الگوی کشت با توجه به موقعیت هیدرولوژیک و اکولوژیک مناطق

۲- سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (کشت فراسرزمینی)

۳- تجارت آب مجازی

۴-افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی (علی‌الخصوص آب آبی)

۵- انتقال فیزیکی آب درون و بیرون از کشور

۶- مدیریت مصرف (تغییر الگوی غذایی)

از این میان دو سیاست افزایش بهره‌وری آب و تغییرالگوی کشت به عنوان اهداف راهبردی و بلندمدت باید همواره مدّنظر

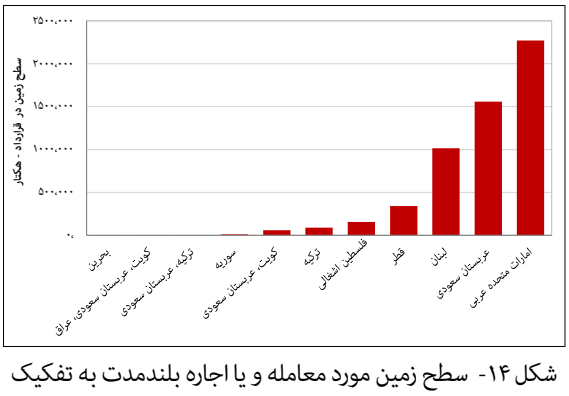
سیاست‌گذاران قرار گیرد. سه سیاست دیگر می‌توانند به عنوان راه‌کاری کوتاه مدت به صورت موازی همراه با سیاست‌های راهبردی دنبال شوند. علی‌الخصوص تجارت آب می‌تواند تنها به عنوان ابزاری کوتاه مدت مورد استفاده قرار گیرد، چرا که ممکن است تصمیمات مهم تغییر سیستم‌های سیاسی، اقتصادی و اکولوژیکی را به تأخیر بیاندازد (Antonelli و Sartori، ۲۰۱۵). هر یک از سیاست‌های ذکر شده نقاط مثبت و منفی دارند که در جدول (۳) اشاره می‌شود.

جدول ۳- مقایسه‌ی اجمالی سیاست‌های مدیریت منابع آب

ردیف	سیاست	مطالعات انجام شده	هزینه	فایده
۱	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (کشت فراسرزمینی)	Kajenthira Grindle و همکاران (۲۰۱۵)	ریسک سیاسی تعهد بلندمدت تهدید اشتغال در بخش کشاورزی	کاهش فشار اکولوژیک و پایداری منابع بازتوزیع منابع آب
۲	تجارت آب مجازی	Larson، ۲۰۱۳؛ Vanham، ۲۰۱۳؛ Wichelns، ۲۰۱۰؛ El Fadel و Maroun، ۲۰۰۳؛ Antonelli و Sartori، ۲۰۱۵؛ Kumar و Singh، ۲۰۰۵؛ Mubako و همکاران، ۲۰۱۳؛ Verma و همکاران، ۲۰۰۹	ریسک تجاری ریسک سیاسی تهدید اشتغال در بخش کشاورزی	کاهش فشار اکولوژیک و پایداری منابع بازتوزیع منابع آب
۳	انتقال فیزیکی آب	Zhuo و همکاران، ۲۰۱۶؛ Verma و همکاران، ۲۰۰۹	هزینه‌های اکولوژیک سرمایه‌گذاری در پروژه‌های آب منازعات منطقه‌ای (داخلی، خارجی)	اشتغال‌زایی در مناطق مقصد بازتوریع منابع آب
۴	مدیریت مصرف	Renault و Wallender، ۲۰۰۰؛ Gephart و همکاران، ۲۰۱۶؛ Donati و همکاران، ۲۰۱۶؛ Mekonnen و Hoekstra، ۲۰۱۱؛ Goodland، ۱۹۹۷؛ Hess، ۲۰۱۵	-	کاهش فشار اکولوژیک و پایداری منابع

- کشت فراسرزمینی

یکی از سیاست‌های تأمین توأم اهداف پایداری منابع آب و امنیت غذایی، کشت فراسرزمینی است. در این نوع از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، کشور سرمایه‌گذار با خرید و یا اجاره بلندمدت زمین (۲۵ تا ۴۰ سال) عمدتاً با قصد کشاورزی و بهره‌برداری از امتیازات منابع طبیعی کشور سرمایه‌پذیر (نظیر منابع آب، خاک حاصل‌خیز و آب‌وهوای مناسب و بهره‌وری تولید) سرمایه‌گذاری می‌کند. تفاوت قیمت تمام‌شده محصول (با احتساب هزینه‌ی حمل) بین دو کشور و همچنین وضعیت ثبات سیاسی در کشور سرمایه‌پذیر از معیارهای کلیدی تصمیم‌گیری در این نوع سرمایه‌گذاری است. ریسک سیاسی ناشی از وضعیت ثبات داخلی کشورهای سرمایه‌پذیر و همچنین چگونگی روابط بین دو کشور بر امنیت غذایی کشور سرمایه‌گذار تأثیرگذار است. ۵ کشور آمریکا، مالزی، سنگاپور، انگلستان و امارات متحده‌ی عربی رتبه‌های اول تا پنجم سرمایه‌گذاری و ۵ کشور پاپوآ نو، روسیه، اندونزی، جمهوری دموکراتیک کنگو و برزیل نیز رتبه‌های اول تا پنجم سرمایه‌پذیری را دارند. متأسفانه آمارهای متناقض از میزان سطح زیرکشت فراسرزمینی ایران گزارش شده است؛ با این وجود در منبع مورد استفاده در این مقاله تنها کشت فراسرزمینی ایران در کشور اتیوپی با سطح ۲۰۰۰ هکتار است(LAND MATRIX، ۲۰۱۶). آمارهای کشت فراسرزمینی که عموماً با قصد کشاورزی و سوخت زیستی توسط کشورهای سرمایه‌گذار در منطقه‌ی خاورمیانه انجام شده است در شکل (۱۴) آمده است.



شکل ۱۴- سطح زمین مورد معامله و یا اجاره بلندمدت به تفکیک کشورهای سرمایه‌گذار خاورمیانه (هکتار) (LAND MATRIX، ۲۰۱۶)

از نگاه اقتصادی این سرمایه‌گذاری به‌مثابه جابه‌جایی نهاده‌های زمین و آب است. بررسی عایدی کارایی این تجارت و همچنین آب صرفه‌جویی شده حاصل از آن می‌تواند موضوع پژوهشی دیگری باشد.

- مدیریت مصرف

تأثیر کاهش مصرف آب از طریق تغییر الگوی مصرف (علی الخصوص الگوی غذایی) در تحقیقات متعدّدی مطرح شده است (Renault و Wallender، ۲۰۰۰؛ Goodland، ۱۹۹۷؛ Hess و همکاران، ۲۰۱۵). در این تحقیقات عموماً مناطق مختلف حسب ترجیحات غذایی تفکیک شده و الگوهای مختلف غذایی با کاستن از گوشت و محصولات غذایی دامی پیشنهاد می‌شود. نهایتاً برای هر منطقه و الگوی غذایی، ردپای آب مجازی و آب ذخیره شده از تغییر الگوی غذایی محاسبه می‌شود. ون‌هام و همکاران کاهش ۴۱ درصدی ردپای آب در صورت تغییر الگوی غذایی مردم منطقه‌ی جنوب اروپا از وضعیت کنونی به سبزی‌خواری را محاسبه کرده‌اند (Hess و همکاران، ۲۰۱۵). در دسته تحقیقاتی دیگر مسأله برنامه‌ریزی خطی برای کمینه نمودن تبعات زیست‌محیطی (آب، زمین، نیتروژن و کربن) با محدودیت‌های نیازهای غذایی و بودجه‌ای حل شده است؛ نتایج آن‌ها کاستن از محصولات گوشتی و دامی را پیشنهاد می‌کند (Gephart و همکاران، ۲۰۱۶؛ Donati و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین Goodland (۱۹۹۷) با تأکید بر تأثیرات زیست‌محیطی مصرف محصولات گوشتی و دامی، نظامی برای مالیات‌بندی بر محصولات غذایی متناسب با ردپای آبِ آن‌ها پیشنهاد می‌کند. او همچنین برای محصولاتی نظیر تنباکو و اقلامی که به قصد تبدیل به الکل خوراکی کشت می‌شوند نیز مالیات بالا توصیه می‌کند.

با این وجود، همان‌طور که در بخش‌های پیشین اشاره شد، رعایت نکات زیر در مورد اطلاع‌رسانی آب ذخیره شده حاصل از نخوردن اقلام غذایی باید مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد:

۱- تفکیک مفاهیم ردپای آب محصولات و میزان آب صرفه‌جویی شده در صورت تغییر مصرف

۲- تفکیک محصولات بر اساس مکان تولید و مصرف و میزان آب صرفه‌جویی شده در محل مصرف (قیمت سایه)

۳- تفکیک محصولات بر اساس منبع آب تولیدی (آب سبز یا آب آبی)

۴- اطلاع‌رسانی میزان آب صرفه‌جویی بر اساس آخرین واحد تولید شده.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد مطالعات آتی

در این مطالعه به بررسی تأثیر تجارت آب مجازی بر چگونگی توزیع آب در جهان در قالب مدل تجارت بین‌الملل HO پرداختیم. مشاهدات جهانی نشان می‌دهد که این تجارت نه‌تنها لزوماً موجب بهبود منابع آب در برخی کشورهای کم‌آب نشده بلکه در مواردی فشار بیشتری بر منابع آن‌ها تحمیل کرده است. این عمدتاً به دلایل (۱) نامتوزان بودن عوامل تولید در بخش کشاورزی، (۲) قیمت‌گذاری نادرست آب، (۳) سیاست‌های دولت و (۴) موانع تجارت است. در قدم بعدی رابطه‌ی تجارت آب مجازی و سیاست‌گذاری مدیریت منابع آب در جهان با نگاهی ویژه به ایران بررسی شد و نقش سیاست‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت مدیریت منابع آب با یکدیگر مقایسه گردید.

پیشنهادات زیر می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی باشد:

(۱) بررسی کشت فراسرزمینی از نگاه اقتصاد بین‌الملل،

(۲) تحلیل حساسیّت کاهش یارانه‌های کشاورزی بر اشتغال، ارزش افزوده و ردپای آب این بخش،

(۳) محاسبه‌ی ردپای آب در انواع محصولات غذایی و قیمت سایه آن طبق نکات توصیه شده در مطالعه‌ی حاضر،

(۴) بررسی تأثیر سناریوهای الگوی غذایی بر ردپای آب مجازی در ایران

پی‌نوشت

1- Virtual Water

2- Heckscher-Ohlin

3- Tony Allan

4- Ex-Ante

5- Ex-Post

6- Positive

7- Normative

8- Shadow Value

9- Marginal

۱۰- آب سبز رطوبت خاک است که تنها می‌توان از آن جهت کشاورزی استفاده کرد و هزینه‌ی فرصت آن در مقابل آب‌آبی (آب روان شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی) ناچیز است (Kajenthira Grindle و همکاران، ۲۰۱۵).

11- Ricardian Model

منابع

Antonelli M. and Sartori M. 2015. Unfolding the potential of the virtual water concept. What is still under debate?. Environmental Science & Policy, 50: 240–251.

Debaere P. 2014. The Global Economics of Water: Is Water a Source of Comparative Advantage?. American Economic Journal: Applied Economics, 6(2):32-48

Donati M., Menozzi D., Zighetti C., Rosi A., Zinetti A. and Scazzina F. 2016. Towards a sustainable diet com-

2013. Building EORA: a global multi-region input–output database at high country and sector resolution. Econ. Syst. Res. 25: 20–49.

Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. 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 Netherlands.

Mubako S., Lahiri S. and Lant C. 2013. Input–output analysis of virtual water transfers: Case study of California and Illinois. Ecological Economics, 93: 230–238.

Renault D. and Wallender W.W. 2000. Nutritional water productivity and diets. Agricultural Water Management, 45(3): 275–296.

Vanham D. 2013. An assessment of the virtual water balance for agricultural products in EU river basins. Water Resources and Industry, 1-2: 49–59.

Verma S., Kampman D.A., van der Zaag P. and Hoekstra A.Y. 2009. Going against the flow: A critical analysis of inter-state virtual water trade in the context of India's national river linking program. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 34(4-5): 261–269.

Wichelns D. 2010. Virtual water: A helpful perspective, but not a sufficient policy criterion. Water Resources Management, 24(10): 2203–2219.

Yang, H., and Zehnder A. 2007. "Virtual water": An unfolding concept in integrated water resources management, Water Resour. Res., 43, W12301,

Yang, H., Zehnder, A.J.B., 2008. Globalization of Water Resources through Virtual Water Trade. Proceedings of the Sixth Biennial Rosenberg International Forum on Water Policy, Zaragoza, Spain.

Zhuo L., Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. 2016. The effect of inter-annual variability of consumption, production, trade and climate on crop-related green and blue water footprints and inter-regional virtual water trade: A study for china (1978–2008). Water Research, 94: 73–85.

Zimmer, D. and Renault, D. 2003 Virtual Water in Food production and Trade at global scale: review of methodological issues and preliminary results. Proceedings Expert meeting on Virtual Water, Delft.

bining economic, environmental and nutritional objectives. Appetite, Nov 1; 106: 48-57.

El Fadel M. and Maroun R. 2003. The concept of 'virtual water' and its applicability in Lebanon. In: Hoekstra AY(ed) Virtual water trade. Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. Research report series no. 12. IHE, Delft, The Netherlands.

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. Hydrology and Earth System Sciences, 14(8): 1417–1433.

Gephart J.A., Davis K.F., Emery K.A., Leach A.M., Galloway J.N. and Pace M.L. 2016. The environmental cost of subsistence: Optimizing diets to minimize footprints. Science of The Total Environment, 553: 120–127.

Goodland R. 1997. Environmental sustainability in agriculture: Diet matters. Ecological Economics, 23(3): 189–200.

Gupta J. and van der Zaag P. 2008. Interbasin water transfers and integrated water resources management: Where engineering, science and politics interlock. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 33(1-2): 28–40.

Hess T., Andersson U., Mena C. and Williams A. 2015. The impact of healthier dietary scenarios on the global blue water scarcity footprint of food consumption in the UK. Food Policy, 50: 1–10.

Kajenthira Grindle A., Siddiqi A. and Anadon L.D. 2015. Food security amidst water scarcity: Insights on sustainable food production from Saudi Arabia. Sustainable Production and Consumption, 2: 67–78.

Kumar M.D. and Singh O.P. 2005. Virtual water in global food and water policy making: Is there a need for rethinking?. Water Resources Management, 19(6): 759–789.

LAND MATRIX. http://www.landmatrix.org/en/. Accessed: Jul. 14, 2016.

Larson D.F. 2013. Introducing water to an analysis of alternative food security policies in the middle east and north Africa. Aquatic Procedia, 1: 30–43.

Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K. and Geschke, A.