تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال ششم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹
Volume 6, No. 1, Spring 2010 (IR-WRR)
۲۸-۳۸

کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آب ایران

علی اکبر باغستانی[۱*]، حسین مهرابی بشرآبادی[۲]، محمدرضا زارع مهرجردی[۳] و حبیبه شرافتمند[۴]

چکیده

ایران به دلیل واقع شدن در اقلیم خشک و نیمه خشک و همچنین با رشد روزافزون مصارف آب، در سالهای آتی با خطر بروز بحران آب مواجه می‌باشد. لذا برای مقابله با آن می‌بایست نسبت به انواع مصرف آب با حساسیت بیشتری برخورد شود. از جمله این مصارف، آب مجازی است. آبی که در فرآیند تولید کالاها به کار می‌رود، آب مجازی نامیده می‌شود که بخشی از آن نیز در محصول نگه داشته شده است. وقتی کالاها به بازارهای جهانی وارد می‌شوند، تجارت آب مجازی اتفاق می‌افتد. انتظار می‌رود که تجارت آب مجازی، مصرف آب را در سطح ملی و بین‌المللی به دلیل استفاده کاراتر و تخصصی‌تر از آب، کاهش دهد. امروزه مفهوم آب مجازی یکی از موضوعات مهم در مدیریت منابع آب به شمار می‌رود. در این مطالعه وضعیت سازگاری مفهوم آب مجازی در ایران بررسی شده است. به این منظور روشی برای کمی سازی و ارزیابی آب نهفته در صادرات و واردات محصولات کشاورزی طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۵ در ایران ارائه شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که طی سال‌های مورد بررسی، در ایران تراز تجارت آب مجازی، منفی و ایران به واردکننده آب مجازی تبدیل گردیده است.

کلمات کلیدی: آب مجازی، قابلیت سازگاری، محصولات کشاورزی، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۶ آبان ۱۳۸۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۳۰ آبان ۱۳۸۸

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۲- دانشیار بخش اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۳- استادیار بخش اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۴- کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی. دانشگاه زابل.
*- نویسنده مسئول

Application of the Concept of Virtual Water in Water Resources Management of Iran

A. A. Baghestany[1], H. Mehrabi Boshrabadi[2], M.R. Zare Mehrjerdi[3] and H. Sherafatmand[4]*

Abstract

The water crisis has become a serious issue in Iran in recent years due to the arid and semi arid nature of the country. The water issued in the production processes is called "Virtual Water", some of it remaines in the product. When these products enter the international markets, virtual water trade happens. Virtual water trade is expected to decrease water use in national and international levels due to the efficient and specialized use of water. Nowadays, the concept of virtual water is an important issue in water resource management. In this study, a method is introduced for quantification and evaluation of water hidden in the agricultural products exported from and imported to Iran during the period of 1996 to 2006. Results indicate that the imported virtual water was more than the exported portion and Iran can be called an importer of virtual water for the study period.

Keywords: Virtual Water, Adaptive Capabilities, Agricultural Products, Iran.

1- M.Sc Student in Agricultural Economics.Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman. Iran. Email: a.baghestany@Gmail.com
2- Associate Professor of Agricultural Economics. Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman. Iran. Email: hmehrabi2000@gmail.com and hmehrabi@mail.uk.ac.ir
3- Assistant Professor in Agricultural Economics. Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman. Iran.
4- M.Sc in Agriculture Economics. Zabol University. Sistan and Baluchistan. Iran.. Email: sherafatmandm@Gmail.com
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

در سرتاسر جهان منابع آب شیرین طی دهه گذشته، به دلیل افزایش جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی و در نتیجه آن‌ها افزایش در تخصیص آب، کمیاب‌تر شده‌اند (Postel et al., 1996). ایران به عنوان کشوری با آب و هوای خشک و نیمه خشک بیش از ۹۴٪ منابع آب خود را در بخش کشاورزی به کار می‌گیرد. این سهم، بخش کشاورزی را به عنوان مصرف کننده عمده آب مطرح می‌سازد. آب مجازی به عنوان حجم آب مورد نیاز برای تولید کالا یا خدمت تعریف می‌شود (Allen, 1998). وقتی کالای تولید شده به بازار جهانی عرضه می‌شود تجارت آب مجازی روی داده است. با افزایش کمیابی آب در ایران مفهوم آب مجازی به یک موضوع مهم در مطالعات مدیریت منابع آب تبدیل شده است. این مطالعه، همگام با مطالعات جهانی در باره مفهوم آب مجازی (Hoekstra & Hung, 2005; Zimmer & Renault, 2003; Oki & Kanae, 2004; Chapagain & Hoekstra, 2003; De Fraiture et al., 2004) سعی دارد جریان آب مجازی محصولات کشاورزی ایران را کمی نماید. این مطالعه بر کالاهای کشاورزی متمرکز شده است چون این کالاها بخش عمده‌ای از مصرف آب جهانی را به خود اختصاص داده‌اند (Postel et al., 1996). امروزه مفهوم آب مجازی به موضوعی چند بعدی تبدیل شده است. مدارک بسیاری وجود دارد که استفاده و تغییر سیستم‌های آب، جدا از استفاده زمین (Foley et al., 2005) برنامه‌ریزی جزئی (Mitchell, 2005) مدیریت خاک (Syvitski et al., 2005) تغییرات آب و هوایی (Arnell, 1999) توسعه جمعیتی (Vörösmarty et al., 2000) تولید و مصرف اقتصادی (Duarte et al., 2002) سلامت عمومی (WHO,2005) مدیریت زیست محیطی (Postel et al., 1996) سیاست‌های تجاری (Allen, 2001) تعاونی‌های توسعه (World Bank, 2004) و امنیت ملی (OECD, 2003; WMO et al., 2006) درک نخواهد شد. واردات آب مجازی به عنوان ابزاری، برای کاهش فشار بر منابع داخلی آب می‌باشد، که می‌تواند برای کشورهای کم آب جذاب باشد (Zehnder et al., 2003).

۲- پیشینه تحقیق

از جمله مطالعات نسبتاً جامع در خصوص مبحث آب مجازی می‌توان به مطالعه (Hoekstra & Hung, 2002)، اشاره کرد. این مطالعه به کمی کردن جریان تجارت آب مجازی بین ملت‌ها با توجه به تجارت بین‌المللی محصولات زراعی طی سال‌های ۹۹-۱۹۹۵ پرداخته است. محاسبات صورت گرفته نشان داده‌اند که ۱۳٪ از آب مصرفی برای تولید محصولات در جهان، برای مصرف داخلی به کار نمی‌روند بلکه (به شکل مجازی) صادر می‌شود. این یک درصد جهانی است و بایستی اشاره کرد که شرایط به طور قوی در میان کشورها متنوع است. همچنین نتایج به دست آمده نشان داده است که طی سال‌های ۹۹-۱۹۹۵، کشورهای آمریکا، کانادا، تایلند، آرژانتین و هند بیشترین صادرات آب مجازی، و در همان دوره کشورهای سریلانکا، ژاپن، هلند، جمهوری کره و چین بیشترین واردات آب مجازی را داشته‌اند. Zimmer and Renault (2003)، تجارت آب مجازی میان ملت‌ها را در سال ۲۰۰۰، ۱۳۴۰×۱۰^{۹} متر مکعب تخمین زده‌اند که ۶۰٪ آن مربوط به تجارت نباتات، ۱۴٪ آن مربوط به تجارت ماهی و غذاهای دریائی، ۱۳٪ آن مربوط به تجارت دام و ۱۳٪ مرتبط با تجارت گوشت بوده است. Oki and Kanae (2004)، به بررسی تجارت آب مجازی و منابع آب جهانی پرداخته‌اند. در این مطالعه، تجارت جهانی آب مجازی کمی‌سازی، تخمین و ارزیابی شده است. چگونگی تخمین واحد آب مورد نیاز برای تولید هر کالا و ارزش محصولات کشاورزی عمده معرفی شده است. نتایج نشان داده‌اند که تجارت سبب ذخیره ۴۵۰ میلیارد مترمکعبی آب به صورت مجازی شده است. در این مطالعه آمده است که به هر حال آب مجازی به تنهایی برای تصمیم‌گیری‌ها به کار نمی‌رود، زیرا که تجارت آب مجازی، محدودیت سایر عوامل به جز آب را در نظر نمی‌گیرد. Chapagain and Hoekstra (2003)، به کمی‌سازی جریان تجارت آب مجازی جهانی با توجه به تجارت دام و تولیدات دامی پرداخته‌اند. این مطالعه ضمن اشاره به این که تا آن زمان هیچ روش شفافی برای ارزیابی حجم آب مجازی برای انواع متنوع دام و تولیدات دامی وجود نداشته، روشی را به این منظور پیشنهاد کرده است. این مطالعه نیز دوره زمانی ۹۹-۱۹۹۵ را پوشش داده است. حجم تجارت آب مجازی بطور متوسط $۹۴۰\ GM^3$ در هر سال به دست آمده است که $۶۹۵\ Gm^3\ year^{-1}$ سهم تجارت محصولات زراعی و $۲۴۵\ Gm^3\ year^{-1}$ سهم تجارت دام و تولیدات دامی بوده‌اند. پس از بررسی برخی مطالعات انجام گرفته در مراجع بین‌المللی در این قسمت به منظور ارائه تصویری شفاف‌تر از وضعیت تجارت آب مجازی به برخی مطالعات انجام گرفته در خارج در مورد تجارت آب مجازی در ایران اشاره می‌شود. Hoekstra and Hung (2002)، در مطالعه‌ای به بررسی جریان بین‌المللی تجارت آب مجازی با توجه به تجارت محصولات گیاهی پرداخته‌اند. در این مطالعه آمده است که با توجه به تجارت جهانی گیاهان، ایران طی سال‌های ۱۹۹۹- ۱۹۹۵ به طور متوسط $۲۹/۱\ Gm^3\ Year^{-1}$، واردات آب مجازی داشته است و نوزدهمین کشور واردکننده آب مجازی در دنیا بوده است. براساس این مطالعه، صادرات آب مجازی $۸۰۳/۴\times۱۰^{۶}\ M^3\ Year^{-1}$، واردات

آب مجازی $M^3\ Year^{-1}$ ۶۶۲۳/۱×۱۰^۶، خالص واردات آب مجازی $M^3\ Year^{-1}$ ۵۸۱۹/۷×۱۰^۶، کمیابی آب ۷۲/۹٪، عرضه بهینه آب ۹۳/۶٪، وابستگی آب ۶/۴٪ بوده است. Chapagain and Hoekstra (2003)، در مطالعه‌ای با توجه به جمعیت ۶۷ میلیون نفر کشور ایران، آمده است که کل آب استخراج شده این کشور $M^3\ Year^{-1}$ ۷۲/۶×۱۰^۹ $M^3\ Year^{-1}$، آب در دسترس $M^3\ Year^{-}$ ۱۳۷/۵×۱۰$^{۹\ 1}$، خالص واردات آب مجازی با توجه به گیاهان زراعی $M^3\ Year^{-1}$ ۵/۸×۱۰^۹ $M^3\ Year^{-1}$ و با توجه به تولیدات دامی و دام ۱/۰۲، حجم آب مصرفی سرانه ۱۱۸۸ مترمکعب در سال، شاخص کمیابی آب ۵۲/۸٪، شاخص عرضه بهینه آب ۹۱٪ و شاخص وابستگی آب ۹٪ بوده است. رامیرز والجو و راجرز (۲۰۰۴)، به جریان تجارت آب مجازی و آزادسازی تجارت پرداخته‌اند. در این مطالعه آمده است که خالص واردات آب مجازی برای محصولات کشاورزی ایران برابر $M^3\ Year^{-1}$ ۲۰/۹۵×۱۰^۹ بوده، که در کنار کشورهای ژاپن، مکزیک، روسیه، کره، مصر، ششمین کشور واردکننده آب مجازی در سال مورد بررسی بوده است.

۳- روش تحقیق

در این قسمت مراحل مختلف محاسبه جریان تجارت آب مجازی آورده می‌شود. اولین مرحله محاسبه تقاضای ویژه آب برای هر نوع محصول زراعی است، که در زیر آورده می‌شود.

۳-۱- محاسبه تقاضای آب ویژه برای هر نوع محصول زراعی

برای هر محصول، متوسط تقاضای آب ویژه بطور جداگانه برای کشور بر اساس نیاز آبی گیاه و عملکرد محصول:

$$SWD_C = \frac{CWR_C}{CY_C} \qquad (۱)$$

که در آن SWD نمایانگر تقاضای ویژه آب ($m^3\ ton^{-1}$) برای گیاه C، CWR نیاز آبی گیاه ($m^3\ ha^{-1}$) و CY عملکرد گیاه ($\frac{ton}{ha}$). نیاز آبی گیاه (CWR) (بر حسب $m^3\ ha^{-1}$) با استفاده از تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) بر حسب ($mm\ day^{-1}$) در طی دوره رشد کامل گیاه محاسبه شده است. تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) از حاصلضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (مرجع) (ET_0) در ضریب گیاهی K_c بدست می‌آید:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \qquad (۲)$$

مفهوم تبخیر و تعرق گیاه مرجع به وسیله فائو برای مطالعه تقاضای تبخیر شده در جو، مستقل از نوع گیاه، فعالیت‌های مدیریت و توسعه گیاه معرفی شده است. تنها عواملی که ET_0 را تحت تاثیر قرار می‌دهد، پارامترهای جوی است. تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) به شکل نرخ تبخیر و تعرق گیاه فرضی با ارتفاع فرض شده ۱۲Cm، مقاومت سطح گیاه ثابت شده ۶۰ $\frac{s}{m}$ و توان بازتابش[۱] ۰/۲۳ تعریف شده است. تبخیر و تعرق گیاه مرجع بسیار نزدیک به تبخیر و تعرق از سطح گسترده چمن سبز که ارتفاع یکسان داشته و بطور فعال در حال رشد است، به طور کامل زمین را پوشانده و با آب کافی است، می‌باشد (علیزاده و کمالی،۱۳۸۶). تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر مبنای معادله پنمن- مانیت فائو[۲] محاسبه شده است (Allen et al., 1994a, 1994b; Allen et al., 1998).

(۳)

$$ET_0 = \frac{0/408\,\Delta(R_n - G) + \gamma\, 900/(T+273)U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0/34U_2)}$$

که در آن ET_0 ، تبخیر و تعرق گیاه مرجع ($mm\ day^{-1}$) ، R_n تابش خالص بر سطح گیاه ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)، G جریان گرمای خاک ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)، متوسط دمای هوا (^0C) ، U_2 سرعت باد اندازه گیری شده در ارتفاع ۲ متر ($m\ s^{-1}$)، e_a فشار بخار اشباع(KPa)، e_d فشار بخار بالقوه (KPa)، e_a-e_d کسری فشار بخار (KPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($KPa\ ^0c^{-1}$) و γ ثابت پیزومتریک ($KPa\ ^0c^{-1}$) است. ضریب گیاهی برای سایبان گیاه بالفعل و مقاومت آئرو دینامیکی در مقایسه با گیاه مرجع فرضی محاسبه شده است. ضریب گیاهی به عنوان کل تفاوت فیزیکی وفیزیولوژیکی میان هر گیاه و گیاه مرجع ارائه شده است.

۳-۲- محاسبه جریان آب مجازی و تراز آب مجازی ملی[۳]

جریان آب مجازی میان ایران و سایر کشورها با استفاده از حاصل ضرب جریان تجارت بین الملل محصولات با توجه به محتویات آب مجازی محاسبه شده است. مرحله بعدی وابسته به تقاضای ویژه آب محصول در کشور صادر کننده (ایران) جایی که محصول تولید شده می‌باشد. بنابراین تجارت آب مجازی به وسیله رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$VWT_{(ne,ni,c,t)} = CT_{(ne,ni,c,t)} \times SWD_{(ne,c)} \qquad (۴)$$

که در آن VWT نشان دهنده تجارت آب مجازی ($m^3\ yr^{-1}$) از کشور صادر کننده (ایران) ne به کشور واردکننده ni در سال t برای

محصول c است. SWD نمایانگر تقاضای ویژه آب ($m^3\ ton^{-1}$) برای محصول c در کشور صادر کننده (ایران) است. محتویات آب مجازی محصولات فرآوری شده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$V[p] = (V[r] + PWR[r]) \times \frac{vf[p]}{pf[p]} \quad (۵)$$

که در آن V[p] محتویات آب مجازی محصول p (متر مکعب بر تن)، V[r] محتویات آب مجازی محصول پایه r (متر مکعب بر تن)، PWR[r] نیاز آبی فرایند، زمانی که محصول پایه به محصول فرآوری شده تبدیل می‌شود (متر مکعب بر تن)، pf[p] سهم محصول، vf[p] سهم ارزشی (نسبتی از ارزش بازاری محصول به مجموع ارزش بازاری تمام محصولات به دست آمده از محصول اولیه یا گیاه اولیه می‌باشد) که در آن v[p] ارزش بازاری محصول p (دلار امریکا بر تن)، و مخرج تمام n محصولی است که از محصول اولیه یا گیاه اولیه گرفته شده است.

$$vf[p] = \frac{v[p] \times pf[p]}{\sum_{p=1}^{n} (v[p] \times pf[p])} \quad (۶)$$

به همین روش، محتویات آب مجازی برای محصولاتی که منتج شده از دومین یا سومین مرحله فرآوری هستند نیز محاسبه می‌شود. گام اولیه، به دست آوردن محتویات آب مجازی از محصول ورودی (اصلی) و آب مورد نیاز برای تبدیل آن است. سپس کل این دو جزء در میان ستاده‌های گوناگون محصول بر پایه سهم تولید و سهم ارزش توزیع می‌شود (Hoekstra, 2006).

واردات ناخالص آب مجازی به کشور مجموع تمامی واردات‌ها است:

$$GVWI_{[t]} = \sum_{ne,c} VWI_{[ne,c,t]} \quad (۷)$$

صادرات ناخالص آب مجازی از کشور مجموع تمامی صادرات‌ها است:

$$GVWE_{[t]} = \sum_{ne,c} VWE_{[ne,c,t]} \quad (۸)$$

خالص واردات آب مجازی به کشور برابر است با واردات ناخالص آب مجازی منهای صادرات ناخالص آب مجازی، بنابراین تراز آب مجازی کشور در سال t می‌تواند بصورت زیر نوشته شود:

$$NVWI_{[t]} = GVWI_{[t]} - GVWE_{[t]} \quad (۹)$$

که NVWI نمایانگر واردات آب مجازی خالص به کشور بر حسب ($m^3\ yr^{-1}$) می‌باشد. خالص واردات آب مجازی به کشور می‌تواند علامت مثبت یا منفی داشته باشد. که علات منفی نشان دهنده خالص صادرات آب مجازی از کشور است.

۳-۳- حجم آب مصرفی[۴]

حجم آب مصرفی برای افراد، تجارت یا ملت به صورت کل حجم آب شیرین که برای تولید غذا یا خدمات مصرفی به وسیله افراد، تجارت یا ملت مصرف می‌شود تعریف می‌شود. حجم آب مصرفی به طور کلی به صورت حجم آب مصرفی در طی سال تعریف می‌شود:

حجم آب مصرفی = WU + NVWI (۱۰)

کل مصرف آب داخلی ($m^3\ yr^{-1}$) = WU

خالص واردات آب مجازی به کشور ($m^3\ yr^{-1}$) =NVWI

۴-۳- کمیابی آب[۵]

تاکنون دو تعریف برای شاخص کمیابی آب ارائه شده است. نخست تعریف کمیابی آب توسط Hoekstra and Hung (2002)، این گونه آمده است که نسبت کل حجم آب آبی استخراج شده به کل منابع آب تجدیدپذیر. بر اساس این تعریف، شاخص کمیابی آب یک کشور صفر خواهد بود، اگر تقاضای آب یک کشور به مقدار زیادی به وسیله واردات محصولات آب بر یا به عبارت دیگر، با به کارگیری بخش کمی از منابع آب داخلی برآورده شود. این در حالی است که در تعریفی دیگر شاخص کمیابی آب، توسط Chapagain and Hoekstra (2006)، بصورت نسبت کل حجم آب مصرفی یک کشور به کل منابع آب تجدید پذیر تعریف شده است، در این مطالعه تعریف دوم بکار گرفته شده است.

۵-۳- عرضه بهینه آب[۶]- وابستگی آب وارداتی[۷]

این شاخص نسبتی از حجم آب مصرفی داخلی به کل حجم آب مصرفی یک کشور یا ناحیه است. این شاخص نشان دهنده توانائی ملی عرضه آب مورد نیاز برای تولید تقاضای داخلی کالاها و خدمات می‌باشد. اگر تمامی آب موردنیاز در دسترس باشد و از داخل خود منطقه تأمین گردد، عرضه بهینه آب برابر ۱۰۰ خواهد بود. عرضه بهینه آب زمانی صفر خواهد بود که تقاضا برای کالا یا خدمت در یک کشور به مقدار زیادی به وسیله واردات آب مجازی برآورده شود.

وابستگی آب وارداتی برابر است با ۱۰۰ منهای عرضه بهینه آب که معمولاً به صورت درصد گزارش می‌شود.

۶-۳- قابلیت سازگاری

Liehr (2006)، قابلیت سازگاری را چنین تعریف کرده است، پتانسیل جامعه (یا سیستم اجتماعی- اکولوژیکی) برای تعدیل ساختارهای خود شکل یافته[۸] و پویایی‌اش به منظور از عهده فشار برآمدن، که به معنای حفظ پایداری یکپارچگی‌اش می‌باشد. در اینجا، این به فشار آمده توسط مفهوم آب مجازی با توجه به مفهوم استراتژیک بر می‌گردد. Liehr (2006)، نشان داده است که هر چه کشورها به لحاظ ساختارهای مرتبط با آب پیشرفته باشند، مخاطرات ناشی از بکارگیری استراتژی آب مجازی برای این گروه از کشورها کمتر خواهد بود. کشورها از تجارت کالاها اهداف متنوعی را نظیر تأمین امنیت غذایی، تامین ماده خام و برآورده کردن مازاد تقاضای داخل دنبال می‌کنند. در حالی که توجه صرف به تجارت آب مجازی موارد دیگری نظیر وجود تنوع زیستی و گونه‌های گیاهی و جانوری بومی و ساختارهای اشتغال نواحی روستایی را برهم می‌زند. تجارت آب مجازی تا اندازه‌ای وابسته به الگوی مصرف داخل از نظر آب و کالاهاست، هرچه کشورها توسعه‌یافته‌تر باشند، به تعدیلات کمتر احتیاج داشته و اثرات منفی مانند تعدیل الگوی مصرفی و اصلاحات در این کشورها با تبعات منفی کمتری صورت می‌گیرد.

۱-۶-۳- شاخص‌هایی برای ارزیابی قابلیت سازگاری

به منظور ارزیابی درجه توسعه ساختارهای اقتصادی، اجتماعی، نهادی و زیست‌محیطی Liehr (2006) معیارهای زیر را پیشنهاد کرده است.

- وضعیت توسعه اقتصادی: اشتغال براساس فعالیت‌های اقتصادی (کشاورزی، صنعت، خدمات)، رشد و ساختار ستاده‌ها، براساس فعالیت‌های اقتصادی، ستاده کشاورزی (زراعی، غذا، دام)، شاخص زیرساخت‌ها (جاده‌ها، دسترسی به تسهیلات فاضلاب و آب شرب)، صادرات فن‌آوری‌های برتر

- وضعیت توسعه اجتماعی: ضریب جینی، باسوادی، نرخ نام‌نویسی، شاخص دانش، GDI(شاخص برتری جنسیت)، مهاجرت روستا به شهر، نرخ فقر شهری، نرخ فقر روستایی

- وضعیت توسعه زیست محیطی: رشد و تراکم جمعیت، نرخ استفاده از زمین‌های قابل کشت بالقوه/ الگوی استفاده زمین، آلودگی، وابستگی واردات آب، عرضه بهینه آب، آسیب‌پذیری بشر ناشی از بدترشدن یا بیماری‌های زیست محیطی

- وضعیت توسعه نهادی: اندازه‌گیری فساد، اندازه‌گیری دموکراسی، مشارکت، شاخص حاکمیت شهری، آب و حاکمیت زیست محیطی، شاخص حاکمیت زیست محیطی، زیر شاخصی از EPI (شاخص عملکرد زیست محیطی)

۷-۳- منابع آماری

۱- داده‌ها در خصوص نیاز آبی به وسیله مدل CropWat فائو تحت Windows محاسبه شده‌اند.

داده‌های هواشناسی مورد نیاز به عنوان ورودی برای CropWat از وب سایت مرکز هواشناسی ایران (www.irimo.ir) گرفته شده است. پارامترهای گیاهی برای ۲۴ محصول در بسته نرم‌افزار CropWat موجود است. برای سایر محصولات از Chapagain and Hoekstra (2006)، استفاده شده است. داده‌ها در خصوص عملکرد گیاه از پایگاه داده‌ای Faostat گرفته شده است. داده‌ها در خصوص تجارت خارجی ایران از سالنامه تجارت خارجی، منتشر شده توسط اداره گمرک ایران گرفته شده‌اند.

۴- تجزیه و تحلیل

۱-۴- محاسبه آب مجازی

به منظور محاسبه آب مجازی محصولات، با توجه به موارد آورده شده در بخش روش تحقیق در جدول شماره (۱)، تقاضای ویژه آب محصولات منتخب صادراتی و وارداتی بخش کشاورزی که سهم عمده تجارت خارجی بخش کشاورزی را طی دوره مورد بررسی به خود تخصیص داده‌اند، بررسی شده است.

نتایج بدست آمده از جدول شماره (۱)، نشان می‌دهند که محصولات عمده صادراتی به طور متوسط تقاضای ویژه آب بالاتری در مقایسه با محصولات عمده وارداتی کشاورزی داشته‌اند. پس از محاسبه تقاضای ویژه آب، با توجه به حجم تجارت خارجی محصولات، تجارت آب مجازی محاسبه می‌شود.

نتایج حاصل از جدول شماره (۲)، نشان می‌دهند حجم واردات آب مجازی ایران با توجه به محصولات کشاورزی از ($m^3\ yr^{-1}$) ۲۰/۹×۱۰^۹ در سال ۱۳۷۵ به ($m^3\ yr^{-1}$) ۲۰/۵×۱۰^۹ در سال ۱۳۸۵ رسیده است. مطالعه روند خالص واردات آب مجازی نشان می‌دهد که در تمامی سال‌های مورد بررسی، واردات آب مجازی بیشتر از صادرات آن بوده است. بنابراین خالص واردات آب مجازی

جدول ۱- بررسی تقاضای ویژه آب محصولات منتخب بخش کشاورزی (m^3 /ton)

	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	متوسط
محصولات عمده صادراتی												
بادام با پوست	–	–	۶۶۷۶/۱	۸۲۳۸/۵	۸۹۵۲/۹	۵۵۷۴/۷	۶۳۰۹/۲	–	–	–	–	۷۱۵۰/۲۵
سیب	۹۷۴/۹	۱۰۰۴/۵	۱۱۷۵/۹	۱۰۱۴/۶	۹۶۶/۸	۵۵۰/۳	۶۴۸/۹	۶۴۳/۳	۹۰۱/۱	۷۷۸/۷	۷۹۲/۸	۸۵۹/۲۶
زرد آلو	–	۱۶۳۷/۴	–	۱۶۵۹/۵	–	–	–	–	–	–	–	۱۶۴۸/۴۸
خرما	۳۱۱۷	۳۷۵۳/۲	۴۱۳۸/۴	۳۵۱۳/۵	۳۵۸۶	۲۱۸۸/۵	۲۵۵۷/۳	۲۶۳۱/۳	۲۹۸۵/۱	۳۰۱۰	۲۹۹۷/۱	۳۱۳۴/۳
انجیر	–	۶۳۴۸/۸	–	۷۱۱۶/۳	۶۱۸۲/۲	۴۴۶۷/۷	۴۶۴۶/۴	–	۵۳۳۴	۵۲۵۳/۶	۵۲۴۳/۱	۵۵۷۴
انگور	۱۰۷۱/۱	۱۱۰۸/۸	۱۱۶۲/۱	۱۱۰۸/۵	۹۸۱/۱	۶۱۴/۳	۶۸۰/۷	۹۶۹۱	۷۹۴	۷۳۸/۴	۷۲۹/۳	۸۸۰/۰۱
گردو با پوست	–	–	۴۴۱۷/۳	۵۱۱۴/۲	۵۵۷۹/۱	–	–	–	–	–	–	۵۰۳۶/۸۵
هندوانه	–	–	۳۴۲/۱	۳۳۱/۵	۳۲۹/۸	۲۰۴/۶	۲۱۳/۸	۳۸۴/۳	۲۰۴/۲	۱۹۱/۷	۱۹۹/۷	۲۶۶/۸۵
پرتقال	–	۹۳۰/۸	–	۱۰۰۰/۷	–	–	–	–	۵۹۲/۶	۶۰۲/۷	۵۲۹	۷۳۱/۱۶
خربزه	۶۰۴/۷	۶۱۷/۴	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۶۱۱/۰۶
پسته	۶۳۹۵/۴	۷۴۵۲/۷	۱۵۵۰۷/۶	۶۹۹۴/۵	۱۹۲۲۶/۳	۵۴۵۷/۱	۶۷۸۱/۶	۵۴۱۹/۶	۱۰۱۱۵/۷	۱۰۶۹۹/۱	۱۱۲۷۶	۹۵۵۷/۰۷
متوسط	۲۴۳۲/۶	۲۸۵۶/۷	۴۷۷۴/۲	۳۶۰۹/۲	۵۷۲۶/۸	۲۷۲۱	۳۱۱۹/۷	۱۹۵۴/۱	۲۹۸۹/۵	۳۰۳۹/۲	۳۱۰۹/۶	–
محصولات عمده وارداتی												
برنج	۱۳۹۲/۵	۱۶۳۲/۵	۱۵۲۹/۴	۱۸۷۳/۳	۱۹۸۹	۱۱۴۷/۶	۱۱۴۸/۱	۱۰۷۲/۲	۱۲۹۹/۵	۱۱۷۳/۹	۹۴۲/۲	۱۳۸۱/۸
سویا	۷۳۳۰/۵	۵۲۲۶	۶۱۳۰/۳	۶۴۴۷/۵	۶۰۴۴/۲	۴۰۷۸/۹	۲۹۱۷/۱	۲۹۵۸/۹	۲۸۹۷/۴	۲۹۸۹/۸	۳۰۰۱	۴۵۴۷/۴۱
چغندر قند	–	–	–	–	–	–	۲۵۰/۳	–	–	–	–	۲۵۰/۳
نیشکر	۲۶۰/۷	۲۳۹/۲	۲۵۸/۶	۲۳۸/۵	۲۰۶/۶	۱۳۷/۵	۱۶۰/۲	۱۵۴	–	۱۶۵/۳	۱۶۲/۶	۲۰۱/۰۲
دانه آفتابگردان	۲۹۱۲/۵	۴۴۸۰/۹	۳۲۴۷/۶	۴۲۳۵/۸	۴۶۹۱/۷	–	۱۰۵۱/۹	۱۳۳۷/۶	۱۴۲۸/۴	–	۳۷۹۵/۴	۳۰۲۰/۲
تنباکو	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۳۸۴۳/۳	۴۱۱۰/۴	۳۹۷۶/۸۶
ذرت	۱۳۶۸/۲	۱۳۱۳/۳	۱۵۲۸/۳	۱۵۳۷/۴	۱۴۲۴	۹۰۰	۸۹۳/۶	۹۵۷/۷	۹۱۶/۱	۸۹۵/۷	۸۰۰/۵	۱۱۳۹/۵
جو	۹۵۵/۲	۱۰۳۶/۹	۹۶۸/۸	۱۳۲۸/۳	۱۳۴۳/۵	۷۳۱/۸	–	۷۸۵/۵	۸۴۴/۷	۸۲۳/۵	۸۱۳/۴	۹۶۰/۴۷
گندم	۱۱۳۳/۲	۱۲۴۹/۳	۱۰۴۲/۸	۱۲۰۷/۳	۱۴۰۹/۴	۸۰۲/۸	۸۶۰/۹	۷۸۷/۵	–	–	۹۶۱/۴	۱۰۲۰/۵
متوسط	۲۱۹۳/۳	۲۱۶۸/۳	۲۱۰۴/۷	۲۴۰۹/۷	۲۴۴۴/۰۴	۱۲۹۹/۷۵	۱۰۴۰/۳	۱۱۴۶/۶	۱۴۷۷/۲	۱۶۴۸/۶	۱۷۸۹/۶	–

جدول ۲- آب مجازی محصولات منتخب وارداتی کشاورزی (m^3 /ton)

	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	*میانگین
گندم	۴/۳۲	۷/۴۲	۳/۶۱	۷/۴۳	۷/۹۱	۵/۴۴	۲/۴۱	۰/۵۱	–	–	۰/۶۹	۴/۴۲
جو	۰/۳	۰/۶۳	۰/۲	۰/۵۶	۱/۴۱	۰/۶۸	۱/۵۲	۰/۱۴	۰/۷۱	۱	۰/۳۱	۰/۶۸
ذرت	۱/۹۸	۰/۲	۱/۲۳	۱/۵۵	۱/۷۵	۱/۵۴	–	۲/۵۲	۱/۸۳	۱/۸۹	۲/۳۳	۱/۶۸
برنج	۱/۲۷	۱/۰۴	۰/۹۷	۱/۹۱	۲/۳۲	۰/۸	۱/۲	۰/۹۴	۱/۴۶	۱/۲۲	۱/۱۵	۱/۳
روغن خام سویا	۱۰/۶	۳/۶۲	۳/۳۲	۱۰/۱۲	۹/۱	۶/۲۲	۴/۲۸	۴/۳۵	۳/۲۵	۴/۴۵	۴/۱۱	۵/۷۷
روغن خام آفتابگردان	۰/۶۴	۲/۰۳	۳/۰۱	۱/۱۳	۱/۴۴	–	۰/۲	۰/۴۸	۰/۰۴	–	۰/۹۳	۱/۱
شکر خام از نیشکر	۱/۷۶	۲/۳۳	۲/۰۴	۲/۶	۱/۵۶	۱/۰۵	۰/۸۶	۰/۲۶	۰/۱۸	۰/۹۶	۲/۵۱	۱/۴۶
کنجاله سویا	–	–	–	–	–	۳/۸۶	۳/۲۸	۲/۶۱	۳/۰۸	۰/۶۹	۳/۰۴	۲/۷۶
روغن پالم	–	–	–	–	–	–	–	۱/۴۲	۲/۶۹	۴/۶۱	۵/۲	۳/۴۸
روغن سویا	–	–	۰/۶۳	–	۰/۴۹	–	–	–	–	–	–	۰/۵۶
تنباکو	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۲۱
شکر خام از چغندرقند	–	–	–	–	–	–	۰/۳۱	–	–	–	–	۰/۳۱
**سهم	٪۷۸/۲	٪۸۳/۸	٪۷۲	٪۸۰	٪۷۷/۶	٪۸۲/۲	٪۷۰/۲	٪۶۲	٪۵۶/۹	٪۶۴/۷	٪۶۷/۴	–
کل آب مجازی وارداتی	۲۰/۸۸	۱۷/۲۷	۱۵/۰۲	۲۵/۳۱	۲۵/۹۹	۱۹/۵۹	۱۴/۰۵	۱۳/۲۳	۱۳/۲۵	۱۴/۹۹	۲۰/۵۱	–

*:میانگین واردات آب مجازی محصول طی دوره مورد بررسی **: این سهم نشان دهنده مجموع ارزش واردات محصول منتخب از کل ارزش واردات کشاورزی در هر سال

جدول ۳ - محتویات آب مجازی محصولات منتخب صادراتی کشاورزی (m^3/ton)

	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	میانگین*
پسته	۰/۹	۰/۴۳	۱/۹۴	۰/۷۰۸	۰/۲	۰/۶۵	۰/۱	۰/۹۴	۱/۴	۱/۵	۱/۹۵	۰/۹۷
خرما	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۳۰۵	۰/۳۵۵	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۴۳۵	۰/۳۱
کشمش	۰/۳۸	۰/۲۶	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴۲	۰/۴۴۴	۰/۳۹
سیب	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۲۰۷	۰/۱۶	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵۵	۰/۱	۰/۰۵۳	۰/۱۵	۰/۱۷۶	۰/۱۲
هندوانه	–	–	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳۵	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۲	۰/۰۱۸	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳۵
انجیر	–	۰/۰۵	–	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	–	۰/۰۴	۰/۰۴۵	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸
نارنگی	–	۰/۰۵	–	۰/۰۵۴	–	–	–	–	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲۳	۰/۰۳۱
بادام	–	–	۰/۰۴۲	۰/۰۵	۰/۰۵۲	۰/۲۱	۰/۰۹۸	–	–	–	–	۰/۰۹۲
گردو	–	–	۰/۰۲۸	۰/۰۲۵	۰/۰۲	–	–	–	–	–	–	۰/۰۲۵
خربزه	۰/۰۹۲	۰/۰۷۹	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۰/۰۸۶
پرتقال	–	–	–		–	–	–	–	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲	–	۰/۰۱۲
زردآلو	–	۰/۰۳۲	–	۰/۰۴۸	–	–	–	–	–	–	–	۰/۰۴
سهم **	٪۹۳/۳	٪۹۳/۸	٪۹۴/۲	٪۹۴/۵	٪۹۵/۳	٪۹۵/۶	٪۹۴/۳	٪۸۸	٪۹۴/۷	٪۹۴/۹	٪۹۲/۳	–
کل آب مجازی صادراتی	۱/۶۸	۱/۲۵	۳/۰۱	۱/۹۴	۱/۳۱	۱/۵۲	۰/۹۸	۱/۷۹	۲/۲۴	۲/۵۶	۳/۱۱	–

*: میانگین صادرات آب مجازی محصول طی دوره مورد بررسی **: این سهم نشان دهنده مجموع ارزش صادرات محصول منتخب از کل ارزش صادرات کشاورزی در هر سال

مثبت است. خالص واردات آب مجازی با روندی نوسانی از $۱۹/۲\times۱۰^{۹}\ m^3\ yr^{-1}$ سال ۱۳۷۵ به $۱۷/۴\times۱۰^{۹}\ m^3\ yr^{-1}$ در سال ۱۳۸۵ رسیده است. متوسط نرخ رشد سالانه خالص واردات آب مجازی سالیانه ٪۴/۳۵ است.

مطالعه صادرات آب مجازی نشان می‌دهند که به طور متوسط محصولات صادراتی منتخب ٪۹۳/۷ از کل ارزش صادراتی محصولات کشاورزی را پوشش داده‌اند. پسته، خرما، کشمش و سیب، محصولات عمده صادراتی در سال‌های مورد مطالعه بودند. بنابراین، این محصولات، صادر کنندگان عمده آب طی دوره مورد بررسی می‌باشند. روند صادرات آب مجازی نوسانی بوده است، اما به طور متوسط $۱/۹۵\times۱۰^{۹}$ ($m^3\ yr^{-1}$) سالیانه آب مجازی صادر شده است. همچنین جدول شماره (۳)، نشان می‌دهد حجم صادرات آب مجازی ایران با توجه به محصولات کشاورزی از $۱/۶۸\times۱۰^{۹}$ ($m^3\ yr^{-1}$) در سال ۱۳۷۵ به $۳/۱۱\times۱۰^{۹}$ ($m^3\ yr^{-1}$) در سال ۱۳۸۵ رسیده است (m^3، نشان دهنده مترمکعب و yr نشان دهنده سال است).

روند واردات و صادرات آب مجازی طی دوره مورد بررسی در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است.

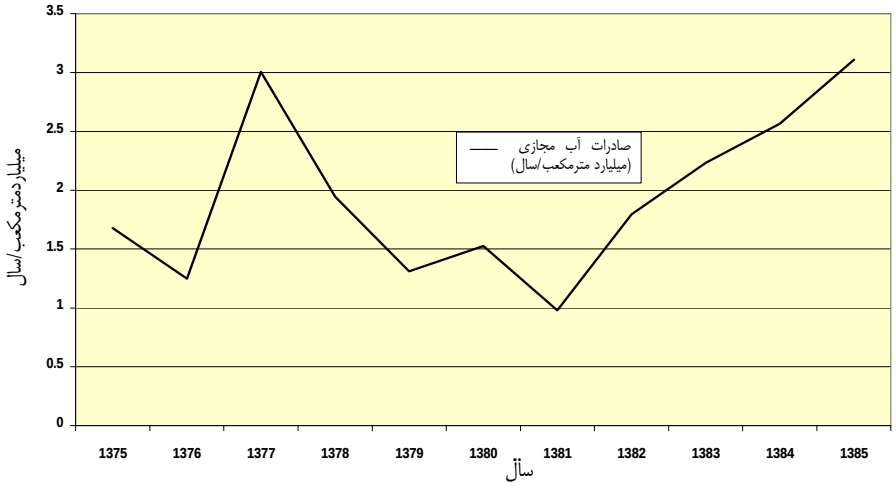
در سمت واردات، به طور میانگین، محصولات وارداتی عمده منتخب ٪۷۲/۳ از کل ارزش واردات کشاورزی را در طی سال‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده اند. روغن خام سویا، گندم و روغن پالم واردکنندگان عمده آب مجازی طی سال‌های مورد بررسی بوده‌اند. روند واردات آب مجازی نوسانی بوده اما پس از سال ۱۳۸۲ چون حجم واردات روغن و شکر افزایش یافته بود، واردات آب مجازی از این سال به بعد افزایشی بوده است.

۲-۴- شاخص‌های آب

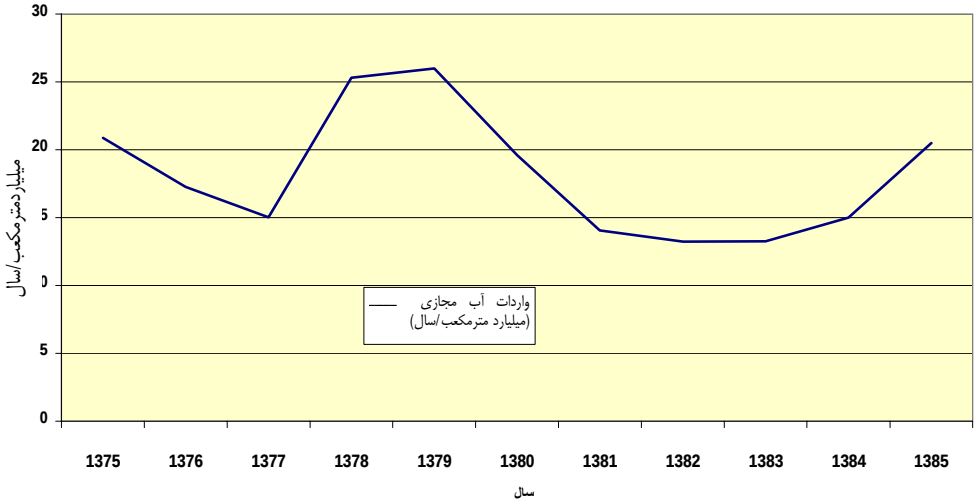
در این قسمت برخی از شاخص‌هایی که در بخش مواد و روش‌ها معرفی شده بود، محاسبه می‌شوند. به دلیل عدم دسترسی به برخی داده‌ها، این شاخص‌ها بر پایه داده‌های سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۷ محاسبه شدند.

۳-۴- ارزیابی قابلیت سازگاری استراتژی آب مجازی

Liehr (2006)، در مطالعه خود آورده است که هرچه درجه توسعه یافتگی کشورها بیشتر باشد، خطر ناشی از بکارگیری استراتژی آب مجازی برای آن کشورها کمتر خواهد بود. از این رو در این مطالعه به منظور بررسی وضعیت توسعه‌یافتگی کشور از لحاظ



شکل ۱- روند صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی



شکل ۲ - روند واردات آب مجازی محصولات کشاورزی

جدول ۴- حجم خالص واردات آب مجازی (m^3 /ton)

سال	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵
خالص واردات آب مجازی	۱۹/۲	۱۶/۰۲	۱۲	۲۳/۴	۲۴/۷	۱۸/۱	۱۳/۰۷	۱۱/۴	۱۰/۷	۱۲/۴	۱۷/۴

جدول ۵ - شاخص‌های آب و آب مجازی

شاخص	ارزش
کل منابع آب تجدیدپذیر ($Gm^3\ Year^{-1}$)	۱۳۷/۵
کل حجم آب مصرفی ($Gm^3\ Year^{-1}$)	۱۰۲/۶۵
کمیابی آب٪	٪۷۵
عرضه بهینه آب٪	٪۸۲
وابستگی وارداتی آب٪	٪۱۸

زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی، شاخص‌های رشد جمعیت، ضریب جینی، شاخص توسعه انسانی، نرخ باسوادی، ارزش افزوده بخش کشاورزی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ و سطح زیر کشت محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. سپس به منظور بررسی رابطه میان این متغیرها با وضعیت صادرات، واردات و واردات ناخالص آب مجازی از آزمون همبستگی خطی[9] استفاده شده است.

رشد جمعیت به معنی افزایش تقاضا برای کالاها و خدمات است. افزایش تراکم جمعیت در شهرها سبب فشار به اکوسیستم می‌شود.

مناطق حاشیه شهرها و اکوسیستم طبیعی از سویی به عنوان منبع تأمین نیازهای کالایی و از سویی دیگر به عنوان منبع دفع پسماندهای زندگی شهری مورد توجه قرار گرفته است. یکی از راه‌های کاهش فشار بر منابع طبیعی داخل کشورها هم به عنوان ماده اولیه تولید و هم به عنوان پذیرنده پسماند ناشی از فرآیند تولید، افزایش واردات کالاهاست. انتظار می‌رود که افزایش جمعیت سبب افزایش نهاده نیروی‌کار شود. فراوانی این عامل تولید سبب کاهش بهای آن (دستمزد) شده و قیمت نسبی دستمزد داخلی به دستمزد جهانی به سبب فراوانی این عامل تولید بر هم خواهد خورد. این امر سبب می‌شود که با شرط ثابت فرض کردن سایر عوامل، کالای تولید شده در داخل دارای مزیت نسبی شود. بنابراین انتظار می‌رود در دنیای رقابتی صادرات کالای دارای مزیت نسبی افزایش یابد. از سویی دیگر افزایش جمعیت به معنی افزایش تقاضای مؤثر برای کالاها خواهد بود. در صورتی که عرضه داخلی همزمان با افزایش تقاضا رشد نیابد. به منظور حفظ تعادل در بازار، این مازاد تقاضا بایستی توسط واردات جبران شود. بررسی همبستگی میان واردات آب مجازی و صادرات آب مجازی با متغیر رشد جمعیت این رابطه مثبت را تأیید می‌کند، اگرچه شدت این رابطه چندان قوی نمی‌باشد.

متغیرهای ضریب جینی، نرخ باسوادی و شاخص توسعه انسانی به عنوان معیارهایی از وضعیت توسعه انسانی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. افزایش ضریب جینی به سمت صفر، نشان دهنده توزیع بهینه درآمد در یک کشور است. بهبود نرخ باسوادی نیز از معیارهای توسعه اجتماعی است که بر بهبود سایر نماگرهای اقتصادی و زیست محیطی نیز اثر مثبت دارد. شاخص توسعه انسانی (HDI)، که متشکل از تولید ناخالص داخلی، نرخ مرگ و میر کودکان زیر ۵ سال و متوسط نرخ نامنویسی است، شاخصی است که ارزش آن بین صفر و یک قرار دارد. هر چه این شاخص به سمت یک میل کند، به معنی این است که جامعه مورد بررسی وضعیت بهتری به لحاظ توسعه انسانی دارد. انتظار می‌رود توزیع بهینه درآمد، قدرت خرید افراد جامعه را بهبود بخشد و عدالت اجتماعی بهتر را در جامعه سبب شود. این امر به عنوان انگیزه افزایش تولید مطرح است. بنابراین سبب افزایش تقاضا برای کالاها می‌شود. بررسی همبستگی میان ضریب جینی و خالص واردات آب مجازی وجود رابطه منفی را نشان می‌دهد. این بدین معنی است که توزیع بهینه درآمد طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۵ سبب حرکت خالص واردات آب مجازی به سمت تعادل شده است. انتظار می‌رود افزایش نرخ باسوادی در جامعه سبب بهبود دانش فنی در تولید و جلوگیری از ضایعات و بهبود کارایی تولید شود. از این رو بر تولید و افزایش صادرات اثر مثبت داشته و از سویی دیگر کاهش واردات را سبب می‌گردد. بررسی همبستگی میان نرخ باسوادی نیز رابطه منفی میان واردات آب مجازی و رابطه مثبت با صادرات آب مجازی را نشان داده است. بررسی همبستگی شاخص توسعه انسانی با صادرات آب مجازی رابطه مثبت و با واردات آب مجازی رابطه منفی را نشان داده است.

به منظور بررسی رابطه توسعه اقتصادی و تجارت آب مجازی به بررسی رابطه میان ارزش افزوده بخش کشاورزی به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷۶ و صادرات و واردات آب مجازی پرداخته شده است. نتایج وجود همبستگی مثبت میان ارزش افزوده بخش کشاورزی و صادرات آب مجازی و رابطه منفی میان واردات آب مجازی و ارزش افزوده بخش کشاورزی را نشان داده‌اند. افزایش سطح زیر کشت محصولات، اگر در قالب محصولات دیم باشد، به معنی استفاده از آب سبز (رطوبت خاک در مناطق غیر اشباع)، بیشتر است. اگر این افزایش در قالب، کشاورزی فاریاب باشد، به معنی استفاده بیشتر از آب آبی است. انتظار می‌رود افزایش سطح زیر کشت، ضمن افزایش تولید، سبب گسترش صادرات و تحدید واردات شود. بررسی همبستگی میان افزایش سطح زیر کشت و صادرات آب مجازی، همبستگی مثبت را نشان می‌دهد. همچنین میان افزایش سطح زیر کشت و واردات آب مجازی، همبستگی منفی به دست آمده است.

جدول ۶- ضرائب همبستگی میان متغیرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی با تجارت آب مجازی

	ارزش افزوده بخش کشاورزی	سطح زیر کشت (هکتار)	نرخ باسوادی	جمعیت	HDI	ضریب جینی
صادرات آب مجازی	۰/۵۲	۰/۰۱۹	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۴	-۰/۱۸
واردات آب مجازی	-۰/۴	-۰/۷۳	-۰/۳۸	۰/۲	-۰/۳۶	-۰/۵
خالص واردات آب مجازی	-۰/۴۸	-۰/۷۴	-۰/۴۴	۰/۱۸	-۰/۴۲	-۰/۴۹

۵- نتایج و پیشنهادات

عوامل مؤثر بر حجم تجارت آب مجازی را می‌توان به دو دسته کلی، عوامل قابل کنترل و عوامل غیر کنترل تقسیم کرد. عوامل مؤثر بر نیاز آبی گیاه (متوسط حداقل دما، متوسط حداکثر دما، سرعت باد، تعداد ساعات آفتابی، میزان بارندگی، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه، ضرائب گیاهی و تبخیر و تعرق گیاه)، جزو عوامل غیر قابل کنترل می‌باشد. در حالی که عواملی نظیر عملکرد گیاه، عملکرد تجارت محصولات کشاورزی از عواملی هستند که قابل کنترل می‌باشند. همچنین این مطالعه همانند Ramirez and Rogers (2004)، نشان داده است که متغیرهایی نظیر متوسط درآمد، جمعیت، ارزش افزوده کشاورزی، سطح فاریاب و صادرات کالاها و خدمات اثر معنی‌داری بر واریانس آب مجازی دارند. محاسبه نیاز آبی گیاهان زراعی نشان داد که محصولاتی وجود دارند که نیاز آبی بالایی دارند، اما به سبب عملکرد بالای تولیدشان، تقاضای ویژه آب کمتری داشته باشند. از این رو پیشنهاد می‌شود تا با افزایش عملکرد تولید محصولات، ضمن بهبود کارایی تولید، کارایی استفاده نهاده آب نیز بهبود یافته و تقاضای ویژه آب محصولات، به ویژه محصولات صادراتی کاهش یابد تا خروج آب از کشور در قالب صادرات آب مجازی کاهش یابد. همچنین نتایج محاسبه تقاضای ویژه آب نشان می‌دهند که محصولات صادر شده، تقاضای ویژه آب بیشتری نسبت به محصولات وارد شده داشته‌اند. به عبارت دیگر الگوی صادرات کشاورزی طی سال‌های مورد بررسی به سمت صادرات محصولات آب‌بر بوده است. همچنین نتایج نشان می‌دهند که در شرایط حجم برابر تجارت، صادرات آب مجازی چندین برابر واردات آن خواهد بود. این امر از موارد قابل تأمل در تعیین الگوی تجارت آب مجازی است. همچنین از آن رو که هرچه کشورها به لحاظ ساختار اجتماعی مرتبط با آب کمتر توسعه یافته باشند، خطر ناشی از تجارت آب مجازی برای این کشورها بیشتر خواهد بود، توجه به زیرساخت‌ها، تصفیه و استفاده از پسماندهای آب، بالابردن راندمان آبیاری با استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی، توجه به تاریخ کاشت و وضعیت بارندگی نواحی به منظور بهره‌برداری بیشتر از آب سبز، توجه به مفهوم مزیت نسبی با در نظر گرفتن قیمت اقتصادی و اجتماعی آب پیشنهاد می‌شود. با توجه به این که این مطالعه جزو مطالعات مقدماتی در خصوص آب مجازی در ایران به حساب می‌آید از این رو پیشنهاد می‌شود تا مطالعات دیگری با در نظر گرفتن ضریب فنی بکارگیری نهاده آب در کشور انجام شود و نتایج آن با مطالعه حاضر (که از رهیافت ضرب پایه‌ای استفاده کرده است)، مقایسه شود. نتایج این مطالعه با مطالعات انجام گرفته در خارج از کشور در خصوص وضعیت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران که در بخش پیشینه تحقیق آورده شده، همخوانی دارند. بعنوان مثال، حجم واردات آب مجازی توسط Ramirez and Rogers (2004) برابر ۲۰/۹۵ میلیارد متر مکعب در سال گزارش شده است. در این مطالعه ارقام محاسبه شده طی دوره مشترک با مطالعه مذکور (۱۳۷۵-۱۳۷۹)، بطور متوسط سالانه ۲۰/۸۹ میلیارد متر مکعب محاسبه شده است. این مطالعه هم راستا با مطالعات Hoekstra and Hung (2002) و Chapagain and Hoekstra (2004) و Ramirez and Rogers (2004)، خالص واردات آب مجازی را مثبت به دست آورده است. همچنین این مطالعه از لحاظ پوشش زمانی، در نظر گرفتن پارامترهای هواشناسی و انتخاب محصولات مورد بررسی بر مبنای سهم از ارزش تجارت خارجی محصولات کشاورزی کشور نسبت به مطالعات انجام گرفته در خارج از کشور، بهتر عمل کرده است.

پی‌نوشت‌ها

1. Albedo
2. FAO Penman-Monteith
3. National virtual water trade balance
4. Water footprint
5. Water Scarcity
6. Water self-sufficiency
7. Water Import Dependency
8. Its self-forming
9. Correlation

۶- مراجع

علیزاده ا.، کمالی، غ. (۱۳۸۶)." نیاز آبی گیاهان در ایران". ناشر دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.

Allen, R.G., M. Smith, A. Perrier, and L.S. Pereira (1994a), "An update for the definition of reference evapotranspiration". *ICID Bulletin* 43(2): pp. 1-34.

Allen, R.G., M. Smith, A. Perrier, and L.S. Pereira (1994b), "An update for the calculation of reference evapotranspiration". *ICID Bulletin* 43(2): pp. 35-92.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith (1998), "Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements",*FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, FAO, Rome, Italy.

Allan, J.A. (1998),"Virtual water: A long term solution for water short Middle Eastern economies? " *Occasional Paper 3, School of Oriental and African Studies (SOAS),* University of London.

Allan, J. A. (2001), "The Middle East water question: Hydropolitics and the global economy". I.B. Tauris London.

Trade Documentation of an International Expert Workshop. Institute for Social-Ecological Research (ISOE). Frankfurt

Mitchell, B. (2005), "Integrated water resource management, institutional arrangements, and land-use planning", *Environment and Planning* A 37(8): pp. 1335-1352.

Oki, T. and Kanae, S. (2004),"Virtual water trade and world water resources", *Water Science and Technology* 49(7): pp. 203-209.

OECD (2003), "Emerging risks in the 21st century: An agenda for action", Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.

Postel, S.L., Daily, G.C., and Ehrlich, P.R. (1996), "Human appropriation of renewable fresh water". *Science* 271: pp. 785-788.

Ramirez, J. and Rogers, P. (2004), "Virtual Water Flows & Trade Liberalization". *Water Science & Technology*, Vol 49, No. 7, PP. 25-32.

Syvitski, J.P.M., Vörösmarty, C.J., Kettner, A.J., & Green, P. (2005), "Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal system", *Science* 308: pp. 376-380.

Vörösmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J., and Lammers, R.B. (2000), "Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth". *Science* 289: pp. 284-288.

WHO (2005), "Water for life: Making it happens", World Health Organization, Geneva.

World Bank (2004), "Water resources sector strategy: Strategic directions for World Bank engagement", WorldBank, Washington, D.C.

WMO et al. (2006), "Risk management. Thematic document, 4th World Water Forum, Mexico City", March 2006,World Meteorological Organization, Geneva.

Zehnder, A.J.B., Yang, H., and Schertenleib, R. (2002), "Water issues: The need for action at different levels", *Aquatic Sciences* 65: pp. 1-20.

Zimmer, D. and Renault D. (2003), "Virtual water in food production and global trade: Review of methodological issues and preliminary results", In: A.Y. Hoekstra, Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, *Value of Water Research Report Series* No. 12, UNESCO-IHE,Delft, the Netherlands, pp. 93-109.

Arnell, N.W. (1999), "Climate change and global water resources", *Global Environmental Change* (9): pp. S31-S41.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G. and Gautam, R. (2006), "The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries", *Ecological Economics*. In press.

Chapagain, A.K., and Hoekstra A.Y.(2003), "Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products". *Value of Water Research Report Series* No. 13, Delft.

De Fraiture, C., X. Cai, U. Amarasinghe, M. Rosegrant and D.Molden (2004), "Does international cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use, Comprehensive" *Assessment Research Report* 4, IWMI, Colombo.

Duarte, R., Sanchez-Choliz, J. and Bielsa, J. (2002), "Water use in the Spanish economy: an input-output approach", *Ecological Economics* 43(1): pp. 71-85.

Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily,G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz,J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N. and Snyder, P.K. (2005), "Global consequences of land use", *Science309*(5734): pp. 570-574.

Hoekstra A.Y (2006), "VWT – A Review of Research on Saving Water through International Trade, National Water Dependencies and Sustainability of Water Footprints. Virtual Water Trade". *Documentation of an International Expert Workshop*. Institute for Social-Ecological Research (ISOE). Frankfurt.

Hoekstra, and Chapagain (2006),"THE Water Footprints of Morocco and the Netherlands". UNESCOIHE, Delft.

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, UNESCOIHE, Delft.

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): pp. 45-56.

Liehr S. (2006), "Indicators to Estimate a Country's Adaptive Capabilities for VWT", Virtual *Water*