

عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران (کاربرد مدل خود رگرسیون برداری پانل)

مهران حکمتنیا، مهدی صفدری، سید مهدی حسینی و امیر دادرس مقدم

دوره ۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۳۴۴-۳۵۵

Vol. 7(2), Summer 2021, 344-355

DOI: 10.22034/JEWE.2020.249815.1429

**Factors Affecting the Virtual Water Trade of
Agricultural Crops of Iran (Application of Panel
Vector Autoregression Model)**

Hekmatnia, M., Sadari, M., Hosseyni, M. and Dadras
Moghadam, A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

حکمتنیا، م.، صفدری، م.، حسینی، م. و دادرس مقدم، ا. (۱۴۰۰). عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران (کاربرد مدل خود رگرسیون برداری پانل). محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۷، شماره ۲، صفحات: ۳۴۴-۳۵۵.

Citing this paper: Hekmatnia, M., Sadari, M., Hosseyni, M. and Dadras Moghadam, A. (2021). Factors affecting the virtual water trade of agricultural crops of Iran (Application of panel vector autoregression model). Environ. Water Eng., 7(2), 344-355. DOI: 10.22034/JEWE.2020.249815.1429

مقاله پژوهشی

عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران (کاربرد مدل خود رگرسیون برداری پانل)

مهران حکمت‌نیا^۱، مهدی صفدری^{۲*}، سید مهدی حسینی^۳ و امیر دادرسی مقدم^۳

^۱ دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

^۲ دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

^۳ استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

* نویسنده مسئول: mahdalis@eco.usb.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۰۲/۰۳]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۹/۰۳]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۷/۰۲]

چکیده

تجارت فیزیکی محصولات کشاورزی از یک کشور به کشور دیگر، انتقال مجازی منابع آب یا تجارت آب مجازی را به همراه دارد. زیرا کالاهای کشاورزی حاوی آب تعبیه شده فراوانی هستند. هدف این پژوهش تعیین کمیت تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران در دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۱ و بررسی عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران بود. در ابتدا ردپای آب و تجارت آب مجازی محاسبه شد. متغیرهای کلان اقتصادی مؤثر بر تجارت آب مجازی شناسایی و توابع واردات و صادرات آب مجازی تعیین شدند. سپس آزمون ایستایی متغیرها توسط آزمون ایم پسران شین صورت گرفت و برای بررسی عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی از روش خود رگرسیون برداری پانل استفاده شد. نتایج نشان داد قیمت نسبی صادراتی بیشترین تأثیر را بر صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران دارد. شوک وارد شده بر درآمد شرکای عمده تجاری منجر به کاهش صادرات آب مجازی شده است. در خصوص تابع واردات مشخص شد که قیمت‌های نسبی وارداتی و درآمد داخلی بیشترین تأثیر را بر واردات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران دارد. نتایج بررسی تجارت آب مجازی نشان داد آب مجازی که ایران از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ به جهان صادر کرده $90/896 \times 10^9 m^3$ محاسبه شد که تقریباً $27/06\%$ آب سبز، $66/10\%$ آب آبی و $6/84\%$ آب خاکستری بوده است. میزان واردات آب مجازی $280/260 \times 10^9 m^3$ برآورد شد که 75% آن مربوط به آب سبز بود.

واژه‌های کلیدی: آب سبز؛ آب آبی؛ آب خاکستری؛ صادرات آب مجازی؛ واردات آب مجازی.

۱- مقدمه

آب یک منبع طبیعی با توزیع نامناسب در سطح زمین است. اگر آب به عنوان یک کالای اقتصادی در نظر گرفته شود، مشکلات مربوط به کمبود آب حل می شود (Fracasso 2016). در گذشته کشورهایی که در معرض کمبود آب قرار داشتند، مواد غذایی مورد نیاز خود را از طریق واردات از دیگر کشورها تأمین می کردند. این امر باعث کاهش فشار بر منابع آب و کاهش کمبود آب در آن کشورها شد (Lamastra et al. 2017). بنابراین واردات مواد غذایی و محصولات کشاورزی از کشورهای پر آب به کشورهای کم آب، باعث باز توزیع جهانی منابع آب می شود (Hekmatnia et al. 2018). این باز توزیع جهانی از طریق تجارت بین المللی محصولات و کالاهای کشاورزی صورت می گیرد که حاوی آب تعبیه شده^۱ فراوان هستند (Hoekstra et al. 2011). آب تعبیه شده ای که در کالاهای مبادله شده وجود دارد را آب مجازی^۲ نامیده می شود (Hekmatnia et al. 2020). به این مفهوم که می توان صادرات یا واردات محصولات کشاورزی را نیز به عنوان صادرات و یا واردات آب مجازی بیان کرد. بنابراین، تجارت بین المللی محصولات کشاورزی می تواند به عنوان تجارت منابع آب یک کشور به شکل مجازی تلقی شود که بدان تجارت آب مجازی^۳ گفته می شود (Mekonnen and Hoekstra 2012). در حقیقت، اگر یک کشور محصول کشاورزی را از کشور دیگری وارد کند، آب مجازی نیز وارد می کند. بیشترین میزان تجارت آب مجازی در دنیا مربوط به تجارت بین المللی محصولات کشاورزی با مقدار تجارت $987 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$ آب است (Alamri and Reed 2019).

آب مجازی یک محصول میزان حجم آبی است که در کل فرایند رشد و تولید محصول مصرف می شود و از سه آب خاص به نام های آب سبز^۴، آب آبی^۵ و آب خاکستری^۶ تشکیل شده است. آب سبز آب حاصل از بارندگی است. آب آبی نشان دهنده مقدار بهره برداری از منابع آب های سطحی و زیرزمینی مانند (رودخانه ها، سدها و چاه ها) است. به طور سنتی، استفاده از سامانه های آبیاری به مفهوم آب آبی است. آب خاکستری حجم آب شیرین مورد نیاز برای رقیق سازی و جذب مواد مغذی

کودهای شیمیایی و آلاینده ها با استفاده از نفوذ عمقی آب و یا آب های سطحی است (Hekmatnia et al. 2020).

تحلیل شاخص های آب مجازی می تواند یک چارچوب ارزشمند برای تحلیل برداشت از منابع آب ارائه دهد و راه حل های بالقوه جهت کمک به مدیریت بهتر منابع آب را فراهم کند. آب مجازی با تغییر ساختار اقتصادی استفاده از آب می تواند به حفظ ذخائر آب شیرین در سطح ملی و جهانی کمک کند (Hekmatnia et al. 2020). مطالعات زیادی در سطح جهانی و ملی در خصوص آب مجازی و تجارت آب مجازی انجام شده است. (Alamri and Reed 2019) میزان تجارت آب مجازی محصولات زراعی عربستان سعودی را بین سال های ۲۰۱۶ - ۲۰۰۰ محاسبه کردند. نتایج نشان داد متوسط تجارت آب مجازی عربستان سعودی $10^9 \times 12/6 \text{ m}^3$ در سال بود. (Antonelli et al. 2017) جریان آب مجازی محصولات کشاورزی را در کشورهای عضو اتحادیه اروپا بررسی کردند. نتایج نشان داد ۶۵٪ از کل واردات آب مجازی مربوط به آب آبی است و کشورهای ایتالیا و اسپانیا صادرکنندگان اصلی آب آبی هستند. (Brindha 2017) در پژوهشی متوسط صادرات آب مجازی برای هند را $10^9 \times 59$ و واردات آب مجازی را $10^9 \times 32/6 \text{ m}^3/\text{yr}$ محاسبه کردند. (Lamastra et al. 2017) جریان آب مجازی موجود در تجارت بین المللی محصولات کشاورزی بین ایتالیا و چین را بررسی کردند، نتایج نشان داد که ۹۱٪ از واردات آب مجازی کشور ایتالیا از کشور چین مربوط به محصولات کشاورزی است.

(Shirzadi et al. 2019) با استفاده از مدل جاذبه، عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی محصول گندم را بررسی کردند. نتایج نشان داد قیمت آب بر تجارت آب مجازی بی اثر است و میزان کل صادرات آب مجازی محصول گندم $10^9 \times 44/1 \text{ m}^3$ و کل میزان واردات آب مجازی گندم $10^9 \times 235/7 \text{ m}^3$ محاسبه شد. (Omidi et al. 2019) نشان دادند در صورت واردات شکر از سایر کشورها، به جای کشت چغندر قند و نیشکر در استان های مختلف ایران، در مجموع حدود $10^9 \times 13 \text{ m}^3$ آب در طی دوره ۱۳۹۳ - ۱۳۸۴ صرفه جویی می شد. (Hekmatnia et al. 2020) نشان دادند در بین سال های ۲۰۱۸ - ۲۰۱۶ کل میزان صادرات آب مجازی ایران $10^9 \times$

⁴Green Water⁵Blue Water⁶Grey Water¹Water Embedded²Virtual Water³Virtual Water Trade

که، IR_{Irr} نیاز خالص آبیاری^۲ (mm)، IE_{Irr} راندمان آبیاری^۳ (mm)، GI_{Irr} نیاز ناخالص آبیاری^۴ (mm)، در طول دوره‌ی رشد گیاه (mm)، که از اختلاف بین جمع تبخیر و تعرق واقعی محصول (ET_c) و نیاز خالص آبیاری محاسبه می‌شود. عدد ۱۰ جهت تبدیل واحد mm به m^3/ha می‌باشد (Abaei and Etedali 2014).

ردپای^۵ آب سبز (رابطه ۳) و ردپای آب آبی (رابطه ۴) بر حسب m^3/kg از تقسیم مقدار آب مصرفی آبی و مقدار آب مصرفی سبز بر مقدار محصول تولیدی (Y) محاسبه می‌شود (Hoekstra et al. 2011).

$$WF_{Green} = \frac{CWU_{Green}}{Y} \quad (3)$$

$$WF_{Blue} = \frac{CWU_{Blue}}{Y} \quad (4)$$

برای محاسبه ردپای آب خاکستری (WF_{Grey}) در شرایط فاریاب از رابطه (۵) استفاده شد (Hoekstra et al. 2011; Abaei and Etedali 2014).

$$WF_{Grey} = \frac{\alpha_{Irr} \times NAR_{Irr}}{C_{Max} - C_{Nat}} \times \frac{1}{Yield_{Irr}} \quad (5)$$

که، α درصد تلفات کودهای نیتروژن، NAR آهنگ مصرف کود (kg/ha)، C_{Max} غلظت بحرانی نیتروژن (m^3/h)، C_{Nat} غلظت واقعی آب نیتروژن در منابع عملکرد هر محصول است. غلظت بحران آب نیتروژن در منابع آب دریافت‌کننده بر اساس استاندارد US-EPA نیز 10 mg/l منظور شد و به دلیل آن که مقدار واقعی غلظت نیتروژن در منابع آب دریافت‌کننده مشخص نیست، مقدار آن صفر در نظر گرفته شد. همچنین درصد تلفات کودهای نیتروژن ۵٪ منظور شد (Abaei and Etedali, 2014).

۲-۲- توابع صادرات و واردات آب مجازی

در تابع صادرات فرض می‌شود صادرات تابعی از قیمت‌های نسبی صادراتی، سطح درآمد شرکای عمده تجاری و نرخ ارز مؤثر است (Baltagi 2008). قیمت‌های نسبی صادراتی به لحاظ اینکه منعکس‌کننده تغییر ساختار قیمت‌ها می‌باشند، به عنوان یکی از متغیرهای مهم در برآورد الگوی صادرات آب مجازی محسوب می‌شود که از تغییر قیمت یک کالا در مقایسه با شاخص قیمت کالاهای صادراتی می‌باشد. سطح درآمد شرکای عمده تجاری به عنوان یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده

۶/۲۳۲ و واردات آب مجازی ایران نیز $18/838 \times 10^9 \text{ m}^3$ می‌باشد. در این میان سهم عمده از واردات آب مجازی ایران آب سبز (۷۵/۲۱٪) و سهم عمده از صادرات آب مجازی ایران نیز آب آبی (۶۵/۳۶٪) می‌باشد.

بررسی منابع نشان داد اکثر پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص آب مجازی بر روی محصولی خاص متمرکز بوده و یا در سطح استانی انجام شده است. در این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سؤال هستیم که ایران در تجارت محصولات کشاورزی چه مقدار آب به صورت مجازی وارد و صادر می‌کند. همچنین ردپای واردات و صادرات آب مجازی به چه صورت است. در این راستا ابتدا میزان صادرات و واردات آب مجازی در تجارت بین‌المللی محصولات کشاورزی برآورد شد. سپس ردپای تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران به تفکیک آب سبز، آبی و خاکستری برای دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۱۸ محاسبه شد. در نهایت عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی ایران با استفاده از رهیافت داده‌های تابلویی بررسی شد. تاکنون موارد ذکر شده کمتر مورد توجه قرار گرفته و بررسی بیش‌تر این موارد جنبه نوآوری پژوهش می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محاسبه ردپای آب

در این پژوهش ردپای آب سبز، آبی و خاکستری تولید محصولات کشاورزی ایران با استفاده از چهارچوب پیشنهاد شده توسط (Hoekstra et al. 2012; Ababaei and Hekmatnia et al. 2020) محاسبه شد. در این چهارچوب، ردپای آب سبز و آبی محصولات کشاورزی از تقسیم مصرف آب سبز و آبی بر عملکرد محصول به دست می‌آید. برای برآورد حجم مصرف آب آبی و آب سبز ابتدا باید تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) محاسبه شود. در این مطالعه برای به دست آوردن تبخیر و تعرق مرجع از معادله فائو-پنمن-مونتیش^۱ استفاده شد (Hekmatnia et al. 2020). سپس شاخص‌های مصرف آب آبی و مصرف آب سبز با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه شد (Abaei and Etedali 2014).

$$CWU_{Blue} = IR_{Irr} = 10 \times IE_{Irr} \times GI_{Irr} \quad (1)$$

$$CWU_{Gr} = 10 \times P_{eff} = 10 \times (ET_c - IR_{Irr}) \quad (2)$$

⁴Gross Irrigation Requirements

⁵Footprint

¹FAO Penman-Monteith

²Net Irrigation Requirements

³Irrigation Efficiency



مجازی را متأثر خود می‌سازد. لذا علاوه بر دو متغیر مهم درآمد شرکای عمده تجاری و قیمت‌های نسبی صادراتی، نرخ ارز مؤثر به‌عنوان متغیر مهم دیگر نقش بسزایی در میزان صادرات آب مجازی دارد. بنابراین تابع صادرات آب مجازی به‌صورت رابطه (۶) در نظر گرفته می‌شود (Baltagi 2008):

$$\text{LnVWEt} = a + b\text{Ln wit} + c\text{Ln rept} + d\text{Ln reert}$$

به‌عنوان یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده تابع واردات آب مجازی می‌باشد. سطح درآمد بالا قدرت خرید مصرف‌کنندگان را افزایش می‌دهد و بنابراین بالا بودن درآمد داخلی میزان تقاضای واردات را افزایش می‌دهد. تغییراتی که در نرخ ارز به‌وجود می‌آید تابع واردات آب مجازی را متأثر خود می‌سازد. لذا علاوه بر دو متغیر مهم درآمد داخلی و قیمت‌های نسبی وارداتی، نرخ ارز مؤثر به‌عنوان متغیر مهم دیگر نقش بسزایی در میزان تقاضای واردات آب مجازی دارد (Baltagi 2008). بنابراین تابع واردات آب مجازی به‌صورت رابطه (۷) در نظر گرفته می‌شود:

$$\text{LnVWIt} = a + \beta\text{Ln gdpt} + \omega\text{Ln ript} + \phi\text{Ln reert}$$

در این پژوهش برای بررسی عوامل مؤثر بر تابع صادرات و واردات آب مجازی از روش خود رگرسیون برداری پانل^۱ استفاده می‌شود. در ابتدا آزمون ایستایی متغیرها صورت گرفت. برای بررسی ایستایی متغیرها از آزمون ایم پسران و شین^۲ استفاده شده است (Im et al. 1997). فرم ساختاری PVAR به‌صورت رابطه (۸) می‌باشد. (Fracasso 2014).

$$+b_{12}y_{2it} = Y_{10} + Y_{11}y_{1i,t-1} + Y_{12}y_{2i,t-1} + u_{1it}y_{1it} = Y_{20} + Y_{21}y_{1i,t-1} + Y_{22}y_{2i,t-1} + u_{2it}y_{2it} \quad (8)$$

تجارت جهانی استخراج شد. اطلاعات مربوط به صادرات آب مجازی (VWE)^۳ و واردات آب مجازی (VWI)^۴ در ۴ گروه محصول سبزی‌ها، میوه‌ها و آجیل، چای و ادویه و غلات برای دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ توسط پژوهش‌گران به‌دست آمده است. داده‌های کلان اقتصادی شامل درآمد شرکای عمده تجاری (WI)^۵، قیمت‌های نسبی صادراتی (REP)^۶، نرخ ارز مؤثر واقعی (REER)^۷، قیمت‌های نسبی وارداتی (RIP)^۸ و درآمد داخلی (GDP)^۹ می‌باشد که از سایت بانک جهانی استخراج شدند.

تابع صادرات آب مجازی است. سطح درآمد قدرت خرید مصرف‌کنندگان کالاهای داخلی و خارجی را تعیین می‌کند. بنابراین سطح درآمد کشورهای عمده شریک تجاری نقش مهمی در تقاضای محصولات آب مجازی دارد. تلاطم و نوسانی که در نرخ ارز مؤثر واقعی به‌وجود می‌آید تابع صادرات آب مجازی (۶)

که در رابطه (۶)، Ln VWEt لگاریتم تابع صادرات آب مجازی، Ln wit لگاریتم درآمد شرکای عمده تجاری، Ln rept لگاریتم قیمت‌های نسبی صادراتی و Ln reert لگاریتم نرخ ارز مؤثر می‌باشد.

در تابع واردات آب مجازی فرض می‌شود واردات تابعی از قیمت‌های نسبی وارداتی، درآمد داخلی و نرخ ارز مؤثر می‌باشد. قیمت‌های نسبی وارداتی منعکس‌کننده تغییر ساختار قیمت‌ها می‌باشند و یکی از متغیرهای مهم در برآورد الگوی واردات آب مجازی محسوب می‌شود. درآمد داخلی

که، Ln VWIt نشان‌دهنده میزان واردات آب مجازی (متغیر وابسته)، Ln gdpt لگاریتم درآمد داخلی، Ln ript لگاریتم قیمت‌های نسبی وارداتی و Ln reert لگاریتم نرخ ارز مؤثر می‌باشد.

۲-۳- روش خود رگرسیون برداری پانل

که، ضریب b_{12} صفر فرض شده است. اعمال این شرط که یکی از ضرایب b_{12} یا b_{21} صفر باشد، می‌تواند براساس تئوری اقتصادی باشد، همچنین اعمال این شرط مشکل تشخیص و بازیابی ضرایب فرم ساختاری از نتایج تخمین فرم حل‌شده را برطرف می‌سازد. در این پژوهش مدل خود رگرسیون برداری پانل با استفاده از نرم‌افزار STATA15 تخمین زده شده است.

۲-۴- داده‌های پژوهش

در این پژوهش ابتدا حجم واردات و صادرات محصولات کشاورزی ایران برای دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۱۸ از سایت مرکز

^۵World Income

^۶Relative Export Prices

^۷Real Effective Exchange Rate

^۸Relative Import Prices

^۹Gross Domestic Product

^۱Panel Vector Auto Regression

^۲IM Pesaran Shin

^۳Virtual Water Export

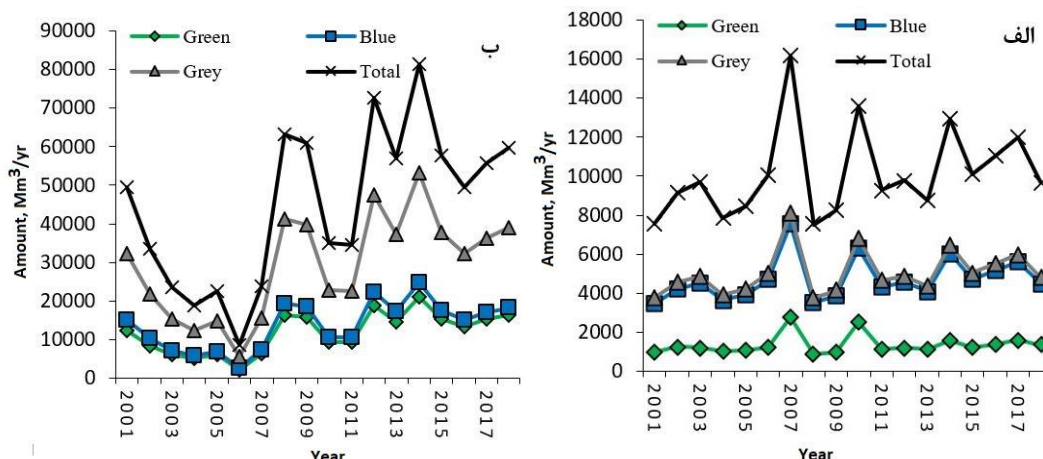
^۴Virtual Water Import

۴/۸۳ × رسیده است. این تغییرات به دلیل افزایش در حجم صادرات محصولات کشاورزی بوده است. از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ کل میزان صادرات آب مجازی ایران 10^9 m^3 بوده است و متوسط صادرات آب مجازی ایران $90/896 \text{ m}^3/\text{yr}$ بوده است و محاسبه شد. سهم عمده آن آب آبی (۶۶٪)، آب سبز (۲۷٪) و آب خاکستری (۷٪) می‌باشد. نتایج این بخش با نتایج پژوهش Hekmatnia et al. (2020) نیز همخوانی دارد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- صادرات و واردات آب مجازی

شکل (۱) روند تجارت بین‌المللی آب مجازی محصولات کشاورزی ایران از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. صادرات آب مجازی ایران دارای تغییرات سالانه بوده است. در سال ۲۰۰۱ آب مجازی که ایران به جهان صادر کرده به میزان $3/78 \times 10^9 \text{ m}^3$ بوده و این میزان در سال ۲۰۱۸ به 10^9 m^3



شکل ۱ - تجارت آب مجازی در ایران: الف- صادرات و ب- واردات آب مجازی

Fig.1 the virtual water trade in Iran: Export and b) Import virtual water

شکل (۱) نشان می‌دهد صادرات آب مجازی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ روند رو به رشدی را دارد، در سال ۲۰۰۴ کاهش می‌یابد و از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ افزایش می‌یابد. در سال ۲۰۰۷ به دلیل تحریم‌های بین‌المللی که بر بخش‌های نفت و صنعت ایران اعمال می‌شود، صادرات آب مجازی ایران افزایش می‌یابد. از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۸ نیز دارای تغییرات سالانه بود و روند ثابتی را طی نمی‌کرد. آب مجازی که ایران از جهان وارد کرده $17/1 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$ در سال ۲۰۰۱ بوده و در سال ۲۰۱۸ به میزان $20/79 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$ رسیده است. کل میزان واردات آب مجازی ایران از جهان $280/260 \times 10^9 \text{ m}^3$ بوده که متوسط سالانه آن $15/57 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$ می‌باشد. واردات آب مجازی ایران بیش‌تر از صادرات آن می‌باشد. علت آن واردات محصولات آب بر مانند غلات که نیاز آبی بالایی دارند می‌باشد. حجم واردات محصولات کشاورزی که ایران از جهان وارد کرده بیش‌تر از صادرات آن است و ایران یک وارد کننده خالص آب مجازی است. Tian et al. (2018) تجارت آب مجازی موجود در محصولات کشاورزی کشور چین را در بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ بررسی کردند. نتایج نشان داد سهم کشور چین از

تجارت جهانی آب مجازی از ۱۱/۲٪ درصد در سال ۱۹۹۵، به ۱۳/۶٪ درصد در سال ۲۰۰۹ رسید است. Brindha (2017) نشان داد کشور هند از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۳ از طریق تجارت بین‌المللی محصولات کشاورزی، $59 \times 10^9 \text{ m}^3$ آب مجازی صادر و $32 \times 10^9 \text{ m}^3$ آب مجازی وارد کرده است. Hoekstra and Hung (2005) نشان دادند سهم محصولات کشاورزی در تجارت جهانی آب مجازی $695 \times 10^9 \text{ m}^3$ در بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ بوده است. این مقایسه نشان داد در تجارت بین‌المللی محصولات کشاورزی حجم قابل توجهی آب به صورت مجازی بین کشورهای جهان جابجا می‌شود.

۳-۲- ردپای صادرات و واردات آب مجازی

در جدول (۱) میزان صادرات و واردات آب مجازی سبز، آبی و خاکستری محصولات کشاورزی ایران به تفکیک گروه محصولات برای دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۱۸ ارائه شده است. آب آبی بیشترین سهم را در صادرات آب مجازی ایران دارد. از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۱۸ در مجموع میزان 10^9 m^3 از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ در مجموع میزان $60/085$ آب مجازی آبی توسط ایران به دنیا صادر شده است که ۶۶٪ از کل صادرات آب مجازی ایران را شامل می‌شود. در

صادرات آب مجازی ایران مربوط به آب خاکستری است. در مقابل آب آبی کمترین سهم را در واردات آب مجازی ایران دارد. کل میزان واردات آب مجازی آبی نیز $10^9 \text{ m}^3 \times 35/023$ برآورد شد. از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ کل صادرات آب مجازی ایران به دنیا $10^9 \text{ m}^3 \times 90/896$ و کل آب مجازی که ایران از دنیا وارد کرده نیز $10^9 \text{ m}^3 \times 280/260$ محاسبه شد. نتایج این بخش با نتایج پژوهش Hekmatnia et al. (2020) نیز همخوانی دارد.

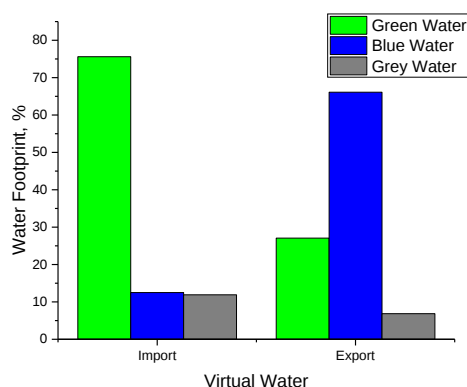
مقابل آب سبز بیشترین سهم را در واردات آب مجازی ایران دارد. ۷۶٪ از کل آب مجازی که ایران از دنیا وارد کرده، آب مجازی سبز است. از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۱۸ میزان واردات آب مجازی سبز $10^9 \text{ m}^3 \times 211/901$ می‌باشد. در صورتی که میزان صادرات آب مجازی سبز ایران به دنیا $10^9 \text{ m}^3 \times 24/597$ محاسبه شد که ۲۷٪ از کل صادرات آب مجازی ایران را شکل می‌دهد. آب مجازی سبز، آب حاصل از بارندگی است و فشاری بر منابع آب وارد نمی‌کند. آب خاکستری نیز سهم ناچیزی در صادرات آب مجازی ایران دارد. ۷٪ از

جدول ۱- واردات و صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران به تفکیک آب مجازی سبز، آبی و خاکستری (Mm^3)

Table 1 Import and export Virtual water of agricultural products of Iran by green, blue and gray virtual water (Mm^3)

Crops	Virtual Water Import				Virtual Water Export			
	Green VWE	Blue VWE	Grey VWE	Total VWE	Green VWI	Blue VWI	Grey VWI	Total VWI
Vegetables	10549.52	1140.91	7458.98	1949.63	14503.61	2829.07	367.47	11307.07
Fruit and nuts	71128.66	4515.47	47783.36	18829.83	8913.45	394.81	1026.88	7491.76
Coffee, tea, maté and spices	4437.31	178.10	3526.34	732.87	9504.61	664.51	749.35	8090.75
Cereals	4781.30	379.25	1316.52	3085.53	247339.20	29446.95	32880.25	185012.01
Total	90896.79	6213.73	60085.20	24597.86	280260.87	33335.33	35023.95	211901.58

پذیرش آن‌ها نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر نا ایستایی متغیرها رد می‌شود، یعنی کلیه متغیرهای مدل در سطح ایستا هستند. با حصول اطمینان از ایستایی متغیرها دیگر نیازی به انجام آزمون هم‌انباشستگی پانلی و هراس از کاذب بودن رگرسیون وجود نداشته و می‌توان به برآورد مدل با روش خود رگرسیون برداری پانل پرداخت.



شکل ۲- ردپای آب در آب مجازی

Fig. 2 Water footprint in virtual water

۳-۵- آزمون پایداری مدل

۳-۳- سهم آب سبز، آبی و خاکستری

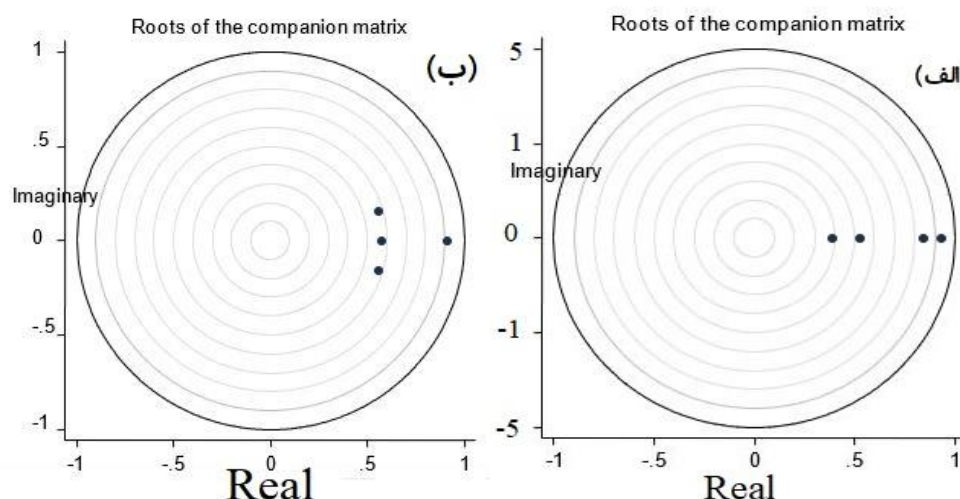
در شکل (۲) متوسط سهم آب سبز، آبی و خاکستری در تجارت آب مجازی ارائه شده است. نتایج نشان‌دهنده این واقعیت است که در تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی، ایران آب آبی (منابع آب زیرزمینی و سطحی) خود را به جهان صادر می‌کند. در مقابل آب سبز (آب باران) و آب خاکستری را وارد می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که اکثر کشورهای جهان محصولاتی را تولید می‌کنند که بیشترین استفاده را از منابع آب باران دارند. همچنین الگوی کشت منطقه‌ای به‌استفاده حداکثری از آب باران توجه دارد و نیز سیاست‌های صادرات محصولات کشاورزی آن‌ها با توجه به همین موضوع انجام می‌شود. این موضوع هم باعث ایجاد درآمد ارزی و هم باعث ذخیره منابع آب آن کشورها می‌شود. در صورتی که آب آبی، مهم‌ترین منبع آب برای تولید محصولات کشاورزی در داخل ایران بود.

۳-۴- آزمون ایستایی متغیرها

فرضیه صفر آزمون ایم پسران و شین بیانگر نا ایستایی متغیرهاست. بررسی مقادیر آماره محاسبه شده و احتمال

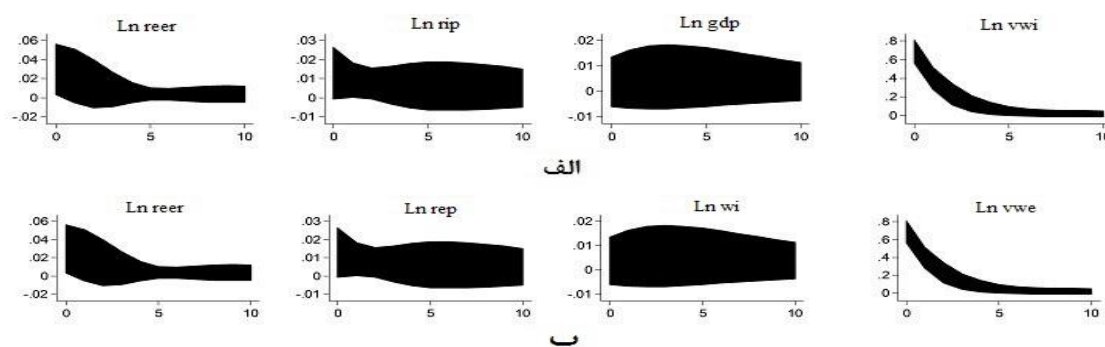
برآورد تابع صادرات آب مجازی و تابع واردات آب مجازی را نشان می‌دهند. به دلیل اینکه همه مقادیر ویژه درون دایره واحد قرار دارند، شرط پایداری برقرار بوده و بنابراین مدل برآوردی پایدار است. نتایج آزمون پایداری مدل با نتایج Pourmehri et al. (2019) همخوانی دارد. Pourmehri et al. (2019) نشان دادند در مدل PVAR اگر درایه‌های ماتریس همراه و مقادیر ویژه کمتر از ۱ باشند، مدل پایدار است.

(2005) و (1994) Hamilton مشخص نمودند که مدل خود رگرسیون برداری در صورتی پایدار است که کلیه درایه‌های ماتریس همراه اکیداً کوچک‌تر از یک باشند. برقراری شرط پایداری متضمن معکوس‌پذیر بودن مدل خود رگرسیون برداری پانل و امکان نمایش آن به صورت میانگین متحرک برداری از مرتبه بی‌نهایت^۱ است که تفسیر توابع واکنش ضربه‌ای برآوردی و تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی^۲ را فراهم می‌کند (Fracasso 2014). شکل (۳) مقادیر ویژه^۳ برای



شکل ۳- ریشه‌های ماتریس همراه: الف- واردات و ب- صادرات آب مجازی

Fig. 3 the Matrix roots associated with: a) Import and b) Export virtual water



شکل ۴- توابع واکنش ضربه‌ای برای: الف- واردات و ب- صادرات آب مجازی

Fig. 4 Impact response functions for: a) import and b) export virtual water

۳-۶- توابع واکنش ضربه‌ای
در شکل (۴-الف) واکنش تابع واردات آب مجازی ($\ln vwi$)^۴ نسبت به شوک‌های نرخ ارز مؤثر واقعی ($\ln reer$)^۵، قیمت-های نسبی وارداتی ($\ln rip$)^۶ و درآمد داخلی ($\ln gdp$)^۷ طی دوره‌های ۵ و ۱۰ ی‌ت بررسی شد. با توجه به توابع عکس‌العمل آنی که در شکل (۴-الف) مشاهده می‌شود، واکنش واردات آب مجازی نسبت به نرخ ارز مؤثر واقعی در ابتدای دوره نزولی بوده و در طی دوره مورد بررسی ۱۰ ساله

۱Infinite-order Vector Moving-Average (VMA)
۲Forecast – error Variance Decomposition
۳Eigenvalue
۴Ln Virtual Water Import

^۵Ln Real Effective Exchange Rate

^۶Ln Relative Import Prices

^۷Ln Gross Domestic Product

۹۳٪ بر خودش بوده است. بعد آن بیشترین سهم از شوک ناشی از صادرات آب مجازی مربوط به قیمت‌های نسبی صادراتی است که در دوره ۱۰ Yr به ۰/۰۶٪ رسیده است. نرخ ارز مؤثر واقعی کم‌ترین تأثیر را داشته است. همچنین بیش‌ترین سهم ناشی از تکانه درآمد شرکای عمده تجاری بر درآمد شرکای عمده تجاری می‌باشد و به میزان ۰/۹۷٪ در دوره ۵ Yr رسیده است. بعد از آن بیش‌ترین سهم را به ترتیب قیمت‌های نسبی صادراتی و صادرات آب مجازی به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۱ داشته است. بیش‌ترین تأثیرپذیری را از شوک قیمت‌های نسبی صادراتی مربوط به قیمت‌های نسبی صادراتی است که در دوره ۱۰ Yr به ۰/۰۶ رسیده است. کم‌ترین تأثیرپذیری را ناشی از شوک قیمت‌های نسبی صادراتی را نرخ ارز مؤثر واقعی داشته است. در ادامه بیش‌ترین سهم ناشی از تکانه نرخ ارز مؤثر واقعی در دوره ۵ Yr بر قیمت‌های نسبی صادراتی مؤثر بوده است و حدود ۰/۵۹٪ بوده است. بعد از آن بیش‌ترین سهم از تکانه ناشی نرخ ارز مؤثر واقعی بر قیمت‌های نسبی صادراتی مؤثر بوده است که در دوره ۱۰ Yr به ۰/۵۴٪ رسیده است. تأثیرپذیری ناشی از شوک نرخ ارز مؤثر واقعی از نرخ ارز مؤثر واقعی در طی ۱۰ Yr حدود ۰/۱۲٪ بوده و کم‌ترین تأثیر را درآمد شرکای عمده تجاری دارا بوده است.

تقریباً یکنواخت می‌باشد. واکنش واردات آب مجازی به متغیر قیمت‌های نسبی وارداتی در ابتدای دوره نزولی است و سپس روند یکنواخت بوده است. شوک وارد شده بر درآمد داخلی بر واردات آب مجازی در ابتدای دوره معنی‌دار و کاهشی بوده و در طی دوره ۱۰ ساله روند یکنواخت بوده است. در شکل (۴-ب) واکنش صادرات آب مجازی ($\ln vwe$)^۱ به ترتیب به شوک‌های نرخ ارز مؤثر واقعی ($\ln reer$)، قیمت‌های نسبی صادراتی ($\ln rep$)^۲ و درآمد شرکای عمده تجاری ($\ln wi$)^۳ طی دوره‌های ۵ و ۱۰ Yr بررسی شد. واکنش صادرات آب مجازی نسبت به نرخ ارز مؤثر واقعی در دوره مورد بررسی ۱۰ Yr مثبت می‌باشد. تکانه وارده بر درآمد شرکای عمده تجاری نیز بر صادرات آب مجازی در طی دوره ۱۰ Yr روند یکنواختی داشته است. واکنش صادرات آب مجازی بر شوک صادرات آب مجازی در طی دوره مورد بررسی نزولی بوده است.

۳-۷- تجزیه واریانس

در روش تجزیه واریانس، میزان سهم و اهمیت نسبی یک شوک ناشی از هر متغیر را نسبت به خود متغیر و سایر متغیرها نشان می‌دهد. نتایج جدول (۲) نشان داد که بیش‌ترین سهم ناشی از تکانه صادرات آب مجازی در طی ۱۰ Yr به میزان

جدول ۲- تجزیه واریانس صادرات آب مجازی

Table 2 variance decomposition of virtual water export

Variables	Period	$\ln vwe$	$\ln wi$	$\ln rep$	$\ln reer$
$\ln vwe$	5	0.96	0.00	0.03	0.000
$\ln vwe$	10	0.93	0.00	0.06	0.000
$\ln wi$	5	0.01	0.97	0.00	0.007
$\ln wi$	10	0.01	0.96	0.01	0.002
$\ln rep$	5	0.34	0.01	0.64	0.002
$\ln rep$	10	0.38	0.01	0.60	0.002
$\ln reer$	5	0.15	0.06	0.58	0.192
$\ln reer$	10	0.28	0.05	0.53	0.118

طی ۱۰ Yr بوده است. در مورد تکانه وارده از سوی درآمد داخلی بیش‌ترین تأثیر را از خود متغیر به میزان ۰/۹ در ۱۰ Yr بوده است و کم‌ترین تأثیرپذیری ناشی از شوک درآمد داخلی بر نرخ ارز مؤثر واقعی به میزان ۰/۰۰۲ رسیده است. تکانه قیمت‌های نسبی وارداتی بیش‌ترین تأثیر (در دوره ۵ ساله) از آن قیمت‌های نسبی وارداتی به میزان ۰/۴۹ بوده است

بررسی تجزیه واریانس واردات آب مجازی (جدول ۳) نشان داد که بیش‌ترین سهم ناشی از تکانه واردات آب مجازی بر خود متغیر واردات آب مجازی می‌باشد و به میزان ۰/۸۳ در دوره ۱۰ Yr رسیده است. بعد از آن بیش‌ترین سهم را به ترتیب درآمد داخلی، قیمت‌های نسبی وارداتی و نرخ ارز مؤثر واقعی داشته است که به ترتیب به میزان ۰/۰۷ و ۰/۰۷ و ۰/۰۲ در

³ $\ln$ World Income

¹ $\ln$ Virtual Water Export

² $\ln$ Relative Export Prices

وارداتی دیده است. در مورد شوک نرخ ارز مؤثر واقعی بیش-ترین تأثیر بر قیمت‌های نسبی وارداتی در دوره ۱۰ Yr به میزان ۰/۴۸ داشته و سپس نرخ ارز مؤثر واقعی از تکانه نرخ ارز مؤثر واقعی تقریباً ۰/۲۵ تأثیر پذیرفته است. سومین متغیر تأثیرگذار ناشی از شوک نرخ ارز مؤثر واقعی را درآمد داخلی داشته که به حدود ۰/۲۲ رسیده است و کم‌ترین تأثیر ناشی از شوک نرخ ارز مؤثر واقعی را واردات آب مجازی به میزان ۰/۰۴ در دوره ۱۰ Yr دارا بوده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس واردات آب مجازی

Table 3 variance decomposition of virtual water import

Variables	Period	Ln vwi	Ln gdp	Ln rip	Ln reer
Ln vwi	5	0.889	0.017	0.072	0.020
Ln vwi	10	0.833	0.075	0.071	0.019
Ln gdp	5	0.015	0.928	0.054	0.001
Ln gdp	10	0.018	0.904	0.075	0.002
Ln rip	5	0.046	0.458	0.490	0.004
Ln rip	10	0.033	0.674	0.288	0.003
Ln reer	5	0.046	0.169	0.511	0.273
Ln reer	10	0.044	0.225	0.479	0.25

جدول ۴- آزمون علیت برای صادرات و واردات آب مجازی

Table 4 Causality test for export and import virtual water

Virtual water import			Virtual water export		
Possibility	Chi-squared test		Possibility	Chi-squared test	
0.000	17.66	LN GDP	0.343	0.899	LN GDP
0.000	89.50	LN RIP	0.000	53.633	LN REP
0.000	12.26	LN REER	0.101	2.697	LN REER
0.000	120.95	Total	0.000	63.005	Total

۱۲۰/۹۵ معنی‌دار شده است. در تمامی توابع واردات آب مجازی مشخص شد که بین قیمت‌های نسبی وارداتی، درآمد داخلی و نرخ ارز مؤثر واقعی بر واردات آب مجازی رابطه علیت صادق است. نتایج این بخش با نتایج (2014) Fracasso و (2019) Duarte et al. مطابقت دارد. (2019) Duarte et al. با استفاده از مدل جاذبه به تعیین عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی پرداختند. نتایج نشان داد متغیرهای کلان اقتصادی مانند نرخ ارز و درآمد جهانی تأثیر مثبتی بر تجارت آب مجازی بین کشورها دارد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه هدف بررسی عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران، به تفکیک آب سبز، آبی و

۳-۸- آزمون علیت برای صادرات و واردات آب مجازی

بر طبق جدول (۴) آزمون علیت صادرات آب مجازی نشان می‌دهد که قیمت‌های نسبی صادراتی بر صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران تأثیر بسزایی دارد و قیمت نسبی با آماره کای دو ۵۲/۶۳۳ معنی‌دار شده است. بنابراین طبق نتایج کل مدل نیز از نظر آماری معنی‌دار شده است. آزمون علیت صادرات آب مجازی نشان می‌دهد که نرخ ارز مؤثر واقعی بر صادرات آب مجازی رابطه دارد و در سطح ۱۰٪ معنی‌دار است. در کل مدل با آماره کای دو ۶۳/۰۰۵ معنی‌دار شده است. آزمون علیت واردات آب مجازی نشان می‌دهد بین قیمت‌های نسبی وارداتی، درآمد داخلی، نرخ ارز مؤثر واقعی و واردات آب مجازی کل رابطه علیت وجود دارد و مدل با آماره کای دو



۲- قیمت‌های نسبی صادراتی و نرخ ارز مؤثر واقعی بر صادرات آب مجازی تأثیر مثبت دارد. همچنین شوک وارده شده بر درآمد شرکای عمده تجاری منجر به کاهش صادرات آب مجازی می‌شود.

۳- قیمت‌های نسبی وارداتی و درآمد داخلی بیش‌ترین تأثیر را بر واردات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران دارد.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها حسب درخواست، از طرف نویسنده مسئول از طریق ایمیل قابل ارسال است.

References

- Ababaei, B. and Etedali, H. R. (2014). Estimation of water footprint components of Iran's wheat production: Comparison of global and national scale estimates. *Environ. Process.*, 1(3), 193-205.
- Abaei, B. and Etedali, H. R. (2015). Estimation of Water Footprint Compartments in National Wheat Production. *J. Water Soil*, 29(6), 1458-1468. [In Persian].
- Alamri, Y. and Reed, M. R. (2019). Estimating Virtual Water Trade in Crops for Saudi Arabia. *Am. J. Water Resour.*, 7(1), 16-22.
- Antonelli, M., Tamea, S. and Yang, H. (2017). Intra-EU agricultural trade, virtual water flows and policy implications. *Sci. Tot. Environ.*, 587, 439-448.
- Baltagi, B. (2008). *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons.
- Brindha, K. (2017). International virtual water flows from agricultural and livestock products of India. *J. Clean. Product.*, 161, 922-930.
- Duarte, R., Pinilla, V. and Serrano, A. (2019). Long term drivers of global virtual water trade: A trade gravity approach for 1965-2010. *Ecol. Econom.*, 156, 318-326.
- Fracasso, A. (2014). A gravity model of virtual water trade. *Ecological economics*, 108, 215-228.
- Fracasso, A., Sartori, M. and Schiavo, S. (2016). Determinants of virtual water flows in the Mediterranean. *Sci. Tot. Environ.*, 543(Pt B): 1054-1062.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Hekmatnia, M., Hosseini, M. and Safdari, M. (2018). Application of Fuzzy Logic in Calculation of Urban Water Tariff in Iran. *J. Hydrosoci. Environ.*, 2(4), 33-43 [In Persian].
- Hekmatnia, M., Hosseini, M. and Safdari, M. (2020). Determination and assessment of green, blue and gray water footprints in the international trade of agricultural products of Iran. *Iran. J. Irrig. Drain.*, 14(2), 446-463 [In Persian].
- Hoekstra, A. and Mekonnen, M. (2012). The water footprint of humanity. *PNAS*, 109(9), 3232-3237.
- Hoekstra, A. Y. and Hung, P. Q. (2005). Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environ. Change*, 15(1), 45-56.
- Hoekstra, A., Chapagain, K., Mekonnen, M. and Aldaya, M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., and Shin, Y. (1997). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. University of Cambridge. Revised version of the DAE working paper, (9526).
- Kiani, G. H. (2018). Study of domestic and international virtual water trade in Iran. *J. Water Soil Sci.*, 22(1), 115-125. [In Persian].
- Lamastra, L., Miglietta, P., Toma P., De Leo, F. and Massari, S. (2017). Virtual water trade of agri-food products: Evidence from Italian Chinese relations. *Sci. Total Environ.*, 599, 474-482.



- Lütkepohl, H. (2005). New introduction to multiple time series analysis. Springer Science and Business Media.
- Mekonnen, M. and Hoekstra, A. Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosys.*, 15(3), 401-415.
- Omidi, T., Bagheri, A. and Heydari, N. (2019). Water footprint analysis of sugar export/import and production in Iran for the period of 2005-2014. *Iran Water Resour. Res.*, 15(3), 78-90 [In Persian].
- Pourmehr, M., Sepehrdoust, H. and Naziri, M. K. (2019). Impact of macroeconomic and management quality variables on the profitability of private banks; using structural panel VAR approach. *J. Econom. Model. Res.*, 9(34), 201-254 [In Persian].
- Shirzadi, E., Sayehmiri, A., and Asgari, H. (2019). Investigating factors affecting virtual water trade in wheat production using gravity model. *Iran. J. Agri. Econom. Develop. Res.*, 50(3), 501-513. [In Persian].
- Tian, X., Sarkis, J., Geng, Y., Qian, Y., Gao, C., Bleischwitz, R. and Xu, Y. (2018). Evolution of China's water footprint and virtual water trade: A global trade assessment. *Environ. Int.*, 121, 178-188.



Research Paper

Factors affecting the Virtual Water Trade of Agricultural Crops of Iran (Application of Panel Vector Autoregression Model)

Mehran Hekmatnia¹, Mehdi Sadari^{2*}, Seyyed Mehdi Hosseyni³ and Amir Dadras Moghadam³

¹PhD Scholar, Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

²Assoc. Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

³Assist. Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

*Corresponding author: mahdalis@eco.usb.ac.ir

Received: September 23, 2020

Revised: November 23, 2020

Accepted: April 23, 2021

Abstract

The physical trade of agricultural crops from a country to another one involves the virtual transfer of water resources or the virtual water trade. Because agricultural commodities contain a lot of water embedded. The aim of this paper was to quantify the volumes of the virtual water trade of crops of Iran in 2001–2018 and to assess the effective factors on the virtual water trade of crops of Iran. Initially, water footprint and virtual water trade were calculated. Macroeconomic variables affecting virtual water trade were identified and determined by the virtual water import and export functions. Then, the unit root test of the variables was performed by the Im Pesaran Shin test and the PVAR model was used for the factors affecting the virtual water trade. The results showed that the relative export price has the greatest impact on the virtual water export of crops of Iran. The shock on the income of major trading partners has led to a decline in virtual water exports. Regarding the import function, it was found that relative import prices and domestic income has a major impact on the import of virtual water of Iranian agricultural crops. The calculations of the virtual water showed that Iran has exported $90.896 \times 10^9 \text{ m}^3$ virtual water from 2001 to 2018. Out of which, approximately 27.06% was green water, 66.10% blue water, and 6.84% gray water. The amount of virtual water import estimated was $280.260 \times 10^9 \text{ m}^3$, 75% of which was green water.

Keywords: Blue Water; Gray Water; Green Water; Virtual Water Export; Virtual Water Import.