



برآورد بیلان آب مجازی در بخش کشاورزی در استان هرمزگان طی دهه گذشته

ام‌البنین بذرافشان^{1*}، شهلا دهقان‌پیر²، ارشک حلی‌ساز¹

1. استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
2. دانش‌آموخته، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

* نویسنده مسئول: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: 1396/05/15 تاریخ پذیرش: 1396/10/20

چکیده

کمبود بارش و به تبع آن کمبود منابع آب شیرین در استان هرمزگان، قرار گرفتن استان در اقلیم خشک و همچنین تلفات آب در بخش کشاورزی موجب بحران جدی آب طی دو دهه اخیر شده است. پژوهش حاضر با هدف کاربرد آب مجازی در مدیریت منابع آبی مناطق خشک و بیابانی انجام شد. لذا حجم آب مجازی، بیلان صادرات و واردات و ارزش آب مجازی برای 12 محصول عمده کشاورزی استان هرمزگان در سال‌های 1384 تا 1394 بررسی شد. نتایج نشان داد در بین محصول‌های مورد بررسی در استان هرمزگان، با در نظر گرفتن راندمان آبیاری، نخیلات، جو آبی و سیب‌زمینی به ترتیب با 98/8، 43/7 و 5/1 میلیون مترمکعب، دارای بیشترین مقدار حجم آب مجازی مبادلاتی اند. حجم آب مجازی گروه سبزیجات و نخیلات 0/07 و 3/8 مترمکعب آب به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی است که به ترتیب در دسته محصولات کم و پرمصرف قرار می‌گیرند. همچنین مقدار صادرات و واردات آب مجازی محصول‌های مورد بررسی در استان هرمزگان به ترتیب 20434/2 و 1120/9 میلیون مترمکعب بوده که به ترتیب دارای ارزش 2122/8 و 133/1 میلیون ریال هستند. این در حالی است که استان هرمزگان دارای پتانسیل کمی در استفاده از آب سبز بوده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود الگوی کشت استان با در نظر گرفتن ذخیره آب سبز و معرفی محصولات مقاوم به کم‌آبی پیش رود و با تأکید بر تولید محصولات با نیاز آبی کمتر و سود بیشتر، فشار بر منابع آبی استان را کاهش داده تا بتوان به امنیت بلندمدت غذایی و کشاورزی پایدار در استان رسید.

واژگان کلیدی: آب سبز؛ آب آبی؛ تراز تجارت؛ محصولات آب‌بر

n مقدمه

نقش مهمی در تولید ایفا می‌کند (11). این بخش در ایران 92% از سهم منابع آب شیرین تجدیدپذیر را مورد استفاده قرار می‌دهد (30). استان هرمزگان در مناطق بیابانی ساحلی ایران قرار گرفته که به واسطه توسعه اقتصادی و رشد جمعیت طی دو دهه گذشته تحت تأثیر فشار شدید منابع آبی قرار گرفته است (7، 1). در این

حدود 85% منابع آب تجدیدپذیر روی زمین توسط بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (27) که مقدار آن از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است (27). بیش از 60% سطح ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک دربر گرفته که آبیاری در بخش کشاورزی در این مناطق

استان بیش از 90% از منابع آب شیرین در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (18). آبی که در تولید یک محصول کشاورزی یا صنعتی طی فرایند تولید مصرف می‌شود آب مجازی موجود در آن محصول نامیده می‌شود (8). تجارت آب مجازی می‌تواند ابزاری در حل مشکلات جغرافیایی سیاسی و حتی جلوگیری از جنگ بر سر آب باشد (2). آب مجازی معیار و ابزاری اساسی در نشان دادن مصرف واقعی بخش کشاورزی با تلفیق مفاهیم کشاورزی و اقتصادی در بحث تولید است (33). یک منطقه می‌تواند با انتخاب خود به‌عنوان واردکننده آب مجازی (در مقابل آب واقعی) خود را از فشار بر منابع آبی‌اش آزاد سازد (36). بنابراین، فرایند جریان آب مجازی عنصری مهم برای بهبود کارایی مصرف آب و رفع فشار وارده به منابع آب محلی است (24). از دهه 1990 تاکنون محققان زیاده‌جریان آب مجازی تعبیه‌شده در واردات یا صادرات محصولات کشاورزی بین کشورها یا مناطق را برآورد کرده‌اند (1، 12). همچنین دیگر بررسی‌ها بر این مسئله تأکید کرده‌اند که تجارت آب مجازی از طریق واردات کالاهای آب‌بر همچون غلات از کشور یا منطقه‌ای با منابع آبی فراوان‌تر، قادر به حل مسئله کمبود آب محلی و بهبود کارایی مصرف آب جهانی است (14، 17، 34). تولید کالا و خدمات به‌طور کلی به آب نیازمند است. برای ناحیه کم‌آب، پذیرفتن سیاست محصول‌های تولیدی و صادراتی با نسبت میزان کم آب مجازی و محصولات وارداتی که حاوی آب مجازی بیش‌تر هستند، جالب است (14). به همین دلیل تجارت آب مجازی بین دو کشور به حجم آب مجازی محصولات تجاری و حجم فیزیکی تجارت محصولات وابسته است (17). در دهه‌های پیش رو، رشد جمعیت و توسعه اقتصادی در کنار تشدید کمبود آب موجب زیاده‌شدن هزینه‌های تأمین آب و این موضوع، ضمن تهدید اقتصاد حوضه‌های آبخیز به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک سبب بروز مناقشات جدی بین کشورها و یا ساکنان محلی خواهد شد (4). از طرف دیگر تغییرات اقلیمی نیز سبب تشدید مسائل مربوط به کمبود آب شده و خواهد شد لذا نیاز به اتخاذ تمهیدات مناسب‌تری جهت مدیریت تقاضای آب احساس می‌شود؛ یکی از این راهکارها استفاده از مفهوم آب مجازی و

تجارت براساس آن است (22). محققان جریان آب مجازی غلات و حبوبات را در 31 استان چین براساس داده‌های مصرف آب، عملکرد تولید و مصرف غذایی (براساس جمعیت) محاسبه و کشورهای مختلف را براساس جریان‌های آب مجازی با هم مقایسه کردند (35). محققین در بریتانیا (17) و در حوضه رودخانه زرد چین (39) جریانات آب مجازی تعبیه‌شده در واردات یا صادرات محصولات کشاورزی بین کشورها یا مناطق را برآورد کرده‌اند. آنها نشان دادند کشاورزی به‌عنوان مصرف‌کننده اصلی آب در سرتاسر جهان، به‌خاطر تقاضاهای سایر بخش‌ها تحت فشار قرار گرفته و به‌خاطر تغییر وضعیت اقلیمی تهدید شده است (10). در ایران نیز طی دهه گذشته این مسئله توسط محققین و مدیران و مسئولین بخش آب مورد توجه قرار گرفته است که می‌توان به پژوهشاتی در مقیاس کل ایران (4، 27، 1، 23)، در استان خراسان (29)، در استان هرمزگان (5)، در استان کرمان (21)، در حوزه آبخیز دشت رفسنجان (9)، در استان خراسان جنوبی (3)، در استان همدان (38) و در دشت قزوین (32) به تحلیل وضعیت بحران آب در کشور، الزام مدیریت آب در سطح استان‌ها و کشور بر اساس مفهوم آب مجازی، ردپای آب و تجارت آب مجازی پرداختند. یافته‌های پژوهش‌ها نشان می‌دهد، ایران در حال حاضر یکی از بزرگ‌ترین واردکنندگان آب مجازی است. این در حالی است که یک‌دهم این مقدار، آمار صادرات آب مجازی از کشور است که مختص محصولات آب‌بر و کم‌ارزش است (11). نتایج محققان در برآورد آب مجازی نشان داد که از میان 21 نوع محصول غذایی بررسی‌شده غلات، حبوبات، خشکبار (پسته و گردو) و دانه‌های روغنی محصولاتی پرمصرف در ایران به‌شمار می‌آیند (27). محققان به بررسی ردپای بوم‌شناختی (اکولوژیک) آب و شاخص‌های آب مجازی در محصولات پسته و خرما در استان کرمان پرداختند. نتایج نشان داد استان کرمان کم‌آب است؛ بنابراین کاهش فشار وارده بر منابع داخلی، مستلزم بهره‌گیری بیشتر از استراتژی مبادله آب مجازی در واردات محصولات با نیاز آبی بالا به استان است (21). محققان در پژوهشی به بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص رد پای آب در استان خراسان

بهینه‌سازی الگوی کشت، افزایش بهره‌وری کارایی آب و استفاده پایدار از آن در بخش کشاورزی امری مهم است.

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش، حجم آب مجازی برای 12 محصول منتخب در چهار گروه سبزیجات برگی، صیفی - جالیزی، زراعی و باغی استان هرمزگان بررسی شد. اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت، عملکرد در واحد سطح، مقدار تولید، راندمان آبیاری، تاریخ کشت و تیپ خاک محصول‌های منتخب از سالنامه سازمان جهاد کشاورزی استان هرمزگان (19) طی سال‌های 1384-1394 استخراج گردید. همچنین داده‌های اقلیمی 11 ایستگاه سینوپتیک از سازمان هواشناسی استان تهیه شد (20) که داده‌ها شامل: سری زمانی بارش، درصد رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا و سرعت باد طی دوره آماری 1384-1394 است. آمار مربوط به منابع آبی دشت‌های استان طی سال‌های 1384 تا 1394 از شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان (18) تهیه شد.

مدل کراپ‌وات

کراپ وات یک سیستم پشتیبان است که به وسیله بخش توسعه آب و زمین سازمان فائو برای برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری ایجاد شده است (17). کراپ وات ابزار کاربردی مشترکی است که به کمک آن هواشناسان و متخصصان کشاورزی و مهندسان آبیاری پارامترهای تبخیر و تعرق مرجع، نیاز آبی و آبیاری محصول‌های را تخمین می‌زنند. همچنین در مورد طرح‌های ویژه مدیریتی و برنامه‌های آبیاری، زمانی که با کمبود آب مواجه هستند، به‌عنوان یک راهنما برای بهبود عملیات آبیاری و زمان‌بندی آبیاری عمل می‌کند.

محاسبه اجزای رد پای آب

با استفاده از اطلاعات سطح زیرکشت استان، مقادیر میانگین وزنی ده‌ساله متغیرها برای هر دسته از محصول‌های کشاورزی محاسبه شد. مقدار نیاز آبی

جنوبی پرداختند. میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی استان خراسان جنوبی حدود 1312 متر مکعب برای تولید هر تن محصول است (3). محققان با استفاده از حسابداری رد پای آب به ترکیب بهینه کشت در دشت قزوین پرداختند. نتایج نشان داد با در نظر گرفتن سناریوی مناسب می‌توان به حفظ منابع آب دست یافت. با توجه به مطالعات انجام‌شده، آب از منابع کم‌یاب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و سهم زیادی از آب مورد استفاده برای کشاورزی استفاده می‌شود (32). در استان هرمزگان، که دارای اقلیم خشک و فراخشک است (6)، بیشتر محصول‌های زراعی وابستگی صددرصدی به آبیاری دارند (5) و تولید محصول‌های کشاورزی آبربر می‌تواند فضا را برای صادرات آب مجازی فراهم آورد، این در حالی است که کشت محصول‌های آبربر با بهره‌وری پایین در این استان بخش اعظم محصول‌های کشاورزی را در بر می‌گیرد. عدم رعایت الگوی کشت بر مبنای مفهوم آب مجازی در استان در حال حاضر لطمات جبران‌ناپذیری به منابع آب زیرزمینی در دشت‌های مختلف در جای‌جای استان وارد نموده است. بر این اساس، پژوهش حاضر به محاسبه رد پای آب، بیان آب مجازی، حجم صادرات و واردات و ارزش اقتصادی آب مجازی در استان هرمزگان طی دهه گذشته پرداخته تا بر اساس آن به پیشنهاد الگوی کشت مناسب در جهت مصرف محصول‌های کم‌مصرف و باارزش نیل یابد.

n مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان هرمزگان با قرار گرفتن در نوار ساحلی جنوبی ایران، دارای شرایط اقلیمی خشک و فراخشک بوده که میزان متوسط بارش سالانه آن 200 میلی‌متر، متوسط درجه حرارت 25 درجه سانتیگراد و تبخیر سالانه 4000 میلی‌متر است (7). چالش منابع آب شیرین در دهه گذشته در این استان به‌واسطه توسعه اقتصادی، کشاورزی و افزایش جمعیت امری اجتناب‌ناپذیر است (5). در این استان بیش از 94% از آب شیرین سطحی و زیرزمینی موجود صرف بخش کشاورزی می‌شود (18) لذا

سرویس حفاظت خاک آمریکا (USDA) براساس میزان بارش در دوره رشد محاسبه گردید.

$$ET_{green} = \min (ET_c, P_e) \quad (3)$$

$$ET_{blue} = \max (0, ET_c - P_e) \quad (4)$$

مقدار تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) با استفاده از مدل کراپوات براساس روش فائو پنمن - مونتیت (8) و تبخیر و تعرق گیاهی از رابطه 5 و تبخیر و تعرق مرجع از رابطه 6 محاسبه گردید (12).

$$ET_c = K_c ET_o \quad (5)$$

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (6)$$

پس از محاسبه اجزای ردپای آب آبی و آب سبز، برای هریک از محصول های، مجموع هریک از این اجزا در سطح استان به صورت متوسط وزنی این مقادیر با استفاده از روابط 7 و 8 محاسبه گردید (1):

$$WFV_{i,x} = Prod_{i,x} WF_{i,x} \quad i = 1, \dots, 12 \quad (7)$$

$$AWF_{i,x} = \frac{\dot{a}_i WFV_{i,x}}{\dot{a}_i Prod_{i,x}} \quad (8)$$

در رابطه 7 و 8، *i* شاخص محصول و *x* جزو ردپای آب (آبی و سبز) است. سایر اجزای مورد استفاده در محاسبه ردپای آب در جدول (1) ارائه گردید.

واقعی¹ محصول در منطقه براساس توازن رطوبت خاک و تبخیر و تعرق با استفاده از مدل کراپوات حساب شد (30). نیاز آبی واقعی هر محصول در منطقه موردنظر براساس آب آبی، آب سبز و تبخیر و تعرق است (1). آب سبز عبارت است از مقدار آب موجود برای محصول که در محدوده غیراشباع خاک ذخیره شده است و طی فصل رشد از طریق بارش موثر² تامین می گردد و آب آبی عبارت است از آب سطحی و زیرزمینی که در فرایند تولید محصول مورد استفاده قرار می گیرد (11).

ردپای آب، شاخصی برای نشان دادن حجمی از آب است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم برای تولید کالا مصرف می شود. ردپای آب سبز، به سهم آب حاصل از بارش موثر مرتبط است. ردپای آب آبی، حجم آبی که در تولید محصول مورد استفاده قرار می گیرد، به نیاز خالص اشاره دارد. (17). در رابطه 1، ردپای آب سبز و رابطه 2 ردپای آب آبی بر حسب متر مکعب در هر تن عملکرد محصول است (31).

$$WF_{green} = \frac{[CWU]_{green}}{Y} = 10 \frac{[ET]_{green}}{Y} \quad (1)$$

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} = 10 \times \frac{ET_{blue}}{Y} \quad (2)$$

تبخیر و تعرق آب آبی و آب سبز طی دوره رشد محصول با استفاده از مدل کراپوات (16) و مقدار تبخیر و تعرق آب سبز و آبی از رابطه 3 و 4 محاسبه گردید. همچنین میزان بارش موثر طی فصل رشد هر گیاه در منطقه موردنظر با استفاده از مدل کراپوات و روش

جدول 1- اجزای ردپای آب، توصیف و واحد هریک از اجزا

نام عامل	توصیف	واحد	نام عامل	توصیف	واحد
WF _{green}	ردپای آب سبز	m ³ /ton	ET _{green,blue}	تبخیر و تعرق آب سبز و آبی	mm
WF _{glue}	ردپای آب آبی	m ³ /ton	Y	عملکرد هر محصول	ton/ha
CWU _{green,blue}	نیاز آبی واقعی سبز و آبی	m ³ /ha	ET _c	تبخیر و تعرق گیاه	mm
P _e	مجموع بارندگی موثر در طول دوره رشد گیاه	mm	ET _o	تبخیر و تعرق گیاه مرجع	mm
Δ	شیب فشار بخار اشباع	KPa/°C	R _n	میزان تشعشعات خالص خورشیدی	MJ/m ² /day
G	شار حرارتی خاک	MJ/m ² /day	T	دمای هوا	°C
e _s	فشار بخار اشباع	KPa	U ₂	سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین	m/s
Prod	حجم تولید هر محصول	Million ton	e _a	فشار بخار واقعی هوا	KPa
AWF	متوسط هر یک از اجزای ردپای آب	m ³ /ton	WFV	کل حجم هر یک از اجزای ردپای آب	Million m ³

مراحل انجام پژوهش

مقدار حجم ردپای آب مجازی در بخش صادرات و واردات با بهره‌گیری از رابطه‌های 9 و 10 محاسبه شد.

$$VWI_{i,j} = W F V_{i,x,j} * I_{i,j} \quad (9)$$

$$VWE_{i,j} = W F V_{i,x,j} * E_{i,j} \quad (10)$$

$VWI_{i,j}$ واردات سالانه محصول 3 در سال (m^3) j و $VWE_{i,j}$ صادرات سالانه محصول 4 در سال (y^{-1}) j مقدار واردات سالانه آب مجازی محصول i در سال j $(m^3 y^{-1})$ و $E_{i,j}$ مقدار صادرات سالانه آب مجازی محصول i در سال j $(m^3 y^{-1})$ است.

کل واردات آب مجازی و کل صادرات آب مجازی برای منطقه از رابطه 11 و 12 محاسبه شد.

$$TVWI_j = \sum_{i=1}^m (VWI_{i,j}) \quad (11)$$

$$TVWE_j = \sum_{i=1}^n (VWE_{i,j}) \quad (12)$$

که $TVWI_j$ کل واردات آب مجازی در سال (m^3) j و $TVWE_j$ کل صادرات آب مجازی در سال (m^3) j تعداد محصول های وارد شده و n تعداد محصول های غذایی صادر شده مورد بررسی اند (13). کل مبادله خالص آب مجازی $(TNVWT)$ عبارت است از کل انتقال خالص آب مجازی منطقه در سال j $(m^3 y^{-1})$.

$$TNVWT_j = TVWI_j - TVWE_j \quad (13)$$

شدت مصرف آب مجازی در بخش کشاورزی و بررسی میزان وابستگی منطقه به واردات آب با استفاده از رابطه 14 محاسبه گردید (13).

$$WI = \frac{WU}{WA} \times 100 \quad (14)$$

WI شدت مصرف آب به درصد، WU کل برداشت داخلی آب برای تولید محصول های کشاورزی،

WA ، $(m^3 y^{-1})$ کل منابع آب موجود در منطقه $(m^3 y^{-1})$.

WS : شاخص کم‌آبی عبارت است از نسبت کل آب مصرف شده به کل منابع آب موجود در منطقه و WU کل آب مصرفی استان در بخش کشاورزی (بر حسب متر مکعب در سال) و TWU کل منابع آبی موجود در استان (بر حسب متر مکعب در سال) است که از رابطه 15 محاسبه شد (13).

$$WS = \frac{WU}{TWU} \quad (15)$$

WD : شاخصی که منعکس کننده اتکای یک منطقه به منابع آب خارجی از طریق واردات آب مجازی است (رابطه 16) (13).

WSS : شاخصی که منعکس کننده وابستگی و اتکای یک منطقه به منابع آب خارجی از طریق واردات آب مجازی است (رابطه 17). اگر خودکفایی آب به صفر نزدیک شود، آن گاه یک منطقه به شدت به وارد کردن آب به صورت مجازی متکی است (13).

WD : شاخصی که منعکس کننده اتکای یک منطقه به منابع آب خارجی از طریق واردات آب مجازی است (رابطه 16) (13).

$$WD = \frac{TNVWI}{WU + TNVWI} * 100 \quad (16)$$

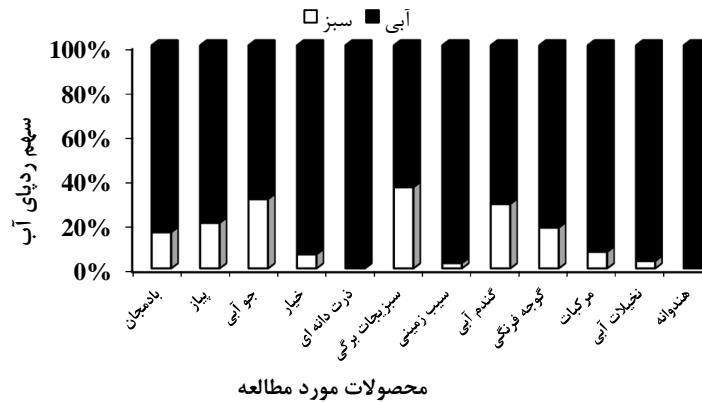
$$WSS = 100 - WD \quad (17)$$

WU : کل برداشت داخلی آب برای تولید محصول های کشاورزی، $TNVWI$: کل واردات خالص آب مجازی منطقه. محدوده شاخص WD بین صفر تا 100 متغیر است؛ اگر وابستگی به آب یک منطقه به 100 درصد نزدیک شود می‌توان گفت آن منطقه به طور کامل به واردات آب مجازی متکی است (13).

برای به دست آوردن ارزش ردپای آب مجازی محصول های وارداتی و صادراتی، از مفاهیم ردپای اقتصادی استفاده شد که با روابط 18 و 19 محاسبه گردید؛ در این روابط $WF_{(Green)}$ ردپای اقتصادی آب سبز، $WF_{(Blue)}$ ردپای اقتصادی آب آبی بر حسب متر مکعب

⁴ Virtual Water Export

³ Virtual Water Import



شکل 2- سهم ردپای آب سبز و آبی در محصول های عمده زراعی و باغی استان هرمزگان

جدول 2- ردپای آب آبی و سبز در محصول های اصلی آبی استان هرمزگان

گروه محصول های	نام محصول	عملکرد (ton/ha)	عمق آب (mm)			ردپای آب (m ³ /ton)	
			تبخیر و تعرق	باران موثر	نیاز خالص آبیاری (mm)	سبز	آبی
سبزیجات	سبزیجات برگی	23/470	265	97	168	47/431	82/149
صیفی و جالبیزی	بادمجان	29/353	515	84	431	29/002	148/807
	پیاز	21/662	496	105	407	49/807	185/473
	خیار	32/583	377	26	386	10/010	135/139
	گوجه فرنگی	29/4	493	91	402	33/309	147/143
زراعی	هندوانه	50/469	417	0	417	0	183/694
	سیب زمینی	24/542	382	9	373	4/517	187/188
	جو آبی	2/260	291	91	200	418/529	919/844
	گندم آبی	5/274	306	89	217	199/503	486/430
باغی	ذرت دانه ای	7/232	659	0	659	0	931/241
	مرکبات	11/093	1129	84	1045	76/461	951/211
	نخیلات	4/119	1554	51	1503	124/110	3657/608

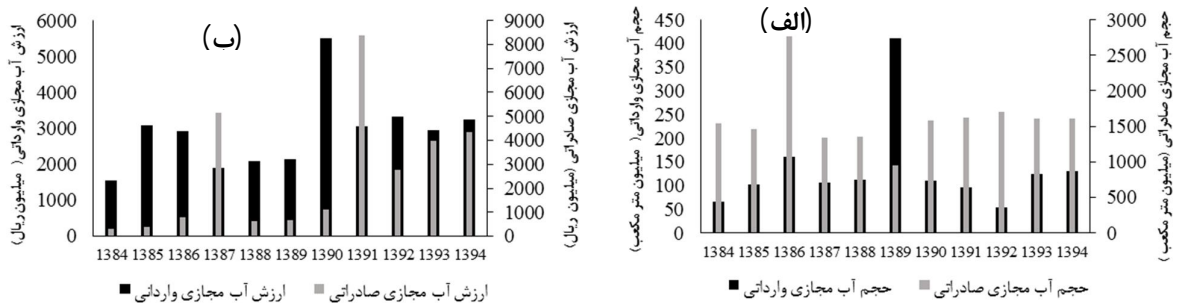
استان هرمزگان (19)، حجم ردپای صادرات آب مجازی در استان طی این دوره 1857/7 میلیون متر مکعب با ارزش 133/1 میلیون ریال و حجم ردپای آب مجازی وارداتی 101/9 میلیون متر مکعب و ارزش 2122/9 میلیون ریال است. با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین تجارت آب مجازی در استان به واسطه صادرات محصول های کشاورزی بوده که دارای ارزش اقتصادی کمی نسبت به آب مجازی وارداتی به استان بوده است. مطالعه محققان در مناطق خشک و نیمه خشک ایران مانند استان خراسان (29)، هرمزگان (5)، کرمان (21)، خراسان جنوبی (3)، همدان (38) و قزوین (32) نیز تاییدکننده این مطلب است که این مناطق با وجود مشکلات و

ارزش و بیابان صادرات - واردات آب مجازی در محصول های کشاورزی

ارزش آب مجازی محصول های کشاورزی به این معنی است که هر متر مکعب آب، که در تولید هر محصول به مصرف رسیده است، معادل چه ارزش ریالی است. در واقع با محاسبه ارزش ریالی آب مجازی محصول های کشاورزی می توان به این مسئله پی برد که کدام محصول دارای سودآوری بیشتری است. حجم و ارزش ردپای آب مجازی محصول های صادراتی و وارداتی استان هرمزگان طی سال های 1384 تا 1394 در شکل (3) ارائه شده است. بر این اساس، به طور میانگین با در نظر گرفتن راندمان آبیاری 65 درصد با استناد به آمار سازمان جهاد کشاورزی

صادرکننده محصول های آب بر هستند.

چالش های متعددی تامین منابع آب شیرین، هم چنان



شکل 3- حجم (الف) و ارزش (ب) ردپای آب مجازی وارداتی و صادراتی محصول های کشاورزی مورد مطالعه استان هرمزگان طی دوره آماری 1384-1394

سیب زمینی، گندم آبی و جو آبی دارای روند کاملاً منفی واردات آب از جمله محصول هایی که به استان وارد شده است. زارع ایبانه و همکاران (37) و اردکانیان و سهرابی (4) معتقدند ناآگاهی نسبت به مبادله آب مجازی در مناطق مختلف کشور به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک سبب فشار بر منابع آب داخلی شده و تجارت درون منطقه ای و استانی آب مجازی با هدف استفاده بهینه از منابع و ظرفیت های داخلی، موجب کاهش مصرف آب و افزایش تولید محصول های کشاورزی می شود.

تحلیل شاخص های آب مجازی در بخش کشاورزی

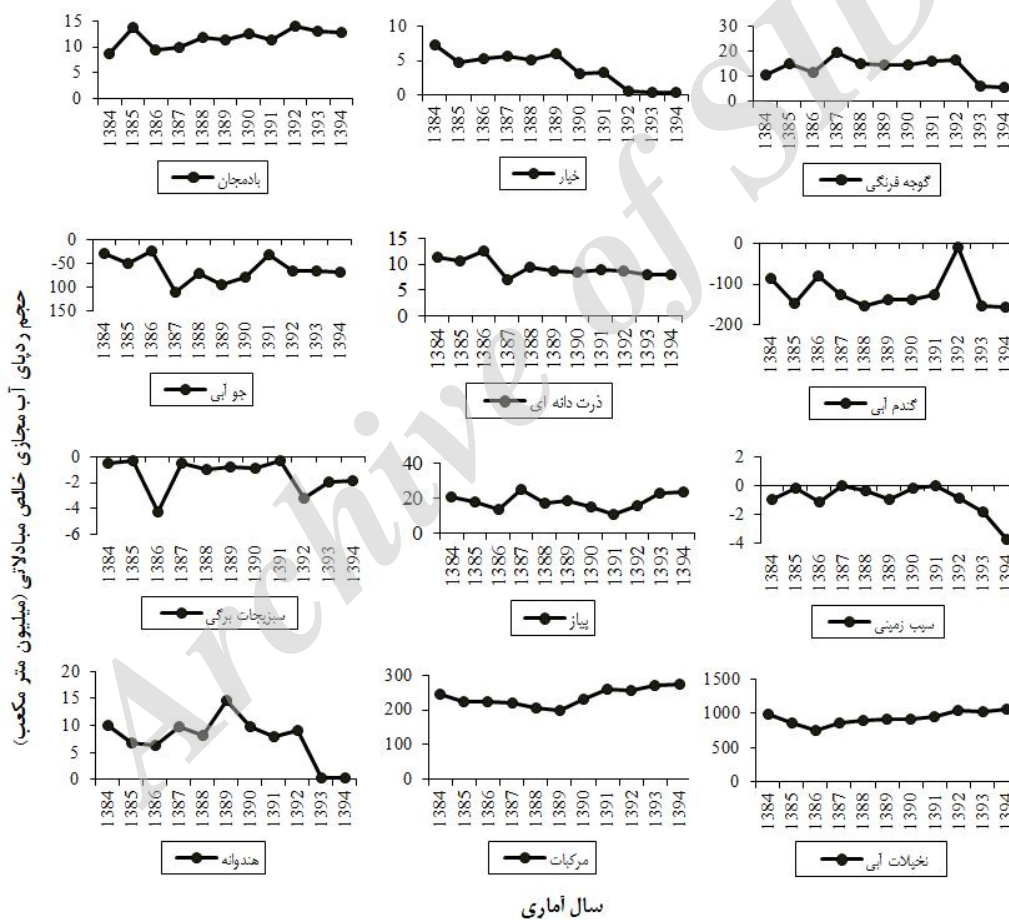
جهت ارزیابی وضعیت منابع آبی استان می توان از شاخص های معمول مدیریت منابع آب استفاده کرد. مهم ترین شاخص های ارزیابی منابع آب استان (18) در جدول (3) با راندمان آبیاری 65 درصد ارائه شده است. با در نظر گرفتن راندمان آبیاری 65 درصد (19)، استان هرمزگان به مقدار 57 درصد در تأمین مواد غذایی داخلی خودکفایی و 43 درصد به منابع آبی خارج از حوزه وابسته است. در واقع شاخص خودکفایی نشان دهنده توانایی منطقه برای تأمین آب مورد نیاز برای تولید داخلی است. نزدیک بودن این شاخص به 100 مبین آن است که استان کل منابع آبی مورد نیاز برای تولید محصول های کشاورزی را در داخل مرزهای خود دارد. مقدار شاخص کم آبی در استان 63 درصد برآورد شده است، با این حال نیز حاکی از کمبود شدید منابع آب در استان هرمزگان است.

تحلیل تراز تجارت آب مجازی در محصول های مختلف کشاورزی

از اختلاف مقدار آب مجازی صادر شده و وارد شده به استان آب مجازی خالص تجارت شده به دست می آید. این محاسبه کمک خواهد کرد تا بیلان آب مجازی ورودی و خروجی (مثبت یا منفی) به دست یابد؛ به عبارتی آیا استان واردکننده یا صادرکننده آب مجازی بوده است (5). در تراز تجارت آب مجازی برای مناطق خشک و نیمه خشک مهم این است که در این مناطق با میزان آب در دسترس، محصول های با ارزش اقتصادی بالا تولید شده و در عوض محصول های آب بر و دارای ارزش اقتصادی کمتر وارد شود (20). در همه سال های مورد مطالعه تراز تجارت آب مجازی استان مثبت به دست آمده است که نشان دهنده این است که در همه سال ها میزان واردات آب کمتر از صادرات بوده است. روند خالص آب مجازی مبادلاتی برای دوازده محصول زراعی و باغی مورد بررسی طی دهه گذشته در شکل 4 ارائه شده است. نخيلات آبی (75 درصد ردپای آب) و خیار (3/0 درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین سهم را در صادرات آب مجازی و محصول هایی مانند گندم و جو بدون صادرات بوده و از عمده محصول های وارداتی استان محسوب می شوند. ردپای آب مجازی خالص محصول هایی مانند مرکبات، نخيلات، پیاز و بادمجان دارای روند افزایشی و مثبت (صادرات آب)، محصول هایی مانند هندوانه، گوجه فرنگی و خیار ثابت، در حالی که محصول هایی مانند سبزیجات برگی،

جدول 3- شاخص‌های محاسبه‌شده در استان هرمزگان با احتساب راندمان آبیاری 65 درصد

نام شاخص	واحد سنجش	مقدار با راندمان 65%
کل منابع در دسترس استان	MCM	2500
کل منابع استفاده‌شده	MCM	1576
کل منابع مصرف‌شده در بخش کشاورزی	MCM	1450
کل حجم صادرات آب	MCM	20434/19
کل حجم واردات آب	MCM	-1120/938
خالص مبادله آب مجازی	MCM	19313/25
شاخص شدت مصرف آب	درصد	63
شاخص وابستگی آب به واردات آب مجازی	درصد	43
شاخص خودکفایی به واردات آب مجازی	درصد	57
شاخص کم‌آبی	درصد	63



شکل 4- مقادیر حجم آب مجازی خالص مبادلاتی برحسب میلیون متر مکعب

مجازی صادراتی و وارداتی با در نظر گرفتن درآمد ناخالص محصول‌های در سال 1384 تا 1394 قابل بررسی است. نتایج نشان داد حجم آب مجازی محصول‌های باغی و زراعی در استان هرمزگان به ترتیب 5365 و 4347 میلیون

n نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به بررسی وضعیت آبی با تأکید بر مفهوم آب مجازی پرداخته که در آن مقدار آب مجازی، حجم آب مجازی صادراتی و وارداتی و همچنین ارزش ریالی آب

راندمان آبیاری 65 درصد، مقدار شاخص وابستگی، خودکفایی به ترتیب 57% و 43% است، بدان معنی که مطابق طبقه‌بندی اوکسترا و هانگ (13) استان هرمزگان در درجه بالایی از خودکفایی آب قرار دارد که با افزایش راندمان این مقدار افزایش می‌یابد. این در حالی است که شاخص کم‌آبی استان 63% است که درجه خودکفایی دال بر کاهش شدت فشار بر منابع آب کم نمی‌شود زیرا اگر مقدار برداشت آب در منطقه‌ای بیش از 40 درصد کل منابع آب تجدیدشونده باشد (13)، با بحران شدید آب مواجه می‌شود. پژوهشگران کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل (25) شاخص کمبود منابع آبی را برحسب مقدار برداشت سالانه از منابع آب تجدیدشونده یک منطقه تعریف کردند. بنابر این تعریف اگر میزان برداشت آب یک منطقه بیش از 40 درصد کل منابع آب تجدیدشونده باشد، آن منطقه با بحران شدید آب مواجه می‌شود. پس با توجه به شاخص فوق، استان با بحران شدید منابع آب روبرو است. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که استان هرمزگان دارای پتانسیل کمی در استفاده از آب سبز بوده و با توجه به این که مقدار ادوات آب مجازی در استان بیشتر از واردات بوده، پیشنهاد می‌شود الگوی کشت استان با محاسبه و برآورد ذخیره آب سبز و معرفی محصول‌های مقاوم به کم‌آبی و تغییر زمان کشت با توجه به فصل بارش در هر قسمت از استان، به سمت استفاده بیشتر از آب سبز پیش رود و با تأکید بر صادرات محصول‌های بومی و سازگار با شرایط اقلیمی هر نقطه از استان با نیاز آبی کمتر و عملکرد و ارزش اقتصادی بیشتر، فشار بر منابع آبی استان را کاهش داده و به امنیت بلندمدت غذایی، مصرف پایدار و همچنین کشاورزی پایدار در استان رسید.

n سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه هرمزگان که منابع مالی این پروژه را تامین کردند و از اداره کل جهاد کشاورزی و اداره کل هواشناسی استان هرمزگان، برای در اختیار گذاشتن اطلاعات مورد نیاز، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

مترمکعب است که بخش عمده ردپای آب، مربوط به آب آبی با 85 درصد از کل ردپای آب را به خود اختصاص داده است. در استان طی ده سال مورد مطالعه، به‌طور متوسط، میزان صادرات و واردات آب مجازی محصول‌های مورد بررسی در استان هرمزگان به ترتیب 20434/2 و 1120/9 میلیون مترمکعب بوده که به ترتیب دارای ارزش 2122/8 و 133/1 میلیون ریال برآورد شد. در بین محصول‌های مورد مطالعه، گندم و جو محصول‌های وارداتی در استان در مقایسه با سایر محصول‌های بوده و مرکبات، نخيلات، گوجه، بادمجان و سایر صیفی‌جات از جمله محصول‌های صادراتی استان به‌شمار می‌روند؛ بنابراین مقدار صادرات آب در استان کم‌آبی مانند هرمزگان تعجب‌برانگیز است. می‌توان گفت با روند روبه‌افزایش کم‌آبی در استان هرمزگان، اهمیت آب مجازی در امنیت غذایی استان پیوسته افزایش می‌یابد. بنابراین با توجه به عملکرد هریک از محصول‌های مورد مطالعه، میزان آب مجازی مصرفی و ارزش اقتصادی آن‌ها می‌توان صادرات آب مجازی محصول‌های آب‌بر را کاهش داده و با واردکردن محصول‌هایی که دارای میزان آب مجازی مصرفی بالایی هستند به امنیت آبی و مدیریت منابع آب در استان هرمزگان رسید. همچنین با افزایش محصول‌های سازگار در منطقه همچون صیفی‌جات و سبزیجات به دلیل مصرف آب مجازی کمتر و عملکرد بیشتر و تغییر دادن میزان تولید محصول‌هایی مانند مرکبات و نخيلات که دارای نیاز آبی بالا در سطح استان هستند به مبادله آگاهانه آب مجازی در سطح استان هرمزگان پرداخت. نتایج محققان (12، 31) نشان داد آب مجازی معیار و ابزاری اساسی در نشان دادن مصرف واقعی آب در بخش کشاورزی می‌تواند با انتخاب خود به‌عنوان واردکننده آب مجازی (در مقابل آب واقعی) خود را از فشار بر منابع آبی‌اش آزاد سازد. تجارت آب مجازی می‌تواند منجر به واردات محصول از دیگر کشورها به‌جای تولید آن در داخل کشور شود و به این ترتیب از آثار منفی استفاده بی‌رویه از منابع آب پرهیز می‌شود (36). بنابراین می‌توان با مدیریت صحیح تولید در سطح استان صادرات و واردات آب مجازی را به سمت سود بیشینه سوق داد. با در نظر گرفتن وضعیت منابع آبی استان، در حالت معمول با

References

1. Ababaei, H., & Ramezani, E. (2016). Estimation of water footprint parts in national wheat production. *Journal of Water and Soil*, 29: 1458-1468. (In Farsi)
2. Allan, J. (1998). Virtual water: a strategic resource, Global solution to regional deficits. *Groundwater*, 36(2): 545- 546.
3. Arabi Yazdi, N., Niknia, N., & Majidi, H. (2015). Water Security Assessment in Arid Climates Based on Water Footprint Concept (case study; south Khorasan province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 4: 735-746. (In Farsi)
4. Ardakanian, R., & Sohrabi, R. (2005). Virtual water trade: world literature and applications in Iran. Iran's water resources management conference, Isfahan 33:106-113. (In Farsi)
5. Babazadeh, H., & Sorani Tabrizi, M. (2013). Agriculture province assess the situation from the perspective of virtual water in agriculture, *Water. Research Journal*, 26: 485-499. (In Farsi)
6. Bazrafshan, O., Cheshmberah, A., Holisaz, A. (2015). Trend analysis of the pan evaporation in different climates of Hormozgan province. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*, 4(2), 171-176. (In Farsi)
7. Bazrafshan, O., Parandin, F., & Farokhzadeh, B. (2016). Assessment of Hydro meteorological Drought Effects on Groundwater Resources in Hormozgan Region-South of Iran. *Ecopersia*, 4(4), 1569-1584.
8. Chapagain, A., & Hoekstra, A. (2003). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade of livestock and livestock products. In Virtual water trade. Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. UNESCO-IHE (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization-Institute for Water Education), Delft, The Netherlands 13:12-13.
9. Dehghan Manshadi, H., Niksokhan, M., Ardestani, M. (2013). Water Allocation in Inter-basin water transfer with the virtual water approach. *World Environment*, 19: 101-114.
10. Fellegari, R., Navid, H., Taghizadeh, S., Jamshidfar, M. (2010). Optimum cropping pattern analysis with risk factor consideration and Water Company, 3: 85-96.
11. Faramarzi, M., Yang, H., Mousavi, J., Schulin, R., Binder, C. R., & Abbaspour, K. C. (2010). Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water scarcity in Iran. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 7(2), 2609-2649.
12. Hoekstra, A., Haynes, M. (2002). *Balancing the world water demand and supply*. In *Transitions in a Globalizing World*. Martens, P. Roman's, J. (Eds.), Sweets & Zeitlinger Publishers. Lisse, Netherlands, 12: 17-35.
13. Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2005). Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global environmental change*, 15(1), 45-56.
14. Hoekstra, A., Chapagain, A. (2007). The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics*, 64: 143-151.
15. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., and Mekonnen, M. M. (2009). *Water Footprint Manual*. Water Footprint Network Enschede. Netherlands.
16. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: setting the global standard*, Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands.
17. Hoekstra, A., & Mekonnen, M. (2016). Imported water risk: the case of the UK. *Environmental Research Letters*, 11: 50-52.
18. Hormozgan Regional Water Authority (HRWA) (2015). <http://www.hrrw.ir/>

19. Hormozgan agri Jihad (HAJ) (2015). <http://hormozgan-agri-jahad.com/>
20. IRIMO, 2017. Iran Meteorological bulletin. Islamic Republic of Iran Meteorological Organization Press, Tehran. (In Farsi)
21. Jafarnejad, A., Alizadeh, A., & Neshat, A. (2014). Study of water ecological footprint and virtual water indices in pistachio and dates in Kerman province, *Journal of Irrigation & Water Engineering*, Issue 13, Pages 80-89. (In Farsi)
22. Lenzen, M., Moran, D., Bhaduri, A., Kanemoto, K., Bekchanov, M., Geschke, A., & Foran, B. (2013). International trade of scarce water. *Ecological Economics*, 94: 78-85.
23. Mohammad Johnny, I., & Yazdani, N. (2015). The water crisis in the country situational analysis and requirements management. *Process Quarterly*, 21:117-144. (In Farsi)
24. Oki, T., & Kanae, S. (2004). Virtual water trade and world water resources. *Water Science Technology*, 49: 203-209.
25. Paulsen, A. (2013). *Virtual water: A useful concept for informing land use in New Zealand. Master's dissertation on Environmental Policy*. Lincoln University, New Zealand.
26. Raskin, P., Gleick, P., Kirshen, P., Pontius, G., & Strzepek, K. (1997). *Water futures: Assof long range patterns and problems Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*, Stockholm Environmental Institute, Stockholm, Sweden.
27. Rouhani, N., Yang, H., Sichani, S., Afyuni, M., Mousavi, S., & Kamgar, H. (2009). Assessment of Food Products and Virtual Water Trade as Related to Available Water Resources in Iran. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. Water and Soil Sciences*, 6: 101-114. (In Farsi)
28. Ragab, R., & Prudhomme, C. (2002). SW—Soil, and Water: Climate change and water resources management in arid and semi-arid regions: prospective and challenges for the 21st century. *Biosystems Engineering*, 81(1), 3-34.
29. Sabouhi, M., & Soltani, G. (2008). Optimization of Cropping Patterns at Basin Level by Considering Social Profit and Net Virtual Water Import: A Case Study of Khorasan District, *JWSS*, 43:297-313. (In Farsi)
30. Salih, A. (2006, January). Qanats a unique groundwater management tool in arid regions: the case of Bam region in Iran. In International symposium on ground water sustainability (ISGWAS). Alicante, Spain (pp. 79-87).
31. Sun, S. K., Wu, P. T., Wang, Y. B., & Zhao, X. N. (2013). The virtual water content of major grain crops and virtual water flows between regions in China. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(6), 1427-1437.
32. Shokoohi, A., Ramezani Etedali, S., Mojtabavi, A., & Singh, V. P. (2016). Using water footprint accounting for optimizing crop pattern in sustainable development scheme (Case study: Qazvin Plain). *Iran- Water Resource Research*, 12 (3): 99-113. (In Farsi)
33. Velazquez, E. (2007). Water trade in Andalusia. Virtual water: An alternative way to manage water use. *Ecological Economics*, 63: 201–208.
34. Verma, S., Kampman, D., Zaag, P., & Hoekstra, A. (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: 261-269.
35. Wang, Y., Zhao, X., & Engel, B. (2014). Virtual water flows of grain within China and its impact on water resource and grain security in 2010. *Ecological Engineering*, 69: 255–264.
36. Yang, H., Wang, L., & Zehnder, A. (2007). Water scarcity and food trade in the southern and eastern Mediterranean countries. *Food Policy*, 32: 585– 605.
37. Yang, H., & Zehnder, A. (2006). Virtual water: An unfolding concept in integrated water resources

- management. *Water Resources Research*, 43:12.
38. Zare Abyaneh, H., Aram, M., & Akgavan, S. (2016). Evaluation of virtual water trade of agricultural products in Hamedan province, *Iran Water Resource Research Journal*, 9: 151- 161. (In Farsi)
39. Zhuo L., Mekonnen. M., Hoekstra A., & Wada, Y. (2016). Inter-and intra-annual variation of water footprint of crops and blue water scarcity in the Yellow River basin (1961–2009). *Advances in Water Resources*, 87: 29-41.

Archive of SID

Estimation of virtual water Trade over the past decade in Hormozgan province

O. Bazrafshan^{*1}, Sh. Dehghanpir², A. Holisaz¹

1. Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2. M.Sc. Graduate, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

* Corresponding Author: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

Received date: 06/08/2017

Accepted date: 10/01/2018

Abstract

Hormozgan province located in the southern Iran has suffered from water resources shortage and high water losses in the agricultural sector have been led to the serious water crisis in this province. This research aims to use of virtual water in the arid regions considering the irrigation efficiency. The highest amount of virtual water was found to be 98.83 for citrus fruit production among the horticultural products, 43.7 for barley among the agricultural products, and 5.123 for potato among the cucurbits. The results of exploring the virtual water business showed that the amount of imports and exports of virtual water of the studied products in Hormozgan province was 20434.2 and 1120.9 million M³ respectively. Also, the volume of virtual water of vegetable group is less than 0.07 m³/kg of the product. So, vegetables are placed in the low-consumption with high productivity group. Against, the palm is placed in the high-consumption group due to 3.8 m³/kg volume of virtual water. Results of the value of virtual water of products showed that the values of exported and imported volume of virtual water are 2122.8 and 133.1 million Rials, respectively. Since, Hormozgan province has a little potential in the use of green water, therefore, it is suggested cropping pattern in the province with regard to water supply of green products resistant to water stress, with an emphasis on production with less water requirement and profits, reduce pressure on water resources to achieve the long-term food security and constant agriculture.

Keywords: Green water; Blue water; Trade balance; Crop production; Irrigated products