# ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران

نازنین روحانی[۱]، هونگ یانگ[۲]، سیف‌الله امین سیچانی[۱]، مجید افیونی[۳*]، سید فرهاد موسوی[۴] و علی‌اکبر کامگار حقیقی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۱/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۸/۲۰)

## چکیده

**ایران با میانگین بارندگی سالانه ۲۵۲ میلی‌متر (۴۱۳ میلیارد مترمکعب) و ۱۳۰ میلیارد مترمکعب منابع آب تجدید شونده، از توزیع نامنظم زمانی و مکانی منابع آب برخوردار است. از طرفی رشد جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر باعث شده است که بخش کشاورزی کماکان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در کشور باشد. اما تولید آن هنوز کل تقاضای مواد غذایی را براورده نمی‌کند. عدم اعتماد به میزان منابع آب، رقابت شدید برای آب از سوی بخش‌های دیگر و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، ایران را شدیداً در معرض مواجهه با تنش آبی قرار داده است. ولی با احتساب حجم آب مجازی که از طریق واردات مواد غذایی به کشور وارد می‌شود، آب بیشتری برای مصارف اساسی دیگر موجود خواهد بود. در این پژوهش، مبادله آب مجازی در ارتباط با منابع آب موجود، به‌عنوان راهی برای کاهش تنش آبی در ایران ارزیابی شد. نتایج نشان داد که از میان ۲۱ محصول غذایی بررسی شده، غلات، حبوبات، خشکبار (پسته و گردو) و دانه‌های روغنی بر اساس میزان آب مجازی براورد شده آنها، محصولاتی پرمصرف هستند. در حالی‌که میوه‌ها، سبزی‌ها و محصولات صنعتی، کم‌مصرف می‌باشند. اما مبادله آب مجازی در ایران طی دو دهه گذشته، با در نظر گرفتن میزان مصرف و بهره‌وری آب، تقریباً ناآگاهانه صورت گرفته است. برای مثال، گندم با سهم ۵۸/۵% در واردات آب مجازی، بزرگ‌ترین محصول وارداتی در سال‌های ۱۳۶۲-۱۳۸۲ بوده است. با وارد کردن ۱۰/۴ میلیون تن گندم طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۸، ۱۱/۶ میلیارد مترمکعب آب در کشور ذخیره شده است. اما ایران در اوایل سال ۱۳۸۴ در تولید گندم به خودکفایی رسید. تلاش اخیر در راستای خودکفایی در تولید گندم، به‌عنوان یک محصول پرمصرف آب، فشار زیادی بر منابع آب داخلی وارد آورده است. هم‌چنین، روند مبادله محصولات از نظر مقدار محصول و میزان مبادله آب مجازی برای سایر گروه‌های محصولات در این پژوهش نشان داده شده است. انتظار می‌رود که با روند رو به افزایش کم‌آبی در ایران، اهمیت آب مجازی در امنیت غذایی، پیوسته افزایش یابد. بدین ترتیب، مبادله آگاهانه آب مجازی، به‌عنوان یک تدبیر سیاسی و اساسی در مدیریت منابع آب، همراه با اصلاحات منطقی در ساختار کشاورزی، امنیت بلند مدت غذایی و مصرف پایدار آب در ایران را تأمین خواهد کرد.**

**واژه‌های کلیدی: کم‌آبی، آب مجازی، امنیت غذایی، مدیریت منابع آب، کشاورزی پایدار**

۱. به ترتیب کارشناس ارشد، استاد و دانشیار آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲. دانشیار پژوهشی مرکز EAWAG، سوئیس

۳. استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴. استاد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: afyuni@cc.iut.ac.ir



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

## مقدمه

در مقایسه با دو سه قرن گذشته، جهان در زمینه حفظ منابع طبیعی وارد دوران حساسی شده است. عدم تطابق نیازهای انسانی با منابع موجود به نگرانی بسیاری از دانشمندان، برگزاری بسیاری از کنفرانس‌ها و تسریع پژوهش‌ها در زمینه استفاده پایدار از منابع طبیعی منجر شده است.

مدیریت صحیح و متناسب با منابع طبیعی موجود، ضرورتی مهم برای رسیدن به توسعه پایدار است. در میان همه منابع طبیعی، آب شیرین از اصلی‌ترین منابعی است که باید به آن اهمیت ویژه داد. بسیاری از کشورها به‌دلیل بهره‌برداری از آب فسیلی(Fossil water) تجدیدناپذیر خود به‌منظور رفع فشار فوری ناشی از تنش آبی، سبب تهی کردن ذخایر و منابع آب، تضعیف توسعه اقتصادی و کاهش امنیت بلند مدت غذایی خود شده‌اند (۲۶).

اصطلاح "آب مجازی" (Virtual water) اولین بار توسط تونی آلن به‌منظور اشاره به مقدار آب موجود و قابل دسترس در سیستم جهانی از طریق مبادله کالاهای کشاورزی، ارائه گردید(۹). آلن (۱۰) مقدار آب موجود در غلات، شیر و محصولات دامی را بر اساس مقدار آب مورد نیاز برای تولید آنها تفسیر کرد. این مفهوم به‌عنوان یک ابزار اقتصادی توانمند برای تخفیف مشکلات مربوط به کمبود آب در سطح اقتصادهای ملی مطرح گردید. بعدها، تعدادی از محققان به طریق مشابه استدلال کردند که مناطق دارای کمبود آب می‌توانند با وارد کردن محصولاتی که دارای میزان آب مجازی بالایی هستند و صادر کردن محصولاتی که میزان آب مجازی بسیار کمی دارند، به سطوح بالایی از کارایی مصرف آب در سطح جهانی دست یابند (۱۳، ۱۷ و ۲۴). آب مجازی، همراه با آب بومی یا محلی، امکان پاسخگویی به نیازهای آب در سطح ملی را فراهم می‌سازد (۱۰). این امر، مفهوم مبادله آب مجازی را شکل می‌دهد. بر این اساس، کشورهای وارد کننده، علاوه بر کالاها، آب مصرفی برای تولید آن کالاها را نیز دریافت می‌کنند. بدین ترتیب آبی را که برای تولید این محصولات از منابع داخلی مورد نیاز بوده است ذخیره می‌نمایند.

مبادله آب مجازی داخل کشورها، بین کشورها و حتی قاره‌ها می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای ارتقای کارایی مصرف آب در سطح جهانی، دست‌یابی به امنیت آبی در مناطق دارای فقر آبی و برطرف کردن محدودیت‌های محیطی، با تعیین محل‌های مناسب برای تولید، استفاده شود (۲۳). با به حساب آوردن حجم آب مجازی مندرج در واردات مواد غذایی در کشورهای دچار کمبود آب، رابطه نزدیکی بین برخورداری از آب و وابستگی به واردات مواد غذایی آشکار می‌گردد (۲۶). بنابراین واردات مواد غذایی را می‌توان از شاخص‌های قوی در تعیین سطح کم آبی کشورها به حساب آورد.

حداقل و حداکثر جریان آب سبز (تبخیر و تعرق) توسط زمین‌های زراعی در جهان توسط روکستروم و گوردون (۲۱) به ترتیب ۴۹۰۰ و ۹۸۰۰ گیگامترمکعب در سال برآورد شده است. زیمر و رنالت (۲۸) میانگین حجم کل آب مجازی را برای ۱۵ مورد مبادله جهانی محصولات کشاورزی و دامی در سال ۲۰۰۰ معادل ۱۳۴ $BCM\ y^{-1}$ برآورد کرده‌اند. مبادله آب مجازی در جهان و صرفه‌جویی آب ناشی از آن توسط اوکی و کنائه (۲۰) براورد شد. آنها مجموع صادرات آب مجازی در جهان را بر اساس میزان آب مجازی محصولات در کشورهای صادرکننده، ۶۸۳ $Gm^3\ y^{-1}$ و مجموع واردات آب مجازی را به کشورهای واردکننده، ۱۱۳۸ $Gm^3\ y^{-1}$ براورد کرده‌اند. با این برآورد، ۴۵۵$Gm^3\ y^{-1}$ آب به خاطر مبادله مواد غذایی، صرفه‌جویی می‌شود.

چاپاگین و همکاران (۱۳) عواقب جریان‌های آب مجازی را بر ذخایر آب جهانی و ملی در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۷ با در نظر گرفتن اقلیم، کارایی مصرف آب و الگوی کشت هر محصول در هر کشور، بررسی کردند. این ارزیابی نشان داد که کل مقدار آب مورد نیاز در کشورهای وارد کننده، در صورتی‌که همه محصولات کشاورزی وارداتی در داخل آن کشور تولید می‌شد، ۱۶۰۵ $Gm^3\ y^{-1}$ بود. اما این محصولات در کشورهای صادر کننده، تنها با مصرف آب به میزان ۱۲۵۳ $Gm^3 y^{-1}$ تولید می‌گردد که باعث صرفه‌جویی ۳۵۲ $Gm^3 y^{-1}$ آب می‌شود. به‌نظر می‌رسد



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

عامل کارایی مصرف آب در این مورد مهم‌تر از بقیه پارامترها باشد.

دوفریچر و همکاران (۱۴)، تأثیر مبادله جهانی غلات را بر مصرف جهانی آب تحلیل کرده‌اند. آنها نشان دادند که در سال ۱۹۹۵ مجموع همه واردات، شامل واردات ۲۱۵ میلیون تن غله بوده است که در صورت عدم واردات این مقدار غله، کشورهای وارد کننده مجبور بودند ۴۳۳ کیلومترمکعب بارندگی مؤثر (یا بارندگی به اضافه آبیاری) و ۱۷۸ کیلومترمکعب آب آبیاری را از منابع آب داخلی به مصرف برسانند.

هوکسترا و هانگ (۱۷) اظهار نمودند که کل مصرف آب در داخل یک کشور به تنهایی معیار درستی از برداشت واقعی آب آن کشور از منابع آب جهانی نیست. در واقع، حجم آب مجازی وارداتی باید به کل مصرف آب داخلی افزوده شود تا تصویر درستی از نیاز واقعی یک کشور به منابع آب جهانی ترسیم گردد. همین‌طور، حجم آب مجازی صادر شده باید از حجم مصرف آب داخلی کم شود. آنها جمع واردات خالص آب مجازی و مصرف آب داخلی را تحت عنوان واتر فوت‌پرینت (Water Footprint) یک کشور معرفی می‌کنند.

اوکی و کنائه (۲۰)، اظهار نظرهای آماری مفصلی را در مورد مبادله آب مجازی ارائه کرده و نشان دادند که کشورهای دارای تنش آبی زمانی می‌توانند وضعیت خود را ارتقا دهند که مبادله آب مجازی به حساب آورده شود. آنها نتیجه‌گیری کردند که می‌توان با در نظر گرفتن مبادله آب مجازی، شاخص کم‌آبی مناسب‌تری را معرفی کرد. آنها ابراز می‌کنند که با افزودن واردات آب مجازی به منابع آب یک کشور، ممکن است آن کشور کمبود منابع آب خود را کاهش داده و یا حتی آن را برطرف سازد.

یانگ و همکاران (۲۷) ایران را کشوری به شمار آورده‌اند که بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی وارد فهرست کشورهای دارای کسری آب شده و تا سال ۲۰۳۰ منابع آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۵۰۰ مترمکعب برای هر نفر در سال خواهد داشت. آلکامو و همکاران (۷) دریافتند که بر اساس نسبت بحرانی شدن (CR) (یعنی میزان برداشت به میزان دسترسی به آب)، ایران دارای CR بیشتر از ۰/۸ خواهد بود و در سال ۲۰۲۵ در گروه کشورهای دچار تنش آبی شدید قرار خواهد گرفت. اسماکتین و همکاران (۲۲)، که تنش آبی را به‌صورت استفاده انسان از منابع آب تجدیدپذیر (بعد از کسر نیازهای زیست‌محیطی از کل منابع آب) تعریف می‌کنند، ایران را به عنوان یک کشور دارای تنش آبی زیاد معرفی می‌نمایند.

از طرفی، تولید مواد غذایی مورد نیاز صرفاً تحت شرایط دیم برای براورده کردن نیازهای مردم ایران کافی نیست. از این رو، توجه کافی به گسترش آبیاری برای تغذیه جمعیت رو به افزایش، شده است. بیش از ۹۰ درصد از همه مواد خام کشاورزی از اراضی فاریاب تولید می‌شود (۸)، که این امر منجر به برداشت آب قابل توجهی از منابع آب سطحی و زیرزمینی گردیده است. پیش‌بینی می‌شود که در حدود سال ۱۳۹۱، تقریباً ۱۰۰ میلیون تن مواد غذایی برای تغذیه جمعیت ایران مورد نیاز باشد. برای تأمین این نیاز، مصرف آب باید به BCM ۱۲۶ افزایش پیدا کند و تا سال ۱۴۰۰، این مقدار از BCM ۱۵۰ فراتر خواهد رفت که ۱۵ درصد بیشتر از کل منابع آب شیرین تجدیدپذیر بالقوه در کشور است (۸).

ایران در قسمت خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است. این کشور، با میانگین منابع آب تجدیدپذیر معادل ۱۳۰ میلیارد مترمکعب (BCM) در سال، از توزیع نامتوازن بارندگی برخوردار است (۸، ۱۱، ۱۸ و ۱۹). از آنجا که در حال حاضر برداشت از منابع آب ایران برای کشاورزی قابل توجه است، تلاش‌های اخیر در راستای خودکفایی در تولید محصولات استراتژیک، فشار بیشتری بر منابع آب وارد آورده است.

پژوهش حاضر در مورد مبادله آب مجازی در ارتباط با کمبود آب و امنیت غذایی در ایران است و تمرکز آن بر ارزیابی راه‌کار "امکان استفاده از آب مجازی" برای بهبود بهره‌وری در مصرف آب می‌باشد. هم‌چنین روند تاریخی مبادله آب مجازی با توجه به کمبود رو به افزایش منابع آب تحلیل شده است.



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۲۱ محصول غـذایی عمـده بررسـی شـد. ایـن محصولات در هفت گروه زیر دسته‌بندی شدند:

۱. غلات: گندم، ذرت، جو و برنج

۲. حبوبات: نخود، لوبیا و عدس

۳. میوه‌ها: سیب، انگور و مرکبات

۴. خشکبار و خرما: گردو، پسته و خرما

۵. سبزی‌ها و محصولات تابستانه: گوجه‌فرنگـی، سـیب‌زمینـی، پیاز، هندوانه و خیار

۶. محصولات صنعتی: چغندرقند و نیشکر

۷. دانه‌های روغنی

بـــرای همـــه محـــصولات فـــوق، متوســـط نیـــاز آبـــی (Crop water requirement)در سطح کشور با اسـتفاده از روش میانگین وزنی(Weighted average method) محاسبه شد:

$$\overline{CWR}_{c,j} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(CWR_{c,i,j} * A_{c,i,j})}{TA_{c,j}} \qquad [۱]$$

که در آن c، i و j به ترتیب شمارشـگرهای محـصول، اسـتان و سال، $\overline{CWR}_{c,j}$ متوسط نیاز آبی در سطح کشور برای محـصول c در سال j ($m^3\ ha^{-1}$)، $CWR_{c,i,j}$متوسط نیاز آبـی محـصول c در استان i در سال j ($m^3\ ha^{-1}$)، $A_{c,i,j}$ سطح زیر کشت محـصول c در اسـتان تولیدکننـده i در سـال j (ha) و $TA_{c,j}$ کـل سـطح زیرکشت محصول c در سال j در تمام اسـتان‌هـای تولیدکننـده (ha) می‌باشد.

متوسـط "میـزان آب مجـازی" ( Virtual water content, VWC) یک محصول می‌تواند به‌صورت نسبتی از متوسـط نیـاز آبی به متوسط عملکرد آن محصول محاسبه شود:

$$VWC_{c,j} = \frac{\overline{CWR}_{c,j}}{\overline{Y}_{c,j}} \qquad [۲]$$

که $VWC_{c,j}$ میزان آب مجازی محصول c در سـال j ($m^3\ ton^{-1}$) و $\overline{Y}_{c,j}$ متوسـط عملکـرد محـصول c در سـال j ($ton\ ha^{-1}$) می‌باشند. متوسط عملکرد محصول نیز از روش میـانگین وزنـی محاسبه شد.

مبادله آب مجازی (Virtual water trade)کـشور بـرای هـر محصول، که شامل واردات و صادرات می‌شود، از حاصل‌ضرب مقـدار کمـی واردات یـا صـادرات آن محـصول در میـزان آب مجازی مربوط به آن محاسبه شده است:

$$VWI_{c,j} = VWC_{c,j} \times I_{c,j} \qquad [۳]$$

$$VWE_{c,j} = VWC_{c,j} \times E_{c,j} \qquad [۴]$$

که $VWI_{c,j}$ واردات آب مجازی محصول c در سـال j ($m^3\ y^{-1}$)، $VWE_{c,j}$ صادرات آب مجـازی محـصول c در سـال j ($m^3\ y^{-1}$)، $I_{c,j}$ مقدار واردات سالانه محـصول c در سـال j ($m^3\ y^{-1}$) و $E_{c,j}$ مقـدار صـادرات ســالانه محـصـول c در ســال j ($m^3\ y^{-1}$) می‌باشد.

بنابراین مبادله خـالص آب مجـازی (NVWT) را مـی‌تـوان به‌صورت زیر نوشت:

$$NVWT_{c,j} = VWI_{c,j} - VWE_{c,j} \qquad [۵]$$

که در آن $NVWT_{c,j}$ عبارت است از مبادله خالص آب مجـازی محصول c در سال j ($m^3\ y^{-1}$).

کـل واردات آب مجـازی (TVWI) و کـل صـادرات آب مجازی (TVWE) برای کشور به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$TVWI_j = \sum_{c=1}^{M}(VWI_{c,j}) \qquad [۶]$$

$$TVWE_j = \sum_{c=1}^{N}(VWE_{c,j}) \qquad [۷]$$

که $TVWI_j$ کل واردات آب مجازی در سال($m^3\ y^{-1}$) j، $TVWE_j$ کـل صـادرات آب مجـازی در سـال($m^3\ y^{-1}$) j، M تعـداد محصولات وارد شـده تحـت بررسـی و N تعـداد محـصولات غذایی صادر شده مورد بررسی می‌باشند.

کل مبادله خالص آب مجازی (TNVWT) به اخـتلاف بـین کل واردات و کل صادرات آب مجازی اشاره دارد:

$$TNVWT[j] = TVWI[j] - TVWE[j] \qquad [۸]$$

که در آن، TNVWT[j] عبارت است از کل انتقـال خـالص آب مجازی کشور در سال ($m^3\ y^{-1}$).j

"شـــدت مـــصرف آب" (Water use intensity, WI) بـه‌صـورت نـسبت کـل برداشـت داخلـی آب بـرای مـصارف



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

کشاورزی (WU) به کل منابع آب موجود کشور (WA) تعریف می‌شود:

$$WI = \frac{WU}{WA} \times 100 \qquad [۹]$$

که در آن، WI شدت مصرف آب (%)، WU کل برداشت داخلی آب برای تولید مواد غذایی ($m^3\ y^{-1}$) و WA کل منابع آب موجود در کشور ($m^3\ y^{-1}$) می‌باشد. در اینجا، منابع آب تجدیدپذیر سالانه به‌عنوان معیاری برای منابع آب موجود کشور در نظر گرفته شده است.

"وابستگی به آب" (Water dependency, WD) شاخصی است که منعکس کننده اتّکای یک کشور به منابع آب خارجی از طریق واردات آب مجازی می‌باشد. این شاخص به‌صورت نسبت کل واردات خالص آب مجازی کشور به کل آب تخصیص یافته برای تولید محصولات غذایی (به‌صورت داخلی یا خارجی) محاسبه می‌شود:

$$WD = \frac{TNVWI}{WU + TNVWI} \times 100 \qquad [۱۰]$$

اگر وابستگی به آب یک کشور به ۱۰۰ درصد نزدیک شود، آن‌گاه آن کشور تقریباً به‌طور کامل به واردات آب مجازی متکی است.

برعکس، شاخص "خودکفایی آب" (Water self-sufficiency, WSS)، نشان دهنده توانایی ملی برای تأمین آب مورد نیاز برای تولید داخلی است. اگر خودکفایی آب به صفر نزدیک شود، آنگاه یک کشور به‌شدت به وارد کردن آب به‌صورت مجازی، متکی است. بدین ترتیب، خودکفایی آب یک کشور را می‌توان به شیوه ساده زیر محاسبه کرد:

$$WSS = 100 - WD \qquad [۱۱]$$

مفهوم دیگری که در این مطالعه بررسی گردید، بهره‌وری آب (Crop water productivity, CWP) هر محصول می‌باشد که این شاخص به‌صورت عکس میزان آب مجازی تعریف می‌شود. بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر در مجامع علمی مرتبط با آب و آبیاری مورد توجه جدی قرار گرفته است. ساختار بنیادی مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی، استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است (۱).

سرانجام، بر اساس نتایج به دست آمده از مراحل بالا، قسمت نهایی پژوهش به تحلیل مقدماتی قابلیت دسترسی به منابع آب، تولید مواد غذایی و روابط بین تولید و مبادله محصولات غذایی می‌پردازد و برای سیاست‌های بلند مدت امنیت آب و مواد غذایی در ایران، چشم‌انداز مناسبی ارائه می‌نماید.

در این پژوهش، داده‌های نیاز آبی گیاهان، اساساً از گزارش‌های شرکت مهندسین مشاور جاماب (۳) استخراج شد. برای محصولات مشخص، نیاز آبی بر اساس داده‌های موجود در گزارش فرشی و همکاران (۵) تعیین گردید. مقدار مصرف آب کشاورزی کشور نیز از گزارش شرکت مهندسین مشاور جاماب (۴) برگرفته شده است. داده‌های مربوط به سطح زیر کشت، تولید، عملکرد و آمارهای مربوط به واردات و صادرات، از نشریات وزارت جهاد کشاورزی (۲ و ۶) گرفته شد. برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ (۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ میلادی)، حجم واردات و صادرات، مبنی بر داده‌های فائو (۱۶) می‌باشد. در این پژوهش، تقسیمات جدید انجام شده در استان خراسان در نظر گرفته نشده و این منطقه تحت یک استان به نام خراسان منظور شده است.

## نتایج و بحث

### ۱. روند مبادله مواد غذایی در ایران از دیدگاه آب مجازی

#### الف) نیاز آبی و میزان آب مجازی

نتایج میانگین نیاز آبی، میزان آب مجازی و بهره‌وری آب برای محصولات مورد بررسی طی پنج سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ در جدول۱ آورده شده است. مقدار آب مجازی برای هر محصول به‌علت تغییر در عملکرد و وضعیت آب و هوا در سال‌های مختلف متفاوت است. لذا میانگین آب مجازی هر محصول در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ محاسبه شد. براساس نتایج حاصل، نیشکر، پیاز، گوجه‌فرنگی، هندوانه، خیار، چغندرقند،



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

**جدول۱. متوسط نیاز آبی (CWR)، میزان آب مجازی (VWC) و میزان بهره‌وری آب (CWP) محصولات مورد بررسی در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۸ (۱۹۹۹-۲۰۰۳م.).**

| محصول | VWC ($m^3 kg^{-1}$) | CWP ($kg m^{-3}$) | CWR ($m^3 ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| پسته | ۱۱/۵۳ | ۰/۰۹ | ۷۲۶۷ |
| نخود | ۱۰/۷۲ | ۰/۰۹ | ۳۹۶۲ |
| عدس | ۹/۷۵ | ۰/۱۰ | ۳۹۸۰ |
| دانه‌های روغنی | ۴/۸۹ | ۰/۲۰ | ۶۲۲۱ |
| خرما | ۳/۲۲ | ۰/۳۱ | ۱۵۴۳۲ |
| لوبیا | ۳/۱۶ | ۰/۳۲ | ۵۳۹۴ |
| گردو | ۲/۸۵ | ۰/۳۵ | ۷۷۰۴ |
| جو | ۲/۵۸ | ۰/۳۹ | ۴۱۸۳ |
| گندم | ۲/۳۰ | ۰/۴۳ | ۴۲۰۸ |
| برنج | ۱/۸۷ | ۰/۵۳ | ۷۸۰۰ |
| مرکبات | ۱/۲۵ | ۰/۸۰ | ۱۰۳۲۱ |
| ذرت | ۱/۰۳ | ۰/۹۷ | ۶۵۳۵ |
| انگور | ۰/۸۴ | ۱/۱۹ | ۷۷۱۸ |
| سیب | ۰/۵۷ | ۱/۷۵ | ۸۸۵۴ |
| سیب‌زمینی | ۰/۳۱ | ۳/۲۱ | ۶۷۷۷ |
| چغندرقند | ۰/۳۱ | ۳/۲۷ | ۹۰۰۲ |
| خیار | ۰/۳۰ | ۳/۳۸ | ۵۲۴۸ |
| هندوانه | ۰/۲۸ | ۳/۵۵ | ۵۹۱۶/۱۴ |
| گوجه‌فرنگی | ۰/۲۵ | ۳/۹۷ | ۷۳۵۰ |
| پیاز | ۰/۲۴ | ۴/۱۷ | ۷۵۷۱ |
| نیشکر | ۰/۱۹ | ۵/۳۸ | ۱۶۶۵۵ |

سیب‌زمینی، سیب و انگور در مقایسه با سایر محصولات مورد مطالعه، کم‌مصرف به‌شمار می‌آیند. میزان آب مجازی مرکبات بالاتر از حد مورد انتظار بود که علت آن میزان عملکرد پایین این گروه از محصولات در طی دو دهه گذشته بوده است. به‌طور کلی، اگر محصولاتی که دارای میزان آب مجازی بیش از $m^3 kg^{-1}$ ۱ هستند به‌عنوان محصولات پرمصرف فرض شوند، براساس نتایج این پژوهش می‌توان سبزی‌ها، میوه‌ها و محصولات صنعتی را در گروه محصولات کم‌مصرف با بهره‌وری آب زیاد و حبوبات، غلات، دانه‌های روغنی، خشکبار و خرما را در گروه محصولات پرمصرف با بهره‌وری آب کم به‌شمار آورد.

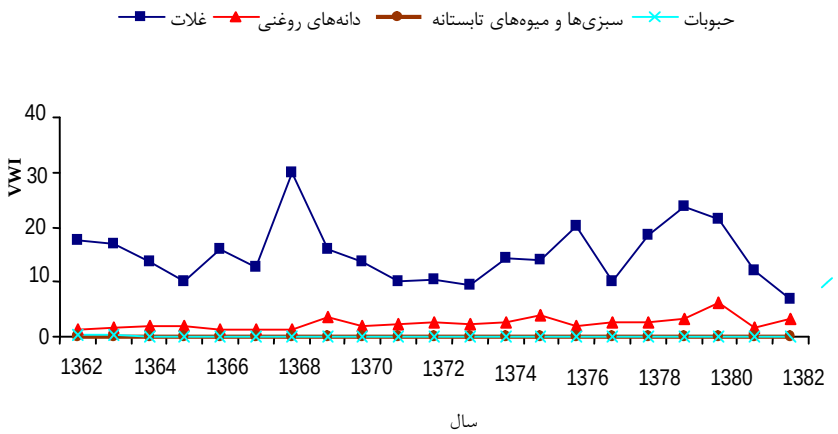
**ب) روند مبادله محصولات کشاورزی به لحاظ مقدار و از دیدگاه آب مجازی**

در این پژوهش با استفاده از میزان آب مجازی سالانه، مبادله

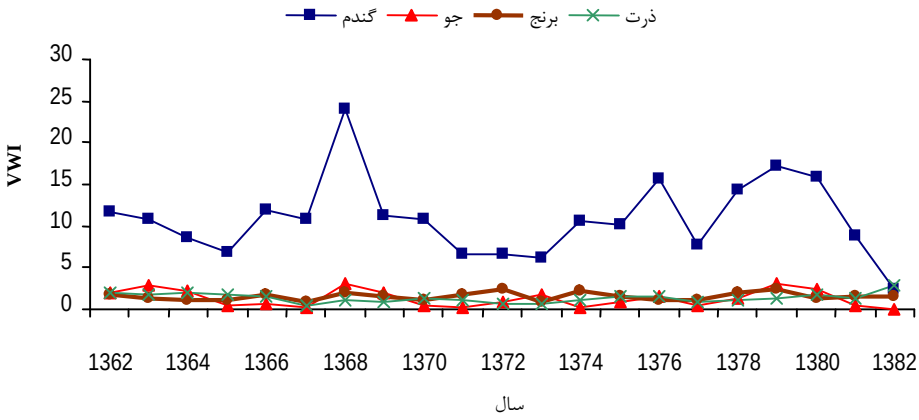


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]




**شکل۱. مقادیر واردات آب مجازی (VWI، برحسب میلیارد مترمکعب در سال) گروه‌های مختلف محصولات به ایران طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲.**




**شکل۲. مقادیر واردات آب مجازی (VWI، برحسب میلیارد مترمکعب در سال) به تفکیک غلات در ایران طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲.**

آب مجازی برای سال‌های مورد بررسی تعیین شد. مبادله یا انتقال آب مجازی شامل واردات (VWI) و صادرات آن (VWE) می‌باشد.

در شکل ۱، روند واردات آب مجازی (VWI) طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۶۲ (۱۹۸۳ تا ۲۰۰۳ م.) برای گروه‌های مختلف محصولات مورد بررسی نشان داده شده است. براساس این شکل، گروه غلات شامل گندم، جو، ذرت و برنج بیشترین سهم واردات آب مجازی را در تمام سال‌های مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین روند واردات آب مجازی غلات به تفکیک در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به این شکل، می‌توان دریافت که گندم عمده‌ترین محصول وارداتی در همه سال‌ها بوده است و واردات زیاد گندم علت اصلی قرار گرفتن غلات در رأس محصولات وارداتی طی سال‌های اخیر است.

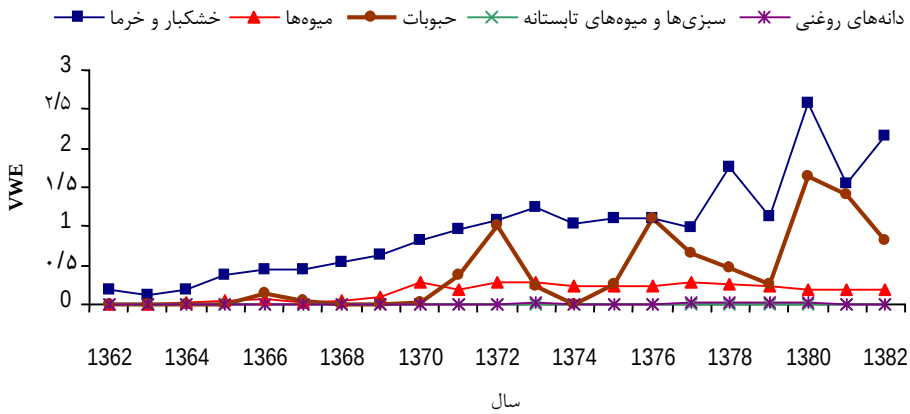
مطابق شکل ۱، پس از غلات، دانه‌های روغنی دومین گروه عمده محصولات از نظر واردات آب مجازی محسوب می‌شوند، اما مقادیر واردات آنها در مقایسه با واردات غلات (بخصوص گندم) بسیار کمتر است.

واردات آب مجازی غلات طی چند سال گذشته، یعنی از سال ۱۳۷۹ روند رو به کاهش داشته است. مقادیر واردات آب مجازی برای گروه‌های حبوبات، سبزی‌ها و محصولات تابستانه



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]




**شکل۳. صادرات آب مجازی (VWE، برحسب میلیارد مترمکعب در سال) گروه‌های مختلف محصولات در ایران طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲.**

بسیار کم است. برای میوه‌ها، واردات آب مجازی قابل توجه نیست، چرا که تقریباً همه میوه‌های مورد بررسی در داخل تولید شده و واردات میوه از سایر کشورها وجود نداشته است.

روند صادرات آب مجازی (VWE) گروه‌های مختلف محصولات در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود گروه خشکبار و خرما مهم‌ترین محصولات از نظر صادرات آب مجازی هستند. مقدار صادرات آب مجازی این محصولات طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲ روندی افزایشی داشته است. اما برتری این محصولات در زمینه صادرات آب مجازی به اندازه تفوق موجود در واردات آب مجازی توسط غلات مشهود نمی‌باشد. با این وجود، مقادیر صادرات آب مجازی خشکبار و خرما، حبوبات و میوه‌ها کاملاً حائز اهمیت بوده و طبق گزارش فائو (۱۵) ایران طی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۴ (۱۳۷۷-۱۳۷۳ ه. ش.) در شمار بزرگ‌ترین صادرکنندگان حبوبات، روغن، سبزی‌ها و میوه‌ها بوده است.

با توجه به شکل ۳، حبوبات و میوه‌ها به ترتیب دومین و سومین گروه از محصولات صادراتی پس از خشکبار و خرما بوده‌اند. براساس این شکل، مقادیر صادرات آب مجازی برای سبزی‌ها و محصولات تابستانه ناچیز بود. مقدار صادرات آب مجازی برای گروه غلات و دانه‌های روغنی به‌عنوان محصولات وارداتی عمده در مقایسه با مقدار واردات آب مجازی آنها و هم‌چنین در مقیاسه با مقدار صادرات آب مجازی محصولات صادراتی عمده، قابل چشم‌پوشی بود. با وجود نوسانات شدید در مقادیر سالانه صادرات آب مجازی حبوبات، به‌نظر می‌رسد که این گروه از محصولات دارای روند افزایشی طی سال‌های مورد نظر بوده‌اند. با این حال، در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ صادرات آب مجازی حبوبات کاهش یافته است.

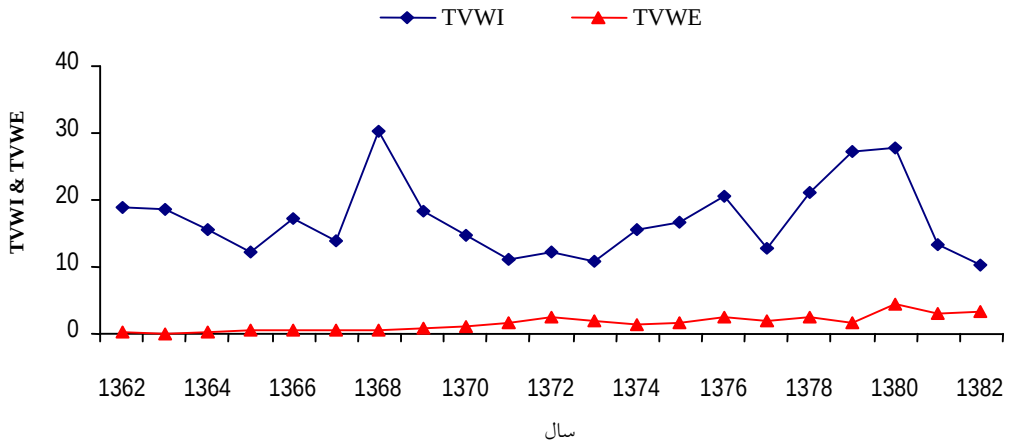
در شکل ۴، کل واردات و صادرات آب مجازی برای همه محصولات مورد بررسی طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲ نشان داده شده است. با توجه به این شکل، روند کل واردات آب مجازی (TVWI)، با وجود نوسان زیاد، در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۹ به‌طور چشم‌گیری رو به کاهش بوده است. مقدار کل واردات سالانه آب مجازی از ۲۷ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۷۹ به حدود ۱۳/۴ در سال ۱۳۸۱ و ۱۰ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۸۲ کاهش یافته است. اما مقدار صادرات سالانه آب مجازی (TVWE) روندی رو به افزایش نشان می‌دهد. مقادیر مربوط به کل صادرات آب مجازی در مقایسه با مقادیر کل واردات آب مجازی قابل توجه نیست.

در شکل ۵، میزان کل انتقال خالص آب مجازی (TNVWT) همه محصولات با مقدار واردات خالص آب

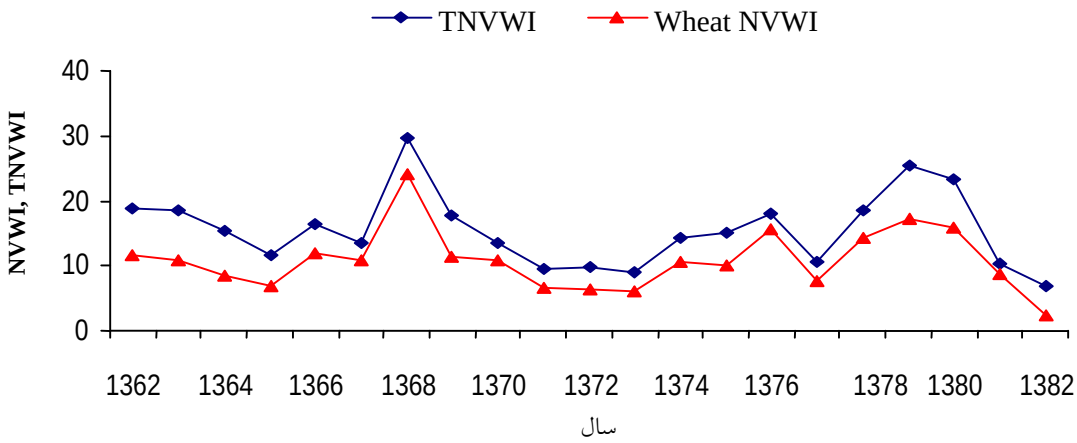


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]




**شکل۴. کل واردات آب مجازی (TVWI، برحسب میلیارد مترمکعب در سال) و کل صادرات آب مجازی (TVWE، برحسب میلیارد مترمکعب در سال(همه محصولات در ایران طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲.**




**شکل۵. کل واردات خالص آب مجازی (TNVWI، برحسب میلیارد مترمکعب در سال(همه محصولات و واردات خالص آب مجازی گندم (NVWI، برحسب میلیارد مترمکعب در سال(در ایران طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۲.**

مجازی (NVWI) گندم مقایسه شده است. در این سال‌ها، ایران واردات قابل توجهی در آب مجازی داشته که علت اصلی آن مقدار زیاد واردات غلات (به‌ویژه گندم) بوده است. گندم در سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۶۸، ۱۳۷۶ و ۱۳۸۱ بیش از ۸۰ درصد از کل واردات خالص آب مجازی را به خود اختصاص داده است. به همین ترتیب طی سال‌های مورد نظر، روند TNVWI تقریباً با روند NVWI گندم هم‌آهنگ است. با توجه به شکل ۵، مقدار کل خالص آب مجازی انتقال یافته به کشور (TNVWI) در سال‌های اخیر به‌طور کلی کاهش یافته است به‌طوری که مقدار آن طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ حدود ۱۸/۶ میلیارد مترمکعب در سال کم شده است. اگرچه مقدار TNVWI در برخی سال‌ها در طول دو دهه گذشته به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته اما مقدار آن با روندی متغیر و پر نوسان از ۱۹ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۶۲ به ۷ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۸۲ کاهش یافته و به‌طور کلی می‌توان گفت که دارای روندی کاهشی بوده است.

نتایج نشان داد که برای هر گروه از محصولات مورد بررسی



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

یکی از مقادیر واردات آب مجازی (VWI) یا صادرات آب مجازی(VWE) غالب بوده است. بدین ترتیب، اگر برای یک گروه، مقادیر مربوط به واردات بالا بود، مقادیر مربوط به صادرات قابل صرف نظر کردن بود. در نتیجه، مقادیر ناخالص انتقال آب مجازی چندان تفاوتی با مقادیر خالص محاسبه شده بر اساس معادله ۵ نداشت.

در شکل ۶، تولید و واردات غلات به‌صورت درصدی از کل عرضه در کشور طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۷ نشان داده شده است (عرضه = تولید داخلی+ واردات). در سال ۱۳۷۹ واردات غلات ۴۴ درصد از عرضه داخلی را تشکیل داده، که با بیشترین مقدار طی دو دهه گذشته بوده است (شکل ۶). در حالی که تولید داخلی غلات در این سال، ۵۶ درصد از عرضه را تشکیل داده که کمترین میزان تولید داخلی در این دو دهه بوده است. تولید داخلی از حدود ۸۰ درصد در سال ۱۳۷۷ به ۵۶ درصد در سال ۱۳۷۹ و مجدداً با یک روند افزایشی به ۸۰ درصد در سال ۱۳۸۲ رسید. به‌طور کلی، با توجه به رابطه وارونه بین واردات و تولید داخلی، روندی متقابل در مورد واردات مشاهده می‌شود(شکل ۶).

بر اساس آمارهای فائو (۱۶)، حجم واردات غله ایران به‌طور متوسط در طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۸ برابر ۹/۱۸۳ میلیون تن در سال بوده است. این رقم در حدود ۳ درصد از کل غله مبادله شده در بازار جهانی را تشکیل می‌دهد. از کل این حجم واردات، حدود۴/۸۹ میلیون تن واردات گندم بوده که تقریباً ۳/۶ درصد از کل حجم گندم مبادله شده در جهان را تشکیل می‌دهد.

با توجه به مطالب اخیر و نتایج ارائه شده در جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که غلات و دانه‌های روغنی به عنوان محصولات وارداتی اصلی کشور مطرح هستند. در مقابل، خشکبار و خرما، حبوبات و میوه‌ها، محصولات صادراتی عمده ایران را تشکیل داده‌اند. خشکبار، با میزان آب مجازی $m^3\ kg^{-1}$ ۱۱/۵۳ برای پسته، $m^3\ kg^{-1}$ ۲/۸۵ برای گردو و $m^3\ kg^{-1}$ ۳/۲۲ برای خرما، اولین گروه عمده از محصولات صادراتی ایران را تشکیل داده‌اند.

حبوبات شامل نخود، عدس و لوبیا، به‌عنوان دومین گروه محصولات عمده صادراتی، با میزان آب مجازی به ترتیب معادل ۱۰/۷۲، ۹/۷۵ و ۳/۱۶ مترمکعب بر کیلوگرم محصولاتی پرمصرف هستند و دارای بهره‌وری آب کمی می‌باشند. دانه‌های روغنی نیز با میزان آب مجازی معادل $m^3\ kg^{-1}$ ۴/۸۹ در زمرهٔ محصولات پرمصرف طبقه‌بندی می‌شوند. بنا به گزارش فائو (۱۵) طی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۴ ایران جزو صادرکنندگان عمده حبوبات، میوه‌ها و سبزی‌ها بوده است. به‌طور کلی، جایگزین کردن کشت محصولاتی که به آب کمتری نیاز دارند با محصولاتی با نیاز آبی بالا می‌تواند یکی از گزینه‌ها برای اصلاح ساختار کشاورزی باشد.

به‌منظور افزایش کارایی مصرف آب بهتر است محصولاتی با بهره‌وری آب بیشتر به‌جای محصولات با بهره‌وری آب کمتر کاشته شوند و بدین ترتیب آب برای تولیدات دارای ارزش اقتصادی بالاتر به ازای واحد آب مصرفی و نیز سایر مصارف ضروری داخلی، ذخیره گردد. افزایش تولید و صادرات محصولات پرمصرف با بهره‌وری و ارزش اقتصادی کم در بازار بین‌المللی، و وارد کردن محصولات کم‌مصرف، سیاستی زیان‌آور برای آینده منابع آب و امنیت بلند مدت مواد غذایی در کشور کم آبی مانند ایران خواهد بود.

**ج) مصرف واقعی آب و واردات آب مجازی**

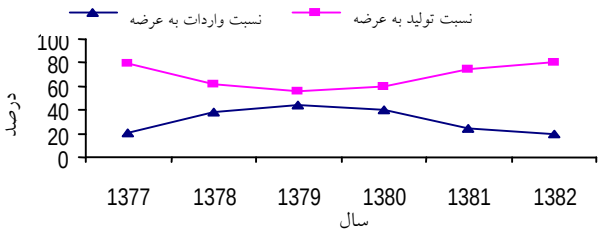
چنان‌چه در بحث قبلی مشخص گردید باید به سیاست‌های تولید و واردات غلات توجه بیشتری شود، زیرا گروه غلات محصولات اصلی وارداتی کشور هستند. در شکل ۷ روند تاریخی تولید و واردات غلات برای سال‌های ۱۳۶۲-۱۳۸۲ نشان داده شده است. هم‌چنان که انتظار می‌رود در مدت این سال‌ها تولید و واردات غلات روندی متقارن داشته‌اند که علت آن جبران کمبودهای داخلی از راه واردات است. در سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۷۹ وقتی تولید کشور به پایین‌ترین مقدار خود کاهش یافت، واردات غلات از خارج به بیشترین مقدار خود افزایش پیدا کرد.

در شکل ۸ متوسط مصرف آب (WU) و متوسط واردات

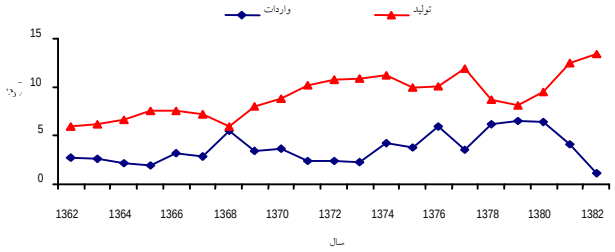


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

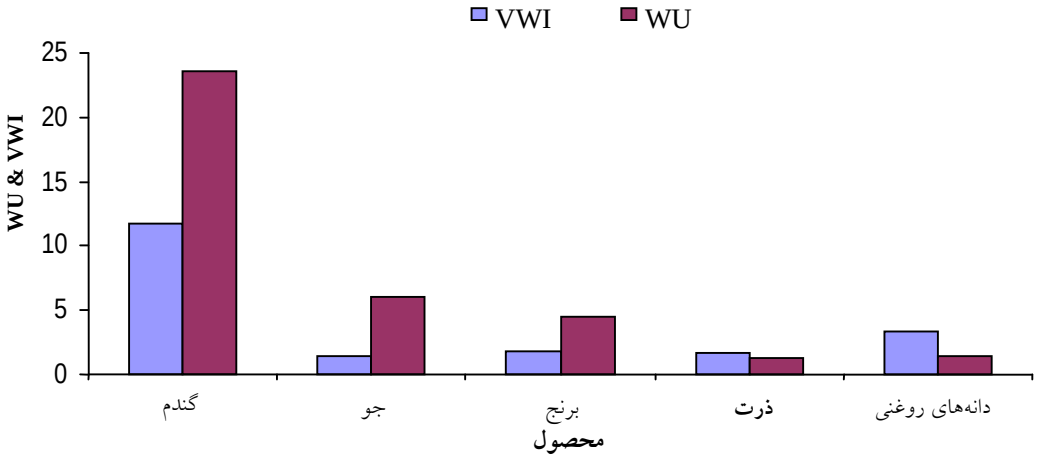
[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]




**شکل۶. سهم واردات و تولید در عرضه داخلی غلات از ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ (۲).**




**شکل۷. تولید ناخالص و واردات غلات در ایران طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۶۲ (۲).**




**شکل۸. متوسط مصرف آب (WU، میلیارد مترمکعب در سال) و متوسط واردات آب مجازی (VWI، میلیارد مترمکعب در سال) به تفکیک غلات و دانه‌های روغنی طی دوره ۱۳۸۲-۱۳۷۸.**

آب مجازی (VWI)به تفکیک غلات (گندم، جو، ذرت و برنج)و دانه‌های روغنی در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ نشان داده شده است. در این شکل می‌توان مشاهده کرد که در این پنج سال، متوسط مقدار مصرف آب به‌ویژه برای گندم، بالا بوده است. از آنجا که مبادله مواد غذایی راهی برای توزیع مجدد منابع آب در میان مشارکت‌کنندگان در مبادله است (۲۶) و غلات، چه از دیدگاه واردات و چه از نقطه نظر تولید، به‌عنوان محصولات اصلی کشاورزی شناخته شده‌اند، مدیریت و سیاست‌های واردات و تولید آنها باید مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرد تا بتوان قابلیت اطمینان به منابع آب موجود و امنیت بلند مدت مواد غذایی را ارتقا بخشید.

مقادیر متوسط واردات آب مجازی نشان داده شده در شکل ۷ در واقع به منابع آب کشور اضافه می‌شوند. علت این امر آن است که اگر قرار بود هر یک از محصولات وارد شده به‌صورت داخلی تولید شود، حجم آب وارد شده به‌صورت مجازی به کشور می‌بایست در داخل کشور و از منابع داخلی مصرف می‌شد. این موضوع تحت عنوان واتر فوت‌پرینت یک کشور تعریف شده است (۱۷). برای مثال، در حدود ۲۳/۶ میلیارد مترمکعب آب برای تولید ۱۰/۴ میلیون تن گندم طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۸ استفاده شده است. طی این دوره به‌طور متوسط ۴/۹ میلیون تن گندم به کشور وارد شده است. اگر قرار بود مقدار اخیر در داخل کشور تولید شود، ۱۱/۶۷ میلیارد مترمکعب



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

**جدول۲. متوسط سهم محصولات مورد بررسی در مبادله آب مجازی طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۸.**

| محصول | VWI ($m^3$) | VWE ($m^3$) | سهم مبادله آب مجازی (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | VWI | VWE |
| گندم | ۱۱۶۷۰۲۲۵۸۷۶ | ۸۱۰۴۹۴۶ | ۵۸/۵۶ | ۰/۲۷ |
| جو | ۱۴۲۹۴۶۷۴۷۸ | ۵۹/۴۰ | ۷/۱۷ | ۰/۰ |
| ذرت | ۱۶۷۹۴۰۷۳۹۴ | ۲۸۸۰۰ | ۸/۴۳ | ۰/۰ |
| برنج | ۱۷۷۴۳۱۱۵۸۲ | ۶۲۱۷۴۸ | ۸/۹۰ | ۰/۰۲ |
| دانه‌های روغنی | ۳۳۲۷۱۸۸۲۹۶ | ۱۶۴۱۴۱۵۰ | ۱۶/۶۹ | ۰/۵۴ |
| میوه‌ها | ۰ | ۲۱۳۶۶۴۶۷۸ | ۰/۰ | ۷/۰۶ |
| خرما و خشکبار | ۲۶۰۱۷۶ | ۱۸۲۴۶۳۶۶۱۸ | ۰/۰ | ۶۰/۲۵ |
| حبوبات | ۴۵۷۹۳۱۶۰ | ۹۱۳۳۶۸۸۹۶ | ۰/۲۳ | ۳۰/۱۶ |
| سبزی‌ها | ۳۰۶۶۴۹۰ | ۵۱۶۶۷۸۴۴ | ۰/۰۲ | ۱/۷۱ |
| جمع | ۱۹۹۳۰۰۲۲۲۷۸ | ۳۰۲۸۴۸۴۶۵۲ | ۱۰۰/۰ | ۱۰۰/۰ |

آب مورد نیاز بود و این مقدار می‌بایست به مقدار مصرف داخلی آب افزوده می‌شد. بدین ترتیب، با وارد کردن ۴/۹ میلیون تن گندم، ۱۱/۶۷ میلیارد مترمکعب آب در داخل کشور ذخیره شده است (جدول ۳).

در جدول ۴ مقادیر مصرف آب کشاورزی (WU)، واردات خالص آب مجازی (NVWI)، واتر فوت‌پرینت، شدت مصرف آب (WI)، وابستگی به آب (WD) و خودکفایی آب (WSS) در ایران در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۰ ارائه شده است. در این جدول شدت مصرف آب (WI) بر اساس داده‌های شرکت مهندسین مشاور جاماب (۵) محاسبه شد.

چنان‌چه در جدول ۴ مشاهده می‌شود، شدت مصرف آب به‌واسطه رشد چشم‌گیر مصرف آب برای کشاورزی کمی افزایش یافته است. هوکسترا و هانگ (۱۷) درجه خودکفایی را در شش گروه طبقه‌بندی کرده‌اند: ۲۰-۰%، ۵۰-۲۰%، ۷۰-۵۰%، ۹۰-۷۰%، ۹۹-۹۰% و ۱۰۰%. اگرچه تنها مصرف آب کشاورزی در محاسبات منظور گردیده و درصد WSS طی سال‌های مورد مطالعه در حال کاهش می‌باشد، اما ایران هنوز در زمره کشورهای با درجه بالای خودکفایی آب قرار دارد. شایان ذکر است که در ایران کمتر از ۷ درصد از کل مصرف آب برای فعالیت‌هایی غیر از کشاورزی است. بدین ترتیب، محسوب نکردن این مصارف تغییر مهمی در نتایج ایجاد نخواهد کرد. با وجود این‌که انتظار می‌رود محدود بودن منابع آب موجود و تقاضای بالای مواد غذایی باعث شود ایران از نظر آب بیشتر وابسته باشد تا خودکفا، اما نتایج نشان داد که رابطه مثبت و مستقیمی بین کمبود آب و وابستگی به آب در ایران وجود ندارد.

## ۲. بحث کلی در مورد روند مبادله آب مجازی

به استثنای سال‌های کم‌آبی و تولید کم، به‌نظر می‌رسد روند کل واردات آب مجازی همه محصولات کاهشی است. این نشان می‌دهد مدیریت‌ها و برنامه‌ریزی‌ها به‌سمت خودکفایی بیشتر و تولید مواد غذایی در داخل، به‌جای وارد کردن آنها از سایر کشورها می‌باشد. ماده ۱۸ برنامه چهارم توسعه ایران، این واقعیت را به‌وضوح بیان می‌کند و توسعه بخش کشاورزی را مبتنی بر خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی اساسی، امنیت غذایی، تولید اقتصادی و گسترش صادرات محصولات کشاورزی، می‌داند.

علی‌رغم وجود و اهمیت این سیاست، آسیب‌پذیری نسبت به تغییرات ناگهانی آب و هوا، جمعیت رو به افزایش کشور،



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

**جدول۳. میانگین تولید، واردات، مصرف آب برای کشاورزی(WU) و واردات آب مجازی (VWI) برای گندم، جو، ذرت، برنج و دانه‌های روغنی در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷.**

| محصول | تولید* (Mt) | واردات* (Mt) | مصرف آب برای کشاورزی (WU) (BCM) | واردات آب مجازی (VWI) (BCM) |
|---|---|---|---|---|
| گندم | ۱۰/۴۲۲ | ۴/۸۹۰ | ۲۳/۵۸۴ | ۱۱/۶۷۰ |
| جو | ۲/۴۲۰ | ۰/۵۲۲ | ۶/۰۸۶ | ۱/۴۲۹ |
| ذرت | ۱/۲۸۳ | ۱/۶۶۰ | ۱/۳۰۵ | ۱/۶۷۹ |
| برنج | ۲/۴۲۶ | ۰/۹۴۳ | ۴/۴۶۹ | ۱/۷۷۴ |
| دانه‌های روغنی | ۰/۲۸۸ | ۰/۶۹۲ | ۱/۳۵۹ | ۳/۳۲۷ |

* منبع: وزارت کشاورزی ایران (۱۳۸۵)

**جدول۴. مقادیر مصرف آب کشاورزی (WU)، واردات خالص آب مجازی (NVWI)، واتر فوت‌پرینت(WF) ، شدت مصرف آب (WI)، وابستگی به آب (WD) و خودکفایی آب (WSS) در ایران در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۰**

| سال | WU (BCM) | WA (BCM) | NVWI (BCM) | WF (BCM) | WI (%) | WD (%) | WSS (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۶۵ | ۶۰/۵۴۵ | ۱۳۰ | ۱۱/۶۹۱ | ۱۴۱/۶۹۱ | ۴۶/۵۷ | ۱۶/۱۸ | ۸۳/۸۲ |
| ۱۳۷۵ | ۷۵/۹۴۶ | ۱۳۰ | ۱۴/۹۹۹ | ۱۴۴/۹۹۹ | ۵۸/۴۲ | ۱۶/۴۹ | ۸۳/۵۱ |
| ۱۳۸۰ | ۷۱/۸۰۰ | ۱۳۰ | ۲۳/۱۸۸ | ۱۵۳/۱۸۸ | ۵۵/۲۳ | ۲۴/۴۱ | ۷۵/۵۹ |

تغییر کاربرد آب از بخش کشاورزی به بخش‌های دیگر از جمله شرب و صنعت، آلودگی منابع آب، افزایش تقاضا برای مواد غذایی و بهبود رژیم‌های غذایی (۱۹) کشور را به‌سمت استفاده از راه‌کار آب مجازی سوق داده است و این امر هم‌چنان ادامه خواهد داشت. اگرچه خشکبار و خرما، حبوبات و میوه‌ها محصولات صادراتی اصلی کشور را تشکیل می‌دهند، اما میزان خالص انتقال آب مجازی ایران در تمام سال‌های مورد بررسی، همواره شامل واردات بوده است. طی دو دهه گذشته، ایران هرگز یک صادرکننده صرف نبوده است.

نوسانات شدید در تولید، به‌دلیل عدم یک‌نواختی بارندگی، یکی از مشخصه‌های بارز ایران می‌باشد که برای ثبات و امنیت منابع غذایی کشور مضر هستند. هم‌چنان‌که در بخش نتایج ذکر شد، واردات غلات و گندم در حدود ۳% و ۳/۶% از کل غلات و گندم مبادله شده در بازارهای جهانی بوده است. با توجه به سهم بزرگی که ایران در واردات دارد، نوسانات شدید در تولید که منجر به تشدید نوسانات در واردات می‌گردد، می‌تواند بر ثبات بازار جهانی مواد غذایی نیز تأثیر بگذارد.

تلاش برای تحقق سیاست "محصول بیشتر به ازای هر قطره آب" به‌منظور افزایش بهره‌وری آب، که در بخش ب از ماده ۱۰۹ برنامه سوم و ماده ۱۷ برنامه چهارم توسعه ایران آمده است، به‌دلیل استفاده از مقادیر فراوان کودهای شیمیایی، آلودگی آب را تشدید می‌کند و از پتانسیل منابع آب کشور در زمینه



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

آب‌های شیرین می‌کاهد. هم‌چنین، با شدت گرفتن رقابت بر سر آب از سوی بخش‌های دیگر، مانند صنایع و شهرها، انتظار می‌رود آب موجود برای کشاورزی در آینده کاهش یابد (۱۹).

با توجه به این وضعیت، هرچند زمین‌های تحت کشت آبی در ایران به تدریج در طی دو دهه گذشته افزایش پیدا کرده‌اند و با افزایش تنش آبی، ارتقای کارایی مصرف آب در سال‌های اخیر وارد دستور کار سیاسی شده است (۹)، اما در آینده توان گسترش زمین‌های تحت آبیاری کاهش یافته و یا محدود خواهد گردید. سیاست گسترش زمین‌های تحت کشت آبی در برنامه سوم توسعه کشور (بخش ب، ماده ۱۰۹) آورده شده است.

در مجموع، از آنجا که تولید کشاورزی یک فعالیت پرمصرف نهاده‌ها می‌باشد، فقدان آب مستقیماً تولید مواد غذایی را محدود می‌سازد. با این حال، این امر می‌تواند از راه وارد کردن مواد غذایی از خارج جبران شود. اگر چه به‌واسطه حساسیت‌های سیاسی به وابستگی مواد غذایی، تلاش بر این بوده است که از این کار اجتناب شود (۲۵ و ۲۶)، اما ایران مقادیر زیادی غلات را برای مصارف داخلی کشور، به‌ویژه در سال‌های کم آبی، وارد کرده است. اگر چه حجم واقعی واردات در سال‌های مختلف متفاوت می‌باشد، ولی همیشه در سطحی قابل توجه قرار داشته است. گندم، کالای غالب و فراگیر در واردات غلات بوده است. علاوه بر گندم، محصولات جو، ذرت و برنج اقلام عمده وارد شده به کشور بوده‌اند. با افزایش تنش آبی، تولید داخلی با چالش بزرگ‌تری مواجه خواهد شد که می‌تواند منجر به وابستگی بیشتر به واردات مواد غذایی گردد (۲۶). در ایران، هر چند موفقیت در تولید داخلی غلات، به‌ویژه در دهه گذشته، چشم‌گیر بوده است، اما احتمال آن نمی‌رود که با توجه به محدودیت رو به افزایش منابع آب، بتواند همین روند را در آینده حفظ نماید. هم‌چنین این باور وجود دارد که " کم‌آبی در آینده اساساً به‌دلیل استفاده بدون برنامه‌ریزی از آب و نه به‌دلیل کمبود آب خواهد بود" (۱۹).

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:

۱. سبزی‌ها و میوه‌ها در گروه محصولات کم مصرف با بهره‌وری آب بالا و حبوبات، غلات، دانه‌های روغنی، خشکبار و خرما در گروه محصولات پرمصرف با بهره‌وری آب پایین قرار می‌گیرند.
۲. غلات و دانه‌های روغنی به‌عنوان محصولات وارداتی عمده و خشکبار و خرما، حبوبات و میوه‌ها به‌عنوان محصولات صادراتی عمده ایران مطرح هستند.
۳. واردات زیاد گندم علت اصلی قرار گرفتن غلات در رأس محصولات وارداتی طی سال‌های اخیر بوده است.
۴. به‌طور کلی، مقدار کل آب مجازی خالص انتقال یافته به کشور در سال‌های اخیر کاهش یافته است.
۵. روند تغییرات میزان کل انتقال خالص آب مجازی تا حد زیادی تحت تأثیر مقدار واردات خالص آب مجازی گندم بوده است.
۶. در کل، صادرات آب مجازی در مقایسه با واردات آب مجازی قابل توجه نبوده است.
۷. مبادله بین‌المللی محصولات کشاورزی، نقشی اساسی در دست‌یابی به امنیت غذایی طی سال‌های کم‌آبی ایفا کرده است.
۸. هرچند به‌نظر می‌رسد برخی از تصمیم‌گیران، به‌ویژه به‌دلیل نگرانی‌های سیاسی، تمایلی به پذیرش نقش آب مجازی در امنیت غذایی ندارند، اما رشد سریع جمعیت و در نتیجه نیاز به مواد غذایی و هم‌چنین محدودیت منابع آب منجر به استفاده تلویحی از راه‌کار واردات آب مجازی خواهد گردید. بنابراین اقدامات و سیاست‌گذاری‌ها باید به‌صورتی باز و مستقیم با چالش‌های کمبود آب برخورد کنند و با تدابیری صحیح و آگاهانه امنیت بلند مدت مواد غذایی کشور را تأمین نمایند.



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

## منابع مورد استفاده


۱. احسانی، م. و ه . خالدی. ۱۳۸۲. *بهره‌وری آب کشاورزی*. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی، تهران.

۲. سایت وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۵. قابل دسترس در.http://www.agri-jahad.org

۳. شرکت مهندسین مشاور جاماب. ۱۳۷۵. گزارش تعیین آب مورد نیاز بهینه گیاهان.

۴. شرکت مهندسین مشاور جاماب. ۱۳۸۰. گزارش سنتز طرح جامع آب کشور.

۵. فرشی، ع. ا.، م. ر. شریعتی، ر. جاراللهی، م. ر. قائمی، م. شهابی‌فر و م. م. تولائی. ۱۳۷۶. براورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی. جلد اول (گیاهان زراعی، ۹۰۰ صفحه)، جلد دوم (گیاهان باغی، ۶۲۹ صفحه)، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

۶. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۰. بانک اطلاعات کشاورزی ایران. ویرایش ۵، اداره کل آمار و اطلاعات در امور کشاورزی، تهران.

7. Alcamo, J., T. Henrichs and T. Rosch. 2000. World Water in 2025: Global Modeling and Scenario Analysis for the World Commision on Water for the 21th Century. Center for Environmental Systems Research, Report A0002, University of Kassel, Germany.
8. Alizadeh, A. and A. Keshavarz. 2005. Status of agricultural water use in Iran. Proc of Water Conservation, Reuse and Recycling Workshop, The National Academic Press, Washinton D.C., PP: 106-113.
9. Allan, J. A. 1997. Virtual water: A long-term solution for water short Middle Eastern economies? Paper presented at the 1997 British Assoc. Festival of Sci., University of Leeds, UK.
10. Allan, J. A. 2003. Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East. PP. 137-145. *In*: A. Y. Hoekstra (Ed.), Virtual Water Trade, Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, IHE, Delft, The Netherlands.
11. Ardakanian, R. 2005. Overview of water management in Iran. Proc of Water Conservation, Reuse and Recycling Workshop, The National Academic Press, Washinton D.C., PP: 106-113.
12. Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra. 2003. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to trade of livestock and livestock products. PP. 49-76. *In*: A. Y. Hoekstra (Ed.), Virtual Water Trade, Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12. IHE, Delft, The Netherlands.
13. Chapagain, A. K., A. Y. Hoekstra and H. G. Savenije. 2005. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrol. and Earth Sys. Sci. Discuss. 2: 2219-2251.
14. 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, Colombo, Sri Lanka.
15. FAO. 2002. Twenty-sixth FAO Regional Conference for the Near East. Tehran, I. R. of Iran, 9-13 March, Available at: www.fao.org/docrep/meeting/004/Y114E.htm, 64 p.
16. Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2004. FAOSTAT (Statistics Database). On-line Information Service, http//:www.fao.org.
17. Hoekstra, A. Y. and P. Q. Hung. 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, IHE, Delft, The Netherlands, pp. 25-47.
18. Keshavarz, A., S. Ashrafi, N. Haydari, M. Pouran and E. Farzaneh. 2005. Water allocation and pricing in agriculture of Iran. Proc of Water Conservation, Reuse and Recycling Workshop, The National Academic Press, Washington D.C., PP: 153-172.
19. Mousavi, S. F. 2005. Agricultural drought management in Iran. Proc. Water Conservation, Reuse and Recycling Workshop, The National Academic Press, Washinton D.C., PP: 106-113.
20. Oki, T. and S. Kanae. 2004. Virtual water trade and world water resources. Water Sci. Technol. 49(7): 203-209.
21. Rockstr¨om, J. and L. Gordon. 2001. Assessment of green water flows to sustain major biomes of the world: Implications for future ecohydrological landscape management. Phil. Trans. Royal Soc. B 26: 843–851.
22. Smakthin, V., C. Revenga and P. Doll. 2004. Taking into Account Environmental Water Requirements in Global-scale Water Resources Assessments. Comprehensive Asesment of Water Management in Agriculture Research Report 2, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
23. Turton, A. R. 1999. Precipitation, people, pipelines and power: Towards a political ecology discourse of water in southern Africa. MEWREW Occasional Paper No. 11, School of Oriental and African Studies, University of London.




[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]

24. Warner, J. 2003. Virtual water- virtual benefits? Scarcity, distribution, security and conflict reconsidered. PP. 125-135. *In*: A. Y. Hoekstra (Ed.), Virtual Water Trade, Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, IHE, Delft, The Netherlands.
25. Wichelns, D. 2001. The role of "virtual water" in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt. Agric. Water Manag. 49: 131-151.
26. Yang, H. and A. J. B. Zehnder. 2002. Water scarcity and food import: A case study for southern Mediterranean countries. World Develop. 30(8): 1423-1430.
27. Yang, H., P. Reichert, K. Abbaspour and A. J. B. Zehnder. 2003. A water resources threshold and its implications for food security. Environ. Sci. and Technol. 37: 3048-3054.
28. Zimmer, D. and D. Renault. 2003. Virtual water in food production and global trade: Review of methodological issues and preliminary results. PP. 93-107. *In*: A. Y. Hoekstra (Ed.), Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, IHE, Delft, The Netherlands.

[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.46.32.1 ]