

مبادله آب مجازی به منظور بهبود بهره‌وری در مصرف آب (مطالعه موردی استان کرمان)

ابوالفضل غلامحسین پور جعفری نژاد^{۱*}، امین علیزاده^۲، علی نشاط^۳ و محبوبه ابوالحسینی زراعتکار^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۷

چکیده

تقریباً دو پنجم مساحت باغ‌های کل کشور در استان کرمان قرار دارد که از این سطح زیر کشت حدود ۷۶٪ آن باغ‌های پسته و خرما در استان کرمان می‌باشد. مشکل کمبود منابع آب و بارش یک واقعیت مهم و غیر قابل انکار در این استان محسوب می‌شود. لذا بررسی تحلیل آب مجازی محصولات استراتژیک بخش کشاورزی می‌تواند ما را در سیاست گذاری و برنامه‌ریزی بهینه منابع آب یاری دهد. برای نیل به این هدف به محاسبه میزان آب مجازی محتوی محصولات کشاورزی استراتژیک استان (پسته و خرما) و سایر محصولات در سال ۱۳۸۸ و محاسبه حجم مبادلات آب مجازی استان از طریق واردات و صادرات این محصولات با استفاده از روش هوکسترا و هانگ (۲۰۰۲) و هوکسترا و همکاران (۲۰۰۹) پرداخته شد. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد استان کرمان صادر کننده آب مجازی است و حجم صادرات آب مجازی در سال ۱۳۸۸ بیش از ۲/۶۴ میلیارد متر مکعب برآورد گردیده است. پسته و خرما جزء محصولات پرمصرف محسوب شده و از طرفی سایر محصولات نظیر میوه‌ها و صیفی‌جات محصولات کم مصرفی هستند. پسته با عملکرد پایین میزان آب مجازی بالایی را دارا می‌باشد. اما خرما با عملکرد مناسب‌تری پایین‌تر از پسته قرار می‌گیرد اما هر دو محصول نسبت به حد استاندارد دارای آب مجازی بالایی هستند. بنابراین برای کاهش فشار وارده بر منابع آب داخلی، مستلزم بهره‌گیری بیش‌تر از استراتژی مبادله آب مجازی در استان می‌باشیم.

واژه‌های کلیدی: تجارت آب مجازی، پسته، خرما، صادرات، کرمان، واردات

مقدمه

استان کرمان با وسعتی معادل ۱۷۵۰۶۹ کیلومتر مربع و جمعیتی برابر با ۲۶۵۲۴۱۳ نفر در طیف ارتفاعی ۱۹۰ متر در دشت لوت تا ۴۴۶۵ متر در ارتفاعات هزار بین مختصات جغرافیایی ۳۰°-۵۴° و ۴۸°-۵۹° طول شرقی و ۲۴°-۲۴° و ۲۶°-۵۷° عرض‌های شمالی واقع شده است. استان کرمان در یک منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است. بارش سالانه در استان کرمان حدود ۱۴۵ میلی‌متر است که ۵ درصد متوسط بارش سالانه کشور و حدود ۱۹ درصد میانگین بارش جهان می‌باشد. با توجه به پتانسیل کم تولید جریان‌های سطحی و تغییرات شدید بارندگی از سالی تا سال دیگر ذخیره آبی حوزه‌های آبریز ناچیز است. از طرفی با برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی در حال حاضر در بسیاری از دشت‌های استان

بیابان منفی داریم و در بعضی از مناطق کسری مخزن در حدی است که حالت بحرانی پیدا کرده است. از جمله دشت‌های رفسنجان، زرنند، سیرجان، بم و کرمان چنین وضعیتی دارند. به علت محدودیت کمی و کیفی آب در کرمان، تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا مفهوم آب مجازی از اهمیت ویژه‌ای در برنامه ریزی و سیاست‌گذاری کلان آب در آینده برخوردار خواهد بود.

مفهوم آب مجازی اولین بار توسط آلن به معنی آب محاط شده در کالاها تعریف گردید (Allan, 1993). آلن مقدار آب موجود در غلات، شیر و محصولات دامی را بر اساس مقدار آب مورد نیاز برای تولید آن‌ها تفسیر کرد (Allan, 2003). تولید بسیاری از کالاها به آب احتیاج دارد. آبی که در مراحل مختلف تولید یک کالا استفاده می‌گردد آب مجازی ذخیره شده در کالا نامیده می‌شود. برای مثال برای تولید یک کیلوگرم از غلات که به‌صورت دیم و در شرایط جوی مطلوب رشد کرده بین ۱-۲ متر مکعب آب نیاز است و برای تولید همین مقدار در شرایط جوی نامطلوب (دما و تبخیر و تعرق بالا) بین ۳-۵ متر مکعب آب مصرف می‌شود (Hoekstra and Hung, 2002). هوکسترا در سال ۲۰۰۳ آب مجازی را جمع کل آب مورد نیاز برای

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*- نویسنده مسئول: (Email: aporjafari@yahoo.com)

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 کیلومتر مکعب بارندگی مؤثر (یا بارندگی به اضافه آبیاری) و ۱۷۸ کیلومتر مکعب آب آبیاری را از منابع آب داخلی به مصرف برسانند. آمارهای دیگر نشان می‌دهد که تولید انواع غلات وارد شده توسط ایران در سال ۱۹۹۵ نیازمند ۲۶/۵ کیلومتر مکعب از منابع آب داخلی بوده است که در این صورت تولید این محصولات در داخل ۸/۲۷ کیلومتر مکعب آن از طریق آب‌های تنظیم شده تأمین شده است، در حالی که تولید این غلات در کشورهای صادرکننده ۱۰/۶۴ کیلومتر مکعب آب مصرف کرده که ۴/۳۹ کیلومتر مکعب آن از طریق آب تنظیم شده بوده است. از این رو ایران با این تجارت ۱۵/۸۶ کیلومتر مکعب مصرف آب جهانی را کاهش داده است (Fraiture et al, 2004). هم‌چنین پیش‌بینی می‌شود ایران در سال ۲۰۲۵ با واردات ۱۱/۳۶ میلیون تن انواع غلات از مصرف ۴۷/۲۷ کیلومتر مکعب از منابع آب خود اجتناب می‌کند که در صورت تولید داخل غلات ۱۲/۷۲ کیلومتر مکعب آن از طریق آب‌های تنظیم شده برای آبیاری زمین‌های کشاورزی تأمین خواهد شد (Fraiture et al, 2004). باغستانی و مهرآبادی بشرآبادی (۱۳۸۶) به ارزیابی آب نهفته در صادرات و واردات محصولات کشاورزی ایران در سال‌های ۸۲-۱۳۸۰ پرداختند. محاسبات آن‌ها نشان داد که واردات آب مجازی از ۱۷۶ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۰ به ۱۲۷ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۲ کاهش یافته است. هم‌چنین صادرات آب مجازی از ۱۵ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۰ به ۲۰/۹ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۲ افزایش یافته است. بررسی خالص واردات آب مجازی نیز نشان داد که میزان آن از ۱۶۰/۹۶ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۲ کاهش یافته است. آمارها نشان می‌دهد که در فاصله سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷ آب مورد نیاز برای اینکه کشور واردکننده بتواند برخی از محصولات کشاورزی مورد نیاز خود را در داخل مرزهای خود تولید نمایند، در مجموع ۱۶۰۵ کیلومتر مکعب بوده است اما به واسطه تجارت آب مجازی، آب مصرف شده برای تولید این محصولات به ۱۲۵۳ کیلومتر مکعب کاهش یافته است که سالانه ۳۵۲ کیلومتر مکعب در مصرف آب جهانی صرفه‌جویی شده است (Chapagain et al, 2006). بنابراین تجارت آب مجازی با بهره‌برداری بهتر از ظرفیت‌ها و منابع باعث کاهش مصرف آب جهانی می‌شود (Hoekstra and Chapagain, 2008; Aldaya et al, 2010). امروزه با توجه به دیدگاه مدیریت جامع منابع آب، استفاده از مفهوم آب مجازی می‌تواند در فرایند مدیریت و تخصیص منابع محدود آب نقش به‌سزایی ایفا نماید. بر اساس مفهوم مبادله آب مجازی، این آب حجم آب محاط شده در محصولاتی است که بین کشورهای مختلف

تولید مقدار معینی از محصول، با توجه به شرایط اقلیمی، مکانی، زمان تولید و راندمان مطرح کرد (Chapagain and Hoekstra, 2004). بر این اساس شرایط اقلیمی، مکان و زمان تولید، مدیریت و برنامه ریزی، فرهنگ و عادات مردم در میزان آب مجازی مؤثر می‌باشد و قطعاً مقدار آن در مورد یک محصول در مناطق مختلف متفاوت خواهد بود (Chapagain and Hoekstra, 2004; Hoekstra and Aldaya et al, 2010; Chapagain, 2008). برای محاسبه مقدار آب مجازی محصولات (کشاورزی، صنعتی و غیره)، لازم است کلیه منابع آبی که به صورت (مستقیم یا غیرمستقیم) اعم از باران، آب سطحی یا آب زیرزمینی در تولید محصول مؤثر بوده‌اند را در محاسبات مورد توجه قرار داد. بنابراین می‌توان با تقسیم کل حجم آب مورد نیاز به کل محصول تولید شده میزان آب مجازی را محاسبه کرد (Chapagain and Hoekstra, 2004).

آلن تجارت آب مجازی را به‌عنوان راهکاری جهت مقابله با بحران کم آبی در کشورهای خشک و نیمه خشک خاور میانه پیشنهاد کرد (Allan, 1998). این مفهوم به عنوان یک ابزار اقتصادی توانمند برای کاهش مشکلات مربوط به کمبود آب در سطح جهان مطرح شد. بعدها محققان 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 (Warner, 2003; Chapagain et al, 2005; Hoekstra and Hung, 2002). آب مجازی، همراه با آب بومی امکان پاسخگویی به نیازهای آب در سطح ملی را فراهم می‌سازد (Allan, 2003). 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 را ذخیره می‌نمایند.

بعدها تعدادی از محققین به طریق مشابه استدلال کردند که مناطق دارای کمبود آب می‌توانند با وارد کردن محصولاتی که دارای 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 (Chapagain and Hoekstra, 2008; Aldaya et al, 2010; Hoekstra and Chapagain, 2008). 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 را ذخیره می‌نمایند. با توجه بیش‌تر محققین به مفهوم آب مجازی، انجام محاسبات کمی در این زمینه آغاز شد. محاسبات انجام شده از جابجایی جریان عظیمی از آب مجازی با تجارت کالاها آب بر خبر می‌دهد. فریچر و همکاران

در دوره آماری ۳۰ ساله از سازمان هواشناسی استان
 ۲- مشخصات باغ‌ها و مزرعه‌های استان کرمان از نظر موقعیت،
 نوع منابع آب و خاک‌های غالب که این اطلاعات از جهاد کشاورزی و
 وزارت نیرو گرفته شد.
 ۳- آمار سطح زیر کشت و میزان تولیدات کشاورزی محصولات
 پسته و خرما در استان کرمان در سال ۱۳۸۸ این اطلاعات از جهاد
 کشاورزی استان جمع‌آوری شد.
 ۴- آمار صادرات و واردات پسته و خرما استان در سال ۱۳۸۸ از
 اداره گمرک کرمان

۵- روش‌های آبیاری مرسوم و راندمان‌های آبیاری در دشت‌های
 کشاورزی از دفتر تأمین آب کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی
 ۶- حجم منابع آب تجدیدشونده استان و میزان تخصیص منابع
 آب به بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از وزارت نیرو و جهاد
 کشاورزی
 نیاز ویژه آبی (میزان آب مجازی محصولات پسته و خرما) بر
 اساس متوسط نیاز آبی و متوسط عملکرد پسته، خرما و سایر
 محصولات در سطح استان از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\overline{SWD}_c = \frac{\overline{CWR}_c}{\overline{CY}_c} \quad (1)$$

که در آن \overline{SWD}_c نیاز ویژه آبی گیاه c یا همان میزان آب مجازی
 هر محصول (متر مکعب آب در تن محصول)، \overline{CWR}_c متوسط نیاز
 خالص آبی (صرف نظر از باران مؤثر) در سطح استان برای محصول c
 (متر مکعب در هکتار) و \overline{CY}_c متوسط عملکرد محصول c (تن در
 هکتار) می‌باشد.

در این پژوهش از نرم افزار OPTIWAT، جهت برآورد نیاز آبی
 محصولات استفاده شد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷). نیاز خالص آبی
 هریک از محصولات پسته و خرما در شرایط غیر استاندارد بر اساس
 روش فائو- پنمن-مونتیت با در نظر گرفتن روش‌های متداول آبیاری و
 کیفیت آب و خاک محاسبه و با استفاده از داده‌های دفتر تأمین آب
 جهاد کشاورزی در مورد راندمان‌های آبیاری، نیاز آبیاری این
 محصولات محاسبه گردید.

برای محصولات کشاورزی، متوسط نیاز آبی در سطح استان با
 استفاده از روش میانگین وزنی در کلیه شهرستان‌های استان محاسبه
 شد:

$$\overline{CWR}_c = \frac{\sum_{i=1}^n (CWR_{c,i} \times A_{c,i})}{TA_c} \quad (2)$$

که در آن c و i به ترتیب شمارشگرهای محصول و شهرستان،
 $CWR_{c,i}$ متوسط نیاز آبی محصول c در شهرستان i (متر مکعب در
 هکتار)، $A_{c,i}$ سطح زیر کشت محصول c در شهرستان i (هکتار) و

مبادله می‌شود (Hoekstra and Hung,2002; Hokstra,2003). در
 مبادلات کشوری یا استانی محصولات، اگر این محصولات از مکانی
 با بهره‌وری آب بالا به مکانی با بهره‌وری آب پایین منتقل شوند
 ذخیره سازی منابع آبی در سطح جهانی و کشوری و یا حتی استانی
 صورت می‌گیرد. بنابراین کشورها و استان‌های کشور می‌توانند با
 واردات محصولات آب بر به جای تولید داخلی محصولات، منابع آبی
 خود را حفظ نمایند و این راه حلی برای کشورها و استان‌های خشک و
 نیمه خشک که با کمبود منابع آبی مواجه هستند به شمار می‌رود
 (Aldaya et al,2010).

اراضی بیابانی استان کرمان روند رو به افزایشی را طی می‌کند که
 یکی از دلایل آن کمبود بارش در دهه‌های گذشته و مصرف بی‌رویه
 و عدم مدیریت صحیح این کاربری است. بیابانی شدن استان مانع
 توسعه شده و تخریب کاربری‌های مؤثر را به دنبال خواهد داشت.
 بیابان‌زایی را فقط با اعمال روش‌های مدیریت منابع آب می‌توان
 کاهش داد، با توجه به مفهوم آب مجازی و با تحلیل سود و زیان آب
 کشاورزی در استان باید به این نکته نیز توجه داشت که چه مقدار آب
 به شکل‌های مختلف به استان وارد یا خارج می‌شود. لذا بررسی تحلیل
 آب مجازی محصولات استراتژیک بخش کشاورزی می‌تواند ما را در
 سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی بهینه منابع آب یاری دهد. این پژوهش
 در مورد مبادله آب مجازی در ارتباط با کمبود آب و امکان استفاده از
 آب مجازی برای بهبود بهره‌وری در مصرف آب در استان کرمان
 است. در این پژوهش به دلیل اینکه که پسته و خرما ۷۶ درصد از
 سطح زیر کشت باغات استان کرمان را به خود اختصاص داده‌اند و
 نقش تعیین کننده‌ای در صادرات استان و حتی کشور دارند انتخاب
 شده‌اند. بنابراین به بررسی امکان استفاده از مبادلات آب مجازی به
 منظور حصول بهره‌وری آب استان پرداخته شده است. در این تحقیق
 سعی بر آن شده که مبادله آب مجازی در ارتباط با منابع آب موجود،
 به عنوان راهی برای کاهش تنش آبی در استان مورد ارزیابی قرار
 گیرد، به یقین این امر می‌تواند گام مهمی در جهت کاهش بیابان‌زایی
 و پایداری سیستم‌های کشاورزی منطقه باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا آب مجازی دو محصول مهم و استراتژیک
 استان کرمان (پسته و خرما) و سایر محصولات در سال ۱۳۸۸ با
 روش (Hoekstra and Hung,2002) و (Hoekstra et al,2009)
 مورد مطالعه قرار گرفت.

آمار، اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتست
 از:

۱- داده‌های روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی استان
 کرمان (داده‌های بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی)

که در آن NVWI تراز خالص واردات آب مجازی استان (متر مکعب در سال) است که NVWI می‌تواند مقداری مثبت یا منفی باشد. اگر NVWI مثبت باشد، استان وارد کننده آب مجازی و اگر منفی باشد استان صادر کننده آب مجازی است.

اطلاعات آماری

استان کرمان با مساحتی بالغ بر ۱۷۵۰۶۹ کیلومتر مربع یکی از بزرگ‌ترین استان‌های کشور محسوب می‌شود. بنا بر آمار جهاد کشاورزی استان بالغ بر ۷۹۳/۳۷۲ هزار هکتار اراضی قابل کشت در اختیار بخش کشاورزی قرار دارد. در سال پایه مطالعات (۱۳۸۸) بیش از ۷۹۲/۸۲۷ هزار هکتار از اراضی استان زیر کشت محصولات زراعی و باغی فاریاب بوده که حدود ۳۰۷/۴۳۲ هزار هکتار آن زیر کشت محصولات زراعی و بالغ بر ۴۸۵/۹۴۰ هزار هکتار زیر کشت محصولات باغی بوده است. همچنین مساحت دیم زارهای استان کرمان بالغ بر ۵۴۵ هکتار بوده است. از این سطح زیر کشت، سهم پسته ۶۲ درصد، خرما ۱۴ درصد و سایر محصولات ۲۴ درصد می‌باشد.

تولیدات محصولات استان کرمان در سال ۱۳۸۸ نشان داده که از سطح زیر کشت اراضی آبی استان کرمان جمعاً ۴/۷۷۸۵ میلیون تن محصول به‌دست آمده است که از این مقدار ۳/۵۶ میلیون تن مربوط به محصولات زراعی و ۱/۲۱۸۵ میلیون تن مربوط به محصولات باغی است که باز از این مقدار ۱۷۱/۹۴۷ هزار تن را پسته، ۳۶۱/۵۴۷ هزار تن را خرما و ۶۸۴/۸۱۲ هزار تن را سایر محصولات تشکیل داده است.

آخرین اطلاعات مربوط به مصارف آبی استان کرمان در جدول ۱ و مقایسه آن با آمار کشوری نشان می‌دهد که این مقدار حدود ۹۳ میلیارد متر مکعب برای کشور و ۷/۵ میلیارد متر مکعب برای استان کرمان است. از این حجم آب مصرفی در استان سهم مصارف کشاورزی، شرب و صنعت به ترتیب ۷/۱، ۰/۱ و ۰/۳ بوده که ۱۶ درصد آن از منابع سطحی و ۸۴ درصد آن از منابع آب زیرزمینی تأمین شده است.

TA_c کل سطح زیر کشت محصول C در تمام شهرستان‌های تولید کننده استان (هکتار) می‌باشد.

بهره‌وری آب کشاورزی (CWP) با میزان آب مجازی نسبت عکس دارد که به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌شود (Renault, 2003). مفهوم بنیادی بهره‌وری آب کشاورزی استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

$$CWP = \frac{1}{SWD} \quad (3)$$

مبادله آب مجازی استان برای هر محصول، که شامل واردات و صادرات می‌شود، از حاصل ضرب مقدار کمی واردات یا صادرات آن محصول در میزان آب مجازی مربوط به آن محاسبه شد:

$$VWT_{i,c} = CT_{i,c} \times SWD_c \quad (4)$$

$$VWT_{e,c} = CT_{e,c} \times SWD_c \quad (5)$$

که در آن، VWT_{i,c} واردات آب مجازی محصول C (مترمکعب در سال)، VWT_{e,c} صادرات آب مجازی محصول C (مترمکعب در سال)، CT_{i,c} و CT_{e,c} مقدار واردات و صادرات سالانه محصول C (تن در هکتار) می‌باشد.

آب مجازی هر محصول بر مبنای استان وارد کننده در نظر گرفته شد به عبارتی به ازاء واردات محصول مقدار آبی که برای تولید محصول مورد نیاز بوده است ذخیره می‌گردد.

واردات و صادرات ناخالص آب مجازی از حاصل جمع واردات و صادرات محصولات استان بر اساس روابط زیر بدست آمد:

$$GVWI = \sum_c VWT_{i,c} \quad (6)$$

$$GVWE = \sum_c VWT_{e,c} \quad (7)$$

که در آن GVWI کل واردات ناخالص آب مجازی (متر مکعب در سال) و GVWE کل صادرات ناخالص آب مجازی (متر مکعب در سال)

تراز خالص واردات آب مجازی از اختلاف بین کل واردات و صادرات بر طبق رابطه زیر به‌دست آمد:

$$NVWI = GVWI - GVWE \quad (8)$$

جدول ۱- وضعیت منابع آبی تجدید شونده کشور و استان کرمان

نوع منابع آبی	حجم	کشور	استان کرمان	نسبت استان به کشور (درصد)
بارش	میلیارد متر مکعب	۴۱۳	۲۴/۵	۶
منابع آبی تجدید شونده	میلیارد متر مکعب	۱۳۰	۶/۶۵	۵/۱
تغذیه منابع آب‌های زیرزمینی از بارندگی و جریان‌های سطحی	میلیارد متر مکعب	۳۸	۳/۹	۱۰/۳
آب‌های سطحی در دسترس	میلیارد متر مکعب	۹۲	۲/۷۵	۳
آب مصرفی	میلیارد متر مکعب	۹۳	۷/۵	۸
اضافه برداشت آب‌های زیرزمینی	میلیارد متر مکعب	۶	۱/۱	۱۸/۳

مأخذ: آمار جهاد کشاورزی استان کرمان

جدول ۲- تحلیلی بر متوسط راندمان آبیاری در استان کرمان

۷۲۰۰	متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل (مترمکعب درهکتار)
۵/۷	حجم آب مورد نیاز (میلیارد مترمکعب)
۱۵۰۰۰	متوسط نیاز آبی مزرعه (مترمکعب درهکتار)
۱۱/۹	حجم آب مورد نیاز (میلیارد مترمکعب)
۱۴۰۰۰	متوسط نیاز آبی هدف (مترمکعب درهکتار)
۱۱/۱	حجم آب مورد نیاز (میلیارد مترمکعب)

مأخذ: محاسبات تحقیق

کشاورزی، تعیین دقیق آب مورد نیاز گیاه است، لذا ترویج و توسعه روش‌های علمی و دقیق تعیین آب مورد نیاز گیاهان ضروری به نظر می‌رسد و استان کرمان نیز از این امر مستثنی نیست. مصرف بیش از حد مورد نیاز آب در آبیاری اراضی ضمن هدر دادن آب و کاهش کارایی مصرف آن باعث شستشوی عناصر مغذی خاک و کاهش کارایی مصرف کود نیز می‌گردد. در مجموع در اکثر مناطق میزان آب آبیاری اندازه‌گیری نمی‌شود. عدم اندازه‌گیری آب آبیاری نشان دهنده این واقعیت است که در صورت تعیین دقیق آب مورد نیاز گیاه قادر نخواهیم بود آبیاری را با راندمان بالا و کارایی مصرف مناسب انجام دهیم.

نتایج و بحث

در این پژوهش با استفاده از رابطه ۱ و در نظر گرفتن عملکرد محصول، میزان آب مجازی محصولات پسته و خرما در سطح استان کرمان در سال ۱۳۸۸ و مقایسه آن با برخی از محصولات که سطح زیر کشت بالایی نسبت به بقیه محصولات کشاورزی در استان داشته در همان سال صورت گرفت. متوسط نیاز آبی پسته، خرما و سایر محصولات مورد بررسی از رابطه ۲ برآورد شده است. جدول ۳ نتایج محاسبات مربوط به آب مجازی پسته، خرما و سایر محصولات مورد بررسی را در کرمان نشان می‌دهد. ستون دوم جدول مربوط به متوسط عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)، ستون سوم مربوط به میانگین نیاز آبی (مترمکعب در هکتار)، ستون چهارم جدول مربوط به میزان آب مجازی (مترمکعب به ازاء هر تن)، ستون پنجم جدول میزان آب مجازی محصولات مختلف با در نظر گرفتن راندمان ۶۹/۵ درصد (مترمکعب بر تن)، ستون ششم و هفتم جدول شاخص بهره‌وری آب (رابطه ۳) بدون اعمال و با اعمال راندمان برآورد شده است.

آب مجازی محصولات کشاورزی متأثر از نیاز آبی و عملکرد محصول می‌باشد که خود به شرایط اقلیمی محل کاشت وابسته است. با توجه به جدول ۳ پسته و خرما در بین محصولات کشاورزی جزء محصولات با آب مجازی بالا و پیاز، هندوانه، سیب زمینی و گوجه فرنگی جزء محصولات با آب مجازی پایین محسوب می‌شوند.

علاوه بر آن رقم اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی ۱/۱ میلیارد متر مکعب تقریباً ۱۸/۳ درصد نسبت به کشور برای استان کرمان گزارش شده است. نتایج برآورد متوسط راندمان آبیاری در سطح استان کرمان در جدول ۲ ارائه شده است.

طبق محاسبات انجام شده بانرم افزار OPTIWAT و راندمان‌های موجود در آن میانگین راندمان کل آبیاری استان کرمان ۳۷ درصد و راندمان هدف ۴۴ درصد به دست آمد. منظور از راندمان آبیاری، راندمان کل آبیاری است که حاصل ضرب راندمان‌های کاربرد، توزیع و انتقال می‌باشد. منظور از راندمان آبیاری موجود، راندمان کل آبیاری در وضعیت موجود در دشت و راندمان آبیاری هدف، راندمان کل آبیاری در شرایط مصرف بهینه آب می‌باشد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷). با توجه به جدول ۲ اگر تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه را در نظر بگیریم و فرض بر این باشد که حجم اضافه برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی به بخش کشاورزی اختصاص یابد، راندمان آبیاری ۶۹/۵ درصد خواهد بود. با توجه به عدم یکنواختی آبیاری در سطح مزارع و باغات، تلفات قابل توجه کانال‌های خاکی شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی و نهرهای سنتی و در نهایت با لحاظ کردن راندمان ۳۷ درصد و حجم آب ۱۱/۹ میلیارد مترمکعب، نیاز واقعی مزارع ۴/۴ میلیارد متر مکعب محاسبه شد که از حد نیاز پتانسیل گیاه کم‌تر است. این رقم معادل ۵۵۵۰ متر مکعب در هکتار است. بنابراین انتظار می‌رود که این کمبود آب در بخش وسیعی از مزارع باعث کاهش متوسط تولید محصولات سالانه و دائمی شود. کشاورزی طی دهه‌های گذشته در میزان سطح زیر کشت و عملکرد محصولات با نوسانات زیادی روبه رو بوده است. علاوه بر کمبود آب عواملی از قبیل شوری، مدیریت ضعیف، عدم دانش کافی، رقابت شدید استفاده از منابع آب بین بخش‌های صنعت، شرب، محیط زیست با بخش کشاورزی، فرسودگی تأسیسات و غیره موجب تأثیرگذاری در کاهش تولید محصولات کشاورزی شده است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

طبق مطالعات میرئی و فرشی (۱۳۸۲) در کشور چه در شبکه‌های سنتی و چه در شبکه‌های مدرن، علیرغم کارهای علمی زیادی که صورت گرفته، در عمل آب مورد نیاز به صورت تقریبی و توسط بهره برداران برآورد می‌گردد. از آنجا که اولین اصل در استفاده بهینه از آب

جدول ۳- نتایج محاسبات آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی در استان کرمان

محصول	عملکرد (kg/ha)	نیاز خالص آبی (m ³ ha ⁻¹)	میزان آب مجازی (m ³ ton ⁻¹)	میزان آب مجازی با احتساب راندمان	بهره‌وری آب کشاورزی (kg m ⁻³)	بهره‌وری آب با احتساب راندمان
پسته	۶۴۰	۴۲۴۴	۶۶۳۱/۶	۹۵۴۱/۹	۰/۱۵۱	۰/۲۱۷
خرما	۶۱۰	۱۶۴۰۲	۲۶۸۴/۵	۳۸۶۲/۶	۰/۳۷۳	۰/۵۳۷
انار	۷۵۴۰	۱۰۵۶۳	۱۴۰۰/۹	۲۰۱۵/۷	۰/۷۱	۱/۰۲
په	۵۳۷۵	۹۷۵۸	۱۸۱۵	۲۶۱۱/۵	۰/۵۵	۰/۷۹
پرتقال	۱۴۰۱۰	۹۴۹۸	۶۷۸	۹۷۵/۵	۱/۴۷	۲/۱۲
سیب	۸۲۸۰	۱۰۸۳۰	۱۳۰۸	۱۸۸۲	۰/۷۶	۱/۱
گندم	۳۰۴۰	۵۴۱۵	۱۷۸۴	۲۵۶۶/۹	۰/۵۶	۰/۸
جو	۲۳۳۰	۴۳۱۶	۱۸۵۰	۲۶۶۱/۹	۰/۵۴	۰/۷۸
پیاز	۴۹۹۰۰	۷۲۶۸	۱۴۶	۲۱۰/۱	۶/۸۵	۹/۸۶
گوجه‌فرنگی	۲۸۰۰۰	۹۵۷۹	۳۴۲	۴۹۲/۱	۲/۹۲	۴/۲
هندوانه	۲۷۲۲۰	۷۹۸۸	۲۷۰	۳۸۸/۵	۳/۷	۵/۳
سیب‌زمینی	۲۲۳۷۰	۶۹۸۶	۳۱۲	۴۸۸/۹	۳/۲	۴/۶
ذرت	۶۸۴۰	۸۱۹۶	۱۱۹۶	۱۷۲۰/۹	۰/۸۴	۱/۲
کل محصولات	۹۰۶۰	۶۹۵۸	۷۶۸	۱۱۰۵	۱/۳۰	۱/۸۷

طرفی سایر محصولات نظیر پیاز، هندوانه، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و پرتقال جزء محصولات کم مصرف هستند. پسته با عملکرد پایین‌ترین میزان آب مجازی را دارا می‌باشد. اما خرما با عملکرد مناسب‌تری پایین‌تر از پسته قرار می‌گیرد. با این حال هر دو محصول نسبت به حد استاندارد دارای آب مجازی بالایی می‌باشند. عملکرد بالای محصولات نظیر پیاز، هندوانه، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی موجب شده تا گروه صیفی‌جات کم‌ترین میزان آب مجازی را داشته باشند. پسته و خرما در حدود ۴۴ درصد از تولید محصولات استان کرمان را به خود اختصاص داده‌اند، که اهمیت این محصولات را در درآمد و اقتصاد مردم استان کرمان نشان می‌دهد. از طرفی چون این محصولات دارای میزان آب مجازی بالایی هستند می‌توان دریافت که کارایی آب کشاورزی برای تولید این دو محصول تا چه حد مناسب است.

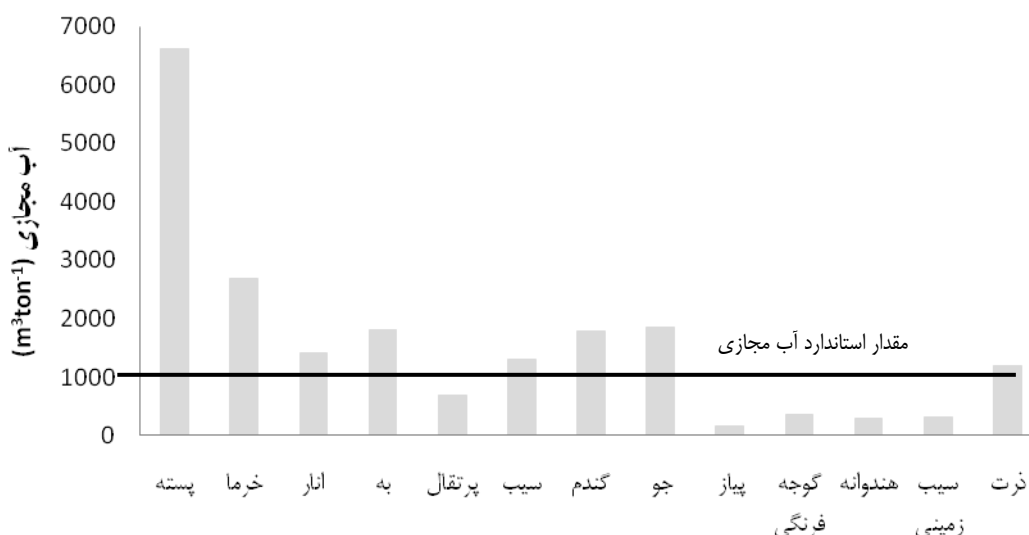
در شکل ۲ و ۳ میزان آب مجازی دو محصول پسته و خرما در استان‌های کشور ارائه داده شده است که با مقایسه آن‌ها می‌توان دریافت که میزان آب مجازی در کدام استان‌ها برای تولید این محصولات کم‌تر است یا به عبارتی کارایی آب کشاورزی برای تولید این محصولات را نشان داده است. با توجه به حجم تولید و عملکرد محصول پسته و خرما در استان‌های کشور، میزان آب مجازی پسته در استان‌های قزوین، یزد، مرکزی و اصفهان بیش‌تر از سایر نقاط کشور بوده (شکل ۲) و میزان آب مجازی خرما در استان‌های خراسان جنوبی، کهگیلویه و بویراحمد و یزد بیش‌تر از سایر نقاط کشور بوده است (شکل ۳).

میانگین وزنی آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی کل محصولات استان کرمان در سال ۱۳۸۸ به ترتیب ۰/۷۶۸ و ۱/۳ است. البته این ارقام بر اساس نیاز آبی محصولات و بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری است. همچنین میانگین وزنی آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی پسته و خرما به تنهایی در سال ۱۳۸۸ به ترتیب ۰/۲۱۵ و ۴/۶۵۸ به دست آمد. اگر متوسط آب مجازی محصولات و میزان کل تولید محصولات کشاورزی را در سال ۸۸ در نظر بگیریم برای تولید حدود ۴/۸ میلیون تن انواع محصولات کشاورزی در استان کرمان نیاز به ۳/۷ میلیارد متر مکعب آب داریم و همچنین برای تولید ۵۳۳ هزارتن محصول پسته و خرما نیاز به ۲/۵ میلیارد متر مکعب آب داریم. در حالی که بیش از ۷/۱ میلیارد متر مکعب آب و ۱/۱ میلیارد متر مکعب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی صرف بخش کشاورزی استان می‌شود با احتساب حجم واقعی مصرفی آب استان برای تولید این مقدار محصول میزان بهره‌وری آب کشاورزی به علت تلفات آب در انتقال و کاربرد آب در سطح مزارع فاریاب به ۰/۵۵ کاهش خواهد یافت. برای مثال حجم آبی که در مزارع فاریاب مصرف می‌شود ۲ تا سه برابر تبخیر و تعرق واقعی گیاه است.

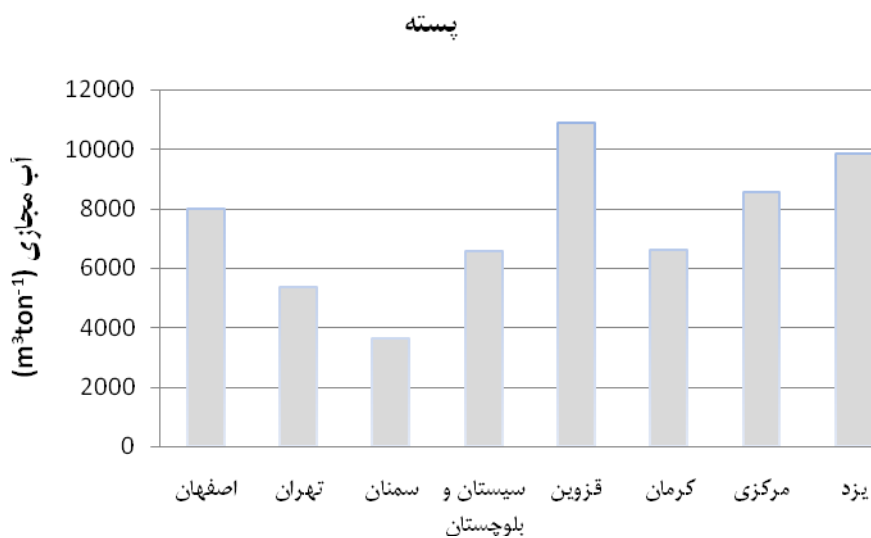
متوسط آب مجازی این محصولات در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱ اگر بر اساس استانداردهای موجود میزان آب مجازی ۱۰۰۰ متر مکعب برای هر تن محصول را حد آستانه قرار دهیم (عربی و همکاران، ۱۳۸۸) در نتیجه پسته، خرما، گندم، جو، سیب، به، انار و ذرت جزء محصولات پرمصرف محسوب می‌شوند. از

استان کرمان استفاده شده است. طبق آمار ثبت شده در گمرک هیچ واردات پسته وخرمایی به استان صورت نگرفته لذا استان کرمان تنها صادر کننده پسته و خرما به استان‌ها و کشورهای دیگر می‌باشد و واردات آن صفر است. با استفاده از رابطه ۷ کل حجم صادرات آب مجازی در سال ۱۳۸۸ برآورد شده است. پسته با ۹۸/۳ درصد بیش‌ترین سهم صادرات را به خود اختصاص داده است.

مبادلات آب مجازی در سال ۱۳۸۸ با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه شده است. در شکل ۴ میزان حجم واردات و صادرات پسته و خرما در سال ۱۳۸۸ نشان داده شده است. با توجه به این که راندمان آبیاری در استان‌های کشور متفاوت است برای دستیابی به جواب‌های دقیق‌تر در محاسبه حجم مبادلات آب مجازی بین استان‌ها از میزان آب مجازی بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری در

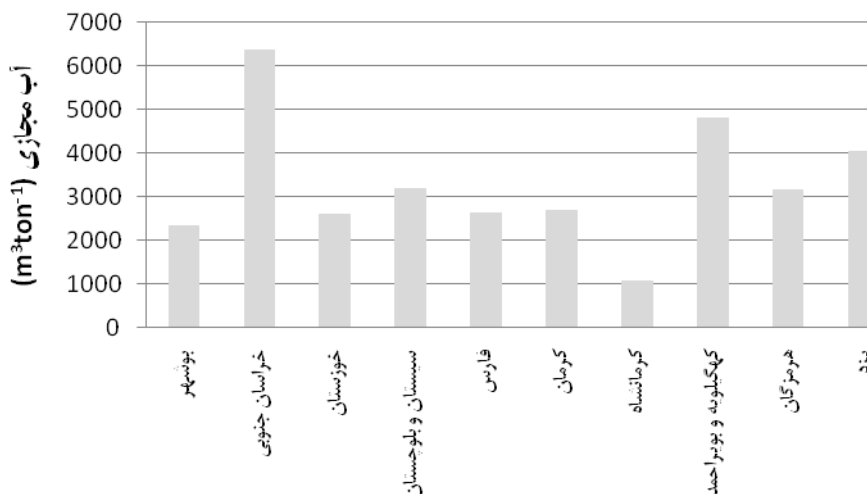


شکل ۱- متوسط آب مجازی پسته، خرما و سایر محصولات در استان کرمان

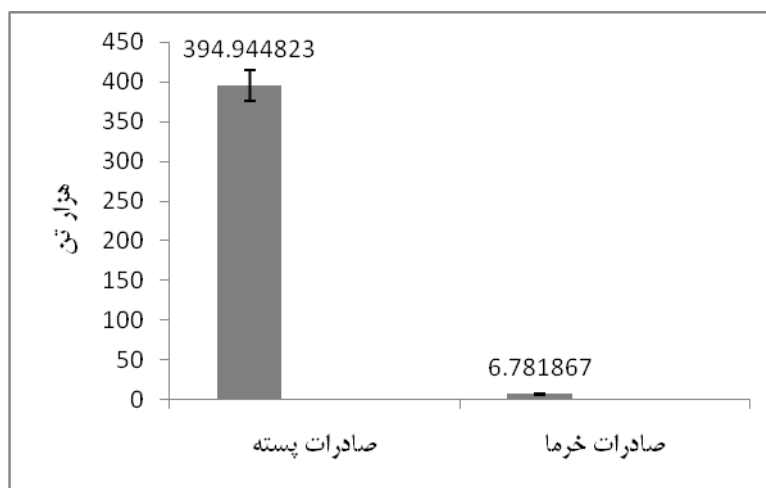


شکل ۲- میزان آب مجازی محصول پسته در استان‌های پسته خیز کشور

خرما



شکل ۳- میزان آب مجازی محصول خرما در برخی از استان‌های کشور



شکل ۴- میزان صادرات پسته و خرما در سال ۸۸ در استان کرمان

نتیجه‌گیری

درصد در تأمین محصولات عمده مورد نیاز خود از منابع آب داخلی استفاده می‌کند. با توجه به بررسی صورت گرفته در این پژوهش پسته و خرما دارای بالاترین میزان آب مجازی در بین محصولات کشاورزی می‌باشند، از طرفی به دلیل حجم بالای صادرات این دو محصول و ورود ارز به کشور، به راحتی نمی‌توان این دو محصول را از چرخه کشاورزی حذف کرد. از طرفی به دلیل کمبود آب در استان کرمان می‌توان از احداث باغ‌های جدید محصولات آب بر مثل پسته و خرما جلوگیری نمود و با انتخاب جایگزین محصولات مناسب با آب مجازی کم‌تر مانند انار، به، پرتقال، سیب و صیفی‌جات که با شرایط آب و هوایی این استان نیز سازگاری دارند باعث کاهش فشار وارده بر منابع آب داخلی استان شد. همچنین می‌توان از استراتژی مبادله آب

مطالعه حاضر به بررسی امکان بهره‌گیری از مبادلات آب مجازی برای حفظ منابع آبی استان کرمان پرداخته است. در این پژوهش به دلیل اینکه که پسته و خرما ۷۶ درصد از سطح زیر کشت باغ‌های استان کرمان را به خود اختصاص داده‌اند و نقش تعیین کننده‌ای در صادرات استان و حتی کشور دارند انتخاب شده‌اند و در نتیجه عملکرد پایین و مصرف بالای آب این دو محصول، با فرض راندمان ۶۹/۵ درصد در بخش کشاورزی ۳/۸ میلیارد متر مکعب از منابع آب داخلی استان کرمان حفظ نشده و نمی‌توان در بخش‌های دیگر مورد استفاده قرار داد. استان کرمان صادر کننده آب مجازی است اما وابستگی استان به منابع آب خارجی صفر درصد است و استان کرمان ۱۰۰

- Allan, J.A. 2003. Virtual water the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor. *J. Water International.*, 28: 106–113.
- Chapagain, A.K and Hoekstra, A.Y. 2004. Water footprints of nations, vols. 1 and 2. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 16. Available online at www.waterfootprint.org, accessed 24 January 2007.
- Chapagain, A.K and Hoekstra, A.Y. 2008. The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products, *Water International*, 33 (1): 19–32.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y and Savenije, H.G. 2005. Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrol. and Earth Sys. Sci. Discuss.*, 2: 2219–2251.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y and Savenije, H.H.G. 2006. Water saving through international trade of agricultural products. *J. Hydrol. Earth. Syst. Sci.*, 10: 455–468.
- Fraiture, C., Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M and Molden, D. 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, Comprehensive Assessment Secretariat.
- Hoekstra, A.Y. (Ed.) 2003. Virtual water trade: processing of the international expert meeting on virtual water trade, Value of the Water Research Report Series, No. 12, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, P, 248.
- Hoekstra, A.Y and Chapagain, A.K. 2008. Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Hoekstra, A.Y and Hung, P.Q. 2002. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series No. 11, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands, pp. 25–47.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M and Mekonnen, M.M. 2009. Water footprint manual, State of the art, Web www.waterfootprint.org, pp. 131.
- Renault, D. 2003. Value of virtual water in food: Principles and virtues. In: Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- Warner, J. 2003. Virtual water- virtual benefits? Scarcity, distribution, security and conflict

مجازی در واردات محصولات آب بر به استان، گسترش اجرای آبیاری تحت فشار مثل آبیاری قطره‌ای درختان میوه، آبیاری بارانی در زراعت‌ها استفاده نمود و موجب کاهش مصرف آب و بالا بردن راندمان آبیاری شد. لذا سیاست‌گذاری‌ها باید به گونه‌ای باشد که هم به توان چالش‌های محدودیت منابع آبی و هم امنیت بلند مدت غذایی استان کرمان را تأمین کند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

- احسانی، م و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۰۹ صفحه.
- باغستانی، ع.ا. و مهرابی بشرآبادی، ح. ۱۳۸۶. مفهوم آب مجازی و کاربرد آن در تعیین الگوی تجارت محصولات کشاورزی ایران. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، بهمن ماه.
- عربی، ا.، علیزاده، ا. و محمدیان، ف. ۱۳۸۸. بررسی ردپای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی در ایران. مجله آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۴، صفحات ۱–۱۵.
- علیزاده، ا. و کمالی، غ. ۱۳۸۷. نیاز آبی گیاهان در ایران. مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۲۷ صفحه.
- میرئی، م و فرشی، ع.ا. ۱۳۸۲. چگونگی مصرف و بهره‌وری آب در بخش کشاورزی. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران ۳–۴ دی.
- Aldaya, M.M., Allan, J.A. and Hoekstra, A.Y. 2010. Strategic importance of green water in international crop trade. *Ecological Economics.*, 69: 887–894.
- Aldaya, M.M., Santos, P.M and Llamas, M.R. 2010. Incorporating the water footprint and virtual water into policy: Reflections from the mancha occidental region, Spain, *Water Resour Manage.*, 24: 941–958.
- Allan, J.A. 1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible, In: ODA, priorities for water resources allocation and management, ODA, London. pp. 13–26.
- Allan, J.A. 1998. Virtual water: a strategic resource, *Global solutions to regional deficits, Groundwater*, 36(4): 545–546

Water Research Report Series No. 12, IHE, Delft,
The Netherlands.

reconsidered, pp. 125-135. In: Hoekstra A.Y. (Ed.),
Virtual Water Trade, Proc. of the International
Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of

Virtual Water Trade to Improve the Efficiency of Water Use (The case by case study of Kerman province)

A. Gholamhossien pour jafari nejad^{*1}, A. Alizadeh², A. Neshat³, M. Abolhassani Zeraatkar⁴

Received: Oct.26, 2013

Accepted: may.07, 2014

Abstract

Almost $\frac{2}{5}$ of the total area of the province has been observed that about 76% of the Pistachios and Dates.

Rainfall and water resources shortage is a reality in this province is an important and undeniable. The analysis of basic water and virtual water parameters agricultural products can our strategic policy and planning of water resources to help. To achieve this strategic objective to calculate the virtual water content of crops (pistachio and dates) and agriculture crops in 1388 and calculate the volume of virtual water by importing and exporting these products using Hoekstra and Hung (2002) and Hoekstra and et al (2009) were studied. The results of this study showed Kerman exporter of virtual water and virtual water exports in 1388 to more than 2.64 billion cubic meters have been estimated. Macro of pistachios, dates, and the other component products for other goods such as fruits and vegetables year for consumer products are low. Pistachios contain high-performance virtual water content is low. However, better performance dates lower than going pistachio, but both products are of a high standard of virtual water. Therefore, to reduce pressure on domestic water resources requires the use of importing virtual water trade strategy on the province's water.

Keywords: trade virtual water, pistachios, dates, export, Kerman, import

1- PhD Student of Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor of Water Engineering Department., Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant Professor of Water Engineering Department., Agricultural College, Islamic Azad University of Kerman

4- PhD Student of Soil Science Department., Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad.

(*- Corresponding Author Email: aporjafari@yahoo.com)