نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 1، شماره 1، پاییز 1388، ص. 12-1

Journal of Agroecology
Vol. 1, No. 1, Fall 2009, p. 1-12

بررسی تامین امنیت غذایی بر اساس مفاهیم مبادله آب مجازی و رد پای بوم شناختی آب (مطالعه موردی استان خراسان رضوی)

اعظم عربی یزدی*[1]، امین علیزاده[2] و سعید نی‌ریزی[3]

تاریخ دریافت: 88/9/15
تاریخ پذیرش: 88/10/30

چکیده

استان خراسان رضوی با متوسط بارندگی سالانه 225 میلی‌متر و بیش از 1087466 هکتار سطح زیر کشت انواع محصولات زراعی و باغی جایگاه تعیین کننده‌ای در اقتصاد استانی و ملی دارد. فقدان جریان‌های سطحی دائمی در حوضه‌های آبریز دشت‌های این استان موجب شده که سالانه بالغ بر 1/06 میلیارد متر مکعب اضافه برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی استان صورت گیرد بطوریکه از تعداد 39 دشت استان بالغ بر 35 دشت ممنوعه و 12 دشت بحرانی است. از آنجائی که در سال‌های اخیر تجارت آب مجازی به عنوان راهکاری جدید جهت مقابله با بحران آب و کم آبی مورد توجه مجامع علمی جهان قرار گرفته است، در مطالعه حاضر صادرات و واردات آب مجازی، تراز تجاری آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب در این استان مورد مطالعه و به دنبال آن بررسی امکان تامین امنیت غذایی با توجه به مفاهیم آب مجازی و آب مصرفی پایه صورت گرفته است. حجم کل آب مجازی که از طریق واردات و صادرات محصولات عمده کشاورزی در سال 85 به استان وارد و خارج شده است، به ترتیب بالغ بر 771/7 و 434 میلیون مترمکعب می‌باشد که خالص واردات آب مجازی به استان در سال 85 قریب 338 میلیون مترمکعب است. کل حجم رد پای آب استان 9/6 میلیارد مترمکعب است که به ازاء هر نفر 1740 متر مکعب در سال برآورد گردید. نتایج حاکی از آن است که در شرایط فعلی استان خراسان رضوی از نظر بهره برداری از منابع آبی در وضعیت مطلوبی قرار نداشته و در آینده‌ای نزدیک در تامین امنیت غذایی جمعیت رو به افزایش استان با مشکلات مواجه خواهد بود.

واژه های کلیدی: آب مصرفی پایه، تراز تجاری آب مجازی، رد پای آب

مقدمه

تأمین غذای جمعیت رو به رشد کشور، نیاز به تخصیص بیشتر منابع آب دارد. با توسعه شهرنشینی و گسترش صنایع تا سال 2025، میزان آب قابل تخصیص برای بخش کشاورزی، در کل جهان محدودتر خواهد شد (Ehsani & Khaledi, 2003). بنا بر پیش بینی‌های انجام شده، جمعیت ایران تا سال 1400 شمسی ممکن است به مرز 100 میلیون نفر برسد، که برای تأمین نیازهای غذایی این جمعیت، به حدود 150 میلیارد متر مکعب آب خواهد بود (Alizadeh & Keshavarz, 2005).

استفاده از آب کشاورزی، عنصری اساسی در افزایش تولید غذا به ویژه در بسیاری از کشورهای در حال توسعه است ، بخش کشاورزی در اقتصاد ملی ایران حدود 13 درصد تولید ناخالص ملی، 23 درصد اشتغال و تأمین بیش از 80 درصد غذای کشور را به خود اختصاص داده است. در این راستا محدودیت منابع آبی همواره یکی از مهمترین موانع توسعهٔ بخش کشاورزی، به عنوان بستر اصلی نیل به خودکفایی مواد غذایی بوده است (Ghasemzadeh & Mojaveri, 2000).

درحال حاضر برداشت از منابع آب ایران قابل توجه است و تلاش‌های اخیر در راستای خودکفایی در تولید محصولات استراتژیک، فشار بیشتری بر منابع آب وارد کرده است. هم‌اکنون، تلاش برای بهبود مدیریت منابع آب و به اجرا درآوردن آن، به عنوان بخشی از تغییرات اجتماعی- اقتصادی ایران در جریان است که شامل تغییرات عمده‌ای در ساختار سیستم اقتصاد ملی و سازوکار عرضه و تقاضای آب می‌گردد (Ardakanian, 2005). این تحول، محصول آگاهی و باور مجامع ملی و بین‌المللی به واقعیت‌های زمان می‌باشد، زیرا منابع طبیعی محدود بوده و تولید مجدد و احیای آن بسیار پرهزینه و طولانی‌تر از حفاظت آنهاست. مدیریت تأمین و توسعه منابع آب به عنوان عاملی پویا و موثر در جهت سیاست‌گذاری، برنامه ریزی

1 و 2- به ترتیب کارشناس ارشد و عضو هیأت علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* نویسنده مسئول: E-mail : zamarabi@gmail.com)
3- عضو هیأت علمی دانشگاه صنعت آب و برق

و ایجاد امکانات لازم برای بهره گیری از منابع آب توجه عمده خود را به توسعه منابع آب، موضوعات زیست محیطی، سیاسی، حقوقی و سازمانی معطوف کرده است (Mahmoodi, 1999).

توزیع غیر یکنواخت آب در طول مکان و زمان، وجود بیشترین تقاضای آب در زمان وقوع کمترین بارندگی، عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب و خصوصاً افزایش تقاضای آب به دلایل ذکر شده و محدودیت منابع آبی از جمله عواملی است که مدیریت منابع آب کشور را پیچیده کرده است. یکی از اهداف بلندمدت مدیریت راهبردی آب کشور تعادل برقرار کردن بین تقاضای آب و منابع آب موجود با کمترین هزینه ممکن می‌باشد (national water script guideline,2003)، در بیشتر کشورهای جهان علاوه بر مدیریت عرضه (تأمین منابع آب)، موضوع مدیریت تقاضا و حفظ منابع آبی نیز مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا مفهوم آب مجازی[1] و ردپای آب[2] در فرایند مدیریت و تخصیص منابع محدود آب نقش مهم و بسزایی خواهد داشت. از آنجا که تولید هر نوع محصول و خدمات نیازمند آب است، آب مصرفی در فرآیند تولید یک محصول کشاورزی و یا صنعتی را اصطلاحاً "آب مجازی" می‌نامند. این مفهوم در اوایل دهه 1990 توسط Allen مطرح گردید. طبق این تعریف، مبادلات جهانی کالاها یک جریان بین‌المللی از آب مجازی را بوجود می‌آورد. زیرا مبادلات آب حقیقی به دلیل فاصله گرفتن تدریجی منابع قابل دسترس از مراکز جمعیتی وصرف هزینه‌های بالا، در سطح گسترده ممکن نیست. کشورهای کم‌آب می‌توانند با واردات محصولات آب‌بر، آبی که برای تولید آنها نیاز است را در بخش‌های دیگر مصرف کنند (Chapagin & Hoekstra, 2003).

مطالعات مختلفی در زمینه تجارت آب مجازی در سطح بین‌المللی صورت گرفته که می‌توان به مطالعات Allan (1998)، (Hoekstra & Hung(2002، Hoekstra ،Chapagain & Hoekstra(2003) (2003)، Chapagain et al., (2005)، Hoekstra & Hung (2005)، Chapagain et al., (2006)، Verma et al., (2008) اشاره کرد. مطالعات مذکور با تکیه بر نقش آب به عنوان یکی از عوامل کلیدی در تولید محصولات آب بر انجام پذیرفته است و همواره به بهره‌گیری از راهکار مبادله آب مجازی برای کشورهای کم آب پرداخته است. با این دیدگاه که می‌توان با حفظ منابع آبی برای تولید محصولات کلیدی به جای محصولات آب‌بر و سرمایه گذاری در بخش‌های اقتصادی در تخصیص و استفاده بهینه از آن تلاش کرد. این نگاه جدید به آب می‌تواند بسیاری از الگوهای مصرف آب را در اصلاح کند.

طبق مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که مبادلات آگاهانه آب مجازی نه تنها منجر به حفظ و پایداری منابع آبی شده، بلکه به عنوان راه حلی کارآمد، در راستای تامین نیازهای غذایی آینده قلمداد می‌شود. واردات آب مجازی به عنوان یک منبع آب مازاد محسوب شده و به منابع آب داخلی کشور اضافه می‌شود. بر این اساس، کشور وارد کننده، علاوه بر کالا، آب مصرفی که در تولید آن کالا مورد نیاز بوده است را نیز دریافت می‌کند. به تعبیری اگر محصولات کشاورزی را از مناطقی با بهره‌وری آب بالا به مناطقی با بهره‌وری آب پایین منتقل نمائیم، در مصرف آب صرفه‌جویی شده است. از طرفی، چون حجم کل آب مصرفی در داخل یک کشور، معیار دقیقی از نیاز واقعی کشور به منابع آبی نیست، داشتن یک شاخص واقعی از الگوی مصرفی آب کشور[3] (WF)، یک ضرورت به شمار می‌رود. رد پای آب یا به عبارتی آب مصرفی پایه، به کل حجم آبی اطلاق می‌شود که برای تولید کالا یا خدمات مصرفی توسط مردم کشور مصرف می‌شود. به عبارت دیگر با دانستن میزان آب مجازی کالاها و خدمات مصرفی در هر منطقه، می‌توان به کل حجم آب مصرفی آن منطقه دست یافت. آب مصرفی پایه، در سال 2002 توسط Hoekstra و Hung معرفی گردید. آنها اظهار کردند که برای داشتن تصویر درستی از نیاز واقعی یک کشور به منابع آب جهانی، باید حجم آب مجازی وارداتی به کل مصرف آب در داخل یک کشور افزوده و حجم آب مجازی صادر شده، از حجم مصرف آب داخلی کسر شود. ارائه مفهوم آب مصرفی پایه به منظور نشان دادن میزان آب مصرفی هر کشور در ارتباط با الگوی مصرفی مردم است که به عنوان یک شاخص جامع در ارتباط با نیاز آبی یک کشور مطرح می‌شود. آب مصرفی پایه شاخصی از مصرف منابع آب سطحی و زیرزمینی(آب آبی) و حجم نزولات ذخیره شده در خاک (آب سبز) است.

در مطالعات انجام شده توسط Hoekstra & Hung (2003) و (2002)، Hoekstra & ،Chapagain & Hoekstra (2004) Chapagain & ، Hoekstra (2006) ،Chapagain (2005) Hoekstra (2007)، آب مصرفی پایه کشورهای مختلف و متوسط آب مصرفی پایه جهان برآورد شده است. در این مطالعات عوامل موثر در میزان شاخص آب مصرفی پایه در هر کشور نیز مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. تفاوت در میزان WF در کشورهای مختلف، تحت تأثیر اقلیم هر منطقه، میزان تولیدات و واردات کالا در هر کشور، الگوی مصرفی مردم، عملیات کشاورزی و راندمان کاربرد آب در هر کشور متغیر است. لذا WF را می‌توان برای هر گروه تعریف شده‌ای از مصرف‌کنندگان مانند خانواده، اصناف، جمعیت روستایی، شهری، استانی، ایالتی و کشوری محاسبه نمود (Ma et al., 2006). پیشنهاد (Chapagain et al., 2006,2007) نیز برای تعیین WF هر کالا، فعالیت و خدمات خاص بوده که بر حسب میزان آب مصرفی در سال محاسبه می‌شود.

افزایش روز افزون جمعیت، خشکسالی‌های پیاپی در دو دهه اخیر از یک سو و عدم توجه به استفاده بهینه و بهره‌برداری صحیح مصرف

1- Virtual Water
2- Water footprint
3- Water Footprint

کنندگان از سوی دیگر بحران آب را در ایران را بسیار جدی نموده است (Rangani & mohamadi, 2007). در حال حاضر بیشتر استان‌های کشور در معرض کم آبی شدید قرار دارند. این موضوع در نیمه شرقی کشور که منطقه‌ای خشک و بارندگی آن کم می‌باشد، بیشتر خود را نمایان می‌سازد(Keshavarz & Sadeghzadeh, 2001). استان خراسان رضوی با متوسط بارندگی سالانه 225 میلی‌متر و بیش از 1087466 هکتار سطح زیر کشت انواع محصولات زراعی و باغی جایگاه تعیین کننده‌ای در اقتصاد ملی و استانی دارد. بخش کشاورزی استان در اغلب محصولات مهم رتبه‌های اول تا سوم کشور را دارا است که سهم ارزش افزوده آن از کل کشور 10/4 درصد است.

فقدان جریان‌های سطحی دائمی در حوضه‌های آبریز دشت‌های استان خراسان رضوی موجب شده که سالانه بالغ بر 1/06 میلیارد مترمکعب اضافه برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی استان صورت می‌گیرد و اکثر دشت‌های استان به عنوان دشت‌های ممنوعه اعلام شده است، بطوریکه از تعداد 39 دشت استان بالغ بر 35 دشت ممنوعه و 12 دشت بحرانی است. با توجه به مشکلات قابل ملاحظه مذکور، مطالعه حاضر به دنبال تعیین میزان مبادلات آب مجازی استان خراسان رضوی از طریق صادرات و واردات محصولات کشاورزی، تراز تجاری آب مجازی و بررسی امکان تامین امنیت غذایی استان با تکیه بر مفاهیم مبادلات آب مجازی و برآورد شاخص آب مصرفی پایه استان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در برآورد آب مصرفی پایه و میزان مبادلات آب مجازی استان از طریق واردات و صادرات محصولات کشاورزی از روابط زیر مطابق با Hoekstra and Hung (2002) استفاده می‌شود:

در رابطه1 ، متوسط نیاز آبی[1] هر محصول در سطح استان، با استفاده از روش میانگین وزنی محاسبه می‌شود:

$$\overline{CWR_c} = \frac{\sum_{i=1}^{n} CWR_{c,i} * A_{c,i}}{TA_c} \qquad (1)$$

که در آن $\overline{CWR_c}$ متوسط نیاز آبی در سطح استان برای محصول c (مترمکعب در هکتار)، $CWR_{c,i}$ نیاز آبی محصول c در دشت i (مترمکعب در هکتار)، $A_{c,i}$ سطح زیر کشت محصول c در دشت i (هکتار) و TA_c کل سطح زیر کشت محصول c در تمام دشت‌های استان است. کلیه محصولات کشاورزی مورد بررسی تحت کشت آبی هستند (چون قریب 90% محصولات خام کشاورزی از زمین‌های فاریاب حاصل می‌شود). برای داشتن تصویر واقعی از حجم آب مصرفی کشاورزی، تلفات آبیاری در قالب راندمان آبیاری در هر دشت استان در محاسبات نیاز آبی هر محصول وارد می‌شود.

در رابطه2، نیاز ویژه آبی[2] یا به عبارتی آب مجازی هر محصول، به صورت نسبتی از متوسط نیاز آبی به متوسط عملکرد آن محصول محاسبه می‌شود:

$$SWD_c = \frac{\overline{CWR_c}}{\overline{CY_c}} \qquad (2)$$

که در آن SWD_c نیاز ویژه آبی گیاه c (مترمکعب آب به ازاء هر تن محصول) و $\overline{CY_c}$ متوسط عملکرد محصول در استان (تن در هکتار) است. همچنین آب مجازی هر واحد تولیدات دامی بر اساس میزان متوسط آب مصرفی جهانی آن در نظر گرفته خواهد شد. بدین ترتیب SWD_c برای کلیه محصولات محاسبه می‌گردد. SWD_c به عنوان شاخص آب مصرفی هر تن محصول cام بر حسب مترمکعب است. در واقع بیانگر کل آبی است که بایستی مصرف شود تا یک تن محصول cام تولید شود.

مبادله آب مجازی استان به ازاء واردات یا صادرات هر محصول، از حاصل ضرب مقدار کمی واردات یا صادرات آن محصول، در میزان آب مجازی آن محصول مطابق با روابط3 و4 بدست می‌آید:

$$VWI_C = I_C * SWD_C \qquad (3)$$

$$VWE_C = E_C * SWD_C \qquad (4)$$

در روابط فوق VWI_c واردات آب مجازی محصول c (مترمکعب در سال)، VWE_C صادرات آب مجازی محصول c (مترمکعب در سال)، I_C و E_C به ترتیب مقدار واردات و صادرات سالانه محصول c (تن در سال) می‌باشد. آب مجازی هر محصول، به نیاز آبی ویژه گیاه در استان وارد کننده وابسته است، به عبارت دیگر به ازاء واردات محصولات، مقدار آبی که برای تولید محصول مورد نیاز بوده است، ذخیره می‌گردد.

کل واردات و صادرات ناخالص آب مجازی($TVWI$ و $TVWE$) از حاصل جمع کل واردات و صادرات استان به صورت روابط 5 و 6 به دست می‌آید:

$$TVWI = \sum_C VWI_C \qquad (5)$$

$$TVWE = \sum_C VWE_C \qquad (6)$$

تراز تجاری یا خالص واردات آب مجازی($NWVI$) که از اختلاف بین کل واردات و صادرات آب مجازی بدست می‌آید، به صورت رابطه 7 می‌باشد:

$$NVWI = TVWI - TVWE \qquad (7)$$

برای محاسبه ارزش ریالی هر مترمکعب آب مجازی صادر و وارد شده($VWVE$ و $VWVI$) از روابط 8 و 9 استفاده میشود.

1- Crop water requirement

2- Specific water demand

$$VWVE = \frac{TVPE}{TVWE} \quad (8)$$

$$VWVI = \frac{TVPI}{TVWI} \quad (9)$$

که در آن $TVPE$ ارزش کل صادرات محصولات صادراتی منتخب و $TVPI$ ارزش کل واردات محصولات وارداتی منتخب است. حال می‌توان با مقایسه حجم آب مجازی وارد و صادر شده از کشور و ارزش هر مترمکعب آنها و با توجه به ترکیب محصولات صادراتی، نقش تجارت آب مجازی را در مقابله با کم آبی و کاهش فشار بر منابع آبی کشور از نظر اقتصادی ارزیابی کرد.

Vanoel et al., (2008) برای محاسبه آب مصرفی پایه[1] ملی یا منطقه ای، دو روش Bottom-up و Top-down را معرفی کردند که یکی با استفاده از مجموع کالا و خدمات مصرفی ضربدر مقادیر آب مجازی مرتبط با آنها و دیگری با استفاده مجموع منابع آب داخلی مصرف شده برای تولید کالاها و خدمات و خالص واردات آب مجازی می‌باشد که در این مطالعه از روش دوم استفاده می‌شود و به صورت رابطه10 تعریف شده است.

$$WF = WU + NVWI \quad (10)$$

که در آن WF آب مصرفی پایه (مترمکعب در سال)، WU کل آب مصرفی داخل استان(مترمکعب در سال) و $NVWI$ خالص واردات آب مجازی (مترمکعب در سال) است. WU مجموع آب آبی (آبهای سطحی و زیرزمینی مصرفی) و آب سبز (نزولات جوی) است، اما از آنجا که اطلاعات مربوط به مصرف آب سبز استان نیاز به مطالعات گسترده‌ای دارد، برای دستیابی به جواب‌های عملی، در این مطالعه، WU معادل منابع مصرفی آب آبی درنظر گرفته شده است.

در این پژوهش فرض بر این است که با وارد کردن آب مجازی بتوان نیازهای آبی منطقه را تأمین نمود. برای این منظور به محاسبه شاخص‌هایی پرداخته شده که بتوان ارتباط کمبود آب منطقه، خودکفایی یا وابستگی به واردات آب مجازی منطقه را بررسی نمود.

به منظور تعیین شدت مصرف آب WS[2] ، از نسبت کل مصارف آبی استان در بخش کشاورزی WU (متر مکعب در سال)، به کل منابع آب در دسترس استان WA[3] (متر مکعب در سال) بهره می‌گیریم که در رابطه (11) ارائه شده است:

$$WS = \frac{WU}{WA} \times 100 \quad (11)$$

در رابطه (11)، WS شدت مصرف آب (بر حسب درصد)، WU، کل آب مصرفی استان(متر مکعب در سال) و WA منابع آب در دسترس استان است که منابع آب تجدیدپذیر سالانه حاصل از نزولات جوی که قابل استفاده است، به عنوان معیاری برای منابع آب در دسترس استان در نظر گرفته شده است. از آن‌جا که این پژوهش بر پایه مطالعات محصولات بخش کشاورزی استوار است، لذا WS مربوط به بخش کشاورزی محاسبه شده و WU معادل حجم مصرفی منابع آب آبی در بخش کشاورزی در نظر گرفته شده است. WS می‌تواند بین 0 تا 100 متغیر باشد. هر چه WS به سمت 100 میل کند بدین معنی است که شدت مصرف آب کشور در بخش کشاورزی بیشتر است.

شاخص وابستگی به واردات آب مجازی یا به اختصار وابستگی به آب[4]، وابستگی به منابع آب خارج از استان را نشان می‌دهد و به صورت نسبت واردات خالص آب مجازی به کل آب تخصیص یافته در بخش‌های مختلف استان تعریف می‌شود. در این تحقیق شاخص وابستگی به واردات آب مجازی از بعد محصولات کشاورزی مورد پژوهش و منابع آبی مصرفی در بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته و در رابطه (12) ارائه شده است:

$$WD = \begin{cases} \dfrac{NVWI}{WU + NVWI} \times 100 & if \quad NVWI \geq 0 \\ 0 & if \quad NVWI < 0 \end{cases} \quad (12)$$

محدوده این شاخص بین 0 تا 100 متغیر است. اگر $WD = 0$، یعنی واردات و صادرات ناخالص آب مجازی در تعادل بوده و یا اینکه ما صادر کننده آب مجازی هستیم. در صورتی که وابستگی به آب یک استان به 100 درصد نزدیک شود، آنگاه منطقه مورد نظر کاملاً به واردات آب مجازی وابسته است.

در مقابل شاخص وابستگی به آب، شاخص خودکفایی آب[5]، طبق رابطه (13) تعریف می‌شود:

$$WSS = \begin{cases} \dfrac{WU}{WU + NVWI} \times 100 & if \quad NVWI \geq 0 \\ 100 & if \quad NVWI < 0 \end{cases} \quad (13)$$

در واقع شاخص WSS در سطح استان، مبین آنست که استان تا چه حدی می‌تواند نیازهای آبی ساکنان خود را در رابطه با تولید کالا و خدمات از منابع داخلی تأمین نماید. در حالتی که $WSS = 100$، استان کل منابع آبی مورد نیاز برای تولید کالاها و خدمات را در داخل مرزهای خود در اختیار دارد و اگر $WSS = 0$ یعنی استان به شدت به واردات منابع آبی به فرم مجازی وابسته است

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از منابع مختلفی جمع آوری شده است. نیاز آبی گیاهان بر اساس سند ملی آب ایران، راندمان آبیاری بر اساس اطلاعات کسب شده از دفتر تامین آب کشاورزی ، معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی، اطلاعات مربوط به منابع آبی استان (1386) از اداره آمار و برنامه‌ریزی استان خراسان رضوی،

1- Water footprint
2- Water use intensity
3- National water availability
4- Water dependency (%)
5- Water self-sufficiency(%)

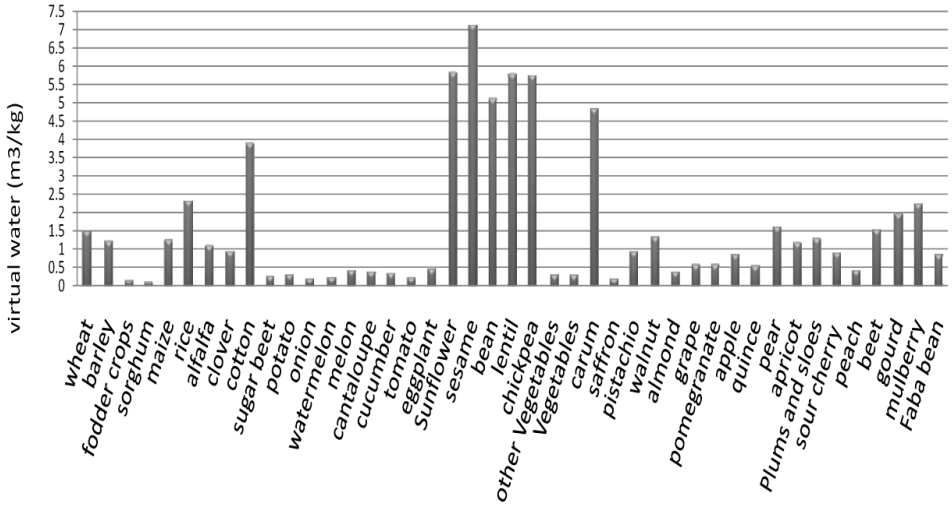
اطلاعات مربوط به صادرات و واردات محصولات کشاورزی استان (1385) از اداره گمرک خراسان رضوی، داده‌های مربوط به سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات کشاورزی از سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی و نیازهای غذایی جمعیت استان مطابق با الگوی پیشنهادی بهینه در طرح امنیت غذایی کشور (1381)، گردآوری شده است.

نتایج و بحث

شکل1 نتایج محاسبات مربوط به آب مجازی در محصولات زراعی و باغی را نشان می‌دهد.

همانطور که قبلا اشاره شد آب مجازی هر محصول متأثر از عامل میزان مصرف آب در طی مراحل تولید و عملکرد آن محصول است. مشاهده می‌شود که محصولات کنجد، آفتابگردان، حبوبات و پنبه دارای بیشترین مقدار آب مجازی هستند که در محصول آفتابگردان مربوط به عملکرد پایین آن و در محصول پنبه به علت مصرف بالای آب در طی مراحل تولید آن می‌باشد. آب مجازی محصول زعفران، 238/64 m^3/kg محاسبه شده که بالا بودن مقدار آب مجازی آن به علت عملکرد پایین محصول است.

در جدول1 آمار مربوط به میزان تولید محصولات دامی و طیور استان و در شکل 2 میزان آب مجازی مرتبط با آنها ارائه گردیده است.



شکل 1- میزان آب مجازی برخی محصولات کشاورزی(m^3/kg) در استان خراسان رضوی

Fig. 1- Virtual water content of selected agricultural products in m^3/kg in Khorasan Razavi Province

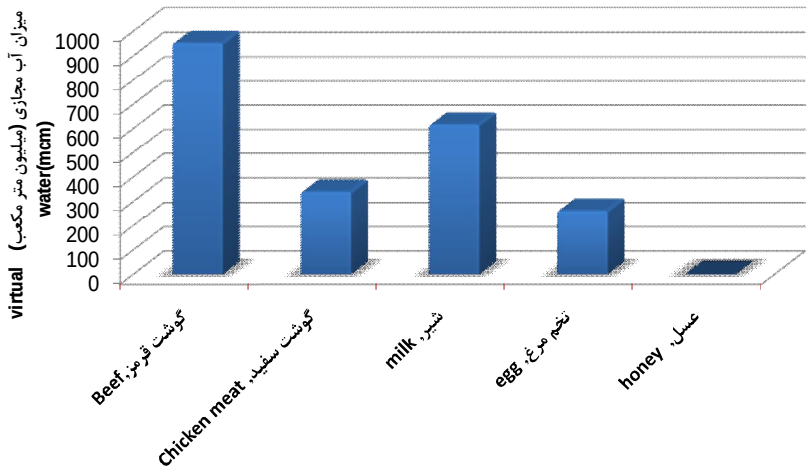
جدول1- میزان تولیدات دام و طیور(تن) در استان خراسان رضوی

Table 1- Livestock and livestock products content in (t) In Khorasan Razavi Province (2006-2007)

میزان تولیدات دامی (تن) Livestock product content (t)	محصولات دامی Livestock and livestock products
68067.8	گوشت قرمز beef meat
86891	گوشت سفید chicken meet
623599.3	شیر Milk
78043	تخم مرغ Egg
493.1	عسل Honey

مأخذ: اداره آمار و برنامه ریزی استان خراسان رضوی،1386

source: statistical office and chematization of Khorasan Razavi Province(2006-2007)



شکل 2- میزان آب مجازی محصولات دامی و فراوری شده(میلیون متر مکعب)

(مأخذ: آمار میانگین جهانی آب مجازی محصولات دامی و طیور (www.waterfootprint.org) و محاسبات تحقیق)

Fig. 2- Virtual water content (mcm) of a few major livestock products

Source: according to the. Chapagain and Hoekstra study, 2003 (www.waterfootprint.org) and research calculation

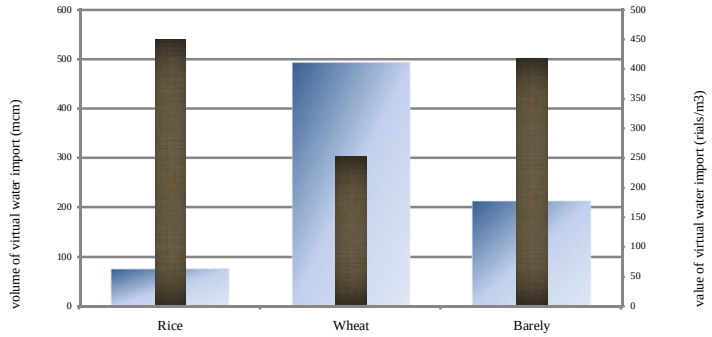
جدول2- مقدار و ارزش محصولات وارداتی به استان

Table 2- Value and imported product content to Khorasan Razavi Province (2007)

ارزش محصولات وارداتی (هزار ریال) Imported products value(1000 riyals)	مقدار کیلوگرم Content(kg)	محصولات Products
32045696	10668707	برنج Rice
122864907	114218315	گندم Wheat
86768724	59515222	جو Barely
241679327	184402244	کل Total

مأخذ: اداره گمرک استان خراسان رضوی،1386

source: Khorasan Razavi Province's Customs administration(2007)



شکل 3- حجم و ارزش آب مجازی وارداتی به استان خراسان رضوی

Fig. 3- Imported virtual water volume (mcm) and value at Khorasan Razavi Province (2006-2007)

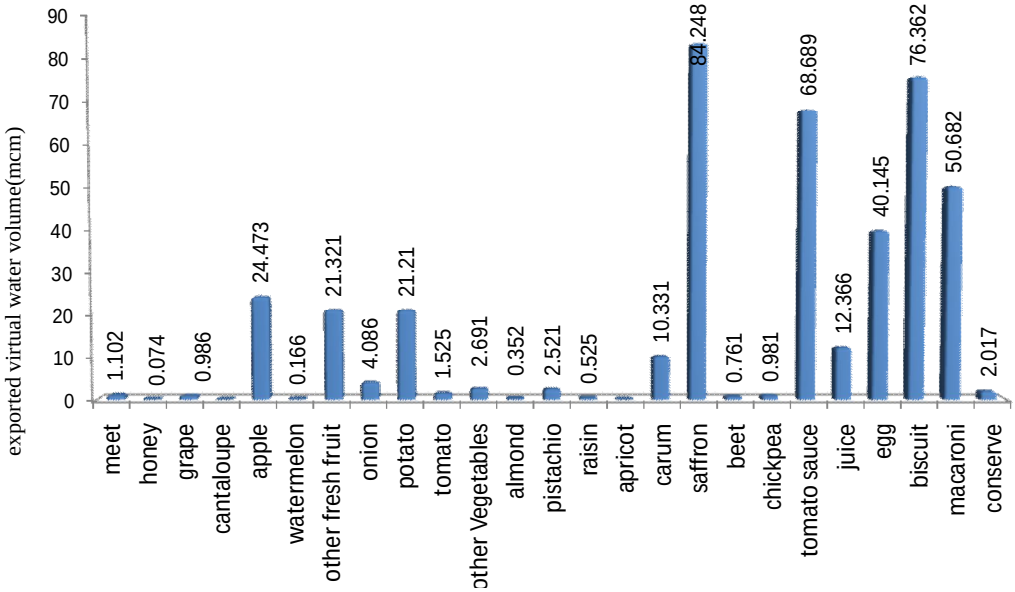
همانطور که در شکل2 آورده شده است، مشاهده می‌شود که برای تولید محصولات دامی نسبت به محصولات کشاورزی به مراتب نیاز به مصرف آب بیشتری است که این امر با توجه به تعریف آب مجازی قابل توجیه است. زیرا علاوه بر مصرف آب با هدف بهداشت و شرب دام، آب مجازی تولید خوراک مصرفی دام نیز در طول دوره زندگی دام باید در نظر گرفته شود. با توجه به اینکه حجم بسیار زیادی از منابع آبی هر کشوری صرف تولید محصولات کشاورزی و مرتبط با آن می‌شود و سهم محصولات صنعتی غیر مرتبط با کشاورزی از مصارف منابع آبی بسیار ناچیز است، در مطالعه حاضر برای محاسبه صادرات و واردات آب مجازی استان از کالاهای غیر مرتبط با کشاورزی صرف نظر شده است.

در جدول2 مقدار و ارزش محصولات عمده کشاورزی وارداتی به استان و در شکل 3 معادل حجم و ارزش آب مجازی وارداتی به استان محاسبه شده است

همانطور که در شکل 3 آورده شده است، بیشترین حجم واردات آب مجازی به ترتیب مربوط به واردات محصولات گندم، جو و برنج و بیشترین ارزش آب مجازی وارداتی نیز به ترتیب مربوط به واردات محصولات برنج، جو و گندم است. کل حجم آب مجازی وارداتی استان از واردات محصولات حدود 771 میلیون مترمکعب در سال و متوسط وزنی ارزش آب مجازی وارداتی حدود 315 ریال به ازای هر مترمکعب می‌باشد. به این معنا که ارزش هر مترمکعب آب مجازی وارداتی حدود 315 ریال است.

در شکل 4 حجم آب مجازی صادراتی که به واسطه صادرات محصولات در بخش کشاورزی از استان صورت گرفته، محاسبه گردیده است. کل حجم آب مجازی صادراتی استان از صادرات محصولات منتخب حدود 428 میلیون مترمکعب در سال و متوسط وزنی ارزش آب مجازی صادراتی حدود 5503 ریال به ازای هر مترمکعب می‌باشد. همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است، بیشترین درصد حجم صادرات آب مجازی به ترتیب مربوط به صادرات محصولات زعفران، بیسکویت، رب گوجه فرنگی، ماکارونی، تخم مرغ، میوه ها، سبزیجات و خشکبار بوده است. بیشترین ارزش آب مجازی صادراتی نیز به ترتیب مربوط به صادرات محصولات پسته و مغز پسته، عسل، هندوانه، بادام و مغز بادام، زعفران و کشمش است. میزان آب مجازی محصولات فرآوری شده با استفاده از ضریب تبدیل محصولات خام اولیه به محصولات فرآوری شده محاسبه گردیده که اطلاعات مورد نیاز آن از کارشناسان صنایع غذایی در واحدهای تولید کننده گردآوری شده است.

نتایج نشان می‌دهد که حجم واردات آب مجازی از صادرات آب مجازی بیشتر بوده و استان خراسان رضوی از نظر تراز تجاری آب مجازی، وارد کننده آب مجازی است و خالص واردات آب مجازی که از تفاضل کل حجم واردات و صادرات آب مجازی بدست می‌آید، برابر 344 میلیون مترمکعب در سال می‌باشد.



شکل 4- حجم آب مجازی صادراتی(میلیون متر مکعب) محصولات کشاورزی از استان خراسان رضوی در سال 1385

Fig. 4- Exported virtual water volume related agricultural products (mcm) from Khorasan Razavi Province (2006-2007)

در جدول3 خلاصه شاخص‌های محاسبه شده مربوط بـه واردات، صادرات و تجارت آب مجازی نشان داده شده اند. ارقام جدول3 نشان می‌دهد که ترکیب محصولات صادراتی در مقایسه بـا واردات، دارای آب کمتر ولی ارزش افزوده بیشتری هستند. یعنی تولید محصولات با آب کمتر و ارزش افزوده اقتصادی بالاتر در الگوی تجارت خارجی آن دارای مزیت نسبی است و جایگاه بـالایی دارد. متوسـط آب مجـازی مصرف شده به ازای هر تن صـادرات معـادل 3159/5 مترمکعـب در سال و برای واردات معادل 4184/87 مترمکعـب در سـال مـی‌باشـد. مقایسه شاخص‌های صادرات و واردات نشان می‌دهد که وزن واردات 1/36 برابـر صـادرات اسـت در حالیکـه ارزش واردات حـدود 0/157 صادرات است. با توجه به این ارقام، جهت نیل به خودکفایی غذایی با فرض قطع کردن واردات 184402/2 تن مـواد غـذایی، بایـد 771/7 میلیون مترمکعب در سال آب مصرف شود تا از طریق تولیـد داخلـی این مقدار واردات به صفر تنزل کند. در حالیکـه اگـر مقـدار صـادرات محصولات مورد بحث این تحقیق 1/157 برابر شود، کل آب مصرفی در داخل برای تولیـد ایـن مقـدار محصـول صـادراتی 67/2 میلیـون مترمکعب در سال خواهد بود و با ارزش این مقدار محصول می‌تـوان کمبود مواد غذایی فوق را از خارج جبران کرد که در نتیجه آن حـدود 704/5 میلیون مترمکعب در سال آب صرفه جویی کرد.

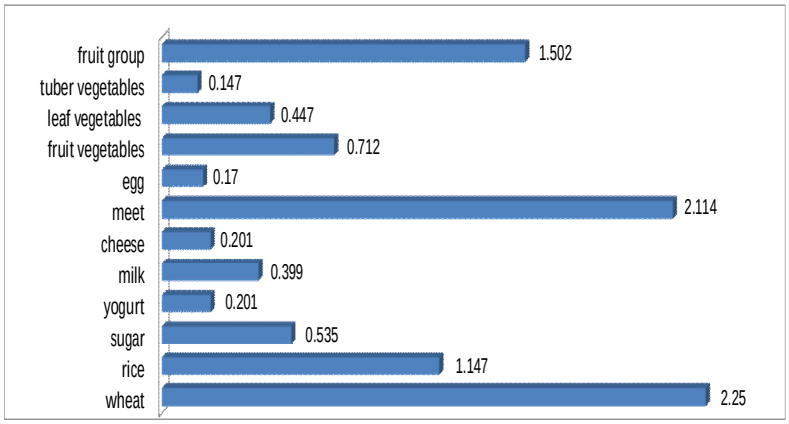
متوسط آب مجازی به ازای هر تن (مترمکعب) در شکل 5 میزان آب مجازی مورد نیاز برای تـامین نیازهـای غـذایی جمعیـت اسـتان متناسب با الگوی بهینه غذایی ارائه شده است. این الگو تأمین کننـده 2600 کیلو کالری انرژی و 80 گرم پروتئین در روز است که بر اساس هرم رژیم غذایی مطلوب از طرف متخصصان امر تغذیه تدوین گردیده است (Mazaheri, 2002). برای تأمین امنیت غذایی و رعایت الگوی غذایی بهینه در استان، با جمعیت 5515980 نفر در سـال 1385، بـه 9/825 میلیارد متر مکعب آب در بخش کشاورزی و صنایع وابسته نیاز است که با افزودن حجم آب مصرفی در بخش‌های صنعت و شرب (9 درصد منابع آب استان)، سالانه به 10/79 میلیارد مترمکعب آب برای تامین نیازهای غذایی، خدماتی، بهداشتی و صنعتی نیاز است که سرانه هر نفر 1956 مترمکعب در سال می‌باشد. این در حالی است که حجم کل نزولات استان حدود 26 میلیارد مترمکعب می‌باشد کـه بـیش از دوسوم آن در اثر تبخیر از دسترس خارج می‌گردد و تنها یک سوم آن یعنی حدود 8/6 میلیارد مترمکعب حجم منابع آب تجدید شونده استان می‌باشد که 2/5 میلیارد مترمکعب آن آبهای سطحی و 6/1 میلیـارد مترمکعب منابع آب زیرزمینی می‌باشد. میزان بهره‌برداری از منابع آب استان حدود 9/26 میلیارد مترمکعب است کـه بـیش از 0/6 میلیـارد مترمکعب اضافه برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی صورت می‌گیـرد. لازم به ذکر است که 91 درصد منابع آب استان در بخش کشاورزی، 2/3 درصد در بخش صنعت و خدمات و 6/7 درصد در بخش شرب به مصرف می‌رسد.

جدول4 نتایج مربوط به محاسبات شـاخص‌هـای کلـی و سـرانه ردپای آب، شدت مصرف آب، وابستگی و خودکفـایی بـه واردات آب مجازی را نشان می‌دهد. مقادیر محاسبه شده مربوط به شاخص‌های کلی و سرانه ردپای آب استان به ترتیب برابر 9/6 میلیارد مترمکعـب در سال و 1741 مترمکعب در سال به ازای هر نفـر اسـت. یعنـی در شرایط فعلی بهره برداری از منابع آبی که اکثر دشت‌هـای اسـتان در شرایط بحرانی بسر می‌برند و اضافه برداشت از مخازن آب زیرزمینی صورت می‌گیرد، هر نفر در سال 1741 مترمکعب آب مصرف می‌کند که این رقم تحت تأثیر مستقیم اقلیم منطقـه، الگـوی کشـت، رژیـم غذایی و راندمان آبیاری منطقه می‌باشد.

جدول3- شاخص‌های محاسباتی در مورد صادرات، واردات و مبادله مجازی آب

Table 3- Virtual water export, import and trad parameters (2006-2007)

واردات Import	صادرات Export	شرح Topic
184402.204	135337.75	وزن کل(تن) Total weight (t)
241679327	1536410350	ارزش کل(هزار ریال) Value of virtual water(1000 Rials)
771.1	427.6	کل آب مجازی(میلیون مترمکعب) Virtual water content (mcm)
4184.87	3159.503	متوسط آب مجازی به ازای هر تن(مترمکعب) Virtual water average(m^3/t)
0.315	5.503	متوسط بهای آب مجازی به ازای هر مترمکعب(هزار ریال) Average of virtual water value(1000 rials/m^3)



شکل 5- حجم آب مجازی مورد نیاز (میلیارد مترمکعب) به تفکیک هر گروه غذایی در الگوی بهینه غذایی

(مأخذ: طرح امنیت غذایی کشور(1381) و محاسبات تحقیق

Fig. 5- Virtual water content in (bcm) for supplying optimized alimentary pyramid

Sources: National Food Security Project (2002) and Research Calculation

جدول4- شاخص‌های محاسبه شده در مورد منابع آب استان(1385)

Table 4- Water footprints, water scarcity, water self-sufficiency and water dependency of Khorasan Razavi Province in (2006-2007)

محاسبات calculation	شرح Topic
8.66	کل منابع آبی در دسترس(میلیارد مترمکعب در سال) Total available water resources(bcm/yr)
9.26	کل منابع آبی مصرف شده (میلیارد مترمکعب در سال) Total water withdrawal (bcm/yr)
8.43	کل منابع آبی مصرف شده در بخش کشاورزی(میلیارد مترمکعب در سال) Agricultural water withdrawal (bcm/yr)
427.6	صادرات آب مجازی(میلیون مترمکعب در سال) Virtual water export(mcm/yr)
771.7	واردات آب مجازی(میلیون مترمکعب در سال) Virtual water import(mcm/yr)
344.1	خالص واردات آب مجازی(میلیون مترمکعب در سال) Net virtual water import(mcm/yr)
9.604	شاخص کلی ردپای آب(میلیارد مترمکعب در سال) Water foot print (bcm/yr)
1741	شاخص سرانه ردپای آب(مترمکعب در سال به ازای هر نفر) Water foot print (m^3/yr/cap)
110.9	شاخص شدت مصرف آب(درصد) Water use intensity(%)
3.6	شاخص وابستگی به واردات آب مجازی(درصد) Water dependency(%)
96.4	شاخص خودکفایی واردات آب مجازی(درصد) Water self-sufficiency(%)

همچنین از آنجا که ضریب امنیت غذایی کشور حدود 95 درصد بوده (Samadi, 2008) و چنانچه قبلا گفته شد برای تامین الگوی غذایی بهینه در شرایط بهره برداری از منابع آبی، سرانه ردپای آب استان بایستی به حدود 1956 مترمکعب در سال به ازاء هر نفر افزایش یابد. بنابراین با توجه به مطالب گفته شده می‌توان بیان کرد که در شرایط فعلی استان خراسان رضوی از نظر بهره برداری از منابع آبی در وضعیت خوبی قرار نداشته و در آینده‌ای نزدیک در تامین امنیت غذایی جمعیت رو به افزایش استان با مشکلات مواجه خواهد شد.

مطابق نتایج جدول4، شاخص شدت مصرف منابع آبی استان حدود 110 درصد است که نشان می‌دهد که شدت مصرف آب در این استان بسیار بالاست و مصرف منابع آب بیشتر از منابع آبی تجدید شونده سالانه است. در جدول7، شاخص وابستگی به واردات آب مجازی 3/6 درصد محاسبه شده و بیان کننده این مطلب است که واردات آب مجازی سهم بسیار کمی از منابع آبی مورد نیاز برای تامین کالاها و خدمات مصرفی استان را به خود اختصاص داده است. بنابراین مطابق طبقه بندی هوکسترا و همکاران (2005) که درجه خودکفایی را در شش گروه 20-0، 50-20، 70-50، 90-70، 99-90 و 100 طبقه‌بندی کرده‌اند، مشاهده می‌شود استان در درجه بالایی از خودکفایی قرار دارد و نشان دهنده این مطلب است که مدیریت‌ها و برنامه‌ریزی‌ها به سمت خودکفایی بیشتر است به ندرت از منابع آب خارجی استفاده شده است. ماده 18 برنامه چهارم توسعه ایران، این واقعیت را به وضوح 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. در عین حال رشد فزاینده جمعیت، آلودگی منابع آب، افزایش تقاضا برای مواد غذایی و بهبود رژیم‌های غذایی، آسیب‌پذیری نسبت به تغییرات ناگهانی آب و هوا، شامل دما و بارندگی عواملی هستند که واردات آب مجازی را برای مناطقی مانند استان خراسان رضوی یک راهکار موثر در کاهش فشار وارده بر منابع آبی قلمداد می‌کنند.

پیشنهادات برای سیاستگذاری

به رغم سرمایه گذاری‌های انجام شده در بهینه سازی الگوی کشت منطقه‌ای مبتنی بر منابع آبی موجود، تأثیر عواملی از قبیل برداشت بی‌رویه از برخی منابع آب موجود، عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب سطحی و زیرزمینی عدم رعایت مسائل مربوط به حفاظت محیط زیست از یک طرف و رشد جمعیت و متناسب با آن رشد روزافزون تقاضا در بخشهای مختلف به منظور تامین نیازهای جمعیت روز به روز شدت بیشتری می‌یابد.

از طرف دیگر هر کشوری و به تبع آن هر استان در جهت نیل به رفاه عمومی و امنیت غذایی، به مسئله خودکفایی در تولیدات خود توجه خاصی را مبذول می‌دارد. نکته قابل توجه اینست که آیا منابع موجود در هر منطقه خود به تنهایی میتواند جوابگوی نیازهای جمعیتی باشد و این مسئله با توسعه پایدار در بخشهای مختلف خصوصا بخش کشاورزی هماهنگ است؟ در صورتی که در یک منطقه کم آب میتوان با یافتن نقطه تعادل بین تامین امنیت غذایی و بهره‌گیری از پتانسیل‌ها با واردات مواد غذایی پیدا کنند. این هدف با عنایت به مسئله مبادلات آب مجازی که دید وسیعی از منابع آب مصرفی را در مبادلات محصولات مختلف در اختیار ما قرار می‌دهد قابل حل است. بهره‌گیری از راهکار مبادله آب مجازی در کنار اعمال روش‌های بهینه سازی مصرف و استحصال منابع میتواند بخشهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست را در هر منطقه به سوی پایداری منابع آبی سوق دهد.

در یک نگاه کلی، اصلاح شیوه تولید در بخش کشاورزی، بهبود راندمان ابیاری و ارتقاء سطح بهره‌وری در مصرف آب می‌تواند تا حدی مشکل کمبود منابع آبی مناطق کشور را حل نموده و به عنوان یکی از راهکارهای کاهش ردپای آب نیز قلمداد می‌شود.

از دیگر عوامل موثر در کاهش شاخص ردپای آب(آب مصرفی مردم) اصلاح الگوی تغذیه‌ای جامعه به سوی الگوی بهینه است که این امر با استفاده از روشهای آموزشی و بالا بردن آگاهیهای مردم صورت می‌گیرد. اگر بتوان الگوی مصرفی مردم را به سمتی سوق داد که از محصولات و خدمات با آب مصرفی کمتر استفاده کنند، و یا کالاها و محصولات آب بر را از مناطقی با کاربری آب بالا به منطقه وارد کنیم، ردپای آب منطقه کاهش می‌یابد. افزون بر این با تغییر و تعدیل الگوهای کشت موجود در منطقه می‌توان به حفظ محیط زیست، توسعه پایدار کشاورزی، خودکفایی و حفظ امنیت غذایی نیز نائل شد. همچنین ضمن تاکید بر کاهش رشد جمعیت، باید از هم اکنون سیاست‌ها و راهبردهای استفاده کارا از منابع آب همراه با پیش بینی فناوریهای مورد نیاز جهت مقابله با این عامل مهم مدنظر قرار گیرد، زیرا بی توجهی به این امر کشور را با بحران آب مواجه خواهد ساخت.

منابع

1- Alizadeh, A., Keshavarz, A., 2005. Status of agricultural water use in Iran. Water Conservation, Reuse and Recycling: Proc. of an Iranian-American Workshop, from http//:www.nap.Edu/catalog/1124.html.
2- 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.
3- Hoekstra, A. Y., Hung. P.Q., 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of the Water Research Report Series. No. 11, UNESCO-IHE, Delft.
4- Allan, J. A., 1998. Virtual water: A strategic resource, global solution to regional deficits, Groundwater 36, 545-546,.
5- Chapagain, A. K, Hoekstra, A. Y., Savenije. H. H. G., 2006. Water saving through international trade of agricultural product.Hydrol. Earth Syst. 10, 455-468.
6- Chapagain, A. K, Hoekstra, A. Y., Savenije. H. H. G., Gautam. R., 2006. The water footprint of cotton consumption : An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics. 60, 186-203.
7- Chapagain, A. K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H. H. G., 2005. Saving water through global trade. Value of Water Research Report Series No. 17, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
8- Chapagain, A. K., Hoekstra. A.Y., 2004. Water footprint of nations. Value of the Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft., the Netherlands.
9- Ehsani, M., Khledi, H., 2003. Agricultural water productivity. IRNCID.Tehran.
10- Ghasem Zadeh Mojaveri, F., 2000.Water economic: Early condition of green economic, Green economic. April.
11- Hoekstra, A. Y., Hung. P.Q., 2005.Globalization of water resources : International virtual water flows in relation to crop trade. Glob. Environ. Change. 15, 45-56
12- Hoekstra, A.Y., Chapagain. A. K., 2007. Water footprint of nations :water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resource Management 21(1):35-48.
13- Keshavarz, A., Sadeghzadeh, K., 2001. Management of water consume in agriculture.Shekarshekan. 38, 32-57.
14- Khorasan Razavi Province s Customs administration. 2007, from http://www.khorasancustoms.ir.
15- Ma, J., Hoekstra, A. Y., Wang, H., 2006. Virtual versus real water transfers within China. Philos.Transac. of the Royal Socie. 361, 835-842.
16- Mahmoodi, S., 1999. Management of water demand and water supply, two basis axis of sustainable development in water section. Water Environ. 18. 9-6.
17- Mazaheri, D., 2002. Food Security in Iran. Science Academy Islamic Republic of Iran.
18- Organization of Jihad–Agriculture of Khorasan Razavi Province.2007, from http://www.koaj.ir.
19- Rangani Jahromi, A., Mohamadi, R., 2006. Productivity study and water demand function on water agriculture (Jahrom City). Develop. Product. No 5.2.
20- Samadi, 2008.Assistance of planning & economics. Planning & Economical agriculture research institute. April. 7.
21- Van Oel, P.R., Mekonnen M.M., Hoekstra, A.Y., 2008.' The external water footprint of the Netherlands: Quantification and impact assessment. Value of Water Research Report Series. No. 33, UNESCO-IHE, Delft. The Netherlands.

Journal of Agroecology
Vol. 1, No. 1, Fall 2009, p. 1-12

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 1، شماره 1، پاییز 1388، ص. 12-1

Study of food security based on the concept of virtual water trade and ecological water foot print

(Case study: Khorasan Razavi Province)

A. Arabi Yazdi*, A. Alizadeh and S. Nairizi[1]

Abstract

Khorasan Razavi province with the total precipitations of less than 225 mm/year and total area of irrigated area of 1087466 hectare is considered as one of the most important agricultural region in Iran. This province has also important role in local and national economy. Lack of Perennial River and little amount of surface water has caused 1.06 billion cubic meter of over withdrawn from ground water resources. For this reason 35 ground water basins out of 39 have been banned for more exploitation. 12 basins are also in a very critical condition. Since virtual water trade has been accepted as a tool for combating water scarcity, this research project was conducted to study the import-export of virtual water as well as its balance, and ecological water foot print in this province. Khorasan Razavi, has imported 771.7 mcm and exported 434 mcm of virtual water through international agricultural crops trade. Net virtual water of Khorasan Razavi was about 338 mcm in 2006. Agricultural water footprint of Iran in 2006 has estimated to be about 9.6 bcm or 1740 m3/yr/cap. The results show that water resources situation in this province is not in a good condition and in a near future providing food security will be faced with problems if not any solution be implemented.

Key words: Net virtual water import, Virtual water trade, Water footprint

1- A Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Water and Power University
(* - Corresponding author Email: zamarabi@gmail.com)