

بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص رد پای آب (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی)

اعظم عربی یزدی^{۱*}، ناصر نیک‌نیا^۲، نجمه مجیدی^۳، حسین امامی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲۳

چکیده

در استان خراسان جنوبی با متوسط بارندگی سالانه ۱۸۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر و میانگین تولید سالانه بیش از ۴۹۰ هزار تن محصولات کشاورزی، بیش از ۱۳۸ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی صورت می‌گیرد، به طوری که از تعداد ۲۴ دشت مستقل استان، ۱۳ دشت ممنوعه، ۲ دشت ممنوعه بحرانی و برای ۳ دشت نیز پیشنهاد ممنوعیت ارائه شده است. در این پژوهش میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی استان خراسان جنوبی حدود ۱۳۱۲ متر مکعب برای تولید هر تن محصول و بهره‌وری آب کشاورزی 0.62 kgm^{-3} است. در نتیجه مبادلات محصولات کشاورزی، در سال‌های ۸۷ تا ۹۱ برنج بیش‌ترین حجم واردات معادل $7/76$ میلیون مترمکعب آب را به شکل مجازی به استان وارد کرده است. طی این دوره حجم آب مجازی صادراتی محصولات کشاورزی از $24/5$ تا $17/2$ میلیون متر مکعب کاهش یافته است که رب گوجه فرنگی، سیب زمینی، سیب درختی بیش‌ترین سهم صادرات آب مجازی را به خود اختصاص داده است. با توجه به جمعیت $662,534$ نفری استان در سال ۱۳۹۰، نیاز خالص آبی برای امنیت غذایی استان حدود ۷۲۳ میلیون متر مکعب است. این رقم در شرایطی است که راندمان ۱۰۰ درصد بوده و گیاهان در شرایط بدون تنش شوری و خشکی، آفات و بیماری‌ها رشد کنند. برای حصول امنیت غذایی، نیاز به تأمین حدود ۴۴۸ هزار تن انواع محصولات غذایی است که با در نظر گرفتن شرایط واقعی و راندمان ۳۵ درصد، معادل ۲۰۶۵ میلیون متر مکعب آب به فرم مجازی است. کل حجم شاخص ردپای آب در استان ۱۱۴۲ میلیون متر مکعب است که به ازاء هر نفر $1723/7$ متر مکعب در سال برآورد گردید

واژه‌های کلیدی: آبرانه، امنیت غذایی، بهره‌وری کشاورزی، مبادلات آب مجازی، منابع آبی

مقدمه

مکعب برآورد می‌گردد و ۱۳ دشت از ۲۴ دشت مستقل استان خراسان جنوبی ممنوعه، ۲ دشت ممنوعه بحرانی و برای ۳ دشت نیز پیشنهاد ممنوعیت شده است. به‌طور کلی حجم کسری مخازن دشت‌های استان در سال ۹۰-۹۱ حدود ۱۳۷ میلیون مترمکعب می‌باشد. در جدول ۱ سهم هر بخش در تخلیه سالانه منابع آب زیرزمینی استان خراسان جنوبی ارائه شده است.

جدول ۱- سهم بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب در میزان تخلیه آب از منابع آب زیرزمینی استان خراسان جنوبی، مأخذ: سایت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۹۲، <http://www.skhrw.ir>

شرح	تخلیه سالانه (میلیون متر مکعب)
کشاورزی و دامداری	۱۰۴۲/۲۷
صنعت	۵/۲۱
شرب	۵۸/۶۶
سایر	۲۲
جمع	۱۱۲۸/۱۲

در جهان امروز، آب به عنوان کالایی اقتصادی-اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نیاز روزافزون به آب در همه ابعاد زندگی بشر، باعث شده تا آب به‌عنوان کالایی نادر و کمیاب در دسترس جوامع قرار داشته باشد. این مهم در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک که منابع آب تجدیدپذیر محدودتری دارند بیش‌تر نمود پیدا کرده و ضرورت مدیریت منابع آب با نگرشی جامع و دقیق را ایجاب می‌کند.

به استناد گزارشات آب منطقه‌ای خراسان جنوبی متوسط حجم نزولات جوی سالانه استان خراسان جنوبی بالغ بر $11/98$ میلیارد متر

- ۱- پژوهشگر گروه پژوهشی زیست محیطی خاوران
- ۲- پژوهشگر گروه پژوهشی زیست محیطی خاوران
- ۳- پژوهشگر گروه پژوهشی زیست محیطی خاوران
- ۴- کارشناس ارشد مدیریت اجرایی

*- نویسنده مسئول: (Email: arabiyazdi@stu.um.ac.ir)

با وجود کمبودهای اشاره شده، کشاورزی در استان خراسان جنوبی مانند سایر نقاط کشور به شدت به آب آبیاری وابسته است. لذا به نظر می‌رسد که کمبود منابع آب، علاوه بر کاهش روند توسعه کشاورزی در حال حاضر، باعث خسارات و زیان‌هایی نیز در آینده خواهد شد. بنابراین لازم است از هم اکنون با اتخاذ تدابیر اصولی و معقول، راهکارهایی را برای عبور از بحران‌های احتمالی آینده اندیشید. بهبود نظام بهره‌وری آب کشاورزی و راهکار استراتژی آب مجازی^۱ و ردپای آب^۲ در جهت مدیریت بهتر منابع آبی پیشنهاد شده است. آب مجازی کل آبی است که برای تولید یک واحد محصول، کالا یا خدمات مصرف می‌شود. با این دیدگاه می‌توان در ارتباط بین آب، غذا و مبادلات آن‌ها، همه محصولات و خدمات را با معیار مشترک آب مصرفی سنجید. با توجه به این مهم، در این پژوهش به بررسی امکان بهره‌گیری از مبادلات آب مجازی برای حصول امنیت غذایی و آبی، تعیین صادرات و واردات آب مجازی بخش کشاورزی استان خراسان جنوبی و برآورد شاخص WF و مؤلفه‌های آن پرداخته شده است.

بررسی منابع

آمارها نشان می‌دهد علی‌رغم بالا رفتن تقاضای آب، سرانه منابع آب تجدید شونده سالانه ایران تا سال ۱۴۰۰ به حدود ۸۰۰ مترمکعب کاهش یابد که پایین‌تر از مرز کم‌آبی (۱۰۰۰ مترمکعب) است (تجربشی و ابریشم‌چی، ۱۳۸۳) و جمعیت ایران به مرز ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید، که برای تأمین نیازهای غذایی این جمعیت، به بیش از ۱۵۰ میلیارد متر مکعب آب نیازمندیم (Alizadeh and Keshavarz, 2005).

آب مجازی برای اولین بار توسط آلن و به مفهوم آب محاط شده در کالاها ارائه و تعریف شده است. تجارت آب مجازی را به عنوان راه‌کاری جهت مدیریت کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک خاورمیانه پیشنهاد کرد (Allan., 1993). مطالعات مختلفی در زمینه تجارت آب مجازی در سطح بین‌المللی صورت گرفته که می‌توان به مطالعات Allan, 1998, Hoekstra and Hung., 2002, Hoekstra, 2003, Chapagain and Hoekstra., 2004, Hoekstra and Hung., 2005, Chapagain et al., 2006, Verma et al., 2008, Chapagain et al., 2006 اشاره کرد. مطالعات مذکور با تکیه بر نقش آب به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در تولید محصولات آب بر انجام پذیرفته است و همواره به بهره‌گیری از راهکار مبادله آب مجازی برای کشورهای کم‌آب پرداخته است. با این دیدگاه که می‌توان با حفظ منابع آبی برای تولید محصولات کلیدی به‌جای محصولات آب‌بر و سرمایه‌گذاری در بخش‌های اقتصادی در تخصیص و استفاده بهینه از آن تلاش کرد. این نگاه جدید به آب

می‌تواند بسیاری از الگوهای مصرف آب را اصلاح کند. آب مجازی هر محصول به سه بخش آب آبی، آب سبز و آب خاکستری تفکیک می‌شود (Falkenmark, 1995). آب سبز به حجم آبی اطلاق می‌شود که در مناطق غیر اشباع خاک به صورت رطوبت خاک ذخیره می‌شود (Obuobie et al. 2005). آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی (دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و حجم آب مخازن پشت سد‌ها)، آب آبی را تشکیل می‌دهند (Ringersma, 2003). آب خاکستری، به حجم آبی اطلاق می‌شود که طی فرایند تولید محصولات آلوده شده، کیفیت اولیه خود را از دست داده است. این آب‌ها وارد سیستم‌های طبیعی آبی می‌شود. میزان آبی که لازم است تا بتوان کیفیت آب‌های آلوده را به سطح استاندارد و مطلوب رساند، معادل حجم آب مجازی خاکستری در نظر گرفته می‌شود.

مفهوم آب مجازی در دهه اخیر، تصویر گویایی از نیاز به آب برای تأمین غذای جمعیت جهانی است و در سال‌های اخیر وارد مباحث علمی و سیاست‌گذاری‌های ملی و بین‌المللی مدیریت و توسعه منابع آبی شده است. مبادلات آب مجازی ابزاری برای ارتقاء کارایی مصرف آب و مدیریت مصرف آب در سطح منطقه‌ای و جهانی برای دستیابی به امنیت آبی در مناطق دارای فقر است (Turton, 2000). برای اینکه بتوان اثر الگوی مصرف مردم را بر منابع طبیعی نشان داد می‌توان از مفهوم آبرانه یا ردپای آب^۳ استفاده نمود که اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط هوکسترا و هانگ معرفی گردید (Hoekstra and Hung., 2002). به کمک شاخص آبرانه می‌توان تقاضای واقعی آب را در هر جامعه تعریف شده‌ای در اثر نوع الگوی مصرف مردم از منابع آب جهانی تعیین نمود. آبرانه، حجم کل آبی است که در تولید کالا و خدمات مصرفی برای ساکنان آن جامعه به کار می‌رود. آبرانه را می‌توان برای هر گروه تعریف شده‌ای از مصرف‌کنندگان مانند خانواده، اصناف، جمعیت روستایی، شهری، استانی و کشوری و در مقیاس زمانی، مکانی، داخلی و یا خارجی محاسبه نمود. از آن‌جا که همه محصولات مصرفی ساکنان یک استان در داخل استان تولید نمی‌شود، WF شامل دو مؤلفه ردپای آب داخلی^۴ و خارجی^۵ استان است که به ترتیب بسته به مصرف منابع آب داخلی استان و حجم منابع آبی خارج از استان تعریف می‌شود. مشابه تعاریفی که در بحث مربوط به آب مجازی گفته شد ردپای آب نیز شامل سه مؤلفه است: ردپای آب آبی، سبز و خاکستری (Van oel et al., 2008) و دربرگیرنده مصارف آب از منابع آب آبی و سبز می‌باشد (Hoekstra and Makonnen., 2011). هانگ و هانگ (۲۰۰۳)، WF کشورهای مختلف از جمله ایران را برای دوره (۱۹۹۵-۱۹۹۹) برآورد نمودند. مطابق تحقیقات

3- Water Footprint

4- Internal Water Footprint

Water Footprint

5- External Water Footprint

1- Virtual Water

2- Water Foot Print

آب داخلی تأمین شده که نشان‌دهنده فشار وارده بر منابع آبی کشور است. نتایج تحقیقات عربی‌یزدی و همکاران (۱۳۸۸) نشان می‌دهد شاخص ردپای آب کشور در بخش کشاورزی ۱۰۳/۶۴۱ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۵ تخمین زده شده که به ازاء هر نفر ۱۴۷۰ متر مکعب در سال است. حدود ۴۲ درصد از ردپای آب کشاورزی ایران به گروه غلات، ۱۴ درصد به دانه‌های روغنی، ۱۳ درصد نباتات علوفه‌ای، ۱۱ درصد به محصولات صنعتی و ۱۱ درصد به میوه‌ها مربوط است. ۱۲/۸۳ درصد از ردپای آب کشاورزی ایران، خارجی است که ۵۱ درصد آن مربوط به واردات آب مجازی گروه دانه‌های روغنی، ۳۶ درصد غلات و ۱۲ درصد محصولات صنعتی است. ایران کشور واردکننده آب مجازی است، اما وابستگی کشور به منابع آب خارجی ۱۰/۱ درصد است و کشور ۸۹/۹ درصد در تأمین محصولات عمده مورد نیاز در تأمین امنیت غذایی خودکفا است.

مواد و روش‌ها

به منظور برآورد آبرانه و میزان مبادلات آب مجازی استان خراسان جنوبی محاسبات زیر انجام شده است:
در رابطه ۱، متوسط نیاز آبی^۱ (هر محصول در سطح استان، مطابق با روش Hoekstra and Hung., 2002 با استفاده از روش میانگین وزنی محاسبه می‌شود:

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

که در آن \overline{CWR}_c متوسط نیاز آبی در سطح استان برای محصول c (متر مکعب در هکتار)، $CWR_{c,i}$ نیاز آبی محصول c در دشت i (متر مکعب 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 ۹۰٪ 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 کشور، در محاسبات نیاز آبی هر محصول وارد می‌شود.

در رابطه ۲، نیاز ویژه آبی^۲ یا به عبارتی آب مجازی هر محصول به صورت نسبتی از متوسط نیاز آبی به متوسط عملکرد آن محصول محاسبه می‌شود (متوسط عملکرد هر محصول نیز به روش میانگین وزنی محاسبه شده است). آب مجازی هر واحد تولیدات دامی بر

آن‌ها، کشورهای بلژیک و هلند WF بالایی در حدود ۲۰۰۰ متر مکعب در سال به ازاء هر نفر دارند. ژاپن، مکزیک و آمریکا WF متوسطی معادل ۱۰۰۰ متر مکعب در سال به ازاء هر نفر دارند. WF پائین در حدود ۵۰۰ متر مکعب در سال به ازاء هر نفر برای کشورهای چین، هند و اندونزی برآورد شده است. WF ایران، به ازاء هر نفر ۱۴۵۷ متر مکعب در سال، خودکفایی آبی کشور ۹۳/۶٪ و وابستگی به منابع آب خارجی ۶/۴٪ محاسبه شده است. هوکسترا و چاپاگین (۲۰۰۷)، رد پای آب هر کشور را برای دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۷ محاسبه نمودند. متوسط رد پای آب جهان، ۷۴۵۰ گیگا متر مکعب در سال است که به طور متوسط برای هر نفر ۱۲۴۰ متر مکعب در سال می‌باشد. قریب ۵۰ درصد WF جهان در سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷، مربوط به ۸ کشور هند، چین، آمریکا، روسیه، اندونزی، نیجریه، برزیل و پاکستان است. هند ۱۷ درصد جمعیت جهان را در خود جای داده و بزرگترین رد پای آب جهان، معادل ۹۸۷ گیگا متر مکعب در سال را دارد که این خود معادل ۱۳ درصد رد پای آب جهانی است. آمریکا، یونان، ایتالیا و اسپانیا رد پای آب تقریباً برابر دارند (۲۳۰۰-۲۴۰۰ متر مکعب در سال به ازاء هر نفر). مقادیر رد پای آب بالا در مالزی و تایلند نیز مشاهده می‌شود. از طرف دیگر چین با ۷۰۰ متر مکعب در سال به ازاء هر نفر رد پای آب نسبتاً پائینی دارد. هوکسترا و چاپاگین (۲۰۰۷)، ردپای آب دو کشور مراکش (اقلیم خشک و نیمه‌خشک) و هلند (اقلیم مرطوب) را محاسبه نمودند. مطالعات نشان می‌دهد که هر دو کشور، بیش‌تر واردکننده آب مجازی هستند تا صادرکننده آن و این موضوع آن‌ها را به منابع آبی دیگر نقاط جهان وابسته می‌کند. مراکش ۱۴ درصد و هلند بیش از ۹۵ درصد به منابع آب خارجی وابسته هستند.

ردپای آبی کل مصارف یک فرد در چین ۱۰۷۰ متر مکعب در سال است که در حدود ۱۰٪ آن از خارج تأمین می‌شود. ژاپن نیز با دارا بودن ردپای آبی سرانه ۱۳۸۰ مترمکعب در سال، حدود ۷۷٪ این نیاز آبی را از خارج مرزهای خود تأمین می‌کند. ردپای آبی شهروندان آمریکایی ۲۸۴۰ مترمکعب در سال به ازای هر فرد است که ۲۰٪ آن وارداتی است. به طور کلی، ردپای عمومی آب در جهان در دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ در حدود ۹۰۸۷ گیگامترمکعب در سال بوده است (به تفکیک ۷۴٪ سبز، ۱۱٪ آبی و ۱۵٪ خاکستری). سهم محصولات کشاورزی از این مقدار ۹۲٪ بوده است (Mekonnen and Hoekstra., 2011; Hoekstra and Makonnen., 2011).
تحقیق جامع دیگری میزان ردپای آب کشورهای مختلف را در رابطه با مصارف کشاورزی در دوره ۱۹۹۶-۲۰۰۵ برآورد نمودند که میزان آبرانه هر نفر در ایران ۱۹۰۰ متر مکعب در سال برآورد نمودند. اگر آبرانه آب آبی را در این دوره در نظر بگیریم ایران با حجمی معادل ۵۹۰ متر مکعب آب در هر سال برای هر نفر بیش‌ترین میزان مصرف منابع آب آبی را به خود اختصاص داده است. از کل آبرانه آب آبی که در ایران برای هر نفر مصرف شده است بیش از ۹۶ درصد آن از منابع

که WU کل آب مصرفی کشاورزی داخل استان (مترمکعب در سال) است.

شاخص شدت مصرف آب (WI)، نسبتی از کل آب مصرفی استان در بخش کشاورزی WU (مترمکعب در سال)، به کل منابع آب موجود استان WA (مترمکعب در سال) است که به صورت در رابطه (۹) تعریف می‌شود (Hoekstra and Hung., 2002):

$$WS = \frac{WU}{WA} \times 100 \quad (9)$$

در رابطه ۹، منابع آب تجدیدپذیر سالانه، به عنوان معیاری برای منابع آب موجود استان در نظر گرفته شده است.

وابستگی به آب، شاخصی است که منعکس کننده وابستگی یک استان به منابع آب خارج از استان (از طریق واردات آب مجازی) است. وابستگی به آب، نسبتی از کل واردات خالص آب مجازی استان به کل آب تخصیص یافته برای تولید محصولات غذایی (مجموع آبهای داخل و خارج استان) است که به صورت رابطه ۱۰ تعریف می‌شود:

$$WD = \frac{NVWI}{WU + NVWI} \times 100 \quad (10)$$

اگر وابستگی به آب یک استان به ۱۰۰ درصد نزدیک شود، آن گاه آن استان تقریباً به طور کامل به واردات آب مجازی متکی است.

بر عکس شاخص خودکفایی آب^۳، توانایی یک استان را در تأمین آب مورد نیاز برای تولید کالاها و خدمات، از منابع آب داخلی نشان می‌دهد. اگر شاخص خودکفایی آب به صفر نزدیک شود، آنگاه یک استان به شدت به وارد کردن آب به صورت مجازی متکی است که به صورت رابطه ۱۱ تعریف می‌شود:

$$WSS = 1 - WD \quad (11)$$

بهره‌وری آب کشاورزی^۴ هر محصول استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است که به صورت رابطه ۱۲ تعریف می‌شود:

$$CWP = \frac{1}{SWD} \quad (12)$$

آمار و اطلاعات مورد استفاده

نیاز آبی گیاهان بر اساس سند ملی آب ایران، اطلاعات مربوط به منابع آبی استان (۱۳۹۲) از شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی، اطلاعات مربوط به صادرات و واردات محصولات کشاورزی استان (۱۳۸۷-۱۳۹۱) از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان

اساس میزان متوسط جهانی آب مصرفی آن در نظر گرفته خواهد شد.

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

که در آن SWD_c نیاز ویژه آبی گیاه c (مترمکعب آب به ازاء هر تن محصول) و CY_c متوسط عملکرد محصول (تن در هکتار) است. همچنین آب مجازی هر واحد تولیدات دامی بر اساس میزان متوسط جهانی آب مصرفی آن در نظر گرفته خواهد شد.

مبادله آب مجازی^۱ 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 روابط ۳ و ۴ به دست می‌آید. آب مجازی هر محصول، به نیاز آبی ویژه گیاه در استان واردکننده وابسته است، به عبارت دیگر به ازاء واردات محصولات، مقدار آبی که برای تولید محصول مورد نیاز بوده است، ذخیره می‌گردد.

$$VWI_c = I_c * SWD_c \quad (3)$$

$$VWE_c = E_c * SWD_c \quad (4)$$

که در آن 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 مقدار واردات و صادرات سالانه محصول c (تن در سال) می‌باشد.

واردات و صادرات ناخالص آب مجازی از حاصل جمع همه واردات و صادرات استان به صورت روابط ۵ و ۶ به دست می‌آید:

$$GVWI = \sum_c VWI_c \quad (5)$$

$$GVWE = \sum_c VWE_c \quad (6)$$

در رابطه ۷، خالص واردات آب مجازی از اختلاف بین کل واردات و صادرات آب مجازی به دست می‌آید:

$$NVWI = GVWI - GVWE \quad (7)$$

که در آن NVWI واردات خالص آب مجازی استان (مترمکعب در سال) است.

آبرانه کشاورزی به روش top-down (Van oel et al, 2008) از رابطه ۸ حاصل می‌شود:

$$Waterfootpr_{int} = WU + NVWI \quad (8)$$

2- water use intensity
3- Water self-sufficiency
4- Crop water productivity

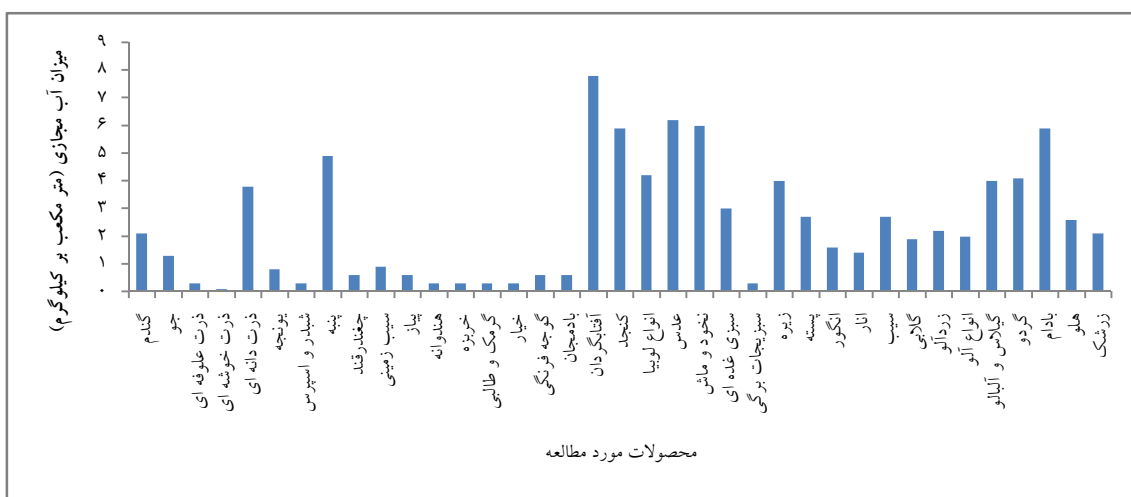
1- Virtual water trade

متر مکعب آب که در تولید هر محصول به مصرف رسیده است معادل چه ارزش ریالی است. با این توصیف، محصول گرمک و طالبی بیش-ترین سودآوری و ارزش را برای آب مجازی مصرفی در تولید خود در بر داشته است. محصولات جالیزی مانند خیار و گوجه فرنگی، شبدر و اسپرس، صیفی‌جات مانند هندوانه و خربزه، سبزیجات برگی و پیاز و سیب زمینی محصولاتی هستند که ارزش آب مجازی مصرفی آن‌ها بالاتر از سایر محصولات است. در واقع آب مجازی به همان میزان آب واقعی مصرف شده در تولید محصول اطلاق می‌شود که با این شاخص می‌توان دریافت که ارزش ریالی آب در تولید کدام محصول بالاتر است و سودآوری بیش‌تری دارد. در شکل ۴ بهره‌وری آب کشاورزی محصولات مختلف در استان خراسان جنوبی با احتساب راندمان ۳۵ درصد (کیلوگرم بر مترمکعب) ارائه شده است. از دیدگاه بهره‌وری آب کشاورزی، هر چه میزان تولید محصول به ازای آب مصرفی بیش‌تر باشد بهره‌وری بالاتر است. آب مجازی محصولات کشاورزی متأثر از نیاز آبی و عملکرد محصول می‌باشد که خود به شرایط اقلیمی محل کشت وابسته است. مقدار بهره‌وری آب کشاورزی در مجموعه محصولات فوق بین 0.5 kgm^{-3} تا 3.74 kgm^{-3} متغیر است. البته این ارقام بر اساس نیاز آبی محصولات و با در نظر گرفتن راندمان آبیاری است. اگر متوسط آب مجازی محصولات و میزان تولید محصولات کشاورزی را در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۱ در نظر بگیریم، میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی استان خراسان جنوبی حدود ۱۳۱۲ متر مکعب برای تولید هر تن محصول است. قابل ذکر است که نتایج این تحقیق پیرامون آب مصرفی کشاورزی است و در مطالعات آینده باید سودآوری نسبت به سایر نهاده‌های کشاورزی نیز از قبیل انرژی، کود و سم، ماشین‌آلات و نیروی کارگری و ... نیز لحاظ شود.

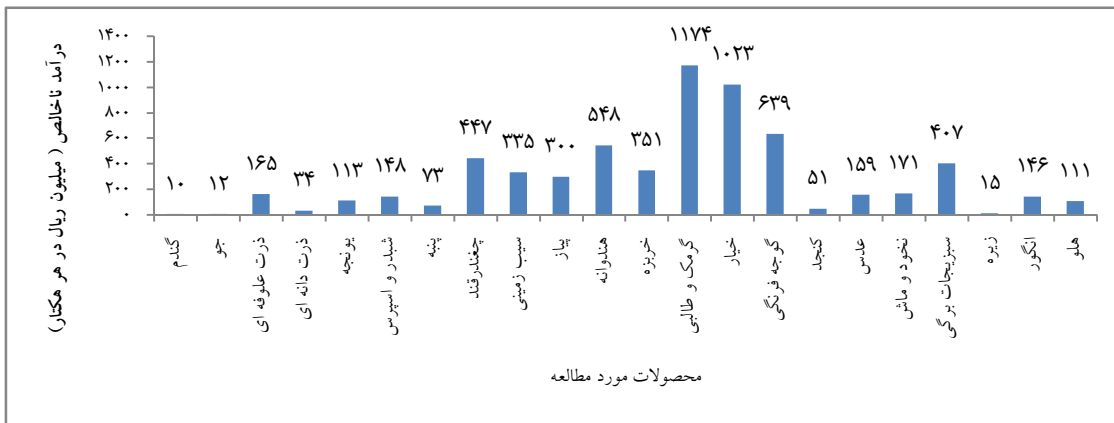
جنوبی، داده‌های مربوط به سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات کشاورزی از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی گرفته شده است. نیازهای غذایی جمعیت استان مطابق با الگوی پیشنهادی پهنه در طرح امنیت غذایی کشور (مظاهری، ۱۳۷۹)، محاسبه شده است.

نتایج و بحث

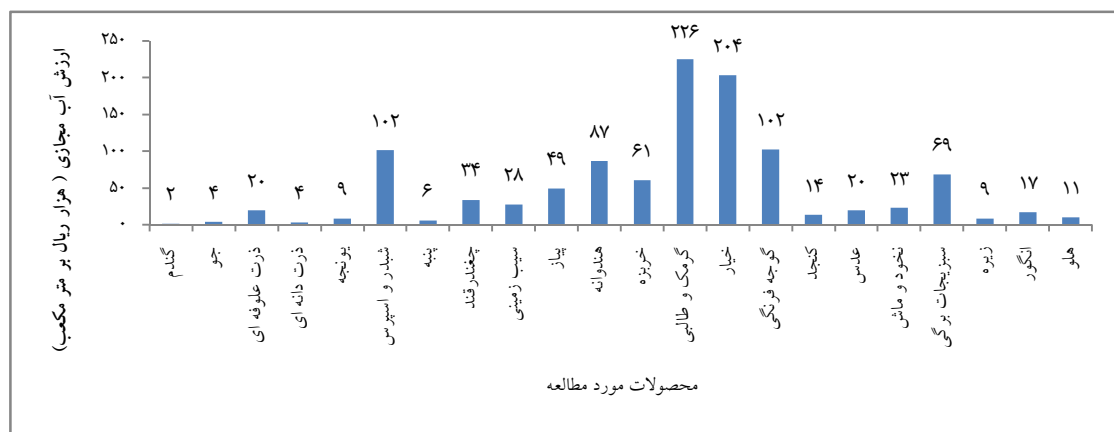
نتایج محاسبات مربوط به میزان آب مجازی محصولات زراعی و باغی در استان خراسان جنوبی در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۱ در شکل ۱ ارائه شده است. اگر محصولاتی با میزان آب مجازی بیش از $1 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ را به عنوان محصولات پرمصرف در نظر بگیریم، سبزیجات و صیفی‌جات در گروه محصولات کم مصرف با بهره‌وری آب بالا، و غلات، حبوبات، دانه‌های روغنی، میوه‌ها و خشکبار در گروه محصولات پر مصرف با بهره‌وری آب پائین به شمار می‌روند. علت بالا بودن میزان آب مجازی زعفران ناشی از عملکرد آن می‌باشد. اگر گروه‌های محصولات کشاورزی را بر اساس میزان آب مجازی آن‌ها به صورت نزولی مرتب کنیم، بیش‌ترین آب مجازی به ترتیب به دانه-های روغنی، خشکبار، حبوبات، محصولات صنعتی (پنبه)، غلات، میوه‌ها، صیفی‌جات و سبزیجات اختصاص می‌یابد. در شکل ۲ درآمد ناخالص هر هکتار (میلیون ریال) که معادل حاصل ضرب عملکرد در قیمت سر مزرعه است ارائه شده است. صیفی‌جات مانند گرمک و طالبی، خیار، گوجه فرنگی و هندوانه بیش‌ترین درآمد ناخالص را تأمین می‌کنند و جزء محصولات کم‌آب نیز به شمار می‌آیند. گندم، جو و زیره کم‌ترین درآمد ناخالص را دارند. در شکل ۳ ارزش آب مجازی محصولات کشاورزی در استان خراسان جنوبی (هزار ریال بر متر مکعب) ارائه شده است. ارقام ارائه شده به این معنی است که هر



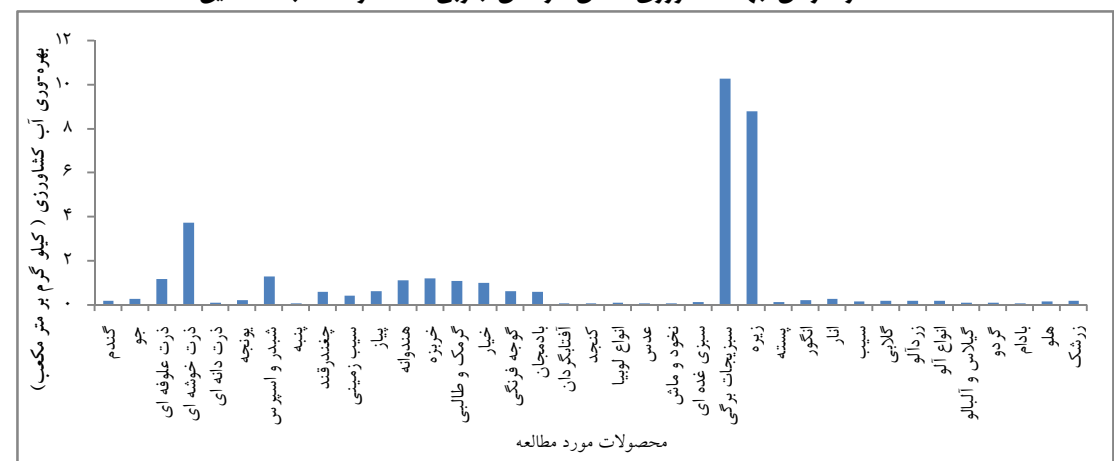
شکل ۱- میزان آب مجازی محصولات کشاورزی در استان خراسان جنوبی (متر مکعب بر کیلوگرم)
 مأخذ: آمارسازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۲ و محاسبات تحقیق



شکل ۲- درآمد ناخالص محصولات مختلف در استان خراسان جنوبی (میلیون ریال در هر هکتار)
 مأخذ: آمارسازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۲ و محاسبات تحقیق



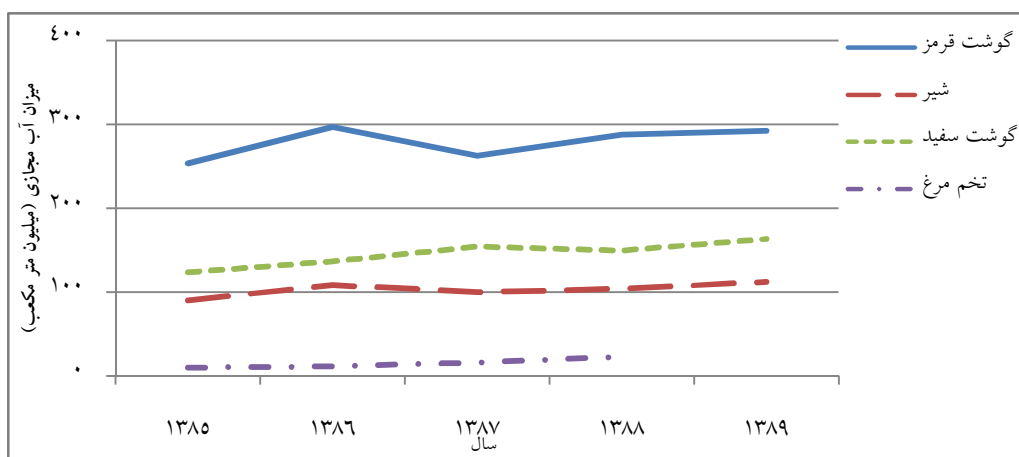
شکل ۳- ارزش آب مجازی محصولات کشاورزی در استان خراسان جنوبی (هزار ریال بر متر مکعب)
 مأخذ: آمارسازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۲ و محاسبات تحقیق



شکل ۴- بهره‌وری آب کشاورزی محصولات مختلف در استان خراسان جنوبی با احتساب راندمان ۳۵ درصد (کیلو گرم بر متر مکعب)
 مأخذ: آمارسازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۲ و محاسبات تحقیق

است که برای تأمین نیاز آبی خالص آن‌ها به حجم آبی معادل ۶۴۳ میلیون متر مکعب نیاز است.

با توجه به آمار سازمان جهاد کشاورزی میانگین تولید سالانه محصولات مورد بررسی این تحقیق در استان بیش از ۴۹۰ هزار تن

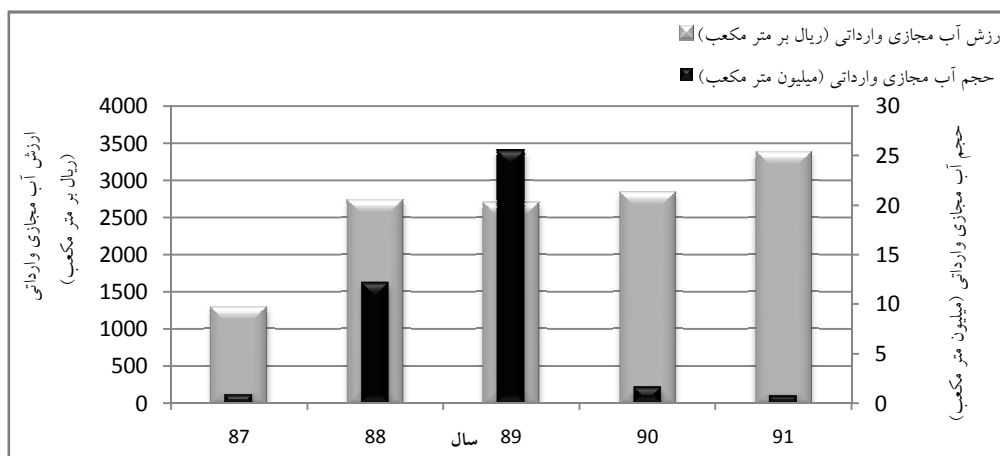


شکل ۵- میزان آب مجازی مربوط به تولیدات دام و طیور (میلیون متر مکعب) در استان خراسان جنوبی طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۵

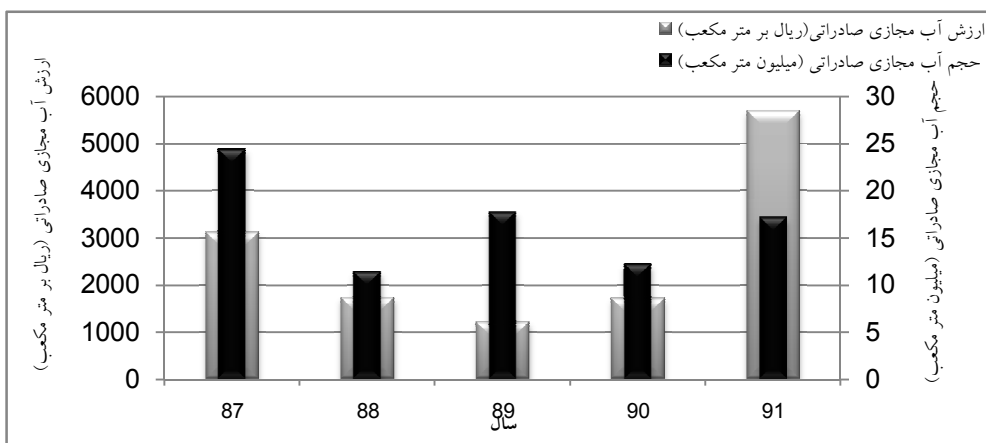
حدود ۱۴۵ میلیون مترمکعب است. میانگین حجم سالانه آب مجازی شیر و تخم مرغ به عنوان فرآورده‌های ثانویه به ترتیب حدود ۱۰۳ و ۱۸ میلیون مترمکعب است. کم‌ترین میزان آب مجازی نیز به تولیدات عسل اختصاص دارد که برای تولید ۴۴ تن عسل به ۱۳۰۴۰ مترمکعب آب نیاز است. در شکل ۶ حجم آب مجازی وارداتی، ارزش آب مجازی به ازاء محصولات عمده کشاورزی و دامی محاسبه گردیده است. برنج بیش‌ترین حجم واردات محصولات کشاورزی را در سال‌های ۸۷ تا ۹۱ به خود اختصاص داده است. به‌طور مثال اگر در سال ۹۱ مقدار ۲۵۴ تن برنج وارداتی در داخل استان تولید می‌شد نیاز به ۷۵۰ هزار مترمکعب آب بود که با واردات این محصول حجم آب مجازی مصرفی نیز به منابع آبی استان اضافه شده است.

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 0.162 kgm^{-3} کاهش می‌یابد. بهره‌وری آب هر محصول در کشور به علت تنوع در عملیات کشاورزی و مدیریت آب در سطح منطقه و در سطح مزارع متفاوت است.

همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است بیش‌ترین حجم آب مجازی در تولید گوشت قرمز است که شامل اجزاء آب مجازی علوفه دام، شرب و بهداشت دام می‌شود و در دامنه حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلیون متر مکعب آب مصرف می‌کند. افزایش تولید گوشت قرمز، گوشت سفید، شیر و تخم مرغ در سال ۸۶ نسبت به سال قبل حدود ۱۶ درصد بوده است. میانگین حجم آب مجازی سالانه گوشت سفید



شکل ۶- ارزش و حجم کل آب مجازی وارداتی به استان خراسان جنوبی ۱۳۹۱-۱۳۸۷



شکل ۷- ارزش و حجم کل آب مجازی صادراتی استان خراسان جنوبی ۱۳۸۷-۱۳۹۱

آب مجازی محصولات خام اولیه تبدیل شده است. اطلاعات مورد نیاز از کارشناسان صنایع غذایی در واحدهای تولید کننده گردآوری شده است.

در جدول ۲ الگوی غذایی پیشنهادی بر اساس هرم رژیم غذایی مطلوب که از طرف متخصصان امر تغذیه تدوین گردیده، ارائه شده است. این الگو تأمین کننده ۲۶۰۰ کیلو کالری انرژی و ۸۰ گرم پروتئین در روز است. نیاز خالص آبی برای امنیت غذایی استان حدود ۷۲۳ میلیون متر مکعب است. این رقم در شرایطی است که راندمان ۱۰۰ درصد بوده و گیاهان در شرایط بدون تنش شوری و خشکی، آفات و بیماری‌ها رشد کنند.

این دیدگاه در مفاهیم آب مجازی به این معنی است که با واردات هر محصول به هر منطقه، آب مصرفی برای تولید آن محصول در آن منطقه ذخیره و به حجم کل منابع آبی آن افزوده می‌شود. بنابراین این منبع اضافه آب می‌تواند در تأمین نیازهای آبی بخش‌ها یا محصولات دیگر مورد استفاده قرار گیرد.

همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود حجم آب مجازی صادراتی محصولات کشاورزی در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۷ از ۲۴/۵ تا ۱۷/۲ میلیون مترمکعب کاهش یافته است.

بیش‌ترین سهم صادرات آب مجازی به ترتیب مربوط به صادرات رب گوجه فرنگی، سیب‌زمینی، سیب درختی است. میزان آب مجازی محصولات فراوری شده با استفاده از ضریب تبدیل به معادل میزان

جدول ۲- الگوی غذایی پیشنهادی بر اساس هرم رژیم غذایی مطلوب و میزان آب مجازی مورد نیاز جهت تأمین امنیت غذایی در استان خراسان جنوبی

محصول	گرم در روز به ازاء هر نفر	مقدار سالانه (تن)	میزان آب مجازی بدون اعمال راندمان (میلیون متر مکعب)	میزان آب مجازی با راندمان ۳۵ درصد (میلیون متر مکعب)
گندم	۲۶۰	۶۲۸۷۴/۵	۱۳۴/۶	۳۸۴/۷
برنج	۸۵	۲۰۵۵۵/۱۱	۲۱/۲	۶۰/۶
حبوبات	۳۰	۷۲۵۴/۷	۳۹/۷	۱۱۳/۳
قند و شکر	۴۵	۱۰۸۸۲/۱	۶/۵	۱۸/۵
ماست	۱۰۰	۲۴۱۸۲/۵	۲۵/۴	۷۲/۵
شیر	۲۰۰	۴۸۳۶۵	۱۶/۹	۴۸/۸
پنیر	۲۰	۴۸۳۶/۵	۸/۵	۲۴/۲
گوشت	۷۵	۱۸۱۳۶/۹	۹۸/۴	۲۸۱/۱
تخم مرغ	۲۵	۶۰۴۵/۶	۷	۲۰
سبزی	۳۳۰	۷۹۸۰۲/۲	۴۶/۹	۱۳۳/۹
سبزی برگی	۲۵۰	۶۰۴۵۶/۲	۲۰/۶	۵۸/۸
سبزی غده ای	۸۰	۱۹۳۴۶	۵۷/۲	۱۶۳/۳
میوه	۳۵۰	۸۴۶۳۸/۷	۲۴۰/۱	۶۸۶
جمع		۴۴۷۳۷۶/۱	۷۲۲/۸	۲۰۶۵/۲

ماخذ: آمار از طرح امنیت غذایی کشور، ۱۳۸۱ و محاسبات تحقیق

درصد)، ۲/۵ درصد در بخش صنعت و خدمات و ۵/۲ درصد در بخش شرب به مصرف می‌رسد. در استان خراسان جنوبی هیچ رودخانه دائمی وجود ندارد. وجود ۱۶ دشت ممنوعه و ۲ دشت ممنوعه بحرانی در استان ضرورت توجه بیش‌تر در مدیریت مصرف آب خصوصاً در بخش کشاورزی را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۸، در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ خالص آب مجازی استان منفی است بدین معنی که استان صادر کننده آب مجازی است و در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ واردکننده آب مجازی است. در دوره مطالعاتی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ بیش‌ترین حجم آب مجازی وارداتی به استان ۷/۷۶ میلیون مترمکعب بوده است که در نتیجه واردات برنج، به منابع آبی استان افزوده شده است.

در جدول ۴ در سال ۱۳۹۱، خالص واردات آب مجازی استان، ۱۱۴۲-۱۶/۴۳ میلیون متر مکعب بوده است و کل حجم آبرانه استان ۱۱۴۲ میلیون متر مکعب است که به ازاء هر نفر ۱۷۲۳/۷ متر مکعب در سال برآورد گردید. این رقم تحت تأثیر مستقیم اقلیم منطقه، الگوی کشت موجود و راندمان آبیاری منطقه است.

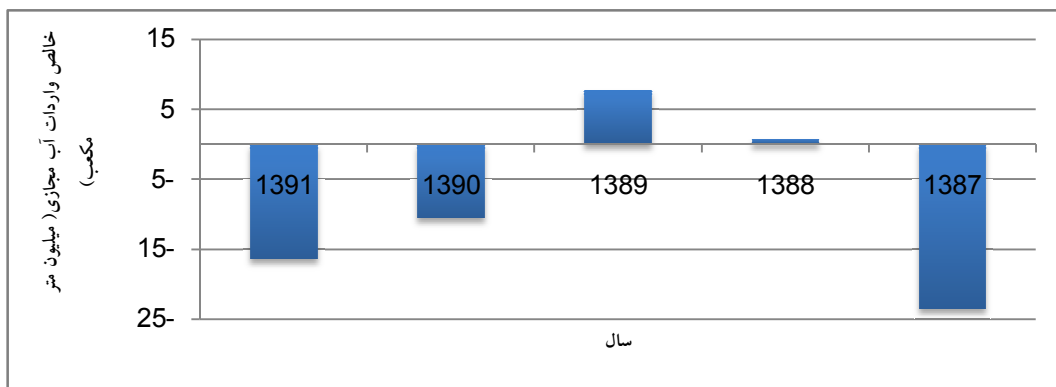
واقعیت این است که در حال حاضر به علت پایین بودن راندمان آبیاری، تلفات آبیاری و بهره‌برداری نامطلوب از منابع آب و اضافه برداشت از منابع، علی‌رغم صرف بیش از ۱۰۲۵ میلیون مترمکعب آب در سال ۹۱، باز هم عملکرد پتانسیل حاصل نشده است. برای حصول امنیت غذایی جمعیت ۶۶۲۵۳۴ نفری استان نیاز به تأمین حدود ۴۴۸ هزار تن انواع محصولات غذایی است که با در نظر گرفتن شرایط واقعی و راندمان ۳۵ درصد، معادل ۲۰۶۵ میلیون مترمکعب آب به فرم مجازی است. در حالی که منابع آبی استان حدود نیمی از این نیاز آبی را می‌توانند تأمین کنند.

مطابق جدول ۳، برای تأمین امنیت غذایی استان و رعایت الگوی غذایی بهینه، نیاز به ۲۰۶۵ میلیارد متر مکعب آب در بخش کشاورزی و صنایع وابسته داریم. این در حالی است که حجم کل نزولات استان در سال آبی ۹۰-۹۱ حدود ۱۰/۹۷ میلیارد مترمکعب می‌باشد که آتومالی آن ۸ درصد منفی است. میزان بهره‌برداری از منابع آب استان حدود ۱۱۲۸ میلیون مترمکعب می‌باشد که بیش از ۱۳۸ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. ۹۲/۴ درصد منابع آب استان در بخش کشاورزی و دامداری (۱/۵

جدول ۳- وضعیت منابع آبی استان خراسان جنوبی در سال ۹۰-۹۱

منبع آبی	حجم	واحد
میانگین بارندگی استان	۱۱۶/۵	میلی‌متر
حجم نزولات جوی سالانه	۱۰/۹۶۸	میلیارد مترمکعب
میزان تبخیر و تعرق سالانه	۹/۷۶۴	میلیارد مترمکعب
میزان پتانسیل منابع آب تجدید شونده	۱/۴۱۹	میلیارد مترمکعب
سهم آبهای زیرزمینی از منابع تجدید شونده	۹۹۰/۱۷	میلیون متر مکعب
سهم آبهای سطحی از منابع تجدید شونده	۴۲۹/۱۳	میلیون متر مکعب
میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی	۱۱۲۸/۱۲	میلیون متر مکعب
حجم آب نفوذی از منابع آب برگشتی (چاه، چشمه و قنات)	۱۸۲/۴۱	میلیون متر مکعب
کسری مخزن دشتهای	۱۳۷/۹۵	میلیون متر مکعب

مآخذ: آمار آب منطقه ای خراسان جنوبی



شکل ۸- میزان خالص واردات آب مجازی به استان خراسان جنوبی در دوره ۱۳۸۷-۱۳۹۱

جدول ۴- مقادیر مصرف آب کشاورزی (WU)، مصرف آب صنعت (WI)، حجم کل بهره برداری از منابع آب (WA)، واردات خالص آب مجازی (NVWI)، حجم کل رد پای آب استان و به ازاء هر نفر (WF)، شدت مصرف آب (WS)، وابستگی به آب (WD) و خودکفایی آب (WSS) استان

سال	جمعیت (نفر)	WU (BCM)	WI (BCM)	WA (BCM)	NVWI (BCM)	WF (BCM/yr)	WS (%)	WD (%)	WSS (%)
۱۳۹۱	۶۶۲۵۳۴	۱۰۶۰	۲۷/۲	۱۱۵۸/۴	-۱۶/۴۳	۱۱۴۲/۰۱	۰/۹۱	-۰/۰۲	۱/۰۲

مأخذ: اداره آمار و برنامه ریزی استان (۱۳۸۶) و یافته های تحقیق

مناطق با وضعیت اقلیمی خشک و متوسط بارندگی سالانه ۱۸۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در استان خراسان جنوبی یک ضعف به شمار نمی‌آید. کارآمدی مفهوم آب مجازی با هدف پایداری منابع، توسعه در عمق و بهره‌برداری کارآمد از آب در دستیابی و افزایش بازشناسی ساختار مدیریت کمک کرده و پیشنهادهای را برای حل چالش‌های رو به رشد بخش آب که ناشی از کمیابی منابع آب است ارائه می‌دهد.

اصلاح شیوه تولید در بخش کشاورزی و ارتقاء سطح بهره‌وری در مصرف آب و مدیریت نهاده‌های کشاورزی از راهکارهای کاهش آبرانه کشاورزی به شمار می‌رود و بدین ترتیب می‌توان به منابع کافی آب برای تولید مواد غذایی دست یافت. اصلاح الگوی تغذیه‌ای جامعه به سوی یک الگوی بهینه، استفاده از روش‌های آموزشی و بالا بردن آگاهی‌های مردم در جهت بهتر کردن الگوی مصرف غذایی نیز باعث کاهش آبرانه می‌شود. 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. در استان خراسان جنوبی با شناخت بیش‌تر پتانسیل و ظرفیت مبادلات محصولات کشاورزی می‌توان به مزیت نسبی دست یافت و با واردات محصولات آب‌بر، منابع آب داخل استان را حفظ نمود و در بخش‌های دیگر به مصرف رساند. همچنین تاکید بیش‌تری بر صادرات محصولات بومی منطقه داشت. زیرا سازگاری این محصولات با شرایط اقلیمی و نیاز آبی کم‌تر آن‌ها باعث می‌شود فشار بر منابع آب زیرزمینی کاهش یافته و در جهت تعدیل منابع آبی و کشاورزی پایدار پیش رفت.

مراجع

- تجربشی، م و ابریشم‌چی، ا. ۱۳۸۳. مدیریت تقاضای منابع آب در کشور، مجموعه مقالات اولین همایش روش‌های پیشگیری از اتلاف منابع ملی
- عربی یزدی، ا.، علیزاده، ا و محمدیان، ف. ۱۳۸۸. بررسی رد پای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. مجله علمی پژوهشی علوم آب و خاک. جلد ۲۳، شماره ۴، ص ۱-۱۵
- مظاهری، د. ۱۳۸۱، امنیت غذایی در ایران. فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران.
- Alizadeh, A and Keshavarz, A. 2005. Status of agricultural water use in Iran. Water Conservation,

مطابق طبقه‌بندی هوکسترا و همکاران (۲۰۰۵) استان در درجه بالایی از خودکفایی قرار دارد و در سال ۱۳۹۱ به منابع آب خارجی وابسته نبوده است. باید توجه نمود که در این سال بیش از ۱۳۸ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از منابع آب زیر زمینی صورت پذیرفته که با رعایت مدیریت پایدار منابع آب و جبران کسری مخازن آب زیرزمینی، یقیناً منابع فعلی آب جوابگوی نیاز آبی جمعیت استان نیست. در عین حال واردات آب مجازی برای مناطقی با وضعیت اقلیمی خشک و متوسط بارندگی سالانه ۱۸۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در استان خراسان جنوبی یک ضعف به شمار نمی‌آید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مطالعه حاضر به بررسی وضعیت امنیت آبی در استان خراسان جنوبی با تاکید بر مفاهیم آب مجازی و رد پای آب پرداخته شده است. میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی استان خراسان جنوبی حدود ۱۳۱۲ متر مکعب برای تولید هر تن محصول است. با برآورد میزان آب مجازی محصولات مورد مطالعه می‌توان دریافت که برای تأمین نیاز آبی خالص تولیدات کشاورزی استان به حجم آبی معادل ۶۴۳ میلیون متر مکعب در سال نیاز است. هم‌چنین با در نظر گرفتن درآمد ناخالص محصولات، ارزش ریالی آب مجازی هر محصول قابل بررسی است که می‌تواند عاملی در تغییر الگوی کشت در منطقه باشد. استان در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ صادر کننده آب مجازی است و در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ وارد کننده آب مجازی است. در دوره مطالعاتی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ بیش‌ترین حجم آب مجازی وارداتی به استان ۷/۷۶ میلیون مترمکعب بوده است که در نتیجه واردات برنج، به منابع آبی استان افزوده شده است. در سال ۱۳۹۱ کل حجم آبرانه استان ۱۱۴۲ میلیون مترمکعب است که به ازاء هر نفر ۱۷۲۳/۷ مترمکعب در سال برآورد گردید. برای حصول امنیت غذایی جمعیت استان نیاز به تأمین حدود ۴۴۸ هزار تن انواع محصولات غذایی است که منابع آبی استان حدود نیمی از این نیاز آبی را می‌توانند تأمین کنند. باید توجه نمود که اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی صورت پذیرفته که با رعایت مدیریت پایدار منابع آب و جبران کسری مخازن آب زیرزمینی، یقیناً منابع فعلی آب جوابگوی نیاز آبی جمعیت استان نیست. در عین حال واردات آب مجازی برای

- 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.
- Hoekstra, A.Y and Hung, P.Q. 2005. Globalization of water resources : International virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change* 15:1.45-56
- Hoekstra, A.Y and Mekonnen, M.M. 2011. The water footprint of humanity, Department of Water Engineering and Management, University of Twente, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands.
- Mekonnen, M.M and Hoekstra, A.Y. 2011. National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption, Volume 1: Main Report, Research Report Series No. 50
- Obuobie, E., Gachanja, P.M and Dorr, A.C. 2005. The Role of Green water in Food Trade. Term paper for the Interdisciplinary Course, International Doctoral Studies. Center of Development Research University of Bonn.
- Postel, S. 1994. The last unit. Water; critical matter. Translated by Vahab zadeh and Alizadeh. Jahad publication of mashhad.
- Ringersma, J. 2003. Optimizing green water use and improved crop water productivity under rainfed agriculture in Sub-Sahara Africa. ISRIC Abstract of a data search and literature study. <http://www.isric.nl/Greenwater/Green%20water%20ABSTRACT.doc>.
- Van oel, P.R., Mekonnen, M.M and Hoekstra, A.A. 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.
- Verma, S., Kampman, D.A., Van der zaag, P and Hoekstra, A.Y. 2008. Going against the flow: A critical analysis of virtual water trade in the context of India's national river linking programme. Value of Water Research Report Series No. 31, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Turton, A.R. 2000. Precipitation, people, pipelines and power: Towards a political ecology discourse of water in solution Africa. *Political ecology: science, myth and power*, 132-153.
- Reuse and Recycling: Proceeding of an Iranian-American Workshop, www.nap.Edu/catalog/1124.html.
- Allan, J.A. 2003. Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East. Virtual water trade, in A.Y. Hoekstra, (ed.), processing of the international expert meeting on virtual water trade, Value of the Water Research Report Series No. 12, Delft, the Netherlands, IHE.
- Allan, J.A. 1998. Virtual water: A strategic resource, global solution to regional deficits, *Groundwater* 36:4.545-546.
- Allan, J.A. 1993. Fortunately there are Substitutes for Water Otherwise our Hydro-political Futures would be Impossible. In *Priorities for Water Resources Allocation and Management*. London, United Kingdom: ODA: 13-26.
- Chapagain, A.K and Hoekstra, A.Y. 2004. Water footprint of nations. Value of the Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft., the Netherlands.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y and Savenije, H.H.G. 2005. Saving water through global trade. Value of Water Research Report Series No. 17, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Chapagain, A.K, Hoekstra, A.Y and Savenije, H.H.G. 2006. Water saving through international trade of agricultural products. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences* 10,455-468.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G and 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* 60:1.186-203.
- Falkenmark, M. 1995. Coping with Water Scarcity under rapid Population growth. Conference of SADC Ministers, Pretoria, November, 23-24.
- Hoekstra, A.Y. 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.
- Hoekstra, A.Y and 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.
- Hoekstra, A.Y and Hung, P.Q. 2002. Virtual water trade:

Water Security Assessment in Arid Climates Based on Water Footprint Concept (case study; south khorasan province)

A. Arabi Yazdi^{1*}, N. Nik nia², N. Majidi³ and H. Emami⁴

Received: May. 28, 2014

Accepted: Oct. 15, 2014

Abstract

South Khorasan province, with an average annual rainfall of 180 to 200 mm, Average annual production of over 490 thousand tons of agricultural products, overdraft more than 138 million cubic from groundwater, takes place so 7 of 24 Prairie Independent State, 13 Plains Forbidden, 2 Plains critical prohibited, 3 Plains proposed ban. In this study, the average virtual water crops in South Khorasan Province was about 1312 cubic meters per ton of product and agricultural water use efficiency is 0.62 kgm^{-3} . As a result, rice imported about 7.76 million cubic meters of water in virtual form due to agricultural product trade in 2008 to 2012. During this period, the largest volume of virtual water export was tomato sauce, potato and apple which declined from 24.5 to 17.2 million cubic meters. In 2012, the net water requirement in potential condition for food security of 662,534 populations was about 723 million cubic meters. To achieve food security, requires about 448 thousand tons of food supplies, taking into account the actual conditions and efficiencies of 35%; we need about 2065 million cubic meters of water to form a virtual. The water footprint of province was 1142 million cubic meters or 1723.7 cubic meters per capita per year.

Keywords: Agriculture productivity, Food security, Virtual water trade, Water footprint, Water resources

1- Researcher of Khavaran Environmental Research Group

2- Researcher of Khavaran Environmental Research Group

3- Researcher of Khavaran Environmental Research Group

4- Senior expert in executive management.

(*- Corresponding Author Email: arabiyazdi@stu.um.ac.ir)