

برآورد و مقایسه‌ی ردپای آب در بخش صنعت و کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: استان خراسان جنوبی)

مصطفی دهقان^۱، علی شهیدی^{۲*}، محمدحسین نجفی مود^۳، اعظم عربی یزدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۲

چکیده

در این تحقیق به بررسی و ارزیابی میزان آب مجازی و ردپای آب در بخش کشاورزی استان خراسان جنوبی پرداخته شد. هم‌چنین نتایج حاصل با میزان آب مجازی بخش صنایع آب‌بر استان مقایسه گردید. در استان خراسان جنوبی با متوسط بارندگی سالانه ۹۸ میلی‌متر و میانگین تولید سالانه بیش از ۴۹۰ هزار تن محصولات کشاورزی، بیش از ۱۷۰ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. در این پژوهش میانگین آب مجازی محصولات عمده‌ی کشاورزی استان خراسان جنوبی حدود ۲۹۰۰ متر مکعب برای تولید هر تن محصول است که این مقدار برای صنایع آب‌بر استان حدود ۲۱ مترمکعب بر تن برآورد شده است. در نتیجه مبادلات محصولات کشاورزی، در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴، برنج بیش‌ترین حجم واردات را در سال ۱۳۹۰ معادل ۳۴۱ میلیون مترمکعب آب را به شکل مجازی به استان وارد کرده است. طی دوره‌ی مورد مطالعه، استان همواره صادرکننده‌ی آب مجازی بوده که میزان حجم آب مجازی صادراتی محصولات کشاورزی از ۴۱۲ تا ۵۳۳ میلیون مترمکعب افزایش یافته است که به ترتیب پنبه، زعفران و زرشک بیش‌ترین سهم صادرات آب مجازی را به خود اختصاص داده است. میانگین کل حجم ردپای آب بخش کشاورزی استان طی سال‌های مورد مطالعه، ۵۱۰ میلیون مترمکعب است که به ازای هر نفر ۷۰۰ مترمکعب در سال برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: ردپای آب، محصولات آب‌بر، مبادلات آب مجازی

مقدمه

نامه کشاورزی، ۱۳۹۴). تخصیص آب به بخش‌های صنعت و خانگی در مقایسه با تخصیص آب به کشاورزی سهم کمی دارند. از کل آب‌های در دست بهره‌برداری جهان، حدود ۲۰ درصد به صنایع و ۱۰ درصد به مصارف خانگی تخصیص داده می‌شود. براساس برآوردها، حدود ۶۳۹۰ میلیارد مترمکعب آب برای تولیدات کشاورزی در طی یک سال مصرف می‌شود که شامل اراضی فاریاب و دیم می‌باشد. به‌عبارت دیگر، بخش کشاورزی به بیش از ۲۰۰ میلیون لیتر آب در ثانیه برای رشد و نمو و تولید محصولات کشاورزی نیازمند است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). در حال حاضر بیش‌تر استان‌های کشور در معرض کم‌آبی شدید قرار دارند. این موضوع در نیمه شرقی کشور که منطقه‌ای خشک و بارندگی آن کم می‌باشد، بیش‌تر خود را نمایان می‌سازد (کشاورز و صادق‌زاده، ۲۰۰۱). استان خراسان جنوبی به علت موقعیت جغرافیایی و اقلیم حاکم بر منطقه بیش‌تر با این بلای طبیعی روبه‌رو است. در مناطقی نظیر دشت بیرجند مهم‌ترین منبع تأمین آب مورد نیاز صنعت، شرب و کشاورزی، استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی است. از آنجا که بیش‌ترین تخلیه از منابع زیرزمینی صرف تأمین نیازهای کشاورزی می‌شود، تغییرات کمیت و کیفیت این منابع

آب مایه حیات و عامل و محرک اصلی فعالیت‌های کشاورزی به شمار می‌رود و ۷۰ درصد آب مصرفی جهان به آبیاری اختصاص می‌یابد. بسیاری از کشورها به خصوص کشورهایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته‌اند برای تولید محصولات کشاورزی به آبیاری نیاز دارند. منابع آب تجدید شونده کشور ایران ۹۵ میلیارد مترمکعب است که سهم آب‌های تجدید پذیر زیرزمینی ۵۵ میلیارد مترمکعب و منبع آب تجدید شونده سطحی ۴۰ میلیارد مترمکعب است که از این مقدار، حدود ۸۸ میلیارد مترمکعب (۹۲ درصد) آن در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد و علی‌رغم محدودیت شدید منابع آب، بهره‌وری و کارایی استفاده از این منابع بسیار پایین است (آمار

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بیرجند
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند
۴- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: (Email: ashahidi@birjand.ac.ir)

به طور چشم‌گیری عملکرد محصولات کشاورزی را متأثر خواهد کرد (بیران و هنریخش، ۱۳۸۶). در استان خراسان جنوبی افزایش تقاضا برای آب و خدمات وابسته به آن، کاهش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، تخریب محیط‌زیست ناشی از شهرنشینی، صنعتی‌شدن و تغییر کاربری اراضی، منابع آب موجود را در تنگ‌ناها و فشارهای فزاینده‌ای قرار داده و مدیریت آن را با شرایط پیچیده‌ای روبه‌رو نموده است. در این شرایط بحرانی، ایجاد تعادل پایدار و موزون بین عرضه و تقاضا، تولید و مصرف آب به یک معضل اساسی در مسیر توسعه و آبادانی استان مبدل خواهد شد. 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 کندکردن روند توسعه کشاورزی در حال حاضر، باعث خسارات و زیان‌هایی نیز در آینده خواهد شد. بنابراین لازم است از هم‌اکنون با اتخاذ تدابیر اصولی و معقول، راهکارهایی را برای عبور از بحران‌های احتمالی آینده اندیشید. یکی از راهکارهای توصیه شده، پیاده‌سازی نظام بهره‌وری آب کشاورزی در ساختار مدیریت آب کشور می‌باشد. به نحوی که در حوزه‌ی مدیریت جدید (تقاضای آب) مفاهیم جدیدی به نام آب مجازی^۱ و ردپای آب^۲ ارائه شده است (عربی‌یزدی و همکاران، ۱۳۹۳). صفت مجازی در این تعریف بدان معناست که بخش عمده آب مصرف شده طی فرآیند تولید، در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد و در حقیقت بخش بسیار ناچیزی از آب مصرفی در پایان به عنوان آب واقعی در بافت محصول باقی خواهد ماند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). آب مجازی موضوعی است که در صنعت کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو تلاش بر آن شده تا در این تحقیق مفهوم آب مجازی در بخش صنعت در محدوده مطالعاتی استان خراسان جنوبی بررسی گردد و نتایج آن با بخش کشاورزی استان مقایسه شود.

با توجه به این مهم، در این تحقیق به بررسی و ارزیابی آب مجازی محصولات عمده‌ی کشاورزی استان خراسان جنوبی، تعیین آب‌بر و کم‌آب‌بودن و همچنین سودآوری محصولات کشاورزی، تعیین میزان آب مصرفی واحدهای صنعتی آب‌بر استان خراسان جنوبی، برآورد شاخص ردپای آب و میزان آب مجازی بخش صنعت استان خراسان جنوبی، مقایسه‌ی بخش کشاورزی و بخش صنعت بر اساس مفاهیم آب مجازی و ردپای آب پرداخته شده است.

معرفی استان خراسان جنوبی

استان خراسان جنوبی (سرزمین طلای سرخ) سومین استان پهناور ایران با مساحت ۱۵۰۸۰۰ کیلومتر مربع در شرق کشور واقع

شده و از شمال با استان خراسان رضوی، از غرب با استان‌های یزد، سمنان و اصفهان، از جنوب با استان‌های سیستان و بلوچستان و کرمان و از شرق به طول حدود ۳۳۱ کیلومتر دارای مرز مشترک با کشور افغانستان (ولایت فراه) می‌باشد (پایگاه اطلاع‌رسانی استانداری خراسان جنوبی، ۱۳۹۴). اقلیم استان از نوع خشک و بیابانی است که متوسط بارندگی سالیانه استان حدود ۹۸ میلی‌متر می‌باشد (گزارش سازمان هواشناسی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۴). هم‌چنین جمعیت استان براساس سرشماری سال ۱۳۹۰، حدود ۷۳۲۱۹۲ نفر می‌باشد. قابل ذکر است، بر اساس طرح آماری جدید نفوس و مسکن، جمعیت استان خراسان جنوبی در سال ۱۳۹۵، حدود ۷۶۸۰۰۰ نفر می‌باشد (گزارش طرح آماری نفوس و مسکن، ۱۳۹۵). متوسط حجم نزولات جوی سالانه استان خراسان جنوبی بالغ بر ۳/۵ میلیارد مترمکعب برآورد می‌گردد. از این مقدار حدود ۵۳ میلیون مترمکعب به صورت جریان‌های سطحی جاری شده، ۹۸۳ میلیون مترمکعب سهم آب‌های زیرزمینی و مابقی به صورت تبخیر و تعرق از سطح زمین، مراتع، دیم‌زارها و غیره از دسترس خارج می‌گردد. بطور کلی حجم کسری مخازن دشت‌های استان حدود ۱۷۰ میلیون مترمکعب می‌باشد (شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۴). منابع آبی استان خراسان جنوبی شامل ۶۲۵۲ رشته قنات، ۳۲۹۹ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق و ۲۱۸۹ دهنه چشمه است که سالانه ۱۲۰۶ میلیون مترمکعب آب از این منابع استحصال می‌شود. بیش از ۶۰ درصد از اراضی زیر کشت استان را اراضی آبی تشکیل داده‌اند. عمده‌ترین محصولات زراعی استان عبارتند از: گندم، جو، پنبه، چغندر قند، محصولات جالیزی و نباتات علوفه‌ای هم‌چنین محصولات باغی عبارتند از: زرشک، عناب، زعفران ضمن این که پسته، بادام، سیب، گلابی، به، گیلاس، آلبالو، زردآلو، هلو، خرما، توت، شاتوت، گردو، انجیر، انار، سنجد و گل نرگس از دیگر محصولات باغی این استان است. این استان رتبه اول تولید محصولات باغی زرشک و عناب و رتبه دوم تولید زعفران و پنبه را در سطح ایران داراست (سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۴).

شکل (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی استان خراسان جنوبی را نسبت به استان‌های مجاورش نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

به منظور برآورد میزان آب مجازی و ردپای آب و میزان مبادلات آب مجازی و هم‌چنین بهره‌وری آب محصولات عمده‌ی کشاورزی استان خراسان جنوبی محاسبات به روش ارائه شده توسط هاگسترا و هانگ^۳ (۲۰۰۲) انجام شده است که شامل گام‌های زیر می‌باشد.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی استان خراسان جنوبی نسبت به استان‌های هم‌جوار

نیاز آبی

در رابطه‌ی (۱)، متوسط نیاز آبی هر محصول (هاکسترا و هانگ، ۲۰۰۲) در سطح استان به روش میانگین‌گیری وزنی و براساس سند ملی آب ایران محاسبه می‌شود.

$$\overline{CWR}_C = \frac{\sum_{i=1}^n CWR_{C,i} \times A_{C,i}}{TA_C} \quad (1)$$

که در رابطه‌ی ۱، \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

آب مجازی محصول

در رابطه‌ی ۲، نیاز ویژه‌ی آبی یا به عبارتی آب مجازی هر محصول (هاکسترا و هانگ، ۲۰۰۲)، 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).

$$SWD_C = \frac{\overline{CWR}_C}{\overline{CY}_C} \quad (2)$$

که در رابطه‌ی ۲، SWD_C نیاز ویژه آبی گیاه C (مترمکعب آب به ازای هر تن محصول) و \overline{CY}_C متوسط عملکرد محصول (تن در

هکتار) است

بهره‌وری آب کشاورزی

مفهوم دیگری که در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار می‌گیرد، بهره‌وری آب کشاورزی هر محصول می‌باشد که به صورت عکس میزان آب مجازی تعریف می‌شود. بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر در مجامع علمی مرتبط با آب و آبیاری مورد توجه جدی قرار گرفته است. ساختار بنیادی مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است که به صورت رابطه‌ی (۳) تعریف می‌شود:

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

مبادلات آب مجازی

مبادله آب مجازی استان به ازای واردات یا صادرات هر محصول، از حاصل ضرب مقدار کمی واردات یا صادرات آن محصول، در میزان آب مجازی آن محصول مطابق با روابط ۴ و ۵ بدست می‌آید. آب مجازی هر محصول، به نیاز آبی ویژه گیاه در استان واردکننده وابسته است، به عبارت دیگر به ازای واردات محصولات، مقدار آبی که برای تولید محصول مورد نیاز بوده است، ذخیره می‌گردد.

$$= \text{آب مجازی واحد صنعتی (مترمکعب برتن)} \\ \text{میزان آب مصرفی (مترمکعب در سال)} \\ \text{میزان تولیدات (تن در سال)} \quad (10)$$

نتایج و بحث

در این تحقیق، با استفاده از روابط ذکر شده و در نظر گرفتن عملکرد محصولات عمده‌ی کشاورزی (زراعی و باغی) و همچنین متوسط نیاز آبی، میزان آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی محصولات مورد بررسی استان خراسان جنوبی محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۱) قابل مشاهده است. محصولاتی که میزان آب مجازی آن‌ها کم می‌باشد را به عنوان محصولات کم مصرف با بهره‌وری آب بالا می‌توان در نظر گرفت.

همچنین نتایج محاسبات مربوط به میزان آب مجازی محصولات زراعی و باغی مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی در شکل (۲) ارائه شده است. اگر محصولاتی با میزان آب مجازی بیش از ۱۰۰۰ مترمکعب برتن، به‌عنوان محصولات پرمصرف در نظر گرفته شود، سبزیجات و صیفی-جات در گروه محصولات کم مصرف و غلات، حبوبات و میوه‌ها در گروه محصولات پرمصرف به شمار می‌روند. علت بالا بودن میزان آب مجازی زعفران ناشی از عملکرد آن می‌باشد. اگر محصولات کشاورزی مورد مطالعه در این تحقیق، بر اساس میزان آب مجازی آن‌ها به صورت نزولی مرتب شود، بیشترین آب مجازی به ترتیب به پنبه، بادام، پسته، زرشک و خرما اختصاص می‌یابد. بطور مثال میزان آب مجازی پنبه ۷۷۲۱ مترمکعب می‌باشد، این بدین معنی است که در استان خراسان جنوبی برای تولید یک تن پنبه به میزان ۷۷۲۱ مترمکعب آب مصرف شده است.

شکل (۳) ارزش ریالی و اقتصادی آب مجازی محصولات کشاورزی مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی در سال ۱۳۹۴ را نشان می‌دهد. ارقام ارائه شده در شکل (۳) به این معنی است که هر مترمکعب آب که در تولید هر محصول به مصرف رسیده است معادل چه ارزش ریالی می‌باشد. با این توصیف، محصولات عناب، زعفران و زرشک بیشترین سودآوری و ارزش را برای آب مجازی مصرفی در تولید خود در بر داشته‌اند. همین‌طور محصولاتی مانند چغندر قند، هندوانه و سبزیجات 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.

$$VWI_C = I_C \times SWD_C \quad (4)$$

$$VWE_C = E_C \times SWD_C \quad (5)$$

در رابطه (۴)، VWI_C واردات آب مجازی محصول C (مترمکعب در سال)، و در رابطه (۵)، 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 (هاکسترا و هانگ، ۲۰۰۲). همچنین واردات و صادرات ناخالص آب مجازی از حاصل جمع همگی واردات و صادرات استان به صورت روابط (۶) و (۷) به‌دست می‌آید (هاکسترا و هانگ، ۲۰۰۲).

$$GVWI = \sum_C VWI_C \quad (6)$$

$$GVWE = \sum_C VWE_C \quad (7)$$

در رابطه (۸)، خالص واردات آب مجازی از اختلاف بین کل واردات و صادرات آب مجازی به‌دست می‌آید.

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

که در رابطه (۸)، $NVWI$ واردات خالص آب مجازی استان (مترمکعب در سال) است (هاکسترا و هانگ، ۲۰۰۲).

ردپای آب کشاورزی استان

ردپای آب در بخش کشاورزی استان از رابطه (۹) محاسبه می‌شود.

$$WF = WU + NVWI \quad (9)$$

که در رابطه (۹)، WU کل آب مصرفی کشاورزی از منابع آبی استان (مترمکعب در سال) است (هاکسترا و هانگ، ۲۰۰۲).

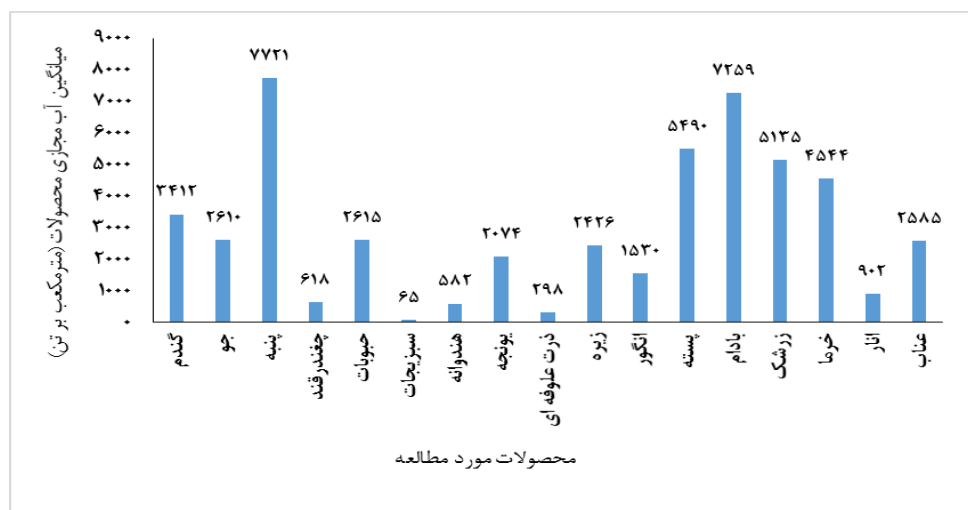
آب مجازی صنایع استان

محاسبه‌ی جریان آب مجازی در محصولات صنعتی و برآورد ردپای آب محصولات عمده صنعتی در سطح استان، شبیه به محصولات کشاورزی است. بدین منظور، پس از بررسی و انتخاب صنایع آب‌بر در سطح استان و انتخاب چند صنعت عمده با توجه به آمار موجود، نسبت میزان آب مصرفی هر واحد صنعتی (بر حسب مترمکعب در سال) به میزان تولیدات آن صنعت (بر حسب تن در هر سال)، به‌راحتی آب مجازی واحد صنعتی (بر حسب مترمکعب بر تن) محاسبه می‌گردد که در رابطه (۱۰) قابل مشاهده است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۱- میزان آب مجازی و بهره‌وری آب محصولات عمده کشاورزی استان خراسان جنوبی

محصول	متوسط نیاز آبی (مترمکعب بر هکتار)	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	آب مجازی (مترمکعب بر کیلوگرم)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	سطح زیر کشت (هکتار)
گندم	۷۳۳۸	۲۱۵۸	۳.۴	۰.۲۹	۳۲۰۰۰
جو	۵۹۰۴	۲۴۵۰	۲.۶	۰.۳۸	۴۰۰۰۰
پنبه	۱۵۸۸۹	۲۰۶۳	۷.۷	۰.۱۳	۶۵۰۰
چغندر قند	۱۸۰۳۱	۳۰۰۵۱	۰.۶	۱.۶۷	۸۰۰
حبوبات	۹۶۵۰	۳۷۱۱	۲.۶	۰.۳۸	۸۴۰
سبزیجات	۱۳۱۳۰	۲۱۸۸۳۳	۰.۰۶	۱۶.۷	۵۰۰
هندوانه	۱۰۰۲۳	۲۰۰۴۶	۰.۵	۲	۳۰۰۰
یونجه	۱۷۳۶۱	۸۲۶۷	۲.۱	۰.۴۷	۱۵۰۰
ذرت علوفه	۱۰۱۱۸	۳۳۷۲۶	۰.۳	۳.۳	۱۱۰۰
زیره	۱۱۱۱	۴۶۲	۲.۴	۰.۴۱۷	۱۲۰۰
انگور	۸۶۹۵	۵۷۹۶	۱.۵	۰.۶۷	۳۰۰۰
پسته	۷۱۸۶	۱۳۳۰	۵.۴	۰.۱۸	۱۷۰۰۰
بادام	۱۰۵۰۷	۱۴۵۹	۷.۲	۰.۱۴	۱۱۰۰۰
زرشک	۶۸۵۲	۱۳۷۰	۵.۱	۰.۱۹	۱۵۰۰۰
خرما	۱۷۴۰۶	۳۸۶۸	۴.۵	۰.۲۲	۲۰۵۰
انار	۸۳۳۱	۹۱۴۵	۰.۹	۱.۱۱	۴۲۰۰
عناب	۵۴۸۱	۱۸۲۷	۲.۵	۰.۴۱	۳۲۰۰
زعفران	۴۳۳۰	۴	۱۱۸۳	۰.۰۰۰۸۵	۱۵۰۰۰

مأخذ: آمار سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی و محاسبات تحقیق، ۱۳۹۴



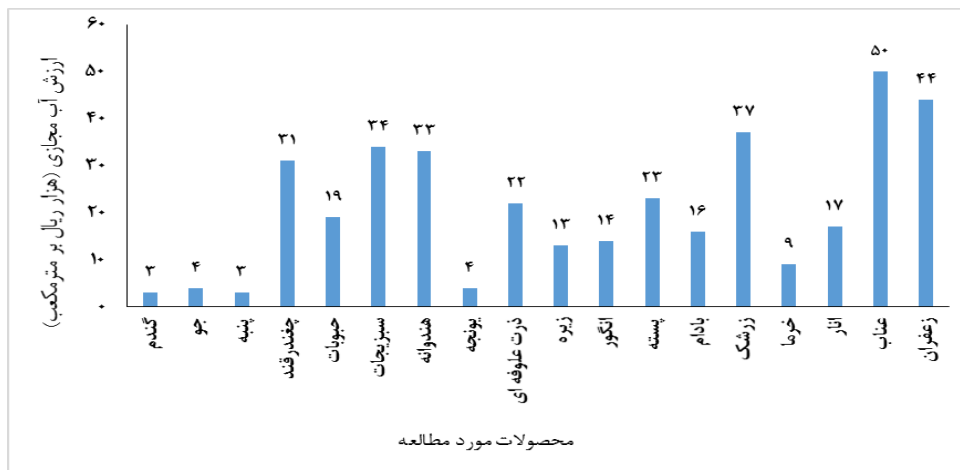
شکل ۲- میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی ۱۳۹۰-۱۳۹۴

سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ کاهش یافته است. نتایج این قسمت از مطالعه با نتایج مطالعات عربی یزدی و همکاران (۱۳۹۳)، پور آتشی و همکاران (۱۳۸۸) و غلامحسین پور جعفری نژاد و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد. بیش‌ترین میزان ردپای آب بخش کشاورزی برای جمعیت استان در سال ۱۳۹۰ بوده که مقدار آن ۷۴۸ میلیون مترمکعب است. یعنی سهم هر نفر در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۰۲۲ مترمکعب برآورد شده است

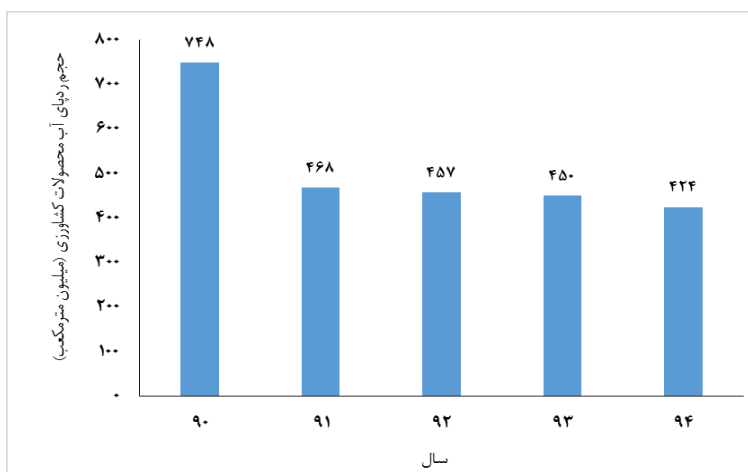
شکل (۴) میزان ردپای آب محصولات کشاورزی استان خراسان جنوبی را طی سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که از حاصل جمع میزان ردپای آب مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی استان و حجم مبادلات آب مجازی محصولات (خالص وارداتی استان) بدست می‌آید. همانطور که در شکل (۴) قابل مشاهده است، میزان ردپای آب بخش کشاورزی استان همواره سیر نزولی داشته است و این مقدار از

و خشکسالی و همچنین برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی استان) می باشد. البته بر اساس تحقیقات عربی یزدی و همکاران این شرایط در اکثر مناطق کشور با افزایش جمعیت تشدید شده است.

که این مقدار در سال ۱۳۹۴ به ۵۷۹ مترمکعب برای هر نفر کاهش یافته است. این مطلب نشان دهنده وضعیت بحرانی آب در استان در طی سال های اخیر در استان خراسان جنوبی (در اثر پدیده تغییر اقلیم



شکل ۳- ارزش ریالی آب مجازی محصولات کشاورزی مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی ۱۳۹۴



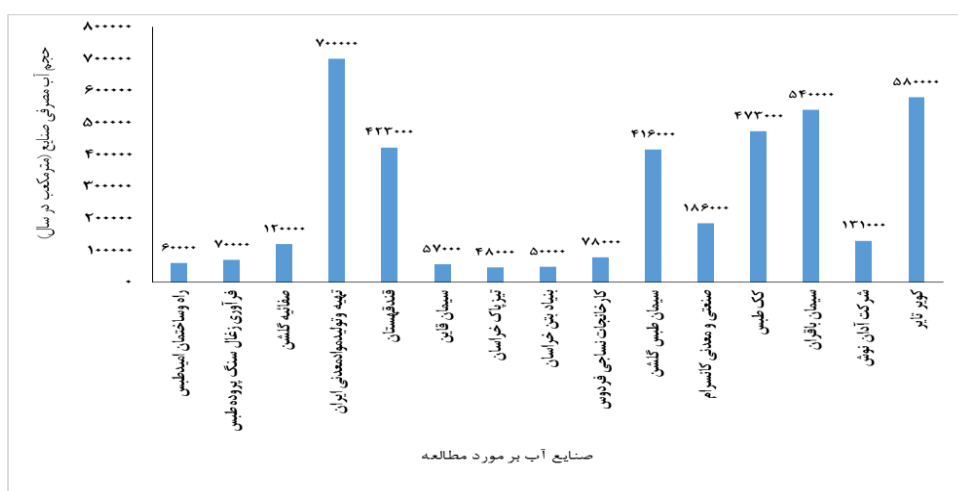
شکل ۴- حجم ردیای آب محصولات کشاورزی استان خراسان جنوبی ۱۳۹۰-۱۳۹۴

پرمصرف استان لحاظ می شود.

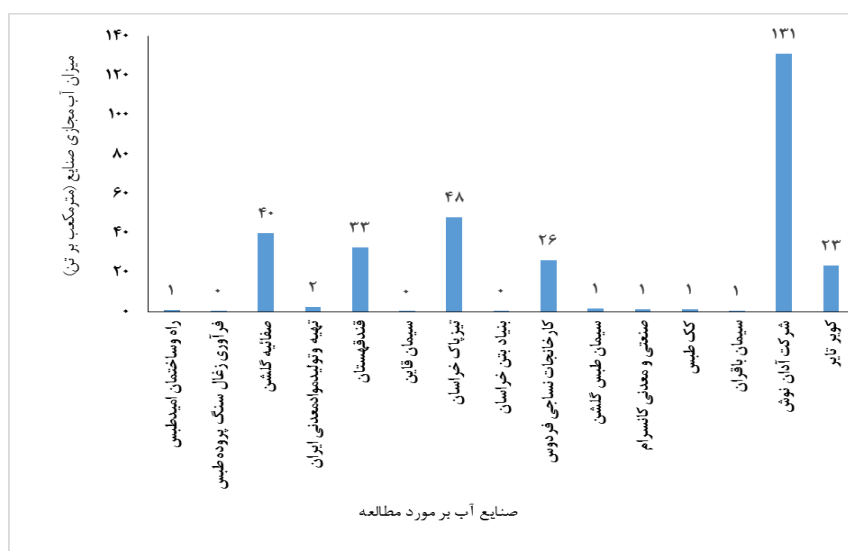
شکل (۶) میزان آب مجازی بخش صنایع آب بر استان خراسان جنوبی را نشان می دهد که بر اساس این نمودار ملاحظه می شود واحد صنعتی "شرکت آدان نوش" که شربت عصاره گیاهی تولید می کند، بیشترین آب مجازی را در بین صنایع مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. این واحد صنعتی که در شهر بیرجند می باشد برای تولید یک تن محصول خود، ۱۳۱ مترمکعب آب مصرف می کند که از این حیث می توان این واحد صنعتی را یک صنعت پرمصرف در بین صنایع استان تلقی کرد. بعد از آن صنایع "نیزپاک خراسان"، "صفاییه گلشن"، "قند قهستان" و هم چنین "کارخانجات نساجی فردوس" به ترتیب جزء صنایع پرمصرف آب به شمار می روند.

نتایج محاسبات مربوط به میزان آب مجازی بخش صنایع آب بر استان خراسان جنوبی طی سال های مورد مطالعه ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ به صورت نمودارهای مقایسه ای ارائه شده است. شکل (۵) حجم آب مصرفی صنایع استان خراسان جنوبی را نمایش می دهد. این نمودار نشان می دهد که صنایع استان طی یک سال فعالیت خود چه مقدار آب مصرف کرده اند.

طبق این نمودار، واحد صنعتی "تهیه و تولید مواد معدنی ایران" که محصول آن کنسانتره زغال سنگ است و در شهر طبس واقع شده است بیشترین آب را برای تولید محصول خود در بین صنایع استان مصرف می کند. این واحد صنعتی طی یک سال فعالیت خود میزان ۷۰۰۰۰۰ مترمکعب آب مصرف می کند که جزو صنایع



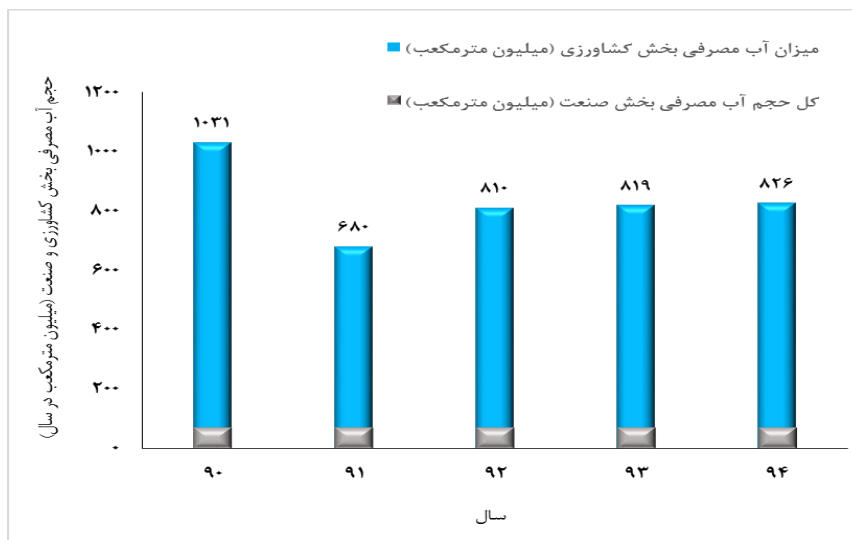
شکل ۵ - حجم آب مصرفی صنایع آب بر استان خراسان جنوبی (مترمکعب در سال)، ۱۳۹۴



شکل ۶ - حجم آب مصرفی صنایع آب بر استان خراسان جنوبی (مترمکعب در سال)، ۱۳۹۴

بررسی اصلاح الگوی مصرف آب مجازی در بخش صنعت استان اردبیل پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که بیش‌ترین بخش صنعتی تحت تأثیر آب مجازی، بخش صنایع غذایی با میزان آب مجازی ۱۵۰۰۰۰ مترمکعب در سال می‌باشد و دارای بیش‌ترین تأثیر در نوسان نمودارهای آب مجازی بخش صنعت می‌باشد. هم‌چنین نتایج محاسبات مربوط به بررسی و مقایسه‌ی حجم آب مصرف شده توسط محصولات عمده‌ی کشاورزی و صنایع آب‌بر استان خراسان جنوبی در شکل (۷) بصورت نمودار مقایسه‌ای ارائه شده است.

از تفسیر نمودارهای بخش صنعت می‌توان به این نتیجه دست یافت که وجود واحد صنعتی با مصرف بالای آب (تهیه و تولید مواد معدنی ایران) در میان صنایع کم‌مصرف می‌تواند نوسانات مصرف زیادی را بوجود آورد که این نتیجه بدست آمده در مقایسه با مطالعات انجام شده، کاملاً همسو با نتایج مطالعه تهمی‌پور و عابدی (۱۳۹۴) می‌باشد. هم‌چنین نتایج این بخش نشان می‌دهد که بخش صنایع غذایی (شرکت آدان نوش) جزو صنایع آب‌بر و پر مصرف با بهره‌وری پایین می‌باشد. نتایج مطالعه شکاری و کوکبی نژاد مقدم (۱۳۹۲) با نتیجه این قسمت از تحقیق مطابقت دارد. آن‌ها در مطالعه خود به



شکل ۷- مقایسه‌ی حجم آب مصرفی بخش کشاورزی و صنعت استان خراسان جنوبی ۱۳۹۰-۱۳۹۴

خراسان جنوبی حدود ۲۹۰۰ مترمکعب برای تولید هر تن محصول است که این مقدار برای بخش صنایع آبر استان حدود ۲۱ مترمکعب بر تن می‌باشد. هم‌چنین استان در دوره‌ی مطالعاتی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ همواره صادرکننده‌ی آب مجازی بوده است. بیش‌ترین حجم آب مجازی وارداتی به استان مربوط به سال ۱۳۹۰ می‌باشد که مقدار آن ۳۴۱ میلیون مترمکعب بوده است که در نتیجه واردات برنج، به منابع آبی استان افزوده شده است. میانگین کل حجم ردپای آب بخش کشاورزی استان طی سال‌های مورد مطالعه، ۵۱۰ میلیون مترمکعب است که به ازای هر نفر ۷۰۰ مترمکعب در سال برآورد گردید. باید توجه نمود که اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی صورت پذیرفته که با رعایت مدیریت پایدار منابع آبی و جبران کسری مخازن آب زیرزمینی، یقیناً منابع فعلی آب جوابگوی نیاز آبی جمعیت استان نیست.

پیشنهادها

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 پیشنهادهایی را برای حل چالش‌های رو به رشد بخش آب که ناشی از کم‌یابی منابع آب است ارائه می‌دهد که در موارد زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

- با توجه به اینکه حدود ۹۲ درصد آب مصرفی کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد، به منظور مدیریت مصرف در کشاورزی، اگر در بخش کشاورزی فقط ۱۰ درصد از مصارف آب کاهش یابد، به اندازه کل آب بخش شرب و صنعت، آب ذخیره خواهد شد.

همان‌طور که در شکل (۷) مشخص است، حجم کل آب مصرفی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ برای محصولات مورد مطالعه در بخش کشاورزی مشخص شده است که با حجم مصرفی آب بخش صنعت مقایسه می‌گردد. طبق شکل، ملاحظه می‌شود میزان آب مصرفی بخش صنعت استان در مقایسه با بخش کشاورزی در سال‌های متفاوت بسیار ناچیز است و این مقدار آب مصرفی در مقابل حجم کل آب مصرف شده توسط محصولات کشاورزی استان طی یک سال قابل قیاس نیست. طی این تحقیق، میزان آب مصرفی صنایع استان طی یک سال، ۷۰ میلیون مترمکعب است. بیش‌ترین مصرف آب محصولات کشاورزی استان مربوط به سال ۱۳۹۰ می‌باشد که نشان می‌دهد طی این سال محصولات کشاورزی ۱۰۳۱ میلیون مترمکعب آب مصرف کرده‌اند. بر اساس شکل، کم‌ترین میزان مصرف آب توسط محصولات کشاورزی مورد مطالعه مربوط به سال ۱۳۹۱ می‌باشد که طی این سال ۶۸۰ میلیون مترمکعب آب توسط محصولات کشاورزی استان مصرف شده است. نتایج مطالعه عربی یزدی و همکاران (۱۳۸۸) با نتایج بدست آمده در این تحقیق کاملاً همسو می‌باشد. در این ارتباط، مبادلات بین‌المللی محصولات کشاورزی و جابه‌جایی آب نهفته در آن‌ها می‌تواند یکی از راه‌کارهای مدیریت آب باشد. هم‌چنین در مطالعه روحانی و همکاران (۱۳۸۷) و کاظم (۱۳۹۴) نیز نتایج مشابهی بدست آمد.

نتیجه گیری

در مطالعه‌ی حاضر به بررسی و برآورد شاخص آب مجازی و ردپای آب در بخش کشاورزی و صنایع استان خراسان جنوبی پرداخته شده است. میانگین آب مجازی محصولات عمده‌ی کشاورزی استان

ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲ (۴۶).

شکاری، ف.، و کوکی نژاد مقدم، ا.ح.، ۱۳۹۲. مدیریت بهینه منابع آب با اصلاح الگوی مصرف آب مجازی در صنعت استان اردبیل، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

عربی یزدی، ا.، علیزاده، ا.، و محمدیان، ف.، ۱۳۸۸. بررسی ردپای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. مجله علمی پژوهشی علوم آب و خاک. ۲۳ (۴): ۱۵-۱.

عربی یزدی، ا.، نیک نیا، ن.، مجیدی، ن.، امامی، ح.، ۱۳۹۳. بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص ردپای آب. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۸ (۴): ص ۷۴۶-۷۳۵.

غلامحسینی پور جعفری نژاد، ا.، علیزاده، ا.، و نشاط، ع.، ۱۳۹۲. بررسی ردپای اکولوژیک آب و شاخص‌های آب مجازی در محصولات بومی استان کرمان. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۴ (۱۳).

کاظم، م.، ۱۳۹۴. آب مجازی راهکاری برای مقابله با بحران آب، اولین کنگره سالیانه جهان و بحران انرژی، مؤسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی، شیراز.

محمدی، ح.، و تعالی مقدم، آ.، ۱۳۹۰. تجارت آب مجازی برای محصولات عمده کشاورزی در ایران، دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران.

معاونت آمار و اطلاعات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۵. گزارش طرح آماری نفوس و مسکن.

وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۴. مجموعه اطلاعات کشاورزی.

وزارت راه و شهرسازی، سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۴. دفتر آمار و اطلاعات هواشناسی.

وزارت کشور، استانداری خراسان جنوبی، ۱۳۹۴. پایگاه اطلاع‌رسانی استانداری.

Hoekstra, A., and 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.

Keshavarz, A., Sadeghzadeh, K., 2001. Management of water consum in agriculture. Shekarshekan. 38: 32-57.

با توجه به اینکه بخش صنایع غذایی، بیش‌ترین آب مجازی را در بین صنایع استان دارا می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد در بخش صنایع غذایی، بیش‌تر، واردات این محصولات در اولویت قرار بگیرد.

با در دست داشتن مقدار آب مجازی محصولات صنعتی در اقلیم‌های گوناگون، می‌توان شهرک‌های صنعتی را طوری طراحی کرد تا صنایع کم‌مصرف در مناطق کم آب و صنایع پرمصرف در مناطق با پتانسیل آبی بالا واقع شوند.

از عوامل مؤثر در کاهش شاخص آب مصرفی مردم (ردپای آب)، اصلاح الگوی تغذیه‌ای جامعه است. تغییر الگوی مصرف مواد غذایی مردم کشور از غلات به مواد گوشتی و لبنی مصرف آب را چندین برابر کرده است. برای نیل به این هدف سیاست‌گذاری‌ها لازم است تا بتوان الگوی مصرف جامعه را به سوی یک الگوی بهینه سوق داد.

با توجه به اینکه میزان آب مصرفی و همین‌طور آب مجازی صنایع استان خراسان جنوبی به شدت کم‌تر از محصولات کشاورزی استان می‌باشد، می‌توان درصدی از آب تخصیصی به بخش کشاورزی را به محصولات صنعتی استان اختصاص داد که این امر نه تنها می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی شود بلکه بهره‌وری آب در بخش صنعت را هم افزایش خواهد داد. در این رابطه می‌توان پیشنهاد کرد که سطح زیرکشت محصولات آب‌بر استان را کاهش داده و درصدی از میزان آب ذخیره شده‌ی آن را به بخش صنعت اختصاص داده و حجم آب باقی مانده‌ی حاصل از کاهش سطح زیر کشت، در منابع آبی استان حفظ و ذخیره شود.

منابع

آمار نامه کشاورزی، ۱۳۹۴. دفتر آمار و فناوری اطلاعات، وزارت جهاد کشاورزی.

احسانی، م.، خالدی، ه.، و برقی، ی.، ۱۳۸۷. مقدمه‌ای بر آب مجازی. چاپ اول. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران. ص ۴۲-۱.

پورآنتشی، م.، رزاقی، ف.، و هاشمی نژاد، آ.، ۱۳۸۸. تجارت آب مجازی راهکاری جهت استفاده بهینه از منابع آبی در بخش کشاورزی، همایش ملی علوم آب، خاک، گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.

تهامی‌پور، م.، و عابدی، س.، ۱۳۹۴. ارزیابی تجارت آب مجازی در بخش صنعت استان زنجان. مجله آب و فاضلاب. ۳ (۹۶).

روحانی، ن.، یانگ، ه.، امین سیچانی، س.، و افیونی، م.، ۱۳۸۷.

Evaluation and Comparison of Water Footprint in Industry and Agriculture (Case Study: South Khorasan Province)

M. Dehghan¹, A. Shahidi^{*2}, M. H. Najafi Mood³, A. Arabi Yazdi⁴

Received: Augu.19, 2018

Accepted: Sept.24, 2018

Abstract

In this study, we examine and evaluate the amount of virtual water and water footprint in agriculture of south Khorasan province. Furthermore, results that obtained by water consumer industry in this province was compared together. in southern Khorasan province, with an average annual rainfall of 98 mm, Average annual production of over 490 thousand tons of agricultural products, overdraft more than 170 million cubic from groundwater. In this study, the average of virtual water for major agricultural products in South Khorasan province is about 2900 cubic meters per ton of product, which is estimated at 21 cubic meters per ton for the province's water industry. As a result, rice imported about 341 million cubic meters of water in virtual form due to agricultural product trade in 2011 to 2015. During the study period, the province has always been the virtual exporter, with the volume of virtual water exported from agricultural products increased from 412 to 533 million cubic meters, which is the highest share of cotton exports, saffron and barberry, respectively. The average total volume of water footprint in the agricultural sector of the province during the studied years is 510 million cubic meters, which is estimated at 700 cubic meters per person per year.

Keywords: Virtual water trade, Water footprint, Water intensive product

1- Master Science Student of Irrigation and Drainage, University of Birjand

2- Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Birjand

3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, University of Birjand

4- PhD Student of Agricultural Meteorologics, Ferdowsi University of Mashhad

(*- Corresponding Author Email: ashahidi@birjand.ac.ir)