Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۹/ شماره ۳/ پیاپی ۱۸/ پاییز ۱۳۹۴ (۱۵۱-۱۶۱)

ارزیابی حجم آب مجازی مبادلاتی محصولات عمده زراعی استان همدان

حمید زارع ابیانه[۱]، مهران آرام[۲] و سمیرا اخوان[۳]

چکیده

در این پژوهش حجم آب مجازی مبادلاتی شش محصول مهم زراعی استان همدان، در چهار گروه غلات (گندم و جو)، سبزیجات (سیب‌زمینی و سیر)، صنعتی (چغندرقند) و علوفه‌ای (یونجه) در طی دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ محاسبه شد. نتایج نشان داد حجم آب مجازی گروه سبزیجات و صنعتی کمتر از ۱ مترمکعب آب به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی است و هر دو در دسته محصولات کم‌مصرف با بهره‌وری بالا هستند. در مقابل غلات به‌دلیل دارا بودن حجم آب مجازی بیش از ۲ مترمکعب بر کیلوگرم در دسته محصولات پرمصرف هستند. همچنین نتایج تفاضل مقادیر آب مجازی وارداتی و صادراتی استان همدان طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ بیان‌گر خروج حدود ۱۵۳۸/۴ میلیون مترمکعب آب خالص و ۲۵۶۴ میلیون مترمکعب آب واقعی از سطح استان است. محاسبات ارزش اقتصادی آب مجازی صادراتی نشان داد استان همدان در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ به طور میانگین ۱۹۵۴۷ میلیون ریال آب به خارج از استان صادر کرده است. بنابراین، لازم است تا با سیاست‌های مناسب از صادرات حجم زیادی از منابع آب به‌صورت مجازی جلوگیری کرد.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، استان همدان، تجارت آب، صادرات آب، واردات آب.

ارجاع: زارع ابیانه ح. آرام م. و اخوان س. ۱۳۹۴. ارزیابی حجم آب مجازی مبادلاتی محصولات عمده زراعی استان همدان. مجله پژوهش آب ایران. ۱۸: ۱۵۱-۱۶۱.

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همذان.
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
*** نویسنده مسئول:** zareabyaneh@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۱/۲۹

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

حجم زیادی از آب به واسطه صادرات و واردات محصولات گوناگون جابجا می‌شود که از آن به‌عنوان تجارت آب مجازی[1] نام برده می‌شود. آب مجازی[2] (VWC) بیان‌گر جابجایی غیرمستقیم آب، در درون کشورها و بین کشورها، براساس صادرات و واردات کالاها است که توجه زیادی را در جوامع علمی و حوزه‌های سیاسی به خود جلب کرده است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). ایده آب مجازی برای اولین بار در دهه ۹۰ میلادی معادل مقدار آب مصرف شده از لحظه شروع فرآیند تولید کالا تا پایان تعریف شد (یانگ و زندر، ۲۰۰۷). هوکسترا (۲۰۰۳) با ارائه تعریف کامل‌تری از آب مجازی آن‌را مجموع آب مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول، در شرایط اقلیمی، مکانی و زمانی تولید توصیف کرد. محاسبات مربوط به آب مجازی، از یک‌سو رابطه مشخصی از عدم برخورداری آب در کشورهای دچار کمبود آب و از سوی دیگر وابستگی به واردات، عدم امنیت غذایی و مقابله با فرهنگ کشور صادر کننده را نشان می‌دهد (هوکسترا و هانگ، ۲۰۰۲). از این‌رو کشورهای کم آب باید با توجه به نیازهای داخلی و همچنین ملاحظات امنیتی و فرهنگی خود، نقطه بهینه‌ای را برای میزان واردات آب مجازی پیدا کنند (ورما و همکاران، ۲۰۰۸). هوکسترا و هانگ (۲۰۰۲) برداشت واقعی یک کشور از منابع جهانی آب را معادل مجموع واردات خالص آب مجازی و آب مصرفی از منابع داخلی دانسته‌اند. از دیدگاه یانگ و زندر (۲۰۰۷) آب مجازی معیار و ابزاری اساسی در نشان دادن مصرف واقعی بخش کشاورزی با تلفیق مفاهیم کشاورزی و اقتصادی در بحث تولید است. به همین دلیل درنظر گرفتن نرخ‌گذاری مناسب آب می‌تواند محور برنامه‌ها و سیاست‌های مدیریتی صنعت آب شود (فلاحتی و همکاران، ۱۳۹۱). به طوری که می‌توان از این ابزار برای ارتقاء کارایی جهانی مصرف آب کشورها، بین کشورها و حتی قاره‌ها بهره گرفت (تورتون، ۲۰۰۰). تعیین الگوی کشت مبتنی بر آب مجازی و یا به کارگیری منابع محدود آبی برای تولید محصولات کم‌مصرف از جمله راه حل‌های مناسب برای مقابله با بحران آب در کشورهای کم آب است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). محمودی و سرلک (۱۳۸۷) افزایش واردات محصولات با نیاز آبی زیاد در قالب واردات آب مجازی را یکی از راه‌کارهای حداقل کردن مصرف آب در کشورهای کم آب دانسته‌اند. اردکانیان و سهرابی (۱۳۸۵) با معرفی برخی زمینه‌های مطالعاتی آب مجازی در ایران، ضرورت توجه به تجاری‌سازی آب مجازی و درنظر گرفتن آن در سیاست‌های آبی را موجب دسترسی کشور به منابع آب جهانی و کاهش فشار بر منابع محدود آب داخلی می‌دانند. هر چند میزان بهینه واردات برای کشورهای مختلف با توجه به برخورداری آن‌ها از منابع آب، زمین‌های کشاورزی و سایر منابع تولید و سیاست‌های امنیت غذایی متفاوت است (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸). منتظر و همکاران (۱۳۸۸) استفاده از شاخص آب مجازی در شبکه‌های آبیاری را ابزار مناسبی برای ارزیابی عملکرد بهره‌برداری و بهره‌وری آب این سامانه‌ها مطرح کردند. بیشتر پژوهش‌های انجام شده در زمینه آب مجازی کشاورزی مبتنی بر تولیدات کشاورزی است. در این راستا به نتایج برخی بررسی‌های انجام شده در جهان و ایران اشاره می‌شود. بررسی تأثیرات تجارت آب مجازی بر ذخیره‌های آب جهانی و ملی کشورها در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۷ نشان داد آب مورد نیاز کشورهای وارد کننده به‌شرط تولید همه محصولات کشاورزی وارداتی در داخل، ۱۶۰۵ گیگا مترمکعب در سال است (چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۵). در حالیکه در کشورهای صادر کننده، با مصرف ۱۲۵۳ گیگا مترمکعب آب جهانی و صرفه‌جویی سالانه ۳۵۲ گیگا مترمکعب آب همان محصولات تولید می‌شوند. در پژوهشی دیگر میزان آب مجازی مبادلاتی در سطح کشورهای صادرکننده، ۶۸۳ گیگا مترمکعب در سال و مجموع واردات آب مجازی کشورهای واردکننده ۱۱۳۸ گیگا مترمکعب در سال برآورد شده است (اکی و کانا، ۲۰۰۴). در همین راستا رکسترم و گاردن (۲۰۰۱) حجم سالانه آب مورد نیاز برای تولید محصولات کشاورزی در جهان را ۵۴۰۰ میلیارد مترمکعب برآورد کردند که بخشی از آن می‌تواند به‌صورت مجازی جابجا شود. زیمر و رنالت (۲۰۰۳) میانگین حجم کل آب مجازی برای ۱۵ نوع محصول کشاورزی و دامی مورد مبادله جهانی در سال ۲۰۰۰ را معادل ۱۳۴ میلیون مترمکعب برآورد کردند. جریان آب مجازی ناشی از مبادلات محصولات در ایالات مختلف هند طی دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۷ بیش از ۱۰۶ میلیارد مترمکعب معادل ۱۳٪ حجم کل آب مصرفی کشور هند

1- Virtual water trade
2- Virtual water content

www.SID.ir

Archive of SID

برآورد شده است (ورما و همکاران، ۲۰۰۸). ایران نیز با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک حاکم بر آن در گروه کشورهای با محدودیت منابع آبی قرار دارد. در گزارش یانگ و زندر (۲۰۰۲) ایران در فهرست کشورهای دارای کسری آب است که تا سال ۲۰۳۰ منابع آب تجدیدپذیر آن به کمتر از ۱۵۰۰ مترمکعب برای هر نفر در سال کاهش می‌یابد. در گزارشی دیگر با توجه به میزان استفاده از منابع آب تجدیدپذیر با کسر نیازهای زیست محیطی از کل منابع آب، ایران در زمره کشورهای دارای تنش آبی زیاد معرفی شده است (سماکتین و همکاران، ۲۰۰۴). مطالعات هوکسترا و هانگ (۲۰۰۲) نشان داد ایران با واردات حدود ۲۹/۱ میلیارد مترمکعب آب در سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۹ در ردیف نوزدهمین کشور بزرگ واردکننده آب مجازی بوده است. نتایج ارزیابی‌های روحانی و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد محصولات خانواده غلات، حبوبات، خشکبار (پسته، گردو) و دانه‌های روغنی در مقابل محصولات گروه میوه‌ها، سبزیجات و محصولات صنعتی از دیدگاه آب مجازی پرمصرف هستند. عربی یزدی و همکاران (۱۳۸۸) حجم آب مجازی کشور ایران در سال ۱۳۸۵ را معادل ۱۰۴ میلیارد مترمکعب برآورد کرده‌اند که با توجه به واردات بخشی از محصولات کشاورزی از خارج کشور، ۲۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب داخلی ذخیره شده است. باغستانی و همکاران (۱۳۹۰) ضمن تأکید بر کاربرد مفهوم آب مجازی در مباحث مدیریت منابع آب نشان دادند که ایران در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ و به ویژه از سال ۱۳۸۲ در تراز تجاری جهانی آب مجازی، کشوری وارد کننده بوده است.

با توجه به تشدید بحران کمبود آب در کشورهای مختلف جهان، موضوع آب مجازی در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری کلان آب در آینده مهم است. به گونه‌ای که آلن (۲۰۰۳) آب مجازی را اقتصادی نامرئی و سیاستی پنهان توصیف کرده است. بررسی منابع نشان داد مفهوم آب مجازی به‌عنوان ابزاری مفید در محاسبه مقدار آب واقعی است که در سطح استانی کمتر مورد توجه بوده است. از طرفی استان همدان در زمینه تولید برخی محصولات دارای رتبه‌های کشوری است ضمن آن که بیش از ۹۴ درصد از منابع آب استان در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (اخوان و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و مطالعه مبادله آب مجازی شش محصول اصلی مورد کشت در استان همدان است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، حجم آب مجازی (VWC) برای شش محصول کشاورزی استان همدان در چهار گروه صیفی‌جات (سیر و سیب‌زمینی)، غلات (گندم و جو)، زراعی (یونجه) و صنعتی (چغندرقند) بررسی شد. انتخاب محصولات بر این مبنا بود که استان همدان در تولید سیب‌زمینی رتبه اول، یونجه و سیر رتبه دوم، چغندرقند و جو رتبه پنجم و در تولید گندم رتبه ششم کشوری را دارد (آرام، ۱۳۹۰). محاسبه‌های مربوط به آب مجازی بر مبنای اطلاعات مقادیر محصولات مبادلاتی به داخل و خارج استان، مقادیر نیاز آبی محصولات، سطح زیرکشت و عملکرد محصولات تولیدی انجام شد. اطلاعات مربوط به وضعیت تولید و سطح زیرکشت محصولات از سازمان جهادکشاورزی استان، حجم واردات و صادرات محصولات از اداره کل بازرگانی استان و اطلاعات مربوط به منابع آب از اداره آب منطقه‌ای استان گرفته شد. تمامی اطلاعات گرفته شده از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۹ به تفکیک محصولات مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار Excel در پوشه‌های جدا دسته‌بندی و ذخیره شدند. نیاز آبی هر گیاه مجموع میزان تبخیر سطحی و تعرق از گیاه است که پارامترهای اقلیم، زمان تولید، روش آبیاری و نوع گیاه از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر آن هستند. مطالعات انجام شده از سوی زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۹) در پهنه‌بندی تبخیر و تعرق برآوردی برای منطقه‌های مختلف اقلیمی ایران، بیان‌گر مناسب بودن روش هارگریوزسامانی برای منطقه همدان با ضریب همبستگی (r) ۰/۹۳ است. بدین ترتیب نیاز آبی محصولات از روش هارگریوز سامانی (رابطه (۱)) و براساس داده‌های روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه همدان در دوره زمانی ۸۱-۱۳۸۰ تا ۹۰-۱۳۸۹ محاسبه شد.

$$ET_{0HgS}=0.0023R_A.TD^{0.5}(T_{mean}+17.8) \quad (1)$$

که در آن R_a تابش ماورائی خورشید بر حسب مگاژول بر مترمربع بر روز، T_{mean} میانگین دمای هوای روزانه بر حسب درجه سلسیوس، T_d اختلاف درجه حرارت حداکثر و حداقل روزانه بر حسب درجه سلسیوس است.

www.SID.ir

Archive of SID

پس از محاسبه نیاز آبی گیاهان، متوسط نیاز آبی[1] ($\overline{CWR}$) به روش میانگین وزنی[2] و حجم آب مجازی (VWC) از نسبت متوسط نیاز آبی به متوسط عملکرد هر یک از شش محصول زراعی از رابطه (۲) به دست آمد.

$$\overline{CWR}_{c,j}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(CWR_{c,i,j}*A_{c,i,j})}{TA_{c,j}} \quad , \quad VWC_{c,j}=\frac{\overline{CWR}_{c,j}}{\overline{Y}_{c,j}} \qquad (۲)$$

که در آن c، i و j به ترتیب شمارش‌گرهای محصول، شهرستان و سال، $\overline{CWR}_{c,j}$ متوسط نیاز آبی (مترمکعب در هکتار)، $A_{c,i,j}$ سطح زیرکشت (هکتار)، $TA_{c,j}$ سطح زیرکشت کل (هکتار)، $VWC_{c,j}$ میزان آب مجازی (مترمکعب در تن) و $\overline{Y}_{c,j}$ متوسط عملکرد (تن در هکتار) است. اگر حجم آب مجازی محصولات کمتر از ۱ مترمکعب آب به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی باشد، این محصولات به‌عنوان محصولات کم‌مصرف و اگر حجم آب مجازی محصولات بیشتر از ۱ مترمکعب باشد، در گروه محصولات پرمصرف درنظر گرفته می‌شود. حجم آب مجازی مبادلاتی (VWT) استان برای هر محصول وارد (صادر) شده طبق رابطه ۳، معادل حاصل‌ضرب مقدار کمی واردات (صادرات) هر محصول در حجم آب مجازی درنظر گرفته شد.

$$\begin{cases} VWI_{c,j}=VWC_{c,j}*I_{c,j} \\ VWE_{c,j}=VWC_{c,j}*E_{c,j} \end{cases} \Rightarrow \qquad (۳)$$

$$\begin{cases} NVWT_{c,j}=VWI_{c,j}-VWE_{c,j} \\ TNVWT=\sum_{c=1}^{6}\mathrm{TVWI}_{c,j}-\sum_{c=1}^{6}\mathrm{TVWE}_{c,j} \end{cases}$$

که در آن $VWI_{c,j}$ واردات آب مجازی (مترمکعب در سال)، $VWE_{c,j}$ صادرات آب مجازی (مترمکعب در سال)، $\mathrm{I}_{c,j}$ مقدار کمی واردات (تن در سال)، $E_{c,j}$ مقدار کمی صادرات سالانه (تن در سال) و $NVWT_{c,j}$ حجم خالص آب مجازی (مترمکعب در سال) مبادلاتی است.

حجم خالص آب مجازی مبادلاتی[3] ($NVWT$) استان و کل آب مجازی خالص مبادلاتی[4] ($TNVWT$) در گام زمانی سالانه بر حسب مترمکعب از رابطه (۴) به دست آمد.

$$WI = \frac{WU}{WA}*100 \qquad (۴)$$

که در آن WU کل برداشت داخلی آب برای تولید مواد غذایی (مترمکعب در سال) و WA کل منابع آب موجود در استان همدان (مترمکعب در سال) است.

درنهایت دو معیار درصد شدت مصرف آب[5] (WI) و شاخص درصد وابستگی به آب[6] (WD) یا شاخص خودکفایی آب[7] (WSS) از رابطه‌های (۵) و (۶) محاسبه شد. این دو معیار بیان کننده آهنگ برداشت از منابع تجدیدپذیر آب استان و میزان وابستگی به منابع آب مجازی هستند.

$$WD=\frac{NVWT}{WU+NVWT}*100 \qquad (۵)$$
$$\& \quad if\ NVWT\neq 0 \quad NVWT<0 \Rightarrow WD=0$$

$$WSS=100-WD \qquad (۶)$$

محدوده شاخص WD بین صفر به مفهوم واردات آب مجازی تا ۱۰۰ به مفهوم صادرات آب مجازی متغیر است. به همین ترتیب WSS=۰ وابستگی استان به واردات آب مجازی و WSS=۱۰۰ کفایت منابع آبی برای تولید کالا و خدمات در داخل استان را نشان می‌دهد (عربی یزدی و همکاران، ۱۳۸۸). آخرین مفهوم بررسی شده در این مطالعه، بهره‌وری آب[8] (CWP) یا کارایی مصرف آب[9] (WUE) بود که عکس آب مجازی یعنی VWC^{-1} است و بیان کننده مقدار تولید در واحد آب مصرفی است (رنالت، ۲۰۰۲). بهره‌وری آب را می‌توان با تولید بیشتر به ازاء همان مقدار آب مصرفی یا تخصیص آب به گیاهان با ارزش اقتصادی بالاتر افزایش داد. برای تعیین ارزش اقتصادی آب، از نرخ ارزش‌گذاری صنعت آب استان در سال ۱۳۸۸ براساس مطالعات فلاحتی و همکاران (۱۳۹۱) یعنی ۶۶/۹۴ ریال استفاده و ارزش اقتصادی آب به تفکیک محصول و سال‌های مورد مطالعه محاسبه شد. هرچند نرخ درنظر گرفته شده برای آب مربوط به سال ۱۳۸۸ یکی از سال‌های مورد مطالعه در این پژوهش است، اما این امر می‌تواند در دورنمای وضعیت اقتصادی آب برای مدیریت آب استان موثر باشد. منفی بودن مقادیر NVWT برای همه محصولات مورد مطالعه در طول دوره مطالعاتی نیز تأیید کننده این مطلب است.

1- Crop water requirement
2- Weighted average method
3- Net virtual water trade
4- Total net virtual water trade

5- Water use intensity
6- Water dependency
7- Water self-sufficiency
8- Crop water productivity
9- Water use efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

در جدول ۱ مقدار میانگین ۱۰ ساله حجم آب مورد نیاز بر حسب مترمکعب بر هکتار ($\overline{CWR}$)، متوسط عملکرد ($\overline{Y}$)، حجم آب مجازی (VWC)، صادرات آب مجازی (VWE)، واردات آب مجازی (VWI)، حجم خالص آب مجازی مبادلاتی (NVWT) آورده شده است. همچنین مقادیر شاخص‌های بهره‌وری آب (CWP)، کل آب برداشتی برای تولید (WU)، کل منابع آب موجود استان (WA)، درصد شدت مصرف آب (WI)، درصد وابستگی به آب (WD) و شاخص خودکفایی آب (WSS) برای ۶ محصول مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ نیز در این جدول ارائه شده است. تمامی پارامترهای بالا به‌صورت میانگینی برای هر یک از محصولات مورد مطالعه محاسبه و در جدول ۱ ارائه شده است. براساس جدول ۱ کمترین مقدار آب مورد نیاز محاسبه شده معادل ۴۵۶۰/۸ مترمکعب در هکتار به محصول سیر و بیشترین مقدار آب مورد نیاز معادل ۹۰۶۶/۳ مترمکعب در هکتار به محصول یونجه اختصاص دارد. به همین ترتیب از نظر زمانی نیز کمترین و بیشترین مقدار نیاز آبی به سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۱ به‌ترتیب معادل ۷۲۱۳/۲ و ۷۴۲۱/۵ مترمکعب در هکتار است (جدول ۱). سیر محصولی است که در پاییز کشت و در بهار برداشت می‌شود و نیاز آبی آن طی فصل رشد در شرایط وجود آب، ۵۴۶۵ مترمکعب در هکتار است (زارع ابیانه و همکاران، ۲۰۱۱). بیشتر بودن نیاز آبی یونجه در مقایسه با نیاز آبی سیر به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد و امکان برداشت چین‌های مختلف منطقی است. در گزارش محبوبی (۱۳۸۲) نیز آب مورد نیاز برآوردی برای دشت مغان از سند ملی آب برای محصولات گندم ۶۸۶۰، یونجه ۸۱۵۰ و چغندرقند ۱۵۲۴۳ مترمکعب گزارش شده است. هرچند اقلیم منطقه مغان با منطقه همدان دارای تفاوت‌هایی است، لیکن از نظر کمی مقادیر گزارش شده با مقادیر محاسبه شده در جدول ۱ همخوانی دارند. از طرفی حجم آب مجازی محصولات سیب‌زمینی، سیر و چغندرقند کمتر از ۰/۵ و حجم آب مجازی محصولات گندم و جو بیش از ۱ متر مکعب به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی است (جدول ۱). در گزارش روحانی و همکاران (۱۳۸۷) حجم آب مجازی سیب‌زمینی، چغندرقند و جو به‌ترتیب ۰/۳۱، ۰/۳۱ و ۲/۵۸ مترمکعب بر کیلوگرم آمده است که با مقادیر محاسباتی در جدول ۱ همخوانی دارد. برای بررسی‌های روحانی و همکاران (۱۳۸۷) می‌توان محصولات سیب‌زمینی، سیر (سبزیجات) و چغندرقند (صنعتی) را براساس مقدار حجم آب مجازی کمتر از ۰/۵، (VWC≤۰/۵) به‌عنوان محصولات کم مصرف، گندم و جو (غلات) با توجه به VWC≥۱، در گروه محصولات پرمصرف و یونجه (زراعی) را در گروه محصولات با مصرف متوسط دسته‌بندی کرد. نکته مهم در جدول ۱، کمتر بودن حجم آب مجازی محصولات یونجه، سیب‌زمینی و چغندرقند با نیاز آبی بالا در مقابل محصولات جو و گندم با نیاز آبی کمتر است.

میانگین نیاز آبی محصولات یونجه، سیب‌زمینی و چغندرقند ۶۲۳۲ مترمکعب در هکتار و میانگین حجم آب مجازی این محصولات کمتر از ۰/۴۶ مترمکعب بر کیلوگرم است (جدول ۱). در حالیکه میانگین نیاز آبی محصولات گندم و جو کمتر از ۵۹۰۰ مترمکعب در هکتار و میانگین حجم آب مجازی این دو محصول ۳/۵۳ مترمکعب بر کیلوگرم است. باغستانی و همکاران (۱۳۹۰) بیشتر بودن آب مجازی محصولات گندم و جو را در عملکرد کمتر این گروه از محصولات به‌دلیل کشت دیم آن‌ها دانسته‌اند. در عین حال افزایش عملکرد در واحد سطح به ازای آب مصرفی کمتر، یکی از راه‌کارهای کاهش آب مجازی محصولات تولیدی است که می‌تواند منجر به صادرات کمتر آب مجازی شود. زیرا وقتی هدف صادرات محصولات کشاورزی باشد، افزایش عملکرد اتفاق افتاده به ازای آب کمتر قادر به حفظ جایگاه صادراتی استان در قبال خروج آب کمتر خواهد بود. بر طبق محاسبات انجام شده برای VWE و VWI در جدول ۱، ۸۳/۳ درصد از محصولات یعنی محصول سیب‌زمینی، سیر، چغندرقند، جو و یونجه در گروه محصولات صادرکننده مطلق آب مجازی در سال‌های مورد مطالعه بوده‌اند. در مقابل فقط واردات آب مجازی از ناحیه واردات بخشی از محصول گندم مورد نیاز است. محاسبات ارزش اقتصادی NVWT در جدول ۱ نشان داد بیشترین ارزش اقتصادی به محصول سیب‌زمینی به مقدار، ۱۱۲۱۲/۴۵ میلیون ریال و کمترین ارزش اقتصادی به محصول سیر و به مقدار ۲۶۷/۷۶ میلیون ریال تعلق دارد. به همین ترتیب بیشترین ارزش اقتصادی آب مجازی صادراتی مربوط به سال ۱۳۸۹ و معادل ۲۸۰۵۴/۵۵ میلیون ریال و کمترین ارزش اقتصادی صادراتی مربوط م به سال ۱۳۸۶ و معادل ۱۸۱/۷ میلیون ریال است. در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مقدار پارامترهای VWC، NVWT، CWP، WI، WD، WSS و ارزش اقتصادی آب برای ۶ محصول اصلی در استان همدان طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹

پارامتر	$\overline{CWR}$	$\overline{Y}$	VWC	VWE	VWI	NVWT	CWP	WU	WA	WI	WD	WSS	ارزش اقتصادی آب
واحد محصول	مترمکعب در هکتار	تن در هکتار	مترمکعب بر کیلوگرم	میلیون مترمکعب			کیلوگرم بر مترمکعب	میلیون مترمکعب در سال		درصد			میلیون ریال
یونجه	۹۰۶۶/۳	۱۱/۲	۰/۸	۶۵/۹	۰/۰	-۶۵/۹	۱/۲	۵۴۶/۱	۳۰۹۱	۱۷/۷	۰/۰	۱۰۰	۴۴۱۱/۳۶
جو	۶۳۴۰/۴	۲/۷	۲/۵	۱۳۲/۸	۰/۰	-۱۳۲/۸	۰/۴	۵۰۷/۶	۳۰۹۱	۱۶/۴	۰/۰	۱۰۰	۸۸۸۹/۶۳
گندم	۷۱۶۸/۷	۱/۷	۴/۵	۱۳۵۹/۹	۲۱۳/۷	-۱۱۴۶/۲	۰/۲	۱۰۰۴/۷	۳۰۹۱	۳۲/۵	۰/۰	۱۰۰	۹۱۰۳۱/۷۱
سیر	۴۵۶۰/۸	۱۵/۸	۰/۴	۴/۰	۰/۰	-۴/۰	۳/۵	۱۴/۳	۳۰۹۱	۰/۵	۰/۰	۱۰۰	۲۶۷/۷۶
سیب زمینی	۸۸۸۸/۶	۳۲/۱	۰/۳	۱۶۷/۵	۰/۰	-۱۶۷/۵	۳/۶	۲۶۶/۴	۳۰۹۱	۸/۶	۰/۰	۱۰۰	۱۱۲۱۲/۴۵
چغندرقند	۸۷۴۱/۲	۳۱/۱	۰/۳	۲۱/۹	۰/۰	-۲۱/۹	۳/۶	۷۲/۴	۳۰۹۱	۲/۳	۰/۰	۱۰۰	۱۴۶۵/۹۹
میانگین	**۷۴۶۱/۰**	**۱۵/۸**	**۱/۵**	**۲۹۲/۰**	**۳۵/۶**	**-۲۵۶/۴**	**۲/۱**	**۴۰۱/۹**	**۳۰۹۱**	**۱۳/۰**	**۰/۰**	**۱۰۰**	**۱۹۵۴۶/۴۸**
۱۳۸۰	۷۵۰۵/۹	۱۲/۰	۱/۶	۲۳۳/۰	۵۶/۴	-۱۷۶/۶	۱/۵	۴۲۳/۷	۳۰۹۱	۱۳/۷	۰/۰	۱۰۰	۱۵۵۹۷/۰۲
۱۳۸۱	۷۵۵۶/۸	۱۵/۳	۱/۴	۲۵۹/۸	۳۸/۳	-۲۲۱/۵	۲/۰	۴۳۱/۷	۳۰۹۱	۱۴/۰	۰/۰	۱۰۰	۱۷۳۹۱/۰۱
۱۳۸۲	۷۵۰۹/۳	۱۴/۵	۱/۲	۴۱۱/۳	۱۷/۰	-۳۹۴/۳	۱/۸	۴۱۵/۲	۳۰۹۱	۱۳/۴	۰/۰	۱۰۰	۲۷۵۳۲/۴۲
۱۳۸۳	۷۴۷۱/۶	۱۳/۷	۱/۳	۳۷۱/۶	۱/۵	-۳۷۰/۲	۱/۸	۳۹۵/۵	۳۰۹۱	۱۲/۸	۰/۰	۱۰۰	۲۴۸۷۴/۹
۱۳۸۴	۷۵۳۵/۳	۱۵/۰	۱/۶	۳۶۲/۵	۰/۳	-۳۶۲/۱	۱/۹	۳۸۹/۵	۳۰۹۱	۱۲/۶	۰/۰	۱۰۰	۲۴۲۶۵/۷۵
۱۳۸۵	۷۴۹۷/۱	۱۶/۲	۱/۴	۲۵۸/۳	۱۰/۳	-۲۴۸/۰	۲/۱	۴۰۷/۹	۳۰۹۱	۱۳/۲	۰/۰	۱۰۰	۱۷۲۹۰/۶
۱۳۸۶	۷۳۶۲/۳	۱۶/۳	۱/۳	۱۸۱/۷	۳/۲	-۱۷۸/۵	۲/۲	۴۱۱/۷	۳۰۹۱	۱۳/۳	۰/۰	۱۰۰	۱۲۱۶۳
۱۳۸۷	۷۳۳۱/۴	۱۹/۵	۲/۳	۲۲۶/۰	۲۰۴/۲	-۲۱/۸	۳/۱	۳۵۷/۲	۳۰۹۱	۱۱/۶	۰/۰	۱۰۰	۱۵۱۲۸/۴۴
۱۳۸۸	۷۴۳۲/۴	۱۸/۵	۱/۴	۱۹۶/۸	۲۵/۰	-۱۷۱/۸	۲/۴	۳۸۲/۲	۳۰۹۱	۱۲/۴	۰/۰	۱۰۰	۱۳۱۷۳/۷۹
۱۳۸۹	۷۴۰۷/۹	۱۶/۳	۱/۲	۴۱۹/۱	۰/۰	-۴۱۹/۱	۲/۲	۴۰۵/۰	۳۰۹۱	۱۳/۱	۰/۰	۱۰۰	۲۸۰۵۴/۵۵
میانگین	**۷۴۶۱/۰**	**۱۵/۸**	**۱/۵**	**۲۹۲/۰**	**۳۵/۶**	**-۲۵۶/۴**	**۲/۱**	**۴۰۱/۹**	**۳۰۹۱**	**۱۳/۰**	**۰/۰**	**۱۰۰**	۱۹۵۴۶/۴۸

شکل ۱ نوسانات و تغییرات سالانه VWI و VWE و همچنین NVWT نشان داده شد. شکل ۲ نشان می‌دهد، استان همدان در عین حال که واردات آب مجازی را از ناحیه گندم داشته است، بیشترین صادرات آب مجازی را نیز معادل ۱۳۶۰ میلیون مترمکعب در طول دوره مطالعاتی از ناحیه گندم داشته است. از آنجایی که مبادله مواد غذایی راهی برای بازتوزیع منابع آب (یانگ و زندر، ۲۰۰۷) بوده و غلات از جمله محصولات اصلی کشاورزی هستند که مدیریت و سیاست‌های واردات و تولید آن‌ها به‌دلیل اهمیت‌شان در الگوی غذایی، باید مورد توجه قرار گیرند. بدین‌ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که استان همدان در صادرات محصولات دارای آب مجازی زیاد مانند گندم و جو و محصولات دارای آب مجازی کم مانند سیب‌زمینی و چغندرقند طی یک دهه گذشته نقش فعالی داشته است. در تأیید مطلب فوق می‌توان به محاسبه شاخص حجم آب مجازی خالص مبادلاتی (NVWT) برای هر محصول در جدول ۱ و شکل ۲ اشاره داشت که مقدار آن برای تمامی محصولات منفی است. منفی بودن حجم خالص آب مجازی مبادلاتی بیان‌گر صادرات مقدار زیادی از منابع آب استان در قالب آب مجازی طی دوره زمانی مورد بررسی به سایر نقاط کشور است. براساس جدول ۱ و شکل ۲ بیشترین مقدار آب مجازی خالص مبادلاتی به محصول

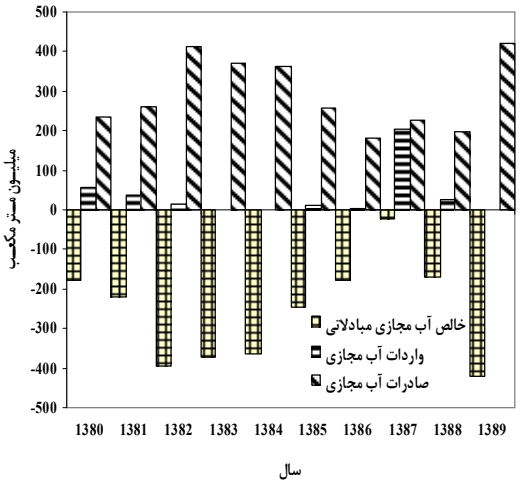
www.SID.ir

Archive of SID

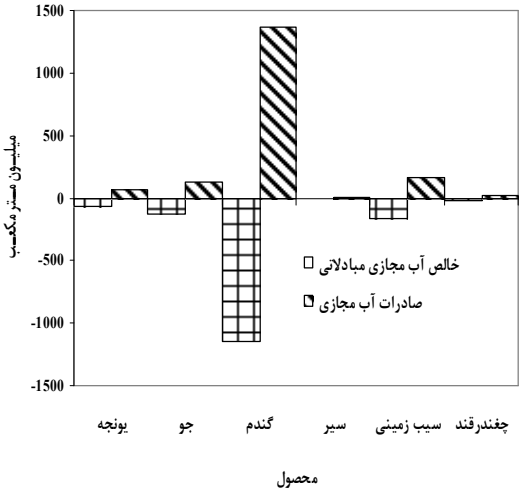
گندم به مقدار ۱۱۴۶ میلیون مترمکعب تعلق دارد. از نظر زمانی نیز بیشترین مقدار NVWT معادل ۴۱۹ میلیون مترمکعب مربوط به سال ۱۳۸۹ است.

همان‌گونه که از شکل ۱ دیده می‌شود روند صادرات آب مجازی تا سال ۱۳۸۲ افزایشی و پس از آن تا سال ۱۳۸۶ کاهشی و به یکباره صعود خیره‌کننده‌ای در سال ۱۳۸۹ دارد. این به مفهوم نوسانات افزایشی و کاهشی صادرات آب مجازی در طول دوره مطالعه است. در حالیکه واردات آب مجازی دارای نوسانات کمتری بوده و روند آن در طول زمان به استثنای سال ۱۳۸۷، کاهشی است.

به طوری که در سال ۱۳۸۹ به کمترین مقدار خود یعنی صفر رسیده است. به طور کلی شکل ۱، نشان دهنده کاهشی بودن واردات آب مجازی و منفی بودن پارامتر خالص آب مجازی مبادلاتی است. به طوری که بیشترین مقدار آب مجازی مبادله شده در سال ۱۳۸۹ و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۸۷ است. حجم خالص آب مجازی مبادلاتی و صادرات آب مجازی استان همدان به تفکیک محصولات زراعی در شکل ۲ نشان داده شد. در این شکل مقدار حجمی صادرات آب مجازی هر یک از محصولات با علامت مثبت و با توجه به عدم واردات آب مجازی به استثنای گندم همان مقدار آب مجازی صادراتی با علامت منفی به‌عنوان خالص آب مجازی مبادلاتی آمده است.



شکل ۱- تغییرات سالانه آب مجازی وارداتی (VWI) و صادراتی (VWE) و همچنین حجم خالص آب مجازی مبادلاتی (NVWT) در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ در استان همدان



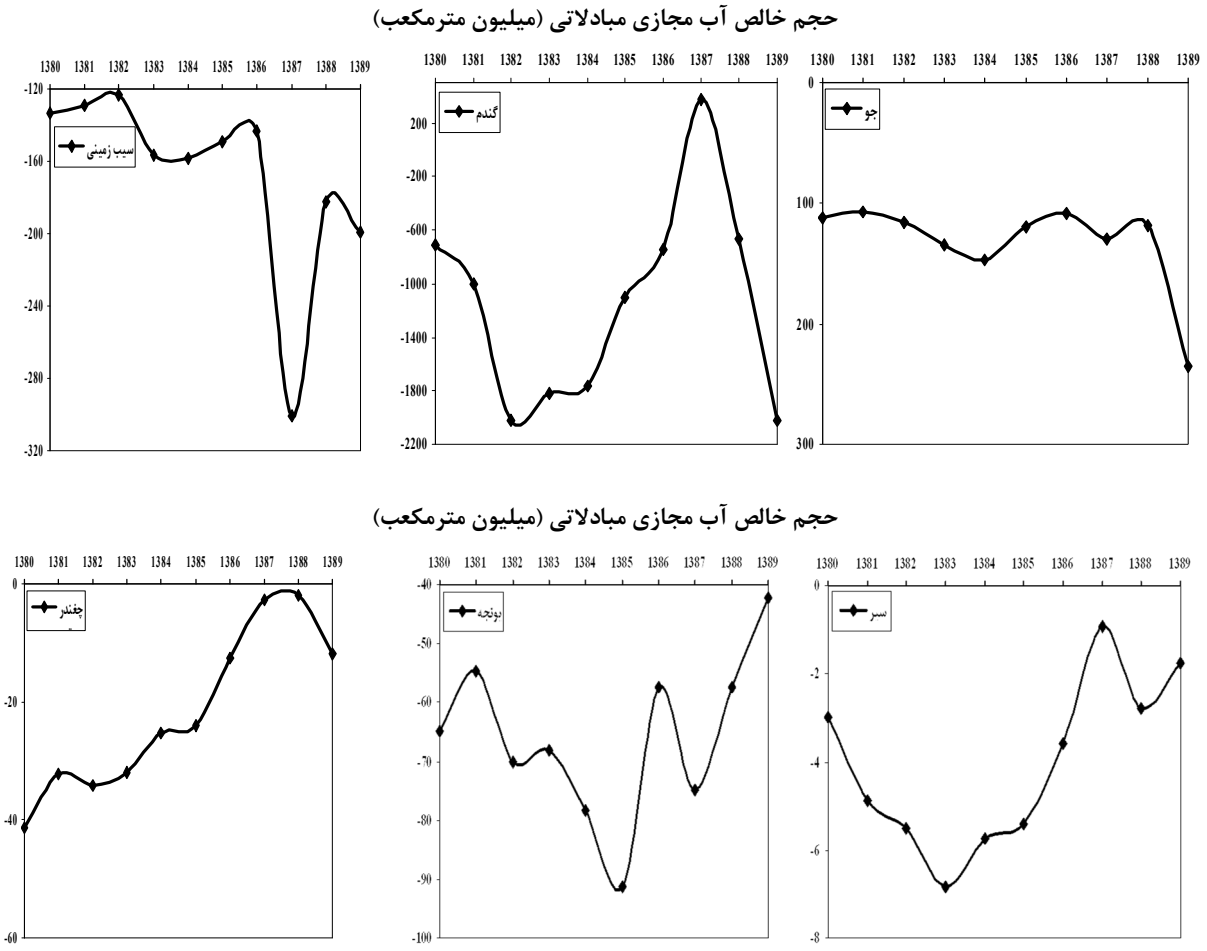
شکل ۲- حجم خالص آب مجازی مبادلاتی و صادرات آب مجازی برای محصولات اصلی زراعی استان همدان

در شکل ۳ روند خالص آب مجازی مبادلاتی (NVWT) برای هر شش محصول مورد بررسی در دوره زمانی ۱۳۸۹-۱۳۸۰ نمایش داده شده است. شکل ۳ ضمن تأیید نتایج جدول ۱ و شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد استان همدان همواره نقش صادرکننده آب مجازی را داشته است. زیرا روند NVWT تمامی محصولات برای تمام سال‌ها به جزء محصول گندم در سال ۱۳۸۷ نوسانی و منفی است که به معنای صادرات محصولات مورد مطالعه است. یکی از علل واردات گندم در سال ۱۳۸۷ کاهش زیاد بارش‌ها در سال ۱۳۸۶ و در نتیجه کاهش عملکرد گندم دیم سال بعد است. براساس آمار ذکر شده در سایت هواشناسی استان همدان در ایستگاه سینوپتیک فرودگاه همدان میانگین بارش‌های جوی سال۱۳۸۶ معادل۱۸۴/۶ میلی‌متر بوده که در مقایسه با میانگین درازمدت آن (۳۱۶/۴۷ میلی‌متر در سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۹)، نشان دهنده ۴۱/۷ درصد کاهش است. از شکل ۱ و جدول ۱ نیز می‌توان دریافت که استان همدان در سال ۱۳۸۷ بیشترین واردات آب مجازی را معادل ۲۰۴ میلیون مترمکعب داشته است. محاسبات انجام شده در جدول ۱ و شکل ۳ نشان دهنده واردات آب مجازی فقط از ناحیه محصول گندم است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت واردات آب مجازی استان تنها از ناحیه گندم بوده و در مجموع برای گروه‌های مختلف محصولات مورد بررسی در دوره زمانی مورد مطالعه، استان همدان صادرکننده آب مجازی بوده است. بررسی‌های انجام شده براساس معیار خالص آب مجازی

www.SID.ir

Archive of SID

مبادلاتی نشان می‌دهد که گندم با صادرات ۷۴/۵ درصدی آب مجازی، مهم‌ترین محصول در زمینه صادرات آب مجازی بوده و سیر با صادرات ۰/۳ درصد از آب مجازی کمترین سهم را در مقایسه با سایر محصولات داشته است. به همین ترتیب سیب‌زمینی، جو، یونجه و چغندرقند هر یک با سهمی معادل ۱۰/۹، ۸/۶، ۴/۳ و ۱/۴ درصد در رتبه دوم تا چهارم صادرات آب مجازی قرار دارند.



شکل ۳- مقادیر حجم آب مجازی خالص مبادلاتی (NVWT) به تفکیک محصولات مورد مطالعه در همدان در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۰

نکته مهم در خصوص محصول چغندرقند، منحنی حجم خالص آب مجازی مبادلاتی آن است که همواره در حال نزدیک شدن به صفر است و در سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ به کمترین مقدار رسیده است. این به مفهوم کاهش سطح زیرکشت و یا کاهش تقاضا برای چغندرقند و کاهش صادرات آن است. به نظر دلیل کاهش صادرات آب مجازی چغندرقند توسعه صنایع نیشکر خوزستان، واردات شکر خام و جایگزینی کشت آن با دیگر محصولات زراعی با صرفه اقتصادی است. باغستانی همکاران (۱۳۹۰) حجم واردات آب مجازی شکر خام کشور در سال ۱۳۸۰ را معادل ۱/۰۵ مترمکعب بر تن و در سال ۱۳۸۵ برابر ۲/۵۱ مترمکعب بر تن گزارش کردند که بیان‌گر روند افزایشی واردات شکر در کشور است. علاوه بر آن زمان برداشت محصول چغندرقند در منطقه همدان براساس دیدگاه کشاورزان و کارشناسان پس از تحمل یک سرمای پاییزه است. کشاورزان اعتقاد دارند که سرما دیدن چغندرقند افزایش میزان قند آن می‌شود. هم‌زمانی برداشت محصول با شروع سرماهای پاییزه موجب کند شدن سرعت برداشت و عدم امکان آماده‌سازی زمین برای کاشت محصول بعدی می‌شود. در مجموع فقدان طرح‌های بزرگ اقتصادی در استان یکی از دلایل رغبت مدیران و کشاورزان استان در صادرات محصولات کشاورزی و به تبع آب مجازی است که می‌تواند عاملی در برداشت بیش از اندازه از منابع آب زیرزمینی باشد. به‌عبارت دیگر صادرات آب مجازی از

www.SID.ir

Archive of SID

یک‌سو بیان‌گر خودکفایی استان در زمینه تولیدات کشاورزی و از سوی دیگر نشانه برداشت از منابع محدود آبی و فشار بیش از حد بر منابع آب زیرزمینی است. به طوری که زارع ابیانه و همکاران (۱۳۹۰) برای دشت ملایر و رحمانی و سدهی (۱۳۸۳) برای دشت همدان افتی معادل ۱/۲ و ۰/۹ متر در سال را گزارش کرده‌اند که نشان دهنده بیلان منفی حجم ذخایر آبی در این دو دشت است. روحانی و همکاران (۱۳۸۷) ناآگاهی نسبت به موضوع مبادله آب مجازی در ایران را موجب فشار بر منابع آب داخلی دانسته‌اند. در حالیکه اردکانیان و سهرابی (۱۳۸۵) تجارت درون کشوری آب مجازی با هدف استفاده بهینه از منابع و ظرفیت‌های داخلی را موجب کاهش مصرف آب ملی و افزایش تولید محصولات کشاورزی دانسته‌اند.

با توجه به منفی بودن معیار NVWT (جدول ۱) و با عنایت به رابطه ۶، شاخص وابستگی به واردات آب مجازی (WD) به تفکیک محصولات مورد مطالعه و هر یک از سال‌ها به استثنای سال ۱۳۸۶ معادل صفر درنظر گرفته شد. صفر بودن شاخص WD به مفهوم صادر کننده بودن استان همدان از دیدگاه آب مجازی است. به همین ترتیب می‌توان منابع آب داخلی استان را با توجه به شاخص خود کفایی آب (WSS) برای تولید کالا و خدمات مرتبط با محصولات کشاورزی مورد بررسی، کافی دانست. در تأیید مطالب بالا شاخص حجم کل آب مجازی خالص مبادلاتی (TNVWT) به دو صورت محصول به محصول و سال به سال محاسبه شد. مقدار این شاخص در هر دو حالت منفی و معادل ۱۵۳۸/۴ میلیون مترمکعب به دست آمد که برای تمامی شش محصول طی ۱۰ سال برابر ۱۵۳۸۴ میلیون مترمکعب است. اگرچه نتیجه بالا براساس محاسبات آب کشاورزی در قالب تولیدات کشاورزی به دست آمده است اما با توجه به مصرف بخش اعظم آب استحصالی در این بخش به نظر منظور نمودن واردات و صادرات کالا و خدمات دیگر بخش‌ها، شرایط را تغییر نخواهد داد. بهره‌وری آب کشاورزی (CWP) که به نوعی کارایی مصرف آب (WUE) را نشان می‌دهد به معنای تولید محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب مصرفی است. محاسبات انجام شده در جدول ۱ نشان داد کمترین مقدار بهره‌وری برابر ۰/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب به محصول گندم و بیشترین آن برابر ۳/۶۱ به محصول سیب‌زمینی تعلق دارد. به همین ترتیب کمترین مقدار بهره‌وری معادل ۱/۶۲ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به سال ۱۳۸۰ و بیشترین مقدار بهره‌وری برابر ۲/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به سال ۱۳۸۷ است. همچنین کمترین مقادیر بهره‌وری متناظر با کمترین مقادیر عملکرد و بیشترین مقادیر بهره‌وری با بیشترین مقادیر عملکرد ارتباط دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد محصولات، سیب‌زمینی، چغندرقند و سیر در گروه محصولات کم‌مصرف با بهره‌وری بالای آب، یونجه محصولی به نسبت پرمصرف و گندم و جو در گروه محصولات پرمصرف با بهره‌وری پایین آب قرار دارند. همچنین مقادیر مربوط به کل واردات آب مجازی در مقایسه با کل صادرات آب مجازی، قابل ملاحظه نبود. در بین محصولات مورد بررسی گندم تنها محصول عمده وارداتی استان است و محصولات سیب‌زمینی و یونجه محصولات صادراتی عمده استان را تشکیل هستند. نتایج نشان داد حجم آب مجازی خالص مبادلاتی از استان (NVWT) از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۷ روند کاهشی داشته اما در سال ۱۳۸۸ روند افزایشی نشان داده است. همچنین روند میزان کل آب مجازی خالص انتقال یافته از استان (NVWT) تا حد زیادی تحت تأثیر مقدار واردات آب مجازی (VWI) گندم بوده است. به طور کلی نتایج بیان‌گر خروج سالانه ۱/۵ میلیارد مترمکعب آب از استان در قالب آب مجازی از طریق صادرات محصولات کشاورزی است. برآورد ارزش اقتصادی آب نشان داد بیشترین ارزش اقتصادی از ناحیه آب مصرفی به ترتیب به محصولات سیب‌زمینی و گندم تعلق دارد. برآورد ارزش اقتصادی آب بیان‌گر تمایل کشاورزان و مدیریت استان به درآمد اقتصادی بیشتر نسبت به حفظ منابع آب است. روند سالانه ارزش اقتصادی آب نیز با اندک نوسانات کاهشی در ابتدای دوره، دارای روند افزایشی است که بیان‌گر خروج بیشتر سرمایه ریالی استان به واسطه صادرات آب مجازی است. باتوجه به نارسایی‌های گسترده موجود در زمینه مدیریت آب، ادامه روند کنونی، سبب هدررفت روز افزون منابع محدود آب استان خواهد شد. هرچند هزینه کالای آب، به خصوص در بخش کشاورزی را نمی‌توان فقط از نظر کالای اقتصادی تحلیل کرد و آن را باید به‌عنوان کالایی اجتماعی، فرهنگی و حتی سیاسی دانست. بنابراین کاهش سطح زیرکشت فعلی و درنتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش صادرات محصولات کشاورزی سبب ذخیره منابع استان می‌شود. اما راه حل مناسب‌تر افزایش مقدار عملکرد در واحد سطح است که ضمن حفظ توان صادراتی استان از فشار موجود بر منابع آب می‌کاهد. با توجه به بیلان منفی آب در بیشتر آبخوان‌های استان همدان می‌توان براساس مطالعات آب مجازی و ارزش گذاری اقتصادی آب با وارد کردن محصولاتی دارای میزان آب مجازی بالا و صادر کردن محصولاتی با میزان آب مجازی کم به سطح‌های بالایی از کارایی مصرف آب و مدیریت منابع آب دست یافت. بنابراین، برای استفاده بهینه از آب مصرفی باید سیاستی ترکیبی از صادرات و واردات محصولات کشاورزی با درنظر گرفتن منافع اقتصادی را دنبال کرد.

منابع

۱. احسانی م. خالدی ه. و برقی ی. ۱۳۸۷. مقدمه‌ای بر آب مجازی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. تهران. ۱۱۲ ص.

۲. اخوان س. عابدی کوپایی ج. موسوی س. ف. و عباسپور ک. تخمین "آب آبی" و " آب سبز" با استفاده از مدل SWAT در حوضه آبریز همدان- بهار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. ۱۴(۵۳): ۹-۲۳.

۳. اردکانیان ر. و سهرابی ر. ۱۳۸۵. تجارت آب مجازی: ادبیات جهانی و کاربرد در ایران. مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، اصفهان.

۴. آرام م. ۱۳۹۰. ارزیابی حجم آب مجازی مبادلاتی محصولات عمده زراعی استان همدان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه آبیاری.

۵. باغستانی ع. ا. بشرآبادی م. زارع مهرجردی م. ر. و شرافتمند ح. ۱۳۹۰. کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع اب ایران. ۶(۱): ۲۸-۳۸.

۶. رحمانی ع. ر. و سدهی م. ۱۳۸۳. پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت همدان- بهار با مدل سری‌های زمانی. آب و فاضلاب. ۱۵(۳،۵۱): ۴۲-۴۹.

۷. روحانی ن. یانگ ه. سیچانی س. ا. افیونی م. و موسوی س. ف. کامکار حقیقی ع. ا. ۱۳۸۷. ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲ (۴۶، ب): ۴۱۷-۴۳۲.

۸. زارع ابیانه ح. بیات ورکشی ح. و معروفی ص. ایلدرومی ع. ر. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی سطح ایستابی سطح دشت ملایر براساس داده‌های هواشناسی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۸: ۱۷-۲۸.

۹. زارع ابیانه ح. بیات ورکشی م. و سبزی‌پرور ع. ا. معروفی ص. قاسمی ع. ۱۳۸۹. ارزیابی روش‌های مختلف برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع و پهنه بندی آن در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۴: ۹۵-۱۱۰.

۱۰.عربی یزدی ا. علیزاده ا. و محمدیان ف. ۱۳۸۸. بررسی رد پای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۴): ۱-۱۵.

۱۱.فلاحتی ع. سهیلی ک. و واحدی م. ۱۳۹۱. قیمت گذاری اقتصادی آب در بخش کشاورزی به روش رمزی. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶(۲): ۱۳۴-۱۴۰.

۱۲.محبوبی ه. ۱۳۸۲. ضرورت بازنگری الگوی کشت محصولات زراعی در شبکه‌های آبیاری به منظور افزایش کارایی و ارزش آب (مطالعه موردی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان). یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. وزارت نیرو. تهران.

۱۳.محمودی ب. و سرلک م. ۱۳۸۷. برآورد عوامل موثر بر عوامل بر عرضه و تقاضای آب و جایگاه ایران در منطقه از نظر توسعه پایدار. مرکز تحقیقات استراتژیک. مجمع تشخیص مصلحت نظام. گزارش شماره ۵۰-۴-۲-۸۷.

۱۴.منتظر ع. ا. زادباقر ا. و حیدری ن. ۱۳۸۸. توسعه مدل ارزیابی آب مجازی شبکه‌های آبیاری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۴): ۷۷-۸۹.

۱۵.موسوی س. ن. اکبری س. م. ر. سلطانی غ. و زارع مهرجردی م. ۱۳۸۸. آب مجازی راه‌کاری نوین در جهت مقابله با بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

16. Allan J. A. 2003. Virtual water-the water, food, and trade nexus: Useful concept or misleading metaphor. Water Int., 28(1): 106-113.

www.SID.ir

Archive of SID

17. Chapagain A. K. Hoekstra A. Y. and Savenije H. G. 2005. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrology and Earth System Science. Discussion. 2: 2219-2251.
18. 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.
19. Hoekstra A. Y. and Hung P. Q. 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series No. 11, IHE, Delft, The Netherlands, pp. 25-47.
20. Oki T. and Kanae S. 2004. Virtual water trade and world water resources. Water Science Technology. 49(7): 203-209.
21. Renault D. 2002. Value of Virtual Water in Food: Principles and Virtues. UNESCO-IHE, Workshop on Virtual Water Trade, Delft, the Netherlands.
22. Rockstorm J. and Gordon L. (2001). Assessment of green water flows to sustain major biomes of the world: implications for future eco-hydrological landscape management, phys. chem. Earth (b). 26: 834-851.
23. Smakthin V. Revenga C. and Doll P. 2004. Taking into Account Environmental Water Requirements in Global scale Water Resources Assessments. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Research Report 2, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
24. Turton A. R. 2000. Precipitation, people, pipelines and power: Towards a virtual water based political ecology discourse. MEWREW Occasional paper, water issues study group, Scool of Oriental and African Studies (SOAS) University of London.
25. 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 program. Value of Water Research Report SeriesNo. 31, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
26. Yang H. and Zehnder A. J. B. 2002. Water scarcity and food import: A case study for southern Mediterranean countries. World Development. 30(8): 1423-1430.
27. Yang H. and Zehnder A. 2007. Virtual water: An unfolding concept in integrated water esources management, WaterResour. Res., 43, W12301, doi: 10.1029/2007WR006048.
28. Zare Abyaneh H. Bayat Varkeshi M. Ghasemi A. Marofi S. and Amiri Chayjan R. 2011. Determination of water requirement, single and dual crop coefficient of garlic (Allium sativum) in the cold semi-arid climate. Asturalian Journal Crope Science. (AJCS) 5(8): 1050-1054.
29. Zimmer D. and D. Renault. 2003. Virtual water in food production and global trade: Review of methodological issues and preliminary results. PP. 93-107. In: A. Y. Hoekstra (Ed.), Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, IHE, Delft, The Netherlands.

www.SID.ir