مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶
ص ۶۶۰-۶۴۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۳
تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۹/۲۶

تجارت آب مجازی و کاربرد آن در حوزهٔ آبخیز (مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد و پایاب رودان، استان هرمزگان)

❖ **شهلا دهقان‌پیر**؛ دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس.
❖ **ام‌البنین بذرافشان***؛ استادیار دانشکدهٔ کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس.
❖ **ارشک حلی‌ساز**؛ استادیار دانشکدهٔ کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس.

چکیده

مشکل افت آب‌های زیرزمینی و کمبود آب در اغلب دشت‌های استان هرمزگان امری اجتناب‌ناپذیر است که در اثر استفادهٔ بی‌رویه و عدم مدیریت مناسب در جهت عرضه و تقاضای آب در بخش کشاورزی رخ داده است. در تحقیق حاضر به محاسبهٔ بیلان آب مجازی در بخش کشاورزی (صادرات و واردات آب مجازی) و ارزش آن در دو حوزهٔ آبخیز با دو اقلیم متفاوت در شمال (حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد) و شرق (حوزهٔ آبخیز پایاب رودان) استان هرمزگان پرداخته شده است. نتایج نشان داد حوزهٔ آبخیز شمالی استان هرمزگان به‌عنوان صادرکنندهٔ آب مجازی است که عمدهٔ حجم آب مجازی مربوط به محصول گندم و نخیلات به ترتیب بـه ۱۴ و ۰/۱۸میلیـون مترمکعب و حوزهٔ آبخیز شرقی استان مربوط به نخیلات (۰/۸میلیون مترمکعب) و مرکبات (۰/۶میلیون مترمکعب) است و حجم عمدهٔ واردات آب مجازی مربوط به گندم و برنج است. همچنین طبق نتایج به‌دست آمده، حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد به‌عنوان صادرکنندهٔ آب مجازی و حوزهٔ آبخیز پایاب رودان به‌عنوان وارد کنندهٔ آب مجازی است، به‌طوری‌که تراز تجارت آب مجازی در دو حوضه به‌ترتیب ۱۱/۹۴- و ۱۷/۸۳ میلیون مترمکعب و به ترتیب ۶۴ و ۶۷ درصد منابع آب شیرین موجود در دو حوزهٔ آبخیز پایاب رودان و برآفتاب حاجی‌آباد صرف تولید محصولات کشاورزی شده و شاخص خودکفایی آب مجازی، به‌ترتیب ۸۶ و ۸۱ درصد و میزان شاخص کم آبی حدود ۶۶ و ۶۹ درصد برآورد شد که حاکی از کمبود شدید منابع آب در دو حوزهٔ آبخیز است.

کلید واژگان: آب مجازی، صادرات و واردات آب، شاخص شدت مصرف، شاخص خودکفایی، استان هرمزگان.

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

در دنیای امروز با توجه به افزایش جمعیت به ویژه در کشورهای در حال توسعه، تقاضا برای آب به منظور تأمین نیازهای جمعیتی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است [۱۷]. این موضوع به ویژه در مناطقی از جهان که به صورت طبیعی همواره با کمبود آب مواجه هستند، بیشتر حائز اهمیت است. کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک خشکی‌های زمین در زمرهٔ کشورهایی با محدودیت منابع آب قلمداد می‌شود و در سال‌های اخیر افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی خسارت‌های غیر قابل جبرانی بر منابع آب زیر زمینی کشور وارد کرده است که این محدودیت ذاتی منابع آب زمینه را برای بروز خشکسالی‌های شدید در بخش‌هایی از کشور بیشتر نموده است [۱۲]. از جمله عواملی که موجب این محدودیت منابع آب شده، تلفات زیاد آب در بخش کشاورزی است. یکی از عواملی که در بخش کشاورزی موجب پایین بودن کارایی آب شده، عدم توجه به میزان مصرف آب در انتخاب تولید محصولات کشاورزی و اعمال نکردن الگوی کشت مناسب برمبنای ارزش آب در منطقه است [۲۲]. باتوجه به سهم بیش از ۹۰ درصدی بخش کشاورزی از مصرف منابع آب کشور، هر نوع برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری برای ارتقاء راندمان آب در این بخش زمینه‌ساز کاهش قابل توجه مشکلات منابع آب در کشور است [۲۴]. به آبی که در مراحل مختلف تولید یک کالا استفاده می‌شود آب مجازی ذخیره شده در کالا نامیده می‌شود [۳]. این اصطلاح اولین بار توسط آلن[1] به منظور اشاره به مقدار آب موجود و قابل دسترس در سیستم جهانی از طریق مبادلهٔ کالاهای کشاورزی ارائه گردید. تجارت آب مجازی می‌تواند یک ابزار در حل مشکلات جغرافیایی، سیاسی و حتی جلوگیری از جنگ آب باشد.

رشد جمعیت کشور در دهه‌های گذشته در کنار بهبود شاخص‌های اقتصادی و رفاهی کشور باعث افزایش مصرف آب در بخش‌های مختلف شرب و صنعتی و از همه مهم‌تر کشاورزی شده است. نبود شناخت کافی اهمیت استفاده از تجارت آب مجازی در مدیریت منابع آب کشور این مسأله را دو چندان کرده و مبادلهٔ آب مجازی به‌عنوان یکی از راهکارها برای کاهش تنش آبی در ایران ارزیابی می‌شود. انتظار می‌رود با روند رو به افزایش کم‌آبی در ایران، اهمیت آب مجازی در هر دو بعد صادرات و واردات مواد غذایی در تأمین امنیت غذایی، پیوسته افزایش یابد. بدین ترتیب، مبادلهٔ آگاهانه آب مجازی به عنوان یک تدبیر اساسی در مدیریت منابع آب همراه با اصلاحات منطقی در ساختار کشاورزی، توجه به امنیت بلندمدت غذایی و مصرف پایدار آب در ایران را تأمین خواهد کرد [۲۰].

از دهۀ ۱۹۹۰، تاکنون محققین بسیاری از جمله پژوهشگران [۴] در خاورمیانه؛ پژوهشگران [۹] و [۱۰] و [۱۷] در دنیا؛ پژوهشگران [۱۳] درآندالوزیای اسپانیا [۱۶]؛ در مراکش و هلند [۱۷]؛ در هند [۳۱]؛ پژوهشگران [۲۷]، [۳۲] و [۳۷] در کشور چین و در بریتانیا [۱۸] جریانات آب‌مجازی تعبیه شده در واردات یا صادرات محصولات کشاورزی بین کشورها یا مناطق مختلف را برآورد کرده‌اند. ضمناً سایر مطالعات بر این مسأله تأکید کرده‌اند که تجارت آب‌مجازی از طریق واردات کالاهای آب‌بر مثل غلات از کشور یا منطقه‌ای با منابع آبی فراوان، قادر به حل مسأله کمبود آب محلی و بهبود کارایی مصرف آب جهانی است [۲۵؛ ۱۷؛ ۳۵]. کشاورزی به‌عنوان مصرف‌کنندهٔ اصلی آب در سرتاسر جهان، به‌خاطر تقاضاهای سایر بخش‌ها تحت فشار قرارگرفته و به‌خاطر تغییر وضعیت اقلیمی تهدید شده است. از زمانی که آلن بحث آب مجازی را مطرح کرد و تا زمانی که مورد توجه مجامع علمی قرار گرفت، وقتی کالای تولید شده به بازار جهانی عرضه می‌شود تجارت آب مجازی روی داده است. به صورتی که مقدار آب صرفه‌جویی شده در جهان از طریق تجارت آب مجازی بین $۳۰۰Km^3$ تا $۶۰۰Km^3$ گزارش شده است. برای

[1] Allen

Archive of SID
www.SID.ir

مثال کشور مصر از طریق واردات گندم در بیش از ۳/۶ Km^3 از منابع آب ملی خود صرفه‌جویی کرده است [۱۹]. چین از جمله کشورهایی است که در زمینهٔ مدیریت آب با استفاده از تجارت آب مجازی درون کشوری قادر به حل بحران آب بوده است [۳۴]. در بسیاری از قسمت‌های چین به خصوص دشت شمالی چین و مناطق شمال غربی، کمبود آب تشدید شده است. در نتیجه راهکار مدیریتی که توسط بسیاری از محققان از جمله [۳۳،۳۶، ۳۴، ۲۱ و ۱۳] پیشنهاد شده است، انتقال آب مجازی به این مناطق جهت تخفیف اثرات کمبود آب است. در تمام این پژوهش‌ها بیان شده است که از نقطه نظر بهره‌برداری از منابع آب، وارد کردن آب به صورت مجازی به دشت شمالی چین دارای کارآیی احتمالی بیشتری نسبت به انتقال آب واقعی از طریق طرح عظیم انتقال آب جنوب - شمال چین (پروژه‌ای در حال ساخت که بخشی از آب رودخانه یانگ‌تسه در جنوب چین را به مناطق شمالی منتقل می‌کند) است. در تحقیقی محققین در چین جریان‌های آب مجازی غلات و حبوبات را در ۳۱ استان براساس داده‌های مصرف آب، عملکرد تولید و مصرف غذایی (براساس جمعیت) محاسبه نموده و مناطق شرقی، مرکزی و غربی چین و هم‌چنین مناطق شمالی و جنوبی کشور را براساس جریان‌های آب مجازی با هم مقایسه نمودند [۳۲]. این پژوهشگران دریافتند که آب مجازی در چین از مناطق دارای فقر آبی به سمت مناطق دارای غنای آبی و از مناطق دارای کارآیی بالای آب مصرفی برای تولید غلات به سمت مناطق دارای کارآیی پایین آب، جریان می‌یابد. پژوهشگران [۳۱] جریان بین‌ایالتی آب مجازی در هندوستان را در چارچوب برنامهٔ بزرگ انتقال آب دولت هندوستان بررسی کرده‌اند. این پژوهش‌گران نشان دادند که الگوی فعلی تجارت بین‌ایالتی آب مجازی، کمبود آب را در ایالت‌های دچار کمبود آب تشدید می‌کند و این موضوع بیش از اینکه تحت سلطهٔ استعداد آبی مناطق باشد، توسط جریان آب مجازی که خود تحت تأثیر فاکتورهای دیگری مثل «سرانهٔ مساحت سطح زیر کشت» و «دسترسی به بازار مطمئن» است، کنترل می‌شود. در نهایت محققین فوق به این موضوع اشاره می‌کنند که به منظور حصول یک درک جامع از مقولهٔ تجارت آب مجازی، فاکتورهای غیرآبی تولید نیز باید مدنظر قرار گیرند. در ایران نیز طی دههٔ گذشته این مسئله توسط محققین و مدیران و مسئولین بخش آب مورد توجه قرار گرفته است که محققین مذکور جریان آب مجازی را در کل ایران [۵ و۲۶]، در استان خراسان [۲۸]، در استان هرمزگان [۷]، در استان کرمان [۱۳]، در حوزهٔ آبخیز دشت رفسنجان [۱۱و ۱۴]، در استان خراسان جنوبی [۲] و در استان همدان [۳۸]، به تحلیل وضعیت بحران آب در کشور، الزام مدیریت آب در سطح استان‌ها و کشور بر اساس مفهوم آب مجازی، ردپای آب و تجارت آب مجازی پرداختند. مرور منابع گذشته نشان می‌دهد مطالعات به بررسی شاخص‌های بین‌المللی و چشم‌انداز بحران آب پرداخته شد تا ابعاد بحران آب در کشور از منظر عرضه و تقاضا بررسی شود که یافته‌های این پژوهش‌ها نشان می‌دهد، ایران در حال حاضر به‌عنوان یکی از بزرگترین واردکنندگان آب مجازی بوده است این درحالیست که یک‌دهم این مقدار، آمار صادرات آب مجازی از کشور است که مختص محصولات آب‌بر و کم‌ارزش است. تحقیقات نشان می‌دهد، سیاست واردات و صادرات محصولات در کشور بدون توجه جدی به مفهوم آب مجازی بوده است [۸]. در استان هرمزگان که عمدتاً دارای اقلیم خشک و فراخشک است [۶]، اکثر محصولات زراعی وابستگی صد درصدی به آبیاری دارند [۷] و تولید محصولات کشاورزی آب‌بر می‌تواند فضا را برای صادرات آب مجازی فراهم آورد، این درحالی‌است که کشت محصولات آب‌بر با بهره‌وری پائین در این استان بخش اعظم محصولات کشاورزی را در بر می‌گیرد که عمدتاً از آب آبی[1] بهره می‌برند و عوامل تهدیدکنندهٔ

[1] به مجموعه آب‌های سطحی و زیرزمینی، آب آبی گفته می‌شود، که برای محصولات آبی بکار می‌رود. آب سبز، آب موجود در پروفیل خاک است و زراعت دیم با آب سبز صورت می‌پذیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

دیگری از جمله شوری آب و خاک، پائین بودن راندمان آبیاری، ضعف مدیریت، رقابت شدید استفاده از منابع‌آب بین بخش‌های صنعت، شرب، محیط زیست با بخش کشاورزی، فرسودگی تأسیسات و غیره موجب تأثیرگذاری در کاهش تولید محصولات کشاورزی شده است. عدم رعایت الگوی کشت برمبنای مفهوم آب مجازی در استان در حال حاضر لطمات جبران ناپذیری به منابع آب زیرزمینی در دشت‌های مختلف در جای‌جای استان وارد نموده است و ادامهٔ روند الگوی کشت غیرعلمی و غیراصولی به تدریج طی دههٔ آینده سبب فرونشست بیش از پیش دشت‌ها در اثر اضافهٔ برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی، تخریب اراضی، از بین بردن اراضی کشاورزی و باغی در روستاها، کمبود آب شرب و بهداشتی در شهرها، خالی از سکنه شدن بخش عظیمی از مناطق در استان و مهاجرت اجباری جمعیت به سایر نقاط دارای منابع آب، افزایش تنش‌های محلی در خصوص استفاده از منابع آبی بین کشاورزان و حتی واکنش‌های در اعتراض به خشک شدن رودخانه‌ها و سدها و افزایش اعتراضات شکل‌گرفته نسبت به روند انتقال آب حوضه به حوضه خواهد شد. بر این اساس، تحقیق حاضر به بیلان آب مجازی، حجم صادرات و واردات و ارزش اقتصادی آب مجازی در سطح دو حوزهٔ آبخیز با دو اقلیم و الگوی کشت متفاوت در استان هرمزگان پرداخته است، تا بر اساس آن به پیشنهاد الگوی کشت جدید در جهت مصرف محصولات کم مصرف و با ارزش نیل یابد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

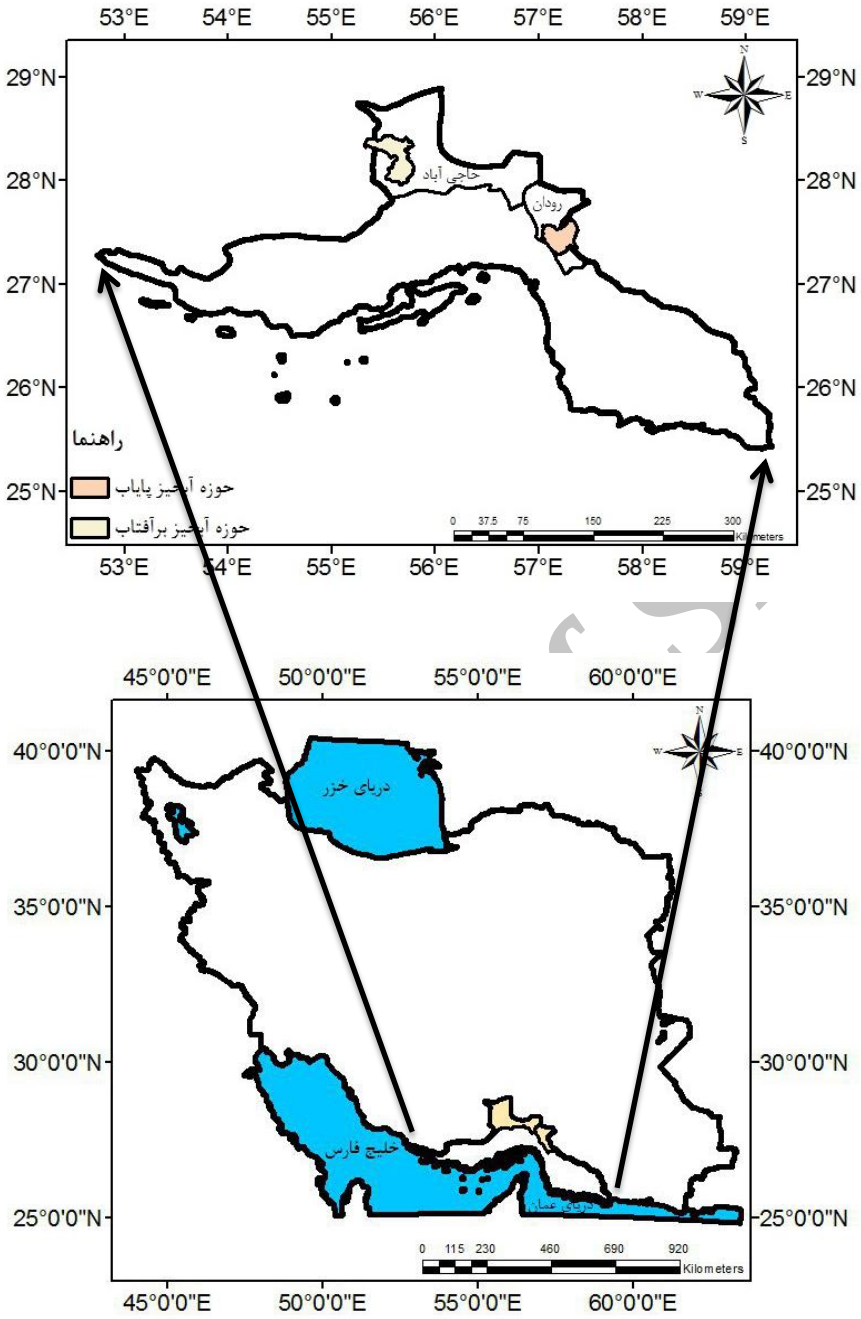
منطقهٔ مورد مطالعه، دو حوزهٔ آبخیز در دشت‌های حاصل‌خیز رودان در شرق و حاجی‌آباد در شمال استان هرمزگان است. دو شهرستان در مجموع ۴۴/۶ درصد از اراضی زیرکشت را دربر می‌گیرد و به‌عنوان نمایندهٔ مناطق تحت کشت در استان هرمزگان با دو اقلیم مختلف انتخاب گردید. این دو شهرستان بواسطهٔ کیفیت و کمیت مناسب منابع آب، در رتبهٔ نخست کشت محصولات زراعی و باغی در شرق و شمال استان محسوب می‌گردند و از نظر برداشت آب زیرزمینی نیز در ردهٔ اول قرار دارند [۷]. این دو حوضه در تقسیم‌بندی حوزه‌های آبخیز کشور، جزء حوزهٔ آبخیز بزرگ خلیج فارس و دریای عمان (درجه یک) و بندر سدیج (درجه دو) محسوب می‌گردد (شکل ۱). حوزهٔ آبخیز پایاب در شمال‌شرقی شهرستان رودان با مساحتی بالغ بر ۸۰۲۵۴/۲ هکتار بوده که ارتفاع از سطح دریای آن ۱۹۰ متر، میانگین بارش ۲۱۰ و متوسط دمای سالانه ۲۹/۸ درجهٔ سانتی‌گراد و نوع اقلیم برمبنای روش دومارتن اصلاح شده فراخشک گرم است. کشت عمده شامل محصولات زراعی و باغی شامل صیفی‌جات و اراضی باغی نخیلات و مرکبات است که در جدول ۱ ارائه گردید. حوزهٔ آبخیز برآفتاب در شمال‌شرقی شهرستان حاجی‌آباد با مساحت ۱۲۴۰۳۳ هکتار بوده که ارتفاع از سطح دریای آن ۱۲۰۰ متر، میانگین بارش ۱۶۲میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۲۵/۸ درجهٔ سانتی گراد و نوع اقلیم برمبنای روش دومارتن اصلاح شده فراخشک معتدل است. جدول ۱، محصولات زراعی و باغی مناطق مورد مطالعه در سال زراعی هدف را نشان می‌دهد.

جدول ۱. وسعت اراضی محصولات زراعی و باغی (برحسب هکتار) در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۲

نام شهرستان	نام حوضه	پیاز	گوجه	بادمجان	مرکبات	نخیلات	گندم	جو	ذرت	مجموع اراضی زراعی	مجموع اراضی باغی	جمع کل
رودان	پایاب	۱۲۳/۴	۳۴۵/۶	۵۲۹/۲	۳۰۴/۵	۹۲/۲	-	-	-	۹۹۸/۲	۳۶۹/۸	۱۳۶۸
حاجی‌آباد	برآفتاب	-	--	-	۱۲۲/۷	۴۲۱/۶	۲۸۵۰/۵	۳۳/۵	۹۸۷/۲	۳۳۹۴/۸	۵۴۴/۳	۳۹۳۹

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱. جانمایی منطقهٔ مورد مطالعه در شهرستان، استان هرمزگان و ایران

۲.۲. روش تحقیق

به‌منظور برآورد آبرانه و میزان مبادلات آب مجـازی در سطح حوزهٔ آبخیز محاسبات زیر انجام شده است:

مرحلـهٔ اول: محاسـبهٔ متوسـط نیـاز آبـی محصـولات (Crop Water requirement) با استفاده از رابطهٔ ۱ [۱۵].

$$\overline{CWR_{cj}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(CWR_{c,i,j} * A_{c,i,j})}{TA_{c,j}} \qquad (۱)$$

کـه در آن c,I,j بـه ترتیـب شمارشـگرهای محصـول

www.SID.ir

منطقه، سال، $\overline{\mathrm{CWR_{cj}}}$ متوسط نیاز آبی در سطح منطقه برای محصول c در سال j $\left(m^3 و ha^{-1}\right)$، $\mathrm{CWR_{c,i,j}}$ متوسط نیاز آبی محصول c در منطقهٔ i در سال j $\left(m^3 و ha^{-1}\right)$، $A_{c,i,j}$ سطح زیر کشت محصول c در منطقهٔ تولیدکننده i در سال j(ha)، $\mathrm{T}A_{c,j}$ کل سطح زیر کشت محصول c در سال i بر حسب (ha) است.

مرحلهٔ دوم: متوسط میزان آب مجازی (VWC, virtual water content) یک محصول می‌تواند به صورت نسبتی از متوسط نیاز آبی به متوسط عملکرد آن محصول محاسبه شود (رابطهٔ ۲).

$$\mathrm{VWC}_{c,j} = \frac{\overline{CWR_{c,j}}}{\overline{Y}_{c,j}} \qquad (۲)$$

که $VWC_{c,j}$ میزان آب مجازی محصول c در سال j $(m^3 ton^{-1})$ و $\overline{Y_{c,j}}$ متوسط عملکرد محصول c در سال j (ton ha^{-1}) می‌باشند. متوسط عملکرد محصول نیز از روش میانگین وزنی محاسبه شد [۲۹].

مرحلهٔ سوم: مبادلهٔ آب‌مجازی منطقه برای هر محصول که شامل واردات و صادرات می‌شود، از حاصل ضرب مقدار کمی واردات یا صادرات آن محصول در میزان آب مجازی مربوط به آن محاسبه شده است و میزان آب‌مجازی در بخش صادرات و واردات با استفاده از معادلات (۳) و (۴) محاسبه می‌گردد.

$$VWI_{C,J} = VWC_{\mathrm{c,j}} * \mathrm{I_{c,j}} \qquad (۳)$$

$$VWE_{cj} = \mathrm{VWC_{cj}} * \mathrm{E_{cj}} \qquad (۴)$$

که $VWI_{c,j}$ واردات آب مجازی محصول c در سال j $(m^3\ y^{-1})$، $VWE_{c,j}$ صادرات آب مجازی محصول c در سال j $(m^3\ y^{-1})$، $I_{c,j}$ مقدار واردات سالانهٔ محصول c در سال j $(m^3\ y^{-1})$ و $E_{c,j}$ مقدار صادرات سالانهٔ محصول c در سال j $(m^3\ y^{-1})$ است.

مرحلهٔ چهارم: کل واردات آب مجازی (TVWI[1]) و کل صادرات آب مجازی (TVWE[2]) برای منطقه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$TVWI_j = \sum_{c=1}^{m}(VWI_{cj}) \qquad (۵)$$

$$\mathrm{TVWE_j} = \sum_{c=1}^{n}(\mathrm{VWE_{cj}}) \qquad (۶)$$

که $TVWI_j$ کل واردات آب مجازی در سال j $(m^3\ y^{-1})$ و $TVWE_j$ کل صادرات آب مجازی در سال j $(m^3\ y^{-1})$، M تعداد محصولات وارد شدهٔ تحت بررسی و N تعداد محصولات غذایی صادر شده مورد بررسی می‌باشند [۱۵].

کل مبادلهٔ خالص آب مجازی j(TNVWT[3]) عبارت است از کل انتقال خالص آب مجازی منطقه در سال j $(m^3\ y^{-1})$.

$$TNVWT_j = TVWI_j - TVWE_j \qquad (۷)$$

مرحلهٔ پنجم: محاسبهٔ شدت مصرف آب‌مجازی در بخش کشاورزی و بررسی میزان وابستگی منطقه‌ها به واردات آب که با استفاده از معادلات (۸) و (۹) محاسبه می‌گردد.

$$WI = \frac{WU}{WA} \times 100 \qquad (۸)$$

که در این رابطه، WI[4] شدت مصرف آب به درصد، WU کل برداشت داخلی آب برای تولید محصولات کشاورزی، $(m^3 y^{-1})$، WA[5] کل منابع آب موجود در منطقه $(m^3 y^{-1})$.

مرحلهٔ ششم؛ شاخص وابستگی به آب: شاخصی که منعکس کنندهٔ اتکای یک منطقه به منابع آب خارجی از

[1] The total import of virtual water
[2] The total import of virtual water
[3] Total net virtual water trade
[4] Water consumption intensity
[5] Water availability

Archive of SID

www.SID.ir

طریق واردات آب مجازی می‌باشد.

$$WD = \frac{TNVWI}{WU - TNVWI} * 100 \qquad (۹)$$

WU: کل آب تخصیص یافته برای تولید محصولات غذایی، TNVWI: کل واردات خالص آب مجازی منطقه. اگر وابستگی به آب یک منطقه به ۱۰۰ درصد نزدیک شود آن‌گاه آن منطقه تقریباً به طور کامل به واردات آب مجازی متکی است.

مرحلهٔ هفتم؛ شاخص کم‌آبی: کل مصرف آبی در بخش‌های مختلف (برحسب مترمکعب) به کل منابع آبی موجود در حوزهٔ آبخیز (برحسب مترمکعب). اگر این شاخص بیش از ۴۰ درصد باشد، نشان‌دهندهٔ کمبود شدید منابع آبی در حوزهٔ آبخیز است. مرحلهٔ هشتم؛ شاخص خودکفایی آب: نشان‌دهندهٔ توانایی ملی برای تأمین آب مورد نیاز برای تولید داخلی است، اگر خود کفایی آب به صفر نزدیک شود آن‌گاه یک منطقه به شدت به وارد کردن آب به صورت مجازی متکی است.

$$WSS^{1} = 100 - WD \qquad (۱۰)$$

۳.۲. آمار و اطلاعات مورد استفاده

نیاز آبی گیاهان بر اساس سند ملی آب ایران، اطلاعات مربوط به منابع آبی استان (۱۳۹۳) از شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی استان هرمزگان (۱۳۹۳) و اطلاعات مربوط به صادرات و واردات محصولات کشاورزی از سازمان جهاد کشاورزی استان هرمزگان (۱۳۹۳) و داده های مربوط به سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات کشاورزی از سازمان جهاد کشاورزی استان هرمزگان اخذ گردید و نیازهای غذایی جمعیت استان مطابق با الگوی پیشنهادی بهینه در طرح امنیت غذایی کشور (۲۷) محاسبه گردید.

۳. نتایج

در این پژوهش با استفاده از رابطه ۱ متوسط نیاز آبی محصولات مورد مطالعه برآورد شده است و با استفاده از رابطهٔ ۲ و در نظر گرفتن عملکرد محصول، میزان آب‌مجازی محصولات در دو حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه در شهرستان رودان و حاجی‌آباد در استان هرمزگان در سال ۱۳۹۳ و مقایسهٔ آن با برخی از محصولات که سطح زیر کشت بالایی نسبت به بقیهٔ محصولات کشاورزی در استان داشته، در همان سال صورت پذیرفت. جدول (۲) شناسایی و تحلیل مصارف و تجارت آبی محصولات زراعی و باغی در سال ۱۳۹۳ و محاسبات مربوط به میزان آب مجازی محصولات را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مقدار آب مجازی برای هر محصول به علت تغییر در عملکرد محصول متفاوت می‌باشد. آب مجازی محصولات کشاورزی متأثر از نیاز آبی و عملکرد محصول است.

نتایج محاسبات مربوط به میزان آب مجازی محصولات زراعی و باغی در استان هرمزگان، در شهرستان‌های رودان و حاجی‌آباد در سال ۱۳۹۳ در شکل ۲ ارائه شده است. با مقایسهٔ آن‌ها می‌توان دریافت که میزان آب مجازی برای کدام محصول و در کدام اقلیم بیشتر است و یا به عبارت دیگر کارایی آب کشاورزی برای تولید این محصولات را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲- الف، بیشترین میزان آب مجازی در دو حوضهٔ مربوط به نخیلات و کمترین میزان آن در حوضهٔ رودان مربوط به پیاز است. اگر محصولات با مصرف بیش از یک مترمکعب در کیلوگرم آب مجازی را محصولات پرمصرف تلقی نمائیم، در این حوضه، صیفی‌جات و مرکبات جزء محصولات کم‌مصرف با بهره‌وری بالا هستند و در مقابل در این حوضه نخیلات کم بهره و پرمصرف محسوب می‌گردد. در بین صیفی‌جات نیز پیاز دارای کمترین مصرف آب مجازی و بیشترین بهره‌وری و درآمد ناخالص را دارا می‌باشد و در مقابل نخیلات دارای کمترین درآمد ناخالص است (شکل ۳- الف). درآمد ناخالص از حاصلضرب عملکرد در قیمت سرمزرعه حساب می‌شود.

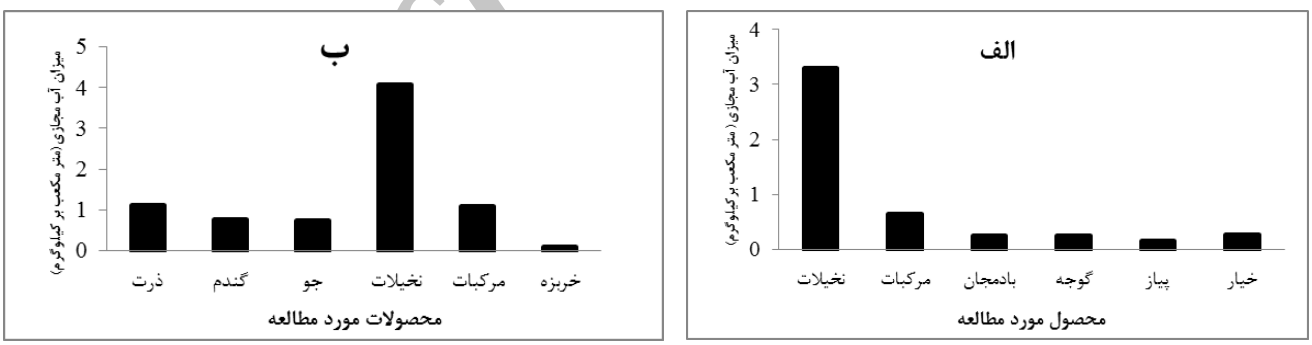
[1] Water self-sufficiency

Archive of SID
www.SID.ir

در حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد، نخیلات و ذرت آب‌بر و کم‌بهره و خربزه کم‌آب‌بر و دارای درآمد ناخالص بالایی است. با این توصیف پیاز و خربزه بیشترین سودآوری و نخیلات کمترین سودآوری را دارند.

جدول ۲. مساحت، متوسط نیاز آبی (CWR) ، عملکرد محصول (CY)، میزان آب مجازی (VW) و میزان آب مجازی صادراتی (VW_1) از محصولات کشاورزی حوزهٔ آبخیز پایاب - رودان و برآفتاب- حاجی‌آباد

نام محصول	مساحت Ha	عملکرد (ton/ha)	کل تولید (ton)	نیاز خالص آبی (m^3/ha)	حجم صادرات آب مجازی (m^3/ton)
حوزهٔ آبخیز پایاب - رودان					
بادمجان	۵۲۹/۲۱۱	۱۷/۸۶	۱۰۷۶۸/۰۳۱	۴۳۱۰	۲۲۸۰۹۰۰
پیاز	۱۲۳/۴۱۱	۷۴/۲۵	۴۱۹۶/۳۷۳	۴۰۴۰	۴۹۸۵۸۰/۴
گوجه	۳۴۵/۶۰۹	۱۵/۹۷	۵۵۱/۶۳۱	۴۰۲۰	۱۴۱۰۸۱۶
مرکبات	۳۰۴/۵۳	۱۵/۸۷	۳۰/۴۴۳	۱۰۴۵۰	۳۱۸۲۳۳۹
نخیلات	۹۲/۲۶	۴/۵۵	۴۲۱	۱۵۰۳۰	۱۳۸۶۶۶۷/۸
خیار	۳/۹۳۱	۱۶/۴	۶۴/۶۹	۴۴۰۰	۱۷۲۹۶/۴
جمع کل	۱۳۹۸/۹۵۲	۱۴۴/۹	۱۶۰۳۲/۱۶۸	۴۲۲۵۰	۸۷۷۶۵۹۹/۶
حوزهٔ آبخیز برآفتاب- حاجی‌آباد					
گندم	۲۸۵۰/۴۸۱	۳/۳۵	۹۸۸۶/۵۰۸	۲۵۳۰	۷۲۱۱۷۱۸
جو	۳۳/۴۳۶	۲/۶۸	۹۰۰۰۱/۲۹	۲۰۱۰	۶۷۲۰۶/۳۶
ذرت	۹۸۷/۲۹	۷/۴۶	۷۰۷۸/۶۴۷	۸۳۴۰	۸۲۳۳۳۲۳
مرکبات	۱۲۲/۷۵	۹/۹۶	۱۲/۳۱۶	۱۰۴۵۰	۱۳۳۷۹۷۵
نخیلات	۴۲۱/۵۵	۳/۸۸	۳۷۰/۵۴۴۹	۱۵۰۳۰	۶۶۷۳۱۳۶
خربزه	۵۷/۰۸	۵۹/۴۹	۲۶۰۶/۳۷۴	۵۱۵۰	۲۹۳۹۹۱/۸
جمع کل	۴۴۷۲/۵۸۷	۸۶/۸۲	۱۰۹۹۵۵/۶۷۹۹	۴۳۵۱۰	۲۳۵۲۳۳۵۰/۱۶

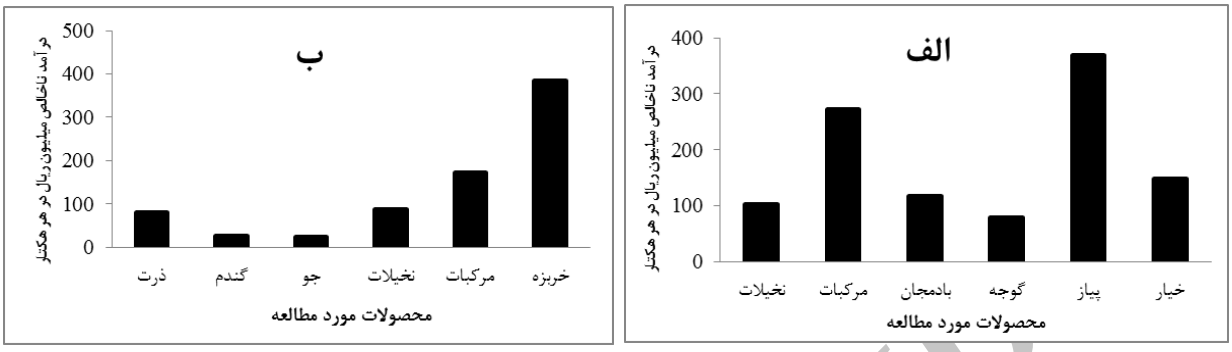


شکل۲. میزان آب مجازی محصولات کشاورزی در مناطق مورد مطالعه (متر مکعب بر کیلوگرم)،
الف: حوزهٔ آبخیز پایاب رودان؛ ب: حوزهٔ آبخیز برآفتاب، حاجی‌آباد

در شکل ۳ درآمد ناخالص محصولات کشاورزی (میلیون ریال) را نشان می‌دهد. در حوزهٔ آبخیز پایاب رودان پیاز بیشترین درآمد ناخالص و نخیلات دارای کمترین درآمد ناخالص بوده است و در حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد بیشترین درآمد ناخالص مربوط خربزه و کمترین درآمد ناخالص مربوط به نخیلات است. بر این

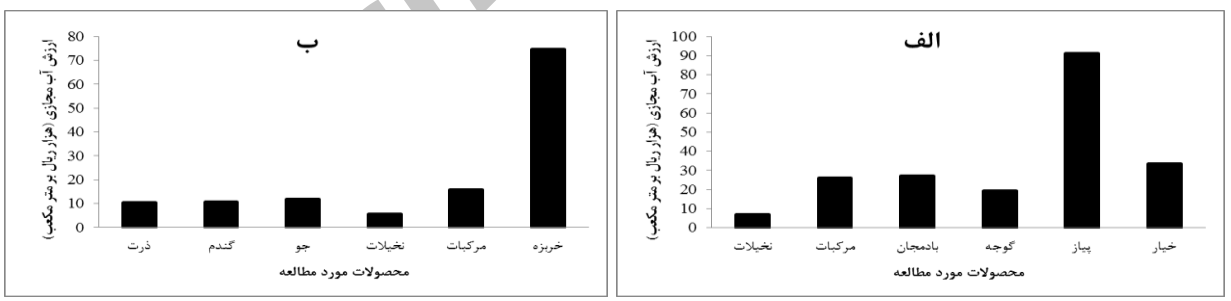
www.SID.ir

اساس هرقدر میزان مصرف آب مجازی کمتر، تولید و بهره‌وری آب بیشتر بوده و درآمد خالص نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۳. میزان درآمد ناخالص محصولات کشاورزی در مناطق مورد مطالعه (میلیون ریال در هکتار)،
الف: حوزهٔ آبخیز پایاب رودان؛ ب: حوزهٔ آبخیز برآفتاب، حاجی‌آباد

شکل ۴ ارزش آب مجازی محصولات مورد مطالعه را در هر دو حوزهٔ آبخیز نشان می‌دهد، ارقام ارائه شده به این معنی است که هر متر مکعب آب که در تولید هر محصول به مصرف رسیده است معادل چه ارزش ریالی است. با این توصیف در حوزهٔ آبخیز پایاب رودان، ارزش آب مجازی پیاز در رتبهٔ اول و خیار در رتبهٔ دوم قرار دارد و در حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد، خربزه دارای بالاترین ارزش است. در کل در دو حوضهٔ مورد مطالعه ارزش آب مجازی صیفی‌جات بیش از سایر محصولات زراعی و باغی 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 و سودآوری بیشتری دارد.



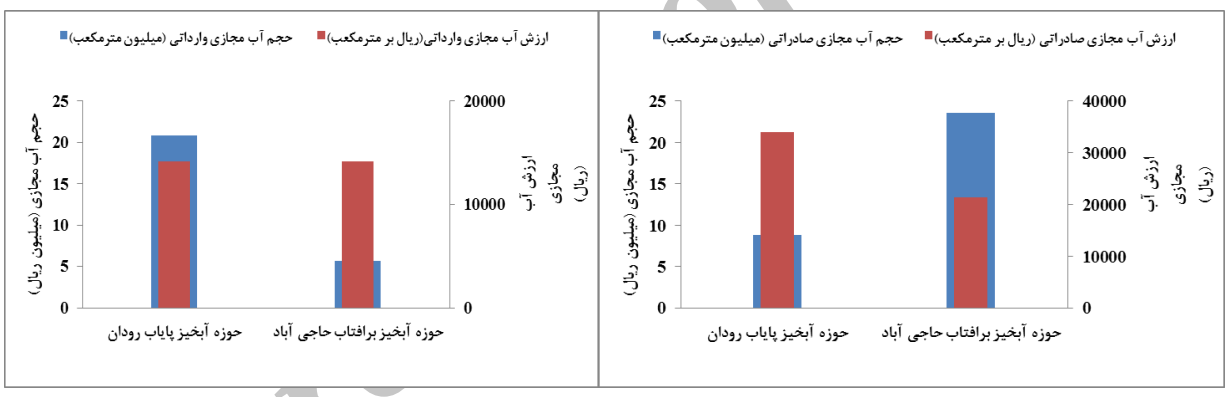
شکل ۴. ارزش آب مجازی محصولات کشاورزی در مناطق مورد مطالعه (هزار ریال بر مترمکعب)،
الف: حوزهٔ آبخیز پایاب رودان؛ ب: حوزهٔ آبخیز برآفتاب، حاجی‌آباد

در شکل ۵ حجم آب مجازی وارداتی و صادراتی محصولات کشاورزی (مترمکعب) برای هر دو حوزهٔ آبخیز نشان داده شده که نتایج نشان می‌دهد بیشترین حجم آب مجازی صادراتی مربوط به حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد و کمترین حجم آب مجازی صادراتی مربوط به شهرستان رودان است. این درحالی است که حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی آباد که در دشت حاجی‌آباد واقع گردیده، از جمله چندین دشت ممنوعه استان به‌شمار می‌آید و

www.SID.ir

سالانه ۶ میلیون مترمکعب کسری مخزن دارد. بیشترین حجم آب مجازی وارداتی مربوط به شهرستان رودان و کمترین حجم آب مجازی وارداتی مربوط به شهرستان حاجی‌آباد است، بدین معنی که عمده نیاز آبی جمعیتی در حوزهٔ آبخیز پایاب رودان خارج از حوزهٔ آبخیز تأمین می‌شود و تراز آب مجازی آن منفی است.

جدول ۳ تراز تجارت آب مجازی در دو حوزهٔ آبخیز را نشان می‌دهد. براین اساس تراز تجارت در حوزهٔ آبخیز رودان منفی و در برآفتاب حاجی‌آباد مثبت محاسبه گردید. بدین معنی که حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد صادرکنندهٔ آب مجازی است. نتایج نشان می‌دهد حوزهٔ برآفتاب حاجی‌آباد تنها ۵/۷ میلیون مترمکعب آب مجازی وارد شده و حدود چهار برابر آن از این حوضه خارج می‌گردد که بواسطهٔ کشت محصولات آب‌بری همچون ذرت، گندم و جو است ولی درحوضهٔ پایاب رودان میزان ۲۰/۷ میلیون مترمکعب آب مجازی وارد و تنها ۸/۷۵۹ میلیون مترمکعب آب صادر می‌شود که عمدتاً مربوط به محصولات جالیزی است. درمقایسهٔ ارزش آب صادراتی و وارداتی، میزان ارزش آب صادراتی از دو حوزهٔ آبخیز در استان هرمزگان بیش از ارزش وارداتی بوده و ارزش آب صادرشده حوزهٔ آبخیز پایاب رودان بیش از برآفتاب محاسبه گردید. این دیدگاه در مفاهیم آب مجازی به این معنی است که با واردات هرمحصول با حجم مصرفی آب مجازی کمتر و ارزش بیشتر به منطقه، آب مصرفی برای تولید آن محصول در منطقه ذخیره شده و سبب افزایش منابع آبی می‌گردد و مقدار ذخیره شده می‌تواند در بخش دیگری برای تولید محصولات با ارزش‌تری بکار رود.



شکل ۵. ارزش و حجم کل آب مجازی وارداتی و صادراتی محصولات کشاورزی در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

جدول ۳. وضعیت تجارت آب مجازی در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه در استان هرمزگان (میلیون مترمکعب)

محصولات زراعی و باغی	صادرات آب مجازی	واردات آب مجازی	تراز تجارت آب مجازی
حوزهٔ آبخیز پایاب رودان	۸/۷۵۹	-۲۰/۷	-۱۱/۹۴۱
حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد	۲۳/۵۲۳	-۵/۷	۱۷/۸۲۳

در نهایت جهت ارزیابی بهتر وضعیت منابع آبی حوزه‌های آبخیز، از شاخص‌های معمول مدیریت منابع آب استفاده شد. مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی منابع آب حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس جدول ۴، به ترتیب ۶۴ و ۶۷ درصد منابع آب شیرین موجود در دو حوزهٔ آبخیز پایاب رودان و برآفتاب

www.SID.ir

حاجی‌آباد صرف تولید محصولات کشاورزی شده است.

دو حوزهٔ آبخیز پایاب رودان و برآفتاب حاجی‌آباد به‌ترتیب ۸۶ و ۸۱ درصد میزان نیاز آبی جمعیت خود را در رابطه با کالا و خدمات از منابع داخلی تأمین می‌نمایند و تنها ۱۳/۸۲ و ۱۹ درصد به واردات آب مجازی وابسته هستند. هرچه شاخص وابستگی به واردات آب مجازی به صفر نزدیک باشد، نشان‌دهندهٔ عدم وابستگی به واردات آب مجازی است. این بدان معنی است که مطابق طبقه‌بندی [۱۷] مناطق مورد مطالعه در درجهٔ بالایی از خودکفایی آب قرار داشته و در سال مورد مطالعه، به منابع آب خارج از حوزهٔ آبخیز وابسته نبوده است. لذا می‌توان با مدیریت صحیح تولید در سطح دو حوزهٔ آبخیز، صادرات و واردات آب مجازی را به سمت سود بیشینه سوق داد. با توجه به اینکه اگر شاخص کم‌آبی بیش از ۴۰ درصد باشد نشان دهندهٔ کمبود شدید منابع آبی و شدت بالای مصرف آب است. در این تحقیق میزان شاخص کم‌آبی به‌ترتیب در حوزهٔ آبخیز پایاب رودان و برآفتاب حاجی‌آباد حدود ۶۶ و ۶۹ درصد برآورد شد که حاکی از کمبود شدید در منابع آب دو حوزهٔ آبخیز است.

جدول ۴. شاخص‌های محاسبه شده در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

نام شاخص	واحدسنجش	حوزهٔ آبخیز پایاب رودان	حوزهٔ آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد
		مقدار	مقدار
کل منابع در دسترس حوضه	MCM*	۱۵۰	۱۶۳
کل منابع استفاده شده	MCM	۹۸/۳۴	۱۱۲/۱۲
کل منابع مصرف شده در بخش کشاورزی	MCM	۹۶	۱۰۹/۰۸
کل حجم صادرات آب	MCM	۸/۷۵۹	۲۳/۵۲۳
کل حجم واردات آب	MCM	۲۰/۷	۵/۷
خالص مبادله آب مجازی	MCM	۱۱/۹۴۱	۱۷/۸۲۳
شاخص شدت مصرف آب در بخش کشاورزی	درصد	۶۴	۶۷
شاخص وابستگی به واردات آب مجازی	درصد	۱۳/۸۲	۱۹
شاخص خودکفایی به واردات آب مجازی	درصد	۸۶/۱۸	۸۱
شاخص کم‌آبی	درصد	۶۵/۵۶	۶۸/۷۸
میزان آب برگشتی	MCM	۲۴/۹۶	۲۷/۲۸

*MCM: میلیون مترمکعب

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعهٔ حاضر به بررسی وضعیت آبی با تأکید بر مفهوم آب مجازی پرداخته شده است، که در آن میزان آب مجازی و همچنین ارزش ریالی آب مجازی هر محصول با در نظر گرفتن درآمد ناخالص محصولات قابل بررسی است که می‌تواند عاملی در تغییر الگوی کشت در منطقه باشد. بطورکلی نتایج نشان داد، حجم صادرات آب مجازی از دو حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه که دارای اقلیم فراخشک گرم و فراخشک معتدل است، بیش از واردات آب مجازی است، نتایج پژوهش [۷] در مقیاس استانی در هرمزگان نیز مؤید این مطلب است و در واقع استان هرمزگان علی‌رغم مشکلات وسیع کم‌آبی، همه ساله به‌عنوان صادرکنندهٔ آب مجازی است. روند رو به افزایش کم‌آبی اهمیت آب مجازی در امنیت غذایی در استان هرمزگان، که اکثر دشت‌های آن در وضعیت ممنوعه قرار دارد، پیوسته افزایش می‌یابد، مبادلهٔ آگاهانه آب مجازی با تغییر در الگوهای کشت می‌تواند به عنوان یک تدبیر سیاسی و اساسی در جهت مدیریت منابع آب، حفظ

Archive of SID
www.SID.ir

محیطزیست، توسعهٔ کشاورزی و حفظ امنیت غذایی باشد و با واردات محصولات آب‌بر، منابع آب داخل استان را حفظ نمود و در بخش‌های دیگر به مصرف رساند.

نتایج مطالعه در مقیاس حوزهٔ آبخیز در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد، کل منابع آبی موجود در دسترس در دو حوزهٔ آبخیز که از سفره‌های آب زیرزمینی تأمین می‌شود، ۶۴ درصد آن صرف بخش کشاورزی می‌شود که خود این عامل سبب شده شاخص خودکفایی آب مجازی در بخش کشاورزی به بیش از ۸۰ درصد و شاخص کم‌آبی به بیش از ۶۰ درصد برسد. این بدان معنی است که در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه، رفع احتیاجات غذایی به‌طور کل از منابع آبی داخل حوضه تأمین می‌شود و سبب کمبود شدید آب شده است. مطالعات محققین در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران مثل بیرجند [۱]، کرمان [۱۴]، استان خراسان [۲۸] نیز تأیید کنندهٔ این مطلب است.

نتایج به‌دست آمده نشان داد، در بین محصولات زراعی، گندم و ذرت به‌عنوان عمده‌ترین محصولات مصرف‌کنندهٔ آب مجازی است که دارای ارزش پائینی است، نتایج محققین [۸] نشان می‌دهد، این مسئله ناشی از عملکرد پائین آن‌ها در کشت دیم است. در واقع می‌توان اذعان نمود، آب مجازی در این بخش شامل آب مجازی سبز است که به‌دلیل تبخیر زیاد، سبب کاهش ارزش آب مجازی و کاهش عملکرد در واحد سطح شده است. افزایش عملکرد در واحد سطح به ازای آب مصرفی کمتر، یکی از راه کارهای کاهش آب مجازی محصولات تولیدی است که می‌تواند منجر به صادرات کمتر آب مجازی می‌شود. علاوه بر این نتایج پژوهش انجام شده نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن درآمد ناخالص محصولات کشاورزی، ارزش ریالی آب مجازی در محصول قابل بررسی است که می‌تواند عاملی در تغییر الگوی کشت در بخش کاربری اراضی زراعی در حوزهٔ آبخیز محسوب گردد که همسو با نتایج محققین [۱۱] در ایران است. اصلاح شیوهٔ تولید در بخش کشاورزی و ارتقاء سطح بهره‌وری در مصرف آب و مدیریت نهاده‌های کشاورزی از راهکارهای کاهش آب مجازی در بخش 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 واردات آب مجازی می‌شود. با تغییر و تعدیل الگوهای کشت موجود در منطقه می‌توان به حفظ محیط زیست، توسعهٔ پایدار کشاورزی، خودکفایی و حفظ امنیت غذایی نیز نائل شد. با شناخت بیشتر پتانسیل و ظرفیت مبادلات در استان هرمزگان مبادلات محصولات کشاورزی می‌توان به مزیت نسبی دست یافت و با واردات محصولات آب‌بر، کمبود منابع آب و افت دشت‌ها را جبران نمود و هم‌چنین تأکید بیشتری بر صادرات محصولات بومی منطقه داشت. زیرا سازگاری این محصولات با شرایط اقلیمی و نیاز آبی کمتر باعث می‌شود فشار بر منابع آب زیرزمینی کاهش یافته و در جهت تعدیل منابع آبی و کشاورزی پایدار پیش رفت.

References

[1] Ababaei, B. and Ramezani Etedali, H. (2014). Estimation of Water Footprint parts in National Wheat Production. Journal of Water and Soil, 29(6), 1458-1468.

[2] Allan, J. A. (1998). Virtual water: a strategic resource. Ground water, 36(4), 545-547.

[3] Allen, T. (1998). Watersheds and problemsheds: Explaining the absence of armed conflict over water in the Middle East. Middle East, 2(1), 49-51.

Archive of SID

www.SID.ir

[4] Arabie Yazdi, A., Nick Nia, N. and Majidi, N. (2014). Water Security Assessment in Arid Climates Based on Water Footprnt Concept (case study; south khorasan province). Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 8(4), 735-746.

[5] Ardakanian, R. and Sohrabi, R. (2006). Virtual water trade: World Literature and use in Iran, 2thIran Water Resources Management Conference, Sharif university of technology, Tehran, Iran, 17-28.

[6] Babazadeh, H. and Sarai Tabrizi, M. (2015). Agriculture province assess the situation from the perspective of virtual water. Water Research in Agriculture (Soil and Water Sciences), 26(4), 485-499.

[7] Baghestani, A., Mehrabi Bashrabad, H., Zare Mehrjardi, M. and Sherafatmand, H. (2010). Application of the virtual water concept Iran Water Resources Management. Iran Water Resources Research, 6(1), 28-39.

[8] Bazrafshan, O., Cheshmberah, A, and Holisaz, A. (2015). Trend analysis of the pan evaporation in different climates of Hormozgan province. Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources, 4(2), 171-176.

[9] 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.

[10] Chapagain, A. K. and Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to trade of livestock and livestock products. PP. 49-76. In: A. Y. Hoekstra (Ed.), Virtual Water Trade, Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12. IHE, Delft, the Netherlands.

[11] Dehghan Manshadi, H., Nice Sokhan, M. and Ardestani, M. (2013). Estimating Potential of Virtual Water in an Inter-basin Water Transfer. Journal of Water Resources Engineering, 2(19), 101-114.

[12] Faramarzi, M., Yang, H., Mousavi, J., Schulin, R., Binder, R. and Abbaspour, K. (2010). Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water scarcity in Iran. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 7(2), 2609-2649.

[13] GholamHosein Pour Jafari Nejad, A., Alizadeh, A. and Neshat, A. (2013). Study on Ecological Water Footprint and indicators of virtual water in Agricultural Section of Kerman Province. Irrigation & Water Engineering Iran, 4(13), 80-89.

[14] Guan, D.B. and Hubacek, K. (2007). Assessment of regional trade and virtual water flows in China. Ecological Economics, 61(1), 159–170.

[15] 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 the Water Research Report Series No. 11, UNESCO-IHE, Delft.

[16] Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2005). Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. Global environmental change, 15(1), 45-56.

[17] Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A. K. (2007). Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. Water resources management, 21(1), 35-48.

[18] Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007) the water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. Ecological Economics, 64, 143–151.

[19] Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M. (2016). Imported water risk: the case of the UK. Environmental Research Letters, 11(5), 50-52.

[20] Kouzegaran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaeinejad, H. and Behdani, M. (2014). Changes in cropping pattern and intensification based on virtual water with the saffron centrality (Case Study: Birjand plain). Journal of Saffron Research, 25(4), 892-904.

[21] Ma, J., Hoekstra, A.Y., Wang, H., Chapagain, A.K. and Wang, D. (2005). Review Virtual versus real water transfers within China. Journal philosophical Transactions Royal society Bacteriology, 361, 835–843.

[22] Madani, K. (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. Journal of Environmental Studies and Sciences, 4(4), 315-328.

[23] Mohamadjany, A. and Yazdanian, N. (2014). The effects of trade liberalization on the well-being of consumers and agricultural producers, exchange of virtual water and sustainability (Case Study in Fars Province). The Economic Research 21(65), 117-144.

Archive of SID

www.SID.ir

[24] Mohamadjany, A. and Yazdanian, N. (2014). The water crisis in the country situational analysis and requirements management, Journal of Agricultural Economics, 6(3), 145-176.

[25] Oki, T. and Kanae. S. (2004). Virtual water trade and world water resources. Water Science and Technology. 49(7): 203-209.

[26] Rouhani. N., Yang, H., Amin Sichani, S., Afyuni M, Mousavi, S. and Kamgar Haghighi A. (2009). Assessment of food products and virtual water trade as related to available water resources in Iran. Journal of water and soil science, 12(46), 417-432.

[27] Sabouhi, M. and Soltani, G.H. (2008). Optimize cropping patterns in the catchment area, with an emphasis on social benefits and net imports of virtual water. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 12(43), 297-313.

[28] Sun, S. K., Wu, P. T., Wang, Y.B. and Zhao, X. N. (2013). The virtual water content of major grain crops and virtual water flows between regions in China. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(6), 1427-1437.

[29] Tang, J., Lu, X., Sun, Q. and Zhu, W. (2012). Aging effect of petroleum hydrocarbons in soil under different attenuation conditions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 149, 109-117.

[30] Van Oel P.R., Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y.(2008). The external Water Footprint of the Netherlands: Quantification and impact assessment. Value of Water Research Report Series No. 33, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

[31] Vandekerckhove, L., Poesen, J. and Govers, G. (2003). Medium-term gully headcut retreat rates in Southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements. Catena, 50(1), 329-352.

[32] Velázquez, E. (2007). Water trade in Andalusia. Virtual water: An alternative way to manage water use. Ecological Economics, 63(1), 201-208.

[33] Verma, S., Kampman, D.A., Van der Zaag, P. and Hoekstra, A.Y. (2009) going against the flow: a critical analysis of inter-state virtual water trade in the context of India's National River Linking Program. Physics and Chemistry of the Earth 34, 261–269.

[34] Wang, Y.B., Wu, P.T., Zhao X.N. and Engel, B.A. (2014) Virtual water flows of grain within China and its impact on water resource and grain security in 2010. Ecological Engineering 69, 255–264.

[35] Yang, H. and Zehnder, A. (2001). China's regional water scarcity and implications for grain supply and trade. Environment and Planning A, 33(1), 79-95.

[36] Yang, H. and Zehnder, A. (2007) Virtual water: An unfolding concept in integrated water resources management. Water Resources Research, 43(12), 443-445.

[37] Yang, H., Wang, L., Zehnder, A.J.B. (2007) Water scarcity and food trade in the southern and eastern Mediterranean countries. Food Policy, 32, 585– 605.

[38] Zare Abyaneh, H., Aram, H., and Akhavan, S. (2015). Assessment of virtual water trade volume of main crops in Hamedan province. Iran Water Research Journal, 9(3), 151-161.

[39] Zhao, F.Z., Liu, W.H. and Deng, H.B. (2005) the potential role of virtual water in solving water scarcity and food security problems in China. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 12(4), 419–428.

[40] Zhuo, L., Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. and Wada, Y. (2016). Inter-and intra-annual variation of water footprint of crops and blue water scarcity in the Yellow River basin (1961–2009).Advances in Water Resources, 8(7), 29-41.

Archive of SID

www.SID.ir