

ارزیابی وضعیت کشت نیشکر در استان خوزستان از دیدگاه آب مجازی

رامین صافی^۱، سید مجید میرلطیفی*

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲۴

چکیده

ظهور بحث آب مجازی توانست توجه مجامع مختلف جهانی را به جریان عظیم مجازی آب که به وسیله‌ی تجارت مواد غذایی در حال اجزاست جلب کند، در این راستا، کشورهای کم آب می‌توانند با واردات مواد غذایی دسترسی خود را به منابع جهانی آب افزایش دهند. آبی که در مراحل مختلف فرایند تولید یک محصول کشاورزی و یا غیر کشاورزی استفاده می‌گردد، آب مجازی ذخیره شده در کالا نامیده می‌شود. در این تحقیق، مقادیر بهره‌وری آب و آب مجازی برای کشت نیشکر در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر به ترتیب ۱/۶ کیلوگرم نیشکر بر مترمکعب آب مصرفی و ۶۲۵ مترمکعب آب برای هر تن نیشکر با احتساب بازدهی آبیاری ۰/۴۹ برآورد شده در کشت و صنعت به دست آمد. همچنین، در این تحقیق، با توجه به میزان آب مصرفی بالا برای تولید یک کیلوگرم شکر (۳۵۰۰۰ مترمکعب در ازای تولید ۵۶ تن نیشکر در هکتار)، و با فرض این که مصرف آب گیاه نیشکر در دیگر نقاط کشور نیز مشابه مصرف آب کشت و صنعت امیرکبیر می‌باشد، حجم کل آب مصرفی برای تولید ۶۱۶۰۰۰ تن شکر در کشور در سال ۱۳۹۲ معادل ۳/۸ میلیارد متر مکعب برآورد شد. بنابراین، در صورت واردات شکر از کشورهای بزرگ تولید کننده‌ی نیشکر مانند برزیل، هند و ... و کشت نکردن نیشکر در کشور می‌توان تا ۳/۸ میلیارد مترمکعب مصرف آب کشور را کاهش داد. در همین سال، ایران با تخصیص دادن بیشتر نیاز سرانه‌ی کشور به واردات شکر از کشورهای بزرگ تولید کننده‌ی نیشکر توانسته است علاوه بر تامین نیاز داخلی، در حدود ۴/۸ میلیارد مترمکعب از ذخایر آب کشور را از طریق واردات ۱/۵۷۹/۰۰۰ تن شکر ذخیره نگه دارد. با توجه به توان تولید حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کنجد، که یکی از محصولات بومی ایران و مقاوم به کم آبی بوده و در شرایط آب و هوایی استان خوزستان رشد مطلوبی را دارد، برآورد می‌شود که با تخصیص دادن ۳۵۰۰۰ هکتار از اراضی خوزستان به کشت کنجد، می‌توان سالانه در حدود ۹۹۳ میلیون متر مکعب در مصرف آب صرفه جویی کرد، که در نهایت در حدود ۲۰۴ میلیارد تومان درآمد خالص از ۳۵۰۰۰ هکتار اراضی کشت کنجد حاصل می‌گردد. از طرفی، درآمد حاصله از کشت نیشکر در این سطح نیز در حدود ۲۰۲ میلیارد تومان می‌باشد. لذا با تخصیص نیمی از کشت و صنعت خوزستان به کشت کنجد علاوه بر درآمد سالانه‌ی مشابه حجم بالایی از آب به ذخایر جهانی افزوده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، بهره‌وری آب، جنوب کشور، شکر، کنجد

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۲ - دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

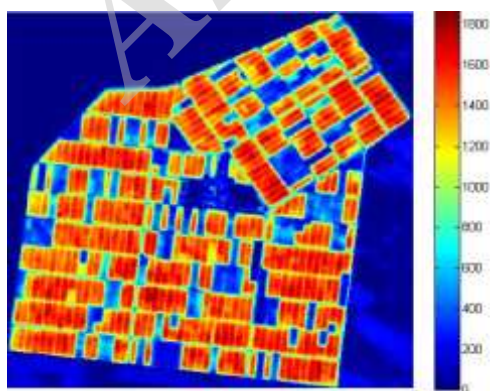
* - نویسنده مسوول مقاله: Mirlat_M@modares.ac.ir

مقدمه

در سال ۱۹۹۵، ۲/۳ میلیون تن غلات از هند وارد کرد، تولید این مقدار غلات در اندونزی ۱۶/۷ کیلومترمکعب و در هند ۱۷/۴ کیلومترمکعب آب نیاز دارد، بنابراین این تجارت ۰/۷ کیلومترمکعب مصرف آب جهانی را افزایش داد (فریجر و همکاران، ۲۰۰۴).

برای این نوع ارزیابی ها آلن واژه آب مجازی را ارائه داد تا نشان دهد توسعه تجارت مواد غذایی بر مبنای مزیت نسبی و استفاده بهینه از فرصتهای ایجاد شده، می-تواند علاوه بر کاهش مصرف منابع آب جهانی سبب ارتقاء رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی بشود. وی این واژه را این گونه تعریف کرد که "مجموع آب مصرف شده برای تولید مقدار معینی از محصول (اعم از کالا، فرآورده های کشاورزی یا حتی خدمات)" آب مجازی می باشد. در سال ۲۰۰۳ آرجن هوکسترا تعریف کاملتری از آن را به شکل: ((آب مجازی جمع کل آب مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول (کالا) با توجه به شرایط اقلیمی و مکانی، زمان تولید و بازده می باشد))، ارایه کرد. بر اساس تعریف اخیر، شرایط اقلیمی، مکان و زمان تولید، مدیریت و برنامه ریزی، فرهنگ و عادات مردم در میزان آب مجازی موثر می باشد و قطعاً مقدار آن برای یک محصول در مناطق مختلف متفاوت خواهد بود. بنا به تعریف، آب مجازی آبی است که یک کالا و یا یک فرآورده کشاورزی طی فرایند تولید مصرف می کند تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان می باشد (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸).

بخش کشاورزی در ایران و جهان بزرگترین مصرف کننده آب می باشد، اما برخلاف میانگین جهانی که نشانگر تخصیص ۷۰ درصد از کل منابع آب مصرفی به این بخش است؛ در ایران و با وجود قرار گرفتن کشور در منطقه ای خشک این نسبت ۹۳ درصد است (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸). این اولین اشتباه در الگوی توسعه کشور بوده است. بسیاری از کشورها با واردات مواد غذایی، بخشی از آبی را که برای تولید داخلی محصولات نیاز است، به استفاده در مصارف پربازده اتخاذ می دهند. به عنوان مثال مصر در سال ۱۹۹۵، ۷/۵ میلیون تن انواع غلات وارد کرده که تولید آن در این کشور ۹/۹ کیلومترمکعب آب نیاز دارد. در همین سال ژاپن با واردات ۲۷ میلیون تن غلات ۳۷ کیلومترمکعب از منابع آب داخلی خود را حفظ کرده است (فریجر و همکاران، ۲۰۰۴). اگر تولید محصولات در کشورهای صادر کننده نسبت به کشورهای وارد کننده آب کمتری نیاز داشته باشد صرفه جویی در آب جهانی صورت می گیرد. به عنوان مثال کشور ژاپن در سال ۱۹۹۵ با واردات انواع محصولات کشاورزی از آمریکا که برای تولید آنها ۱۶/۶ کیلومترمکعب آب مصرف شده بود، توانست ۲۸/۱ کیلومترمکعب از منابع آب ملی را حفظ کند. با این کار ۱۱/۵ کیلومترمکعب از مصارف آب جهانی کاسته شد. اما زمانی که تولید محصولات در کشورهای صادر کننده نسبت به کشورهای وارد کننده آب بیشتری نیاز داشته باشد، مصرف آب جهانی افزایش میابد. برای مثال اندونزی



توزیع مکانی
تبخیر - تعرق
واقعی فصلی
(میلی متر)
در سال زراعی
۹۱-۹۲

شکل ۱ - توزیع مکانی تبخیر - تعرق واقعی فصلی (میلیمتر) برای محصول نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی

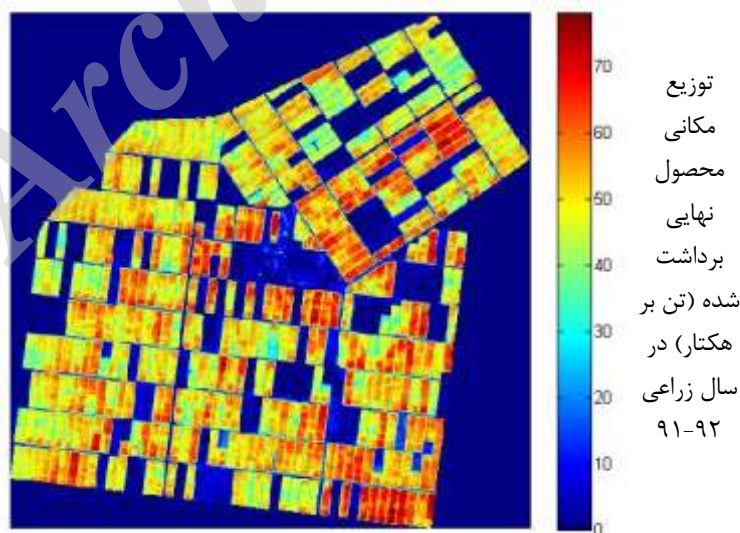
۹۱-۹۲

دهد که ۱۳٪ آب مصرف شده برای تولید محصولات کشاورزی به صورت مجازی وارد بازار تجارت شده است. بر اساس نظر Hoekstra کارشناس موسسه IHE وابسته به یونسکو، ۶۷٪ تجارت آب مجازی در جهان مرتبط با تجارت جهانی محصولات زراعی و ۲۳٪ تجارت آن مرتبط با محصولات دامی و محصولات وابسته بوده و فقط ۱۰٪ مرتبط با محصولات صنعتی است. در طی سالهای ۱۹۹۵ الی ۱۹۹۹ گندم به تنهایی ۳۰٪ حجم تجارت آب مجازی بین کشورها را در جهان به خود اختصاص داده و به دنبال آن سویا و برنج به ترتیب به بالاتر از ۱۷٪ و ۱۵٪ قرار دارد (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸).

عربی یزدی و همکاران (۱۳۸۸) رد پای بوم‌شناسی آب، واردات و صادرات آب مجازی و شاخص وابستگی و خودکفایی به واردات آب مجازی را در کشور مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که کشور با واردات خالص آب مجازی و کسر صادرات آب مجازی بدون در نظر گرفتن بازده آبیاری و با در نظر گرفتن بازده آبیاری ۶۰ درصد به ترتیب ۱۲ و ۲۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب داخلی خود را ذخیره کرده که اگر قرار بود این مقدار محصول در داخل کشور تولید شود لازم بود ۱۱۲ میلیارد مترمکعب آب در کشاورزی مصرف شود که چنین مقداری در دسترس نمی‌باشد.

با پیشرفت جهانی شدن، تجارت جهانی به صورت عام و تجارت آب مجازی رو به افزایش است. تبادلات بین‌المللی کالاها از هر نوعی که باشد مستلزم حمل و نقل مقدار زیادی آب مجازی به فواصل دورتر است. محصولات کشاورزی در این مورد بزرگترین سهم را دارند که شامل ۸۰٪ تجارت آب مجازی است (چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۵). مفهوم استراتژی تجارت آب مجازی بر این فکر استوار است که جریانهای تجاری موجود باید به گونه‌ای استفاده یا هدایت شوند که صادرات کالاهایی با آب مصرفی بیشتر از کشورهای غنی از آب به کشورهای با کمبود آب افزایش یابد و به این ترتیب منابع آب جهانی به پر بازده‌ترین شکل ممکن مورد استفاده قرار خواهد گرفت و یا به صورت غیر مستقیم توزیع خواهد شد. بنابراین محصولات کشاورزی باید در کشورها و نواحی که منابع آب فراوان دارند، بطور فزاینده‌ای تولید شوند.

تحقیقات انجام شده به وسیله‌ی چاپاگین و همکاران، (۲۰۰۵) نشان می‌دهد که در سالهای ۱۹۹۵-۱۹۹۹ میزان متوسط سالانه‌ی آب مجازی در حال جریان به وسیله‌ی تجارت برخی از محصولات با مصرف آب بالا km^3 ۱۰۳۱ بوده است که km^3 ۶۹۵ آن مربوط به تجارت محصولات کشاورزی و km^3 ۳۳۶ آن مربوط به تجارت دام و محصولات مشتق شده از آن بوده است. این نشان می‌-



شکل ۲- توزیع مکانی محصول نهایی برداشت شده (تن بر هکتار) برای گیاه نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی

۹۱-۹۲

ساختن اهداف اقتصادی، سازگار با شرایط آب و هوایی استان خوزستان باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در مکان کشت و صنعت نیشکر امیر کبیر واقع در جنوب استان خوزستان، یکی از هفت شرکت توسعه‌ی کشت نیشکر و صنایع جانبی با مختصات محلی $31^{\circ}22'N$ $48^{\circ}16'49'E$ می باشد. کشت و صنعت امیرکبیر در کیلومتر ۴۵ جاده اهواز-خرمشهر (جاده امام جعفر صادق (ع)) واقع شده است که از جنوب به کشت و صنعت میرزا کوچک خان محدود میشود و در شرق آن رودخانه‌ی بزرگ کارون واقع شده است. مساحت ناخالص اراضی این کشت و صنعت ۱۵۰۰۰ هکتار و مساحت خالص آن ۱۲۰۰۰ هکتار بوده که به چندین قطعه‌ی ۲۵ هکتاری تقسیم بندی شده است.

مواد و روش ها

روش برآورد آب مجازی

بطور کلی متوسط میزان آب مجازی یک محصول می تواند به صورت نسبتی از متوسط نیاز آبی به متوسط عملکرد آن محصول محاسبه شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸):

$$\frac{CWR_{cf}}{Y_{cf}} VWC_{cf} =$$

VWC_{cf} : میزان آب مجازی محصول در سال برحسب متر مکعب بر تن.

CWR_{cf} : متوسط نیاز آبی محصول در سال بر حسب مترمکعب.

$$Y_{cf}: \text{متوسط عملکرد محصول در سال بر حسب تن.}$$

مبادله آب مجازی برای هر محصول که شامل واردات و صادرات می شود از حاصل ضرب مقدار کمی واردات یا صادرات آن محصول در میزان آب مجازی مربوط به آن محاسبه می شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸).

$$VWI_{cf} = VWC_{cf} * I_{cf} \quad (2)$$

$$VWE_{cf} = VWC_{cf} * E_{cf} \quad (3)$$

VWI_{cf} : واردات آب مجازی محصول در سال بر حسب متر مکعب.

دهقان منشادی و همکاران (۱۳۹۲)، برآورد آب مجازی حوضه آبخیز و نقش آن در سامانه های انتقال آب بین حوضه ای را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق کارایی ساختار پیشنهادی در طرح انتقال آب از سولگان به رفسنجان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بودند که هرچند حوضه‌ی مقصد، تبخیر- تعرق بالایی داشت و توان آب مجازی حوضه پایین بود، لکن علاوه بر کاهش هزینه های انتقال و پیامدهای زیانبار انتقال آب برای منطقه، کشت و صنعت خوزستان و کشاورزی خوزستان توانستند به ترتیب ۱۸/۹ و ۷/۲۵ میلیارد سود به دست آورند.

از نقطه نظر ورکرک و همکاران (۲۰۰۸)، اهمیت مبادلات بین المللی محصولات کشاورزی در بازارهای جهانی با انتقال جریانهای بزرگ آب مجازی از یک حوضه آبخیز به حوضه دیگر افزایش می یابد. با این دیدگاه، بین دو کشور با سیستمهای منابع آبی که از نقطه نظر آبشناسی با هم رابطه ای ندارند، ارتباط اقتصادی- اجتماعی و سیاسی ایجاد می شود بدین ترتیب این راهکار موجب می شود تا بهره وری کاربرد آب در سطح جهانی افزایش یابد.

بر این اساس، با توجه به اینکه ایران در یکی از خشکترین مناطق جهان قرار گرفته و با بحران کم آبی مواجه است، باید این موضوع مورد بررسی قرار گیرد که با وجود اینکه نیشکر یکی از محصولاتی است که در استان خوزستان بیشترین مقدار سطح زیر کشت و تولید را بخود اختصاص می دهد، با توجه به مقدار آب مصرفی و هزینه انرژی و از سوی دیگر هزینه واردات شکر، تولید شکر از نیشکر در داخل به صرفه تر است یا واردات آن از کشورهای دیگر.

هدف از این تحقیق ارزیابی وضعیت کشت نیشکر در استان خوزستان از دیدگاه آب مجازی و همچنین مقایسه آب مصرفی برای تولید شکر در استان خوزستان و کشورهای عمده صادرکننده شکر به ایران و تعیین میزان صرفه جویی آب در جهان و ایران در صورت واردات شکر در مقابل تولید داخلی و در نهایت انتخاب گیاهی به عنوان جایگزین برای نیشکر به نحوی که بتواند علاوه بر برآورده

ماهواره ای تنها می‌توانند اطلاعاتی در زمان گذر ماهواره ارائه دهند لذا شبیه سبال می‌تواند مقدار شار تبخیر-تعرق لحظه ای را در زمان تصویر، برآورد نماید. شار تبخیر-تعرق برای هر پیکسل تصویر، به صورت باقیمانده معادله توازن انرژی سطح محاسبه می‌شود. با صرف نظر کردن از مقدار جزئی انرژی که صرف سوخت و ساز فوری و ذخیره گرما در گیاه می‌شود معادله توازن انرژی را می‌توان بصورت زیر بیان کرد:

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (7)$$

که در آن λET گرمای نهان تبخیر-تعرق (کارمایه مورد استفاده جهت تبخیر-تعرق)، R_n تشعشع خالص در سطح زمین، G جریان گرمایی زمین و H جریان گرمایی محسوس است.

با توجه به گروه زمانی عکسهای ماهواره ای لندست ۸ که هر ۱۶ روز می‌باشد و با توجه به دوره‌ی کشت تا برداشت گیاه نیشکر (اردیبهشت تا مهر ماه) که شامل ۱۰ عکس ماهواره ای از تاریخ ۲۸ فروردین تا ۱۷ مهرماه سال ۱۳۹۲ می‌باشد، تبخیر-تعرق گیاه نیشکر در طول یک دوره‌ی رشد بر اساس رابطه‌ی زیر برآورد شد:

$$ET_{total} = \sum_{i=1}^{10} (ET_i 24 \times 16) \quad (8)$$

ET_{24} تبخیر-تعرق واقعی روزانه، ET_{total} مجموع تبخیر-تعرق واقعی فصلی در طی ۵ ماه کشت نیشکر (اردیبهشت تا مهر ماه).

برآورد عملکرد نهایی محصول

پس از برآورد اولیه ماده خشک محصول نیشکر در سطح کشت و صنعت امیرکبیر به کمک اطلاعات ماهواره-ای، جهت واسنجی داده‌های برآورد شده از ۶ قطعه ARC-۱۰ کشت و صنعت استفاده شد. رطوبت نسبی نیشکر در زمان برداشت ۸۰٪ در نظر گرفته شد و داده‌ها بر اساس این ۶ قطعه واسنجی شدند. جهت صحت سنجی داده‌های به دست آمده از ۱۰ قطعه دیگر در همان ARC-10 استفاده شد و صحت داده‌های برآورد شده با دقت قابل قبولی بر اساس شاخصهای آماری ارائه شده مورد تایید قرار گرفتند.

VWE_{cf} : صادرات آب مجازی محصول در سال بر حسب متر مکعب.

I_{cf} : مقدار واردات سالانه محصول بر حسب تن.

E_{cf} : مقدار صادرات سالانه محصول بر حسب تن.

بنابراین مبادله خالص آب مجازی را می‌توان به

صورت زیر نوشت (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸):

$$NVWT_{cf} = VWI_{cf} - VWE_{cf} \quad (4)$$

$NVWT_{cf}$: مبادله خالص آب مجازی محصول در سال

(۷) بر حسب متر مکعب.

جهت محاسبه مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی ابتدا مقدار آب مصرفی محصولات را محاسبه کرده و سپس برای تعیین مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی از نسبت آب مصرفی گیاه به میزان عملکرد محصول طبق روابط زیر استفاده می‌گردد (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸):

$$CWU_{jti} = \frac{ET}{Efficiency} \quad (5)$$

$$VWC = \frac{CWU_{jti}}{Yield} \quad (6)$$

CWU_{jti} : مقدار آب مصرفی گیاه در ناحیه در سال بر حسب متر مکعب بر هکتار است.

ET : نیاز آبی گیاه در ناحیه در سال بر حسب متر مکعب بر هکتار.

$Efficiency$: بازده آبیاری است که بر اساس روشهای مختلف آبیاری متفاوت است.

VWC : مقدار آب مجازی گیاه ناحیه در سال بر حسب متر مکعب بر کیلوگرم.

$Yield$: میزان عملکرد گیاه در ناحیه در سال بر حسب کیلوگرم در هکتار.

برآورد تبخیر-تعرق واقعی

در این تحقیق جهت برآورد تبخیر-تعرق واقعی روزانه از شبیه سبال و نرم افزارهای ENVI و MATLAB و عکسهای ماهواره ای لندست ۸ استفاده شد. شبیه سبال، مقدار تبخیر-تعرق واقعی را با استفاده از تصاویر ماهواره ای و حداقل داده‌های زمینی مورد نیاز و بر اساس معادله توازن انرژی محاسبه می‌نماید. از آنجا که تصاویر

مصرف شده را نیز می توان بر اساس حجم تبخیر- تفرق واقعی صورت گرفته از گیاه بیان کرد که در این صورت رابطه‌ی بالا برای محاسبه‌ی شاخص بهره‌وری در این دیدگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (میرنظامی، ۱۳۹۱):

$$CPD = \frac{\text{مقدار محصول تولید شده}}{\text{تبخیر-تفرق واقعی گیاه}} \quad (11)$$

در این تحقیق بهره‌وری مصرف آب به صورت نسبت مقدار محصول تولید شده به تبخیر- تفرق واقعی صورت گرفته در کشت و صنعت تعریف شد.

پس از برآورد تبخیر- تفرق واقعی در طول یک فصل دوره رشد نیشکر (اردیبهشت تا مهرماه) به وسیله‌ی الگوریتم سبال و برآورد عملکرد نهایی نیشکر، از مجموع پیکسل‌های عکس ماهواره‌ای در محدوده کشت و صنعت امیرکبیر، تبخیر- تفرق واقعی کل و عملکرد نهایی کشت و صنعت به دست آمد و در نهایت از نسبت این دو فراسنج به یکدیگر بهره‌وری مصرف آب برای گیاه نیشکر در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در سال زراعی ۹۱-۹۲ محاسبه و در جدول (۱) ارائه شد.

محصول نهایی نیشکر برداشت شده به وسیله‌ی ماهواره لندست ۸ پس از برآورد ضرایب، از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$BGR_{total} = K_{24\text{-day}} \times (2/38 NDVI - 0/372)$$

BGR: سرعت رشد توده زنده گیاهی. $K_{24\text{-day}}$: متوسط تشعشع روزانه خورشیدی در سطح زمین (w/m^2).

برآورد بهره‌وری مصرف آب

برای ارزیابی بهره‌وری آب برای یک محصول در یک مزرعه‌ی تحت کشت آبی و یا الگوی کشت موجود در یک منطقه (معمولا در مقیاس حوضه‌ای) دیدگاه‌های مختلفی وجود دارد. از معمولترین آنها می‌توان به دیدگاه‌های بهره‌وری بر اساس عملکرد محصول به ازای واحد آب مصرفی (CPD) و یا درآمد خالص اختصاصی به ازای واحد آب مصرفی (NBPD) اشاره کرد (چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۵).

$$CPD = \frac{\text{مقدار محصول تولید شده}}{\text{کل آب مصرف شده}} \quad (10)$$

در این رابطه منظور از کل آب مصرف شده مجموع آب آبیاری و بارندگی موثر می‌باشد. مقدار کل آب

جدول ۱ - محاسبه تبخیر - تفرق واقعی، عملکرد نهایی محصول و بهره‌وری مصرف آب در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر

| سطح زیر کشت (هکتار) | ۹۳۲۸/۵ | محصول تولیدی در هر هکتار (تن) | ۵۶ |
|--|--------|---|------|
| کل تبخیر - تفرق واقعی (میلیون متر مکعب) | ۱۶۰ | بهره‌وری آب (کیلوگرم نیشکر بر مترمکعب آب) | ۳/۴ |
| تبخیر - تفرق واقعی در هر هکتار (مترمکعب) | ۱۷۱۵۲ | کل آب مصرفی (میلیون متر مکعب) | ۳۲۷ |
| کل میزان عملکرد (تن) | ۵۲۰۲۳ | بازده آبیاری | ۰/۴۹ |

جدول ۲ - محاسبه شاخصهای آب مجازی برای گیاه نیشکر بر اساس اطلاعات کشت و صنعت امیرکبیر در سال ۹۱-۹۲

| محصول | نیاز آبی (مترمکعب در هکتار) | محصول تولیدی (کیلوگرم در هکتار) | سطح زیر کشت (هزار هکتار) | درآمد خالص (میلیارد تومان) | ذخیره سالانه آب (میلیون مترمکعب) |
|-------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| نیشکر | ۳۵۰۰۰ | ۵۶۰۰۰ | ۳۵ | ۲۰۲ | - |
| کنجد | ۶۶۳۰ | ۱۵۰۰ | ۳۵ | ۲۰۴ | ۹۹۳ |

جدول ۳ - مقایسه کشت محصول نیشکر و کنجد در بهره وری، درآمد خالص و ذخیره سالانه آب

| مقدار | فرمول | شاخص |
|------------|--------------------------------------|---|
| ۳۰۷ | $\frac{CWR_{cf}}{Y_{cf}} VWC_{cf} =$ | میزان آب مجازی محصول در سال (متر مکعب بر تن) |
| ۴۸۴۷۵۳۰۰۰۰ | $VWI_{cf} = VWC_{cf} * I_{cf}$ | واردات آب مجازی محصول در سال (متر مکعب) |
| . | $VWE_{cf} = VWC_{cf} * E_{cf}$ | صادرات آب مجازی محصول در سال (متر مکعب) |
| ۴۸۴۷۵۳۰۰۰۰ | $NVWT_{cf} = VWI_{cf} - VWE_{cf}$ | مبادله خالص آب مجازی محصول در سال (متر مکعب) |
| ۳۵۰۰۰ | $\frac{ET}{Efficiency} CWU_{jti} =$ | مقدار آب مصرفی گیاه در سال (متر مکعب بر هکتار) |
| ۶۲۵ | $\frac{CWU_{jti}}{Yield} VWC =$ | مقدار آب مجازی گیاه در سال (متر مکعب بر تن) |

نتایج و بحث

با توجه به داده‌های موجود در مکان خوار وبار جهانی FAO، میانگین ۵ ساله عملکرد نیشکر در کشور مذکور ۷۴/۸۳ تن بر هکتار می‌باشد. این در حالیست که میانگین نیاز آبی ناخالص نیشکر در ایران ۳۵۰۰۰ مترمکعب بر هکتار و عملکرد آن ۵۶ تن بر هکتار می‌باشد که با توجه به ارقام برآورد شده در سال ۱۳۹۲ در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر می‌توان به این نتیجه رسید که در صورتی که ایران بخواهد در صنعت شکر تولیدی از نیشکر به خودکفایی برسد و نیاز سرانه کشور را بدون نیاز به واردات شکر از دیگر کشورهای دنیا تامین نماید، می‌بایستی $۸۷۱۹ = ۴۸۴۷ + ۳۸۷۲$ میلیون مترمکعب آب در سال را صرف کشت نیشکر کند تا بتواند با حداقل نیاز به واردات، نیاز داخلی را تامین نماید. در حالی که در همین سال، ایران با تخصیص دادن بیشتر نیاز خود به شکر از طریق واردات از دیگر کشورهای عمده تولید کننده شکر از جمله برزیل، هند و ... توانسته است در حدود ۵ میلیارد مترمکعب آب را به صورت ذخیره در ذخایر آب جهانی حفظ کند.

یکی از محصولات که با توجه به شرایط آب و هوایی استان خوزستان و خاک منطقه می‌توان پیشنهاد نمود که بتواند با میزان حداقل آب نسبت به نیشکر توان تولیدی بالایی داشته باشد گیاه کنجد می‌باشد. مقاومت کنجد در برابر خشکی از مزایای عمده آن محسوب می‌شود، زیرا

با توجه به ضریب استحصال شکر از نیشکر (نسبت ۱ به ۱۰) بر اساس گزارش کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر و بر اساس نتایج حاصل، تولید شکر از این کشت و صنعت در سال زراعی ۹۱-۹۲ تقریباً به میزان ۵۲۰۲۳ تن می‌باشد که برای تولید این میزان شکر در این کشت و صنعت بیش از ۱۶۰ میلیون مترمکعب آب جهت تبخیر- تعرق واقعی گیاه نیشکر نیاز می‌باشد. با توجه به بازده ۰/۴۹ برآورد شده در کشت و صنعت امیر کبیر در این سال، به میزان حدود ۳۲۷ میلیون متر مکعب آب صرف کشت نیشکر شده است. از طرفی میزان شکر به دست آمده از نیشکر در کشور در سال ۱۳۹۲ تقریباً معادل ۶۱۶۱۵۹ تن بوده است که با توجه به نتایج به دست آمده از کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در این سال می‌توان نتیجه گرفت برای تولید این میزان شکر در حدود $(3872 = 327 \times \frac{616159}{52023}) = 11/84$ میلیون مترمکعب آب جهت کشت نیشکر در سال ۱۳۹۲ در کشور مصرف شده است. از طرفی سهم ایران در واردات آب مجازی از طریق واردات تن شکر در این سال برای گیاه نیشکر در حدود ۴۸۴۷ میلیون مترمکعب بوده است (بی‌نام، ۱۳۹۲).

میانگین نیاز آبی ناخالص نیشکر در برزیل ۱۳۹۸۳ مترمکعب بر هکتار می‌باشد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸)

محصول و ۶۰۰۰۰۰ هزار تومان در هکتار هزینه، در حدود ۱۹۶ میلیارد تومان درآمد خالص حاصل می‌گردد. (رشیدی، ۱۳۹۱). از طرفی با توجه به قیمت آب کشاورزی در سال ۱۳۹۲ که بالغ بر متر مکعبی ۸ تومان می‌باشد، می‌توان به این نتیجه رسید که با توجه به کاهش مصرف آب کنجد در مقابل نیشکر، سالانه $7/9 (m^3/m^3) \times 8 = 99300000$ میلیارد تومان در هزینه آب نیز صرفه جویی نمود، که در نهایت در حدود ۲۰۴ میلیارد تومان درآمد خالص از ۳۵۰۰۰ هکتار کشت کنجد حاصل می‌گردد. از طرفی درآمد حاصله از کشت نیشکر در این سطح با توجه به قیمت شکر کیلویی ۱۹۰۰ تومان و با توجه به حدود ۵۶ تن در هکتار تولید نیشکر و هزینه آب و هزینه تولید، حدود ۲۰۲ میلیارد تومان می‌باشد. نتایج در جدول (۳) ارائه شده است.

در نگاه اول نتایج این گونه تحقیقات شاید متعارض با استراتژیهای خودکفایی تأمین مواد غذایی به نظر آید، اما با نگاهی عمیقتر در می‌یابیم که با ورود مقادیر زیاد آب مجازی به کشور، میزان تقاضای آب کاهش خواهد یافت و در این صورت نیازی به تأمین آب از منابع پرهزینه که اکنون دغدغه کشور است، نخواهد بود. علاوه بر این می‌توان آبی را که برای تولید شکر مورد نیاز بوده است، برای سایر بخشها حفظ کنیم، و بهتر این است که با توجه به نیازهای داخلی و ملاحظات آب مجازی محصولات مختلف و نیز بررسی بهره‌وری آب و نیاز آبی آنها، نقطه بهینه‌ای را برای میزان واردات مواد غذایی به کشور بیابیم.

نتیجه‌گیری

با توجه به مجموع نتایج به دست آمده می‌توان گفت در کنار افزایش بهره‌وری آب به عنوان یکی از راههای مقابله با کم‌آبی باید توجه نمود که با دخالت دادن تجارت آب مجازی در سیاستهای آبی علاوه بر اینکه میزان دسترسی خود را به منابع آب جهانی افزایش می‌دهیم، از افزایش فشار بر منابع محدود خود نیز می‌توانیم بکاهیم. بدین ترتیب که تولید یا صادرات محصولات آب بر با توجه به قیمت‌های تمام شده آب و انرژی به نفع کشور

می‌توان آن را در مناطق نسبتاً خشک کشت نمود. کنجد یکی از قدیمیترین گیاهان زراعی روغنی جهان است و از زمانهای قدیم در ایران کشت می‌شود و زمانی از صادرات مهم کشور به شمار می‌رفت (رشیدی، ۱۳۹۱). کشت کنجد در مناطق گرمسیری کشور مانند استانهای خوزستان، سیستان و بلوچستان، جیرفت و فارس متداول است و در استان مازندران هم به دلیل تنوع کشت، کنجد به صورت زراعت اصلی در بهار و یا به صورت کشت مخلوط همراه با پنبه در بهار و همچنین به عنوان کشت دوم بعد از برداشت غلات بسیار مورد توجه کشاورزان منطقه می‌باشد و از سوی دیگر کاربرد روزافزون روغن استحصالی از این گیاه در صنعت موجب افزایش تقاضا جهت افزایش سطح زیرکشت آن می‌باشد.

با توجه به نیاز ۶۶۳۰ متر مکعب در هکتار آبیاری گیاه کنجد (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶) در مقابل ۳۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار نیاز آبی نیشکر می‌توان به این نتیجه رسید که اگر از ۷۰۰۰۰ هکتار اراضی تحت کشت نیشکر استان خوزستان، تنها نیمی از آن به کشت کنجد اختصاص داده شود، با توجه به نیاز آبیاری این ۲ میلیون متر مکعب آب جهت تخصیص دادن ۳۵۰۰۰ هکتار از اراضی به کشت کنجد و

$1225 (m^3/ha) = 35000 \times (ha) 35000$ میلیون متر مکعب آب جهت تخصیص دادن ۳۵۰۰۰ هکتار از اراضی به کشت نیشکر، سالانه ۹۹۳ میلیون متر مکعب از ذخایر آب کشور به صورت ذخیره در ذخایر آب جهانی محفوظ میماند که می‌توان در نهایت به این نتیجه رسید که با واردات بیشتر شکر از کشورهای عمده تولیدکننده نیشکر جهان و اختصاص دادن آب کشور به کشت محصولات بومی داخلی که نیاز آبی کمی دارند، از جمله کنجد میتوان سالانه حجم بالایی از آب را ذخیره و سهم قابل‌شایانی در تجارت آب جهانی داشت.

در داخل کشور، با توجه به توان تولید حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کنجد، می‌توان برآورد کرد با تخصیص دادن ۳۵۰۰۰ هکتار از اراضی خوزستان به کشت کنجد سالانه حدود ۵۰-۵۳ هزار تن کنجد برداشت شود که با توجه به قیمت میانگین ۴۲۵۰ تومان برای هر کیلوگرم

۹. **Arabi-Yazdi, A. A. Alizadeh, and F.Mohammadian, 2009.** Study on Ecological Water Footprint in Agricultural Section of Iran. *Journal of Water and Soil*, 23(4): 1-15 (in Persian).
۱۰. **Chapagain, A. K., A.Y., Hoekstra, and. H. H. G. Savenije, (2005).** Saving water through global trade. Value of Water Research Report Series No. 17, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
۱۱. **Chapagain, A. K. and Y. Hoekstra, (2003).** Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Value of Water Research Report Series No. 13, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.
۱۲. **Fraiture, C. de, Cai, X., Amarasinghe, U., M., Rosegrant, and D. Molden, (2004).** Does International Cereal Trade Save Water? The Impact of Virtual Water Trade on Global Water Use. Comprehensive Assessment Research Report 4, Colombo, Sri Lanka, Comprehensive Assessment Secretariat.
۱۳. **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.
۱۴. **Verkerk, M. P., A. Y., Hoekstra, and , P. W. Gerbens-Leenes (2008).** Global water governance: conceptual design of global institutional arrangements. Value of Water Research Report Series No. ۲۶, $\square\square\square\square\square\square$ - $\square\square\square\square$, $\square\square\square\square$, $\square\square\square$ Netherlands.
- نیست و در طولانی مدت به اقتصاد کشور آسیب وارد خواهد کرد. بطور مثال نیشکر یکی از محصولاتی است که با توجه به نیاز آبی بالا و نتایج به دست آمده از این تحقیق، واردات آن هم از لحاظ منابع آبی و هم منابع مالی به صرفه تر می باشد.
- ### منابع
۱. **بی نام،** پورتال تخصصی صنعت قند و شکر ایران - انجمن صنفی کارخانه های قند و شکر ایران.
 ۲. **بی نام،** گزارش تحلیلی گمرک ایران درخصوص واردات و صادرات شکر در سال ۱۳۹۲.
 ۳. **دهقان منشادی، ح. م، ح. نیک سخن، م. اردستانی، (۱۳۹۲).** برآورد آب مجازی حوضه آبخیز و نقش آن در سامانه های انتقال آب بین حوضه ای. مجله مهندسی منابع آب، سال ششم، ۱۱۴-۱۰۱.
 ۴. **رشیدی، م، (۱۳۹۱).** نقش کنجد در الگوی کشت، تولید و توسعه پایدار در استان فارس. سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، معاونت بهبود تولیدات گیاهی، مدیریت امور زراعت.
 ۵. **علیزاده، الف. ن، خلیلی، (۱۳۸۸).** بررسی بهره-وری آب- انرژی در زراعت چغندر قند (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)، مجله آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۲، جلد ۳.
 ۶. **فرشی، ع. ا. م. ر. شریعتی، ر. جارااللهی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر، و م. م. تولائی. ۱۳۷۶.** برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی. جلد اول (گیاهان زراعی، ۹۰۰ صفحه)، جلد دوم (گیاهان باغی، ۶۲۹ صفحه)، نشر آموزش کشاورزی، کرج.
 ۷. **موسوی، ن. م. اکبری، غ. سلطانی، م مهرجردی. (۱۳۸۸).** آب مجازی؛ راهکاری نوین در جهت مقابله با بحران آب. همایش ملی مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی - مرودشت.
 ۸. **میرنظامی، سید جلال الدین، (۱۳۹۲).** بهره وری مصرف آب. سمینار دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.