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 اجراست جلب کند، در این راستا، کشورهای کم آب می توانند 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 غیرکشاورزی 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 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 می باشد، 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 می توان 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 می شود که با تخصیص دادن ۳۵۰۰۰ هکتار از اراضی خوزستان به کشت کنجد، می توان 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 می گردد. از طرفی، درآمد حاصله از کشت نیشکر در این سطح نیز در حدود ۲۰۲ میلیارد تومان می باشد. 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 می شود.

واژه های کلیدی: آب مجازی، بهره وری 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

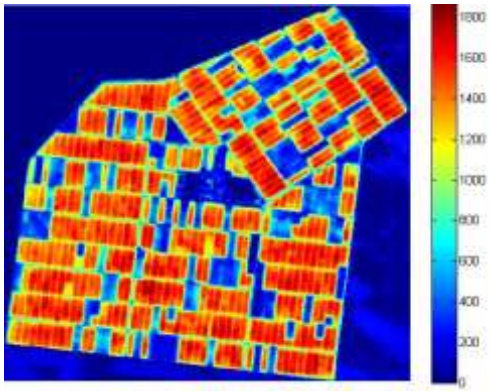
[*]- نویسنده مسوول مقاله: Mirlat_M@modares.ac.ir

مقدمه

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 موادغذایی، 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 خودرا 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 درسال ۱۹۹۵ با واردات انواع محصولات کشاورزی از آمریکا که برای تولیدات 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 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 قطعا 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).



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

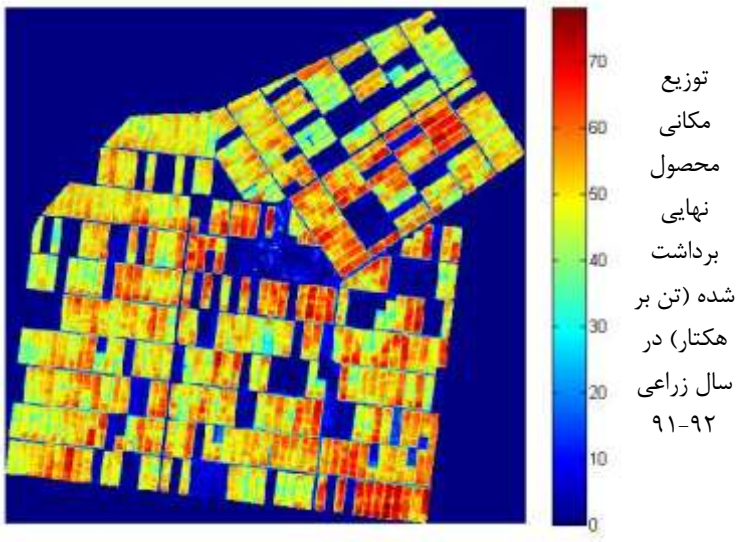
شکل ۱ - توزیع مکانی تبخیر – تعرق واقعی فصلی (میلیمتر) برای محصول نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی ۹۱-۹۲

با پیشرفت جهانی شدن، تجارت جهانی به صورت عام و تجارت آب مجازی رو به افزایش است. تبادلات بین المللی 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 گونه ای 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 بازده ترین 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 فزاینده ای تولید شوند.

تحقیقات انجام شده به وسیله‌ی چاپاگین و همکاران، (۲۰۰۵) نشان می دهد که در سالهای ۱۹۹۹-۱۹۹۵ 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 می‌دهد 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 بوم شناسی 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 نمی باشد.



شکل ۲- توزیع مکانی محصول نهایی برداشت شده (تن بر هکتار) برای گیاه نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی ۹۲-۹۱

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 قرارگرفته 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 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 48°16'49"E ۳۱□۲'۲"N 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) :

$$VWC_{cf} = \frac{CWR_{cf}}{Y_{cf}} \quad (۱)$$

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

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

Y_{cf} : 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 ان محصول در میزان آب مجازی مربوط به آن محاسبه می شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸) .

$$VWI_{cf} = VWC_{cf} * I_{Cf} \quad (۲)$$

$$VWE_{cf} = VWC_{cf} * E_{Cf} \quad (۳)$$

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

$VWE\ c_f$: صادرات آب مجازی محصول در سال بر حسب متر مکعب.

$I\ c_f$: مقدار واردات سالانه محصول بر حسب تن.

$E\ c_f$: مقدار صادرات سالانه محصول بر حسب تن.

بنابراین مبادله خالص آب مجازی را می توان به صورت زیر نوشت (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸) :

$$NVWT\ c_f = VWI\ c_f - VWE\ c_f \qquad (۴)$$

$NVWT\ c_f$: 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 می گردد (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸):

$$CWU_{jti} = \frac{ET}{Efficiency} \qquad (۵)$$

$$VWC = \frac{CWU\ jti}{Yield} \qquad (۶)$$

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 می نماید. از آنجا که تصاویر ماهواره ای تنها می توانند اطلاعاتی در زمان گذر ماهواره ارائه دهند لذا شبیه سبال می تواند 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 می شود. با صرفنظر کردن از مقدار جزئی انرژی که صرف سوخت و ساز فوری و ذخیره گرما در گیاه می شود معادله توازن انرژی را می- توان بصورت زیر بیان کرد:

$$\lambda ET = Rn - G - H \qquad (۷)$$

که در آن λET گرمای نهان تبخیر- تعرق (کارمایه مورد استفاده جهت تبخیر- تعرق) Rn، 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 می باشد 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 می باشد، تبخیر- تعرق گیاه نیشکر در طول یک دوره‌ی رشد بر اساس رابطه‌ی زیر برآورد شد :

$$ET_{total} = \sum_{i=1}^{i=10}(ETi\ 24 \times 16) \qquad (۸)$$

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.

محصـول نهـایی نیشـکر برداشـت شـده بـه وسـیله‌ی ماهواره لندست ۸ پس از برآورد ضـرایب، از طریـق رابطـه 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 بهره وری مصرف آب

برای ارزیابی بهره وری آب بـرای یـک محصـول در یک مزرعه‌ی تحت کشت آبی و یا الگوی کشـت موجـود در یک منطقه (معمولا در مقیاس حوضه ای) دیدگاه‌های مختلفـی وجـود دارد. از معمـولترین آنهـا مـی تـوان بـه دیدگاههای بهره وری بر اساس عملکرد محصول بـه ازای واحد آب مصرفی (CPD) و یا درآمد خالص اختصاصی به ازای واحد آب مصرفی (NBPD) اشاره کـرد (چاپـاگین و همکاران، ۲۰۰۵).

$$CPD = \frac{\text{مقدار محصول تولید شده}}{\text{کل آب مصرف شده}} \qquad (۱۰)$$

در این رابطه منظور از کل آب مصرف شده مجموع آب آبیاری و بارنـدگی مـوثر مـی باشـد. مقـدار کـل آب مصرف شده را نیز می توان بر اساس حجم تبخیر- تعرق واقعی صورت گرفته از گیاه بیان کرد که در ایـن صـورت رابطه‌ی بالا برای محاسبه ی شاخص بهـره وری در ایـن دیدگاه مورد استفاده قرار می گیرد (میرنظامی، ۱۳۹۱):

$$CPD = \frac{\text{مقدار محصول تولید شده}}{\text{تبخیر –تعرق واقعی گیاه}} \qquad (۱۱)$$

در این تحقیق بهـره وری مصـرف آب بـه صـورت نسـبت مقدار محصول تولید شده به تبخیر- تعرق واقعـی صـورت گرفته در کشت و صنعت تعریف شد.

پس از برآورد تبخیر- تعرق واقعی در طول یک فصل دوره رشـد نیشـکر (اردیبهشـت تـا مهرمـاه) بـه وسـیله‌ی الگوریتم سبال و برآورد عملکرد نهایی نیشـکر، از مجمـوع پیکسلهای عکس ماهواره ای در محدوده کشـت و صـنعت امیرکبیر، تبخیر – تعرق واقعی کل و عملکرد نهایی کشت و صـنعت بـه دسـت آمـد و در نهایـت از نسـبت ایـن دو فراسنج به یکدیگر بهره وری مصرف آب برای گیاه نیشـکر در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در سال زراعی ۹۲-۹۱ محاسبه و در جدول (۱) ارائه شد.

جدول ۱ - محاسبه تبخیر - تعرق واقعی ، عملکرد نهایی محصول و بهره وری مصرف آب در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر

سطح زیر کشت (هکتار)	۹۳۲۸/۵	محصول تولیدی در هر هکتار (تن)	۵۶
کل تبخیر – تعرق واقعی (میلیون متر مکعب)	۱۶۰	بهره وری آب (کیلوگرم نیشکر برمترمکعب آب)	۳/۴
تبخیر – تعرق 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 ۹۲-۹۱

محصول	نیازآبی (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

شاخص	فرمول	مقدار
میزان آب مجازی محصول در سال (متر مکعب بر تن)	$VWC_{cf} = \frac{CWR\ cj}{Y\ cf}$	۳۰۷
واردات آب مجازی محصول در سال (متر مکعب)	$VWI\ c_f = VWC\ c_f * I_{Cf}$	۴۸۴۷۵۳۰۰۰۰
صادرات آب مجازی محصول در سال (متر مکعب)	$VWE\ c_f = VWC\ c_f * E_{Cf}$	۰
مبادله خالص آب مجازی محصول در سال (متر مکعب)	$NVWT\ c_f = VWI\ c_f - VWEc_f$	۴۸۴۷۵۳۰۰۰۰
مقدار اب مصرفی گیاه در سال (متر مکعب بر هکتار)	$CWU_{jti} = \frac{ET}{Efficiency}$	۳۵۰۰۰
مقدار آب مجازی گیاه در سال (متر مکعب بر تن)	$VWC = \frac{CWU\ jti}{Yield}$	۶۲۵

نتایج و بحث

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 ۹۲-۹۱ تقریبا به میزان ۵۲۰۲۳ تن می-باشد که برای تولید این میزان شکر در این کشت و صنعت بیش از ۱۶۰ میلیون مترمکعب آب جهت تبخیر- تعرق واقعی گیاه نیشکر نیاز می باشد. با توجه به بازده 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 تقریبا معادل ۶۱۶۱۵۹ تن بوده است که با توجه به نتایج به دست آمده از کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در این سال می توان نتیجه گرفت برای تولید این میزان شکر در حدود ((۳۸۷۲ = ۳۲۷ × (($\frac{616159}{52023}$) = ۱۱/۸۴)) 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 ۱/۵۷۹۸/۰۰۰ تن شکر در این سال برای گیاه نیشکر در حدود ۴۸۴۷ میلیون مترمکعب بوده است (بی نام، ۱۳۹۲)..

میانگین نیاز ابی ناخالص نیشکر در برزیل ۱۳۹۸۳ مترمکعب بر هکتار می باشد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸)

با توجه به دادههای موجود در مکان خوار وبار جهانی FAO ، میانگین ۵ ساله عملکرد نیشکر در کشور مذکور ۷۴/۸۳ تن بر هکتار می باشد. این در حالیست که میانگین نیاز ابی ناخالص نیشکر در ایران ۳۵۰۰۰ مترمکعب بر هکتار و عملکرد آن ۵۶ تن بر هکتار می باشد که با توجه به ارقام برآورد شده در سال ۱۳۹۲ در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر می توان 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، می-بایستی 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 محصولاتی که با توجه به شرایط آب و هوایی استان خوزستان و خاک منطقه می توان پیشنهاد نمود که بتواند با میزان حداقل آب نسبت به نیشکر توان تولیدی بالایی داشته باشد گیاه کنجد می باشد. مقاومت کنجد در برابر خشکی از مزایای عمده آن محسوب می شود، زیرا

می توان آن را در مناطق نسبتاً خشک کشت نمود. کنجد یکی از قدیمیترین گیاهان زراعی روغنی جهان است و از زمانهای قدیم در ایران کشت می شود و زمانی از صادرات مهم کشور به شمار می رفت (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 می باشد و از سوی دیگر کاربرد روزافزون روغن استحصالی از این گیاه در صنعت موجب افزایش تقاضا جهت افزایش سطح زیرکشت آن می باشد.

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 می توان 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 محصول، ۲۳۲ = (m^3/ha) ۶۶۳۰ × (ha) ۳۵۰۰۰ میلیون متر مکعب آب جهت تخصیص دادن ۳۵۰۰۰ هکتار از اراضی به کشت کنجد و ۱۲۲۵ = (m^3/ha) ۳۵۰۰۰ × (ha) ۳۵۰۰۰ 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 می توان در نهایت به این نتیجه رسید که با واردات بیشتر شکر از کشورهای عمده تولید کننده 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 قابل شایانی در تجارت آب جهانی داشت.

در داخل کشور، با توجه به توان تولید حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کنجد، می توان 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 محصول و ۶۰۰۰۰۰ هزار تومان در هکتار هزینه ، در حدود ۱۹۶ میلیارد تومان درآمد خالص حاصل می گردد. (رشیدی، ۱۳۹۱). از طرفی با توجه به قیمت آب کشاورزی در سال ۱۳۹۲ که بالغ بر متر مکعبی ۸ تومان می باشد، می توان به این نتیجه رسید که با توجه به کاهش مصرف آب کنجد در مقابل نیشکر، سالانه ۷/۹ (تومان/m^3) × ۸= (m^3) ۹۹۳۰۰۰۰۰۰ 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 می گردد. از طرفی درآمد حاصله از کشت نیشکر در این سطح با توجه به قیمت شکر کیلویی ۱۹۰۰ تومان و با توجه به توان درحدود ۵۶ تن در هکتار تولید نیشکر و هزینه آب و هزینه تولید، حدود ۲۰۲ میلیارد تومان می باشد. 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 می یابیم 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 بهره وری آب و نیاز آبی آنها، نقطه بهینه ای را برای میزان واردات مواد غذایی به کشور بیابیم.

نتیجه گیری

با توجه به مجموع نتایج به دست آمده می توان گفت در کنار افزایش بهره وری آب به عنوان یکی از راههای مقابله با کم آبی 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 می-دهیم، از افزایش فشار بر منابع محدود خود نیز می توانیم بکاهیم. بدین ترتیب که تولید یا صادرات محصولات آب بر با توجه به قیمتهای تمام شده آب و انرژی به نفع کشور

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، وارادات 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 چغندرقند (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)، مجله آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۲ ، جلد ۳.

۶. **فرشی، ع. ا. م. ر. شریعتی، ر. جاراللهی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر ، و م. م. تولائی. ۱۳۷۶ .** براورد 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.

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 goverance: conceptual design of global institutional arrangements. Value of Water Research Report Series No. ۲۶, □□□□□□-□□□, □□□□□, □□□ Netherlands.