مطالعه جریانات آب مجازی منطقه‌ای و تجارت آن در دشت شیبلو

رحیم عبداله زاده کهریزی[۱]، امیرحسین کوکبی‌نژاد مقدم [۲*]، ادریس معروفی نیا[۳]

[۱]دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی، کارشناس آب های زیرزمینی آب منطقه ای آذربایجان غربی، ماکو، ایران
[۲*] گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران
[۳]دانشجوی دکتری، گروه عمران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: amir_kokabi@iau-maragheh.ac.ir

چکیده:

در نگرش جدید جهانی، آب کالایی اقتصادی- اجتماعی محسوب شده و هر چند یکی از منابع تجدیدشونده به شمار می‌رود، اما مقدار آن محدود است. با توجه به رشد جمعیت،گسترش صنعت ونیاز به تولیدات بیشتر و با کیفیت بهتردر بخش کشاورزی، بالارفتن سطح بهداشت و رفاه عمومی و مواردی از این قبیل سرانه منابع تجدید شونده ازجمله آب روبه کاهش می‌باشد. محدوده مطالعاتی مطالعه، شیبلو در شمالغرب می باشد که این محدوده در شرق محدوده مطالعاتی پلدشت و در شمال محدوده مطالعاتی قره ضیاالدین واقع شده است. هدف این تحقیق بررسی وضعیت منابع آب‌های سطحی، وضعیت آماری سطح زیرکشت و نوع محصولات کشاورزی دشت شیبلو به منظور تخمین مقدار آب مورد نیاز جهت تولید محصولات و در تعیین آب مجازی محصولات منطقه می‌باشد. در این راستا به محاسبه آب نهفته در محصولات کشاورزی منطقه پرداخته شده و پس از آن، شناسایی جهت جریان آب مجازی و برآورد میزان مبادلات آب مجازی، شاخص ردپای آب و دیگرنمایه‌های مربوطه مورد مطالعه قرارگرفته است. یافته‌ها و نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که سطح آب درفاصله زمانی ۳۰ ساله روند نزولی دارد. به طوری که متوسط افت سطح آب درباچه سد ارس که تامین کننده آب مورد نیاز دشت شیبلو می باشد برابر با ۲/۲۱ متر برآورد می‌گردد. در این تحقیق از نگاهی نو به بحث بحران آب این دشت پرداخته شده، میزان تاثیرگذاری بخش‌های کشاورزی و صنایع مشخص شده است.

واژگان کلیدی: آب مجازی، مصارف و بهره وری آب، تجارت آب، دشت شیبلو

پیشگفتار

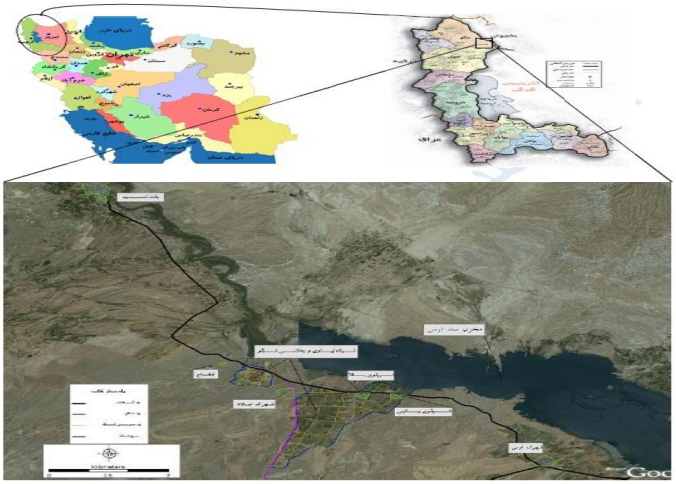
منابع آب تحت فشار فزاینده ای از رشد جمعیت، توسعه اقتصادی–اجتماعی و تغییرات آب و هوایی قرار دارند (اشکتوراب و همکاران[1]، ۲۰۲۲). منابع آب به صورت آب مجازی از طریق تجارت بین المللی توزیع می شود که بر عرضه و مصرف آب هر کشور تأثیر می گذارد. بنابراین، مطالعه عوامل محرک تجارت آب مجازی برای کاهش تنش آبی و تضمین امنیت غذایی حائز اهمیت است (ونجون و همکاران[2]، ۲۰۲۲). کمبود آب به یک موضوع جهانی در کشاورزی تبدیل شده است. بنابراین استفاده پایدار از منابع آب ضروری است. مفهومی که اخیراً بسیاری از برنامه ریزان و کارشناسان در حوزه مدیریت آب بر آن تاکید کرده اند که ردپای آب و تجارت آب مجازی است (بهرامی و همکاران[3]، ۲۰۲۲). در حقیقت مبادله بین رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست یک عامل مهم در مدیریت ملی محیط زیست است (شین و همکاران[4]، ۲۰۲۲). کمبود آب مجازی، یک شاخص بهبود یافته از آب مجازی است که امکان مقایسه معنادار بین مصرف آب محصولات از مناطق با منابع آبی مختلف و کمبود آب را فراهم می‌کند (ژی و همکاران[5]، ۲۰۲۲). رشد مصرف آب با جریان آب مجازی تشدید شده ناشی از افزایش تولید و مصرف محصولات گوشتی و خوراکی، پایداری منابع آب را در کشورهای کم‌آب و مناطق صادراتی تهدید می‌کند (جی و همکاران[6]، ۲۰۲۲). زندگی با تنش شدید آبی در حال حاضر به یک نگرانی اساسی در بسیاری از کشورهای جهان تبدیل شده است. با وجود کمبود آب، مصرف آب در حوضه به دلیل بهبود استانداردهای زندگی و رشد سریع جمعیت حوضه در چند دهه گذشته رو به افزایش بوده است (لانگ و همکاران[7]، ۲۰۲۲). تضمین دسترسی به آب یکی از اهداف توسعه پایدار سازمان ملل است. مدیریت تقاضای آب، که به عنوان یک رویکرد مهم برای تامین آب مطمئن ظاهر شده است، باید با درک خوبی از نحوه تلقی مردم از مصرف آب حمایت شود (لیو و همکاران[8]، ۲۰۲۲). حکمت نیا و همکاران (۱۴۰۰) عوامل موثر بر تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. یافته های پژوهش فوق نشان می دهد که قیمت نسبی صادراتی بیشترین تاثیر را بر صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران دارد. شوک وارد شده بر درآمد شرکای عمده تجاری منجر به کاهش صادرات آب مجازی شده است. در خصوص تابع واردات مشخص شد که قیمت‌های نسبی وارداتی و درآمد داخلی بیشترین تاثیر را بر واردات آب مجازی محصولات کشاورزی ایران دارد. حسینی و همکاران (۱۳۹۹) به تعیین و ارزیابی ردّپای آب‌های سبز، آبی و خاکستری در تجارت بین المللی محصولات کشاورزی ایران پرداختند. یافته های پژوهش فوق نشان می دهد که فاصله‌ی مکانی و داشتن مرز مشترک زمینی و دریایی تاثیر مثبت بر تجارت آب مجازی ایران داشت و بیشترین واردات و صادرات آب مجازی با کشورهایی بود که دارای مرز مشترک با ایران بودند. همچنین واردات آب مجازی از طریق واردات محصولات کشاورزی می‌تواند باعث ذخیره آب در سطح ملی شود. دولت آبادی و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی شاخص راندمان ذخیره آب در ایران و عراق در تجارت آب مجازی با ترکیه پرداختند. یافته های پژوهش فوق نشان می‌دهد گرچه واردات محصولات از ترکیه به ایران و عراق موجب ذخیره منابع آب در این دو کشور خواهد شد، با توجه به حوضه مشترک دجله و فرات، سیاست‌های تجاری باید براساس ذخیره‌سازی آب در کل حوضه شکل گیرند. هدف این تحقیق بررسی وضعیت منابع آب‌های سطحی، وضعیت آماری سطح زیرکشت و نوع محصولات کشاورزی دشت شیبلو به منظور تخمین مقدارآب مورد نیاز جهت تولید محصولات و در تعیین آب مجازی محصولات منطقه می‌باشد. در این راستا به

[1] Ashktorab et al.
[2] Wenjun et al.
[3] Bahrami et al.
[4] Xin et al.
[5] Zhi et al.
[6] Ji et al.
[7] Long et al.
[8] Liu et al.

محاسبه آب نهفته در محصولات کشاورزی منطقه پرداخته شده و پس ازآن، شناسایی جهت جریان آب مجازی و برآورد میزان مبادلات آب مجازی، شاخص ردپای آب و دیگر نمایه‌های مربوطه مورد مطالعه قرار می گیرد.

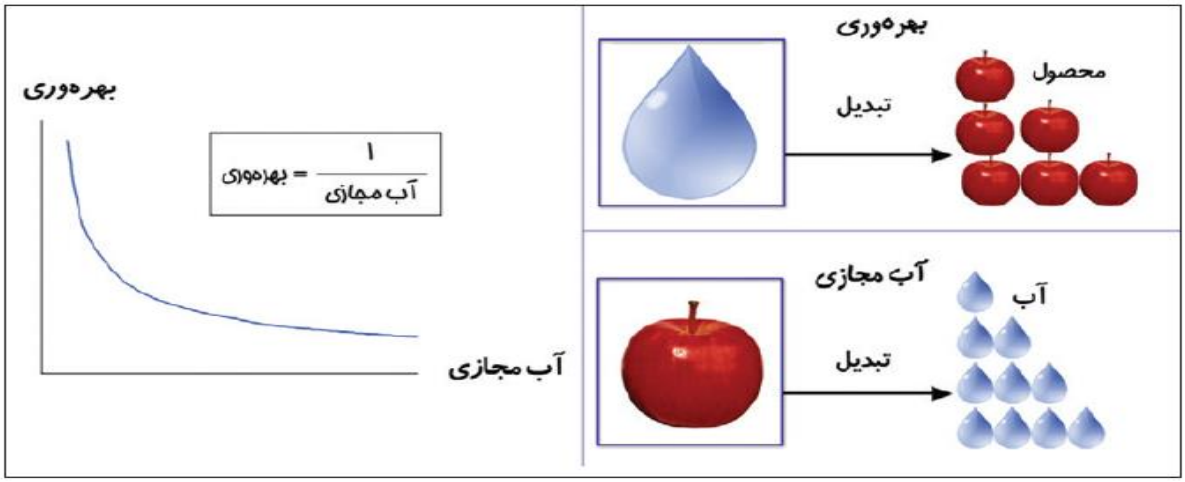
مواد و روش ها

استان آذربایجان غربی یکی از ۳۱ استان ایران است، که در شمال غربی ایران قرار دارد و مرکز آن شهر ارومیه است. این استان با داشتن حدود ۱۰۰۰ کیلومتر راه اصلی و بزرگراه که از شمالی‌ترین شهر استان (بازرگان) تا جنوبی‌ترین شهر استان (سردشت) را به هم متصل می‌کند. پلدشت یکی از شهرهای مرزی استان آذربایجان غربی در شمال غربی‌ترین نقطه ایران و ساحل رود ارس است. این بخش ناحیه‌ای جلگه‌ای و شن زار می‌باشد و قسمتی از آن کوهستانی است. هوای آن نسبت به دیگر بخش‌ها گرم تر است. رود زنگبار نیز دقیقاً از مرکز شهر می‌گذرد و به ارس می‌ریزد. وجود منابع آب سطحی زیاد در دشت پلدشت – ماکو موجب شده است تا بخش قابل توجهی از نیازهای آبی منطقه از منابع آب سطحی تامین گردد، بنابراین منابع آب زیرزمینی مثل چاه ها، قنوات و چشمه‌های جاری در منطقه نقش کمتری درتامین نیاز آبی فعالیت‌های کشاورزی، صنعت و شرب منطقه را ایفا کرده‌اند. در این محدوده مطالعاتی، به منظور برآورد مصارف آب در بخش کشاورزی،از اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت شهرستان پلدشت، مطالعات طرح جامع آب کشور، مطالعات جامع توسعه کشاورزی، تصاویر ماهواره ای موجود از منطقه به همراه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه و همچنین مطالب استخراج شده از سایت‌های اینترنتی مرتبط استفاده شده است. بخش کشاورزی در دشت شیبلو مهم‌ترین فعالیت وابسته به منابع آب منطقه را تشکیل می دهد.گستره اراضی کشاورزی حاشیه جنوبی رودخانه ارس موجب تمرکز مناطق برداشت از منابع آب سطحی در این منطقه و به تبع آن، اضافه برداشت از آب رودخانه ارس را بدنبال داشته است. تامین آب کشاورزی دشت شیبلو از یک ایسگاه پمپاژ صورت می گیرد و با یک خط لوله انتقال به بلندترین نقطه ارتفاعی دشت رسانده می شود و پس از آن بوسیله کانال های درجه ۱ و۲ احداث شده مزارع را آبیاری می کند. شکل (۱) موقعیت دشت شیبلو نسبت به تقسیمات سیاسی کشور را نشان می دهد.



شکل (۱) موقعیت دشت شیبلو نسبت به تقسیمات سیاسی کشور

اصطلاح آب مجازی توسط تونی آلن برای نشان دادن کل مقدار آب مصرف شده برای تولید یک محصول مطرح شد. در واقع کل مقدار آب مصرفی در زنجیره تولید برای پدید آوری یک محصول نهایی آب مجازی می گویند (هویکاسترا، ۲۰۰۳). زمان و مکان تولید، شرایط اقلیمی و بازده در میزان آب مصرفی برای تولید محصولات صنعتی و کشاورزی دخالت دارند. در واقع تجارت آب مجازی، با سپردن تولید هر محصول کشاورزی به اقلیم مناسب آن، موجب کاهش مصرف آب در مقیاس جهانی می گردد (احسانی و همکاران، ۱۳۸۷). در شکل (۲) مفهوم آب مجازی با بهره وری آب مقایسه را نشان می دهد.



شکل (۲) مفهوم آب مجازی در مقایسه با بهره وری آب

محاسبه آب مجازی محصولات مختلف کشاورزی

عمده محصولات کشت شده در دشت شیبلو شامل گندم، جو،هندوانه، یونجه وکلزا می باشد. مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی برای تولید محصول از رابطه (۱) زیر محاسبه می شود:

$$AWU=\Sigma CWU[c] \quad (۱)$$

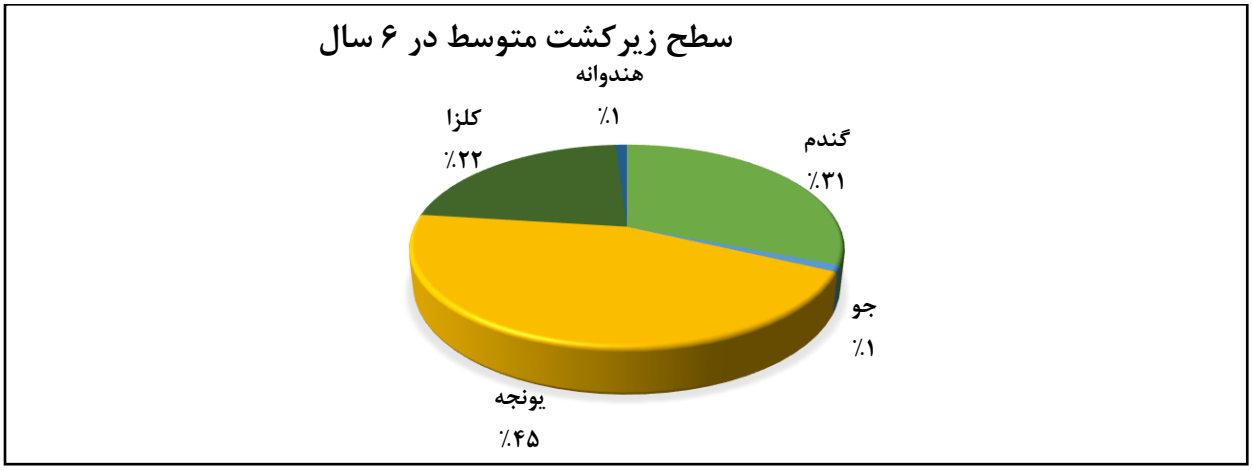
که در این رابطه AWU: مقدار کل مصرف آب برای تولید محصولات کشاورزی (متر مکعب در سال)، [c]: گیاه مورد نظر، CWU : آب مصرفی گیاه است که عبارت است از جمع کل آب مصرف شده برای رشد ونمو یک گیاه در مدت معین می باشد که از رابطه (۲) بدست می آید:

$$CWU[c]= CWR[c]\times \text{کل محصول (گیاه) تولید شده در سال (تن در سال)} \quad (۲)$$

که CWU[c]: میزان تولید محصول (گیاه) در واحد سطح (تن در هکتار) و CWR نیاز آبی گیاه می‌باشد. برای محاسبه آب مجازی یک گیاه، نسبت کل آب مصرف شده برای تولید آن گیاه را به مقدار کل محصول تولید شده در سال تقسیم می نماییم، که معمولاً بر حسب متر مکعب در تن اندازه گیری و طبق رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$VWC[c]= \frac{CWU[c]}{TP\ [c]} \quad (۳)$$

که در این رابطه VWC [c] آب مجازی، CWU[c] میزان آب مصرفی(متر مکعب در سال) و TP [c] عملکرد در واحد سطح محصول (تن برسال) می‌باشد. میـزان آب مجازی گیاهان با توجه به شـرایط اقلیمی، موقعیت جغرافیایی، مسائل فنی،روش کاشـت، شرایط فرهنـگی وغیره در کشورهای مختلف جهان متفاوت است. شکل (۳) سطح زیر کشت پنج محصول عمده دشت شیبلو در سال های ۹۰-۹۵ را نشان می دهد.



شکل (۳) سطح زیر کشت پنج محصول عمده دشت شیبلو در سال های ۹۵-۹۰

مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی برای پنج محصول زراعی عمده دشت شیبلو محاسبه و در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱) مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی برای پنج محصول زراعی عمده (متوسط در ٦ سال مورد تحقیق)

نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	میزان تولید (تن در سال)	عملکرد گیاه یا محصول (تن برهکتار)	نیاز آبی گیاه یامحصول (مترمکعب برهکتار)
هندوانه	۱۰۵	۸۶۱	۲۱/۱	۱۲۴۰۰
گندم	۴۸۳	۶۲۸	۱/۳۴	۷۷۰۰
جو	۱۱۴	۱۷۸	۱/۶۰	۷۷۵۰
یونجه	۵۸۱	۲۵۷۲	۳/۸۷	۲۱۲۰۰
کلزا	۲۱۷	۴۲۰	۲/۰۳	۷۷۵۰

بحث و نتایج

نیاز آبی هر گیاه مجموع میزان تبخیر سطحی و تعرق آن گیاه می‌باشد که از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر برآن می‌توان به اقلیم، زمان تولید، نوع آبیاری و نوع گیاه اشاره کرد. محصولاتی که در مناطق گرم و خشک کشت می‌شوند معمولاً به جهت تعرق بالا و همچنین تبخیر سطحی قابل توجهی که در آن مناطق وجود دارد، می‌بایست نیاز آبی و همچنین آب مجازی بیشتری نسبت به شرایط مشابه در دیگر مناطق با دمای متوسط پایین‌تر و رطوبت میانگین بالاتر داشته باشند. از طرف دیگر محصولاتی که به صورت دیم کاشته می‌شوند به طور متوسط عملکرد در واحدسطح پایین‌تری نسبت به کشت آبی دارند. بنابراین آب مجازی کشت دیم به مراتب بالاتر از مشابه خود در کشت آبی است. با این تفاسیر بدیهی است محصولی که معمولاً در مناطق گرم و خشک و به طور دیم کشت می‌شود و با این اقلیم سازگاری دارد، باید آب مجازی بالایی داشته باشد. در حالی که اغلب این محصولات به خاطر ظاهر کم آب و خشکی که دارند، در نگاه سطحی آب مجازی پایین‌تری نسبت به محصولات پرآب مناطق مرطوب یا سردسیر دارند. جدول (۲) آب مجازی محاسبه شده، جدول (۳) مقدار جریان آب مجازی و جدول (۴) مقدار بهره وری آب در چهار محصول زراعی عمده دشت شیبلو را نشان می دهد.

جدول(۲) مقدار آب مجازی محصول زراعی عمده دشت شیبلو

نام محصول	سطح زیر کشت هکتار	میزان تولید (تن در سال)	عملکرد گیاه یا محصول (تن برهکتار)	نیاز آبی گیاه یا محصول (مترمکعب برهکتار)	آب مجازی (مترمکعب در تن)
هندوانه	۱۰۵	۸۶۱	۲۱/۱	۱۲۴۰۰	۱۵۸۷
گندم	۴۸۳	۶۲۸	۱/۳۴	۷۷۰۰	۵۹۳۵
جو	۱۱۴	۱۷۸	۱/۶۰	۷۷۵۰	۴۶۱۶
یونجه	۵۸۱	۲۵۷۲	۳/۸۷	۲۱۲۰۰	۴۸۱۵
کلزا	۲۱۷	۴۲۰	۲/۰۳	۷۷۵۰	۴۰۰۵

جدول (۳) مقدار جریان آب مجازی محصول زراعی عمده دشت شیبلو

نام محصول	سطح زیر کشت هکتار	میزان تولید (تن درسال)	عملکرد گیاه یا محصول (تن برهکتار)	نیاز آبی گیاه یا محصول (مترمکعب برهکتار)	آب مجازی (مترمکعب در تن)	جریان آب مجازی (مترمکعب)
هندوانه	۱۰۵	۸۶۱	۲۱/۱	۱۲۴۰۰	۱۵۸۷	۳۳۴۸۶
گندم	۴۸۳	۶۲۸	۱/۳۴	۷۷۰۰	۵۹۳۵	۷۹۵۲
جو	۱۱۴	۱۷۸	۱/۶۰	۷۷۵۰	۴۶۱۶	۷۳۸۵
یونجه	۵۸۱	۲۵۷۲	۳/۸۷	۲۱۲۰۰	۴۸۱۵	۱۸۶۳۵
کلزا	۲۱۷	۴۲۰	۲/۰۳	۷۷۵۰	۴۰۰۵	۸۱۳۰

جدول (٤) مقدار بهره وری آب در چهار محصول زراعی عمده دشت شیبلو

نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	میزان تولید (تن درسال)	عملکرد گیاه یا محصول (تن برهکتار)	نیاز آبی گیاه یامحصول (مترمکعب برهکتار)	آب مجازی (مترمکعب در تن)	بهره وری آب کشاورزی (کیلوگرم در متر مکعب)
هندوانه	۱۰۵	۸۶۱	۲/۱۱	۱۲۴۰۰	۱۵۸۷	۰/۰۰۰۰۲۹۸
گندم	۴۸۳	۶۲۸	۱/۳۴	۷۷۰۰	۵۹۳۵	۰/۰۰۰۱۲۵
جو	۱۱۴	۱۷۸	۱/۶۰	۷۷۵۰	۴۶۱۶	۰/۰۰۰۱۳۵
یونجه	۵۸۱	۲۵۷۲	۳/۸۷	۲۱۲۰۰	۴۸۱۵	۰/۰۰۰۰۵۳۶
کلزا	۲۱۷	۴۲۰	۲/۰۳	۷۷۵۰	۴۰۰۵	۰/۰۰۰۱۲۳

جمع بندی نتایج

با توجه به اینکه تنها تامین کننده آب مورد مصرف در دشت شیبلو رودخانه مرزی ارس می باشد و بررسی وضعیت آبدهی آن نشان می دهد آب رودخانه متاثر از برداشت های بی رویه در کشور های بالادست و همجوار رودخانه وخشکسالی و تغییرات اقلیمی روند نزولی دارد چه بسا در آینده ای نه چندان دور نقصان فاحشی در آبدهی داشته باشد. بنا براین از هم اکنون باید به فکر استفاده بهینه از آب باشیم. لذا می توان گفت که در میان محصولات منتخب تقریبا ۴۴ درصد از آب مجازی شامل هندوانه و ۱۰ درصد از آن شامل گندم و۲۵ درصد از آن شامل یونجه و باقیمانده شامل ۲ محصول دیگر می شود که نشان دهنده‌ی بهره وری بالای گندم و جو و کلزا به هندوانه و یونجه می باشد. همچنین حجم کل آب مجازی در بخش کشاورزی ۷۵۵۷۶۰۰ مترمکعب در سال می باشد یعنی به ارزش تقریبا ۲۲۷ میلیون تومان درسال می باشد. درمیان محصولات منتخب کاشت هندوانه و یونجه در منطقه بدلیل بهره وری کم و آب مجازی زیاد مناسب نمی باشد ولی می توان به جای حذف کامل آن از لیست تولیدات کشاورزی تولیدآن راکاهش داد و از استان های مجاور هندوانه وارد کنیم ولی گندو و جو ودانه های روغنی بدلیل بهره وری زیاد نسبت به محصولات دیگر البته با تاکید به اینکه میزان تولید را به منظور رقابت با شهرهای دیگر بالا نبریم وتا حدی ثابت نگهداریم می تواند مناسب باشد. همچنین می توان گفت که شدت مصرف آب در بخش کشاورزی در دشت شیبلو تقریبا ۹۶ درصد می‌باشد که نشان می‌دهد بیشترین میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی می‌باشد به لحاظ اینکه صنایع در این منطقه وجود ندارد که این آب با قیمتی خیلی پایین‌تر از متوسط جهانی‌اش دراختیار کشاورزان قرارمی گیرد و دولت هرساله کلی یارانه به این بخش می پردازد البته قیمت گذاری نیز می‌تواند با جلوگیری از میزان تولید اضافی محصولات به منظور رقابت باشهرهای دیگر راهکارهای مدیریتی برای اصلاح الگوی مصرف آب باشد. فلذا قدار آب مجازی هر کالا یا محصول با توجه به شرایط اقلیمی و فرهنگی، مکان تولید، مدیریت و برنامه ریزی در طی روند تولید آن متفاوت است. همچنین انتقال آب مجازی بین کشورهای مختلف از طریق وارد یا صادر کردن محصولات و خدمات صورت می پذیرد. صادرات آب مجازی برای یک کشور یا ناحیه برابر با کل حجم آب مورد نیاز برای تولید اجناس صادراتی است از طرف دیگر واردات آب مجازی یک کشور یا ناحیه برابر با حجم آب مرتبط با واردات کالا یا خدمات است.

در نهایت پیشنهاد می گردد که با توجه به روند کاهشی آب رودخانه ارس طی ۱۰ سال اخیر، پیشنهاد می‌شود نوع کشت منطقه طبق مطالعات دقیق تعویض شده و از کشت محصولاتی که نیاز فراوان به آبیاری دارند ممانعت به عمل آید. با توجه به اینکه آب مورد استفاده برای آبیاری مزارع بصورت سنتی مورد استفاده قرار می گیرد، پیشنهاد می‌شود روش آبیاری با بکارگیری سیستم های نوین آبیاری از به هدر رفتن آب جلوگیری بعمل آید. همچنین جایگزین کردن کشت محصولاتی که به آب کمتری نیازدارند با محصولاتی با نیازآبی بالا می تواند یکی از گزینه‌ها برای اصلاح ساختار کشاورزی در دشت شیبلو باشد. همچنین به منظورافزایش کارآیی مصرف آب بهتراست محصولاتی با بهره وری آب بیشتربه جای محصولات با بهره وری آب کمتر درمناطق مشخص کاشته شوند و بدین ترتیب آب برای تولیدات دارای ارزش اقتصادی بالاتر و سایرمصارف ضروری، ذخیره گردد. همچنین استفاده مؤثرتر از منابع آب سبز با هدف کاهش فشاربرمنابع آب آبی می‌تواند به عنوان یک راهکار در امنیت غذایی اعمال شود. میزان آب مجازی کالاها،به علاوه مکان تولیدبه صورت برچسب روی کالاها درج گردد. اشاعه این اقدام، باعث تأثیر روانی مثبتی در جهت صرفه جویی خواهد شد. در نهایت می توان گفت که یافتن فناوری ارزان قیمت برای کاهش تبخیرازسطح خاک وتعرق ازگیاه، برکاهش آب مجازی محصولات مؤثرخواهدبود و مشوق‌های مالیاتی برای کشاورزانی که اقدام به تغییر الگوی کشت نموده واز آبیاری‌های پیشرفته مانند آبیاری قطره‌ای، بارانی و ... استفاده می‌نمایند و تنبیهات مالیاتی برای کشاورزانی که نسبت به تغییرالگوی کشت واستفاده از فن‌آوری های نوین اقدام ننمایند.

منابع

حکمت نیا،م، صفدری، م، حسینی،س.م، دادرس مقدم،ا، (۱۴۰۰)، عوامل موثر بر تجارت آب مجازی محصولات کشاورزی ایران (کاربرد مدل خودرگرسیون برداری پانل)، مجله محیط زیست و مهندسی آب، سال هفتم شماره ۲، صص ۳۴۴ –۳۵۵

حسینی،س.م، حکمت نیا، م، صفدری، م، (۳۹۹)، تعیین و ارزیابی ردّپای آب‌های سبز، آبی و خاکستری در تجارت بین المللی محصولات کشاورزی ایران، مجله آبیاری و زهکشی ایران، سال چهاردهم، شماره ۲، صص ۴۴۶ –۴۶۳

خاتون دولت آبادی، ن، بنی حبیب، م.ا، روزبهانی،ع، چتین، ا، ارزیابی شاخص راندمان ذخیره آب در ایران و عراق در تجارت آب مجازی با ترکیه، مجله اکو هیدرولوژی، سال ششم شماره ۴ ، صص ۱۰۱۵ –۱۰۲۷

احسانی، م.،خالدی، ه، برقی، ی، (۱۳۸۷)، مقدمه ی بر آب مجازی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران، ایران

Xia, W., Chen, X., Song, C., & Pérez-Carrera, A. (2022). Driving factors of virtual water in international grain trade: A study for belt and road countries. *Agricultural Water Management*, *262*, 107441.

Bahrami, F., Avazdahandeh, S., Ranjbaran, S. F., & Nazari, M. R. (2022). Optimization of Virtual Water Trade with Emphasis on Agricultural Sector Support From Two Perspectives: Maximizing Farmers' Welfare and Employment.

Xin, M., Wang, J., & Xing, Z. (2022). Decline of virtual water inequality in China's inter-provincial trade: An environmental economic trade-off analysis. *Science of The Total Environment*, *806*, 150524.

Zhi, Y., Hamilton, P. B., Wu, G., Hong, N., Liang, L., Xiong, D., & Sun, Y. (2022). Virtual water indicator for comprehensive water pressures: model and case studies. *Journal of Hydrology*, 127664.

Ashktorab, N., & Zibaei, M. (2022). Future virtual water flows under climate and population change scenarios: focusing on its determinants. *Journal of Water and Climate Change*, *13*(1), 96-112.

Ji, X., Xie, D., Zhuo, L., Liu, Y., Feng, B., & Wu, P. (2022). Water Footprints, Intra-National Virtual Water Flows, and Associated Sustainability Related to Pork Production and Consumption: A Case for China. *Water Resources Research*, *58*(1), e2021WR029809.

Long, A., Deng, X., & Yu, J. (2022). Understanding of Regional Trade and Virtual Water Flows: The Case Study of Arid Inland River Basin in Northwestern China. In *Advances of Footprint Family for Sustainable Energy and Industrial Systems* (pp. 111-133). Springer, Cham.

Liu, H., Sun, S., Fang, C., van den Berg, P., Dane, G., Li, J., & Fu, G. (2022). Public perceptions of physical and virtual water in China. *Science of The Total Environment*, *812*, 151460.

Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water: An introduction. *Virtual water trade*, *13*, 108.