



مدیریت منابع آب کشاورزی استان سیستان و بلوچستان از دیدگاه آب مجازی

مهران حکمت نیا^۱، سید مهدی حسینی^۲، مهدی صفدری^۳

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۱۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۵

مقاله پژوهشی

چکیده

به طور متوسط، ۷۰ درصد از کل برداشت آب های جهانی جهت تولیدات محصولات کشاورزی استفاده می شود. یکی از راه کارها جهت مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی، تعیین مقدار واقعی حجم آبی است که در فرایند تولید محصولات کشاورزی مصرف شده است که به منظور برآورد میزان مصرف واقعی آب توسط محصولات مختلف کشاورزی از شاخص آب مجازی استفاده می شود. در این راستا، میزان مصرف واقعی آب محصولات عمده زراعی و باغی استان سیستان و بلوچستان برای سال زراعی ۱۳۹۶ - ۱۳۹۵ با استفاده از مدل CROPWAT محاسبه شد. نتایج نشان می دهد که، کل میزان بهره برداری از منابع آب استان ۷۸۰/۵۸۲ میلیون متر مکعب برآورد شده است که بیش از ۴۹ درصد از آن، به تولید محصول خرما اختصاص داده شده است و همچنین میانگین آب مجازی مصرف شده برای تولید محصولات کشاورزی ۱۴۳۷ متر مکعب بر هکتار محاسبه شده که گوجه فرنگی با تولید ۷/۸۵۰ و سیب زمینی با تولید ۷/۳۴۴ کیلوگرم به ازای مصرف یک متر مکعب آب، بیشترین میزان بهره وری را در مصرف آب کشاورزی داشته اند.

واژه های کلیدی: آب مجازی، آب آبی، آب سبز، بهره وری مصرف آب، رد پای آب

^۱ دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. Email: mehnanhekmatnia@gmail.com

^۲ استادیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. تلفن تماس: ۰۹۳۷۴۱۱۰۵۷۲. Email: shseyedmahdi46@gmail.com, (نویسنده مسئول).

^۳ دانشیار اقتصاد منابع طبیعی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. Email: mahdisafdariut@gmail.com



مقدمه

ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا به شمار می‌رود و در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آب یک عامل محدودکننده برای توسعه اقتصادی است و رشد جمعیت و تغییرات اقلیمی به عنوان دو چالش اصلی جهت تأمین نیاز آبی می‌باشد. توجه به ارزش جهانی منابع آب می‌تواند به عنوان کلید حل برخی از مشکلات اساسی آب، امروزه مورد توجه قرار گیرد (Aldaya, Chapagain et al. 2012).

بخش کشاورزی، آب زیادی مصرف می‌کند و این بخش در ایران با مصرف حدود ۹۰ درصد از منابع آبی، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در بین بخش‌های اقتصادی است (سیدان و فیروز آبادی، ۱۳۹۷). در صورتی که در جهان به طور میانگین سهم بخش کشاورزی در استفاده از منابع آبی حدود ۷۰ درصد است و این در حالی است که نرخ تجدیدپذیری محدود است (Zhang and Anadon 2014). ایران کمتر از ۱ درصد از منابع آب تجدیدشونده دنیا را در اختیار دارد و طبق پیش‌بینی که علی‌زاده و کشاورز (۲۰۰۵) انجام دادند جمعیت ایران تا سال ۱۴۱۰ به بیش از ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید که تولید غذا برای تأمین نیاز غذایی این جمعیت در سال به بیش از ۱۵۰ میلیارد متر مکعب آب نیاز دارد که این حجم از منابع آب در ایران موجود نمی‌باشد (یزدی و همکاران، ۱۳۹۳). از این رو محدودیت منابع آب در ایران یکی از مهمترین عوامل محدودکننده توسعه کشاورزی می‌باشد. بنابراین منابع آب ناکافی می‌تواند تهدیدی جدی برای تولید محصولات کشاورزی باشد از آنجا که در کنفرانس دوبلین در سال ۱۹۹۲ به طور گسترده پذیرفته شد که آب یک منبع کمیاب است، در نتیجه اهمیت به آب به عنوان یک کالای استراتژیک اقتصادی می‌تواند نقش تعیین کننده ای در استفاده پایدار از منابع آبی داشته باشد (Hoekstra and Hung 2002).

در گذشته استدلال شده است که تجارت بین-المللی محصولات کشاورزی از کشورهای دارای منابع آبی فراوان به کشورهای کم‌آب، می‌تواند باعث کاهش کم‌آبی در آن کشورها شود (Allan 1998). در دهه ۱۹۹۰ کشورهایی که با کمبود آب مواجه بودند، نیازهای غذایی خود را از طریق واردات تأمین می‌کردند. با انجام این کار، تقاضای آب برای تولید مواد غذایی به طور چشمگیری کاهش می‌یابد و باعث جبران کمبود آب نیز می‌شود. برای این کشورها، واردات مواد غذایی تقریباً معادل با تجارت آب است (Allan 1997). Allan (۱۹۹۷) این شیوه انتقال آب را که در واردات مواد غذایی وجود دارد را آب مجازی^۱ می‌نامند. به عبارت دیگر، می‌توان صادرات یا واردات محصولات کشاورزی را تحت عنوان صادرات یا واردات آب مجازی تعریف کرد و تجارت آب مجازی را به عنوان یک راهکار جهت کاهش کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک پیشنهاد داد (Allan 2003).

همچنین یکی از مهمترین راهکارها جهت افزایش کمیت و کیفیت آب، مدیریت منابع آب است (خوش روش و طهرانی، ۱۳۹۷). به مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، بایستی مقدار واقعی حجم آبی که در فرایند تولید محصولات کشاورزی مصرف شده، تعیین شود. استفاده از روش‌های کارآمد و جدید که بتوان در آن مقدار آب مصرف شده واقعی را محاسبه کرد امری ضروری است. آلن^۲ (۱۹۹۳) حجم آب واقعی که در فرایند تولید کالاها و یا محصولات کشاورزی استفاده شده است را آب مجازی نامید که از طریق آن می‌توان آب واقعی مصرف شده جهت تولید محصولات مختلف را محاسبه نمود (Zhuo, Mekonnen et al. 2016). اصطلاح "آب مجازی" برای اولین بار توسط آلن (Allen, Smith et al. 1994). در حال حاضر، پذیرفته شده‌ترین تعریف آب مجازی، حجم آب واقعی مورد نیاز برای تولید کالاها است (Hoekstra 2017, Chouchane, Krol et al.).

¹ Virtual Water

² Allen

کردند و همچنین میزان صادرات آب مجازی محصولات کشاورزی ۳۱/۵ میلیارد متر مکعب برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۰ محاسبه کردند (Fu, Zhao et al. 2018). Lamasra et al. (۲۰۱۷) جریان آب مجازی بین ایتالیا و چین را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد ایتالیا مقدار زیادی آب خاکستری از چین وارد می‌کند و ۹۱ درصد از واردات آب مجازی ایتالیا از چین مربوط به محصولات کشاورزی است در حالی که صادرات آب مجازی ایتالیا به چین مربوط به محصولات حیوانی است. همچنین بهره‌وری مصرف آب کشاورزی در چین پایین است (Lamasra, Miglietta et al. 2017). Antonelli et al (۲۰۱۷) جریان آب مجازی محصولات کشاورزی را در کشورهای عضو اتحادیه اروپا بررسی کرده و نتایج نشان می‌دهد که ۶۵ درصد از کل واردات آب مجازی مربوط به آب آبی است و کشورهای ایتالیا و اسپانیا صادرکنندگان اصلی آب آبی هستند Zhang and Antonelli, Tamea et al. 2017). Anadon (۲۰۱۴) با استفاده از مدل داده - ستانده مقدار کل مصرف داخلی آب مجازی در کشور چین را ۱۰۱ میلیارد متر مکعب برای سال ۲۰۰۷ برآورد کردند که معادل ۳۹ درصد از کل مصرف آب شیرین چین است (Zhang and Anadon 2014).

از مطالعاتی که در زمینه آب مجازی در ایران انجام شده می‌توان به یزدی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره کرد که میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی استان خراسان جنوبی را محاسبه کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که میانگین آب مجازی محصولات کشاورزی ۱۳۱۲ متمکعب بر تن و بهره‌وری مصرف آب کشاورزی ۰/۶۲ کیلوگرم به ازای مصرف هر مترمکعب آب می‌باشد (یزدی و همکاران، ۱۳۹۳). در پژوهش دیگری علیقلی نیا و همکاران (۱۳۹۶) شاخص ردپای آب محصولات عمده کشاورزی در حوزه آبریز دریاچه ارومیه محاسبه کردند و نتایج نشان داد که سهم آب آبی و سبز در تولید محصولات عمده زراعی به ترتیب ۰/۷۵ و

(al. 2018, Tian, Sarkis et al. 2018) با استفاده از شاخص آب مجازی می‌توان مشخص نمود که برای تولید یک محصول چقدر آب مصرف شده است و با دانستن این موضوع، می‌توان میزان مصرف آب را مدیریت نمود.

در ادبیات آب مجازی برای تشخیص اینکه حجم آب مصرفی در فرایند تولید محصولات، از چه منابع آبی تامین شده است مفهوم دیگری با نام ردپای آب^۱ مطرح شد. ردپای آب نشان‌دهنده میزان مصرف مستقیم و غیرمستقیم آب شیرین می‌باشد (یزدی و همکاران، ۱۳۹۳). که بایستی برای تولید محصولات کشاورزی بر اساس شرایط اقلیمی هر منطقه محاسبه شود (پور جعفری نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). رد پای آب، شامل آب آبی^۲ و آب سبز^۳ بوده که آب سبز، آب حاصل از بارندگی است که در مراحل کشت گیاه در خاک ذخیره می‌شود و آب آبی نشان‌دهنده مقدار مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی است. هزینه فرصت استفاده از آب سبز جهت تولید محصولات کشاورزی کمتر از آب آبی است (Hoekstra 2017).

در سطح جهانی مطالعات متعددی در خصوص آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی انجام شده است که از جدیدترین آنها می‌توان به مطالعه‌ی Tian et al. (۲۰۱۸) اشاره کرد که ردپای آب و آب مجازی محصولات کشاورزی چین را به تفکیک آب آبی، آب سبز و آب خاکستری با استفاده از مدل داده - ستانده برای دوره‌ی زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ بررسی کردند. نتایج نشان داد که در سال ۱۹۹۵ سهم چین از ردپای جهانی آب ۱۱/۲ درصد و در سال ۲۰۰۹، سهم این کشور ۱۳/۶ درصد بود. چین آب مجازی را از آمریکا، هند و برزیل وارد می‌کند و صادرات آب مجازی به ژاپن و آلمان دارد. بخش کشاورزی چین بزرگترین مصرف‌کننده آب مجازی است (Tian, Sarkis et al. 2018). Fu et al. (۲۰۱۸) میانگین آب مجازی مصرف شده برای تولید غلات در چین را ۱/۲۹۳ متر مکعب بر کیلوگرم برآورد

³ Green Water

¹ Water Footprint

² Blue Water



این استان ۱۲ درجه و میانگین حداکثر دمای سالانه به ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و میزان حداکثر دمای مطلق در تابستان در شهرستان سرپاز به ۵۱/۷ درجه رسید (سالاری و همکاران، ۱۳۹۳).

منابع آبی استان که تامین‌کننده آب مورد نیاز بخش کشاورزی است نیز شامل منابع آب‌های سطحی و منابع آب زیرزمینی می‌باشند. منابع آب‌های سطحی از شمال تا جنوب استان سیستان و بلوچستان شامل رودها، دریاچه‌ها، چاه نیمه و دریاچه‌های پشت سدها می‌شود. مهمترین رودهای این استان شامل رود هیرمند، بمپور، باهو کلات، فنوج، کهپر، ماشکید و تهلاب می‌باشد. مهمترین دریاچه‌ها نیز، دریاچه هامون سیستان و دریاچه هامون جازموریان می‌باشند که اهمیت این دریاچه‌ها به دلیل آب شیرین آن است. سدهای این استان نقش پررنگی در هدایت و تأمین آب آشامیدنی و کشاورزی این استان دارد که این سدها شامل، سد سیستان، زهک، بمپور، شیرگواز، پیشین، زبردان، خیرآباد، شی کلک، شمس آباد و مرگوک نیز می‌باشد. از نظر بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، دو دشت زاهدان و خاش منطقه ممنوعه بحرانی و دشت‌های سراوان، ایرانشهر، سیب سوران و سراوان ممنوعه-اند و این استان از نظر کمیت و کیفیت دسترسی به منابع آب با چالش جدی مواجه است.

از منابع آب‌های زیرزمینی استان سیستان و بلوچستان، ۹۳/۵ درصد برای کشاورزی، ۱/۳ درصد برای صنعت و ۵/۲ درصد برای آشامیدن استفاده می‌شود (شرکت آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۳). با توجه به مطالب ذکر شده، بخش کشاورزی در این استان، مقدار قابل توجهی از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی را جهت تولید محصولات کشاورزی مصرف می‌کند و بزرگترین مصرف‌کننده‌ی آب در این استان است (دهمرد و همکاران، ۱۳۹۷). بنابراین بررسی حجم آب واقعی که جهت تولیدات محصولات کشاورزی در این استان به کار گرفته شده است ضروری می‌باشد. لذا هدف این تحقیق تجزیه و تحلیل آب مجازی تولیدات

۰/۲۵ درصد می‌باشد و میانگین آب مصرف شده برای تولید محصولات مختلف زراعی ۳۵۴۷/۸۳ متر مکعب به ازای هر تن محصول می‌باشد (علیقلی نیا و همکاران و همکاران، ۱۳۹۶). صافی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی آب مجازی و بهره‌وری محصول نیشکر را در استان خوزستان پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که بهره‌وری مصرف آب ۱/۶ کیلوگرم محصول به ازای مصرف یک متر مکعب آب، و مقدار آب مجازی نیز ۶۲۵ متر مکعب آب به ازای یک تن تولید نیشکر محاسبه شد (صافی و همکاران، ۱۳۹۳). پور جعفری نژاد و همکاران (۱۳۹۳) ردپای اکولوژیکی آب را برای دو محصول پسته و خرما در استان کرمان بررسی کرده و نتایج نشان می‌دهد که متوسط وزنی آب مجازی این دو محصول ۴/۶۵۸ متر مکعب بر کیلوگرم و میانگین وزنی بهره‌وری مصرف آب ۰/۲۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد (پور جعفری نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). آبائی و اعتدالی (۱۳۹۵) ردپای اکولوژیکی گندم را در ایران بررسی کردند و نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که میانگین ردپای تولید گندم در ایران ۳۰۷۱ متر مکعب بر تن است (آبائی و اعتدالی، ۱۳۹۵). سالاری و همکاران (۱۳۹۳) تغییرات زمانی و مکانی مقدار آب مجازی گندم را در استان سیستان و بلوچستان بررسی کردند که نتایج نشان می‌دهد که میانگین ۱۲ ساله آب مصرفی خالص برای تولید گندم ۳۰۳ میلیون متر مکعب بود ۹۰/۸ درصد آن از طریق آب آبی و ۹/۲ درصد از طریق آب سبز صورت گرفته است (سالاری و همکاران، ۱۳۹۳).

منطقه مورد مطالعه

استان سیستان و بلوچستان از نظر وسعت، جزء استان‌های پهناور ایران می‌باشد که وسعت این استان معادل ۱۸۱۷۸۵ کیلومتر مربع می‌باشد. به استناد گزارش سازمان آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان میانگین بارندگی در این استان حدود ۵۲/۳ میلی‌متر در سال است و به همین خاطر جزء مناطق اقلیمی گرم و خشک محسوب می‌شود. میانگین حداقل دمای سالانه

که در آن:

$$ET_0 = \text{تبخیر-تعرق مرجع محصول (میلی متر بر روز)}$$

$$Rn = \text{تابش خورشید در سطح محصول (مگاژول بر متر مربع در روز)}$$

$$G = \text{جریان حرارت خاک (مگاژول بر متر مربع در روز)}$$

$$T = \text{میانگین دما هوا روزانه}$$

$$U_2 = \text{سرعت باید در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)}$$

$$e_s = \text{فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)}$$

$$e_a = \text{فشار بخار واقعی هوا (کیلو پاسکال)}$$

$$e_s - e_a = \text{کسری فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)}$$

$$\Delta = \text{شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سانتی گراد)}$$

$$\gamma = \text{ثابت رطوبت-سنجی (کیلو پاسکال بر درجه سانتی-گراد)}$$

پس از محاسبه‌ی تبخیر-تعرق مرجع، نیاز آبی محصول از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه شد (Hoekstra and Hung 2002):

$$CWR = ET_0 \times K_c \times A \quad (2)$$

که در رابطه‌ی (۲)، K_c میانگین ضریب گیاهی است که با توجه به شرایط اقلیمی، تاریخ کشت و طول مراحل رشد محصول تعیین می‌شود که در این تحقیق از فایل استاندارد فائو برای ضریب گیاهی محصولات استفاده شد و A مساحت کشت شده می‌باشد که به صورت درصدی از کل مساحت کشت شده بیان می‌شود. سپس از مدل CROPWAT جهت محاسبه نیاز آبی گیاه (متر مکعب بر هکتار) برای کل دوره‌ی رشد گیاه استفاده شد.

جهت محاسبات مربوط به حجم آب مصرفی آبی و سبز از معادلات زیر استفاده می‌شود (آبائی و اعتدالی، ۱۳۹۵).

$$CWU_{Blue} = IR_{Irr} = 10 \times IE_{Irr} \quad (3)$$

محصولات زراعی و باغی استان سیستان و بلوچستان به تفکیک آب آبی و آب سبز می‌باشد. همچنین با اتکا به مفهوم آب مجازی و بهره‌وری مصرف آب، محصولات مختلف تولیدی این استان را از نظر بهره‌وری مصرف آب، با هدف رسیدن به بیشترین میزان بهره‌وری، طبقه بندی نمود که تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است. در این تحقیق حجم آب مجازی و رد پای آب آبی و سبز برای تولید ۱۳ محصول از گروه غلات (گندم، جو، ذرت دانه‌ای)، سبزیجات (سیب‌زمینی، گوجه، فلفل و پیاز)، نباتات علوفه‌ای (یونجه)، جالیزی (مجموع خربزه، طالبی و گرمک)، حبوبات (لوبیا)، و باغی (خرما، موز، انبه) بررسی شد. اساس انتخاب محصولات با توجه به هدف پژوهش، عمده محصولات زراعی و باغی در دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ می‌باشند که در این استان کشت می‌شوند.

مواد و روش‌ها

جهت محاسبات مربوط به آب مجازی ابتدا باید نیاز آبی گیاه^۱ در اقلیم مربوط به هر دشت محاسبه شود. یکی از مهمترین پارامترهایی که جهت محاسبه‌ی تقاضای آب گیاه، برنامه‌ریزی آبیاری و طراحی سیستم-های آبیاری برآورد آن ضروری است، تبخیر و تعرق مرجع^۲ می‌باشد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۱). جهت محاسبه نیاز آبی محصول ابتدا باید تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) گیاه را محاسبه کرد. تنها عوامل موثر بر ET_0 پارامترهای آب و هوایی هستند. جهت محاسبه‌ی تبخیر-تعرق مرجع از معادله‌ی فائو-پنمن-مونتیث^۳ که به صورت معادله‌ی (۱) است، استفاده می‌شود (Allen, Smith et al. 1994, Allan 1998, Ghalhari and Bayranvand 2015, Tian, Sarkis et al. 2018).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34U_2)} \quad (1)$$

³ FAO Penman-Monteith

¹ Crop Water Requirement

² Evapotranspiration

از ۱ متر مکعب بر کیلوگرم باشد، جزء محصولات کم مصرف قرار دارد (Hoekstra 2017).

یکی دیگر از شاخص‌های مفید برای ارزیابی میزان استفاده از آب، بهره‌وری مصرف آب^۳ است. شاخص بهره‌وری مصرف آب کشاورزی (کیلوگرم بر متر مکعب) بیان‌کننده‌ی مقدار تولید محصول در ازای هر واحد از آب مصرف شده است. این شاخص از نسبت بین مقدار محصول تولید شده (Y) بر تقاضای آب گیاه (CWR) محاسبه می‌شود و نیز از طریق زیر بدست می‌آید (Hoekstra 2013):

$$CWP = \frac{Y}{CWR} \quad (۸)$$

اطلاعات اقلیمی مورد نیاز در این پژوهش شامل میانگین حداقل دمای ماهانه، میانگین حداکثر دمای ماهانه، میزان بارندگی، رطوبت نسبی، سرعت باد و تعداد ساعات آفتابی در روز است این اطلاعات از سازمان هواشناسی استان سیستان و بلوچستان برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه جمع‌آوری شده است و همچنین جهت محاسبه حجم آب مجازی، به اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت، تولید و عملکرد محصولات زراعی و باغی نیاز است که این اطلاعات از سازمان جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان به تفکیک هر شهر (شهرستان‌های ایرانشهر، چابهار، خاش، زابل، زاهدان، زهک، سراوان، سرباز، میرجاوه و نیکشهر) برای سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ گرفته شده است.

نتایج و بحث

کل میزان تولید محصولات زراعی و باغی برای سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در استان سیستان و بلوچستان برای شهرستان‌های مورد بررسی که در جدول (۱) ارائه شده است، ۷۰۱۵۵۳ تن برآورد شده است که از این بین به ترتیب بیشترین میزان تولید محصولات زراعی و باغی

$$CWU_{Green} = 10 \times P_{eff} = 10 \times (ET_c - IR_{Irr}) \quad (۴)$$

که در رابطه‌ی (۳) و (۴)، IR_{Irr} نیاز خالص آبیاری، IE_{Irr} راندمان آبیاری، P_{eff} جمع میزان بارندگی موثر در طول دوره‌ی رشد گیاه که از اختلاف بین جمع تبخیر و تعرق واقعی محصول (ET_c) و نیاز خالص آبیاری محاسبه می‌شود. عدد ۱۰ به جهت تبدیل واحد میلی-متر به متر مکعب در هکتار می‌باشد (آبائی و اعتدالی، ۱۳۹۵).

ردپای آب سبز^۱ و ردپای آب آبی^۲ بر حسب متر مکعب بر تن از تقسیم مقدار آب مصرفی آبی و مقدار آب مصرفی سبز بر مقدار محصول تولیدی (Y) (تن بر هکتار) محاسبه می‌شود (Hoekstra 2017):

$$WF_{Green} = \frac{CWU_{Green}}{Y} \quad (۵)$$

$$WF_{Blue} = \frac{CWU_{Blue}}{Y} \quad (۶)$$

در نهایت جهت محاسبه‌ی حجم آب مجازی مصرف شده (متر مکعب آب به ازای هر کیلوگرم محصول) برای محصول از معادله‌ی زیر استفاده شده می‌شود (Hoekstra and Hung 2002):

$$VWC = \frac{CWR_{C,j}}{Y_{C,j}} \quad (۷)$$

که در معادله (۷)، C, j به ترتیب شمارشگر محصول و شهرستان، CWR نیاز آبی (متر مکعب آب به ازای هر هکتار) و Y متوسط عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) است. اگر حجم آب مجازی محاسبه شده برای هر محصول، بزرگتر از ۱ متر مکعب بر کیلوگرم باشد، آن محصول جزء محصولات پر مصرف قرار دارد و اگر کمتر

³ Crop Water Productivity

¹ WF_{Green}
² WF_{Blue}

انجام شده، کمترین نیاز آبی تحت شرایط اقلیمی منطقه‌ی مورد بررسی به پیاز اختصاص داده شده است و بیشترین نیاز آبی مربوط به محصول انبه و خرما می‌باشد.

مربوط به شهر سرپاز با تولید ۱۳۵۴۰۸ تن و چابهار با تولید ۱۲۱۶۶۲ تن می‌باشد و کمترین میزان تولید مربوط به شهر زاهدان با تولید ۷۶۸۲ تن می‌باشد و همچنین بیشترین سطح زیر کشت مربوط به خاش با ۱۶۵۶۵ هکتار و کمترین مربوط به شهر زاهدان با میزان ۲۲۴۲ هکتار می‌باشد و همچنین براساس محاسبات

جدول (۱) مجموع تولید، سطح زیرکشت، عملکرد و متوسط نیاز آبی محصولات عمده زراعی و باغی استان

محصول	تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد (هکتار / تن)	نیاز آبی گیاه (هکتار/مترمکعب)
گندم	۹۷۹۲۰	۳۷۲۵۰	۲/۶۲۸	۳۶۵۵/۵۶۶
جو	۱۲۸۴۶	۵۸۲۰	۲/۲۰۷	۳۵۶۴/۱
ذرت	۲۳۰۶۵	۴۴۲۷	۵/۲۱۰	۳۷۱۵/۸۳۳
سیب زمینی	۱۳۰۷۴	۴۰۲	۳۲/۵۲۲	۴۵۶۰
گوجه	۳۸۰۴۰	۱۷۹۲	۲۱/۲۳۴	۵۵۰۱/۵
لوبیا	۸۶/۶	۵۹	۱/۴۶۷	۲۶۴۹/۶
پیاز	۱۲۷۸۹۹	۴۰۳۵	۳۱/۶۹۷	۱۷۸۸/۷
فلفل	۶۲۲۹/۱	۶۱۴	۱۰/۱۴۵	۳۹۴۲/۳۳۳
خرپزه، گرمک	۴۲۵۰۴	۲۵۰۵	۱۶/۹۶۷	۶۱۹۷/۷
یونجه	۱۷۴۹۰۲	۹۱۱۷	۱۹/۱۸۴	۱۱۳۸۹/۲۲
خرما	۱۱۱۹۵۳	۱۳۲۰۸/۴	۶/۳۴۵	۲۱۹۷۵
موز	۴۳۲۵۰	۱۷۹۲۶/۴	۲۶/۱۵۶	۱۵۶۱۰/۶۷
انبه	۹۷۸۱	۷۹۱/۵	۱۲/۳۵۷	۲۲۳۰۵/۶۷

کشت محصولات زراعی و باغی استان می‌باشد. بیشترین و کمترین مقدار تولید به ترتیب مربوط به یونجه با تولید ۱۷۴۹۰۲ تن معادل ۲۴/۹ درصد از کل تولیدات و لوبیا با تولید ۸۶,۶ تن می‌باشد. از بین محصولات عمده زراعی و باغی تولید شده در استان، محصولات سیب زمینی، پیاز و موز بیشترین میزان عملکرد را داشته‌اند و گندم، جو و لوبیا کمترین میزان عملکرد را به خود اختصاص داده‌اند.

کل میزان سطح زیرکشت محصولات عمده زراعی و باغی استان ۸۶۳۹۴ هکتار بوده است که به تفکیک هر محصول در جدول (۲) ارائه شده است. کمترین میزان سطح زیرکشت مربوط به محصول لوبیا با ۵۹ هکتار و بیشترین میزان سطح زیرکشت مربوط به محصول گندم می‌باشد. میزان سطح زیرکشت این محصول در دوره‌ی زمانی مورد بررسی ۳۷۲۵۰ هکتار بود که معادل با ۴۳/۱۱ درصد از مجموع سطح زیر



جدول (۳) بهره‌برداری از منابع آب زیر زمینی و سطحی به تفکیک شهر (واحد: میلیون متر مکعب)

شهرستان	برداشت از منابع آب زیر زمینی و سطحی
ایرانشهر	۱۶۳/۶۰۷
چابهار	۶۲/۵۹۰
خاش	۸۷/۹۰۱
زابل	۳۳/۴۶۳
زاهدان	۱۱/۳۲۶
زهک	۶۱/۸۸۵
سراوان	۸۸/۵۷۸
سرباز	۱۳۵/۲۵۲
میرجاوه	۴۱/۵۴۸
نیکشهر	۹۴/۴۲۸
مجموع	۷۸۰/۵۸۲

جدول (۲) مجموع تولید، سطح زیر کشت، عملکرد محصولات عمده زراعی و باغی استان به تفکیک شهر

شهرستان	تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)
ایرانشهر	۹۳۳۰۳	۱۶۰۹۲
چابهار	۱۲۱۶۶۲	۶۰۸۵
خاش	۱۱۰۸۷۴	۱۶۵۶۵
زابل	۲۳۸۲۶	۷۷۷۵
زاهدان	۷۶۸۲	۲۲۴۲
زهک	۵۳۸۸۰	۱۳۳۴۳
سراوان	۴۹۳۷۸	۵۹۹۰
سرباز	۱۳۵۴۰۸	۸۳۸۸
میرجاوه	۶۵۲۰۳	۵۹۰۰
نیکشهر	۴۰۳۳۷	۴۰۱۴
مجموع	۷۰۱۵۵۳	۸۶۳۹۴

نتایج میزان برداشت از منابع آبی استان به تفکیک محصولات زراعی و باغی عمده استان در جدول (۴) گزارش شده است. بنابر نتایج ارائه شده، محصول خرما با برداشت ۴۹ درصد از کل منابع آبی استان رقمی معادل ۳۸۳/۴۴۰ میلیون متر مکعب مصرف آب داشته است و بیشترین میزان مصرف آب را به خود اختصاص داده است. پس از آن محصول گندم با برداشت ۱۴۱/۹۰۵ میلیون متر مکعب معادل ۱۵ درصد و یونجه با برداشت ۷۹/۰۸۲ میلیون متر مکعب معادل با ۱۳ درصد از کل منابع آبی استان در رتبه‌های بعدی قرار دارند. کمترین میزان برداشت از منابع آبی مربوط به محصول لوبیا است که کل میزان آب مصرف شده جهت تولید لوبیا در این استان به مقدار ۰/۱۶۱ میلیون متر مکعب معادل با ۰/۰۲ از کل منابع آبی استان می‌باشد که دلیل این موضوع می‌توان به میزان کم تولید و سطح زیرکشت این محصول در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ اشاره کرد.

کل مقدار بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی جهت تولید محصولات کشاورزی در ۱۰ شهر نمونه در استان سیستان و بلوچستان در دوره زمانی مورد بررسی، ۷۸۰/۵۸۲ میلیون متر مکعب برآورد شد. مقدار بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیر زمینی استان به تفکیک شهر در جدول (۳) ارائه شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در این جدول، شهرستان‌های ایرانشهر با مصرف ۱۶۳/۶۰۷ میلیون متر مکعب، سرباز ۸۸/۵۷۸ میلیون متر مکعب و نیکشهر ۹۴/۴۲۸ میلیون متر مکعب، بیشترین میزان برداشت از منابع آبی استان را به خود اختصاص داده‌اند و در مجموع بیش از ۵۰ درصد از برداشت منابع آبی استان به این سه شهر اختصاص دارد و شهر زاهدان کمترین میزان بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی استان را به خود اختصاص داد. از منابع آبی مهم شهرستان ایرانشهر، روخانه بمپور می‌باشد که جهت آبیاری مزارع کشاورزی ایرانشهر استفاده می‌شود ولی دشت ایرانشهر از نظر بهره‌برداری از منابع آبی جزء مناطق ممنوعه طبقه‌بندی شده است. از رودهای کاجو و سرباز و رودخانه‌ی باهوکلات جهت آبیاری مزارع سرباز و نیکشهر استفاده شده است. از منابع آبی زاهدان می‌توان به دشت زاهدان اشاره کرد که جزء دشت‌های ممنوعه بحرانی می‌باشد.

جدول (۵) میزان مصرف آب آبی و آب سبز محصولات

زراعی و باغی		مصرف آب		محصول
ردپای آب	ردپای آب	مصرف آب	مصرف آب	
سبز	آبی	سبز	آبی	
m ³ /kg	m ³ /kg	m ³ /h	m ³ /h	
۰/۱۹۸	۱/۲۸۲	۵۶۸/۶	۳۱۱۰/۸	گندم
۰/۴۱۲	۲/۱۱۹	۶۰۵/۷	۳۰۲۱/۷	جو
۰/۱۲۲	۰/۵۳۶	۶۴۷/۱۶	۳۰۷۱/۱	ذرت
۰/۳۲۲	۰/۱۱۸	۱۰۲۱	۳۶۰۶/۳	سیب زمینی
۰/۰۲۸	۰/۲۵۰	۶۵۹/۲	۴۹۰۷/۶	گوجه
۰/۲۳۹	۱/۷۵۳	۳۹۹/۶	۲۳۲۲	لوبیا
۰/۰۲۳	۰/۵۶۳	۷۴۲/۹	۱۷۱۱۶	پیاز
۰/۰۷۴	۰/۹۱۳	۵۴۰	۳۴۸۵/۵	فلفل
۰/۰۴۲	۰/۳۳۶	۶۷۷/۳	۵۵۸۵/۹	خربزه، گرمک
۰/۰۲۶	۰/۴۲۰	۷۳۰/۵	۱۰۷۴۶	یونجه
۰/۱۱۷	۳/۹۸۶	۷۰۷/۴	۲۱۴۸۰/۳	خرما
۰/۰۴۵	۰/۷۰۳	۹۰۰/۶	۱۴۸۶۹	موز
۰/۰۸۵	۱/۹۲۱	۹۵۴	۲۱۵۹۸/۳	انبه

جدول (۴) بهره‌برداری از منابع آب به تفکیک محصول (

واحد: میلیون متر مکعب		بهره برداری از منابع آب	محصول
۱۴۱/۹۰۵	۲۷/۷۰۶	۱۶/۵۴۸	گندم
۱/۷۸۵	۸/۵۵۵	۰/۱۶۲	جو
۶۳/۲۳۹	۲/۵۵۸	۱۶/۴۰۰	ذرت
۲۱/۳۵۴	۱۶/۴۰۰	۷۹/۰۸۲	سیب زمینی
۱۷/۸۴۲	۳۸۳/۴۴۰	۲۱/۳۵۴	گوجه
۷۸۰/۵۸۲	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	لوبیا
	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	پیاز
	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	فلفل
	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	خربزه، گرمک
	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	یونجه
	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	خرما
	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	موز
	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	انبه
	۲۱/۳۵۴	۱۷/۸۴۲	مجموع

نتایج ردپای مصرف آب محصولات زراعی و باغی تحت بررسی در منطقه‌ی مورد مطالعه در جدول (۵) گزارش شده است. محصول خرما ($3/98 \text{ m}^3/\text{kg}$)، جو ($2/11 \text{ m}^3/\text{kg}$) و انبه ($1/11 \text{ m}^3/\text{kg}$) بیشترین میزان ردپای آب آبی و محصولات جو ($0/412 \text{ m}^3/\text{kg}$) و گندم ($0/198 \text{ m}^3/\text{kg}$) بیشترین میزان ردپای آب سبز را به خود اختصاص دادند. رد پای آب نشان دهنده میزان آب واقعی مصرف شده به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی به تفکیک منابع آبی می‌باشد. به طور متوسط محصول خرما در این استان حدود ۴ متر مکعب از منابع آب زیرزمینی و سطحی به ازای تولید هر کیلوگرم خرما مصرف کرده است که به دلیل سطح زیرکشت بالا و عملکرد پایین این محصول می‌باشد.

با توجه به نتایج ارائه شده آب مجازی که در جدول (۶) گزارش شده، محصولات خرما، گوجه، جو، گندم، لوبیا، انبه در رده محصولات پر مصرف قرار می‌گیرند. محصول خرما به طور متوسط با مصرف آب واقعی ۴/۰۶۷ متر مکعب به ازای تولید هر کیلوگرم خرما، بیشترین میزان مصرف آب واقعی را به خودش اختصاص داده است و سیب زمینی با مصرف ۰/۱۴۸ متر مکعب آب واقعی به ازای تولید هر کیلوگرم محصول، کمترین میزان مصرف آب واقعی را داشته است که از دلایل آن می‌توان به عملکرد بالای این محصول در این استان اشاره کرد و همچنین نتایج بهره‌وری آب نشان می‌دهد که دو محصول گوجه فرنگی و سیب زمینی به ترتیب با تولید ۷/۸۵۰ و ۷/۳۴۴ کیلوگرم به ازای مصرف یک متر مکعب آب بیشترین میزان بهره‌وری را داشته است و در بین محصولات تولیدی استان خرما کمترین میزان بهره‌وری مصرف آب را داشته است و همچنین میانگین آب مجازی مصرف شده برای تولید محصولات عمده زراعی و باغی استان برای سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶، ۱/۴۳۷ (متر مکعب بر کیلوگرم) و



گرفتن استان سیستان و بلوچستان در منطقه‌ی خشک اقلیمی است و این موضوع نشان‌دهنده‌ی ظرفیت پایین این استان جهت استفاده از آب سبز در تولید محصولات کشاورزی است.

بیشترین میزان بهره‌برداری از منابع آبی استان مربوط به شهرستان ایرانشهر با برداشت حدود ۱۶۴ میلیون مترمکعب می‌باشد و طبق محاسبات انجام شده مشخص شده بیشترین میزان آب مصرف شده در این شهرستان مربوط به تولید محصول خرما و گندم است به طوری که بیش از ۸۵ درصد از منابع آب این شهرستان جهت تولید این دو محصول استفاده شده است در صورتی که از نظر بهره‌برداری از منابع آب، دشت ایرانشهر جزء منطقه‌ی ممنوعه قرار گرفته است. در بین محصولات تولیدی استان در سال زراعی مورد بررسی، محصول خرما با مصرف ۳۸۳/۴۴۰ میلیون متر مکعب بیشترین میزان مصرف آب را داشته به طوری که ۴۹ درصد از کل برداشت منابع آبی استان در دوره‌ی زمانی مورد بررسی، جهت تولید خرما مصرف شده است. بر اساس محاسبات انجام شده، میانگین بهره‌وری مصرف آب این محصول در بین محصولات تولیدی پایین‌ترین مقدار بود. به طوری که به ازای مصرف هر متر مکعب آب تنها ۰/۲۷۹ کیلوگرم محصول تولید شده یا از دیدگاه آب مجازی، جهت تولید یک کیلوگرم خرما، ۴/۰۶۷ مترمکعب آب واقعی مصرف شده است. اینها نشان‌دهنده‌ی اتلاف زیاد آب در آبیاری محصول خرما می‌باشد و ادامه‌ی وضع موجود باعث فشار مضاعف بر منابع آبی استان می‌شود.

محاسبات مربوط به آب مجازی نشان داد که محصول سیب‌زمینی کمترین میزان مربوط آب واقعی مصرف شده را در ازاء تولید یک کیلوگرم محصول داشته است. همچنین بالاترین بهره‌وری مصرف آب کشاورزی به گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی اختصاص یافت. همچنین این دو محصول بیشترین عملکرد را در بین محصولات تولیدی استان داشتند. کمترین میزان ردپای آب محصولات کشاورزی استان سیستان و

میانگین بهره‌وری برای تولید محصولات زراعی و باغی ۲/۳۱۷ (کیلوگرم بر متر مکعب) برآورد شده است.

جدول (۶) میانگین آب مجازی و بهره‌وری مصرف آب برای محصولات عمده زراعی و باغی استان

محصول	آب مجازی (m ³ /kg)	بهره‌وری مصرف آب (kg/m ³)
گندم	۱/۴۷۳	۰/۷۲۸
جو	۲/۴۸۸	۰/۴۳۷
ذرت	۰/۶۵۳	۱/۵۶۶
سیب‌زمینی	۰/۱۴۸	۷/۳۴۴
گوجه	۲/۷۵۹	۷/۸۵۰
لوبیا	۱/۹۸۵	۰/۵۳۵
پیاز	۰/۵۸۴	۱/۷۸۵
فلفل	۰/۹۷۹	۲/۱۷۷
خریزه، گرمک	۰/۳۷۳	۲/۷۸۳
یونجه	۰/۴۴۴	۲/۴۹۳
خرما	۴/۰۶۷	۰/۲۷۹
موز	۰/۷۳۸	۱/۶۳۵
انبه	۱/۹۸۵	۰/۵۱۱

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش، وضعیت تولید محصولات کشاورزی استان سیستان و بلوچستان از دیدگاه آب مجازی و بهره‌وری مصرف آب کشاورزی با هدف مدیریت منابع آب استان مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف اولیه این پژوهش، به دلیل اینکه بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده آب در استان است، محاسبه‌ی حجم آب واقعی مصرف شده جهت تولید محصولات کشاورزی و ارائه یک تحلیل جامع از مقدار مصرف آب به تفکیک آب آبی و آب سبز بوده است. در دوره‌ی زمانی مورد بررسی، کل برداشت از منابع آب استان جهت تولید محصولات زراعی و باغی، ۷۸۰۵۸۲۹۲۳ متر مکعب برآورد شد. از این مقدار، ۹۱/۸۵ درصد مصرف کل آب آبی و تنها ۸/۱۵ درصد استفاده از آب سبز جهت آبیاری محصولات بوده است که علت آن قرار

به عنوان محصولی که پایین‌ترین بهره‌وری مصرف آب و بیشترین میزان مصرف آب را در منطقه مورد مطالعه دارد، اعزام کارشناسان بخش تحقیقات و آموزش کشاورزی جهاد کشاورزی به نخلستان‌های خرما جهت بررسی علل بالا بودن هدر رفت آب، بررسی زیرساخت‌ها و کانال‌های آبیاری، همچنین استفاده از سیستم‌های آبیاری پیشرفته و افزایش دانش کشاورزان در خصوص نیاز آبی گیاه پیشنهاد می‌شود.

بلوچستان مربوط به محصول سیب زمینی و گوجه فرنگی بود. بیشترین میزان ردپای آب مربوط به محصول خرما و جو بود.

بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش، جهت کاهش فشار بر منابع آبی استان، از سیاست واردات آب مجازی جهت وارد کردن محصولات آب‌بر به ویژه محصول گندم به استان از سایر استان‌ها جهت ذخیره منابع آبی پیشنهاد می‌شود و همچنین الگوی کشت به سمت تولید محصولات با بهره‌وری مصرف آب بالا پیش رود. برای کاهش تلفات آبیاری در نخلستان‌های خرما

منابع

- آبایی، ب. رضانی اعتدالی، ه. (۱۳۹۵). برآورد اجزاء ردپای آب در تولید محصول گندم در سطح کشور. *مجله آب و خاک*, ۲۹(۶), pp. ۱۴۵۸-۱۴۶۸.
- پور جعفری نژاد، ا. علی زاده، ا. نشاط، ع. (۱۳۹۲). بررسی ردپای اکولوژیک آب و شاخص های آب مجازی در محصولات پسته و خرما در استان کرمان. *مهندسی آبیاری و آب ایران*: پاییز ۱۳۹۲، دوره ۴، شماره ۱۳؛ خوش روش، مجتبی، نیکزاد طهرانی، اسماعیل. (۱۳۹۷). ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب دشت تالار با استفاده از مدل‌سازی آب زیرزمینی و سیستم‌های یکپارچه منابع آب، *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*, 9(1), pp. 94-108.
- رضانی اعتدالی، ه. آبایی، ب. (۱۳۹۵). 'برآورد اجزاء ردپای آب مجازی در تولید جو در مقیاس ملی و استانی'، *پژوهش آب در کشاورزی* 10.22092/jwra.2016.107161, 30.3(3), pp. 431-443. doi: 10.22092/jwra.2016.107161
- سالاری، س. کاراندیش، ف. درزی نفت چالی، ع. (۱۳۹۳). 'تحلیل مکانی و زمانی تغییرات آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان'، *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران* 5(2), pp. 81-94
- سلطانی، ا. میرلطیفی، س. دهقانی، س. (۱). برآورد تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از داده های محدود هواشناسی در شرایط اقلیمی مختلف آب و خاک *26(1)*. <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.13637>
- سیدان، سید محسن، قدمی فیروزآبادی، علی. (۱۳۹۷). 'برآورد مبادله آب مجازی محصولات عمده زراعی (مطالعه موردی استان همدان)'، *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*, 9(1), pp. 109-118.
- صافی، ر. میرلطیفی، م. (۱۳۹۵). ارزیابی وضعیت کشت نیشکر در استان خوزستان از دیدگاه آب مجازی. *فصلنامه علمی-پژوهشی مهندسی منابع آب*, ۸(۲۵), pp. ۸۷-۹۶.
- عربی یزدی، ا. نیک‌نیا، ن. مجیدی، ن. امامی، ح. (۱۳۹۳). 'بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص رد پای آب (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی)'، *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*, 8(4), pp. 735-746.
- علیقلی‌نیا، ت. رضایی، ح. بهمنش، ج. منتظری، م. (۱۳۹۶). مطالعه شاخص ردپای آب برای محصولات غالب مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و ارتباط آن با مدیریت آبیاری، *دانش آب و خاک*, 27(4), pp. 37-48.

Allan, J. A. (1997). 'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies, School of Oriental and African Studies, University of London London.



- Allan, J. A. J. G. (1998). "Virtual water: A strategic resource global solutions to regional deficits." 36(4): 545-546.
- Allan, J. A. J. W. i. (2003). "Virtual water-the water, food, and trade nexus. Useful concept or misleading metaphor?" 28(1): 106-113.
- Allen, R., M. Smith, A. Perrier and L. S. J. I. b. Pereira (1994). "An update for the definition of reference evapotranspiration." 43(2): 1-34.
- Antonelli, M., S. Tamea and H. J. S. o. t. T. E. Yang (2017). "Intra-EU agricultural trade, virtual water flows and policy implications." 587: 439-448.
- Chouchane, H., M. S. Krol and A. Y. J. S. o. t. t. e. Hoekstra (2018). "Virtual water trade patterns in relation to environmental and socioeconomic factors: A case study for Tunisia." 613: 287-297.
- Fu, Y., J. Zhao, C. Wang, W. Peng, Q. Wang and C. J. A. W. M. Zhang (2018). "The virtual Water flow of crops between intraregional and interregional in mainland China." 208: 204-213.
- Ghalhari, G. F. and F. J. A. R. G. S. Bayranvand (2015). "Estimating of sesame crop water requirement in Sabzevar climate." 6(21): 1-3.
- Hoekstra, A. Y. (2013). *The water footprint of modern consumer society*, Routledge.
- Hoekstra, A. Y. and P. Q. J. A. q. o. v. w. f. b. n. i. r. t. i. c. t. V. o. w. r. r. s. Hung (2002). "Virtual water trade." 11: 166.
- Hoekstra, A. Y. J. W. r. m. (2017). "Water footprint assessment: evolvement of a new research field." 31(10): 3061-3081.
- Lamastra, L., P. P. Miglietta, P. Toma, F. De Leo and S. J. S. o. t. T. E. Massari (2017). "Virtual water trade of agri-food products: Evidence from italian-chinese relations." 599: 474-482.
- Tian, X., J. Sarkis, Y. Geng, Y. Qian, C. Gao, R. Bleischwitz and Y. J. E. i. Xu (2018). "Evolution of China's water footprint and virtual water trade: A global trade assessment." 121: 178-188.
- Zhang, C. and L. D. J. E. E. Anadon (2014). "A multi-regional input-output analysis of domestic virtual water trade and provincial water footprint in China." 100: 159-172.
- Zhuo, L., M. M. Mekonnen and A. Y. J. E. i. Hoekstra (2016). "Consumptive water footprint and virtual water trade scenarios for China—With a focus on crop production, consumption and trade." 94: 211-223.



Water Resource Management of the Agricultural Sector in Sistan and Baluchestan Province: a Virtual Water Perspective

Mehran Hekmatnia¹ Seyed.Mehdi. Hosseini*² Mehdi. Safdari³

Abstract

On average, 70 percent of globally exploited water is consumed to produce agricultural crop products. An approach to water resource management in the agricultural sector is to determine the actual amount of water that is consumed in the process of crop production. Virtual water is a measure to estimate actual water use by different crops. In this respect, the actual water use of main agricultural and horticultural crops was estimated by the CROPWAT model in Sistan and Baluchestan Province in the 2016-2017 growing season. According to the results, total water taken from the resources of the area of study was estimated at 780.582 million Cubic meter. Over 49 percent of total water use was related to date production. Average virtual water use for crop production was found to be 1437 m³ ha⁻¹. Tomato and potato had the highest water use efficiencies of 7.850 and 7.344 kg m⁻³ water use, respectively.

Keywords: Virtual Water, Water Footprint, Crop Water Productivity, Blue Water, Green Water

¹ . Ph.D. Student of Agricultural Economic, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

² *Corresponding Author, Assistant Professor of Agricultural Economic, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. (shseyedmahdi46@gmail.com), Tell: 09374110572

³ Associate Professor of Natural Resources Economy, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.