بررسی ردپای اکولوژیک آب و شاخص‌های آب مجازی در محصولات پسته و خرما در استان کرمان

ابوالفضل غلامحسین پور جعفری نژاد[۱*]، امین علیزاده[۲] و علی نشاط [۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۹/۳۰

چکیده

مشکل کمبود منابع آب و بارش یک واقعیت مهم و غیر قابل انکار در استان کرمان محسوب می‌شود. کل مصرف آب در داخل یک کشور به تنهایی معیار درستی از برداشت واقعی آب از منابع آب جهانی نیست. ردپای اکولوژیک آب شاخصی برای تعیین میزان مصرف واقعی آب است. لذا بررسی ردپای اکولوژیک آب و شاخص‌های آب مجازی محصولات استراتژیک می‌تواند در سیاست گذاری و برنامه ریزی بهینه منابع آب مفید باشد. بنابراین در این پژوهش جهت بررسی توانایی منطقه برای تامین آب مورد نیاز برای تولید داخلی، به محاسبه میزان ردپای اکولوژیک آب در محصولات کشاورزی استراتژیک استان (پسته و خرما) در سال ۱۳۸۸ پرداخته شد. در این تحقیق جهت انجام محاسبات از روش هوکسترا و هانگ و هوکسترا و همکاران استفاده شد. شاخص ردپای اکولوژیک آب استان در بخش کشاورزی ۵/۵۶ میلیارد متر مکعب تخمین زده شد که به ازاء هر نفر ۲۰۹۷/۲ متر مکعب در سال است. استان کرمان صادر کننده آب مجازی شد و وابستگی استان به منابع آب خارجی بسیار کم بود. شاخص کم آبی یا شدت مصرف آب در بخش کشاورزی ۱۲۳/۳ درصد از منابع آب تجدید شونده استان برآورد گردید که بنا به تعریف کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل اگر حجم مصرف آب در هر کشور بیشتر از ۴۰ درصد کل منابع آب تجدید پذیر سالانه باشد آن کشور کم آب تلقی می‌شود، لذا استان کرمان کم آب تلقی می‌شود. بنابراین کاهش فشار وارده بر منابع آب داخلی، مستلزم بهره‌گیری بیشتر از استراتژی مبادله آب مجازی در واردات محصولات با نیاز آبی بالا به استان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، پسته، خرما، ردپای اکولوژیک، کم آبی، کرمان

[۱] دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد، ایران*آدرس پست الکترونیکی نویسنده اول و مسئول: aporjafari@yahoo.com
[۲] استاد گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد، ایرانآدرس پست الکترونیکی نویسنده دوم: alizadeh@um.ac.ir
[۳] استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان ایرانآدرس پست الکترونیکی نویسنده سوم: a.neshat896@gmail.com

مقدمه

استان کرمان با مساحتی بالغ بر ۱۷۵۰۶۹ کیلومتر مربع یکی از بزرگترین استان‌های کشور محسوب می‌شود. از کل سطح زیر کشت محصولات باغی فاریاب استان کرمان در سال ۱۳۸۸ حدود ۲۶۶/۸۵۶ هزار هکتار به پسته، ۵۹/۶۲۵ هزار هکتار به خرما و۱۰۴/۶۸۴ هزار هکتار آن به سایر محصولات اختصاص داشته است. ازاین سطح زیر کشت، سهم پسته ۶۲، خرما ۱۴ و سایر محصولات ۲۴ درصد می‌باشد. بطور کل از سطح زیر کشت اراضی آبی استان کرمان جمعا" ۴/۷۸ میلیون تن محصول بدست آمده است که از این مقدار ۳/۵۶ میلیون تن مربوط به محصولات زراعی و ۱/۲۲ میلیون تن مربوط به محصولات باغی است که ۱۷۱/۹۵ هزار تن آن را پسته، ۳۶۱/۵۵ هزار تن را خرما و ۶۸۴/۸۱ هزار تن را سایر محصولات تشکیل داده است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۸۸).

آب مجازی، یک ابزار ضروری در محاسبه آب واقعی در یک کشور است که اگر مبادلات آب مجازی ناشی از صادرات و واردات کالاهای کشور را نیز در نظر بگیریم به کمک شاخص ردپای اکولوژیک آب می‌توان تقاضای واقعی آب کشور را در اثر نوع الگوی مصرف مردم از منابع آب جهانی تعیین کرد. پژوهشگران با معرفی این شاخص نشان دادند که آیا منابع آب داخلی یک کشور می‌تواند تامین کننده نیازهای آبی آن کشور باشد و یا اینکه هر کشوری چه میزان به منابع آبی کشورهای صادر کننده محصولات وابسته است (هوکسترا و چاپاگین، ۲۰۰۸؛ آلدایا و همکاران، ۲۰۱۰).

هوکسترا و هانگ (۲۰۰۲) اظهار نمودند که کل مصرف آب در داخل یک کشور به تنهایی معیار درستی از برداشت واقعی آب آن کشور از منابع آب جهانی نیست. در واقع، حجم آب مجازی وارداتی باید به کل مصرف آب داخلی افزوده شود تا تصویر درستی از نیاز واقعی یک کشور به منابع آب جهانی ترسیم گردد. همین‌طور، حجم آب مجازی صادر شده باید از حجم مصرف آب داخلی کم شود. آنها جمع واردات خالص آب مجازی و مصرف آب داخلی را تحت عنوان ردپای اکولوژیک آب یک کشور معرفی کردند، که شاخصی برای تعیین میزان مصرف واقعی آب است (هوکسترا، ۲۰۰۸؛ آلدیا و لاماس، ۲۰۰۹؛ لینز و همکاران، ۲۰۰۹؛ هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۹؛ آلدیا و همکاران، ۲۰۱۰، بولینگ و همکاران، ۲۰۱۰). ردپای اکولوژیک آب هر کشوری یک شاخص مفید تقاضای آب است و معادل کل آب مجازی محاط شده در محصولات، کالاها و خدمات مصرفی می‌باشد (هوکسترا و هانگ، ۲۰۰۲ و هوکسترا و چاپاگین، ۲۰۰۷). ردپای اکولوژیک آب یک کشور شامل دو مؤلفه داخلی و خارجی است. آن مقدار از منابع آب داخلی یک کشور که برای تولید کالا، خدمات و مصارف عمومی استفاده می‌شود را ردپای اکولوژیک آب داخلی می‌گویند. آن حجم از منابع آب که از سایر کشورها به کشوری وارد شده و صرف مصارف داخلی آن کشوری می‌شود را ردپای اکولوژیک آب خارجی گویند، به عبارتی کشور مورد نظر برای مصارف داخلی، وابسته به آب مجازی خارجی است (احسانی و همکاران، ۲۰۰۹).

خودکفایی آب بر حسب نسبت ردپای اکولوژیک آب داخلی به ردپای اکولوژیک آب کل کشور تعریف می‌شود. خودکفایی کامل در آب یعنی تمام منابع آب مورد نیاز برای تولید، خدمات و مصرف مستقیم از درون همان کشور تأمین می‌شود. چنانچه تقاضای آب کشور به طور گسترده به وسیله واردات آب مجازی تأمین گردد، خودکفایی به صفر نزدیک می‌شود. کشورهای واردکننده آب مجازی، عملاً به منابع آب سایر کشورهای جهان وابسته‌اند. وابستگی آبی در یک کشور نسبت ردپای اکولوژیک آب خارجی آن کشور به ردپای اکولوژیک آب کل آب کشور است (احسانی و همکاران، ۲۰۰۹).

یانگ و همکاران (۲۰۰۳) ایران را کشوری به شمار آورده‌اند که بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی وارد فهرست کشورهای دارای کسری آب شده و تا سال ۲۰۳۰ منابع آب تجدیدپذیر کمتر از ۱۵۰۰ مترمکعب برای هر نفر در سال خواهد داشت. آلکامو و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند که بر اساس نسبت بحرانی شدن، یعنی میزان برداشت به میزان دسترسی به آب، ایران دارای نسبت بحرانی شدن بیشتر از ۰/۸ خواهد بود و در سال ۲۰۲۵ در گروه کشورهای دچار تنش آبی شدید قرار خواهد گرفت. اسماکتین و همکاران (۲۰۰۴)، که تنش آبی را به صورت استفاده انسان از منابع آب تجدیدپذیر (بعد از کسر نیازهای زیست محیطی از کل منابع آب) تعریف می‌کنند، ایران را به عنوان یک کشور دارای تنش آبی زیاد معرفی می‌نمایند. منابع آب در ایران دارای توزیع بسیار ناهمگن

در سطح کشور است. در این حالت تجارت درون کشوری و بین استان‌ها و حتی شهرستان‌های آب مجازی می‌تواند با صرف هزینه‌های کمتر بخش عمده‌ای از مشکلات را در بخش توزیع آب حل کند. ترسیم شبکه‌های آب مجازی درون کشوری در چین و محاسبه دبی آنها نشان داد میزان آب مجازی در حال جریان از شمال به جنوب چین از میزان آب حقیقی جابجا شده از جنوب به شمال چین که برای حل مشکل کم آبی به آنجا فرستاده می‌شود بیشتر است که این خود به معضل کم آبی در شمال چین دامن می‌زند (ما و همکاران، ۲۰۰۶). این مثال نشان دهنده پتانسیل این تجارت در سطح درون کشوری و در بین استان‌ها و حتی شهرستان‌ها است. تجارت درون کشوری آب مجازی با استفاده بهینه از منابع و ظرفیت‌های داخلی می‌تواند از مصرف آب ملی بکاهد و میزان تولید محصولات کشاورزی را در کشور افزایش دهد. علیرغم همه تلاشها برای کاهش مشکل کم آبی، مدیریت منطقی و تخصیص خردمندانه آب موجود مستلزم برنامه‌ها و اقدامات لازم می‌باشد. از این‌رو در سال‌های اخیر تجارت آب مجازی بعنوان راه‌کاری جدید جهت مقابله با بحران آب و کم آبی مورد توجه مجامع علمی جهان قرار گرفته است. اصولاً هدف بهره گیری از راهکار آب مجازی، کاهش مصرف آب در مناطق کم آب و تأمین نیازهای آبی با واردات محصولات پر آب است (چاپاگین و هوکسترا، ۲۰۰۸؛ هوکسترا و همکاران، ۲۰۰۹؛ آلدایا و همکاران، ۲۰۱۰).

مبادلات آب مجازی رویکرد و توجه ویژه به ابعاد پنهان تجارت کالاها با نیاز آبی بالا است که در اثر حساس شدن مدیران منابع آب نسبت به تجارت کالاهای با نیاز آبی بالا به وجود آمده و بر افزایش بهره‌وری و کارآیی استفاده از آب به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید تاکید دارد (سهرابی، ۱۳۸۶). با توجه به مفهوم آب مجازی لزوم موردی آن در مناطق مختلف کشور امری ضروری و عملی نمودن تجارت آب مجازی با توجه به منابع محدود آب در کشور در رسیدن به چشم‌انداز مطلوب در کشاورزی در سال‌های آینده کمک زیادی می‌نماید.

در آینده منازعه کشورها بر سر آب خواهد بود، هم اکنون کشورهای مختلف به لحاظ منابع آب سطحی مشترک، منافعشان به هم گره خورده است لذا اگر میزان مصرف بالا رود و کشور مبدا امکان خروج آب را از کشور خود ندهد، مطمئنا" منافع کشور مقصد با چالش روبه رو خواهد شد، از طرفی تغییرات اقلیمی،گرمایش جهانی و تولید گازهای گلخانه‌ای باعث شده که انتظار کم آبی و خشکسالی در جهان وجود داشته باشد. استان کرمان جزء مناطق خشک و نیمه خشک کشور محسوب می‌شود و سطح وسیعی از زمین‌های زیر کشت این استان شور و خشک هستند، بنابراین مشکل کمبود منابع آب و بارش یک واقعیت مهم و غیر قابل انکار در این استان محسوب می‌شود. از این رو در این پژوهش شاخص ردپای اکولوژیک آب و شاخص‌های کم آبی برآورد شد بدین ترتیب اطلاعات جامعی از وضعیت منابع آب مصرفی استان حاصل شد و در نتیجه توانایی منطقه برای تامین آب مورد نیاز برای تولید داخلی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا آب مجازی دو محصول مهم و استراتژیک استان کرمان (پسته و خرما) در سال ۱۳۸۸ محاسبه شد و سپس رد پای اکولوژیک آب از روش ون اول و همکاران (۲۰۰۸) و دیگر شاخص‌های آب مجازی با روش هوکسترا و هانگ (۲۰۰۲) و هوکسترا و همکاران (۲۰۰۹) مورد مطالعه قرار گرفت. آمار، اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتست از:

۱- داده‌های روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی استان کرمان در دوره آماری ۳۰ ساله از سازمان هواشناسی استان

۲- مشخصات باغات پسته و خرما استان کرمان از نظر موقعیت، نوع منابع آب و خاک‌های غالب که این اطلاعات از جهاد کشاورزی و وزارت نیرو گرفته شد.

۳- آمار سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات پسته و خرما در استان کرمان در سال ۱۳۸۸ این اطلاعات از جهاد کشاورزی استان جمع آوری شد.

۴- آمار صادرات و واردات پسته و خرما استان در سال ۱۳۸۸ از اداره گمرک کرمان

۵- روش‌های آبیاری مرسوم و راندمان‌های آبیاری در دشت‌های کشاورزی از دفتر تامین آب کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی

۶- حجم منابع آب تجدیدشونده استان و میزان تخصیص منابع آب به بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از وزارت نیرو و جهاد کشاورزی

نیاز ویژه آبی (میزان آب مجازی هر محصول) بر اساس متوسط نیاز آبی و متوسط عملکرد آن محصول در سطح استان از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\overline{SWD_c} = \frac{\overline{CWR_c}}{\overline{CY_c}} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن SWD_c نیاز ویژه آبی گیاه c (متر مکعب آب در تن محصول)، $\overline{CWR_c}$ متوسط نیاز خالص آبی (صرف نظر از باران مؤثر) در سطح استان برای محصول c (متر مکعب در هکتار) و $\overline{CY_c}$ متوسط عملکرد محصول c (تن در هکتار) می‌باشد.

در این پژوهش از نرم افزارOPTIWAT، جهت برآورد نیاز آبی محصولات استفاده شد. به منظور تعیین نیاز آبی الگوی کشت به اطلاعاتی مانند اطلاعات دشت، اطلاعات گیاهی (سطح زیر کشت، تاریخ آبیاری، روش آبیاری)، مدیریت آبیاری (نوع آبیاری، زمان آبیاری، مقدار آبیاری)، بارندگی مؤثر و راندمان آبیاری نیاز است.برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی توسط این نرم افزار بر اساس روش ارائه شده در نشریه آبیاری و زهکشی فائو که یک نشریه معتبر جهانی است صورت گرفت. داده‌های هواشناسی ایستگاه‌ها به صورت روزانه طی دوره آماری ۳۰ ساله در یک بانک اطلاعات ذخیره گردید. نیاز خالص آبی هریک از محصولات پسته و خرما در شرایط غیر استاندارد بر اساس روش فائو– پنمن- مونتیت با در نظر گرفتن روش‌های متداول آبیاری و کیفیت آب و خاک محاسبه و با استفاده از داده‌های دفتر آب جهاد کشاورزی در مورد راندمان‌های آبیاری، نیاز آبیاری این محصولات محاسبه گردید.

برای محاسبه ردپای اکولوژیک آب در استان از روش Top-down ون اول و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد. ون اول و همکاران، ردپای اکولوژیک آب را به دو روش Top-down و Bottom-up محاسبه کردند، در روش Bottom-up ردپای اکولوژیک آب شامل دو مؤلفه مصارف مستقیم و غیر مستقیم آب است:

$$WF = WF\ direct + WF\ indirect \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، WF ردپای اکولوژیک آب، WF_{direct} مصرف مستقیم و $WF_{indirect}$ مصارف غیرمستقیم است. مصارف مستقیم، حجم آبی است که در بخش مصارف شهری استفاده می‌شود. مصارف غیر مستقیم حجم آبی است که در تولید کالا وخدمات مصرف می‌شود. در روش Top-down، خالص واردات آب مجازی به استان به مجموع منابع آب داخلی مصرف شده برای تولید کالاها و خدمات در آن استان افزوده می‌شود. بدین ترتیب ردپای اکولوژیک آب در استان از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{Water footprint} = WU + NVWI \qquad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن WU کل آب مصرفی داخل استان (مترمکعب در سال) و NVWI واردات خالص آب مجازی به استان است. در چرخه هیدرولوژی منابع آب به سه دسته آب آبی، سبز و خاکستری تقسیم می‌شوند. آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی آب آبی را تشکیل می‌دهند و به رطوبت خاک در مناطق غیر اشباع، آب سبز می‌گویند (چاپاگین و همکاران، ۲۰۰۶). WU مجموع آب آبی (آب‌های سطحی و زیرزمینی) و آب سبز (رطوبت موجود در خاک) در استان است، اما از آنجا که اطلاعات مربوط به مصرف آب سبز استان نیاز به مطالعات گسترده‌ای دارد و منبع آب سبز بیشتر در مورد کشت دیم مدنظر قرار می‌گیرد، برای دستیابی به جواب‌های عملی در این پژوهش WU معادل منابع مصرفی آب آبی درنظر گرفته شد. از آنجا که همه محصولات مصرفی استان در داخل استان تولید نمی‌شود، طبق تعریف هوکسترا و چاپاگین (۲۰۰۷ و ۲۰۰۸)، ردپای اکولوژیک آب هر استان شامل دو مؤلفه ردپای اکولوژیک آب داخلی (WF_i) و ردپای اکولوژیک آب خارجی (WF_e) است، که در رابطه زیر نشان داده شده است:

$$WF = WF_i + WF_e \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه (۵) ردپای اکولوژیک آب داخلی (WF_i)، حجم کل مصرف سالانه منابع آبی استان است که برای تولید کالا و خدمات مصرفی مردم مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که صادرات محصولات یک استان منجر به صادرات آب به فرم مجازی می‌شود ($V_{e,d}$)، در واقع این حجم آب برای ساکنان آن استان مصرف نشده، لذا باید از حجم کل منابع آب تجدیدپذیر کسر شود.

رابطه (۵) $WF_i=WU-V_{e,d}$

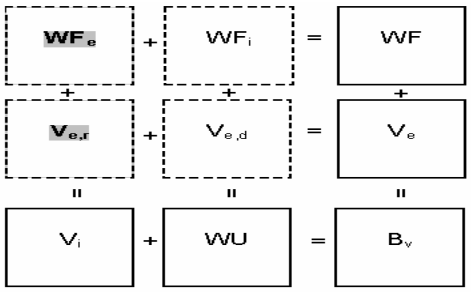
در رابطه (۶) ردپای اکولوژیک آب خارجی (WF_e)، برابر با حجم سالانه منابع آبی است که در استان‌ها یا کشورهای دیگر برای تولید محصولات وارداتی به استان مصرف شده است، اگر استانی محصولات وارداتی خود را دوباره به استان‌های دیگر صادر نماید ($V_{e,r}$)، باید حجم آب مجازی این محصولات را از ردپای اکولوژیک آب خارجی خود کسر نماید.

رابطه (۶) $WF_e=V_i-V_{e,r}$

طبق رابطه (۷)، صادرات آب مجازی استان ممکن است یا ناشی از صادرات محصولات داخلی استان باشد و یا اینکه با صادرات مجدد محصولات وارداتی به استان، آب‌های مصرفی خارجی دوباره به نقاط دیگر صادر شود.

رابطه (۷) $V_e=V_{e,d}+V_{e,r}$

در شکل ۱ جمع (V_i) و (WU) برابر با (V_e) و (WF) در نظر گرفته شده است. طبق تعریف ما و همکاران (۲۰۰۶) و هوکسترا و چاپاگین (۲۰۰۸) این حاصل جمع، بیلان آب مجازی یک استان (B_v) نامیده می‌شود.



شکل(۱): رابطه بین واردات آب مجازی (V_i)، صادرت آب مجازی (V_e)، مصرف منابع آب داخلی (WU) و ردپای اکولوژیک آب استان (WF)(هوکسترا و چاپاگین (۲۰۰۸))

یک فرض منطقی وجود دارد که با وارد کردن خالص آب مجازی به یک استان کم آب، بتوان نیازهای آبی استان را تأمین نمود. از طرف دیگر استانی با منابع آبی فراوان می‌تواند با صادرات آب به فرم مجازی به سود مطلوبی دست یابد. در این باره نیاز به شاخص‌هایی است که بتوان ارتباط کم آبی استان و وابستگی به واردات آب مجازی و شاخص خودکفایی استان را بررسی نمود.

شاخص شدت مصرف آب استان WI، به صورت نسبت کل برداشت داخلی آب برای مصارف کشاورزی (WU) به کل منابع موجود استان (WA) از رابطه زیر محاسبه شد:

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

که در آن، WI شدت مصرف آب در استان (درصد)، WU کل آب مصرفی استان (مترمکعب در سال) و WA منابع آب موجود در استان است. منابع آب تجدید پذیر سالانه به عنوان معیاری برای منابع آب موجود استان در نظر گرفته شد.

وابستگی به آب (WD) شاخصی است که منعکس کننده وابستگی به منابع آب خارجی از طریق واردات آب مجازی می‌باشد. این شاخص به صورت نسبت کل واردات خالص آب مجازی استان به کل آب تخصیص یافته برای تولید محصولات غذایی محاسبه می‌شود:

رابطه (۹)

$$WD=\frac{NVWI}{WU+NVWI}\times 100 \quad \text{اگر } NVWI\geq 0$$
$$WD=0 \quad \text{اگر } NVWI<0$$

محدوده این شاخص بین ۰ تا ۱۰۰ متغیر است. اگر WD=0 باشد یعنی واردات و صادرات ناخالص آب مجازی در تعادل است اگر این شاخص منفی باشد آن منطقه صادرکننده آب مجازی است. اگر وابستگی آب یک منطقه به ۱۰۰ درصد نزدیک شود، آن گاه آن منطقه به طور کامل به واردات آب مجازی متکی است.

در مقابل شاخص وابستگی آب، شاخص خودکفایی آب (WSS) که نشان‌دهنده توانایی منطقه برای تامین آب مورد نیاز برای تولید داخلی است. اگر شاخص خودکفایی آب به صفر نزدیک شود یعنی استان به شدت به واردات منابع آب مجازی وابسته است اما اگر این شاخص به ۱۰۰ نزدیک شد مبین آن است که استان کل منابع آبی مورد نیاز برای تولید کالا و خدمات را در داخل مرزهای خود دارد و نیاز به واردات منابع آب مجازی ندارد.

رابطه (۱۰)

$$WSS = \frac{WU}{WU + NVWI} \times 100 \quad \text{اگر } NVWI > 0$$
$$WSS = 100 \quad \text{اگر } NVWI \le 0$$

نتایج و بحث

آخرین اطلاعات مربوط به مصارف آبی کشور و استان کرمان در جدول ۱ نشان می‌دهد که کل مصرف آب کشور در سال حدود ۹۳ میلیارد متر مکعب و برای استان کرمان ۷/۵ میلیارد متر مکعب است. از این حجم آب مصرفی دراستان سهم مصارف کشاورزی، شرب و صنعت به ترتیب ۷/۱، ۰/۱ و ۰/۳ میلیارد متر مکعب بوده که ۱۶ درصد آن از منابع سطحی و ۸۴ درصد آن از منابع آب زیرزمینی تامین شده است. علاوه بر آن رقم اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی ۱/۱ میلیارد متر مکعب تقریبا" ۱۸/۳ درصد نسبت به کشور برای استان کرمان گزارش شده است. نتایج برآورد متوسط راندمان آبیاری در سطح استان کرمان در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول(۱): وضعیت منابع آبی تجدید شونده کشور و استان کرمان (میلیارد متر مکعب)

نوع منابع آبی	کشور	استان کرمان	نسبت استان به کشور(درصد)
بارش	۴۱۳	۲۴/۵	۶
منابع آبی تجدید شونده	۱۳۰	۶/۶۵	۵/۱
تغذیه منابع آب‌های زیرزمینی	۳۸	۳/۹	۱۰/۳
آب‌های سطحی در دسترس	۹۲	۲/۷۵	۳
آب مصرفی	۹۳	۷/۵	۸
اضافه برداشت آب‌های زیرزمینی	۶	۱/۱	۱۸/۳

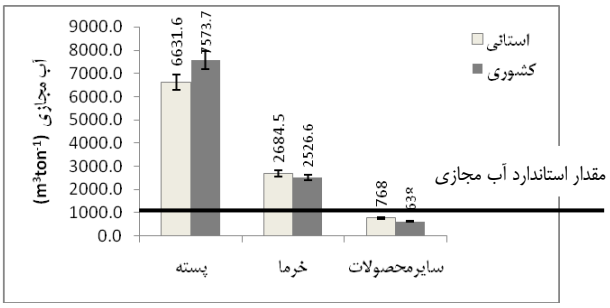
مأخذ: آمار جهاد کشاورزی استان کرمان

جدول(۲): تحلیلی بر متوسط تبخیر تعرق و نیاز آبی در استان کرمان

متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل(مترمکعب درهکتار)	۷۲۰۰
حجم آب مورد نیاز (میلیاردمترمکعب)	۵/۷
متوسط نیاز آبی مزرعه (مترمکعب درهکتار)	۱۵۰۰۰
حجم آب مورد نیاز (میلیاردمترمکعب)	۱۱/۹
متوسط نیاز آبی هدف(مترمکعب درهکتار)	۱۴۰۰۰
حجم آب مورد نیاز (میلیاردمترمکعب)	۱۱/۱

مأخذ: محاسبات تحقیق

طبق محاسبات انجام شده بانرم افزار OPTIWAT و راندمان‌های موجود در آن میانگین راندمان کل آبیاری استان کرمان ۳۷ درصد و راندمان هدف ۴۴ درصد بدست آمد. در این پژوهش با استفاده از رابطه ۱ و در نظر گرفتن عملکرد محصول، میزان آب مجازی محصولات مورد بررسی در سطح استان کرمان در سال ۱۳۸۸ و مقایسه آن با کشور در سال ۱۳۸۵ (عربی یزدی و همکاران، ۲۰۰۹) محاسبه شد. متوسط آب مجازی پسته و خرما در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل(۲): متوسط آب مجازی پسته، خرما و سایر محصولات در کشور و استان کرمان

آب مجازی محصولات کشاورزی متأثر از نیاز آبی و عملکرد محصول می‌باشد که خود به شرایط اقلیمی محل کاشت وابسته است. پسته و خرما در بین محصولات کشاورزی جزء محصولات با آب مجازی بالا محسوب می‌شوند. در تحقیقی که توسط عربی یزدی و همکاران (۲۰۰۹) در کشور صورت گرفته خرما و پس از آن حبوبات و دانه‌های روغنی بالاترین میزان آب مجازی و صیفی‌جات کمترین آب مجازی را دربرداشتند. میانگین وزنی آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی محصولات استان کرمان در سال ۱۳۸۸ به ترتیب ۷۶۸/ متر مکعب بر تن۰و ۱/۳ یلوگرم بر متر مکعب است. البته این ارقام بر اساس نیاز آبی محصولات و بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری است. همچنین میانگین وزنی آب مجازی و بهره‌وری آب کشاورزی پسته و خرما به تنهایی در سال ۱۳۸۸ به ترتیب ۴/۶۵۸ و ۰/۲۱۵ به دست آمد. اگرمتوسط آب مجازی محصولات و میزان کل تولید محصولات کشاورزی را در سال ۸۸ در نظر بگیریم برای تولید حدود ۴/۸ میلیون تن انواع محصولات کشاورزی در استان کرمان نیاز به ۳/۷ میلیارد متر مکعب آب داریم و همچنین برای تولید ۵۳۳ هزارتن محصول پسته و خرما نیاز به ۲/۵ میلیارد متر مکعب آب است. در حالی‌که بیش از ۷/۱ میلیارد متر مکعب آب و۱/۱ میلیارد متر مکعب اضافه

برداشت از منابع آب زیرزمینی صرف بخش کشاورزی استان می‌شود با احتساب حجم واقعی مصرفی آب استان برای تولید این مقدار محصول میزان بهره‌وری آب کشاورزی به علت تلفات آب در انتقال و کاربرد آب در سطح مزارع فاریاب به ۰/۵۵ کاهش خواهد یافت. برای مثال حجم آبی که در مزارع فاریاب مصرف می‌شود دو تا سه برابر تبخیر و تعرق واقعی گیاه است. بهره‌وری آب هر محصول در کشور به علت تنوع در عملیات کشاورزی و مدیریت آب در سطح منطقه و در سطح مزارع و باغات متفاوت است. بهره‌وری آب در کشورهای شمالی و اروپای غربی، آرژنتین، چین، استرلیا و برخی کشورهای خاورمیانه بالا است (یانگ و زندر، ۲۰۰۵).

با فرض اینکه حجم اضافه برداشت از آب‌های زیرمینی (حدود ۱/۱میلیارد متر مکعب) در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد با افزودن تراز خالص آب مجازی به مصارف داخلی استان و استفاده از رابطه ۳ با روش top – down، ردپای اکولوژیک آب کشاورزی استان کرمان در سال ۱۳۸۸ بیش از ۵/۵۶ میلیارد متر مکعب برآورد شده است. جمعیت استان طبق آخرین سرشماری سال ۱۳۹۰، ۲۶۵۲۴۱۳ نفر بوده است. بنابراین سرانه ردپای اکولوژیک آب در استان ۲۰۹۷/۲ متر مکعب در سال محاسبه شده است. با احتساب آب مصرفی بخش‌های شرب و صنعت، ردپای اکولوژیک آب استان کرمان ۵/۹۶ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۸ و ردپای اکولوژیک آب فردی ۲۲۴۸ متر مکعب برآورد شده است. ردپای اکولوژیک آب کشاورزی تقاضای آب مصرفی برای تامین نیازهای آبی بخش کشاورزی استان را نشان می‌دهد.

بنا بر آمار گمرگ استان کرمان (۱۳۸۸) استان کرمان فقط صادر کننده پسته و خرما بوده است و واردات پسته و خرما نداشته است. بنابراین استان واردات پسته و خرما نداشته که به استان‌های دیگر صادر نماید، بدین ترتیب می‌توان مولفه V_{er} در رابطه ۶ را صفر فرض نمود. با این فرض بنا بر رابطه ۵، ردپای اکولوژیک آب داخلی استان در سال ۱۳۸۸، ۵/۹۶ میلیارد متر مکعب برآورد گردیده است. شکل ۳ بیلان آب مجازی استان کرمان را نشان می‌دهد که رقمی معادل ۸/۲ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۸ برآورد شده است.

Wfe = ۰/۰	+	**Wfi =** ۵/۵۶	=	**WF =** ۵/۵۶
+		+		+
Ver = ۰/۰	+	**Ved =** ۲/۶۴	=	**Ve =** ۲/۶۴
=		=		=
Vi = ۰/۰	+	**WU =** ۸/۲	=	**Bv =** ۸/۲

شکل(۳): برآورد بیلان آب مجازی استان کرمان

جدول ۳ نتایج مربوط به محاسبات شاخص‌های کلی و سرانه ردپای اکولوژیک، کم آبی، وابستگی و خودکفایی به واردات آب مجازی را نشان می‌دهد. شاخص کم آبی یا شدت مصرف آب در بخش کشاورزی ۱۲۳/۳ درصد از منابع آب تجدید شونده استان برآورد گردیده است. اگر کل مصرف بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت را در نظر بگیریم شاخص کم آبی یا شدت مصرف آب ۱۲۹/۳ درصد بدست می‌آید. این ارقام با فرض اضافه برداشت آبی معادل ۱/۱ میلیارد متر مکعب در سال از منابع آب‌های زیرزمینی است. این در حالی است که شاخص شدت مصرف آب را ۱۰۰ در نظر می‌گیرند. بنا به تعریف کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل، اگر حجم مصرف آب در هر کشور بیشتر از ۴۰ درصد کل منابع آب تجدید پذیر سالانه باشد آن کشور کم آب تلقی می‌شود و این بدان معناست که استان کرمان با مصرف ۱۲۳/۳ درصد از منابع آبی خود در بخش کشاورزی کم آب تلقی می‌شود. هوکسترا و هانگ (۲۰۰۲) شدت مصرف آب ایران برای سال‌های دوره ۱۹۹۹-۱۹۹۵ را ۷۲/۹ درصد محاسبه کرده بودند.

هوکسترا و هانگ (۲۰۰۲) درجه خودکفایی را در شش گروه ۲۰ – ۰، ۵۰ – ۲۰، ۷۰ – ۵۰، ۹۰ – ۷۰، ۹۹ – ۹۰ و ۱۰۰ طبقه‌بندی کرده‌اند و ایران در سال‌های دوره ۱۹۹۹-۱۹۹۵ با واردات ۵/۸۱۹ میلیارد مترمکعب آب مجازی از طریق واردات محصولات کشاورزی، ۶/۴ درصد وابستگی داشته و در گروه کشوهایی با ۹۹-۱۰ درصد خودکفایی قرار داشته است. استان کرمان در سال ۱۳۸۸ با صفر درصد واردات محصولات استراتژیک کشاورزی (پسته و خرما) و درجه خودکفایی ۱۰۰ درصد، در گروه ۱۰۰ قرار می‌گیرد و این نشان دهنده آن است که استان کرمان تقریبا تمام آب مصرفی خود را از منابع داخلی خود تامین کرده و هیچ وابستگی به آب نداشته است.

جدول(۳): شاخص‌های محاسبه شده منابع آب استان کرمان

کل منابع آبی در دسترس (میلیاردمترمکعب در سال)	۶/۶۵
کل منابع آبی مصرف شده (میلیاردمترمکعب در سال)	۷/۵۰
کل منابع آبی مصرف شده در بخش کشاورزی (میلیاردمترمکعب در سال)	۷/۱۰
صادرات آب مجازی (میلیاردمترمکعب در سال)	۲/۶۴
واردات آب مجازی (میلیاردمترمکعب در سال)	۰
خالص واردات آب مجازی (میلیاردمترمکعب در سال)	-۲/۶۴
شاخص رد پای آب (میلیاردمترمکعب در سال)	۵/۵۶
شاخص سرانه رد پای آب (میلیاردمترمکعب در سال به ازای هر نفر)	۲۰۹۷/۲
شاخص شدت مصرف آب کشاورزی (درصد)	۱۲۳/۳۰
شاخص وابستگی به واردات آب مجازی (درصد)	۰
شاخص خودکفایی واردات آب مجازی (درصد)	۱۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر به بررسی امکان بهره‌گیری از مبادلات آب مجازی برای حفظ منابع آبی استان کرمان پرداخته است. از آنجایی که باغات پسته و خرما ۷۶ درصد از سطح زیر کشت کل باغات استان کرمان را به خود اختصاص داده و از طرفی این محصولات نقش تعیین کننده‌ای در صادرات استان و حتی کشور دارند، در این مطالعه میزان آب مجازی این دو محصول استراتژیک منطقه بررسی شد. با محاسبه میزان آب مجازی این دو محصول، حجم صادرات آب مجازی در سال ۱۳۸۸ بیش از ۲/۶۴ میلیاردمتر مکعب برآورد گردیده است. تراز خالص آب مجازی استان کرمان معادل ۲/۶۴- میلیارد متر مکعب در سال بدست آمده که از حجم منابع آب داخل کسر می‌شود. با فرض راندمان ۶۹/۵ درصد در بخش کشاورزی (سهم آب برای مصارف کشاورزی در استان کرمان ۷/۱ میلیارد متر مکعب است و اگر فرض بر این باشد که ۱/۱ میلیارد متر مکعب حجم اضافه برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی به بخش کشاورزی اختصاص یابد در نتیجه ۸/۲ میلیارد متر مکعب آب در بخش کشاورزی مصرف شده در صورتی که بر طبق جدول ۲ حجم آب مورد نیاز در بخش کشاورزی استان ۵/۷ میلیارد مترمکعب بده است، در نتیجه با تقسیم حجم آب مورد نیاز بر آب مصرف شده راندمان در بخش کشاورزی ۶۹/۵ درصد برآورد شد) ۳/۸ میلیارد متر مکعب از منابع آب داخلی استان کرمان حفظ نشده و نمی‌توان در بخش‌های دیگر مورد استفاده قرار داد. شاخص ردپای اکولوژیک آب استان در بخش کشاورزی ۵/۵۶ میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۸ تخمین زده شد که سرانه آب مصرفی پایه به ازاء هر نفر ۲۰۹۷/۲ متر مکعب در سال است، بدین معنی که ۲۰۹۷/۲ متر مکعب آب برای تأمین نیازهای غذایی هر نفر در استان کرمان مصرف می‌شود. استان کرمان صادر کننده آب مجازی است اما وابستگی استان به منابع آب خارجی صفر درصد است و استان کرمان ۱۰۰ درصد در تامین محصولات عمده مورد نیاز خود از منابع آب داخلی استفاده می‌کند. تلاش در راستای خودکفائی در بخش کشاورزی، موجب افزایش شدت مصرف منابع آبی به میزان ۱۲۳/۳ درصد شده است. کاهش فشار وارده بر منابع آب داخلی، مستلزم بهره‌گیری بیشتر از استراتژی مبادله آب مجازی در واردات محصولات آب بر به استان است که این امر نیز وابستگی به واردات را بیشتر خواهد کرد. همچنین گسترش اجرای آبیاری تحت فشار مثل آبیاری قطره‌ای درختان میوه، آبیاری بارانی در زراعت‌ها موجب کاهش مصرف آب و بالا بردن راندمان آبیاری می‌شود. لذا سیاست گذاری‌ها باید به گونه‌ای باشد که هم بتوان چالش‌های محدودیت منابع آبی بررسی و هم امنیت بلند مدت غذایی استان کرمان را تامین کند.

منابع

1. Alcamo, J., Henrichs, T and Rosch, T. 2000. World Water in 2025: Global Modeling and Scenario Analysis for the World Commision on Water for the 21th Century, Center for Environmental Systems Research, Report A0002. University of Kassel. Germany, P, 49.
2. Aldaya, M.M and Hoekstra, A.Y. 2010. The water needed for Italians to eat pasta and pizza. Agricultural Systems, 103: 351–360.
3. Aldaya, M.M and Lamas, M.R. 2009. Water footprint analysis (Hydrologic and Economic) of the guadiana river basin, Published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 7 place de Fontenoy, 75352 Paris. Rance, UNESCO 2009, ISBN 978-92-3-104117-4., pp. 39.

4. Aldaya, M.M. Allan, J.A and Hoekstra, A.Y. 2010. Strategic importance of green water in international crop trade. Ecological Economics, 69: 887–894.
5. Aldaya, M.M., Santos, P.M and·Llamas, M.R. 2010. Incorporating the water footprint and virtual water into policy: Reflections from the manta occidental region. Spain. Water Resource Management, 24: 941–958.
6. Arabi Yazdi, A., Alizadeh, A and Nairizi, S. 2009. Study of food security based on the concept of virtual water trade and ecological water foot print (Case study: Khorasan Razavi Province). Journal Agroecology, 1: 1-12.
7. Bulsink, F., Hoekstra, A.Y and Booij, M.J. 2010. The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products. Hydrology and Earth System Sciences, 14: 119–128.
8. Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G and Gautam, R. 2006. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics, 60: 186-203.
9. Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y and Savenije, H.H.G. 2006. "Water saving through international trade of agricultural products" . Hydrology and Earth System Sciences, 10: 455–468.
10. Ehsani, M., Khaledi, H and Barghi, Y. 2009. Introduction to virtual water, Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID), pp.112.
11. Hoekstra, A.Y and Chapagain, A.K. 2007. Water footprint of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resource Management. 21(1): 35-48.
12. Hoekstra, A.Y and Chapagain, A.K. 2008. Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
13. Hoekstra, A.Y and Hung, P.Q. 2002. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series No. 11, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands, pp. 25-47.
14. Hoekstra, A.Y. 2008. Water neutral: reducing and off setting the impacts of water footprints. Value of water research report series, NO. 28, pp. 42.
15. Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M and Mekonnen, M.M. 2009. Water footprint manual, State of the art, Web www.waterfootprint.org, pp. 131.
16. Leenesa, W.G., Hoekstraa, A.Y and Meerb, T.H. 2009. The water footprint of bioenergy, PANAS, 106 (25): 10219-10223.
17. Ma, J., Hoekstra, A.Y., Wang, H., Chapagain, A.K and Wang, D. 2006. Review Virtual versus real water transfers within China. Journal Philosophical Transactions Royal Society Bacteriology, 361: 835–842.
18. Smakthin, V., Revenga, C and Doll, P. 2004. Taking into Account Environmental Water Requirements in Global-scale Water Resources Assessments. Comprehensive Asessment of Water Management in Agriculture, Research Report 2, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
19. Sohrabi, R. 2006. Developed a mathematical model to calculate the optimal amount of virtual water supply needs of the region in terms of economic, social and food security. Undergraduate thesis, Sharif University of technology, Tehran, Iran, (In Farsi).
20. Van oel, P.R., Mekonnen, M.M and Hoekstra, A.Y. 2008. The external water footprint of the Netherlands: Quantification and impact assessment. Value of Water Research Report Series, No. 33, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, p. 72.
21. Yang, H and Zehnder, A.J.B. 2005. The south-north water transfer project in China: An analysis of water demand uncertainty and environmental objective in decision making. Water International, 30(3): 339–349.
22. Yang, H., Reichert, P., Abbaspour, K and Zehnder, A.J.B. 2003. A water resources threshold and its implications for food security. Environmental Science and Technology, 37: 3048-3054.

Study on Ecological Water Footprint and indicators of virtual water in Agricultural Section of Kerman Province

*A. Gholamhossien pour jafari nejad[1], A. Alizadeh[2], A. Neshat[3]

Abstract

Shortage of water resources and rainfall is an undeniable reality in Kerman province. Total water use within a single country is not a proper measure for the actual harvest from the world's water resources. Water ecological footprint is an index to determine the actual amount of water consumption. Therefore, analyzing water ecological footprint and indices of strategic products virtual water are useful for optimal planning and programming of water resources. Thus, in the present study, ecological footprint of water in strategic agricultural products of Kerman province (pistachio and date) was calculated to investigate the ability of the region to meet the water requirements for domestic production. In this study, Hoekstra & Hung (2002) and Hoekstra et.al (2009) methods were used for calculations. Water ecological footprint index of the province in agriculture sector is estimated to be 5/56 billion cubic meters, which is 2097/2 cubic meters for each person yearly. Kerman province exports virtual water and has low dependence on external water resources. Water deficit index or intensity of water use in agriculture sector of the province is estimated to be 123/3 percent of all renewable water resources of the province. According to the definition of UN commission on sustainable development, once the volume of water used in each country is more than 40 percent of total annual renewable water resources, then the country in considered low water. Therefore, Kerman province is low water and reducing the pressure on domestic water resources of the province may require using more virtual water trade strategy in importing products with a high water requirement.

Keywords: virtual water, pistachio, dates, water footprint, water scarcity, Water dependency, Kerman.

[1] PhD Student of Water Engineering Department., Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(*- Corresponding and First author Email address: aporjafari@yahoo.com)
[2] Professor of Water Engineering Department., Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
Second author Email address: alizadeh@um.ac.ir
[3] Assistant Professor of Water Engineering Department., Agricultural College, Islamic Azad University of Kerman, Iran
Third author Email address: a.neshat896@gmail.com