نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۹، خرداد - تیر ۱۴۰۴، ص. ۲۲۸-۲۱۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 19, Jun.-Jul. 2025, p. 217-228

مقاله علمی-پژوهشی

تحلیل مصرف و تجارت آب مجازی بر امنیت غذایی در استان کرمان

منصوره میرزایی[۱]، حسین بابازاده*[۲]، مهدی سرائی تبریزی[۳]، امیر خسروجردی[۴]، علی ترابی حقیقی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳

چکیده

در مناطق خشک و کم‌آب استان کرمان، کشاورزان با چالش‌های جدی کمبود بارش و منابع آب مواجه‌اند که امنیت غذایی را تهدید می‌کند. یکی از راه‌حل‌های مؤثر برای این بحران، استفاده از مفهوم «آب مجازی» است که می‌تواند به مدیریت منابع آبی و تأمین امنیت غذایی کمک کند. این پژوهش به بررسی تأثیر تجارت آب مجازی بر امنیت غذایی در استان کرمان می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که تولید محصولات اساسی مانند گندم، برنج و حبوبات در این استان قادر به تأمین نیاز جمعیت نیست. در سناریوی ایده‌آل، با راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد، استان کرمان به ۴/۰۸ میلیارد مترمکعب آب مجازی بیشتر نیاز دارد. در شرایط واقعی و با راندمان ۴۰ درصد، برای تأمین امنیت غذایی جمعیت پیش‌بینی‌شده در سال ۱۴۱۰ این نیاز به ۴/۲ میلیارد مترمکعب آب مجازی افزایش می‌یابد. همچنین، انتقال آب بین‌حوضه‌ای با محدودیت‌هایی مواجه است. یافته‌ها نشان می‌دهد که تجارت آب مجازی می‌تواند به افزایش دسترسی به منابع آب جهانی و کاهش فشار بر منابع آب داخلی استان کمک کند. بنابراین، لازم است سیاست‌گذاران به بازنگری در سیاست‌های مدیریت منابع آب پرداخته و زیرساخت‌های لازم برای تسهیل تجارت آب مجازی را توسعه دهند.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، تجارت آب مجازی، شکاف مطلوب غذایی

مقدمه

در مناطق خشک و کم‌آب نظیر استان کرمان، کشاورزان به‌طور مداوم در جستجوی بارش بارانی هستند که ممکن است هرگز محقق نشود. این تصویر، نماد بارزی از چالش‌های جدی امنیت غذایی در مناطقی است که با کمبود منابع آبی مواجه‌اند. در این میان، مفهوم "آب مجازی" به عنوان یک راه‌حل نوین برای مقابله با بحران‌های آبی و تأمین امنیت غذایی در نقاط کم‌آب جهان مطرح می‌شود. با افزایش جمعیت و تغییرات اقلیمی، فشار بر منابع آبی به شدت افزایش یافته و این امر نیاز به راهکارهای نوین را بیش از پیش نمایان می‌سازد. تجارت آب مجازی، به معنای انتقال آب نه به صورت فیزیکی بلکه به صورت مجازی از طریق محصولات کشاورزی، می‌تواند به عنوان یک استراتژی مؤثر در کاهش فشار بر منابع آبی و تأمین نیازهای غذایی عمل کند. این مفهوم برای اولین بار توسط تونی آلن در اوایل دهه نود معرفی و به سرعت به یکی از ابزارهای کلیدی در سیاست‌های آبی کشورهای کم‌آب تبدیل گردید (Allan, 1993). در کشور ایران و حتی دنیا بیشتر اوقات به دلیل رابطه معکوس و جایگزینی‌ای که میان امنیت آبی و غذایی وجود دارد امنیت آبی فدای امنیت غذایی گردیده است. اما در مفهوم آب مجازی یک رابطه جدایی‌ناپذیر میان این دو وجود دارد و مطالعات تجارت آب مجازی در نظر دارند این رابطه طراحی شده نابرابر را اندکی به نفع بخش آب تعدیل نماید(سهرابی و ادرکانیان، ۱۳۸۵). نزدیک به یک دهه طول کشید تا اهمیت دستیابی به امنیت آب منطقه‌ای و جهانی در سطح جهان شناخته شود. مفهوم آب مجازی می‌تواند یک تصویر شفاف از نیاز به آب جهت تأمین غذای جمعیت جهان را ارایه نماید (سالاری بردسیری و همکاران، ۱۴۰۱). بسیاری بر این اعتقادند که مدیریت پایدار منابع آب در کشاورزی می‌تواند منجر به ایجاد پایداری تولید مواد غذایی و رسیدن به امنیت غذایی پایدار شود (FAO, 2012). با گذشت زمان و افزایش جمعیت همپای تغییرات فنی و پیشرفت‌های فن‌آوری تقاضا برای منابع، بخصوص منابع طبیعی

۱- دانشجوی دکتری مدیریت منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۴- دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۵- دانشیار، دانشگاه اولو، فنلاند
(*- نویسنده مسئول: Email: h_babazadeh@hotmail.com)

افزایش و بیش از پیش بر ارزش آن افزوده گردید. تجارت آب مجازی؛ مقدار آبی است که در تولید محصولات کشاورزی مصرف می‌شود و سپس، در بین مناطق با تنش‌های آبی متفاوت معامله می‌گردد(Graham et al, 2020). از آغاز اهمیت یافتن تجارت آب مجازی همواره این تجارت به‌عنوان یک راه‌حل مؤثر در کاهش فشار آبی کشورهای غرب آسیا مطرح بوده است. تجارت کالاهای آب‌بر شبکه‌ای از کانال‌های مجازی انتقال آب را تشکیل می‌دهد. بحث امنیت غذایی[1]، تئوری‌های تجارت بین‌الملل و مسائل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی همواره در برنامه‌ریزی برای توسعه این تجارت نقش اصلی داشته‌اند. کشورهای کم‌آب مجبورند سالانه سرمایه‌های کلانی را در بخش توسعه زیرساخت‌ها، جهت تأمین نیازهای روزافزون آبی، سرمایه‌گذاری نمایند. ازطرفی بسیاری از راهکارهای سازه‌ای با اصول توسعه پایدار منافات دارد. از آنجایی که در سطح جهانی کشاورزی بزرگترین بخش اقتصادی از لحاظ مصرف آب است، بنابراین تجارت محصولات کشاورزی جزء اصلی تجارت آب مجازی می‌باشند (امیری و همکارن، ۱۴۰۰). با دخالت دادن تجارت آب مجازی در سیاست‌های آبی، علاوه‌بر این که میزان دسترسی کشور به منابع آب جهانی افزایش می‌یابد، از افزایش فشار بر منابع محدود داخلی نیز کاسته می‌شود (اردکانیان و سهرابی، ۱۳۸۵). منافع زیست‌محیطی، فرصت‌های ایجاد شده برای انجام سرمایه‌گذاری‌های زود بازده اقتصادی و گسترش رفاه اجتماعی از مشوق‌های توسعه تجارت آب مجازی برای کشورهای واردکننده است. از طرفی توسعه هدفمند این تجارت در سطح جهان نیازمند اطمینان از عرضه کافی و امنیت واردات است. از اینرو کشورها علاقه‌مندند با بکارگیری مجموعه‌ای از راهکارهای داخلی و بین‌المللی، از جمله استفاده از این تجارت، مسئله امنیت غذایی را حل کنند.

تعاریف زیادی از امنیت غذایی توسط افراد و نهادهای بین‌المللی مختلف ارائه شده است. به عنوان مثال بنابر تعریف ارائه شده توسط بانک جهانی، امنیت غذایی یعنی "دسترسی همه انسان‌ها در هر زمان به غذای کافی برای داشتن زندگی سالم و فعال"، که دسترسی به غذا و توانایی تولید آن، دو عنصر اصلی این تعریف است (بانک جهانی، ۱۹۸۶). FAO امنیت غذایی را اینچنین تعریف می‌کند: اطمینان از اینکه همه مردم در هر زمانی دسترسی فیزیکی و اقتصادی به غذای اصلی مورد نیازشان را دارند (Haddleston, 1990). تمام این تعاریف به طور ضمنی این معنی را می‌رسانند که امنیت غذایی هر دو جزء عرضه و تقاضا را شامل می‌شود و توانایی مردم در بدست آوردن غذای کافی و سالم مورد نیازشان را چه از طریق مستقیم و چه از طرق حمایتی و برنامه‌های سوبسیدی توصیف می‌کند. پتانسیل عظیمی که در تجارت مواد غذایی نهفته است آن‌را مستعد می‌سازد تا در معادلات دیپلماتیک وارد شود. وابستگی بیش از حد امنیت غذایی کشورها به واردات سبب می‌شود که کشورهای صادرکننده توانایی تحمیل خواسته‌های خود و همچنین دخالت در مسائل داخلی کشورهای واردکننده را داشته باشند. از اینرو امنیت غذایی در برنامه‌ریزی‌های درازمدت یک کشور نقش مهمی را ایفا می‌کند و با توسعه زیرساخت‌ها و روابط بین‌الملل یک کشور ارتباط مستقیم دارد.

جهت رسیدن هم‌زمان به اهداف بعد کمی امنیت غذایی و امنیت آب؛ افزایش عملکرد، بهبود راندمان آبیاری، تدوین الگوی کشت مناسب و تخصیص منابع آب با توجه به بهره‌وری آب و عملکرد آن در هر پهنه پیشنهاد شده است (سالاری بردسیری و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهشی طی سال‌های ۱۳۷۱ الی ۱۳۹۵ مزیت‌های صادراتی، مقادیر آب مجازی خروجی و ارزش هر مترمکعب آب مجازی صادر شده برای محصولات صادراتی اصلی (پسته، خرما، زعفران، کیوی و سیب) برآورد و ارتباط صادرات آب مجازی با مزیت‌های صادراتی بررسی گردید. نتایج نشان داد که بطور متوسط طی دوره مورد بررسی، صادرات آب مجازی و ارزش آن برای محصول پسته به ترتیب معادل سالانه ۴/۹ میلیارد مترمکعب و ۰/۱۴۹ دلار به ازای هر مترمکعب و شاخص مزیت نسبی آشکار شده متقارن نیز بیانگر وجود مزیت صادراتی پسته در همین دوره بود. ولی ضریب همبستگی بیانگر ارتباط منفی و معنی‌دار بین ارزش صادرات آب مجازی و مزیت صادراتی بوده که نشان‌دهنده عدم تطابق الگوی صادرات آب مجازی با مزیت رقابتی پسته خواهد بود (امیری و همکاران،۱۴۰۰).

در پژوهشی که به تحلیل تأثیرات تجارت غذا بر امنیت غذایی و صرفه‌جویی در آب و زمین از منظر تجارت آب مجازی در جهان عرب پرداخته شده، حجم کل آب مجازی وارد شده برای چهار محصول اصلی(جو، ذرت، برنج و گندم) را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ برآورد شده است. در پژوهش مذکور عنوان گردیده که بزرگترین حجم آب مجازی توسط کشور مصر (۱۹/۹ میلیارد مترمکعب در سال) وارد و پس از آن عربستان سعودی (۱۳ میلیارد مترمکعب در سال) قرار داشته است. این مطالعه نشان داده که جهان عرب بیشتر بر افزایش حجم آب مجازی وارد شده در دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۲ تمرکز و در مقابل توجه کمی به گسترش ارتباطات با کشورهای صادرکننده داشته که این موضوع باعث آسیب‌پذیری این مناطق از منظر امنیت غذایی شده است (Lee et al, 2018).

در پژوهشی دیگر، با تأکید بر مفهوم صادرات آب مجازی به تحلیل رفاهی آثار کاهش ارزش پول ملی در بازار محصول پسته در ایران پرداخته و اجزای بازار پسته ایران را در قالب طراحی یک مدل تعادل جزئی شبیه‌سازی نموده است. نتایج نشان داده که به طور میانگین با هر ۱ درصد افزایش در نرخ ارز، رفاه اجتماعی ناخالص نزدیک ۱/۶ درصد افزایش خواهد یافت. با این وجود، با درنظر گرفتن

1- Food Security

ارزش اقتصادی به آب مجازی اتلاف شده در تولید پسته، میزان رفاه اجتماعی کل در حدود ۱۲ درصد تنزیل خواهد داشت. در نهایت، برنامه‌ریزی و تدوین سیاست‌هایی در جهت حمایت از مصرف‌کنندگان واقعی پسته در کشور و لزوم توجه بیش از پیش به درونی کردن آثار بیرونی صادرات محصولات کشاورزی به ویژه در شرایط کاهش ارزش پول ملی مورد بررسی قرار گرفته است(علیپور و همکاران. ۱۴۰۱).

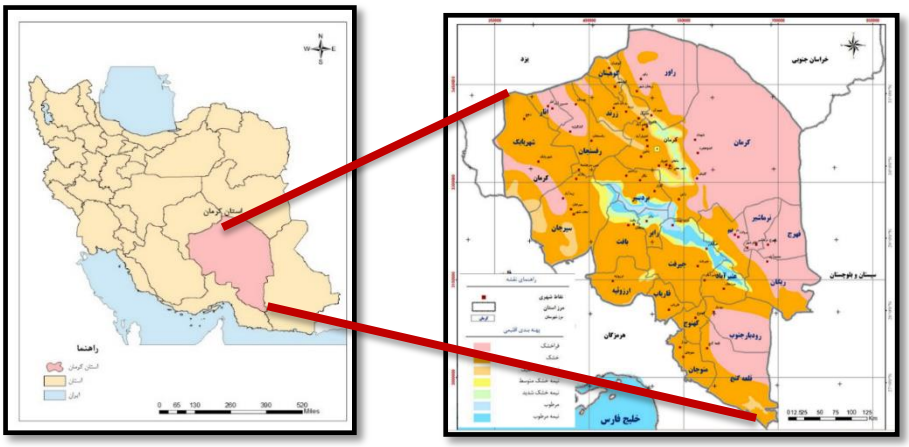
مشکلات کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر استان کرمان تنها یک مسئله ملی برای کشور ایران نیست بلکه یک موضوع جهانیست که اثرات ناشی از آن در درازمدت می‌تواند تمام کشورها را به چالش بکشد. تجارت آب مجازی در سطح درون کشوری باتوجه به تأثیرگذاری آن بر امنیت غذایی نیازمند همکاری بخش‌های مختلف اجرایی و تصمیم‌گیری کشور در سطح کلان می‌باشد. پژوهش حاضر به منظور بررسی تحلیل مصرف و تجارت آب مجازی بر امنیت غذایی در استان کرمان انجام شده که هدف اصلی آن شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این زمینه و ارائه راهکارهایی برای بهبود وضعیت امنیت غذایی از طریق مدیریت بهینه منابع آبی می‌باشد. مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند استان کرمان می‌توانند با واردات کالاهای آب‌بر نظیر مواد غذایی، آبی را که برای تولید آن نیاز است را برای استفاده در سایر بخش‌ها حفظ کنند. با توجه به اهمیت این موضوع، امید است که نتایج این مطالعه به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان کمک کند تا با اتخاذ تدابیر مناسب، امنیت غذایی را در این استان و دیگر مناطق کم‌آب بهبود بخشند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان کرمان، با مساحتی حدود ۱۸۲۰۰۰ کیلومتر مربع و در بر گرفتن حدود یازده درصد کل کشور ایران را به خود اختصاص داده و در جنوب شرقی آن واقع شده است. این استان از اقتصادی پویا برخوردار بوده و در زمینه کشاورزی و انواع صنایع رونق به سزایی دارد. جمعیت استان کرمان مطابق با آخرین سرشماری انجام شده نفوس کشور در سال ۱۳۹۵ برابر ۳۱۶۱۱۴۴ نفر می‌باشد. ۵۸/۸ درصد این جمعیت در مناطق شهری و ۴۲/۶ درصد در مناطق روستایی استان ساکن هستند. بر اساس تقسیم‌بندی دومارتن در استان کرمان، پنج طبقه‌بندی اقلیمی مشاهده می‌شود از نیمه مرطوب، مرطوب تا خشک و فراخشک می‌باشد. شکل ۱ موقعیت این استان در کشور ایران و پهنه‌بندی اقلیمی استان کرمان را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل بیشترین وسعت استان را گونه‌های اقلیمی خشک و فراخشک فراگرفته است.

میزان بارندگی این استان اندک و همین بارندگی ناچیز سالیانه عمدتاً در یکی دو نوبت و به صورت رگبار شدید نازل شده و به شکل رواناب و سیلاب جاری و از دسترس خارج می‌شود. اغلب رودخانه‌های این استان فصلی بوده و فقط در فصول بارندگی جریان دارند و در سایر فصول سال خشک می‌باشند. بنابراین، این استان نسبتاً از فقر منابع آب سطحی رنج می‌برد، به همین جهت پتانسیل قابل توجهی برای توسعه منابع آب سطحی در استان وجود ندارد. همین امر سبب وابستگی شدید منطقه به منابع آب زیرزمینی و افزایش آسیب‌پذیری منطقه نسبت به افت کمی و کیفی این منابع گردیده است. تقریباً تمامی پروژه‌های سازه‌ای مدیریت آب استان با هدف استحصال و انتقال آب جهت مصارف شرب است. چراکه بجز بخش اندکی از مصارف آب کشاورزی که از محل آب‌های سطحی تنظیم شده در جنوب کرمان، سایر مصارف تماماً از منابع آب زیرزمینی تأمین شده است. منابع آب‌های سطحی تنظیم شده استان در جدول ۱ ارائه گردیده است.



شکل۱- موقعیت استان کرمان در کشور ایران و نقشه پهنه‌بندی اقلیمی استان کرمان

جدول۱-منابع آب‌های سطحی تنظیم شده در استان کرمان

سد	نوع سد	حجم مخزن ورودی متوسط (م.م.م)		اهداف
جیرفت	بتنی دوقوسی	۳۶۹	۱۹۷	۲۶.۳ م.م.م کشاورزی، ۳۰.۱ م.م.م زیست محیطی
سیرجان (تنگوئیه)	خاکی با هسته رسی	۴۰	۲۳	۵ م.م.م شرب و ۳ م.م.م صنعت
بافت (شهید سلیمانی)	سنگریزه‌ای با هسته رسی	۳۸	۱۴	۳.۳ م.م.م شرب، ۳.۶ م.م.م زیست محیطی و ۱.۲۳م.م.م صنعت
نرماشیر (نساء)	سد سنگ‌ریزه‌ای با رویه بتنی	۱۶۸	۱۵۶	۴۷.۸ م.م.م کشاورزی و ۲۲.۴ م.م.م زیست محیطی
	جمع	**۶۱۵**	**۳۹۰**	–

منبع: شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان

جدول۲-میزان تخلیه و تعداد منابع آب زیرزمینی استان کرمان به تفکیک نوع مصارف

نوع مصرف	تخلیه		تعداد منابع	
	حجم (م.م.م)	درصد	تعداد	درصد
کشاورزی	۳۴۵۲	۹۳	۳۳۳۵۵	۹۷
شرب و بهداشت	۳۲۵	۶	۷۵۱	۲
صنعت و خدمات	۵۴	۱	۴۵۰	۱

منبع: شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان

میزان تخلیه و تعداد منابع بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به تفکیک نوع مصارف در جدول ۲ آمده است. با توجه به این جدول ۹۳ درصد مصارف معادل با ۳۴۵۲ میلیون‌مترمکعب مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد.

با توجه به شرایط اقلیمی استان، افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز آب شرب و بهداشت شهری، ایجاد امکانات رفاهی و بهداشتی از جمله آب شرب سالم برای جلوگیری از مهاجرت بی‌رویه آنان به شهرهای بزرگ و همچنین تأمین آب برای صنایع موجود و توسعه صنایع بزرگ، انتقال آب از سایر حوضه‌های آبریز به استان کرمان را ضروری می‌سازد. طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای که با هدف انتقال آب‌های سطحی و یا آب‌های شیرین‌شده دریا جهت مصارف شرب استان کرمان تعریف شده‌اند و سه پروژه ۱- انتقال آب از سد صفا به شهرستان کرمان، ۲- انتقال آب از سد نسا به شهرستان بم و ۳- انتقال آب از سد جیرفت به شهرستان جیرفت و عنبرآباد، از پروژه‌هایی هستند که مبدا و مقصدشان درون استان بوده است. سایر پروژه‌ها، شامل طرح اضطراری آبرسانی به شهرهای کرمان، زرند و رفسنجان از سامانه انتقال آب از خلیج‌فارس به شرب و صنایع جنوب شرق کشور در قالب طرح آبرسانی به شهرهای شمالی استان کرمان از سد خرسان۳ و طرح انتقال آب عمان به شهرهای جنوبی استان کرمان و صنایع استان هستند که مبدا آن‌ها خارج از استان کرمان می‌باشند. در جدول ۳ مشخصات طرح‌های تامین آب شرب استان کرمان ارائه شده است.

جدول۳-مشخصات طرح‌های تامین آب شرب استان کرمان

عنوان طرح	حجم تامین آب شرب (میلیون‌مترمکعب)
طرح آبرسانی به شهرهای شمالی	۱۸۰
آبرسانی به شهرهای بم و بروات از سد نساء	۳۴.۷
آبرسانی به کرمان از سد شهیدان امیر تیموری (صفارود)	۱۱.۷
آبرسانی به شهرهای جیرفت و عنبرآباد از سد جیرفت	۲۹.۱
شیرین‌سازی و انتقال آب از دریای عمان جهت شرب شهرهای شمالی و صنعت شهرهای جنوب	۲۵
تأمین آب شرب اضطراری کرمان و رفسنجان از خلیج فارس	۳۰
مجموع	۳۱۰

منبع: شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان

روش تحقیق

جهت دستیابی به اهداف پژوهش نخست اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت و تولیدات محصولات عمده زراعی، باغی و دامی استان از مرکز آمار ایران جمع‌آوری و سپس نیازآبی هر محصول با

استفاده از نرم‌افزار CROPWAT استخراج گردید. مقدار نیازآبی هر محصول بر اساس مترمکعب در هکتار استخراج و بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از سطح زیرکشت و تولیدات مقادیر عملکرد و آب خالص مورد نیاز به تفکیک محصولات محاسبه گردید. در این بخش با توجه به تولید کلیه محصولات زراعی و باغی و دامی استان در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و با استفاده از مفهوم آب ذخیره شده در محصولات و تلفات آبیاری در قالب راندمان آبیاری به محاسبه کل آب مصرفی در بخش کشاورزی پرداخته شده است. قبل از انجام محاسبات ذکر چند نکته ضروری می‌باشد: تقریباً عمده محصولات کشاورزی و دامی تولید شده در استان کرمان در نظر گرفته شده، عدد ۴۰ درصد برای راندمان با توجه به سند ملی آب کشور و نظر مسئولان سازمان جهاد کشاورزی استان انتخاب شده، تجارت آب مجازی با علامت مثبت به معنی صادرات و با علامت منفی به معنی واردات می‌باشد، سرانه مصرف محصولات بصورت استانی در کشور موجود نمی‌باشد. از این‌رو سرانه مصرف آن‌ها بصورت کشوری و اطلاعات آن از مرکز آمار ایران دریافت گردیده، در مورد صادرات و واردات محصولات زراعی از تفاوت کیفیت محصولات صرف‌نظر شده است. به عنوان مثال فرض شده ساکنین استان تنها در صورت کمبود محصولات تولید شده در داخل اقدام به واردات می‌کنند نه به دلیل استفاده از محصولات با کیفیت بالاتر، صادرات و واردات آب مجازی در مورد کالاهایی که سرانه مصرف آنها مشخص نیست محاسبه نشده است.

شاخص برآورد آب مجازی

نیاز ویژه آبی[1] هر محصول را که به صورت نسبتی از متوسط نیاز آبی هر محصول[2] به متوسط عملکرد آن محصول[3] است، از رابطه‌ی ۱ محاسبه می‌گردد (بردسیری و همکاران. ۱۴۰۱):

$$SWD = \frac{CWR}{CY} \quad (۱)$$

که در این رابطه CWR متوسط نیاز آبی هر محصول بر حسب مترمکعب در هکتار و CY متوسط عملکرد محصول بر حسب تن در هکتار می‌باشد. تجارت آب مجازی استان از حاصلضرب مقدار کمی واردات یا صادرات آن محصول در نیاز ویژه آبی (آب مجازی محصول) به‌دست می‌آید. واردات آب مجازی[4] و صادرات آب مجازی[5] هر محصول در استان از روابط ۲ و ۳ محاسبه گردید (بردسیری،م و همکاران. ۱۴۰۱):

$$VWI = I * SWD \quad (۲)$$

$$VWE = E * SWD \quad (۳)$$

که در این رابطه‌ها VWI واردات آب مجازی و I نیز مقدار واردات سالانه محصول بر حسب تن در سال و VWE صادرات آب مجازی و E مقدار صادرات سالانه محصول بر حسب تن در سال می‌باشد. از اختلاف بین این دو، تجارت آب مجازی محاسبه می‌گردد که در رابطه ۴ نشان داده شده است (بردسیری،م و همکاران. ۱۴۰۱).

$$VWT = VWI - VWE \quad (۴)$$

شاخص امنیت غذایی

برای رسیدن به امنیت غذایی نیاز است که الگوی غذایی طراحی شود. الگوی غذایی مطلوب ارائه شده توسط وزارت بهداشت بر اساس هرم غذایی مطلوب ارایه شده است؛ تنها ۵ محصول مستقیماً مربوط به بخش زراعت بوده و سایر محصولات موجود در هرم غذایی مطلوب مربوط به سایر زیربخش‌های کشاورزی و منابع‌طبیعی اختصاص دارد.

شکاف مطلوب غذایی

در این پژوهش برای اینکه مشخص شود افراد در استان کرمان از لحاظ امنیت غذایی در چه وضعیتی می‌باشند، از انحراف بین میزان تولیدات هر پهنه از میزان محصول مورد نیاز افراد در استان برای رسیدن به امنیت غذایی استفاده می‌شود. شکاف مطلوب غذایی همان تفاوت بین میزان مصرف مطلوب محصولات زراعی و میزان تولید محصولات زراعی است (بردسیری و همکاران. ۱۴۰۱). محصولات زراعی مورد بررسی شامل گندم، برنج، حبوبات، سیب‌زمینی و سبزی‌ها می‌باشند. میزان مصرف مطلوب محصولات زراعی مورد نیاز بر حسب الگوی مطلوب وزارت بهداشت در سال ۱۴۱۰ به ازای هر نفر در سال محاسبه گردیده و این میزان مصرف از محصولات زراعی، همان میزان لازم جهت رسیدن آن فرد به امنیت غذایی در محصولات مذکور است. شکاف مطلوب آب مجازی نیز از تفاوت بین دو مورد آب مجازی به دست می‌آید. مورد اول؛ آب مجازی مربوط به محصولات زراعی مورد نیاز جهت نیل به امنیت غذایی در استان کرمان و مورد دوم؛ آب مجازی مربوط به محصولات زراعی تولید شده در سال ۱۴۰۰ در استان کرمان است.

شاخص مزیت نسبی صادراتی

شاخص مزیت صادراتی[6] (RCA) تمام عوامل مؤثر در مزیت نسبی از جمله عوامل تولید، عوامل عرضه و تقاضا را در بر می‌گیرد و از سیاست‌ها و دخالت‌های دولت تأثیرپذیری کمتری دارد. شاخص

1 - Specific Water Demand
2- Crop water requirement
3 - Crop yield
4 - Virtual Water import
5 - Virtual Water Export
6 - Revealed Comparative Advantage

مزیت نسبی آشکار شده والراس[1] معیاری مناسب برای اندازه‌گیری مزیت نسبی صادراتی تولیدات می‌باشد. در شاخص مزیت نسبی آشکار شده والراس اطلاعات مربوط به همه رقبا و کالاها منعکس گردیده تا به این طریق مزیت نسبی جهانی در نظر گرفته شود. معیار والراس تعمیم یافته رابطه مزیت نسبی آشکار شده بالاسا[2] می‌باشد. معیار مزیت نسبی آشکار شده والراس از رابطه ۵ قابل محاسبه می‌باشد(پاکروان و همکاران.۱۳۹۰).

$$\mathrm{RCA} = \frac{\frac{x_j^i}{x_t^i}}{\frac{x_t^w}{x_t^w}} \qquad (۵)$$

در این رابطه x_j^i ارزش صادرات کالای i توسط کشور j، x_t^i ارزش کل صادرات کشور j، x_i^w ارزش کل صادرات کالای i در سطح جهان و x_t^w ارزش کل صادرات جهانی می‌باشد. شاخص مزیت نسبی آشکار شده مقادیری بین صفر و بینهایت را به خود اختصاص می‌دهد. مقدار بزرگتر از یک شاخص مذکور نشان می‌دهد که کشور صادرکننده این محصول دارای مزیت نسبی صادراتی بوده و به سوی تخصصی شدن تولید حرکت کرده است. مقادیر کمتر از یک این شاخص، نبود مزیت نسبی را در صادرات کالای مورد نظر به بازارها جهانی را نشان می‌دهد. بنابراین مقادیر شاخص مزیت نسبی آشکار شده برای هر کالای صادراتی می‌تواند وضعیت مزیت نسبی آن کالا را در بازارهای جهانی و یا منطقه‌ای نشان دهد. نامتقارن بودن شاخص مزیت نسبی آشکار شده یکی از نقاط ضعف این شاخص به شمار می‌آید. بدین معنا که نبود مزیت نسبی یک محصول در محدوده صفر تا یک نشان داده می‌شود، در حالی که وجود مزیت نسبی در محدوده یک تا بینهایت بیان می‌گردد (Larsen, 1998). ,برای رفع مشکل نامتقارن بودن شاخص مزیت نسبی آشکار شده، شکل متقارنی از این شاخص به صورت رابطه ۶ ارائه شده است (Brasili et al., :2000)

$$RSCA = \frac{\mathrm{RCA}-1}{\mathrm{RCA}+1} \qquad (۶)$$

شاخص مزیت نسبی آشکار شده متقارن، مقادیر بین ۱ تا ۱+ را در بر دارد. مقادیر مثبت این شاخص وجود مزیت نسبی در صادرات را نشان داده در حالی که مقادیر منفی حاکی از عدم وجود مزیت نسبی است.

نتایج و بحث

تنوع اقلیمی استان کرمان و وجود خاک‌های حاصلخیز، این استان را به قطب تولیدات باغی کشور بدل نموده به طوریکه محصولات گرمسیری در مناطق بم و جیرفت مانند خرما تا محصولات مناطق معتدل و خشک در این استان تولید می‌شود. این استان دارای رتبه نخست باغداری کشور با دارا بودن بیش از ۲۵ درصد باغات کشور، رتبه نخست در تولید پسته با تولید متوسط ۱۶۵ هزار تن در سال، رتبه نخست تولید گردو در کشور با تولید حدود ۴۳ هزار تن در سال، رتبه دوم خرما با تولید ۳۴۵ هزار تن در سال و مرکبات با تولید ۵۸ هزار تن در سال می‌باشد. در شکل ۲ سطح زیرکشت عمده محصولات زراعی و باغی استان کرمان نشان داده شده است.

در جدول ۴ تولید عمده محصولات زراعی و باغی استان کرمان در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹و با استفاده از مفهوم آب مجازی ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود مقدار آب مورد نیاز استان در محصولاتی مانند گندم، پیاز و سیب‌زمینی دارای کسری بوده و نیازمند واردات آب برای این محصولات می‌باشد. آب مجازی محصولات متأثر از نیاز آبی و عملکرد محصول است که تحت شرایط اقلیمی استان، تعیین گردید. خالص واردات آب مجازی نشان می‌دهد که استان واردکننده‌ی آب مجازی از خارج استان است. بر اساس نتایج بدست آمده این استان نیازمند واردات ۶۲۷ میلیون‌مترمکعب آب از خارج استان می‌باشد. بیشترین صادرکننده آب استان را محصول پسته با ۲۴۸۱/۴۲ میلیون‌مترمکعب و بیشترین واردکننده آب استان را محصول گندم با ۳۹۶۷/۲۶ میلیون‌مترمکعب به خود اختصاص داده است.

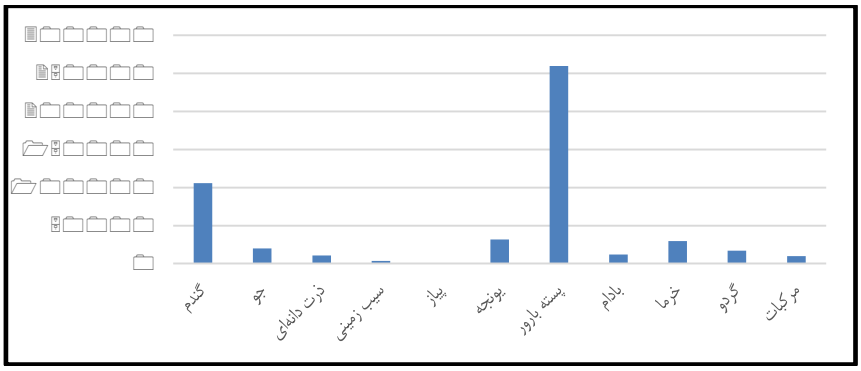
در شکل ۳ مقدار صادرات و واردات آب مجازی استان کرمان به تفکیک محصول نشان داده شده است. با توجه به این شکل محصول پسته صادرکننده آب استان و گندم واردکننده آب به استان می‌باشد. از آنجایی که مزیت نسبی محصول پسته بسیار بیشتر از گندم است بنابراین صادرات آب توسط این محصول قابل توجیه می‌باشد.

جدول۵ وضعیت کلی مصارف آب، حفظ منابع آب آبیاری و تجارت آب مجازی را در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این جدول مشخص می‌باشد کل صرفه جویی در آب آبیاری بدون احتساب راندمان و حالت ایده‌ال حدوداً ۴۲۸۸/۵ میلیون مترمکعب و با در نظر گرفتن راندمان ۴۰ درصد حدوداً ۶۰۰۳/۹ میلیون مترمکعب برآورد گردیده است.

در شکل ۴ مقدار آب آبی و آب سبز مورد استفاده در استان کرمان به تفکیک محصول مقایسه شده است. با توجه به این شکل مقدار آب سبز مصرفی در استان کرمان نسبت به آب آبی بسیار ناچیز و قابل اغماز می‌باشد.

جدول ۶ آب مورد نیاز برای تولید فرآورده‌های دامی و آب مجازی جابجا شده توسط تجارت این محصولات را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول برای تولید فرآورده‌های دامی مورد نیاز استان شامل شیر، گوشت قرمز، مرغ و تخم مرغ باید حدود ۱۶۰ میلیون‌مترمکعب آب وارد استان نمود.

1 - Vallrath
2 - Balassa



شکل۲-سطح زیرکشت عمده محصولات زراعی و باغی استان کرمان در سال ۱۳۹۶

جدول ٤-تولید عمده محصولات زراعی و باغی استان کرمان در سال آبی 1400-1399و با استفاده از مفهوم آب مجازی

	نام محصول	سطح زیرکشت (هکتار)	تولید (تن)	عملکرد (تن در هکتار)	آب خالص مورد نیاز (m^3/ha)	آب خالص مورد نیاز (متر مکعب در کیلوگرم)	کل آب خالص مورد نیاز (MCM)	آب مورد نیاز با راندمان ٤٠٪ (MCM)	سرانه مصرف (kg/yaer)	مقدار کل مورد نیاز (تن)	مازاد یا کسری مصرف (تن)	آب خالص مورد نیاز مازاد یا کسری (MCM)	آب مجازی صادر شده (MCM)	نیاز ویژه‌ی آبی
زراعی	گندم	۱۰۵۶۸۶	۱۰۳۲۹۰	۰.۹۸	۸۳۵۰	۸.۵۴	۸۸۲.۴۸	۱۲۳۵.۴۷	۱۵۸.۱۰	۴۹۹۷۷۷.۸۲	-۳۹۶۴۸۷.۸۲	-۴۶.۴۱	-۳۹۶۷.۲۶	۸۵۴۳.۶۹
	جو	۲۰۰۰۰	۵۴۰۰۰	۲.۷۰	۵۸۴۰	۲.۱۶	۱۱۶.۸۰	۱۶۳.۵۲	۰.۴۶	۱۴۵۴.۱۳	۵۲۵۴۵.۸۷	۲۴.۲۹	۴۵.۲۸	۲۱۶۲.۹۶
	ذرت دانه‌ای	۱۰۵۶۸	۱۰۳۲۹۰	۹.۷۷	۸۵۴۰	۰.۸۷	۹۰.۲۵	۱۲۶.۳۵	۱.۳۴	۴۲۳۵.۹۴	۹۹۰۵۴.۰۶	۱۱۳.۳۷	۱۰.۱۴	۸۷۳.۷۶
	سیب‌زمینی	۳۷۰۹	۱۱۶۱۴۶	۳۱.۳۱	۸۴۲۰	۰.۲۷	۳۱.۲۳	۴۳.۷۲	۴۹.۲۳	۱۵۵۶۲۳.۴۱	-۳۹۴۷۷.۴۱	-۱۴۶.۸۲	-۰.۳۹	۲۶۸.۸۸
	پیاز	۲۲۵	۶۰۵۹	۲۶.۹۳	۸۷۶۰	۰.۳۳	۱.۹۷	۲.۷۶	۱۸.۱۹	۵۷۵۰۱.۳۲	-۵۱۴۴۲.۳۲	-۱۵۸.۱۴	-۰.۶۳	۳۲۵.۳۰
	یونجه	۳۱۵۸۶	۳۷۰۶۰۴	۱۱.۷۳	۱۲۶۹۰	۱.۰۸	۴۰۰.۸۳	۵۶۱.۱۶	–	–	۳۷۰۶۰۴.۰۰	۳۴۲.۶۶	۵۱.۸۹	۱۰۸۱.۵۵
	زعفران	۶۸۰	۳	۰.۰۰	۲۳۵۰	۶۱۴.۶۲	۱.۶۰	۲.۲۴	–	–	۲.۶۰	۰.۰۰	۴۱۷.۹۴	۶۱۴۶۱۵.۳۸
باغی	پسته	۲۵۹۷۰۹	۱۴۰۴۸۲	۰.۵۴	۴۳۹۰	۸.۱۲	۱۱۴۰.۱۲	۱۵۹۶.۱۷	۰.۷۲	۲۲۷۶.۰۳	۱۳۸۲۰۵.۹۷	۱۷.۰۳	۲۴۸۱.۴۲	۸۱۱۵.۷۹
	بادام	۱۲۱۲۸	۸۰۲۰	۰.۶۶	۱۱۴۴۰	۱۷.۳۰	۱۳۸.۷۴	۱۹۴.۲۴	۱.۱۰	۳۴۷۷.۲۷	۴۵۴۲.۷۴	۰.۲۶	۱۲۰.۱۸	۱۷۲۹۹.۷۹
	خرما	۲۹۸۰۰	۱۴۵۱۵۸	۴.۸۷	۱۳۲۳۰	۲.۷۲	۳۹۴.۲۵	۵۵۱.۹۶	۹.۹۸	۳۱۵۴۸.۲۸	۱۱۳۶۰۹.۷۲	۴۱.۸۳	۷۶.۲۲	۲۷۱۶.۰۳
	گردو	۱۷۱۰۰	۲۰۱۵۰	۱.۱۸	۱۱۷۹۰	۱۰.۰۱	۲۰۱.۶۱	۲۸۲.۲۵	۲.۱۳	۶۷۳۳.۲۵	۱۳۴۱۶.۷۵	۱.۳۴	۱۱۷.۱۳	۱۰۰۰۵.۴۱
	مرکبات	۹۹۴۱	۷۰۰۳۸۷	۳۶.۲۲	۹۰۳۰	۰.۱۳	۸۹.۷۷	۱۲۵.۶۷	۵۵.۳۶	۱۷۵۰۱۴.۳۶	۵۲۵۳۷۲.۶۴	۴۰۹۹.۰۹	۵.۴۴	۲۴۹.۳۳
	مجموع	۵۰۱۱۳۲	۱۷۶۷۵۸۹	–	–	–	۳۴۸۹.۶۵	۴۸۸۵.۵۱	–	۹۳۷۶۴۱.۸۰	–	4288.509	-۶۴۲.۶۵	-

منبع: آمارنامه کشاورزی سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و یافته‌های تحقیق

جدول۵- وضعیت حفظ و مصارف آب استان در سال آبی ۱٤۰۰-۱۳۹۹ با استفاده از مفهوم آب مجازی (میلیون مترمکعب)

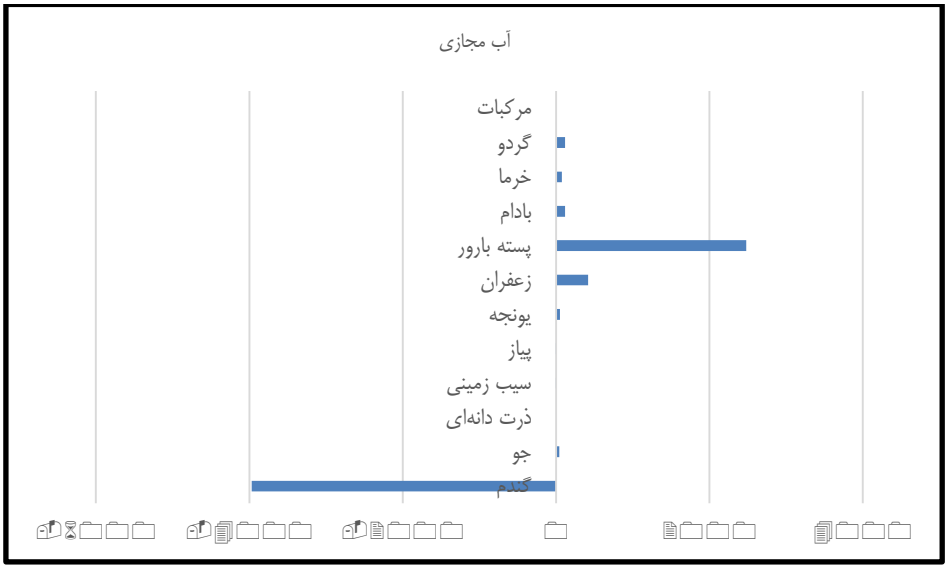
آب مورد نیاز آبیاری با احتساب راندمان ۴۰٪	۴۸۸۵.۵۱
کل صرفه جویی در آب آبیاری بدون احتساب راندمان (با عدم تولید کامل محصولات مورد نیاز منطقه)	۴۲۸۸/۵۰۹
صرفه‌جویی در آب آبیاری با احتساب راندمان ۴۰٪ (با عدم تولید کامل محصولات مورد نیاز منطقه)	۶۰۰۳/۹۱۳

منبع: یافته‌های تحقیق

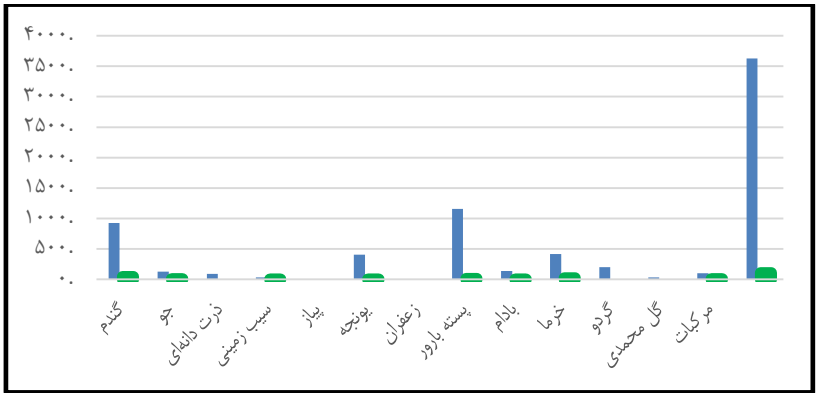
در جدول ۷ شکاف مطلوب غذایی بر اساس الگوی مطلوب وزارت بهداشت در سال ۱۴۱۰ محاسبه شده است. با توجه به این جدول سهم استان از تولید گندم، شلتوک، حبوبات، سیب‌زمینی و سبزیجات ۱۳۴۴۳۹، ۵، ۶۴۵، ۱۵۵۲۶ و ۱۳۳۲۹ تن در سال ۱۴۰۰ بوده است. بررسی بعد کمی امنیت غذایی (خودکفایی) در استان کرمان نشان می‌دهد که تولید گندم، برنج و حبوبات کشت شده در این استان پاسخگوی مصرف مطلوب افراد این استان نیست.

در جدول ۸ تولیدات و مصارف ۵ محصول مورد نیاز بر حسب الگوی مطلوب وزارت بهداشت در سال ۱۴۱۰ استان کرمان با استفاده از مفهوم آب مجازی بررسی شده است. بر اساس نتایج بدست آمده در حالت ایده‌آل و راندمان آب ۱۰۰ درصد (آب خالص مورد نیاز)؛ اگر بخواهیم افراد در استان کرمان به بعد کمی امنیت غذایی در هر ۵

محصول برسند، جمعاً حجمی معادل ۴/۰۸ میلیارد مترمکعب آب مجازی بیش از حجم آب مجازی مصرفی در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ نیاز است. در شرایط واقعی و راندمان آبیاری ۴۰ درصد، می‌توان گفت استان کرمان برای رسیدن به امنیت غذایی جمعیت ۳۸۳۹۹۱۱ نفری خود در سال ۱۴۱۰ در ۵ محصول مذکور، نیاز به تأمین کسری آب مجازی به میزان حدوداً ۴/۲۱۴ میلیارد مترمکعب دارد.



شکل۳- مقدار صادرات و واردات آب مجازی استان کرمان به تفکیک محصول



شکل٤- مقایسه مقدار آب آبی و آب سبز مورد استفاده در استان کرمان به تفکیک محصول

جدول ٦- آب مورد نیاز برای تولید فرآورده‌های دامی و آب مجازی جابجا شده توسط تجارت این محصولات (میلیون مترمکعب)

نام محصول	تولید (تن)	آب مورد نیاز (متر مکعب در کیلوگرم)	کل آب مورد نیاز (MCM)	سرانه مصرف محصول (نفر کیلوگرم در سال)	مقدار کل مورد نیاز (تن)	مازاد یا کسری مصرف (تن)	آب مورد نیاز برای مازاد یا کسری مصرف(MCM)
شیر	۱۶۲۳۷۴	0.79	۱۲۸.۳	۸۷.۶	۲۷۶۷۸۲.۹	-۱۱۴۴۰۸.۹	-۱۴۴.۸۲۱
گوشت قرمز	۹۶۱.۲	15	۱۴.۴	۶.۰	۱۸۸۱۷.۶	-۱۷۸۵۶.۴	-۱.۱۹۰
مرغ	۲۰۹۰۳	4.1	۸۵.۷	۱۸.۸	۵۹۵۱۳.۵	-۳۸۶۱۰.۵	-۹.۴۱۷
تخم مرغ	۱۴۴۹۷	2	۲۹	۶.۸	۲۱۵۹۳.۲	-۷۰۹۶.۲	-۳.۵۴۸
					آب مجازی وارد شده		-۱۵۸.۹۷۷

منبع: آمارنامه کشاورزی سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و یافته‌های تحقیق

جدول۷- شکاف مطلوب غذایی

محصول	الگوی مطلوب وزارت بهداشت سال۱۴۱۰ گرم/نفر/روز	مصرف سال ۱۴۱۰ (تن در سال)	تولید ۱۴۰۰ (تن در سال)	شکاف مطلوب غذایی (تن در سال)
گندم	۳۳۰	۴۶۲۵۱۷.۳	۱۳۴۴۳۹	-۳۲۸۰۷۸.۳
برنج	۹۵	۱۳۳۱۴۸.۹	۵	-۱۳۳۱۴۳.۹
حبوبات	۲۶	۳۶۴۴۰.۸	۶۴۵	-۳۵۷۹۵.۸
سیب زمینی	۷۰	۹۸۱۰۹.۷	۱۵۵۲۶	-۸۲۵۸۳.۷
سبزی‌ها	۳۰۰	۴۲۰۴۷۰.۳	۱۳۳۲۹	-۴۰۷۱۴۱.۳

منبع: آمارنامه کشاورزی، طرح امنیت غذایی کشور سال ۱۳۹۱ . بردسیری،م و همکاران. ۱۴۰۱ و یافته‌های تحقیق

برای جبران کمبود آب در بخش شرب، مسئولین آب استان کرمان تصمیم به انتقال آب بین‌حوضه‌ای نمودند که مقادیر آن در جدول ۹ ارائه شده است. کل حفظ در آب آبیاری بدون احتساب راندمان حدود ۴۲۸۸ میلیون‌مترمکعب بوده و این در حالیست که کل پتانسیل انتقال آب بین‌حوضه‌ای حدود ۳۱۰ میلیون‌مترمکعب می‌باشد. لازم به ذکر است که انتقال آب حقیقی در حجم زیاد و در فاصله‌های طولانی به علت مشکلات انتقال و هزینه‌های بالای آن بسیار مشکل به نظر می‌رسد و تجارت مواد غذایی می‌تواند با انتقال مجازی حجم عظیمی از آب به‌عنوان همگون‌سازی توزیع ناهمگون منابع آب به حساب آورده شود.

جدول ۸-بررسی تولیدات و مصارف ۵ محصول مورد نیاز بر حسب الگوی مطلوب وزارت بهداشت در سال ۱۴۱۰ استان کرمان با استفاده از مفهوم آب مجازی

نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	تولید (تن)	آب خالص مورد نیاز آبیاری (m^3/ha)	آب خالص مورد نیاز آبیاری (متر مکعب در کیلوگرم)	عملکرد (تن در هکتار)	کل آب خالص مورد نیاز آبیاری (MCM)	آب مورد نیاز آبیاری با راندمان ۴۰٪ (MCM)	سرانه مصرف محصول (کیلوگرم در سال)	مقدار کل مورد نیاز (تن)	مازاد یا کسری مصرف (تن)	آب مجازی صادر شده (MCM)	نیاز ویژه‌ی آبی
گندم	۱۰۵۶۸۶	۱۰۳۲۹۰	۸۳۵۰	۸.۵۴	۰.۹۸	۸۸۲.۴۸	۱۲۳۵.۴۷	۱۲۰.۴	۴۶۲۵۱۷.۲	-۳۵۹۲۲۷.۲۸	-۳۵۹۴.۴۳	۸۵۴۳.۶۹
برنج	۳	۵	۹۳۳۰	۵.۶۰	۱.۶۷	۰.۰۳	۰.۰۴	۳۴.۶۸	۱۳۳۱۴۸.۹	-۱۳۳۱۴۳.۹۱	-۴۴۷.۲۱	۵۵۹۸.۰۰
حبوبات	۵۱۳	۶۴۵	۷۰۰۰	۵.۶	۱.۲۶	۳.۶	۵	۹.۵	۳۶۴۴۰.۷	-۳۵۷۹۵.۷۶	-۱۵۸.۶۵	۵۵۶۷.۴۴
سیب‌زمینی	۳۷۰۹	۱۱۶۱۴۶	۸۴۲۰	۰.۲۷	۳۱.۳	۳۱.۲	۴۳.۷۲	۲۵.۵۵	۹۸۱۰۹.۷	۱۸۰۳۶.۲۷	۰.۱۸	۲۶۸.۸۸
سبزی‌ها	۱۰۰۵	۱۳۳۲۹	۶۱۳۰	۰.۴۶	۱۳.۲۶	۶.۱۶	۸.۶۲	۱۰۹.۵	۴۲۰۴۷۰.۲	-۴۰۷۱۴۱.۲۵	-۱۴.۴۵	۴۶۲.۲۰
مجموع	۱۱۰۹۱۶	۲۳۳۴۱۵	–	–	–	۹۲۳.۵	۱۲۹۲.۸		۱۱۵۰۶۸۶.۹	-۹۱۷۲۷۱.۹۳	-۴۲۱۴.۵۶	

منبع: آمارنامه کشاورزی سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و یافته‌های تحقیق

جدول ۹- مقایسه کل انتقال آب بین‌حوضه‌ای و کل صرفه‌جویی در آب آبیاری با مفهوم آب مجازی (میلیون مترمکعب)

کل انتقال آب بین حوضه‌ای	۳۱۰
کل صرفه‌جویی در آب آبیاری بدون احتساب راندمان با مفهوم آب مجازی (با عدم تولید کامل محصولات مورد نیاز منطقه)	۴۲۸۸.۵
حفظ آب آبیاری با احتساب راندمان ۴۰٪ با مفهوم آب مجازی (با عدم تولید کامل محصولات مورد نیاز منطقه)	۶۰۰۳.۹

منبع: آب منطقه‌ای استان کرمان و یافته‌های تحقیق

بر اساس اطلاعات بدست آمده از آمارنامه کشاورزی محصول پسته از محصولات اصلی استان است و حدوداً ۷۸ درصد سطح زیرکشت باغی استان را به خود اختصاص داده به گونه‌ای که برخی از شهرستان‌ها مانند رفسنجان تک محصولی بوده و پسته تنها محصولی آن می‌باشد که در آنجا کشت می‌شود بنابراین در ادامه اختصاصاً مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی میزان شاخص مزیت صادراتی و شاخص مزیت نسبی آشکار شده متقارن محصول پسته در استان کرمان برای سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۳۹۶ در جدول ۱۰ نشان داده شده است. لازم به ذکر می‌باشد که مقدار مزیت نسبی صادرات پسته در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۳۹۶ به صورت قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته است. بنابراین صادرات آب مجازی به میزان ۲۴۸۱/۴ میلیون‌مترمکعب برای محصول پسته قابل توجیه می‌باشد.

جدول ۱۰-بررسی میزان شاخص مزیت صادراتی و شاخص مزیت نسبی آشکار شده متقارن محصول پسته در استان کرمان

سال	شرح	ارزش (میلیون دلار)
۱۴۰۱	صادرات پسته از کرمان	۱۹۳
(۲۰۲۲)	کل صادرات کرمان	۵۰۷
	صادرات پسته در جهان	۳۰۰
	کل صادرات جهان	۲۵۰۰۰
	شاخص مزیت صادراتی	۳۱.۷۶
	شاخص مزیت نسبی آشکار شده متقارن	۰.۹۴
۱۳۹۶	صادرات پسته از کرمان	۸۰۰
(۲۰۱۷)	کل صادرات کرمان	۱۰۰۴
	صادرات پسته در جهان	۱۸۱۰
	کل صادرات جهان	۱۷۲۰۰
	شاخص مزیت صادراتی	۷.۵۷
	شاخص مزیت نسبی آشکار شده متقارن	۰.۷۷

منبع: تجارت بانک جهانی، گمرک ایران، یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

آب مجازی تحت تأثیر نیاز آبی و عملکرد محصولات و با توجه به شرایط اقلیمی استان تعیین می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، این استان نیازمند واردات ۶۲۷ میلیون مترمکعب آب از خارج استان است. در این میان، محصول پسته با ۲۴۸۱/۴۲ میلیون مترمکعب بیشترین صادرات آب را به خود اختصاص داده و محصول گندم با ۳۹۶۷/۲۶ میلیون مترمکعب، بیشترین واردات آب را دارد. بر اساس نتایج ارائه‌شده، کل صرفه‌جویی در آب آبیاری بدون احتساب راندمان و در حالت ایده‌آل حدود ۴۲۸۸/۵ میلیون‌مترمکعب و با در نظر گرفتن راندمان ۴۰ درصد، تقریباً ۶۰۰۳/۹ میلیون‌مترمکعب برآورد شده است. محصول پسته به‌عنوان صادرکننده آب و گندم به‌عنوان واردکننده آب در استان شناخته می‌شوند. با توجه به مزیت نسبی بالای محصول پسته نسبت به گندم، صادرات آب توسط این محصول توجیه‌پذیر است. برای تولید فرآورده‌های دامی مورد نیاز استان، شامل شیر، گوشت قرمز، مرغ و تخم‌مرغ، باید حدود ۱۶۰ میلیون مترمکعب آب به استان وارد شود. تحلیل بعد کمی امنیت غذایی (خودکفایی) در استان کرمان نشان می‌دهد که تولید گندم، برنج و حبوبات در این استان پاسخگوی نیاز مصرفی مطلوب افراد نیست. در شرایط واقعی و با راندمان آبیاری ۴۰ درصد، استان کرمان برای رسیدن به امنیت غذایی جمعیت ۳,۸۳۹,۹۱۱ نفری خود در سال ۱۴۱۰ به تأمین کسری آب مجازی به میزان حدود ۴/۲ میلیارد مترمکعب نیاز دارد. همچنین، مزیت نسبی صادرات پسته در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۳۹۶ به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته و از ۷/۵۷ به ۳۱/۷۶ رسیده است، بنابراین صادرات آب مجازی به میزان ۲۴۸۱/۴ میلیون‌مترمکعب برای محصول پسته توجیه‌پذیر است. به‌منظور جبران کمبود آب در بخش شرب، مسئولین استان کرمان به انتقال آب بین حوضه‌ای روی آورده‌اند. با این حال، انتقال آب واقعی در حجم‌های بزرگ و فواصل طولانی به دلیل مشکلات انتقال و هزینه‌های بالا، بسیار دشوار است. در این راستا، تجارت آب مجازی به وسیله مواد غذایی می‌تواند به‌عنوان یک راهکار برای همگون‌سازی توزیع ناهمگون منابع آب عمل کند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که تجارت آب مجازی می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای افزایش دسترسی به منابع آب جهانی و حفظ منابع آب داخلی استان کرمان عمل کند. با توجه به چالش‌های موجود در تأمین آب و غذا، ضروری است که سیاست‌گذاران به بازنگری در سیاست‌های مدیریت منابع آب و توسعه تجارت آب مجازی با تأکید بر مزیت نسبی و همکاری بین‌المللی بپردازند. در نهایت، بهبود امنیت غذایی و دسترسی به منابع آب از طریق تجارت آب مجازی می‌تواند به رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی در استان‌های کم‌آب نظیر کرمان کمک کند. لذا، توجه به این موضوع و توسعه زیرساخت‌های لازم برای تسهیل تجارت آب مجازی، از اهمیت بالایی برخوردار است.

منابع

امیری، ف.، رفیعی، ح. و محمودی، ا. ۱۳۹۸. بررسی تطابق الگوی صادرات آب مجازی با مزیت های رقابتی ایران. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱۲(۱): ۳۸۲-۳۹۷.

بردسیری، م.، مهرابی بشرآبادی، ح.، زارع مهرجردی، م.، امیرتیموری، س. و میرزائی خلیلآبادی، ح. ۱۴۰۱. بررسی ارتباط بین امنیت آب و بعد کمی امنیت غذایی در پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران. ۵۳(۲): ۴۹۷-۵۱۴.

پاکروان،م.، مهرابی بشرآبادی،ح.، گیلانپور، ا. و اسـماعیلی، ف. ۱۳۹۰. بررسی وضعیت صادراتی پسته ایران بـا رویکـرد مزیـت نسـبی و نقشه ریزی تجاری. مجله اقتصاد کشاورزی و توسـعه، ۱۹(۴): ۱-۲۶.

رحیمی بروجردی، ع، ر. ۱۳۸۳. تئوری‌ها و سیاست‌های (تجارت بـین الملل). مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

سند ملی تحول امنیت غذایی. ۱۴۰۰. دبیرخانه تدوین سند ملی دانش بنیان کشاورزی و غذا. وزارت جهاد کشاورزی.

علیپور،ع.، ابراهیم،م. و گوهری، ع. ۱۴۰۱. پیامـدهای رفـاهی کـاهش ارزش پول ملی در بازار محصول پسته در ایـران (بـا تأکیـدی بـر مفهوم صادرات آب مجـازی).تحقیقـات منـابع آب ایـران. ۱۸(۲): ۷۲-۸۱.

محمودی، علی. ۱۳۸۳. اقتصاد منـابع طبیعـی. شـرکت چـاپ و نشـر بازرگانی.

Allan, J.A. 1993. Priorities for water resources allocation and management. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. London: ODA.

Balassa, B. 1998. Revealed comparative advantage and alternatives as measures of international specialization. DRUID Working Papers. No. 98.

Brasili, A., Epifani, P. and Helg, R. 2000. On the dynamics of trade patterns. CESPRI, Italy, Working Paper 115: 1-33.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. and Savenije, H.H.G. 2005. Saving water through global trade. Research Report Series No. 17. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands.

Earle, A. 2001. The role of virtual water in food security in Southern Africa. Occasional Paper No. 33. Water Issues Study Group, School of Oriental and African Studies (SOAS), University of London.

Elhorst, J.P. 2010. Applied spatial econometrics: raising the bar. Spatial economic analysis, 5(1): 9-28.

Graham, N.T., Hejazi, M.I., Kim, S.H., Davies, E.G., Edmonds, J.A. & Miralles-Wilhelm, F. 2020. Future changes in the trading of virtual water. Nature Communications. 11(1): 1-7.

Guan, D., Hubacek, K. 2006. Assessment of regional trade and virtual water flows in China. Journal of Ecological Economics. 02498. 12 pages.

Larsen, k.(1998)revealed comparative advantage of international specialization DRUID. working paper (ISBN 87-7873-069-4.)

Lee, S., Mohtar, R., Yoo, S. 2018. Analysis of trade-offs between food security and water-land savings through food trade and structural changes of virtual water trade in the Arab world. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., https://doi.org/10.5194/hess-2018-4.

Ma, J., Hoekstra, A.Y., Wang, H., Chapagain, A.K. and Wang, D. 2006. Virtual versus real water transfers within China. Journal of Philosophical Transactions of the Royal Society B, 361: 835–842.

Panella, T., Fernandez Illescas, C., Cardascia, S., van Beek, E., Guthrie, L., Hearne, D. and Leckie, H. 2020. Asian water development outlook 2020: advancing water security across Asia and the Pacific. Asian Development Bank.

Shuva, H. 1997. Concepts of water security, food security, water stress and virtual water for arid countries. Proceedings of the IXth World Water Congress, International Water Resources Association, Montreal, Canada.

Wichelns, D. 2001. The role of 'virtual water' in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt. Journal of Agricultural Water Management, 49: 131–151.

WWC (World Water Council) 2004. Virtual Water Trade - Conscious Choices. In: E-Conference Synthesis. 4th World Water Forum.

Zhuo, L., Mekonnen, M. M. and A. Y. Hoekstra. 2016. Consumptive water footprint and virtual water trade scenarios for China: Focus on crop production, consumption, and trade. Environment International, 94: 211–223.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 19, Jun.-Jul. 2025, p. 217-228

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۹، خرداد - تیر ۱۴۰۴، ص. ۲۲۸-۲۱۷

Examining the Impact of Virtual Water Trade on Food Security in Kerman Province

M. Mirzaei[1], H. Babazadeh*[2], M. Sarai-Tabrizi[3], A. Khosrojerdi[4], A.Torabi Haghighi[5]
Recived: Nov.03, 2024 Accepted: Mar.13, 2025

Abstract

In the arid and water-scarce regions of Kerman province, farmers face serious challenges due to a lack of rainfall and water resources, threatening food security. One effective solution to this crisis is the concept of "virtual water," which can assist in managing water resources and ensuring food security. This study examines the impact of virtual water trade on food security in Kerman province. The results indicate that the production of essential crops such as wheat, rice, and legumes in this province is insufficient to meet the population's needs. In an ideal scenario, with 100% irrigation efficiency, Kerman province would require an additional 4.08 billion cubic meters of virtual water. In real conditions, with 40% efficiency, this need increases to 2.4 billion cubic meters of additional virtual water to ensure food security for the projected population in 2031. Additionally, inter-basin water transfer faces certain limitations. The findings suggest that virtual water trade can enhance access to global water resources and reduce pressure on the province's internal water resources. Therefore, policymakers must reconsider water resource management policies and develop the necessary infrastructure to facilitate virtual water trade.

Keywords: Comparative advantage, Food security, Virtual water trade

1- Ph.D. Candidate of Water resources management, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2 - Professor, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3 - Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4 - Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
5 - Associate Professor, University of Oulu, Finland
(*Corressponding Author Email: h_babazadeh@hotmail.com)