Doi: 10.22034/iaes.2021.526909.1830

اقتصاد کشاورزی/جلد ۱۴/شماره۴/صفحه های۱۷۸-۱۴۷

بررسی مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی محصول‌های گندم، جو و برنج در استان‌های ایران: ارزیابی با استفاده از شاخص یکپارچه آبی- بوم‌سامانه‌ای- اقتصادی

الهام کنعانی، زهرا دهقان شبانی، محبوبه جعفری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۴

چکیده

کشور ایران، یکی از کشورهای جهان است که با محدودیت منابع آبی رو به رو است و بیش از ۹۰ درصد منابع آبی آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. طرح مبادله آب مجازی یکی از روش‌های مناسب برای بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی است. برای بررسی مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی محصول ها نیازمند این است که افزون بر توجه به منابع آبی به عامل‌های اقتصادی، فناوری و حمل و نقل، محیط زیست توجه شود. در این راستا، در تحقیق حاضر با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و با درنظرگرفتن شاخص‌های منبع‌ها، فناوری و حمل و نقل، اقتصاد، جامعه و محیط زیست، مناسب بودن طرح مبادله آب مجازی محصول های گندم، جو و برنج برای هر استان بررسی شده است. بنا بر نتایج این بررسی، برای مبادله آب مجازی محصول گندم، استان‌های کرمانشاه، ایلام و فارس دارای وضعیت خوب و استان‌های خراسان شمالی و گلستان دارای وضعیت ضعیف هستند. در محصول جو استان چهارمحال بختیاری دارای وضعیت خوب و استان خراسان رضوی وضعیت ضعیف قرار دارد. برای محصول برنج، استان مازندران دارای وضعیت خوب و استان‌های گیلان و گلستان دارای وضعیت ضعیف می‌باشد.

طبقه بندی JEL: Q25, Q10

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، شاخص آبی-بوم سامانه‌ای-اقتصادی، استان‌های ایران، گندم، جو، برنج.

[۱] به ترتیب:دانشجوی ارشد رشته‌ی علوم اقتصادی، گرایش انرژی،دانشیار (نویسنده مسئول) و استادیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز.

Email: zdehghan@shirazu.ac.ir

مقدمه

آب منبع حیات برای همه‌ی فعالیت‌های انسانی و زیستی است، اما در گذشته به دلیل فراوانی آن، آب را به عنوان یک کالای بی‌ارزش و با موجودی زیاد به شمار می‌آورند. با صنعتی شدن جامعه‌های مختلف، استفاده از این مایه‌ی حیات به شدت افزایش یافت و با گذشت زمان و افزایش جمعیت و احساس نیاز به آب و کاهش منابع آبی، نگرش راجع به بی‌ارزشی آب تغییرکرد و اکنون آب یک کالای اقتصادی و مهم به شمار می‌رود و اهمیت آب و مدیریت آن در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، به شدت مورد توجه قرار گرفته است. از نظر جغرافیایی برخی منطقه‌ها دارای منابع آب فراوان و برخی دیگر کم آب هستند. در برخورد با مسئله کم‌آبی می‌توان با روش‌های مختلف آب را از منطقه‌های پر آب به کم‌آب انتقال داد، اما این انتقال آب مستلزم صرف هزینه‌های زیادی است. امروزه بحث جدید این است که با تجارت کالاها، می‌توان به صورت نامرئی جابه‌جایی آب را نیز انجام داد؛ به این صورت که هنگامی که کالایی از نقطه‌ای به نقطه دیگر صادر می‌شود در واقع تمام آبی که در طی فرآیند تولید کالا استفاده شده است، نیز انتقال می‌یابد. منطقه‌ای که کالا را صادر می‌کند به صورت مجازی آب را صادر و منطقه‌ای کالا را وارد کرده است، به صورت مجازی آب را وارد کرده است و بدین گونه بحث جدیدی تحت عنوان آب مجازی مطرح شد (Moallemi, 2018). مفهوم آب مجازی نخستین بار توسط آلن مطرح شد،که آب مجازی را میزان کل آب موجود در یک کالا یا خدمات تعریف کرد (Cui et al.,2018). در تعریف دیگر جمع کل آب مورد نیاز برای تولید میزان معینی از محصول (کالا) با توجه به شرایط اقلیمی، مکانی، زمان تولید و بازده را آب مجازی نامیده‌اند (Mardani, et al., 2018). در ۴۰ سال اخیر تجارت آب مجازی به طور دائم در حال افزایش بوده و نزدیک به ۱۵ درصد آب مصرفی در جهان به صورت آب مجازی در حال جابه‌جایی است (Bakhshoodeh, Dehghanpour, 2008).

بیشترین مصرف آب در ایران و جهان مربوط به بخش کشاورزی است که بر مبنای میانگین جهانی، هفتاد درصد از کل منابع آب، در این بخش مصرف می‌شود و در ایران که در منطقه خشک قرار دارد، بیش از ۹۰ درصد از منابع آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (Tehran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture,2016 and Mohammad Jani, Yazdanian, 2014). در کشورهای دارای آب و هوای خشک که کشاورزی آن‌ها تنها بستگی به

آبیاری دارد و کارایی مصرف آب آن‌ها پایین است، راه حل پیشنهادی توسط Turton (2002) برای حل بحران آب، تعیین الگوی کشت مبنی بر آب مجازی است. به این معنا که محصول‌هایی با مصرف آب پایین‌تر در این گونه کشورها تولید و از تولید محصول‌هایی که مصرف آب آن‌ها زیاد است بپرهیزند تا به منابع آبی فشار زیادی وارد نشود. اما برخی محققان بر این باورند که تنها در نظر گرفتن منابع آبی یک منطقه برای تعیین اینکه منطقه باید صادر کننده یا واردکننده کالاهای آب‌بر (آب مجازی) باشد، درست نیست و عامل‌های اقتصادی، فناوری و محیطی نیز برای تعیین مبادله آب مجازی باید در نظر گرفته شود تا بتوان مشخص کرد که هر منطقه چه ظرفیتی برای مبادله آب مجازی از طریق محصول‌ها دارد. بنابراین، لازم است یک شاخص ترکیبی از مولفه‌های آبی- بوم سامانه‌ای و اقتصادی ایجاد شود تا با در نظرگرفتن ابعاد منابع آبی، اقتصادی و بوم سامانه‌ای اجرای راهبرد مبادله آب مجازی بین استان‌ها و کشورها بررسی شود.

بررسی‌های مختلفی به تبیین صادرات و واردات آب مجازی پرداخته اند. Hanasaki et al., (2010) در تحقیقی دریافتند که میزان صادرات جهانی آب مجازی ۵ محصول جو، ذرت، برنج، سویا و گندم و ۳ محصول دامی گوشت قرمز، گوشت خوک و مرغ ۵۴۵ میلیارد متر مکعب در سال است. Zhao and Samson (2012) ، با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای در شب، میزان واردات آب مجازی را با توجه به میزان روشنایی و جمعیت، در سراسر جهان برآورد کردند که نتایج بررسی نشان داد شهرهای پر جمعیت با نور شبانه بیشتر، دارای واردات بیشتر آب مجازی هستند. Chen and Li (2015) به بررسی منابع آبی در شهر ماکائو در چین پرداختند که نتایج ایشان نشان داد ماکائو به شدت به منابع آبی خارجی وابسته است و آب مصرفی خود را از خارج تامین می‌نماید. Chen et al., (2018) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که افزایش صادرات محصول‌های با مصرف آب کم و کاهش صادرات محصول‌های غذایی و آشامیدنی راه حلی برای حل بحران آب در چین است. سری Sree vidhya and Elango (2018) صادرات آب مجازی در هند را بررسی کردند و نتایج نشان داد بیشترین صادرات آب مجازی به طور عمده از طریق گوشت، برنج و ذرت بوده است و بیشترین واردات متعلق به گندم است. Cui et al., (2018) با استفاده از یک شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه‌ای- اقتصادی مناسب بودن راهبرد آب مجازی برای منطقه‌ی رودخانه‌ی هِیهه[1] در چین را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که مناسب

[1] Heihe river basin

بودن راهبرد آب مجازی ارتباط نزدیکی با توسعه اقتصادی و شرایط بوم شناختی دارد. Wang et al., (2019) رابطه‌ی بین ایجاد مزیت اقتصادی و صادرات آب مجازی در کشور چین را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در جریان تجارت آب مجازی در چین درصد زیادی از منابع آب، ذخیره شده است و سود اقتصادی مثبت ایجاد شده است. Schwarz et al., (2019) در تحقیقی پیشنهاد داد که صادرات آب مجازی با ارزش بالا باعث افزایش رشد اقتصادی در کشورهای فقیر می‌شود. Dang et al., (2019) در تحقیقی نشان دادند که راهبرد صادرات آب مجازی برای استان یونّان مناسب نمی‌باشد و باید واردات آب مجازی، انجام سود. Jao et al., (2020) در تحقیقی به بررسی تاثیر صادرات آب مجازی بر میزان صرفه‌جویی منابع آبی در دو استان کشور چین، پرداختند.

در ایران نیز Arabi-Yazdi et al., (2009) به بررسی ردپای آب بوم شناختی (اکولوژیک) در بخش کشاورزی ایران پرداخته‌اند. Bakhshoodeh, Dehghanpour (2008) جنبه‌های محدود کننده تجارت آب مجازی در منطقه مرودشت را بررسی کردند. Mardani, et al. (2018) ، تحقیقی در رابطه با بهینه‌سازی مبادله‌های آب مجازی در الگوی کشت منطقه‌ای استان اصفهان ارائه دادند. Sadeghi Shahdani and jamoor (2016) به طراحی الگوی صادراتی ایران مبتنی بر دو معیار صادرات آب مجازی و پتانسیل اشتغال‌زایی بخش‌های اقتصادی با استفاده از رهیافت داده – ستانده پرداختند. Sadat Hosseini et al., (2016) در بررسی‌های خود یک الگوی کشت بهینه محصول‌های زراعی در دشت بهار همدان با تاکید بر بیشینه کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی ارائه دادند. Kiani (2018) وضعیت تجارت داخلی و بین‌المللی آب مجازی در ایران بررسی کرده‌است. Moallemi (2018) به بررسی تاثیر رشد درآمد سرانه بر رشد خالص واردات آب مجازی در کشورهای مختلف پرداخته است.

با مرور بر نتایج بررسی‌های انجام شده، می‌توان دریافت که تنها در بررسی Cui et al., (2018) ، همزمان ابعاد آبی، بوم سامانه‌ای- اقتصادی برای بررسی مناسب بودن مبادله آب مجازی در نظر گرفته شده است. در این راستا، هدف این تحقیق این است که با تعدیل شاخص اقتصادی- آبی- بوم سامانه‌ای[1] Cui et al., (2018) با توجه به شرایط ایران، به این پرسش پاسخ دهد که مبادله آب مجازی در محصول‌های گندم، جو و برنج برای کدامیک از استان‌های ایران راهبرد مناسبی است؟

[1] Water- ecosystem- economic index

روش تحقیق

هدف این تحقیق این است که با توجه به شرایط ایران، یک شاخص ترکیبی آبی- بوم سامانه‌ای- اقتصادی بسازد و با استفاده از آن مناسب بودن طرح مبادله آب مجازی برای سه محصول گندم، جو و برنج در استان‌های مختلف ایران را بررسی کند. در این راستا، برای مشخص کردن مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی، در آغاز استان‌هایی را که در این سه محصول دارای مزیت نسبی هستند، بر مبنای شاخص جمعی مزیت نسبی مشخص شده و آنگاه برای استان های دارای مزیت نسبی، مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی از طریق شاخص یکپارچه آبی، بوم سامانه‌ای- اقتصادی بررسی شده است. شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه ای- اقتصادی بر مبنای مطالعه سوئی و همکاران(۲۰۱۸) ساخته شده که با توجه به شرایط ایران تعدیل‌هایی در آن داده شده است. برای شاخص سازی از روش تحلیل مولفه‌های اصلی[1](PCA) استفاده شده است. پس از ساخت شاخص برای هر استان در هر محصول، استان‌های کشور، بر مبنای شاخص یکپارچه در مبادله آب مجازی هر محصول رتبه‌بندی شده‌اند و هر استان که امتیاز بیشتری داشته باشد، مناسب برای اجرای راهبرد مبادله آب مجازی برای محصول‌ها می‌باشد، به این صورت که اگر شاخص یکپارچه، بین ۸ تا ۱۰ باشد شرایط استان، خیلی خوب، بین ۶ تا ۸، شرایط استان، خوب، بین ۴ تا ۶، شرایط استان، متوسط و زیر ۴ ، شرایط استان برای کشت محصول ضعیف می‌باشد.

شاخص مزیت نسبی

برای تعیین مزیت نسبی دو دسته شاخص‌های هزینه‌ای و شاخص‌های فیزیکی وجود دارد. شاخص-های هزینه‌ای عبارت‌اند از شاخص هزینه منابع داخلی[2]، نسبت هزینه به منفعت اجتماعی[3] و سودآوری خالص اجتماعی[4] و مهم‌ترین شاخص‌های فیزیکی عبارتند از شاخص مزیت کارایی[5]، شاخص مقیاس مزیت[6] و شاخص جمعی مزیت[7] ((Amirnejad and Rafiee, 2010 . ویژگی شاخص‌های فیزیکی این

[1] Principal Components Analysis (PCA)
[2] Domestic Resource Cost
[3] Social Cost-Benefit
[4] Net Social Profitability
[5] Efficiency Advantage Index (EAI)
[6] Scale Advantage Index (SAI)
[7] Aggregated Advantage Index (AAI)

است که میزان تمرکز، پیشینه و رواج تولید در یک منطقه را نشان می دهد. در این بررسی از شاخص های فیزیکی مزیت نسبی برای تعیین استان‌های دارای مزیت نسبی در تولید گندم، جو و برنج استفاده شده است.

شاخص مزیت کارایی (EAI)، عملکرد نسبی محصول در یک استان را نسبت به عملکرد نسبی همان محصول در کل کشور نشان می‌دهد:

$$EAI_{io} = \frac{AP_{io}/AP_i}{AP_o/AP} \quad (۱)$$

دررابطه بالا، EAI_{io} شاخص مزیت کارایی محصول در منطقه i، AP_{io} عملکرد محصول o (تن به هکتار) در استان i، AP_iمتوسط عملکرد همه‌ی محصول‌ها(تن به هکتار) در استان i، AP_o متوسط عملکرد محصول o (تن به هکتار) در کشور وAP متوسط عملکرد همه‌ی محصول‌های کشاورزی(تن به هکتار) در کشور است. حال اگر این عبارت بزرگتر از یک باشد، به این معناست که عملکرد محصول o نسبت به عملکرد همه‌ی محصول‌های کشاورزی در استان، بیشتر از عملکرد همین محصول نسبت به عملکرد همه‌ی محصول‌های کشاورزی در کشور است و برعکس. این شاخص می‌تواند شاخصی از تخصیص عامل‌های تولید، منابع طبیعی و عامل‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی باشد (Mohammadi, 2005).

شاخص مقیاس مزیت (SAI)، درجه تمرکز یک محصول در استان را نسبت به کشور نشان می‌دهد که بر مبنای رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$SAI_{io} = \frac{GS_{io}/GS_i}{GS_o/GS} \quad (۲)$$

در رابطه‌ی بالا SAI_{io} شاخص مقیاس مزیت O در استان i، GS_{io} سطح زیر کشت محصول o (هکتار) در استانi، GS_i سطح زیر کشت همه‌ی محصول‌های کشاورزی (هکتار) دراستان i،GS_o زیر کشت محصول O (هکتار) در کشور و GS سطح زیر کشت همه‌ی محصول‌های کشاورزی (هکتار) در کشور است. حال اگر این نسبت بزرگتر از یک باشد به این معناست که ترجیح کشاورز استان i بر کاشت بیشتر محصول o است و برعکس. شاخص SAI نوعی مزیت نسبی آشکار شده است.

شاخص جمعی مزیت (AAI)، میانگین هندسی EAI و SAI است که بر مبنای رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$AAI = \sqrt{SAI_{io} * EAI_{io}} \quad (۳)$$

اگر حاصل عبارت بالا بزرگتر از یک باشد، آن‌گاه محصول o در استان i مزیت نسبی بیشتر از کشور را دارد و برعکس (احمدوند و نجف پور،۱۳۸۵). این شاخص، یک شاخص جامع مزیت نسبی است، که در آن هم مزیت کارایی و هم مزیت مقیاس لحاظ شده است. بنابراین در این پژوهش از شاخص جمعی مزیت استفاده شده است.

لازم به یادآوری است، آمار مربوط به سطح زیر کشت عملکرد محصول‌های گندم، جو و برنج از آمارنامه کشاورزی: محصولات زارعی مربوط به سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ گردآوری شده است.

شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه‌ای- اقتصادی

همان‌گونه که بیان شد، برای بررسی مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی در سه محصول گندم، جو و برنج در استان‌های ایران از یک شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه‌ای- اقتصادی بر مبنای مطالعه Cui et al., (2018) در این بررسی استفاده شده است. اما با توجه به اینکه ایران از سال ۱۳۸۶ به بعد درگیر با مسئله خشکسالی است (National Center for Drought and Crisis Management , 2015)، لازم است که این مساله در شاخص سازی مورد توجه قرار گیرد که دو زیر شاخص تعداد دشت‌های ممنوعه[۱] و شاخص آسیب پذیری منبع آب در نتیجه خشکسالی اضافه شد. همچنین تعاونی‌های روستایی و کشاورزی نقش فعالی را بخش کشاورزی در ایران دارند بنابراین باید حتما در شاخص سازی تعاونی‌ها در نظر گرفته شود و همچنین در سال‌های اخیر طرح‌های گسترده‌ای در حوزه شبکه آبیاری و زهکشی مورد بررسی و بهره‌برداری قرار گرفته است که باید در شاخص سازی برای ایران مورد توجه قرار گیرد.

سرانجام، شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه‌ای- اقتصادی با در نظر پنج مولفه منبع‌ها، فناوری و حمل و نقل، اقتصاد، جامعه و محیط زیست با توجه به شرایط ایران ساخته شد که هر یک از آن‌ها شامل

[۱] دشتی که در آن بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بیش از پتانسیل تجدیدپذیربوده به گونه‌ای که موجب افت سطح آب زیرزمینی در آن دشت شده و به طور طبیعی امکان بازگشت به سطح تعادل وجود ندارد.

زیر شاخص‌هایی می‌باشند. استدلال برای در نظر گرفتن ۵ مولفه به این صورت است که در مبادله آب مجازی از یک استان تنها منابع آبی مهم نیست، بلکه استان صادر کننده باید حمل و نقل مناسب داشته باشد تا بتواند محصول‌ها را به نقاط دیگر کشور صادر کند، همچنین منبع‌های اقتصادی و مالی در فراهم نمودن شرایط مناسب برای کشت محصول‌ها نیز مهم می‌باشد. نوع زندگی اجتماعی و میزان جمعیت و سواد نیز دارای اهمیت می‌باشد. از موارد بسیار مهم دیگر کیفیت زیستگاه و محیط زیست می‌باشد. میزان آب نهان در هر محصول، تعداد دشت‌های ممنوعه برای برداشت آب و میزان بهره‌مندی از زمین‌های کشاورزی و جنگل‌ها و همچنین تالاب‌ها و از طرفی مساحت زمین‌های مسکونی و بایر در تعیین میزان دسترس بودن زمین کشاورزی و قابل کشت نیز مهم می‌باشد. در این تحقیق همه‌ی این موارد به همراه زیرشاخص‌های آن‌ها بررسی می‌شود و در نهایت اولویت استان‌ها برای مبادله آب مجازی مشخص می‌شود. شاخص‌ها و زیرشاخص‌های و منبع گردآوری اطلاعات زیرشاخص‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول(۱) مولفه‌های شاخص آبی- بوم سامانه ای-اقتصادی آب مجازی

Table (1) Indicators of water-ecosystem-economy index in virtual water

شاخص Index	توضیحات Description	منبع گرداوری اطلاعات Refrence
منبع‌ها Resources		
در دسترس بودن سرانه آب Per capita water availability	میزان منبع‌هاب آبی سطحی و زیر زمینی در استان The surface and ground water availability in a province	سالنامه آماری استان‌ها Statistical Yearbook of Iranian Provinces
سرانه زمین قابل کشت Per capita arable land	گستره کل اراضی قابل کشت در استان Total annual area of arable land in a province	سالنامه آماری کشاورزی Agricultural Statistical Yearbook
عملکرد دانه در واحد سطح Grain yield per unit area	نسبت مقدار دانه‌های تولید شده‌ی محصول به گستره زمین اشغال شده برای کشت آن $\frac{Total\ amount\ of\ grain\ output\ in\ a\ provinc}{The\ actual\ area\ of\ arable\ land\ consumed\ fooe}$	سالنامه آماری کشاورزی Agricultural Statistical Yearbook
فناوری و حمل و نقل Technology and Transportation		
ضریب آبیاری Irrigation coefficient	نسبت میزان آب مورد نیاز برای آبیاری یک محصول در یک استان به میزان کل آبیاری The ratio of the amount of water required to irrigate a crop in a province to the total amount of irrigation	تحقیق عربی و همکاران (۱۳۸۸) Arabi-Yazdi et al., (2009)

ادامه جدول(۱) مولفه‌های شاخص آبی- بوم سامانه ای-اقتصادی آب مجازی

Table (1) Indicators of water-ecosystem-economy index in virtual water

شاخص Index	توضیحات Description	منبع گردآوری اطلاعات Refrence
شبکه آبیاری و زهکشی Irrigation and drainage network	سطح اراضی بهره برداری شده Level of exploited lands	سالنامه آماری آب Water Statistical Yearbook
حجم معاملات وحمل و نقل Freight turnover	میزان محصول جابه‌جا شده در حمل و نقل‌های مختلف در یک استان The product of freight tonnage carried and transport distance	سالنامه آماری حمل و نقل جاده‌ای Road Statistical Yearbook
تراکم شبکه حمل و نقل Transport network density	نسبت طول حمل و نقل به گستره کل استان Ratio of transport length to the total area of the province	سالنامه آماری استانها Statistical Yearbook of Iranian Provinces
اقتصاد Economy		
تولید سرانه ناخالص داخلی GDP per capita	تولید ناخالص داخلی سرانه در استان Per capita GDP of a province	حسابهای منطقه‌ای Regional Accounts
نرخ رشد GDP GDP growth rate		محاسبات محقق Researcher calculations
نسبت محصول ناخالص کشاورزی Agricultural gross ratio	ارزش ناخالص سرانه کشاورزی به عنوان درصد کل تولید ناخالص داخلی سالانه‌ی استان Agricultural annual gross value as a percentage of total annual GDP in a province	حسابهای منطقه ای Regional Accounts
تعداد تعاونی‌های روستایی و کشاورزی فعال Number of active rural and agricultural cooperatives	تعداد تعاونی های روستایی فعال به اضافه تعداد تعاونی های کشاورزی فعال Number of active rural cooperatives plus number of active agricultural cooperatives	سالنامه آماری کشاورزی Agricultural Statistical Yearbook
جامعه Society		
نرخ افراد دارای دیپلم دبیرستان High school diploma ratio	نسبت افراد دارای دیپلم دبیرستان به کل جمعیت در یک استان The proportion of the population aged > 6 years with a high school diploma	سالنامه آماری استان‌ها Statistical Yearbook of Iranian Provinces
نرخ شهر نشینی Urbanization rate	نسبت میزان جمعیت شهرنشینان به جمعیت کل استان Urban gross population as a percentage of total population in a county (%)	سالنامه آماری استان‌ها Statistical Yearbook of Iranian Provinces
نرخ رشد جمعیت Population growth rate		سالنامه آماری استان‌ها Statistical Yearbook of Iranian Provinces

جدول(۱) مولفه‌های شاخص آبی- بوم سامانه ای-اقتصادی آب مجازی

Table (1) Indicators of water-ecosystem-economy index in virtual water

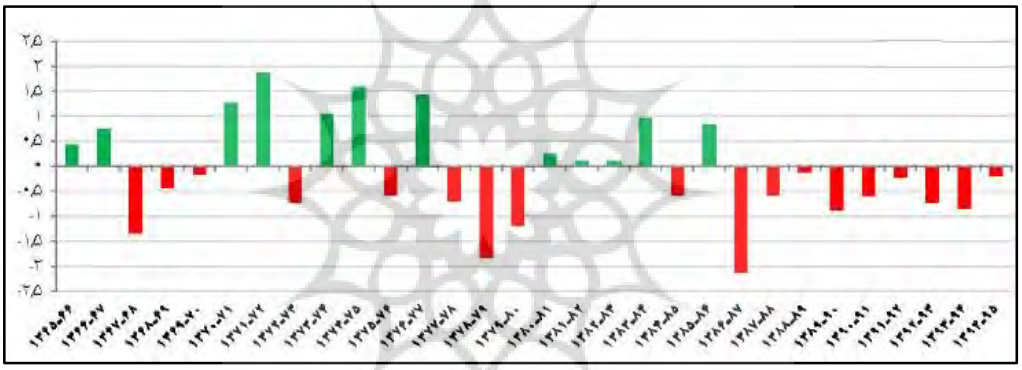
منبع گرداوری اطلاعات Refrence	Description توضیحات	Index شاخص
	محیط زیست Environment	
محاسبات محقق Researcher calculations	نسبت مصرف آب اکولوژیک به کل مصرف آب The proportion of ecological water use among the total water consumption (%)	نسبت مصرف آب اکولوژیک (آب نهان شده در کالاها) The proportion of ecological water consumption
سالنامه آماری آب Water Statistical Yearbook	تعداد دشت‌های ممنوعه در استان Forbidden plains in a province	تعداد دشت‌های ممنوعه Forbidden plains
سالنامه آماری آب Water Statistical Yearbook	توسط دفتر برنامه ریزی کلان آب و آبفا محاسبه شده است	شاخص آسیب پذیری منابع آب در نتیجه خشکسالی
سالنامه آماری استان‌ها Statistical Yearbook of Iranian Provinces	نسبت گستره اراضی جنگلی به عنوان درصدی از کل گستره اراضی استان Forest and grass land as a percentage of the total land area in a province	پوشش مراتع داخلی Forest-grass cover
سالنامه آماری استان‌ها- سالنامه آماری کشاورزی و آبی Statistical Yearbook of Iranian Provinces; Water Statistical Yearbook; Agricultural Statistical Yearbook	نسبتی از مساحت زمین‌های کشاورزی بایر و زراعی، زمین ساخت، گستره تالاب‌ها، زمین‌های چمنی و جنگل‌ها به مساحت کل استان Relation of the area of barren agricultural lands, tectonics, area of wetlands, grasslands and forests to the total area of the province	شاخص کیفیت زیستگاه Habitat quality index

استدلال برای در نظر گرفتن زیرشاخص‌ها به این صورت است که هرچه میزان منبع‌های آبی و سرانه زمین قابل کشت بیشتر باشد کشت محصول در استان بیشتر است زیرا آب و زمین از مهم‌ترین عامل‌های تولید در بخش کشاورزی هستند. عملکرد دانه در واحد سطح که نشان از کیفیت زمین‌های قابل کشت است، تاثیر مثبتی بر کشت محصول‌ها دارد. هرچه ضریب آبیاری بیشتر باشد یعنی پیشرفت فناوری برای آبیاری کمتر و اثر منفی بر مبادله آب مجازی دارد. همچنین هر چه شبکه

آبیاری و زهکشی در یک استان گسترده‌تر باشد نشان از بهبود زیرساخت‌های آبیاری و تاثیر مثبت بر کشت محصول‌ها دارد. افزون بر این، زیر ساخت حمل و نقل خوب، یک امر ضروری برای تجارت است و شرط اجرای راهبرد مبادله آب مجازی، حمل کالا و تراکم شبکه حمل و نقل است. در این پژوهش، تولید ناخالص داخلی و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی، برای ارزیابی سطح توسعه و رشد سطح توسعه اقتصادی انتخاب شده است. کشت و صادرات محصول‌های کشاورزی باعث خودکفایی و افزایش صادرات مواد غذایی به منطقه‌های کم آب خواهد شد. بنابراین هرچه تولید یک استان و سهم بخش کشاورزی استان از GDP بیشتر باشد، توان بیشتر برای صادرات محصولات کشاورزی و آب مجازی دارد. از انجا که تعاونی‌های روستایی و کشاورزی به کشاورزان در فروش محصول‌ها، تهیه و توزیع نهاده‌ها، به ویژه کودهای مورد نیاز کشاورزان و همچنین تولید و توزیع بذر کمک می‌کند بنابراین هر چه شمار این تعاونی‌ها در یک استان بیشتر باشد تاثیر مثبت بر کشت محصول‌های استان خواهد داشت. همچنین هرچه نرخ شهرنشینی کمتر باشد، یعنی تعداد افراد بیشتری در روستا هستند و به این معناست که نیروی کار بیشتری در بخش کشاورزی و منطقه وجود دارد و تاثیر مثبت بر کشت محصول و مبادله آب مجازی از طریق آن شود. سطح سواد باعث می‌شود نیروی کار تحصیل کرده افزایش و بهره وری افزایش پیدا کند. در این بررسی جمعیت دارای دیپلم دبیرستان به عنوان شاخصی از آموزش مورد استفاده قرار گرفته است که هرچه تعداد افراد دیپلم و دبیرستان بیشتر باشد، جمعیت روستایی با این تحصیلات هم بیشتر و بهره‌وری در کشاورزی افزایش می‌یابد. هرچه نرخ رشد جمعیت بیشتر باشد، نیروی کار بیشتر می‌شود و ظرفیت منطقه برای فعالیت در بخش کشاورزی بیشتر است. هرچه پوشش مرتع‌ها و جنگل‌ها بیشتر باشد، پتانسیل زمین‌های زراعی برای کشت بیشتر و تاثیر مثبت بر مبادله آب مجازی دارد. شاخص کیفیت زیستگاه که شاخصی از سلامت بوم شناختی استان است، هرچه بیشتر باشد یعنی استان دارای سلامت اکولوژیک بالاتری است و این تاثیر مثبت بر تولید محصول‌های کشاورزی و مبادله آب مجازی دارد. هر چه تعداد دشتهای ممنوعه در یک استان بیشتر باشد، بدلیل بحران آب در این دشتها تامین آب دشوارتر و هزینه و قیمت آب بیشتر است و کشت محصولات کاهش می یابد. همچنین شاخص آسیب پذیری منابع آب در نتیجه خشکسالی نیز که یک زیرشاخص محیط زیستی در نظر گرفته شده که هر چه این شاخص بزرگتر باشد و آسیب به منابع آبی بیشتر باشد کشت محصول‌های کشاورزی بیشتر در معرض کاهش قرار می گیرد.

داده‌های تحقیق

همان‌گونه که در جدول ۱ بیان شده، اطلاعات و داده‌های تحقیق از سالنامه‌ی آماری استانی، سالنامه‌ی آماری حمل و نقل، سالنامه آماری کشاورزی و آبی کشور و حساب‌های منطقه‌ای در سال ۱۳۹۴، گردآوری شده است. دلیل استفاده از داده‌های سال ۱۳۹۴، محدودیت و نداشتن دسترسی کامل به اطلاعات سال‌های پس از آن بوده است. در سال ۱۳۹۴ ایران در وضعیت خشکسالی خفیف قرار دارد. نمودار (۱) وضعیت خشکسالی کشور را با استفاده از شاخص SPI [1] نشان می‌دهد. برابر این نمودار از سال ۱۳۸۶ به بعد وضعیت خشکسالی با شدت و ضعف در ایران وجود داشته است و از سال ۱۳۸۷ ایران در وضعیت نرمال و خشکسالی خفیف قرار داشته است (-0/1>SPI> -0/9). بنابراین نتایج سال ۱۳۹۴ قابل تعمیم به سال‌های با خشکسالی خفیف خواهد بود.



نمودار (۱) شاخص SPI ایران از ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵

Fig.1. SPI index in Iran from 1365 to 1395

منبع: Yearbook of the National Center for Drought and Crisis Management (2015)

روش تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)

تحلیل داده‌های چندگانه نقش مهمی در تحلیل اطلاعات دارد. مجموعه داده‌های چندگانه، حالت‌ها یا متغیرهای زیادی برای هر مشاهده در اختیار دارند. اگر در هر مجموعه از داده‌ها، n متغیر وجود داشته باشد، هر متغیر ممکن است دارای چند بعد باشد. به دلیل این که درک فضای چند بعدی دشوار می‌باشد، روش تحلیل مولفه‌های اساسی، ابعاد همه‌ی مشاهدات را بر مبنای شاخصی ترکیبی

[1]Standardized Precipitation Index (SPI)

کاهش می‌دهد. هدف اصلی این روش انتقال مجموعه داده X با ابعاد M به داده Y با ابعاد L است (L < M). بنابرین فرض بر این است که ماتریس X از بردارهای $X_1, X_2, \dots, X_n$ تشکیل شده‌است که هر کدام به صورت ستونی در ماتریس قرار داده شده‌است. بنابرین با توجه به ابعاد بردارها ماتریس داده‌ها به صورت $M \times N$ است. بردار میانگین تجربی به صورت زیر محاسبه می‌شود (Pearson,1901):

$$u[m] = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X[m,i] \quad (۴)$$

پس از به دست آوردن ماتریس u ماتریس فاصله به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$B = X - uh \quad (۵)$$

در رابطه‌ی بالا h یک بردار تک ستونی با درایه‌های یک می‌باشد. ماتریس کوواریانس به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$[C] = \frac{1}{N}[B][B]^{*} \quad (۶)$$

در رابطه‌ی (۳)، $[B]^{*}$ ترانهاده‌ی مزدوج ماتریس B می‌باشد.

در ادامه باید مقادیر ویژه‌ی ماتریس کوواریانس محاسبه شوند و با استفاده از رابطه‌ی زیر بردارهای ویژه‌ی آن محاسبه می‌گردند:

$$V^{-1}CV = D \quad (۷)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در رابطه‌ی بالا D ماتریس قطری شامل مقادیر ویژه می‌باشد و V ماتریس $M \times M$ است که ستون‌های آن بردارهای ویژه می‌باشند. میزان انرژی تجمعی از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود (Pearson,1901):

$$g[m = l] = \sum_{q=1}^{m} \lambda_q \quad (۸)$$

در رابطه‌ی بالا λ_q مقادیر ویژه می‌باشند. مقدار l باید به گونه‌ای مشخص شود که مقدار $g[m = l]$ کمتر از ۰/۹ باشد و بردارهای ویژه‌ی نظیر آن‌ها نیز تا قبل از این مقدار در نظر گرفته می‌شوند. در این حالت حجم عظیمی از بردارهای ویژه حذف می‌شوند و تنها آن‌هایی که بیشترین تاثیر را در محاسبه‌ی واریانس دارند باقی می‌مانند. پس از به دست آوردن مقادیر ویژه و بردارهای نظیر آن انحراف معیار مجموعه داده‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$s = \sqrt{C} \quad (۹)$$

سپس ماتریس Z' به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Z' = \frac{B}{s} \quad (۱۰)$$

در نهایت فضای جدید داده‌ها به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Y = [W^*][Z] \quad (۱۱)$$

و ادامه‌ی تحلیل‌ها در این فضا صورت می‌گیرد.

نتایج و بحث

بررسی مناسب بودن مبادله آب مجازی در محصول گندم

میزان شاخص‌های مزیت کارایی(EAI)، مزیت مقیاس (SAI) و جمعی مزیت (AAI) با استفاده از رابطه‌های (۱) تا (۳) برای محصول گندم محاسبه شده و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. در این پژوهش استان‌های دارای مزیت نسبی در کشت محصول با توجه به شاخص جمعی مزیت (AAI) که یک شاخص جامعی است، مشخص می شوند. بر اساس جدول۲ استان‌های فارس، کردستان، کهکیلویه و بویراحمد، ایلام، زنجان، کرمانشاه، گلستان، آذربایجان‌شرقی، خراسان‌شمالی، مرکزی، همدان، لرستان، اردبیل و بوشهر شاخص جمعی مزیت آن‌ها بیشتر از یک بوده و برای کشت محصول گندم، دارای مزیت می‌باشند.

جدول(۲) میزان شاخص‌های مزیت کارایی، مقیاس مزیت و شاخص جمعی مزیت برای محصول گندم

Table (2) Value of efficiency, scale, and aggregated advantage indices for wheat

AAI	SAI	EAI	شاخص Index / استان Province
1.44	1.17	1.76	آذربایجان شرقی East Azerbaijan
0.90	0.74	1.10	آذربایجان غربی West Azerbaijan
1.26	1.04	1.53	اردبیل Ardebil
0.57	0.59	0.55	اصفهان Esfahan
0.39	0.54	0.28	البرز Alborz
1.54	1.10	2.15	ایلام Ilam
1.02	1.39	0.75	بوشهر Bushehr
0.48	0.58	0.39	تهران Tehran
0.85	0.92	0.78	چهارمحال بختیاری Chaharmahal & Bakhtiari
0.61	0.59	0.63	خراسان جنوبی South Khorasan
0.25	0.08	0.77	خراسان رضوی Khorasan Razavi
1.41	1.16	1.71	خراسان شمالی North Khorasan
0.70	1.05	0.46	خوزستان Khuzestan
1.53	1.36	1.71	زنجان Zanjan
0.76	0.75	0.77	سمنان Semnan
0.36	0.73	0.18	سیستان و بلوچستان Sistan & Baluchestan
2.49	0.95	6.51	فارس Fars
0.83	1.03	0.67	قزوین Qazvin
0.53	0.32	0.87	قم Qom
2.16	1.49	3.12	کردستان Kurdistan
0.60	0.69	0.52	کرمان Kerman
1.48	1.03	2.13	کرمانشاه Kermanshah
1.75	1.26	2.43	کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad

ادامه جدول(۲) میزان شاخص‌های مزیت کارایی، مقیاس مزیت و شاخص جمعی مزیت برای محصول گندم

Table (2) Value of efficiency, scale, and aggregated advantage indices for wheat

AAI	SAI	EAI	شاخص Index / استان Province
1.46	1.12	1.90	گلستان Golestan
0.21	0.11	0.41	گیلان Gilan
1.27	0.87	1.86	لرستان Lorestan
0.58	0.32	1.06	مازندران Mazandaran
1.31	1.23	1.41	مرکزی Markazi
0.29	0.33	0.27	هرمزگان Hormozgan
1.29	1.22	1.35	همدان Hamedan
0.46	0.69	0.31	یزد Yazd

منبع: یافته‌های تحقیق

پس از تعیین استان‌های دارای مزیت نسبی در کشت محصول گندم، باید مناسب بودن مبادله آب مجازی در این استان‌ها بررسی شود. برای این منظور، وزن‌دهی به شاخص‌های مشخص شده در جدول (۱)، با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی(PCA) انجام شد. به این صورت که در آغاز با استفاده از این روش وزن زیر شاخص‌ها محاسبه شد. سپس با استفاده از وزن زیر شاخص‌ها و اطلاعات و آمار زیر شاخص‌ها، ۵ شاخص اصلی (منبع‌ها، فناوری، اقتصاد، جامعه و محیط زیست) شاخص یکپارچه ساخته شد و سپس مجددا با استفاده از روش PCA وزن شاخص‌های اصلی محاسبه و با استفاده از اطلاعات شاخص‌های اصلی، شاخص یکپارچه محاسبه شد[۱]. جدول ۳ مقادیر محاسبه شده شاخص‌های اصلی و شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه‌ای- اقتصادی برای محصول گندم ارایه می‌دهد.

[۱] بدلیل محدودیت شمار صفحه‌ها وزن زیرشاخص‌ها و شاخص‌های اصلی در تحقیق آورده نشده است و نزد نویسندگان تحقیق است و در صورت نیاز، نویسندگان می توانند در اختیار خوانندگان تحقیق قرار دهند.

جدول(۳) میزان زیرشاخص‌ها و شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه‌ای- اقتصادی در محصول گندم

Table (3) Value of sub-indicators and integrated water-ecosystem-economy index in wheat

شاخص یکپارچه Integrated index	محیط زیست Environment	جامعه Society	اقتصاد Economy	فناوری Technology	منبع‌ها Resources	شاخص Index / استان Province
5.63	3.47	3.47	4.36	5.69	6.36	آذربایجان شرقی East Azerbaijan
6.24	8.00	8.00	2.55	5.16	7.39	ایلامIlam
4.09	6.31	6.31	3.58	7.04	0.17	بوشهر Bushehr
3.64	6.96	6.96	5.14	4.91	4.31	خراسان شمالی North Khorasan
5.76	4.81	4.81	5.67	5.05	7.00	زنجان Zanjan
6.07	4.56	4.56	6.63	5.76	6.50	فارس Fars
5.76	3.24	3.24	5.60	3.45	7.77	کردستان Kurdistan
6.70	4.92	4.92	4.12	5.45	8.93	کرمانشاه Kermanshah
4.94	9.30	9.30	3.53	6.54	5.23	کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad
3.91	4.78	4.78	6.72	5.82	4.17	گلستان Golestan
5.58	7.51	7.51	5.51	5.54	6.37	لرستان Lorestan
5.77	6.54	6.54	3.86	3.57	7.68	مرکزی Markazi
4.96	4.01	4.01	6.41	4.86	6.10	همدان Hamedan

منبع: یافته‌های تحقیق

میزان شاخص یکپارچه محاسبه شده بین صفر و ده می‌باشد، به طوری که هرچه به ۱۰ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده‌ی این است که استان مورد نظر برای مبادله آب مجازی از طریق گندم شرایط مناسب‌تری دارد و در مقابل هرچه شاخص یکپارچه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی امتیاز پایین‌تر استان مورد نظر می‌باشد. برای رتبه بندی استان‌ها، بازه یک تا ۱۰ را به بازه های ۰تا ۲ با عنوان خیلی ضعیف، ۲ تا ۴ ضعیف، ۴ تا ۶ متوسط، ۶ تا ۸ خوب و ۸ تا ۱۰خیلی خوب تقسیم بندی شده است. در جدول ۴ مقدار شاخص یکپارچه و رتبه‌بندی استان‌ها را برای مبادله اب مجازی از طریق محصول گندم ارائه شده است. بنابر نتایج این جدول استانهای کرمانشاه، ایلام و فارس در مبادله آب مجازی از طریق محصول گندم در وضعیت خوب قرار دارند و استان‌های خراسان شمالی و گلستان برای مبادله آب مجازی از طریق محصول گندم در وضعیت ضعیف و نامناسب قرار دارد.

جدول (۴) رتبه‌بندی استان‌های دارای مزیت در مبادله آب مجازی از طریق محصول گندم

Table (4) Ranking of provinces with advantages in virtual water exchange through wheat

استان Province	شاخص یکپارچه Integrated index	وضعیت در مبادله آب مجازی Situation in virtual water exchange
کرمانشاهKermanshah	6.70	خوب
ایلامIlam	6.24	خوب
فارسFars	6.07	خوب
مرکزیMarkazi	5.77	متوسط
کردستانKurdistan	5.76	متوسط
زنجانZanjan	5.76	متوسط
آذربایجان شرقی East Azerbaijan	5.63	متوسط
لرستانLorestan	5.58	متوسط
همدانHamedan	4.96	متوسط
کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad	4.94	متوسط
بوشهرBushehr	4.09	متوسط
گلستانGolestan	3.91	ضعیف
خراسان شمالیNorth Khorasan	3.64	ضعیف

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی مناسب بودن مبادله آب مجازی در محصول جو

شاخص‌های مزیت نسبی برای محصول جو در جدول ۵ نشان داده شده است. بر مبنای جدول ۵، استان‌های کرمانشاه، کهکیلویه و بویراحمد، خراسان‌شمالی، ایلام، لرستان، قم، همدان، اردبیل، گلستان، مرکزی، آذربایجان‌شرقی، سمنان، خراسان‌جنوبی، چهارمحال بختیاری و خراسان‌رضوی شاخص جمعی مزیت آن ها بیشتر از یک بوده و برای کشت محصول جو، دارای مزیت نسبی می‌باشند.

جدول (۵) میزان شاخص‌های مزیت کارایی، مقیاس مزیت و شاخص جمعی مزیت برای محصول جو

Table (5)Value of efficiency, scale, and aggregated advantage indices for barley

AAI	SAI	EAI	شاخص Index / استان Province
1.11	0.74	1.66	آذربایجان شرقی East Azerbaijan
0.81	0.59	1.11	آذربایجان غربی West Azerbaijan
1.31	1.30	1.32	اردبیل Ardebil
0.89	1.53	0.51	اصفهان Esfahan
0.72	1.37	0.38	البرز Alborz
1.63	1.75	1.53	ایلام Ilam
0.61	0.55	0.68	بوشهر Bushehr
0.86	1.76	0.42	تهران Tehran
1.07	1.29	0.90	چهارمحال بختیاری Chaharmahal & Bakhtiari
1.09	1.80	0.66	خراسان جنوبی South Khorasan
1.07	1.65	0.69	خراسان رضوی Khorasan Razavi
1.64	1.28	2.11	خراسان شمالی North Khorasan
0.47	0.58	0.38	خوزستان Khuzestan
0.92	0.45	1.89	زنجان Zanjan

ادامه جدول (۵) میزان شاخص‌های مزیت کارایی، مقیاس مزیت و شاخص جمعی مزیت برای محصول جو

Table (5)Value of efficiency, scale, and aggregated advantage indices for barley

1.10	1.68	0.73	سمنانSemnan
0.36	0.54	0.23	سیستان و بلوچستان Sistan & Baluchestan
0.85	1.14	0.63	فارسFars
0.84	1.00	0.70	قزوینQazvin
1.54	3.30	0.72	قمQom
0.78	0.24	2.46	کردستانKurdistan
0.88	1.05	0.74	کرمانKerman
2.23	1.45	3.43	کرمانشاهKermanshah
2.14	1.62	2.84	کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad
1.30	1.04	1.62	گلستانGolestan
0.44	0.15	1.30	گیلانGilan
1.56	1.48	1.64	لرستانLorestan
0.76	0.53	1.09	مازندرانMazandaran
1.25	1.11	1.40	مرکزیMarkazi
0.15	0.13	0.18	هرمزگانHormozgan
1.32	1.24	1.41	همدانHamedan
0.43	0.57	0.33	یزدYazd

منبع: یافته‌های تحقیق

میزان شاخص‌های اصلی و شاخص یکپارچه[۱] برای محصول جو در جدول ۶ آورده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱] بدلیل محدودیت شمار صفحه‌ها وزن زیرشاخص‌ها و شاخص‌های اصلی در تحقیق آورده نشده است و نزد نویسندگان تحقیق است و در صورت نیاز، نویسندگان می توانند در اختیار خوانندگان تحقیق قرار دهند.

جدول (۶) میزان شاخص‌ها و شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه ای- اقتصادی در محصول جو

Table (6)Value of sub-indicators and integrated water-ecosystem-economy index in barley

شاخص یکپارچه Integrated index	محیط زیست Environment	جامعه Society	اقتصاد Economy	فناوری Technology	منبع‌ها Resources	شاخص Index / استان Province
5.31	6.98	5.85	3.63	6.07	3.03	آذربایجان شرقی East Azerbaijan
5.93	4.12	5.37	5.63	6.54	4.71	اردبیل Ardebil
4.75	6.62	6.96	1.84	5.24	4.04	ایلام Ilam
6.70	9.81	6.20	7.43	6.28	1.91	چهارمحال بختیاری Chaharmahal & Bakhtiari
5.95	10	5.47	6.20	4.81	1.91	خراسان جنوبی South Khorasan
3.05	3.40	2.75	4.15	2.58	2.14	خراسان رضوی Khorasan Razavi
5.29	8.27	3.51	4.98	4.65	3.81	خراسان شمالی North Khorasan
5.46	9.07	6.92	4.26	4.69	3.07	سمنان Semnan
4.95	8.95	9.19	1.06	5.50	1.20	قم Qom
4.67	6.98	5.01	3.99	3.52	5.14	کرمانشاه Kermanshah

ادامه جدول (۶) میزان شاخص‌ها و شاخص یکپارچه آبی- بوم سامانه ای- اقتصادی در محصول جو

Table (6)Value of sub-indicators and integrated water-ecosystem-economy index in barley

شاخص یکپارچه Integrated index	محیط زیست Environment	جامعه Society	اقتصاد Economy	فناوری Technology	منبع‌ها Resources	شاخص Index / استان Province
5.81	9.87	6.46	2.73	6.34	2.64	کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad
5.18	6.31	5.19	6.14	4.71	3.03	گلستان Golestan
4.80	6.57	5.18	4.94	3.96	3.86	لرستان Lorestan
4.64	7.89	4.83	3.69	3.72	3.80	مرکزی Markazi
5.59	5.74	4.00	6.43	6.43	8.03	همدان Hamedan

منبع: یافته‌های تحقیق

بر مبنای جدول ۷، استان چهارمحال بختیاری برای مبادله آب مجازی از طریق محصول جو دارای وضعیت خوب و استان خراسان رضوی برای مبادله آب مجازی از طریق محصول جو دارای وضعیت نامناسب و ضعیف است.

پرتال جامع علوم انسانی

جدول (۷) رتبه‌بندی استان‌های دارای مزیت برای مبادله آب مجازی از طریق محصول جو
Table (7) Ranking of provinces with advantages in virtual water exchange through barley

استان Province	شاخص یکپارچه Integrated index	وضعیت در مبادله آب مجازی Situation in virtual water exchange
چهارمحال بختیاری Chaharmahal & Bakhtiari	6.70	خوب
خراسان جنوبی South Khorasan	5.95	متوسط
اردبیلArdebil	5.93	متوسط
کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad	5.81	متوسط
همدانHamedan	5.59	متوسط
سمنانSemnan	5.46	متوسط
آذربایجان شرقی East Azerbaijan	5.31	متوسط
خراسان شمالی North Khorasan	5.29	متوسط
گلستانGolestan	5.18	متوسط
قمQom	4.95	متوسط
لرستانLorestan	4.80	متوسط
ایلامIlam	4.75	متوسط
مرکزیMarkazi	4.68	متوسط
کرمانشاهKermanshah	4.67	متوسط
خراسان رضویKhorasan Razavi	3.05	ضعیف

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی مناسب بودن مبادله آب مجازی در محصول برنج

شاخص‌های مزیت برای محصول برنج در جدول ۸ آورده شده است. بر مبنای این جدول استان‌های کهکیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان و مازندران، شاخص جمعی مزیت آن ها بیشتر از یک بوده و برای کشت محصول برنج، دارای مزیت می‌باشند.

جدول (۸) میزان شاخص‌های مزیت کارایی، مقیاس مزیت و شاخص جمعی مزیت برای محصول برنج

Table (8) Value of efficiency, scale, and aggregated advantage indices for rice

AAI	SAI	EAI	شاخص / نام استان
0.31	0.06	1.45	آذربایجان شرقی East Azerbaijan
0.01	0.00	0.64	آذربایجان غربی West Azerbaijan
0.22	0.05	0.96	اردبیل Ardebil
0.50	0.41	0.60	اصفهان Esfahan
0.77	0.29	2.04	ایلام Ilam
0.60	0.44	0.83	چهارمحال بختیاری Chaharmahal & Bakhtiari
0.05	0.00	0.59	خراسان جنوبی South Khorasan
0.18	0.05	0.66	خراسان رضوی Khorasan Razavi
0.43	0.13	1.48	خراسان شمالی North Khorasan
0.67	1.13	0.40	خوزستان Khuzestan
0.40	0.13	1.26	زنجان Zanjan
0.27	0.24	0.32	سیستان و بلوچستان Sistan & Baluchestan
0.76	0.73	0.78	فارس Fars
0.34	0.22	0.53	قزوین Qazvin
0.11	0.01	1.52	کرمانشاه Kermanshah
1.46	0.71	2.99	کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad
1.52	1.72	1.34	گلستان Golestan
4.70	15.71	1.41	گیلان Gilan
0.45	0.13	1.54	لرستان Lorestan
3.59	10.44	1.24	مازندران Mazandaran

منبع: یافته‌های تحقیق

میزان شاخص‌های اصلی و شاخص یکپارچه[۱] برای محصول برنج در جدول ۹ آورده شده است.

جدول (۹) میزان وزن زیر شاخص‌ها و شاخص ترکیبی در محصول برنج

Table (9) Value of sub-indicators and integrated water-ecosystem-economy index in rice

شاخص یکپارچه Integrated index	محیط زیست Environment	جامعه Society	اقتصاد Economy	فناوری Technology	منبع‌ها Resources	شاخص Index / استان Province
4.52	9.67	5.65	5.7	4.34	4.32	کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad
3.54	2.17	2	3.69	3.32	3.51	گلستان Golestan
3.28	3.45	6.94	3.35	6.08	3.24	گیلان Gilan
7.16	4.86	5.48	3.98	3.03	7.73	مازندران Mazandaran

منبع: یافته‌های تحقیق

بر مبنای جدول ۱۰ استان مازندران برای مبادله آب مجازی از طریق محصول برنج در وضعیت خوب قرار دارد و استان‌های گلستان و گیلان برای مبادله آب مجازی از طریق محصول برنج در وضعیت نامناسب و ضعیف هستند.

پرتال جامع علوم انسانی

[۱] - بدلیل محدودیت شمار صفحه‌ها وزن زیرشاخص‌ها و شاخص‌های اصلی در تحقیق آورده نشده است و نزد نویسندگان تحقیق است و در صورت نیاز، نویسندگان می توانند در اختیار خوانندگان تحقیققرار دهند.

جدول (۱۰) رتبه‌بندی استان‌های دارای مزیت در کشت محصول برنج برای مبادله
Table (10)Ranking of provinces with advantages in virtual water exchange through rice

استان Province	شاخص یکپارچه Integrated index	وضعیت در مبادله آب مجازی Situation in virtual water exchange
مازندران Mazandaran	7.16	خوب
کهکیلویه و بویر احمد Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad	4.52	متوسط
گلستان Golestan	3.54	ضعیف
گیلان Gilan	3.28	ضعیف

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کشور ایران در منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و دارای منابع آبی محدود می‌باشد. با توجه به افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای محصول‌های کشاورزی و موادغذایی اگر راهکار مناسبی وجود نداشته باشد، کشور در چند سال آینده با مشکلات زیادی در تامین منابع آبی روبه‌رو می‌شود. از آنجا که در ایران بیش از ۹۰ درصد منابع آبی در بخش کشاورزی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است(اتاق بازرگانی، صنایع و معادن و کشاورزی استان تهران،۱۳۹۵؛ محمد جانی و یزدانیان، ۱۳۹۳)، لذا ارائه‌ی یک طرح مناسب که بتواندصرفه‌جویی در منابع آبی ایجاد شود، لازم است. یک راهکار مناسب، راهبرد مبادله آب مجازی می‌باشد به این ترتیب که محصول‌های آب‌بَر در استان‌هایی با منابع آبی زیاد کشت شده و به استان‌های خشک و نیمه خشک صادر شود. اما چنانچه بیان شد، تنها توجه به منابع آبی برای بررسی مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی کافی نیست و باید شاخص‌های دیگری مانند حمل و نقل، اقتصاد و محیط زیست در اجرای این طرح مورد توجه و بررسی قرار گیرند. در این راستا، در این تحقیق با توجه به موارد بالا یک شاخص آبی- اقتصادی- بوم سامانه‌ای تعریف شد تا با استفاده از آن مشخص شود چه استانی توانایی برای اجرای این طرح در محصولات گندم، جو و برنج را دارند تحلیل‌ها با روشPCA انجام شد و استان‌های کشور برای کشت هر محصول اولویت‌بندی شدند.

اولویت‌ها تنها براساس منابع آبی نبوده و شاخص‌های فناوری و حمل نقل، اقتصاد، جامعه و محیط زیست بر مبنای داده‌های سال ۱۳۹۴ در نظر گرفته شدند و اجرای این طرح در استان‌ها منجر به ایجاد مزیت اقتصادی و صرفه‌جویی در منابع آب خواهد شد. بر مبنای نتایج این بررسی برای مبادله آب مجازی از طریق محصول گندم، استان‌های کرمانشاه، ایلام و فارس دارای وضعیت خوب و استان‌های مرکزی، کردستان، زنجان، آذربایجان شرقی، لرستان، همدان، کهکیلویه و بویراحمد، بوشهر دارای وضعیت متوسط و دو استان گلستان و خراسان شمالی دارای وضعیت ضعیف هستند. برای مبادله آب مجازی از طریق محصول جو استان چهارمحال بختیاری در وضعیت خوب و استان‌های خراسان جنوبی، اردبیل، کهکیلویه و بویراحمد، همدان، سمنان، آذربایجان شرقی، خراسان شمالی، گلستان، قم، لرستان، ایلام، مرکزی و کرمانشاه دارای وضعیت متوسط و استان خراسان رضوی دارای وضعیت ضعیف می‌باشند. برای مبادله آب مجازی از طریق برنج، استان مازندران دارای وضعیت خوب و کهکیلویه و بویراحمد دارای وضعیت متوسط و استان‌های گلستان و گیلان دارای وضعیت ضعیف می‌باشد. بررسی حاضر بر روی سه محصول گندم، جو و برنج انجام شده است. در بررسی‌های آینده مناسب بودن مبادله آب مجازی بر روی محصول‌های دیگر مانند محصولات باغی، حبوبات و همچنین کالاهای صنعتی بررسی شود.

منابع

Agricultural Statistical Yearbook: Crops in 2015, Ministry of Agriculture Jihad.

Ahmadvand M R, Najafpour Z. (2006). Evaluation and analysis of the condition of physical indices of comparative advantage for oil seeds in IRAN. *Journal of Economic Research and Policies*.14 (37 and 38) :5-15.

Amirnejad, H., & Rafiee, H. (2010). Investigation physical comparative advantage indices of irrigated crops and how aggregated index of comparative advantage get affected by its components in Mazandaran province. *Agricultural Economics and Development*. 18(71).23-46.

Arabi-Yazdi, A., Alizadeh, A., & Mohamadian, F. (2009). Study on ecological water footprint in agricultural section of Iran. *Water and Soil*, *23*(4).1-15.

Bakhshoodeh, m. Dehghanpour, H. (2008). Investigating the Limiting Aspects of Virtual Water Trade in Marvdasht Region, *Journal of Agricultural Economics & Development*, 22(1).

Cao. X., Cui. S., Shu. R., Wu. M., Misestimation of water saving in agricultural virtual water trade by not considering the role of irrigation, (2020). Agricultural Water Management, 241, 106355

Chen, Q., An, T., Lu, S., Gao, X., Wang Y., (2018). The water footprint of coal-fired electricity production and the virtual water flows associated with coal and electricity transportation in china, 10th International Conference on Applied Energy (ICAE2018), 22-25 August 2018, Hong Kong, China

Chen, G. Q., & Li, J. S. (2015). Virtual water assessment for Macao, China: highlighting the role of external trade. *Journal of Cleaner Production*, *93*, 308-317.

Cui, X., Wu, X., He, X., Li, Z., and Shi, C., (2018). Regional suitability of virtual water strategy: Evaluating with an integrated water-ecosystem-economy index, Journal of Cleaner Production, 199, 659-667.

Dong. H., Geng. Y., Hao. D., Yu. Y., Chen. Y., (2019). Virtual water flow feature of water-rich province and the enlightenments: Case of Yunnan in China, *Journal of Cleaner Production*, 235, 328-336

Hanasaki, N., Inuzuka T., Kanae S., Oki T., (2010). An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawl fow major crops and livestock products using a global hydrological model, Journal of hydrology, 384, 232-244

Hoekstra, A.Y., and Hung, A.Y., (2002). A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade Value of Water, IHE DELFT, www.waterfootprint.org

Iran Regional Accounts. Statistical Center of Iran

Kiani, G. H. (2018). Study of domestic and international virtual water trade in Iran. *Journal of Water and Soil Science*, *22*(1). *115-125.*

Mardani, M., Ziaei, S., & Nikouei, A. (2018). Optimizing the trade of virtual water in regional cropping pattern of the Isfahan province: application of multi-criteria models. *Journal of Agricultural Economics & Development. 25(100).*

Moallemi, M. (2018). The Effect of Per-Capita Income Growth on Net Imports of Virtual Water in Selected Countries. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, *5*(1), 133-158.

Mohammadi, d. (2005). Calculating the comparative advantage of agricultural and horticultural products of Fars province, the conference of Iran's agricultural economy. September.

Mohammad Jani, A. and Yazdanian, n. (2014). Analysis of the critical water situation in the country and its management requirements. *Ravand*. 65. 117-144.

Sadat Hosseini, A., Mehregan, N., & Ebrahimi, M. (2016). Determining the Optimal Planting Crops with Emphasis on Maximizing Social Benefits and Net Imports of Virtual Water (Plains Study Bahar of Hamedan). *Agricultural Economics Research*, *8*(31), 123-144.

Pearson, K., (1901), On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space, Philosophical Magazine. 2 (11), 559–572

Sadeghi Shahdani, M. jamoor,M. (2016). Designing the export pattern of Iran based on two criteria of virtual water exports and employment potential of economic sectors, using the input-output (I-O) approach, Quarterly Journal of Economic Strategy, (16) 5, 5-31.

Schwarz, J., Mathijs, E., and maertens, M., (2019), A dynamic view on agricultural trade patterns and virtual water flow in Peru, Science of the Total Environment, 683, 719-728

SreeVidhya, K.S, Elango, L. (2018). Temporal variation in export and import of virtual water by India through popular crop and livestock products, Groundwater for Sustainable Development.

Statistical Yearbook of Iranian Provinces in 2015, Statistics Center of Iran

Tehran Chamber of Commerce, *Industries*, *Mines and Agriculture* (2016). Water situation in agriculture. Available on http://www.tccim.ir/images/Docs/RM_950303_02.pdf.

Wang, Z., Zhang, L., Ding, L., and Mi, Z., (2019), Virtual water flow pattern of grain trade and its benefits in China, Journal of Cleaner Production, 223, 445-455.

Water Yearbook of Iran. (2015). Ministry of Energy.

Yearbook of the National Center for Drought and Crisis Management (2015), Ministry of Roads and Urban Development, Meteorological Organization.

Yearbook of Transportation Statistics in 2015, Ministry of Roads and Urban Development.

Yousefi, A., & Khalilian, S. (2011). Strategic importance of water in iranian overall economy: A CGE modeling approach. *Journal Of Agricultural Economics and Development*, *25*(1).

Zhao N., Samson E.L., (2012). Estimation of virtual water contained in international trade products using nighttime imagery, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 18, 243-250

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Doi: 10.22034/iaes.2021.526909.1830

Agricultural Economics/Volume 14/Issue 4/1399

Suitability of Virtual Water Exchange Strategy Wheat, Barley, and Rice: Evaluating with an integrated water-ecosystem-economy index

***Elham Kanani, Zahra dehghan Shabani, Mahboubeh Jafari*[1]**

Received: 16 March.2021 **Accepted:24 April.2021**

Extended abstract

Introduction

Iran has limited water resources, and more than 90% of its water is used in the agriculture sector. Virtual water exchange plan is a suitable method to optimize water consumption in the agricultural sector. Attention to water resources, economic factors, technology and transportation, society, and the environment is necessary to examine the suitability of virtual water exchange plans between regions.

In the present study, using the principal components analysis method and also considering the indicators of resources, technology and transportation, economy, society and environment, an index to evaluate the appropriateness of the virtual water exchange plan for wheat, barley and rice products was defined for each province. The innovation of the present study is the study of 3 different crops and considering all the important indicators for prioritizing the provinces of the country in their cultivation. Also, the innovation of the present study compared to other studies is the study of all provinces of the country.

Materials and Methods

The purpose of this study is to create a water-ecosystem-economy index according to the conditions of Iran and to use it to investigate the suitability of the virtual water exchange plan for three wheat, barley and rice crops in different

[1] Respectively: M.Sc., Associate Professor & Assistant Professor Department of Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran
E-mail: zdehghan@shirazu.ac.ir

provinces. In this regard, in order to determine the appropriateness of the virtual water exchange strategy, at the beginning, the provinces that have a comparative advantage in these three products are determined based on the Aggregated Advantage Index, and then, for the provinces with comparative advantage, Virtual water exchange strategy has been studied through integrated water index. The integrated water-ecosystem-economy index is based on the study of Cui et al. (2018), which has been adjusted according to the conditions in Iran. Principal component analysis (PCA) method was used for indexing. After creating integrated index for each province in each product, the provinces of the country are ranked based on the integrated index in the virtual water exchange of each product, and each province that has more points is suitable for implementing the virtual water exchange strategy for the products. If the integrated index is between 8 and 10, the conditions of the province are very good, between 6 and 8, the conditions of the province are good, between 4 to 6, the conditions of the province are average and below 4, the conditions of the province for crop cultivation are poor.

Results and discussion

The results show that Kermanshah, Ilam, and Fars are good and North Khorasan and Golestan are weak for the exchange of virtual water of wheat. In the barley, Chaharmahal Bakhtiari has a good condition, and Khorasan Razavi has a weak condition. For paddy, Mazandaran has a good, and Gilan and Golestan have a weak condition.

Suggestion

1 -The use of the results can help managers and policymakers to solve the problems of water in the country.

2 -It is suggested that in future studies, horticultural and industry products should be considered.

JEL Classification: Q25, Q

Keywords: Virtual water, water-ecosystem- economic index, water resources, provinces of Iran, Wheat, Barley, and Paddy.