Agricultural Economics and Development
Vol.31, No.121, Spring 2023

Research Paper

Suitability of Virtual Water Exchange Strategy for the Group of Pulses Products in Iranian Provinces Using a Composite Index

E. Kanaani[1] *,Z. Dehghan Shabani* [2]

Received: 1 May, 2021 Accepted: 12 October, 2021

Abstract

Iran has an arid and semi-arid climate and is on the verge of a severe water crisis. Therefore, solutions should be sought to save water consumption, especially in sectors such as agriculture with a high share of water consumption. A virtual water exchange strategy is one of the suitable methods to save water in the agricultural sector. Attention to water resources, economic factors, technology and transportation, society, and environment is necessary to examine the suitability of virtual water exchange plans among regions. In this regard, this study aimed at constructing a composite index using Principal Components Analysis (PCA) method and the data of 2014 as well as investigating the virtual water exchange through the group of pulses products and the suitability of the virtual water exchange plans in pulses for each province of Iran based on the constructed composite index. The results showed that for the exchange of virtual water through the lentil crop, the provinces of East Azerbaijan, Fars, Qazvin, Ardabil, Chaharmahal and Bakhtiari, Zanjan, Semnan and Kohgiluyeh and Boyer Ahmad and for the bean crop, the provinces of Chaharmahal and Bakhtiari, Kohgiluyeh and Boyer Ahmad, Zanjan, Fars, Lorestan and Markazi, and also, for the chickpea crop, the provinces of East Azarbaijan, Zanjan, Fars and Kermanshah had medium to high status. Therefore, policy makers can use these results in designing the appropriate cultivation pattern and formulating

1. MSc. Student in Economic sciences (Energy Orientation), Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.
2. Corresponding Author and Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran (zdeghgan@shirazu.ac.ir).

DOI: 10.30490/AEAD.2023.354402.1330

policies for optimal allocation and increasing water productivity in Iran's provinces.

Keywords*: Virtual Water, Principal Component Analysis (PCA), Agricultural Products.*

JEL Classification: Q19, Q25

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۱، شماره ۱۲۱، بهار ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

بررسی مناسب بودن راهبرد مبادلهٔ آب مجازی در گروه محصولات حبوبات در استان‌های ایران با استفاده از شاخص ترکیبی

الهام کنعانی[۱]، زهرا دهقان شبانی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۲۰

چکیده

کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و بر اساس شاخص‌های مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، در آستانه یک بحران شدید آبی است. بنابراین، باید به‌دنبال راهکارهایی برای صرفه‌جویی در مصرف آب به‌ویژه در بخش‌های پرمصرف مانند کشاورزی بود. طرح مبادله آب مجازی یکی از راهکارهای مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی است. برای بررسی مناسب بودن مبادله اب مجازی، توجه به شاخص‌های منابع آبی، اقتصادی، فناوری و حمل‌ونقل، و جامعه مهم است. در این راستا، در مطالعهٔ حاضر، با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و داده‌های سال ۱۳۹۴، به ساخت یک شاخص ترکیبی و بررسی مبادله آب مجازی از طریق گروه محصولات حبوبات پرداخته شد. نتایج تحقیق نشان داد که برای مبادله آب مجازی از طریق محصول عدس، استان‌های آذربایجان شرقی، فارس، قزوین، اردبیل، چهارمحال و بختیاری، زنجان، سمنان و کهگیلویه و بویراحمد و برای محصول لوبیا، استان‌های چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، فارس، لرستان و مرکزی و و همچنین، برای محصول نخود، استان‌های آذربایجان شرقی، زنجان، فارس و کرمانشاه از وضعیت متوسط به بالا برخوردارند. بنابراین، در طراحی الگوی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی (گرایش انرژی)، دانشکدهٔ اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۲- نویسندهٔ مسئول و دانشیار بخش اقتصاد، دانشکدهٔ اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
(zdehghan@shirazu.ac.ir)

DOI: 10.30490/AEAD.2023.354402.1330

کشت مناسب و تدوین سیاست‌های تخصیص بهینه و افزایش بهره‌وری آب در استان‌های ایران، سیاست‌گذاران می‌توانند از نتایج تحقیق حاضر استفاده کنند.

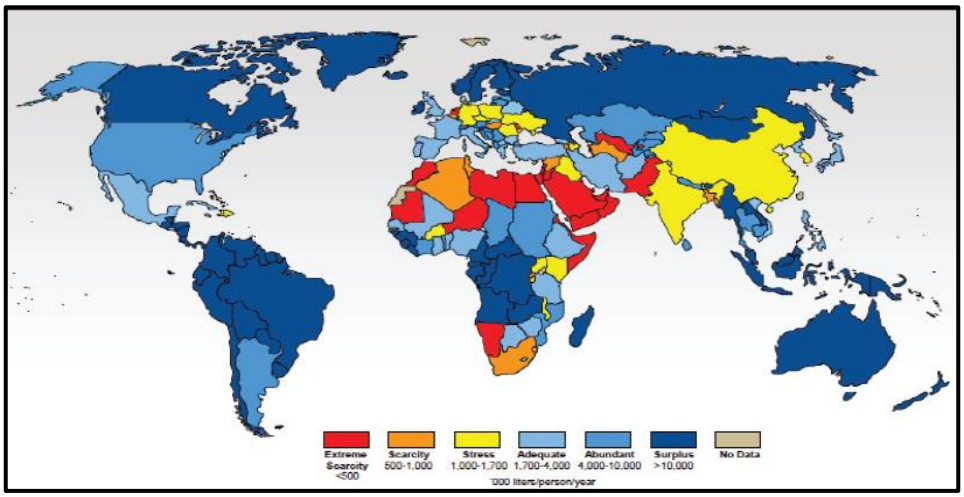
کلیدواژه‌ها: *آب مجازی، روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، محصولات کشاورزی.*

طبقه‌بندی JEL : Q19, Q25

مقدمه

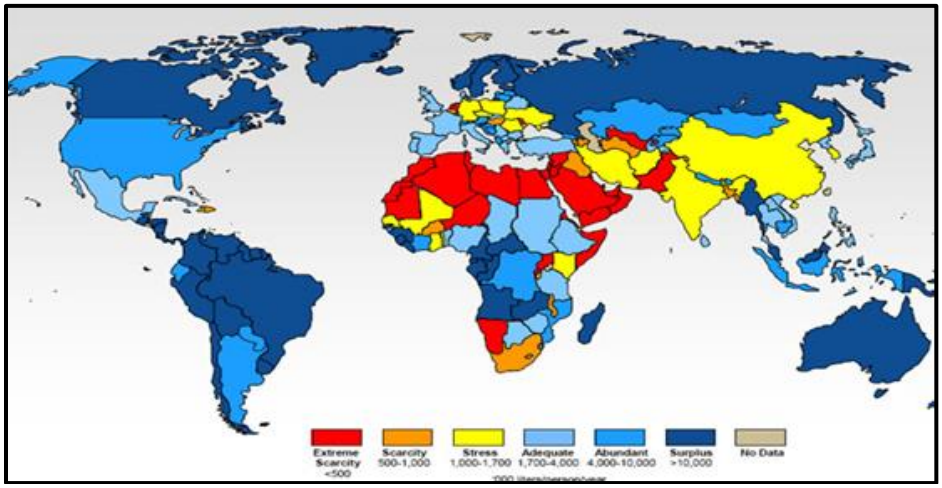
امروزه، آب به‌عنوان یک منبع باارزش شناخته می‌شود. جمعیت جهان، در سال۱۸۰۰، نزدیک به یک میلیارد نفر بود و اما در سال ۲۰۲۰، به‌یکباره ۷/۸ برابر شد و به هفت میلیارد و هشت‌صد میلیون نفر رسید (World Bank, 2022). این افزایش جمعیت در طول ۲۲۰ سال موجب ایجاد مشکلاتی در تأمین مواد غذایی مورد نیاز شده است (Cosgrove and Rijsberman, 2014).

شکل ۱ سرانه دسترسی به منابع آب در جهان در سال ۲۰۰۰ و شکل ۲ پیش‌بینی سرانه دسترسی به منابع آب در سال ۲۰۲۵ را نشان می‌دهد. طبق پیش‌بینی‌های انجام‌شده، تا سال ۲۰۲۵، ۱/۸ میلیارد نفر در کشورها یا مناطقی با کمبود مطلق آب زندگی خواهند کرد و دوسوم جمعیت جهان در شرایط تنش آبی قرار خواهند گرفت (UNDESA, 2022).



مأخذ: مجمع جهانی اقتصاد (WEF, 2022)

شکل ۱- سرانه دسترسی به آب در سال ۲۰۰۰



مأخذ: مجمع جهانی اقتصاد (WEF, 2022)

شکل ۲- سرانه دسترسی به آب در جهان در سال ۲۰۲۵

بنابراین، این کشورها برای تأمین نیازهایشان آب کافی نخواهند داشت. در برخورد با مسئله کم‌آبی در این کشورها یک راهکار انتقال آب از منطقه‌های پرآب به کم‌آب با روش‌های مختلف است، اما انتقال آب مستلزم صرف هزینه‌های زیادی است. بنابراین، بحثی مطرح شد که با تجارت کالاها، می‌توان به‌صورت نامرئی آب را جابه‌جا کرد، که از آن با عنوان تجارت آب مجازی[1] یاد می‌شود (Moallemi, 2018)؛ بدین ترتیب، منطقه‌ای که کالا را صادر کرده، به‌صورت مجازی آب را صادر و منطقه‌ای که کالا را وارد کرده، به‌صورت مجازی آب را وارد کرده است. مفهوم آب مجازی اولین بار توسط آلن (Allan, 1997) مطرح شد و بنا به تعریف، آب محازی به میزان کل آبی می‌گویند که برای تولید یک کالا یا خدمت به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم استفاده می‌شود (Cui et al., 2018). در چهل سال اخیر، تجارت آب مجازی به‌طور دائم در حال افزایش بوده و در جهان، نزدیک به پانزده درصد آب مصرفی به‌صورت آب مجازی در حال جابه‌جایی است (Dehghanpour and Bakhshoodeh, 2008).

طبق شکل ۱، با وجود اینکه ایران در سال ۲۰۰۰ دارای منابع آبی کافی بود، اما در سال ۲۰۲۵، از جمله کشورهایی خواهد بود که با تنش آبی مواجه خواهند شد. ایران در ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد و منبع اصلی منابع آب آن از ریزش‌های جوی است و متوسط بارندگی سالانه ۲۵۰

1. Virtual water

میلی‌متر دارد که نسبت به متوسط بارندگی جهان (۸۳۱ میلی‌متر)، بسیار کم است (Yousefi et al., 2011). بنابراین، ایران نیز مانند سایر کشورهایی که در تنش آبی هستند یا قرار خواهند گرفت، برای تأمین غذا و تولید محصولات با مشکل مواجه خواهد شد. بیشترین میزان مصرف آب در جهان به تولیدات کشاورزی اختصاص دارد و حدود هفتاد درصد برداشت جهانی آب در قرن گذشته مربوط به آبیاری کشاورزی بوده است (Gourbesville, 2008) و در ایران نیز طبق برآورد وزارت (جهاد) کشاورزی (MAJ, 2022)، حدود ۶۵ تا هفتاد درصد و طبق برآورد فائو (FAO, 2022)، ۹۲ درصد آب در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. بنابراین، تجارت بین‌منطقه‌ای محصول کشاورزی (راهبرد آب مجازی) می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای انتقال آب در نظر گرفته شود، بدین صورت که باید مناطق کم‌آب، به‌جای تولید محصولات کشاورزی پرآب[1]، این‌گونه محصولات را وارد کنند (Katyaini and Barua, 2017).

اما برخی محققان معتقدند که صرفاً در نظر گرفتن منابع آبی یک منطقه برای تعیین اینکه آن منطقه صادرکننده یا واردکننده محصولات آب‌بر است، کافی نیست و باید ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی و نیز فناوری و حمل‌ونقل منطقه نیز در نظر گرفته شود تا بتوان مشخص کرد که آیا منطقه برای راهبرد مبادله آب مجازی مناسب است یا نه (Merett, 2003; Cui et al., 2018). از این‌رو، لازم است که یک شاخص ترکیبی از مؤلفه‌های اقتصادی، اجتماعی، منابع آبی، فناوری، حمل‌ونقل و محیط زیست ایجاد شود تا بتوان بر اساس آن، مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی محصولات را بررسی کرد. ارزیابی مناسب بودن راهبرد آب مجازی نقشی مهم در افزایش بهره‌وری آب و ارتقای مدیریت یکپارچه منابع آب دارد و می‌تواند در تدوین سیاست‌های تخصیص بهینه منابع آب برای دستیابی به اهداف توسعه منطقه‌ای در حوزه رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست، به سیاست‌گذاران کمک کند (Cui et al., 2018).

مطالعات متعددی در زمینهٔ راهبرد مبادله آب مجازی صورت گرفته است که در پی، پاره‌ای از آنها یادآوری می‌شود. بر پایهٔ یافته‌های پژوهش عربی یزدی و همکاران (Arabi-Yazdi et al., 2009)، جابه‌جایی آب نهفته در واحد تولیدات کشاورزی در سیاست‌های کلان و اقتصادی تأثیر خواهد گذاشت. بر اپایهٔ پیشنهاد دهقاتپور و بخشوده (Dehghanpour and Bakhshoodeh, 2008)، برای تعدیل پیامد منفی بیکاری، باید به کاهش مصرف کود و آب در راستای حداکثرسازی واردات آب مجازی پرداخت. همچنین، اشک‌تراب و زیبایی (Ashktorab and Zibaei, 2019) به بررسی انتقال مجازی

1. water-intensive

آب از طریق تجارت بین‌استانی غلات در ایران پرداختند و نتایج مطالعه نشان داد که استان تهران بزرگ‌ترین واردکننده غلات در کشور است و حجم بالایی از واردات آن از استان‌های کرمانشاه، مرکزی و همدان صورت می‌گیرد. شیرزادی و همکاران (Shirzadi et al., 2019) نیز به بررسی عوامل مؤثر بر تجارت اب مجازی محصول گندم پرداختند و نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین اثرگذاری مربوط به سطح زیر کشت محصول گندم است و قیمت آب بر تجارت آب مجازی تأثیر ندارد. افشار بکشلو و همکاران (Afshar et al., 2020)، با بررسی سهم آب مجازی سبز و آبی، مناسب‌ترین مناطق تولید محصولات عمده زراعی استان کرمانشاه را تعیین کردند و به پهنه‌بندی شهرستان‌ها بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصولات مورد مطالعه در طبقات یا کلاس‌های A تا I پرداختند. بر پایهٔ یافته‌های پژوهش هوکسترا و هانگ (Hoekstra and Hang, 2002)، کشورهای آمریکا، کانادا، تایلند و آرژانتین بیشترین صادرکننده و ژاپن، کره، هلند، چین و اندونزی بیشترین واردکنندهٔ آب مجازی به‌شمار می‌روند. ژائو و سامسون (Zhao and Samson, 2012)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شب، میزان واردات آب مجازی را با توجه به میزان روشنایی و در سراسر جهان تخمین زدند و نتایج نشان داد که شهرهای پرجمعیت با نور شبانه بیشتر آب مجازی بیشتریی وارد می‌کنند. چن و لی (Chen and Li, 2015) به بررسی منابع آبی در شهر ماکائو در چین پرداختند و نتایج نشان داد که ماکائو به منابع آبی خارجی وابستگی زیادی دارد و آب مصرفی خود را باید از طریق واردات تأمین کند. سریویدیا و الانگو (Sreevidhya and Elango, 2019)، با بررسی صادرات آب مجازی در هند، بدین نتیجه رسیدند که بیشترین صادرات آب مجازی مربوط به محصولات گوشت، برنج و ذرت و بیشترین واردات متعلق به عدس است. سوی و همکاران (Cui et al., 2018)، با استفاده از یک شاخص یکپارچه آبی- زیست‌بومی- اقتصادی، به بررسی مناسب بودن راهبرد آب مجازی برای منطقهٔ رودخانهٔ هِیهه[1] در چین پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که مناسب بودن راهبرد آب مجازی ارتباط نزدیک با شاخص‌های اقتصادی و زیست‌محیطی دارد. وانگ و همکاران (Wang et al., 2019)، با بررسی رابطهٔ بین مزیت اقتصادی و صادرات آب مجازی در کشور چین، نتیجه گرفتند که در جریان تجارت آب مجازی در چین، درصد زیادی از منابع آب ذخیره شده و سود اقتصادی مثبت ایجاد شده است. دونگ و همکاران (Dong et al., 2019) به بررسی مناسب بودن طرح صادرات آب مجازی در استان یونّان پرداختند و نتایج تحقیق نشان داد که راهبرد صادرات آب مجازی برای این استان مناسب نبوده و باعث کمبود آب شده است؛ و باید واردات آب مجازی جایگزین شود.

1. Heihe river basin

در میان مطالعات انجام‌شده،، تنها مطالعهٔ سوی و همکاران (Cui et al., 2018) است که برای بررسی مناسب بودن راهبرد اب مجازی، از یک شاخص ترکیبی با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، فناوری، حمل‌ونقل، زیست‌محیطی و اجتماعی به‌طور هم‌زمان استفاده کرده است. اما این مطالعه نیز به بررسی مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی برای بخش کشاورزی به‌طور کامل و نه به‌تفکیک محصولات پرداخته است. نکته مهم این است که چه‌بسا یک منطقه برای مبادله آب مجازی کل محصولات کشاورزی مناسب نباشد، اما برای مبادله آب مجازی از طریق یک محصول خاص مناسب باشد. بر این اساس، تحقیق حاضر از دو جهت نسبت به مطالعهٔ یادشده متفاوت است؛ یکی آنکه تحقیق حاضر به بررسی مناسب بودن راهبرد مبادله اب مجازی به‌تفکیک گروه محصولات حبوبات (لوبیا، نخود و عدس) در استان‌های ایران پرداخته و دیگر آنکه با توجه به شرایط اقتصاد ایران، شاخص مطالعهٔ سوی و همکاران (Cui et al., 2018) را تعدیل کرده است.

روش تحقیق

هدف تحقیق حاضر به ساخت یک شاخص ترکیبی با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی، فناوری و حمل‌ونقل و نیز منابع و محیط زیست به‌لحاظ شرایط اقتصاد ایران و با استفاده از آن، به بررسی مناسب بودن راهبرد مبادلهٔ آب مجازی در گروه محصولات حبوبات پرداخته است.

دلیل انتخاب حبوبات این است که این گروه محصولات، پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی است و ایران نیز یکی از صادرکنندگان عمدهٔ حبوبات به‌ویژه نخود در جهان بوده و یک درصد از تولید جهانی این محصولات را به خود اختصاص داده است (Khofi and Anwiya Tekiyeh, 2009). در پژوهش حاضر، با توجه به سطح بالای تولید عدس، لوبیا و نخود، این سه محصول از گروه حبوبات بررسی شده است. شایان یادآوری است که در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، لوبیا ۴۰/۹ درصد، نخود ۳۷/۲ درصد و عدس پانزده درصد از تولید حبوبات را به خود اختصاص دادند.

در مرحلهٔ نخست تحقیق، استان‌های دارای مزیت نسبی در هر محصول با استفاده از شاخص جمعی مزیت نسبی مشخص شدند؛ سپس، با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی[1]، شاخص ترکیبی برای این استان‌ها ساخته شد. لازم به ذکر است که شاخص ترکیبی بر مبنای مطالعهٔ سوی و همکاران (Cui et al., 2018) ساخته شده که با توجه به شرایط ایران، زیرشاخص‌هایی بدان اضافه شده است. پس از ساخت شاخص برای هر استان در هر محصول، بررسی استان‌های کشور بر مبنای

1. Principal Component Analysis (PCA)

شاخص ترکیبی در مبادله آب مجازی هر محصول صورت گرفت. مقدار شاخص ترکیبی ساخته‌شده بین صفر تا ده بوده و مقدار شاخص بین هشت تا ده به‌منزلهٔ وضعیت خیلی خوب استان مورد نظر در مبادله آب مجازی در محصول، بین شش تا هشت وضعیت خوب، بین چهار تا شش وضعیت متوسط و پایین‌تر از چهار نیز به‌منزلهٔ وضعیت ضعیف در راهبرد مبادله آب مجازی است.

شاخص مزیت نسبی جمعی

قبل از شاخص‌سازی، ابتدا استان‌های دارای مزیت در تولید هر کدام از محصولات عدس، لوبیا و نخود مشخص شدند. بدین منظور، از شاخص مزیت جمعی[1] استفاده شده که یک شاخص فیزیکی برای بررسی مزیت نسبی است. مزیت شاخص فیزیکی نسبت به شاخص‌های هزینه‌ای (شاخص هزینه منابع داخلی، نسبت هزینه به منفعت اجتماعی و سودآوری خالص اجتماعی) این است که میزان تمرکز، پیشینه و رواج تولید در یک منطقه را نشان می‌دهد (Amirnejad and Rafiee, 2010). شاخص مزیت جمعی به‌صورت رابطهٔ زیر است:

$$AAI = \sqrt{SAI_{io} EAI_{io}} \qquad (۱)$$

این شاخص ترکیبی از دو شاخص مزیت کارآیی[2] (EAI_{io}) و شاخص مقیاس مزیت[3] (SAI_{io}) است. اگر شاخص مزیت جمعی برای یک استان بزرگ‌تر از یک باشد، آن استان برای کشت محصول مورد نظر دارای مزیت است (Mohammadi, 2005). شاخص مزیت کارآیی (EAI_{io}) در رابطه (۱) از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$EAI_{io} = \frac{AP_{io}/AP_i}{AP_o/AP} \qquad (۲)$$

که در آن، EAI_{io} شاخص مزیت کارآیی محصول در منطقه i، AP_{io} عملکرد محصول o (تن در هکتار) در استان i، AP_i متوسط عملکرد کلیه محصولات (تن در هکتار) در استان i، AP_o متوسط عملکرد محصول o (تن در هکتار) در کشور وAP متوسط عملکرد تمام محصولات کشاورزی (تن در

1. Aggressive Advantage Index (AAI)
2. Efficiency Advantage Index (EAI)
3. Scale Advantage Index (SAI)

هکتار) در کشور است (Mohammadi, 2005). شاخص مقیاس مزیت (SAI_{io}) طبق رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$SAI_{io} = \frac{GS_{io}/GS_i}{GS_o/GS} \qquad (۳)$$

که در آن، SAI_{io} شاخص مقیاس مزیت O در استان *i*، GS_{io} سطح زیر کشت محصولo (هکتار) در استان *i*، GS_i سطح زیر کشت تمام محصولات کشاورزی (هکتار) در استان *i*، GS_o سطح زیر کشت محصول O (هکتار) در کشور و GS سطح زیر کشت تمام محصولات کشاورزی (هکتار) در کشور است (Mohammadi, 2005).

شاخص ترکیبی مناسب بودن مبادله آب مجازی

در تحقیق حاضر، برای بررسی مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی از طریق محصولات عدس، لوبیا و نخود در استان‌های کشور، از یک شاخص ترکیبی استفاده شده که پنج مؤلفه منابع، فناوری و حمل‌ونقل، اقتصاد، جامعه و محیط زیست را در نظر می‌گیرد. علت انتخاب این پنج مؤلفه این است که برای مبادله آب مجازی، علاوه بر منابع آبی برای کشت محصول، لازم است که حمل‌ونقل مناسب برای انتقال محصول به مناطق دیگر کشور نیز وجود داشته باشد. همچنین، منابع مالی و اقتصادی به‌منظور فراهم‌سازی شرایط مناسب برای کشت محصولات نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. سطح توسعه و رفاه جامعه بر میزان مبادله محصول منطقه تأثیرگذار است و همچنین، برای بررسی میزان نیروی کار، جمعیت یک استان نیز حائز اهمیت است و در نهایت، شرایط مناسب اقلیمی و زیستگاهی هم بسیار اهمیت دارد، زیرا وجود مراتع، جنگل‌ها و تالاب‌ها و همچنین، مساحت زمین‌های بایر و مسکونی در تعیین شرایط اقلیمی و میزان زمین قابل دسترس برای کشت محصولات مهم است (Merett, 2003; Cui et al., 2018; Jia et al., 2017). از این‌رو، در پژوهش حاضر، از شاخص ترکیبی برای بررسی مناسب بودن راهبرد مبادله آب مجازی استفاده شده و هر کدام از این شاخص‌ها زیرشاخص‌هایی دارند که به‌همراه توضیحات آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که زیرشاخص‌های مد نظر مطالعهٔ حاضر بر مبنای مطالعهٔ سوی و همکاران (Cui et al., 2018) است، اما چنانچه پیش‌تر اشاره شد، تعدیل‌هایی در این شاخص بر اساس شرایط ایران صورت گرفته است، بدین صورت که با توجه به خشکسالی سال‌های اخیر در ایران، دو زیرشاخص «تعداد دشت‌های ممنوعه» و «آسیب‌پذیری منبع آب در نتیجه خشکسالی» به

مؤلفه محیط زیست اضافه شده و همچنین، از آنجا که در سال‌های اخیر، از طرح‌هایی گسترده در حوزه شبکه آبیاری و زهکشی بهره‌برداری شده، زیرشاخص «سطح اراضی بهره‌برداری‌شده برای شبکه ابیاری و زهکشی» در مؤلفه فناوری و حمل‌ونقل گنجانده شده است. از آنجا که تعاونی‌های روستایی و کشاورزی نقش فعال در بخش کشاورزی ایران دارند، «تعداد تعاونی‌های روستایی و کشاورزی فعال» به‌عنوان یک زیرشاخص در مؤلفه اقتصادی در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- مؤلفه‌های شاخص ترکیبی

شاخص	توضیحات	منبع گردآوری اطلاعات
	منابع	
در دسترس بودن سرانه آب	میزان منابع آبی سطحی و زیرزمینی در استان	SCI, 2015
سرانه زمین قابل کشت	گستره کل اراضی قابل کشت در استان	MAJ, 2015
عملکرد دانه در واحد سطح	نسبت مقدار دانه‌های تولیدشدهٔ محصول به گستره زمین اشغال‌شده برای کشت آن	MAJ, 2015
	فناوری و حمل‌ونقل	
ضریب آبیاری	نسبت میزان آب مورد نیاز برای آبیاری یک محصول در یک استان به میزان کل آبیاری	Arabi-Yazdi et al., 2009
شبکه آبیاری و زهکشی	سطح اراضی بهره‌برداری‌شده	ME, 2015
حجم معاملات و حمل‌ونقل	میزان محصول جابه‌جاشده در حمل‌ونقل‌های مختلف در یک استان	RUD, 2015
تراکم شبکه حمل‌ونقل	نسبت طول حمل‌ونقل به گستره کل استان	SCI, 2015
	اقتصاد	
تولید سرانه ناخالص داخلی	تولید ناخالص داخلی سرانه در استان	SCI, 2022
نرخ رشد اقتصادی	درصد تغییر در تولید ناخالص داخلی (GDP)	محاسبات پژوهش حاضر
سهم محصول کشاورزی	سهم تولید بخش کشاورزی از تولید ناخالص داخلی استان (درصد)	SCI, 2022
تعداد تعاونی‌های روستایی و کشاورزی فعال	تعداد تعاونی‌های روستایی فعال به اضافه تعداد تعاونی‌های کشاورزی فعال	MAJ, 2015
	جامعه	
نرخ افراد دارای دیپلم دبیرستان	نسبت افراد دارای دیپلم دبیرستان به کل جمعیت در یک استان	SCI, 2015
نرخ شهرنشینی	نسبت میزان جمعیت شهرنشینان به جمعیت کل استان	SCI, 2015
نرخ رشد جمعیت	درصد تغییر در جمعیت	SCI, 2015
	محیط زیست	
نسبت مصرف آب بوم‌شناختی (آب نهان‌شده در کالاها)	نسبت مصرف آب بوم‌شناختی (اکولوژیک) به کل مصرف آب	Arabi-Yazdi et al., 2009
تعداد دشت‌های ممنوعه	تعداد دشت‌های ممنوعه در استان	ME, 2015
شاخص آسیب‌پذیری منابع آب در نتیجه خشکسالی	محاسبه شده توسط دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا	ME, 2015
پوشش مراتع داخلی	نسبت گستره اراضی جنگلی به‌عنوان درصدی از کل گستره اراضی استان	SCI, 2015
شاخص کیفیت زیستگاه	نسبتی از مساحت زمین‌های کشاورزی بایر و زراعی، زمین ساخت، گستره تالاب‌ها، زمین‌های چمنی و جنگل‌ها به مساحت کل استان	SCI, 2015; ME, 2015; MAJ, 2015

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر، مؤلفه منابع شامل فراوانی یا در دسترس بودن آب، کارآیی استفاده از آب (عملکرد دانه در واحد سطح) و همچنین، در دسترس بودن زمین است. از آنجا که زمین و آب دو نهاده مهم در تولید محصولات بخش کشاورزی به‌شمار می‌روند، با افزایش سرانهٔ در دسترس بودن منابع آب و زمین قابل کشت، تولید محصولات کشاورزی افزایش می‌یابد. همچنین، عملکرد دانه در واحد سطح که می‌تواند جانشینی[1] برای کارآیی استفاده از آب و کیفیت زمین باشد، هرچه میزان این عملکرد در یک استان بهتر باشد، آن استان قادر خواهد بود که محصولات بیشتری با منابع موجود در استان تولید کند؛ و بنابراین، امکان صادرات آب مجازی برای آن استان افزایش می‌یابد.

مؤلفه فناوری و حمل‌ونقل شامل ضریب آبیاری، شبکه آبیاری و زهکشی، حجم معاملات و حمل‌ونقل و چگالی شبکه حمل‌ونقل است. ضریب آبیاری، شبکه آبیاری و زهکشی جانشینی برای سطح فناوری و حجم معاملات و حمل‌ونقل و چگالی شبکه حمل‌ونقل نیز جانشینی برای حمل‌ونقل در نظر گرفته شده است. ضریب آبیاری بالاتر و شبکه آبیاری و زهکشی کمتر در یک منطقه نشان‌دهندهٔ پایین‌تر بودن سطح فناوری و نیاز بیشتر آن منطقه به آب برای کشت محصول است، زیرا اتلاف آب آن بیشتر خواهد بود، که تأثیر منفی بر مبادله صادرات آب مجازی در منطقه خواهد داشت. تراکم حمل‌ونقل و میزان جابه‌جایی محصولات در یک استان دارای تأثیر مثبت بر صادرات آب مجازی منطقه است، زیرا وجود یک سامانهٔ حمل‌ونقل مناسب زمینه‌ساز جابه‌جایی و مبادله محصول راحت‌تر در استان‌های کشور خواهد بود.

در مؤلفه اقتصاد، چهار زیرشاخص تولید سرانه داخلی و رشد اقتصادی، سهم محصول کشاورزی و تعداد تعاونی‌های روستایی و کشاورزی فعال در نظر گرفته شده است. تولید ناخالص داخلی و رشد اقتصادی جانشینی برای سطح توسعه منطقه در نظر گرفته شده است. کشت و صادرات محصولات کشاورزی باعث خودکفایی و سطوح بالای صادرات مواد غذایی به مناطق کم‌آب خواهد شد. بنابراین، هرچه تولید یک استان و سهم بخش کشاورزی استان از تولید ناخالص داخلی (GDP) بیشتر باشد، توان آن استان برای مبادله محصولات کشاورزی و آب مجازی بیشتر خواهد بود. تعاونی‌های روستایی و کشاورزی در فروش محصولات، تهیه و توزیع نهاده‌ها به‌ویژه کودهای مورد نیاز و نیز تولید و توزیع بذر به کشاورزان کمک می‌کند؛ بنابراین، هرچه تعداد آنها در یک استان بیشتر باشد، تأثیر مثبت بر کشت محصولات کشاورزی آن استان خواهد داشت.

1. proxy

در مؤلفه اجتماعی، سه زیرشاخص نرخ افراد دارای دیپلم، نرخ شهرنشینی و نرخ رشد جمعیت در نظر گرفته شده است. هرچه نرخ شهرنشینی در یک منطقه بالاتر باشد، بدین معنی است که جمعیت کمتری در روستاها سکونت دارند و نیروی کار در بخش کشاورزی کمتر خواهد بود. بنابراین، نرخ شهرنشینی تأثیر منفی بر مبادله آب مجازی بین مناطق دارد. سطح سواد دارای تأثیر مثبت بر صادرات آب مجازی است، زیرا باعث افزایش بازده محصولات و بهره‌وری نیروی کار می‌شود. هرچه نرخ رشد جمعیت بیشتر باشد، نیروی کار بیشتر می‌شود و ظرفیت منطقه برای فعالیت در بخش کشاورزی بیشتر خواهد بود.

مؤلفه محیط زیست شامل زیرشاخص‌های نسبت مصرف آب بوم‌شناختی (اکولوژیک) به کل مصرف آب، تعداد دشت‌های ممنوعه، شاخص آسیب‌پذیری منابع آب، پوشش مراتع داخلی و شاخص کیفیت زیستگاه است. این زیرشاخص‌ها جانشینی برای سلامت بوم‌شناختی منطقه[1] به‌شمار می‌روند. هرچه تعداد دشت‌های ممنوعه کمتر، آسیب‌پذیری منابع آب در اثر خشکسالی کمتر، کیفیت زیستگاه‌ها بهتر و پوشش مراتع بیشتر باشد، منطقه از نظر سلامت بوم‌شناختی در وضعیت بهتری قرار دارد و از این‌رو، می‌تواند محصولات کشاورزی بیشتری تولید و به سایر مناطق صادر کند. در صورتی که منطقه سلامت بوم‌شناختی منطقه پایین باشد، این منطقه توان افزایش تولید محصولات را نخواهد داشت و چه‌بسا، به‌دلیل آسیب‌های محیطی که به منطقه وارد شده است، باید میزان تولیدات محصولات خود را کاهش دهد و واردکننده آب مجازی شود.

روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) روشی برای کاهش ابعاد است و با تبدیل یک مجموعه بزرگ از متغیرها به یک مجموعه کوچک که هنوز هم حاوی بیشتر اطلاعات مجموعه بزرگ است، به کاهش ابعاد مجموعه داده‌های بزرگ می‌پردازد. در این روش، متغیرهای همبسته موجود به یک یا چند مجموعه از مؤلفه‌های غیرهمبسته تبدیل می‌شوند. مؤلفه‌های غیرهمبسته ترکیب خطی از متغیرهای اصلی هستند و به آنها مؤلفه‌های اصلی می‌گویند. مؤلفه‌های اصلی از بردار ویژه ماتریس کوواریانس متغیرهای اصلی به‌دست می‌آید. در روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، نخست، باید داده‌ها بی‌واحد و سپس، بردار ویژه ماتریس کوواریانس یا همان مؤلفه‌های اصلی محاسبه شوند. پس از مشخص شدن مؤلفه‌ها، باید از بین آنها، مؤلفه‌هایی را با استفاده از معیار سهم تجمعی انتخاب کرد و

1. Ecological Health

بعد از انتخاب مؤلفه‌های اصلی، محاسبه ماتریس ضرایب امتیاز مؤلفه اصلی محاسبه می‌شود (Afsah-Hossaini et al., 2018).

هدف اصلی روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) تبدیل مجموعه داده X با ابعاد M به داده Y با ابعاد L است ($L < M$). بنابرین، فرض می‌شود که ماتریس X از بردارهای $X_1, X_2, \dots, X_n$ تشکیل شده که هر کدام به‌صورت ستونی در ماتریس قرار داده شده است؛ بنابراین، ماتریس X یک ماتریس $M \times N$ است. بردار میانگین ماتریس X به‌صورت رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

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

که در آن، i تعداد متغیرها و m تعداد ابعاد هر متغیر است. پس از به‌دست آوردن ماتریس u، ماتریس فاصله (B) به‌صورت رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$B = X - uh \qquad (۵)$$

که در آن، بردار h یک بردار تک‌ستونی با درایه یک است. ماتریس کوواریانس از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

که در آن، $[B]^{*}$ ترانهادهٔ ماتریس B است.

در ادامه، باید مقادیر ویژهٔ ماتریس کوواریانس محاسبه و سپس، با استفاده از رابطهٔ زیر بردارهای ویژه محاسبه شود:

$$V^{-1}CV = D \qquad (۷)$$

که در آن، D ماتریس قطری شامل مقادیر ویژه و نیز V ماتریس $M \times M$ است که ستون‌های آن بردارهای ویژه است.سپس، محاسبهٔ سهم تجمعی واریانس که یرای انتخاب تعداد مؤلفه‌های اصلی انتخاب می‌شود، از رابطهٔ زیر صورت می‌گیرد:

$$g[M = L] = \sum_{q=1}^{M} \lambda_q \qquad (۸)$$

که در آن، λ_q مقادیر ویژه است. مقدار L باید به‌گونه‌ای مشخص شود که مقدار $g[M = L]$ کمتر از ۰/۹ باشد و بردارهای ویژهٔ متناظر آنها نیز تا قبل از این مقدار در نظر گرفته می‌شوند. در این حالت، حجم عظیمی از بردارهای ویژه حذف می‌شوند و فقط آنهایی که بیشترین تأثیر را در محاسبهٔ واریانس دارند، باقی می‌مانند. پس از به‌دست آوردن مقادیر ویژه و بردارهای متناظر آنها، انحراف معیار مجموعه داده‌ها در قالب رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$s = \sqrt{C} \qquad (۹)$$

سپس، ماتریس 'Z به‌صورت رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$Z' = \frac{B}{s} \qquad (۱۰)$$

در نهایت، فضای جدید داده‌ها یعنی، تبدیل مجموعه داده X به داده Y در قالب رابطهٔ زیر تعریف می‌شود:

$$Y = [W^*][Z] \qquad (۱۱)$$

که در آن، W ماتریس ضرایب است (,1901Pearson).

نرم افزار مورد استفاده در این مقاله برای تحلیل مؤلفه‌های اصلی، نرم افزار استتا[1] ۱۵ بوده است.
در این تحقیق روش جمع‌آوری داده‌ها به صورت کتابخانه‌ای بوده است. داده‌های لازم در این تحقیق همانگونه که در جدول (۱) بیان شده، از سالنامه‌های آماری استانها، سالنامه آمار کشاورزی (محصولات زراعی)، سالنامه آماری آب کشور، سالنامه حمل‌ونقل و حسابهای منطقه‌ای برای سال ۱۳۹۴ گردآوری شده‌اند. علت انتخاب سال ۱۳۹۴ این بوده است که داده‌های مورد نیاز برای ساخت شاخص ترکیبی برای سال‌های بعد از ۱۳۹۴ به طور کامل در دسترس نبوده است.

1 .Stata 15

نتایج و بحث

بررسی مناسب بودن مبادله آب مجازی در محصول عدس

در تحقیق حاضر، ابتدا استان‌های دارای مزیت نسبی در کشت محصول با توجه به شاخص جمعی مزیت (AAI) که یک شاخص جامعی است، مشخص می‌شوند. بر اساس جدول شماره‌ی ۲ استان‌های آذربایجان شرقی، اردبیل، ایلام، چهارمحال بختیاری، خراسان شمالی، زنجان، سمنان، فارس، قزوین، کهگیلویه و بویراحمد و لرستان، شاخص جمعی مزیت آن‌ها بیشتر از یک بوده و برای کشت محصول عدس، دارای مزیت می‌باشند.

جدول ۲- میزان شاخص‌های مزیت کارآیی، مقیاس مزیت و شاخص جمعی مزیت برای محصول عدس

شاخص / استان	EAI	SAI	AAI
آذربایجان شرقی	۲/۱۰	۲/۷۵	۲/۴۰
آذربایجان غربی	۱/۵۹	۰/۱۹	۰/۵۵
اردبیل	۱/۲۶	۴/۱۶	۲/۲۹
اصفهان	۰/۶۳	۰/۳۵	۰/۴۷
البرز	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۱۱
ایلام	۰/۷۲	۱/۵۰	۱/۰۴
تهران	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶
چهارمحال و بختیاری	۱/۲۵	۱/۲۶	۱/۲۵
خراسان جنوبی	۰/۸۰	۰/۰۹	۰/۲۷
خراسان رضوی	۰/۶۶	۰/۲۸	۰/۴۳
خراسان شمالی	۱/۵۶	۲/۳۹	۱/۹۳
خوزستان	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۷
زنجان	۱/۶۷	۳/۳۳	۲/۳۶
سمنان	۰/۵۹	۱/۷۷	۱/۰۲
سیستان و بلوچستان	۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۱۹
فارس	۷/۸۷	۰/۷۲	۲/۳۸
قزوین	۰/۸۹	۱/۴۱	۱/۱۲
کردستان	۱/۸۶	۰/۲۶	۰/۶۹
کرمان	۰/۴۰	۰/۱۸	۰/۲۷
کرمانشاه	۰/۵۹	۰/۴۴	۰/۵۱
کهگیلویه و بویراحمد	۴/۰۱	۲/۸۷	۳/۳۹
گلستان	۱/۵۵	۰/۱۶	۰/۵۰
گیلان	۰/۵۸	۰/۳۳	۰/۴۴
لرستان	۱/۲۸	۲/۳۰	۱/۷۱
مازندران	۱/۹۶	۰/۱۰	۰/۴۴
مرکزی	۱/۱۴	۰/۳۳	۰/۶۱
همدان	۱/۳۴	۰/۳۹	۰/۷۲
یزد	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۳۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از تعیین استان‌های دارای مزیت نسبی در کشت محصول عدس، باید مناسب بودن مبادله آب مجازی در این استان‌ها بررسی شود. بدین منظور، وزن‌دهی به زیرشاخص‌های مشخص‌شده در جدول ۱ با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) انجام شد، بدین صورت که ابتدا با استفاده از این روش، وزن زیرشاخص‌ها محاسبه و سپس، با استفاده از وزن زیرشاخص‌ها و اطلاعات و آمار زیرشاخص‌ها، پنج شاخص اصلی (منابع، فناوری و حمل‌ونقل، اقتصاد، جامعه و محیط زیست) ساخته شد؛ سپس، مجدداً با استفاده از روش PCA، وزن هر کدام از این پنج شاخص اصلی محاسبه و با استفاده از اطلاعات شاخص‌های اصلی، شاخص ترکیبی نیز محاسبه شد[۱]. مقادیر محاسبه‌شدهٔ شاخص‌های اصلی و شاخص ترکیبی و همچنین، وضعیت استان‌ها در مبادله آب مجازی برای محصول عدس در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- زیرشاخص‌ها و شاخص ترکیبی در محصول عدس

استان / شاخص	منابع	فناوری و حمل‌ونقل	اقتصادی	اجتماعی	محیط زیست	شاخص ترکیبی	وضعیت در مبادله آب مجازی
آذربایجان شرقی	۶/۶۳	۲/۹۸	۲/۷۴	۰/۶۹	۴/۹۶	۶/۰۴	خوب
اردبیل	۵/۰۸	۳/۸۰	۳/۲۲	۰/۵۴	۳/۹۷	۴/۶۸	متوسط
ایلام	۲/۲۳	۳/۲۶	۲/۳۱	۳/۸۵	۳/۳۷	۲/۲۵	ضعیف
چهارمحال و بختیاری	۶/۱۹	۳/۴۱	۶/۲۹	۴/۰۵	۸/۷۱	۵/۹۰	متوسط
خراسان شمالی	۳/۴۰	۲/۳۳	۲/۳۳	۳/۷۹	۶/۳۸	۳/۲۸	ضعیف
زنجان	۶/۴۰	۲/۶۸	۳/۴۰	۳/۷۲	۴/۹۱	۵/۹۸	متوسط
سمنان	۴/۸۳	۱/۹۷	۳/۴۰	۹/۶۱	۵/۶۰	۴/۸۱	متوسط
فارس	۶/۳۹	۷/۰۱	۳/۹۶	۳/۳۳	۷/۴۸	۶/۰۲	خوب
قزوین	۷/۳۱	۵/۶۰	۴/۱۱	۳/۱۲	۶/۲۹	۶/۸۲	خوب
کهگیلویه و بویراحمد	۵/۸۶	۲/۸۸	۴/۸۶	۸/۵۸	۹/۱۷	۵/۷۴	متوسط
لرستان	۳/۷۸	۲/۸۰	۲/۸۲	۱/۶۲	۶/۳۶	۳/۵۴	ضعیف

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مقدار شاخص ترکیبی محاسبه‌شده بین صفر و ده است؛ هرچه عدد به ده نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ این است که استان مورد نظر برای مبادله آب مجازی از طریق عدس شرایط مناسب‌تری دارد. برای رتبه‌بندی استان‌ها، بازه یک تا ده به بازه‌های صفر تا دو (خیلی ضعیف)، دو تا چهار (ضعیف)، چهار تا شش (متوسط)، شش تا هشت (خوب) و هشت تا ده (خیلی خوب) تقسیم‌بندی شده است. بر اساس جدول ۳، برای کشت محصول عدس، وضعیت استان‌های آذربایجان شرقی، فارس و

۱- برای رعایت اختصار، وزن زیرشاخص‌ها و شاخص‌های اصلی در مقاله نیامده و البته، نزد نویسندگان مقاله است؛ و در صورت نیاز، می‌توان این داده‌ها را در اختیار خوانندگان قرار داد.

قزوین خوب، استان‌های اردبیل، چهارمحال و بختیاری، زنجان، سمنان و کهگیلویه و بویراحمد متوسط و استان‌های ایلام، خراسان شمالی و لرستان ضعیف است.

بررسی مناسب بودن مبادله آب مجازی در محصول لوبیا

شاخص‌های مزیت برای محصول لوبیا در جدول ۴ آمده است. طبق نتایج این جدول و براساس شاخص مزیت جمعی، استان‌های چهارمحال و بختیاری، زنجان، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان و مرکزی از مزیت نسبی در محصول لوبیا برخوردارند.

جدول ۴- میزان شاخص‌های مزیت کارآیی، مقیاس مزیت و شاخص جمعی مزیت برای محصول لوبیا

شاخص / استان	EAI	SAI	AAI
آذربایجان شرقی	۱/۰۳	۰/۶۲	۰/۸۰
آذربایجان غربی	۰۶۲	۰/۲۳	۰/۳۸
اردبیل	۱/۰۸	۰/۴۴	۰/۶۹
اصفهان	۰/۳۳	۱/۲۸	۰/۶۵
البرز	۰/۱۸	۰/۵۵	۰/۳۲
ایلام	۰/۶۶	۰/۰۹	۰/۲۴
تهران	۰/۲۷	۰/۰۲	۰/۰۶
چهارمحال و بختیاری	۰/۷۶	۳/۲۰	۱/۵۶
خراسان جنوبی	۰/۳۰	۰/۱۰	۰/۱۷
خراسان رضوی	۰/۳۰	۰/۱۲	۰/۱۹
خراسان شمالی	۰/۹۲	۰/۷۹	۰/۸۵
خوزستان	۰/۲۹	۱/۶۵	۰/۶۹
زنجان	۱/۳۸	۲/۹۱	۲/۰۰
سمنان	۰/۶۱	۰/۲۹	۰/۴۲
سیستان و بلوچستان	۰/۲۲	۰/۰۲	۰/۰۷
فارس	۷/۹۳	۳/۴۹	۵/۲۶
قزوین	۰/۴۲	۰/۵۰	۰/۴۶
قم	۰/۴۵	۰/۰۶	۰/۱۷
کردستان	۱/۵۲	۰/۰۷	۰/۳۳
کرمان	۰/۴۱	۰/۱۶	۰/۲۶
کرمانشاه	۰/۹۸	۰/۰۷	۰/۲۶
کهگیلویه و بویراحمد	۲/۴۲	۰/۴۴	۱/۰۳
گلستان	۰/۹۱	۰/۱۳	۰/۳۴
گیلان	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۹۰
لرستان	۱/۲۵	۳/۳۵	۲/۰۴
مازندران	۱/۴۰	۰/۴۷	۰/۸۱
مرکزی	۰/۹۷	۳/۷۲	۱/۹۰
همدان	۰/۹۴	۰/۱۶	۰/۳۹
یزد	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۲۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مقادیر زیرشاخص‌ها و شاخص ترکیبی در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- زیرشاخص‌ها و شاخص ترکیبی در محصول لوبیا

شاخص / استان	منابع	فناوری	اقتصادی	اجتماعی	محیط زیست	شاخص ترکیبی	وضعیت در مبادله آب مجازی
چهارمحال و بختیاری	۰/۲۸	۶/۴۹	۴/۹۱	۷/۷۳	۸/۲۵	۸/۱۷	خیلی خوب
زنجان	۸/۲۱	۵/۷۲	۳/۳۳	۵/۷۲	۳/۸۲	۶/۹۹	خوب
فارس	۲/۱۹	۴/۲۸	۳/۶۱	۷/۳۱	۲/۹۹	۵/۵۴	متوسط
کهگیلویه و بویراحمد	۱/۵۳	۷/۴۰	۵/۶۶	۸/۹	۳/۸۶	۹/۳۹	خیلی خوب
لرستان	۳/۳۳	۴/۰۰	۲/۲۴	۵/۳۱	۰/۶۲	۵/۱۶	متوسط
مرکزی	۲/۹۷	۳/۸۹	۳/۳۷	۱/۱۳	۳/۶۰	۵/۰۳	متوسط

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول ۵، برای کشت محصول لوبیا، وضعیت استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری خیلی خوب، استان زنجان خوب و استان‌های فارس، لرستان و مرکزی متوسط است.

بررسی مناسب بودن مبادله آب مجازی در محصول نخود

شاخص‌های مزیت برای محصول نخود در جدول ۶ آمده که بر اساس آن، شاخص جمعی مزیت استان‌های آذربایجان شرقی، آذبایجان غربی، زنجان، فارس، کردستان، کرمانشاه و لرستان بزرگ‌تر از یک است از این‌رو، این استان‌ها برای کشت محصول نخود از مزیت برخوردارند.

جدول ۶- میزان شاخص‌های مزیت کارآیی، مقیاس مزیت و شاخص جمعی مزیت برای محصول نخود

استان	شاخص EAI	SAI	AAI
آذربایجان شرقی	۱/۸۳	۰/۹۸	۱/۳۴
آذربایجان غربی	۱/۱۳	۲/۲۵	۱/۵۹
اردبیل	۱/۲۵	۰/۱۶	۰/۴۴
اصفهان	۰/۵۰	۰/۲۴	۰/۳۴
البرز	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۰۲
ایلام	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲
تهران	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۳
چهارمحال و بختیاری	۱/۰۲	۰/۲۵	۰/۵۱
خراسان جنوبی	۱/۰۷	۰/۰۱	۰/۱۰
خراسان رضوی	۰/۶۳	۰/۲۵	۰/۴۰
خراسان شمالی	۱/۳۵	۰/۴۲	۰/۷۵
زنجان	۲/۷۸	۰/۳۹	۱/۰۴
سمنان	۰/۴۴	۰/۰۰	۰/۰۳
سیستان و بلوچستان	۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۰۵
فارس	۸/۳۸	۰/۱۸	۱/۲۳
قزوین	۰/۶۱	۰/۲۴	۰/۳۸
قم	۰/۳۴	۰/۰۵	۰/۱۳
کردستان	۲/۱۴	۳/۰۰	۲/۵۳
کرمان	۰/۸۲	۰/۱۲	۰/۳۲
کرمانشاه	۲/۴۴	۴/۱۸	۳/۲۰
کهگیلویه و بویراحمد	۳/۵۸	۰/۱۰	۰/۵۹
گلستان	۱/۸۵	۰/۰۱	۰/۱۷
گیلان	۲/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۹
لرستان	۱/۴۲	۰/۹۰	۲/۳۶
مازندران	۰/۷۰	۰/۰۰	۰/۰۴
مرکزی	۱/۲۷	۰/۵۹	۰/۸۷
همدان	۱/۴۲	۰/۶۹	۰/۹۹
یزد	۰/۴۰	۰/۰۴	۰/۱۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مقادیر زیرشاخص‌ها، شاخص ترکیبی و وضعیت مبادله آب مجازی برای محصول نخود در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- زیرشاخص‌ها و شاخص ترکیبی در محصول نخود

شاخص استان	منابع	فناوری	اقتصادی	اجتماعی	محیط زیست	شاخص ترکیبی	وضعیت در مبادله آب مجازی
آذربایجان شرقی	۱/۶۰	۷/۸۳	۵/۱۱	۶/۳۷	۴/۳۳	۴/۹۳	متوسط
آذربایجان غربی	۰/۲۴	۵/۰۳	۴/۳۲	۲/۲۹	۵/۱۲	۲/۸۳	ضعیف
زنجان	۲/۶۸	۷/۸۱	۸/۵۶	۳/۸۸	۵/۱۸	۵/۴۱	متوسط
فارس	۲/۵۰	۶/۷۶	۸/۴۸	۶/۱۴	۸/۴۴	۴/۸۶	متوسط
کردستان	۴/۱۷	۳/۶۸	۴/۹۲	۴/۷۳	۰/۷۲	۳/۸۷	ضعیف
کرمانشاه	۸/۹۵	۲/۳۸	۲/۲۴	۷/۰۶	۳/۴۰	۵/۲۷	متوسط
لرستان	۱/۰۱	۳/۴۵	۴/۹۳	۱/۷۳	۴/۵۱	۲/۳۵	ضعیف

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول ۷، برای مبادله آب مجازی از طریق محصول نخود، وضعیت استان‌های آذربایجان شرقی، زنجان، فارس و کرمانشاه متوسط و استان‌های آذربایجان غربی، کردستان و لرستان ضعیف است.

جمع‌بندی و پیشنهادهای سیاستی

هدف تحقیق حاضر بررسی وضعیت استان‌های کشور برای اجرای طرح راهبرد مبادله آب مجازی با استفاده از شاخص ترکیبی از طریق گروه محصولات حبوبات (عدس، لوبیا و نخود) بوده است. شاخص ترکیبی با استفاده از شاخص‌های منابع (آبی)، فناوری و حمل‌ونقل، اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست و با بهره‌گیری از داده‌های سال ۱۳۹۴ ساخته شده و بر اساس این شاخص ترکیبی، وضعیت استان‌های دارای مزیت در محصولات عدس، لوبیا و نخود از نظر مبادله آب مجازی بررسی شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، برای مبادله آب مجازی از طریق محصول عدس، وضعیت استان‌های آذربایجان شرقی، فارس و قزوین خوب، استان‌های اردبیل، چهارمحال و بختیاری، زنجان، سمنان و کهگیلویه و بیراحمد متوسط و استان‌های ایلام، خراسان شمالی و لرستان ضعیف ارزیابی شده است. استان آذربایجان شرقی بعد از استان اردبیل بیشترین سهم در تولید محصول عدس در ایران را دارد (۱۸/۲ درصد) و این استان برای مبادله آب مجازی در وضعیت خوب قرار دارد. بر اساس

نتایج به‌دست‌آمده، استان‌های فارس و قزوین برای مبادله آب مجازی از طریق محصول عدس در وضعیت خوب قرار دارند، اما سهم این استان‌ها در تولید عدس پایین است (فارس ۶/۴ و قزوین ۳/۱ درصد)؛ از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که این استان‌ها میزان تولید خود را افزایش دهند. از سوی دیگر، استان لرستان با سهم ۱۱/۲ درصد از تولید محصول عدس در ایران برای مبادله آب مجازی در وضعیت ضعیف قرار دارد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در کشت این محصول در استان لرستان تجدید نظر صورت گیرد.

همچنین، برای راهبرد مبادله آب مجازی از طریق محصول لوبیا، وضعیت استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری خیلی خوب، استان زنجان خوب و استان‌های فارس، لرستان و مرکزی متوسط است. استان چهارمحال و بختیاری تنها چهار درصد تولید محصول لوبیا را دارد و سهم استان کهگیلویه و بویراحمد هم در تولید این محصول بسیار ناچیز است؛ اما این دو استان برای مبادله آب مجازی از طریق محصول لوبیا از وضعیت خیلی خوب برخوردارند؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود که سهم این محصول در این دو استان افزایش یابد تا قادر به مبادله آب مجازی از طریق این محصول به سایر مناطق ایران باشند. استان زنجان با سهم ۱۴/۳ درصد از تولید لوبیا، پس از استان‌های فارس (۲۷/۱ درصد) و لرستان (۱۹/۲ درصد)، در مبادله اب مجازی از طریق محصول لوبیا در وضعیت خوب قرار دارد و می‌تواند حتی میزان تولید خود را افزایش دهد. استان‌های فارس، لرستان و مرکزی تقریباً ۶۸ درصد تولید لوبیا در ایران را دارند و طبق نتایج بررسی مناسب بودن مبادله آب مجازی از طریق محصول لوبیا، در وضعیت متوسط قرار گرفته‌اند.

بر اساس نتایج تحقیق، وضعیت استان‌های آذربایجان شرقی، زنجان، فارس و کرمانشاه، برای مبادله آب مجازی از طریق محصول نخود متوسط و استان‌های آذربایجان غربی، کردستان و لرستان ضعیف است. استان‌های لرستان، کردستان و آذربایجان غربی تقریباً ۵۲ درصد تولید نخود کشور را در اختیار دارند؛ اما طبق نتایج تحقیق حاضر، این استان‌ها در راهبرد مبادله اب مجازی از طریق محصول نخود در وضعیت ضعیف قرار گرفته‌اند، که باید حتماً در کشت این محصول در این استان‌ها تجدید نظر صورت گیرد.

شایان یادآوری است که مطالعهٔ حاضر بر اساس داده‌های ۱۳۹۴ انجام شده و بر پایهٔ داده‌های سالنامهٔ مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران، سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ (MRUD/IRIMO, 2016)، ایران در سال ۱۳۹۴ در خشکسالی خفیف قرار داشته است. بنابراین، نتایج مطالعهٔ حاضر برای سال‌های مواجه شدن ایران با مسئله خشکسالی خفیف قابل تعمیم است.

از آنجا که در تحقیق حاضر، مناسب بودن مبادله آب با استفاده از شاخص ترکیبی برای محصولات نخود، لوبیا و عدس بررسی شده است، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، همین موضوع برای سایر محصولات زراعی و همچنین، برای محصولات باغی و صنعتی بررسی شود. افزون بر این، می‌توان به‌منظور رتبه‌بندی استان‌ها برای مناسب بودن راهبرد مبادله اب مجازی از طریق محصولات کشاورزی، از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده کرد و و به مقایسۀ نتایج آن با نتایج مطالعۀ حاضر پرداخت.

منابع

1. Afsah-Hossaini, F., Zabihi, H. and Jahanshahlu, L. (2018). Analysis of urban spatial competitiveness rank of Iranian provincial capitals based on principal component analysis (PCA). *Urban Management*, 16(49): 387-407. (Persian)
2. Afshar Bakeshloo, N., Zarafshani, K. and Farhadi Bansouleh, B. (2020). The zoning of Kermanshah province townships based on virtual water content and value among major crops. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 34(2): 287-300. (Persian)
3. Allan, J.A. (1997). "Virtual water": a long term solution for water short Middle Eastern economies. British Association Festival of Science, Water and Development Session, University of Leeds, London.
4. Amirnejad, H. and Rafiee, H. (2010). Investigating the 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. (Persian)
5. Arabi-Yazdi, A., Alizadeh, A. and Mohamadian, F. (2009). Study on ecological water footprint in agricultural sector of Iran. *Water and Soil*, 23(4): 1-15. (Persian)
6. Ashktorab, N. and Zibaei, M. (2019). Virtual water transfer through Iranian interprovincial cereals trade. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 33(1), 55-74. DOI: 10.22067/JEAD2.V0I0.76365. (Persian)

7. Chen, G.Q. and Li, J.S. (2015). Virtual water assessment for Macao, China: highlighting the role of external trade. *Journal of Cleaner Production*, 93: 308-317.
8. Cosgrove, W.J. and Rijsberman, F.R. (2014). World water vision: making water everybody's business. Routledge.
9. 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.
10. Dehghanpour, H. and Bakhshoodeh, M. (2008). Investigating virtual water trade limitation issues in Marvdasht region. *Journal of Agricultural Science and Industry (Agricultural Economics and Development)*, 22(1): 137-147. (Persian)
11. Dong. H., Geng. Y., Hao. D., Yu. Y. and 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.
12. FAO (2022). Water efficiency, productivity and sustainability in the NENA regions (WEPS-NENA). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization (FAO). Available at https://www.fao.org/in-action/water-efficiency-nena/countries/iran.
13. Gourbesville, P. (2008). Challenges for integrated water resources management. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 33(5): 284-289.
14. 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. Available at www.waterfootprint.org.
15. IANA (2022). Agricultural sector's share of water consumption. Tehran: Iranian Agriculture News Agency (IANA). (Persian)
16. Jia, S., Long, Q. and Liu, W. (2017). The fallacious strategy of virtual water trade. *International Journal of Water Resources Development*, 33(2): 340-347.

17. Katyaini, S. and Barua, A. (2017). Assessment of interstate virtual water flows embedded in agriculture to mitigate water scarcity in India (1996-2014). *Water Resources Research*, 53(8): 7382-7400.
18. Khofi, M. and Anwiya Tekiyeh, L. (2009). Global market for pulses and Iran's position in foreign trade of the product. *Business Reviews*, 34(7): 28-38. (Persian)
19. MAJ (2015). Agricultural Statistical Yearbook: Crops, 2015. Tehran: Ministry of Jahad-Agriculture (MAJ). (Persian)
20. Merett, S. (2003). Virtual water and Occam's Razor. *Water International*, 28(1): 103-105.
21. ME (2015). Water Yearbook of Iran. Tehran: Ministry of Energy (ME). (Persian)
22. 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. (Persian)
23. Mohammadi, D. (2005). Calculating the comparative advantage of agricultural and horticultural products of Fars province. The Conference on Iran's Agricultural Economy, September, 2005. (Persian)
24. MRUD (2015). Yearbook of transportation statistics, 2015. Tehran: Ministry of Roads and Urban Development (MRUD). (Persian)
25. MRUD/IRIMO (2016). Yearbook of the National Center for Drought and Crisis Management: Crop year 2015-2016. Tehran: Ministry of Roads and Urban Development (MRUD)/I.R. of Iran Meteorological Organization (MO). Available at https://waterhouse.ir/sites/default/files/Salnameh%2094-95_0.pdf. (Persian)
26. Pearson, K. (1901). On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine*, 2(11): 559-572.
27. SCI (2015). Statistical yearbook of Iranian provinces, 2015, Tehran: Statistical Center of Iran (SCI). (Persian)
28. SCI (2022). Iran regional accounts. Tehran: Statistical Center of Iran (SCI). (Persian)

29. Shirzadi, E., Sayehmiri, A. and Asgari, H. (2019). Investigating factors affecting virtual water trade in wheat production using gravity model. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(3): 501-513. (Persian)
30. SreeVidhya, K.S. and Elango, L. (2019). Temporal variation in export and import of virtual water by India through popular crop and livestock products. *Groundwater for Sustainable Development*, 8: 468-473.
31. UNDESA (2022). International decade for action 'water for life'. United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA). Available at https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml.
32. 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.
33. WEF (2022). Per capita global water access in 2025. World Economic Forum (WEF). Available at https://www.weforum.org/projects/global-water-initiative.
34. World Bank (2022). Population, total. Available at https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL.
35. Yousefi, A., Khalilian, S. and Balali, H. (2011). Strategic importance of water in Iranian overall economy: a CGE modeling approach. *Journal of Agricultural Science and Industry (Agricultural Economics and Development)*, *25*(1): 109-120. (Persian)
36. Zhao N. and 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.