Research Paper

The Effects of Regional Water Resource Allocation in Integrated Water-Economy- Environment Index on Sustainable Economic Growth of Iranian Provinces

Mohammad Hadi Akbarzadeh[1], Masoud Khodapanah[2]*, Mansour Zarra-Nezhad[3]
1. Ph.D. in Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Associate Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received: 2021/09/17
Revised: 2021/10/15
Accepted: 2022/03/08

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/wej.2024.28987.2339

Keywords:
Integrated index, economic growth, entropy, fuzzy comprehensive evaluation method, generalized method of moments approach, Iranian provinces.

Abstract

Introduction: Despite the consensus among all experts that water bankruptcy will be the main development challenge in Iran for the coming decades which can threat Iran's regional development and food security; there is still no integrated water-economy-environment index system for allocation of water resources in Iranian provinces. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effects of regional water resource allocation in integrated water-economy- environment index on the economic growth of Iranian provinces.

Methods: After determining the integrated regional water-economy-environment index based on the recent theoretical and empirical literature, the integrated regional index was estimated for water resource allocations in 31 Iranian provinces using fuzzy comprehensive evaluation method and improved entropy approach. About 55 data titles were collected from various databases including Provincial and National Statistical Yearbooks, Statistical Centre of Iran, Ministry of Industry, Mine and Trade, Agricultural Statistical Yearbook, Agricultural Technical Research Institute. Finally, the effect of regional water resource allocations in water-economy-environment index on economic growth of Iranian provinces was estimated during the period from 2012 to 2018 using Generalized Method of Moments (GMM) approach.

Findings: Estimation of the total index with 5 main components revealed that Gilan, Mazandaran, Chaharmahaal & Bakhtiari and Khuzestan provinces can be suggested as the most suitable provinces to implement domestic virtual water strategy. The final results proved that policy making for implementation of virtual water strategy should be conducted regionally and individually based on the status of each province in water-economy-environment components of regional integrated index. Finally, the results of the study indicated that integrated regional water-economy-environment index had a positive and significant effect on economic growth of Iranian provinces.

Citation: Akbarzadeh, M. H, Khodapanah M., Zarra-Nezhad M. The Effects of Regional Water Resource Allocation in Integrated Water-Economy- Environment Index on Sustainable Economic Growth of Iranian Provinces. Water Resources Engineering Journal. 20254; 16(59): 41-60.

⁎**Corresponding author:** Masoud Khodapanah
Address: Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
Tell: +09166150826,
Email: Khodapanah@scu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Water is considered as an essential resource for food and industrial productions, environmental protection and a key irreplaceable prerequisite to economic growth and sustainable development. But this essential production input is usually ignored by policymakers in allocation of resources. Iran is suffering from a socio-economic drought which is usually known as water bankruptcy in the literature. Despite the consensus among all experts and policy makers that water bankruptcy will be the main growth and development challenge in Iran in the coming decades which can threat Iran's regional development and food security; there is still no integrated water-economy-environment system for regional allocation of water resources in Iranian provinces. Reviewing of the history of water policy-making and allocation of water resources proves that water bankruptcy in Iran is a multidimensional complex socio-economic and environmental phenomenon which is the consequence of improper governance as the result of misunderstanding sustainable development and integration concepts. A review of studies conducted in Iran indicates that there is still no quantitative and analytical criteria for evaluation of the situation and decision-making in the form of an integrated water-economy-environment system for the allocation of water resources. Moreover, many studies argue that sustainable economic growth of Iranian provinces requires regional sustainable water resource allocation which takes into account the capability and capacity of water resources in each province and the socio-economic, agricultural, technology, transportation and environment as well. The purpose of this study was to investigate the effects of regional water resource allocation in the integrated water-economy-environment index on sustainable economic growth of Iranian provinces during the period from 2012 to 2018.

Materials and Methods

This study seeks to investigate the effects of the integrated water-economy-environment index for water regional policy-making on economic growth of Iranian provinces using a comprehensive fuzzy evaluation Method, Shannon entropy weighting and Generalized Method on Moments (GMM) approaches in Iranian provinces. After determining the water-economy- environment index based on the latest theoretical and empirical literature, the integrated water-economy-environment index was estimated for 31 Iranian provinces. The integrated water-economy- environment index includes 5 main components comprising water resources, technology and transportation, economy, society, and environment, respectively. Finally, the calculated index was used for the estimation of sustainable economic model during the period from 2012-2018 using Generalized Method of Moments (GMM) econometric approach.

Findings

The results of the study showed that taking into account water resources, economic, social, technology, transportation and environmental components in the framework of integrated water-economy-environment policy making is a key requirement to achieve sustainable economic growth in Iranian provinces. Thus, water policy making in Iranian provinces should be implemented regionally and individually based on the status of the corresponding province in water-economy-environment index. Also, results of the study indicated that Ardabil, Kerman, South Khorasan, Semnan, Sistan and Baluchestan, Fars, Qazvin, Markazi and Yazd had slightly poor status in water resource component. Moreover, from the social perspective of virtual water index South Khorasan, Zanjan, Hormozgan were classified as slightly poor and North Khorasan, Kermanshah and Lorestan as poor provinces. On the other hand, most of the Iranian provinces had slightly poor and average situations in economic component of regional integrated water-economy-environment index. Besides Ilam and Kohgiluyeh and Boyer Ahmad were identified as slightly poor in technology and transportation component while South Khorasan, Sistan and Baluchestan, Qazvin,

Kermanshah and Kohgiluyeh and Boyer Ahmad were classified as slightly poor provinces in environment component of the integrated water-economy-environment index. In addition, based on the results of the total virtual water index, Gilan, Mazandaran, Chaharmahaal & Bakhtiari and Khuzestan provinces can be suggested as the most suitable provinces to implement the virtual water strategy. In other provinces of the country, depending on the situation of the main components and sub-indicators in each of the dimensions of integrated water economy-environment index, a special policy should be applied to achieve sustainable economic growth. Finally, the results of the study proved that integrated regional water-economy-environment index had a positive and significant effect on economic growth of Iranian provinces. Also, the positive and significant effects of human capital, capital formation, and life expectancy on economic growth were confirmed.

Discussion

One of the solutions to water shortages that is introduced by Allan (1998) in the Middle East region was virtual water strategy which is usually known as "virtual water trade" in the literature. The virtual water trade is originally rooted in Heckscher- Ohlin-Samuelson relative advantage theory. This strategy suggests the import of grain from water abundant regions instead of growing grain regionally. Although the idea of virtual water trading is inherently an economic concept; many economist have criticized the virtual water strategy as a more or less fallacious theory failing to take socio-economic, environmental sustainability into account. In response to the critics many studies argue that there is an urgent need for an integrated water-economy-environment index system which comprises various aspects of sustainability in water resource allocation for economic growth. This evaluation index system takes into account the co-relationship among various components of economy, society, resources, technology and transportation and environment as well. Based on the results of the study the integrated virtual water index can be suggested as an effective instrument for allocation of water resources in Iranian provinces. Virtual water strategy in provinces with scarce water resources can be considered as a potential alternative for facing regional water scarcity in Iranian provinces. Due to the scarcity of water resources and budget constraints as well as various situations in Iranian provinces the virtual water strategy should be implemented regionally taking into account the weakness or strength of each province in water resources, economic, social, technology and environment components. Also, weak provinces in water-economy-environment index in Iran should prohibit water intensive activities and try to import water intensive agricultural and industrial products form water abundent provinces.

Conclusion

Finally, it is recommended to planners and policymakers to consider regional integrated virtual water index based on regional components and provincial capacities in the long run periods to obtain more detailed information about water resources in Iranian provinces in making economic growth related decisions.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines

The cooperation of the participants in the present study was voluntary and accompanied by their consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

This paper was extracted from P.h.D. dissertation conducted by Mohammad Hadi Akbarzadeh under supervision and advisory of Maoud Khodapanah and Mansour Zarra-Nezhad associate professor and full professor of Economics at Shahid Chamran University of Ahvaz, respectively.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

اثر تخصیص منطقه‌ای منابع آب در شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد – محیط‌زیست بر رشد اقتصادی پایدار در استان‌های ایران

محمد هادی اکبرزاده[۱]، مسعود خداپناه[۲*]، منصور زراءنژاد[۳]
۱. دانشجوی دکتری رشته اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲. دانشیار رشته اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳. استاد تمام رشته اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۶
تاریخ داوری: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۷

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/wej.2024.28987.2339

واژه‌های کلیدی:
شاخص یک‌پارچه، رشد اقتصادی، آنتروپی، سیستم ارزیابی جامع فازی، روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، استان‌های ایران.

چکیده

مقدمه: هر چند همه صاحب‌نظران اجماع کامل دارند که ورشکستگی آبی تبدیل به اساسی‌ترین چالش پیش روی توسعه در ایران طی دهه‌های آینده خواهد شد؛ هنوز یک سیستم یک‌پارچه آب – اقتصاد – محیط‌زیست برای تخصیص پایدار منابع آب و سیاست‌گذاری منطقه‌ای برای حل مشکلات آبی در کشور وجود ندارد. هدف این پژوهش بررسی اثر تخصیص منطقه‌ای منابع آب در شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد – محیط‌زیست بر رشد اقتصادی منطقه‌ای در استان‌های ایران بوده است.

روش: پس از تعیین شاخص یک‌پارچه آب مجازی بر اساس آخرین ادبیات نظری و تجربی، شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد–محیط‌زیست برای سیاست‌گذاری منطقه‌ای آب در ۳۱ استان کشور با استفاده از روش ارزیابی جامع فازی و رویکرد آنتروپی برآورد شده است. در حدود ۵۵ عنوان داده برای برآورد شاخص یک‌پارچه آب منطقه‌ای استفاده شده است که این داده‌ها از سالنامه‌های آماری ملی و استانی، مرکز آمار ایران، وزارت صنعت، معدن و تجارت، آمارنامه بخش کشاورزی و موسسه تحقیقات فنی کشاورزی جمع‌آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در نهایت، اثر تخصیص منطقه‌ای منابع آب در شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست بر رشد اقتصادی استان‌های کشور با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۱ برآورد شده است.

یافته‌ها: در هر یک از استان‌های کشور بسته به وضعیت قوت و ضعف آن استان در هر یک از ابعاد منابع آب، تکنولوژی و حمل و نقل، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در شاخص آب– اقتصاد– محیط زیست، نیازمند اتخاذ رویکرد و سیاست‌گذاری متناسب با شرایط خاص آن استان وجود دارد. افزون بر این، در نظر گرفتن سیستم‌های یک‌پارچه برای تخصیص منابع آب و به‌کارگیری آن در قالب شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست می‌تواند اثری مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی استان‌های کشور داشته باشد. همچنین اثر مثبت و معنادار سرمایه انسانی، تشکیل سرمایه و امید به زندگی در رشد اقتصادی استان‌های کشور تایید شد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که سیاست‌گذاری در زمینه تخصیص منابع آب در ایران با هدف دستیابی به رشد اقتصادی باید به‌صورت منطقه‌ای و بر اساس یک شاخص یک‌پارچه آبی– اقتصادی– زیست‌محیطی صورت گیرد تا بتوان بر اساس ظرفیت‌هایی آبی در هر استان سیاست‌گذاری‌های آبی متناسب با وضعیت همان استان را انجام داد. افزون بر این، استان‌های ضعیف در شاخص یک‌پارچه منطقه‌ای باید طی دوره بلندمدت فعالیت‌های تولیدی بخش‌های کشاورزی و صنایع دسته اول و دسته دوم از نظر آب‌بری را تا حد امکان کاهش داده و کالاهای تولیدی آب‌بر را از استان‌های با وضعیت قوی از نظر شاخص یک‌پارچه آبی– اقتصادی– زیست-محیطی منطقه‌ای وارد کنند تا بتوانند فرآیند رشد اقتصادی خود را با وضعیت آبی– اقتصادی– اجتماعی و زیست‌محیطی خود به شکلی پایدار سازگار کنند.

* **نویسنده مسئول:** مسعود خداپناه

این مقاله از پایان‌نامه دوره دکترای دانشجو محمدهادی اکبرزاده با عنوان تعیین شاخص آب مجازی برای تخصیص بهینه منابع آب در استان‌های ایران به راهنمایی دکتر مسعود خداپناه و دکتر منصور زراءنژاد به‌ترتیب دانشیار و استاد تمام رشته اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز استخراج شده است.

نشانی: گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
تلفن: ۰۹۱۶۶۱۵۰۸۲۶
پست الکترونیکی: Khodapanah@scu.ac.ir

مقدمه

آب منبعی ضروری برای تولیدات کشاورزی و مواد غذایی، تولید صنعتی، حفاظت از محیط زیست و نهاده‌ای اصلی و بدون جایگزین برای رشد اقتصادی و توسعه پایدار است (۱). نقش بسیار مهم آب در پیدایش شهرها و مراکز جمعیتی، رشد اقتصادی، اقتصاد سیاسی، توسعه منطقه‌ای، امنیت غذایی، کشاورزی، اشتغال و محیط زیست بر کسی پوشیده نبوده و پیامدهای ناشی از بحران‌های آب مانند خشک شدن دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها و کاهش سطح آب زیرزمینی، نشست زمین، کاهش کیفیت آب، تخریب خاک، بیابان‌زایی و طوفان‌های خاک، بحران‌های زیست‌محیطی، کشاورزی و صنعتی موضوعی انکارناپذیر است (۲). با افزایش تقاضا برای آب به‌صورت جهانی، بسیاری از مناطق با کمبود بسیار شدید آب مواجه شده‌اند (۳). وقوع بحران‌های آبی می‌تواند در نهایت به خشکسالی، مناقشات آبی، بیکاری، مهاجرت، بحران‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی امنیتی در یک کشور منجر شده و اثرات جبران‌ناپذیری برای رشد و توسعه اقتصادی به‌دنبال داشته باشد (۴). شاید بتوان این بحران را مهم‌ترین چالش پیش روی کشور ایران، طی سال‌های آینده لقب داد؛ تا جایی که می‌تواند کشور ایران را با بحران‌های امنیت منطقه‌ای، امنیت غذایی و مناقشه شهرها بر سر آب مواجه کند (۵).

کشور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک از جهان قرار گرفته است. بر اساس شاخص فالکن مارک، ایران در وضعیت بحران آبی است. همچنین بر اساس شاخص موسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)، کشور ایران در وضعیت بحران آبی شدید قرار دارد (۶). از طرفی، ایران بر اساس رتبه‌بندی مدیریت منابع آبی، در بین ۱۳۲ کشور جهان، رتبه ۱۳۱ و در زمره دو کشور اول جهان و کشور اول منطقه خاورمیانه در استخراج منابع آبی زیرزمینی از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ بوده است (۷ و ۸). کشور ایران در حال رنج بردن از یک خشکسالی اقتصادی– اجتماعی است. از این پدیده در ادبیات اقتصادی آب، تحت عنوان «ورشکستگی آبی» تعبیر می‌شود؛ بدان معنا که تقاضا برای آب از عرضه طبیعی آب بسیار فراتر رفته است. در بسیاری از متون، این پدیده به‌عنوان «بحران آب» در ایران شناخته می‌شود (۹). مروری بر تاریخچه سیاست‌گذاری و تخصیص منابع آب در ایران بیانگر آن است که کم‌آبی در ایران را باید پدیده‌ای چند بعدی و پیچیده آبی، اقتصادی – اجتماعی و زیست‌محیطی دانست که پیامد حکمرانی غلط، سیاست‌گذاری شتابزده و ناهماهنگ بین بخش‌ها و درک نادرست از مفهوم واقعی توسعه پایدار و یک‌پارچگی بوده است (۱۰). بر همین اساس، یکی از راه‌حل‌های طرح شده با رویکرد اقتصادی در زمینه سیاست‌گذاری و تخصیص بهینه منابع آب، استفاده از نظریه آب مجازی بوده است. در سال‌های اخیر انتقادات گسترده‌ای به نظریه آب مجازی وارد شده است (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷). در نتیجه، بسیاری از صاحب‌نظران بازنگری و اصلاح در رویکرد نظریه آب مجازی و پیشنهاد یک سیستم شاخص ارزیابی جامع و یک‌پارچه در قالب شاخص آب– اقتصاد– محیط‌زیست را نیازی بسیار ضروری می‌دانند (۱۴). شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست برای تخصیص منابع آب منطقه‌ای می‌تواند مصرف آب انسان (در بخش تولیدی و داخلی)، بخش اقتصادی– اجتماعی و استفاده از آب در محیط زیست مناطق را به‌صورت یک‌پارچه بررسی کند تا بتوان تخصیص بهینه آب در یک منطقه را با شرایط اقتصادی، اقلیمی، اجتماعی، کشاورزی، زیست‌محیطی و منابع آب مجازی در آن منطقه مورد ارزیابی قرار داد. افزون بر این، تخصیص منابع آب در این شاخص به‌صورت منطقه‌ای می‌تواند اثرات مثبتی را برای رشد اقتصادی در پی داشته باشد (۱۴، ۱). مروری بر مطالعات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که هنوز معیاری کمّی و تحلیلی برای سنجش وضعیت و تصمیم‌گیری در قالب یک سیستم یک‌پارچه برای تخصیص منابع آب در استان‌های ایران وجود ندارد و سیاست‌گذاری و تخصیص منابع آب در ایران، بدون در نظر گرفتن قابلیت و ظرفیت منابع آبی استان‌های مختلف و همچنین بدون توجه به پیوند گسست‌ناپذیر آب با سایر بخش‌های اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، حمل و نقل و محیط زیست در این استان‌ها بوده است. از سوی دیگر، عدم تخصیص یک‌پارچه منابع آب در استان‌های کشور اثرات چشمگیری را بر رشد اقتصادی استان‌های ایران به‌دنبال داشته است. از جمله این اثرات می‌توان به توسعه ناهمگون و نامتقارن بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات در استان‌های کشور بدون توجه به ظرفیت آبی آن‌ها اشاره کرد (۱۹). برای دستیابی به امنیت آب منطقه‌ای و همچنین دستیابی به رشد اقتصادی و توسعه پایدار و هم‌افزا در قالب سیستم یک‌پارچه آب – اقتصاد– محیط زیست، تعیین یک مکانیسم تخصیص یک‌پارچه منابع آب ضروری است (۱۸). از این رو، هدف این پژوهش بررسی اثر تخصیص منطقه‌ای منابع آب در شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد – محیط‌زیست بر رشد اقتصادی پایدار در استان‌های ایران با بهره‌گیری از روش‌های آنتروپی، سیستم ارزیابی جامع فازی و رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) طی دوره زمانی ۱۳۹۱–۱۳۹۷ بوده است. سوال اصلی این پژوهش آن است که وضعیت هر یک از عوامل اقتصادی– اجتماعی، آبی و زیست‌محیطی موثر بر تخصیص بهینه آب در شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد– محیط‌زیست برای استان‌های ایران چگونه است و اثرات به‌کارگیری شاخص یک-پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست بر رشد اقتصادی استان‌های ایران چیست. این مسئله می‌تواند در نگرش جامع و چندبعدی به تخصیص بهینه منابع آب در قالب یک سیستم یک‌پارچه و هماهنگ به‌عنوان رویکردی نو در سیاست‌گذاری و تخصیص پایدار منابع آب منطقه‌ای در ایران با هدف دستیابی به رشد اقتصادی پایدار مورد توجه قرار گیرد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

نظریه آب مجازی و نقدهای وارد بر آن

مفهوم آب مجازی برای اولین بار توسط آلان (۱۹۹۷) در منطقه خاورمیانه معرفی شد (۲۰). راهبرد آب مجازی، واردات محصولاتی را که به حجم آب زیاد در فرآیند تولید خود هستند در قالب «تجارت آب مجازی» بررسی می‌کند. راهبرد آب مجازی بیان می‌کند که تجارت آب مجازی می‌تواند به‌عنوان ابزار مناسبی برای تامین نیازهای رو به رشد مصرف آب در کشورهای مختلف که با کمبود آب مواجه هستند، استفاده شود (۲۱). نتیجه برآمده از راهبرد آب مجازی آن است که مناطق کم‌آب باید به‌جای تولید محصولات کشاورزی آب‌بر، این

محصولات را از مناطق با فراوانی آب وارد کنند (۲۲). نظریه تجارت آب مجازی در اصل، ریشه در نظریه مزیت نسبی هکشر- اوهلین- ساموئلسون در تجارت بین‌الملل دارد. هر چند ایده تجارت آب مجازی یک مفهوم ذاتاً اقتصادی است؛ اما بسیاری از مطالعات استدلال می‌کنند که این مفهوم در برخی موارد از ادبیات اقتصادی سرچشمه نمی‌گیرد. در سال‌های گذشته انتقادهای گسترده‌ای به نظریه آب مجازی وارد شده است (۱۴، ۱۲، ۱۳، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۱۷).

در پاسخ‌گویی به انتقادات وارد به نظریه آب مجازی، بسیاری از مطالعات بیان می‌کنند که استفاده از یک معیار و شاخص یک‌پارچه آب-اقتصاد- محیط‌زیست برای حل مسائل مربوط به آب جهت دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی پایدار ضروری است (۱۴، ۴۵). برخی مطالعات پیشنهاد کرده‌اند که مناطق کم آب باید کمبود آب خود را با در نظر گرفتن تعاملات بین فرآیندهای هیدرولوژیکی و سیستم‌های اقتصادی - اجتماعی و زیست‌محیطی حل کنند تا بتوانند به فرآیند رشد اقتصادی و توسعه پایدار دست یابند (۲۰، ۲۳، ۴۴). بهره‌گیری از یک معیار ترکیبی و یک‌پارچه می‌تواند نقش‌های موجود در زمینه نظریه آب مجازی را در راستای تخصیص بهینه منابع آب پوشش دهد. باید توجّه داشت که عوامل فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی نیز می‌توانند نقش اساسی در سیاست‌گذاری و تخصیص بهینه منابع آب داشته باشند. سیاست‌گذاری‌های اقتصادی برای تخصیص بهینه و مدیریت منابع آب باید با در نظر داشتن این عوامل انجام شود که این موضوع نیازمند راهبردی سیاستی و بهره‌گیری از شاخص‌های یک‌پارچه است که بتواند به ابعاد و ویژگی‌های فیزیکی، اجتماعی - اقتصادی و زیست‌محیطی آب توجّه کند. این مهم‌ترین موضوعی است که باید در سیاست‌گذاری‌های آینده بر روی آن تمرکز شود (۱، ۱۴، ۴۵).

جدول ۱: انتقادهای وارد بر نظریه آب مجازی

۱	این نظریه مشارکتی درباره تخصیص بهینه منابع از نگاه سیستم یک‌پارچه منابع آبی، اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی ندارد (۱۴).
۲	مباحث ذکر شده از سوی آلان به سختی توسط نظریه‌های اقتصادی حمایت می‌شود. آنسینک انتقاد خود را در قالب نظریه هکشر- اوهلین- ساموئلسون ارائه نمود و بیان کرد که این مفهوم مباحثی را طرح می‌کند که با حقایق تجربی و نظریه استاندارد اقتصادی همسو نیست (۱۲).
۳	این نظریه بر اساس درک ناقص از مزیت نسبی در تولید کالاهای آب‌بر، فرض می‌کند منابع زمین اهمیت بسیار بیشتری نسبت به منابع آبی دارند (۱۳).
۴	این نظریه تنها تولید نهایی آب را به‌عنوان یک عامل تولید در نظر می‌گیرد؛ اما از رشد اقتصادی پایدار غفلت می‌کند. استراتژی آب مجازی لزوماً برای همه مناطق با کمبود آب مناسب نیست (۱۲).
۵	این نظریه تنها مصرف آب محصولات کشاورزی و تجارت را در نظر می‌گیرد و از ساختارهای اقتصادی، اجتماعی، وضعیت عوامل تولید و چشم‌انداز آینده بخش کشاورزی در مناطق با کمیابی آب شدید چشم‌پوشی می‌کند. محتوای آب موجود در واردات محصولات کشاورزی به تنهایی کمتر از کل مقدار آبی است که برای پرورش محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. مرت نظریه آب مجازی را صرفا یک «استعاره» قدرتمند و خلاقانه می‌داند (۱۱).
۶	مفهوم آب مجازی با مفهوم مزیت نسبی مقایسه‌پذیر نیست. مفهوم آب مجازی به «ذخیره منابع آب اشاره می‌کند؛ اما از تکنولوژی تولید یا هزینه فرصت چشم‌پوشی می‌کند». موجودی نسبی آب تنها عامل اثرگذار بر الگوی تجارت آب مجازی نیست و مجموعه‌ای از عوامل مانند تکنولوژی تولید صنعتی و فناوری آبیاری و بسیاری عوامل دیگر بر تجارت آب مجازی اثرگذارند (۲۴).
۷	دو ادعای نادرست در رابطه با تجارت مجازی آب وجود دارد: اول آن‌که تجارت آب مجازی می‌تواند توزیع نامناسب آب را از بین ببرد و دوم آن‌که، تجارت مجازی آب می‌تواند مناقشات آب را از بین ببرد (۱۲، ۱۷).

پیشینه پژوهش

السادک به بررسی نظریه آب مجازی به‌عنوان یک مکانیسم کارا برای مدیریت یک‌پارچه منابع آب در کشورهای عربی با استفاده از الگوی ردپای آب پرداخت. مطابق نتایج، رفع کاستی‌ها و نواقص نظریه آب مجازی، می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی کارا برای مدیریت و سیاست‌گذاری در مدیریت یک‌پارچه منابع آب در نظر گرفته شود. مطابق نتایج، می‌توان مفهوم استراتژی آب مجازی را در سطح ملی و منطقه‌ای با در نظر گرفتن ذخایر آبی و وارد کردن سایر عوامل اقتصادی، اجتماعی و جمعیتی هر منطقه تعریف کرد تا بتوان به ارزیابی جامع‌تری از تخصیص منابع آب در قالب یک سیستم جامع دست یافت (۲۵). گونگ و جین ظرفیت منابع آب منطقه‌ای در غرب کشور چین با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری فازی و به کمک داده‌های چهل ساله در این منطقه را بررسی کردند. مطابق نتایج، وضعیت منابع آب در منطقه لانژو مناسب نیست و ظرفیت انتقال منابع آب نیز سال به سال کاهش یافته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سیاست‌های یک‌پارچه برای تخصیص منابع آب منطقه‌ای، سیاست‌گذاری‌های درست قیمتی، صرفه‌جویی و حفاظت اجتماعی منابع آب در غرب کشور چین راه‌حلی مناسب برای دستیابی به پایداری و رشد اقتصادی همراه با حفاظت منابع آب است (۲۶). هرتل و لیو به بررسی اثر کمیابی آب بر رشد اقتصادی و محیط‌زیست با استفاده از روش تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) در منتخبی از کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) پرداختند. مطابق نتایج، در نظر گرفتن آب به‌عنوان یکی از نهاده‌های اصلی در رشد اقتصادی امری ضروری است (۴۴). چویی و همکاران با در نظر گرفتن انتقادات وارد شده به نظریه آب مجازی به بررسی تناسب استراتژی آب مجازی در ۵ منطقه از کشور چین در حوزه آبخیزداری هیه (HRB) پرداختند. اطلاعات آماری این

متغیرها در ۱۱ ناحیه و شهرستان در HRB در سال ۲۰۱۲ جمع‌آوری گردیده و با استفاده از رویکرد نظریه‌های فازی تحلیل شده است. مطابق نتایج، وضعیت تقریبا نیمی از شهرستان‌ها «عالی» بود؛ درحالی که نیمی دیگر وضعیت «متوسط» داشتند؛ به جز شهرستان جینتا که وضعیت آب مجازی در این شهرستان بسیار ضعیف بوده است (۱۴). ساروین و همکاران به بررسی ابعاد پایداری در شاخص آبی– اجتماعی– اقتصادی – زیست‌محیطی برای تخصیص یک‌پارچه منابع آب در ۳۵ کشور قاره آمریکا به کمک داده‌های میدانی در سطح ملی طی دوره زمانی ۲۰۱۷–۲۰۰۵ با استفاده از روش برنامه‌ریزی بیان ژن هوش مصنوعی آبی (GEP) پرداختند. در این مطالعه، چهار بعد اصلی برای پایداری شامل ابعاد اقتصادی، توسعه اجتماعی، دانش و فناوری و محیط زیست در نظر گرفته شده است. مطابق نتایج، وضعیت منابع آب در کشورهای آمریکای شمالی نسبتاً پایدار و در کشورهای واقع آمریکای جنوبی ناپایدار است (۴۵). کیائو و همکاران به بررسی اثرات شاخص تکنولوژی منابع آب بر توسعه و رشد اقتصادی در شمال کشور چین با رویکرد داده‌های ترکیبی طی دوره زمانی ۲۰۱۷–۱۹۹۶ پرداختند. مطابق نتایج، بهبود شاخص یک‌پارچه منابع آبی اثر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی در استان‌های شمال کشور چین داشته است. همچنین بهره‌گیری از شاخص‌های یکپارچه می‌تواند مصرف آب را کاهش داده و اثر کارایی فنی بر رشد اقتصادی را به‌صورت معناداری افزایش دهد (۴۶).

با توجه به آن‌چه که گفته شد، تا کنون مطالعه‌ای تجربی در ایران انجام نشده است که اثر تخصیص یک‌پارچه منابع آب در استان‌های ایران را بر رشد اقتصادی استان‌های کشور در قالب یک شاخص ترکیبی آب–اقتصاد–محیط‌زیست بررسی کند تا بتواند آب را در درون یک سیستم یک‌پارچه اقتصادی و با در نظر گرفتن جوانب مربوط به متغیرهای اقتصاد منابع آب، اقتصادی، اجتماعی، محیط زیست، کشاورزی، صنعت، جمعیت و شهرنشینی در هر استان مورد مطالعه قرار دهد. این مطالعه را می‌توان گامی نو در این زمینه برشمرد. خلاصه‌ای از مطالعات تجربی در زمینه تخصیص و سیاست‌گذاری منابع آب و همچنین اثر آب بر رشد اقتصادی در ایران در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲: گزیده‌ای از مطالعات تجربی درباره سیاست‌گذاری منابع آب و اثرات آن بر رشد اقتصادی در ایران

نویسنده/نویسندگان	دوره زمانی / روش/ نمونه مورد بررسی	نتایج پژوهش
(۲۷)	داده– ستانده چند منطقه‌ای (MRIO)	مناطق شمالی کشور ایران که در آن‌ها هیچ‌گونه کمبود آبی وجود ندارد، وارد کننده آب مجازی از طریق تجارت کالاها و خدمات هستند؛ در حالی‌که مناطق با کمیابی آب شدید در ایران صادرکننده خالص آب مجازی به حساب می‌آیند.
(۲۸)	استان سمنان/ بررسی خطر و ریسک پدیده خشکسالی / شاخص تبخیر استاندارد شده (SPI)	طی دوره‌های زمانی ۱۲ ماهه در استان سمنان شهرستان‌های شاهرود، دامغان و سمنان آسیب‌پذیرترین شهرستان‌ها در برابر خشکسالی بوده‌اند.
(۲۹)	مدیریت تقاضا برای آب در مناطق مسکونی در استان تهران/ مدل‌های عامل محور/	افزایش قیمت آب و سرمایه‌گذاری بر روی تبلیغات را می‌توان به‌عنوان راهبردی موثر برای مدیریت مصرف آب در یک منطقه در نظر گرفت.
(۳۰)	حداکثرسازی بهره‌وری آب آبیاری در بخش کشاورزی/ ایلام، بوشهر، آذربایجان غربی، اصفهان، سمنان/ برنامه‌ریزی خطی فازی (FLP)	ارزش اقتصادی محتوی آب آبی (مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی) محصولات کشاورزی در استان‌های آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، ایلام و سمنان با هدف حداکثر شدن بهره‌وری آب کشاورزی به ترتیب ۱۴۶۱۵، ۴۰۶۰۸، ۷۴۲۰، ۴۶۷۳ و ۳۹۲۷۴ ریال به ازای هر متر مکعب بوده است.
(۳۱)	مدیریت منابع آب در استان بوشهر/SWOT /	بر اساس نتایج این مطالعه نقاط قوت بر نقاط ضعف غلبه می‌کنند و منابع آب با تهدیدات بیشتری نسبت به فرصت‌ها مواجه می‌شوند.
(۳۲)	مدل کمی– کیفی برای سیستم انتقالات آب بین حوزه‌ای/ نظریه بازی‌ها و آب مجازی/ حوزه سولاکان به رفسنجان	رویکرد پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان ابزاری موثر و کارا برای توسعه پایدار و مدیریت تخصیص آب و انتقال بین‌حوزه‌ای آب و حل تعارضات آبی و محدودیت‌های فیزیکی و زیست‌محیطی پدید آمده با استفاده از مفهوم آب مجازی در نظر گرفته شود.
(۳۳)	توسعه سیاست‌گذاری‌های مختلف عرضه و تقاضای آب در یک منطقه پویایی‌های سیستم/ رفسنجان	بهبود روش‌های آبیاری و محدود کردن مساحت زیر کشت مهم‌ترین چالش‌های مدیریت تقاضای آب برای کشاورزان است.

مواد و روش‌ها

شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد – محیط‌زیست

پس از بیان انتقادات به نظریه اولیه آب مجازی برخی از مطالعات با در نظر گرفتن این انتقادات تلاش کردند تا رویکردی نو به مسئله

تخصیص منابع آب با استفاده از سیستم شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست داشته باشند. بسیاری از پژوهشگران بر مفهومی به نام «اتصال از راه دور» (telecoupling) اشاره می‌کنند که بیانگر اهمیت چشمگیر تعامل بین سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و سیستم‌های زیست‌محیطی در تخصیص منابع آب است (۳۴). برخی از مطالعات مانند (۱۴)، (۲۶) و (۴۵) بر اساس مبانی نظری آب مجازی و انتقادات طرح شده در این حوزه شاخص آب- اقتصاد –محیط‌زیست را برای تخصیص منطقه‌ای منابع آب به‌صورت یک‌پارچه پیشنهاد کرده‌اند. پیاده‌سازی راهبرد آب مجازی را می‌توان از دیدگاه سیستم یک‌پارچه آب- فرآیندهای اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیست نگریست؛ زیرا آب یک منبع اساسی برای پایداری محیط زیست، سیستم‌های اقتصادی- اجتماعی و زندگی انسانی است و عملکرد منطقه‌ای در این زمینه برای ایجاد تعادل بین این ابعاد برای تخصیص بهینه منابع آب موضوعی ضروری به شمار می‌آید (۱۴). راهبردهای تخصیص آب- اقتصاد- محیط‌زیست، تنها خود آب را در نظر نمی‌گیرد؛ بلکه این رویکردها باید تعامل و هماهنگی بین آب و سایر ابعاد پایداری منابع آب، پایداری زیست‌محیطی و توسعه اقتصادی را در سراسر یک منطقه به‌صورت یک واحد یک‌پارچه در نظر بگیرد. در این مطالعه تلاش شده است تا بر اساس رویکرد مطالعاتی پیشنهادی (۱۴ و ۲۶) و همچنین مبانی نظری و ادبیات موجود در زمینه موضوع پژوهش شاخص آب- اقتصاد-محیط- زیست در قالب سیستمی یک‌پارچه و در پنج بعد اقتصاد منابع آب، تکنولوژی و حمل و نقل، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای استان‌های ایران تعیین و برآورد شود. روش‌شناسی تدوین این شاخص و ابعاد پیشنهادی آن توسط (۱۴) بیان‌شده است. زیرشاخص‌های اصلی و متغیرهای موثر در شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد- محیط‌زیست بر اساس مطالعات صورت‌گرفته در جدول (۳) آورده شده است. لازم به ذکر است که در بخش زیست‌محیطی A_1 تا A_4 به ترتیب ، نشان‌دهنده مساحت جنگل، مساحت مراتع، مساحت زمین‌های قابل کشت و مساحت سایر زمین‌های موجود در منطقه است. مقدار A نیز نشان‌دهنده مساحت کل استان مورد نظر خواهد بود. در این رابطه، A_{bio} به‌عنوان ضریب شاخص کیفیت سکونت شناخته می‌شود و مقدار مرجع این ضریب برابر با ۵۱۲/۲۶ در نظر گرفته می‌شود (۱۴، ۵۰).

روش پژوهش

این پژوهش در ابتدا شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست را برای ۳۱ استان ایران برآورد کرده و پس از آن با بهره‌گیری از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) اثرات به‌کارگیری شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست را بر رشد اقتصادی در استان‌های ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۱ برآورد می‌کند. برای این منظور، در ابتدا شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست از روش ارزیابی مصنوعی فازی برای طبقه‌بندی و تحلیل ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، منابع آب، تکنولوژی و حمل و نقل و محیط زیست استفاده شده است. برای وزن‌دهی ابعاد نظریه آنتروپی و بر اساس روش مفهوم آنتروپی شانون استفاده شده است. آنتروپی برای اولین بار در زمینه ترمودینامیک مورد استفاده قرار گرفت. این روش بعدها توسط (۳۵) برای نظریه اطلاعات معرفی شد. عینیت قوی موجود در این روش می‌تواند تاثیر عوامل ذهنی، مانند نظرات کارشناسان را از بین ببرد (۳۶). شاخص آب مجازی با توجه به عوامل مختلفی تعیین می‌شود و روابط بین عوامل تا حدود زیادی نامعلوم است. درجه اثرگذاری هر عامل متفاوت است؛ اما بین آن‌ها رابطه‌ای وجود دارد. در نتیجه، ارزیابی مناسب بودن یک استان برای سیاست‌گذاری یک‌پارچه آب- اقتصاد-محیط‌زیست یک مسئله ارزیابی فازی چند هدفه و چند سطحی است. در بسیاری از مدل‌های ارزیابی ریاضی کلاسیک برای ارزیابی فرآیند از تحلیل سلسله‌مراتبی یا تجزیه و تحلیل اجزای اصلی و غیره استفاده می‌شود. با این حال، این روش‌ها در ارزیابی عدم اطمینان در هنگام حل مساله ناکافی هستند (۳۷).

در مقایسه با نظریه مجموعه کلاسیک که توسط کانتور معرفی شد، لطفی‌زاده مفهوم مجموعه‌های فازی را پیشنهاد کرد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای نظریه مجموعه‌های فازی به‌ویژه مفهوم آنتروپی، ارزیابی اثرات اجتماعی و تعارضات زیست‌محیطی است؛ زیرا ارزیابی اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی در زمینه تصمیم‌گیری عمدتاً با استفاده از روش‌های کیفی انجام می‌شود (۳۸). روش ارزیابی جامع فازی، یک سیستم شاخص ارزیابی جامع چند لایه بر اساس ریاضیات فازی است که در بسیاری از سیستم‌های ارزیابی در تحقیقات علمی استفاده شده است. روند ارزیابی جامع فازی شامل این موارد است: الف) مجموعه‌ای از عوامل موثر بر ارزیابی ساخته می‌شود. ب) مجموعه ارزیابی تنظیم خواهد شد که مجموعه‌ای از همه موارد ممکن برای نتایج ارزیابی، جهت هدف مورد ارزیابی است. ج) تابع عضویت فازی تایید می‌شود. د) ماتریس روابط فازی بر اساس ارزیابی کل عوامل تکی ایجاد می‌شود ه) وزن مجموعه‌ای از شاخص‌ها تعیین می‌گردد. و) ماتریس ارزیابی فازی بر مبنای بخش‌های (د) و (ه) ساخته شده و سپس ارزیابی نتایج حاصل از عملگر محاسباتی فازی به دست می‌آید (۳۹). در بخش پایانی سیستم استنتاج فازی کار فازی‌زدایی (تبدیل اعداد فازی به اعداد کلاسیک) انجام می‌شود. روش‌های بسیار متنوعی برای تبدیل کمیت فازی به کمیت کلاسیک (فازی‌زدایی) وجود دارد که این روش‌ها را به‌طور کلی می‌توان در به چهار دسته روش‌های مبتنی بر میانگین، روش‌های مبتنی بر کمینه، روش‌های مبتنی بر بیشینه و سایر روش‌ها تقسیم‌بندی کرد (۴۰). سیستم ارزیابی جامع فازی به‌کار رفته در این مطالعه در شکل (۱) آورده شده است.

جدول ۳: شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست و ابعاد آن

مولفه / شاخص	تعریف	واحد
	منابع آب	
دسترسی به آب سرانه	دسترسی به آب سطحی و زیرزمینی (مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی) (متر مکعب به نفر)	$\frac{m^3}{person}$
مصرف آب / یک میلیارد ریال ارزش افزوده بخش صنعت	کل مقدار آب مصرف شده در بخش صنعت استان/ کل ارزش افزوده بخش صنعت استان	$\frac{m^3}{10^9\ Rials}$
سرانه زمین‌های قابل کشت سالانه	سرانه مساحت کل زمین‌های قابل کشت هر استان	$\frac{hm^2}{person.year}$
محصول کشاورزی در واحد سطح	کل مقدار محصول کاشتنی در هر استان/ مساحت واقعی زمین‌های استفاده شده برای محصولات کشاورزی در هر استان	$\frac{ton}{hm^2}$
	تکنولوژی و حمل و نقل	
کارایی فنی صنعتی	کارایی صنعتی فنی بر اساس بازدهی نسبت به مقیاس	شاخص
ضریب آبیاری (ضریب جذب)	مقدار خالص آب جذب شده به زمین / مقدار کل آب استفاده شده برای آبیاری	درصد
حمل و نقل و باربری	مقدار تناژ بار حمل شده در استان	ton
تراکم شبکه حمل و نقل	طول امکانات حمل و نقل استان / مساحت استان	$\frac{km}{10^2 km^2}$
	اقتصادی	
تولید سرانه (GDP سرانه)	تولید ناخالص سرانه یک استان	میلیارد ریال
نرخ رشد	تفاضل بین GDP سال هدف و GDP سال گذشته (درصد)	درصد
نرخ ناخالص تولید محصولات کشاورزی	ارزش تولید محصولات کشاورزی سالانه به‌صورت درصد از کل GDP سالانه هر استان	درصد
نرخ ناخالص تولید محصولات صنعتی	ارزش تولید محصولات صنعتی سالانه به‌صورت درصد از کل GDP سالانه هر استان	درصد
	اجتماعی	
ضریب انگل	نسبت درآمد خرج شده بر روی غذا (درصد)	درصد
نرخ شهرنشینی	جمعیت ناخالص شهری به‌صورت درصد از کل جمعیت هر استان (درصد)	درصد
نرخ رشد جمعیت	مقدار کل رشد جمعیت طبیعی در هر استان / به مقدار کل میانگین جمعیت هر استان (درصد)	درصد
	محیط زیست	
نسبت پوشش جنگل به مرتع	مجموع جنگل و مراتع به‌صورت مساحت کل زمین در هر استان	درصد
شاخص کیفیت سکونت (HQI)	$\frac{0.35\ A_1 + 0.21\ A_2 + 0.28\ A_3 + 0.16\ A_4}{\mathrm{A}} \times A_{bio}$ A_{bio} ضریب نرمال‌سازی شاخص کیفیت سکونت با مقدار مرجع ۵۱۲/۲۶ است.	
حجم فاضلاب تولیدی در هر استان	حجم سرانه فاضلاب تولیدی در هر استان	

یکی از بخش‌های مهم در ارزیابی مصنوعی فازی مسئله تعیین وزن است. هنگامی که هدف ارزیابی شده در دو شاخص متفاوت دارای ارزشی یکسان است، حداکثر مقدار آنتروپی برابر با عدد ۱ خواهد بود. وزن آنتروپی برابر با عدد ۰، نشان می‌دهد که این شاخص هیچ اطلاعات مفیدی برای تصمیم‌گیرندگان ارائه نمی‌کند. هنگامی که تفاوت در مقدار شاخص برای هر هدف مورد ارزیابی در شاخص‌های خاص بزرگ است، مقدار آنتروپی کوچک خواهد بود. وزن آنتروپی بزرگ بدین معناست که آن شاخص نشان‌دهنده اطلاعات مفیدی برای تصمیم‌گیرنده است (۴۲). آنتروپی یک مفهوم جهانی در علم است که ابزاری بسیار مناسب برای کمّی‌سازی عدم قطعیت در یک سری از رویدادهای تصادفی به شمار می‌رود. آنتروپی یک معیار کمّی برای بی‌نظمی، بی‌ثباتی، عدم تعادل و عدم قطعیت در یک سیستم است که می‌تواند روند توسعه یک سیستم مشخص را پیش‌بینی کند (۵۱). می‌توان نشان داد که آنتروپی شانون مناسب‌ترین معیار عدم قطعیت برای توضیح یک پدیده تصادفی است (۴۲). آنتروپی فازی شناخته‌شده‌ترین معیار برای اندازه‌گیری درجه فازی بودن یک مجموعه فازی است که لطفی‌زاده برای اولین بار این مفهوم را طرح کرد. معیار کمیّت اطلاعات فازی که از مجموعه فازی یا سیستم فازی به‌دست

می‌آید، به‌عنوان آنتروپی فازی شناخته می‌شود. باید تاکید کرد که معنای آنتروپی فازی کاملاً متفاوت از معنای آنتروپی کلاسیک شانون است؛ زیرا برای تعریف آن نیازی به مفهوم احتمالی نیست. این مسئله به دلیل این واقعیت است که آنتروپی فازی حاوی ابهام و عدم قطعیت است؛ در حالی‌که آنتروپی شانون شامل عدم قطعیت تصادفی (احتمالی) است (۳۶).

پس از محاسبه مقادیر آماره‌های توصیفی، در گام بعدی هر یک از وزن‌های مربوط به متغیرهای شاخص آب مجازی با استفاده از روش وزن‌دهی آنتروپی برای ۱۸ زیرشاخص موثر در شاخص آب- اقتصاد محیطزیست برای ۳۱ استان ایران محاسبه شده است. پس از انجام محاسبات وزنی، بر طبق اصل اساسی در مورد تابع عضویت و تحلیل درجه عضویت، شاخص آب مجازی ساخته شده است (۴۳).

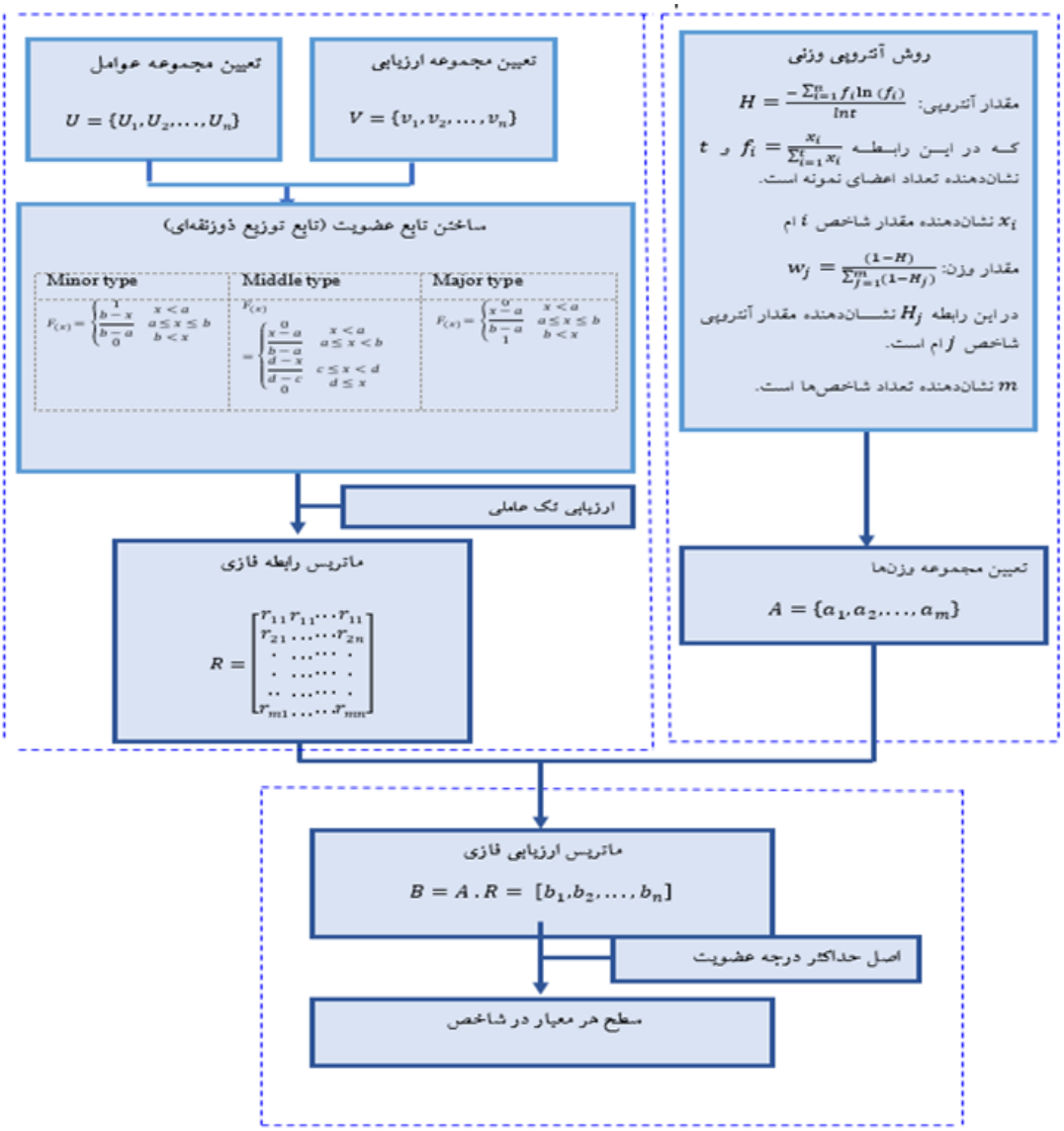
پس از طی فرآیند فازی‌زدایی از مقادیر به‌دست آمده برای شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیطزیست، مقادیر به‌دست آمده برای این شاخص آبی به مدل رشد اقتصادی وارد شده و این مدل با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) برآورد شده است. مدل پیشنهادی این مطالعه برای بررسی اثر شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد – محیطزیست بر رشد اقتصادی در استان‌های ایران با بهره‌گیری از مطالعه هری‌وودز (۲۰۲۰) مانند رابطه (۱) تصریح شده است. مطابق رابطه (۱)، در این مدل Yit نشان‌دهنده سطح رشد اقتصادی استان i و در استان t و y_{it-1} وقفه رشد اقتصادی است که با استفاده از متغیر تولید ناخالص داخلی (GDP) استانی اندازه‌گیری می‌شود.

دلیل اضافه کردن وقفه به مدل برآورد شده پویایی و درون‌زایی متغیر رشد اقتصادی است. متغیر POP_{it} بیانگر نرخ رشد جمعیت هر استان i در دوره t است. افزون بر این، IWI_{it} نشان‌دهنده شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیطزیست است که به‌صورت میانگین وزن‌های به‌دست آمده از روش آنتروپی شانون بعد از فرآیند فازی‌زدایی هر استان i در دوره t تعریف می‌شود. متغیر LEX_{it}، نرخ امید به زندگی برای هر استان i در دوره t و HC_{it} و CF_{it} به‌ترتیب نشان‌دهنده متغیر سرمایه انسانی استانی و سطح سرمایه در هر استان i در دوره t است. برای اندازه‌گیری متغیر سرمایه انسانی از نرخ باسوادی در استان و برای اندازه‌گیری سطح سرمایه از نرخ تشکیل سرمایه ثابت ناخالص داخلی هر استان به‌عنوان متغیر جایگزین استفاده شده است.

همه داده‌های قیمتی به‌صورت واقعی بر اساس سال پایه ۱۳۹۰ وارد مدل شده‌اند. مدل پیشنهادی مطالعه با استفاده از داده‌های مربوط به ۳۱ استان کشور و طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۱ برآورد شده است. برای برآورد مربوط به شاخص در سال‌های مختلف و همچنین رسم نقشه‌های جغرافیایی از نرم‌افزارهای اکسل و GIS بهره گرفته شده است. همچنین برای برآورد مدل گشتاورهای تعمیم‌یافته از نرم‌افزار ایویوز استفاده شده است. در اقتصادسنجی، روش داده‌های ترکیبی پویا یا رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) برای حل مشکلات مربوط به خودهمبستگی و ناهمگنی استفاده شده است. این روش برای حل مسائل مربوط به درون‌زایی برخی از متغیرهای توضیحی معرفی شده است (۴۷). این همان علت اصلی است که در این مقاله از سیستم گشتاورهای تعمیم‌یافته GMM استفاده شده است. باید توجه داشت که استفاده از روش پانل ایستا در زمینه همبستگی سریالی، ناهمسانی واریانس، درون‌زایی برای بعضی از متغیرهای توضیحی با مشکلاتی همراه است. برآوردگر سیستم GMM، این امکان را برای محققان پدید می‌آورد که بتوانند مشکلات مربوط به همبستگی سریالی، ناهمسانی واریانس و درون‌زایی را برای بعضی از متغیرها رفع کنند. این مشکلات توسط (۴۷)، (۴۸)، (۴۹) با ارائه برآوردگر GMM حل شدند

.

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_{it-1} + \beta_2 POP_{it} + \beta_3 IWI_{it} + \beta_4 LEX_{it} + \beta_5 HC_{it} + \beta_6 CF_{it} + u_{it} + e_{it} \qquad (۱)$$



شکل ۱: سیستم ارزیابی جامع فازی و ترکیب آن با مفهوم آنتروپی

داده‌های پژوهش

داده‌های مربوط به برآورد شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست مانند مساحت استانی، جمعیت شهری، جمعیت استان، GDP استانی، ارزش افزوده بخش صنعت، ارزش افزوده بخش کشاورزی، درآمد خرج شده بر روی غذا، تعداد دانش‌آموزان با مدرک دیپلم، کل دانش‌آموزان هر استان، حجم آب‌های سطحی و زیرزمینی (شامل چشمه، قنات، چاه نیمه عمیق و چاه عمیق)، انواع اراضی (شامل اراضی زراعی، مراتع، سایر اراضی، حجم فاضلاب، وزن‌های بار جابه‌جا شده توسط سیستم حمل و نقل استانی (شامل حمل و نقل جاده‌ای، حمل و نقل ریلی، پروازها (داخلی و بین‌المللی) و بنادر برای استان‌های دارنده هر یک از انواع حمل و نقل)، جمع راه‌های استانی ((شامل کل راه‌های جاده‌ای و کل خطوط ریلی راه‌آهن (اصلی، فرعی و صنعتی))، حجم آب استفاده شده در بخش صنعت استانی از سالنامه‌های آماری استانی، سالنامه آماری کشور، حساب‌های ملی و منطقه‌ای مرکز آمار ایران، وزارت نیرو و وزارت صنعت و معدن جمع‌آوری شده‌اند. همچنین آمارهای مربوط به حجم تولیدی محصولات کشاورزی هر استان و مساحت اراضی زراعی و کشاورزی از آمارنامه بخش کشاورزی استخراج شده است. داده‌های مربوط به مساحت‌های جنگل‌ها، اراضی استانی از سازمان محیط زیست کشور و همچنین سالنامه‌های آماری استانی و کشوری مرکز آمار ایران گرفته شده‌اند. افزون بر این، داده‌های مربوط به میانگین کارایی فنی صنعتی از مطالعه (۴۱) جمع‌آوری شده است. محاسبات این شاخص به روشی دقیق و با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده (DEA) انجام شده و مقدار شاخص کارایی فنی صنعتی برای هر یک از استان‌های کشور هم به‌صورت تکی و هم به‌صورت میانگین ده ساله محاسبه و رتبه‌بندی شده است. افزون بر این، ضریب آبیاری هر یک از استان‌های کشور از موسسه تحقیقات فنی کشاورزی به دست آمده است. داده‌های مربوط به حجم منابع آب زیرزمینی و آب سطحی در هر یک از استان‌ها از سامانه تخصصی ساماب و داده‌های مرکز مدیریت منابع آب ایران و مرکز آمار ایران اخذ شده است. لازم به ذکر است که همه داده‌های قیمتی به‌صورت واقعی بر اساس سال پایه ۱۳۹۰ و

محاسبات مربوط به سایر نسبت‌های به‌کار رفته در شاخص و محاسبات کمی برای به‌دست آوردن ضرایبی مانند ضریب انگل، شاخص کیفیت سکونت، نرخ شهرنشینی و ... به‌کار رفته در شاخص توسط محققان انجام شده است. پس از جمع‌آوری همه داده‌های مربوط به شاخص آب مجازی از سیستم جامع ارزیابی فازی برای برآورد شاخص آب مجازی و تحلیل ابعاد آن استفاده شده است. سایر داده‌های مربوط به مدل پژوهش نیز از مرکز آمار ایران و سالنامه آماری استان‌های کشور جمع‌آوری گردیده است.

بحث و نتایج

برآورد شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد-محیط‌زیست و رتبه‌بندی استان‌ها

پیش از برآورد مدل اصلی مطالعه برای بررسی اثر و کاربرد شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد- محیط‌زیست در استان‌های ایران، نتایج حاصل از برآورد این شاخص بررسی می‌شود. از آن‌جا که به‌دلیل محدودیت در تعداد صفحات مقاله، ارائه همه نتایج مربوط به مقادیر برآورد شده برای شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست برای همه سال‌های مورد بررسی در این پژوهش امکان‌پذیر نیست، برای نمونه، نتایج حاصل از برآورد شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست برای سال ۱۳۹۷ در قالب نقشه‌های جغرافیایی برای نشان دادن وضعیت ابعاد پنج‌گانه شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست از نقشه‌های جغرافیایی ترسیم شده در نرم‌افزار GIS استفاده شده است. پس از محاسبه مقادیر عددی شاخص با استفاده از روش آنتروپی و طی روند فازی‌زدایی از مقادیر، نتایج به‌دست آمده را می‌توان به یکی از پنج رتبه، یعنی مجموعه ارزیابی $\{I, II, III, IV, V\}$ ={عالی، خوب، متوسط، نسبتا ضعیف و ضعیف} دسته‌بندی کرد. به عبارت دیگر، نتایج ارزیابی به پنج دسته تقسیم می‌شوند که به ترتیب با درجات I، II، III، IV و V نام‌گذاری شده و برای هر منطقه، ظرفیت استان مربوطه در آن زیرشاخص از درجه I به درجه V کاهش می‌یابد. در این شرایط هر استان یکی از پنج رتبه را بر اساس محاسبات انجام شده به دست می‌آورد تا بتوان مناسب بودن وضعیت هر استان در هر یک از زیرشاخص‌های یک‌پارچه آب- اقتصاد – محیط‌زیست در آن استان را برآورد نمود.

شکل (۲) وضعیت رتبه‌بندی هر یک از استان‌های کشور در هر یک از زیرشاخص‌های منابع آب، تکنولوژی و حمل و نقل، اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست را نشان می‌دهد. برای آن‌که بتوان نتایج به‌دست آمده از فازی‌زدایی را بتوان به‌شکل بهتری بیان کرد، وضعیت هر یک از استان‌های کشور در هر یک از زیرشاخص‌ها در یک طیف پنج‌تایی و با رنگی خاص از قوی به ضعیف دسته‌بندی شده است که در آن به‌ترتیب عدد (۱) در نقشه، نشان‌دهنده وضعیت قوی (I)، عدد (۲) نشان‌دهنده وضعیت نسبتاً قوی (II)، عدد (۳) وضعیت متوسط (III)، عدد (۴) وضعیت نسبتاً ضعیف (IV) و عدد (۵) بیانگر وضعیت ضعیف (V) برای آن استان در زیرشاخص‌های پنج‌گانه در شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط-زیست و همچنین شاخص کل است.

به‌عنوان مثال، همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در سال ۱۳۹۰، هیچ یک از استان‌های ایران از نظر زیرشاخص‌های پنج‌گانه در شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست وضعیت عالی نداشته‌اند. نتایج به‌دست آمده از سیستم ارزیابی جامع فازی نشان می‌دهد که در زیرشاخص منابع آب، استان‌های اردبیل، خراسان جنوبی، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، کرمان، مرکزی و یزد وضعیت نسبتاً ضعیف داشته‌اند. سایر استان‌های کشور از نظر وضعیت زیر شاخص منابع آب، وضعیت متوسط و خوب دارند. از نظر زیرشاخص اقتصادی، همه استان‌های کشور در وضعیت متوسط و نسبتاً ضعیف قرار دارند. در این زیرشاخص استان‌های فارس، قزوین، قم، مازندران، گیلان، مرکزی، چهار محال بختیاری، بوشهر، خراسان شمالی و خراسان رضوی وضعیت متوسط و سایر استان‌های کشور وضعیت نسبتاً ضعیف دارند. این مسئله می‌تواند بیانگر بهره‌وری کم استفاده از آب در بخش تولیدات کشاورزی و صنعتی باشد. نکته قابل توجه آن است که از نظر زیرشاخص اجتماعی بخش عمده‌ای از استان‌های کشور وضعیت خوب و متوسط دارند؛ در حالی‌که استان‌های البرز، خراسان جنوبی، زنجان و هرمزگان وضعیت نسبتاً ضعیف و استان‌های خراسان شمالی، کرمانشاه و لرستان در وضعیت ضعیف قرار می‌گیرند. این مسئله نشان می‌دهد که استان‌های مذکور نیازمند سیاست‌گذاری متنوعی در زمینه آب و به‌ویژه در بعد اجتماعی منابع آب هستند.

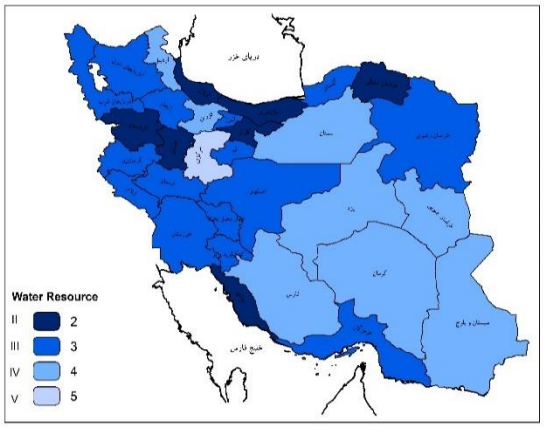
افزون بر این، از نظر شاخص تکنولوژی و حمل و نقل، اکثر استان‌های کشور در وضعیت خوب و متوسط قرار دارند؛ در حالی‌که استان‌های ایلام و کهگیلویه و بویر احمد در وضعیت نسبتاً ضعیف برای این زیرشاخص هستند. از نظر زیرشاخص زیست‌محیطی نیز بخش عمده‌ای از استان‌های کشور وضعیت خوب و متوسط داشته‌اند؛ در حالی‌که استان‌های البرز، خراسان جنوبی، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، کرمانشاه و کهگیلویه و بویراحمد در وضعیت نسبتاً ضعیف برای این شاخص دسته‌بندی می‌شوند.

در نهایت، از نظر شاخص کل آب- اقتصاد – محیط‌زیست نیز می‌توان همه استان‌های را دسته‌بندی کرد. نکته قابل توجه آن است که هیچ یک از استان‌های کشور در وضعیت عالی یا ضعیف شاخص آب- اقتصاد- محیط‌زیست قرار نمی‌گیرد. بر اساس نتایج به‌دست آمده برای شاخص کل آب مجازی می‌توان مشاهده کرد که بسیاری از استان‌های کشور در وضعیت متوسط قرارگرفته‌اند و استان‌های مازندران، گیلان، خوزستان و چهارمحال بختیاری از نظر وضعیت شاخص آب مجازی در وضعیت خوب هستند. بدان معنا که می‌توان این استان‌ها را به‌عنوان بهترین استان‌ها برای اجرای راهبرد تجارت آب مجازی در نظر گرفت. همچنین بر اساس نتایج شاخص کل، استان‌های البرز، ایلام، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، کرمان، قزوین، کرمانشاه، کهگیلویه و بویر احمد، لرستان و مرکزی در وضعیت نسبتاً ضعیف آب مجازی قرار می‌گیرند. نتیجه نهایی نشان می‌دهد که هر یک از استان‌های کشور وضعیت خاصی از نظر شاخص یک‌پارچه اقتصاد- آب- محیط‌زیست دارند و سیاست‌گذاری انجام شده در هر یک از این استان‌ها باید بر اساس قوت یا ضعف استان‌های مذکور در هر یک از زیرشاخص‌های منابع آب، تکنولوژی و حمل و نقل، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی باشد.

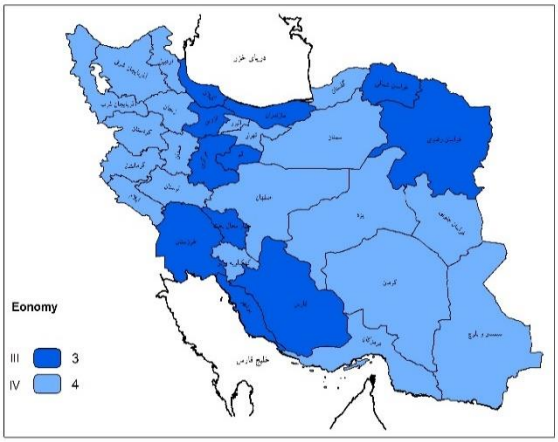
نکته قابل توجه آن است که سیاست‌گذاری منابع اب در استان‌های

کشور باید در قالب سیاست‌گذاری یک‌پارچه منطقه‌ای انجام شود که در آن توسعه بخش‌های اقتصادی کشاورزی، صنعت و خدمات و تخصیص منابع آبی با توجه به ظرفیت و قوت استان‌های کشور در این ابعاد انجام شود. توسعه بخش کشاورزی و صنایع دسته اول از نظر آب‌بری عمدتاً در استان‌های قوی از نظر شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست مانند استان‌های گیلان، مازندران، چهارمحال و بختیاری و خوزستان انجام شده و از توسعه این صنایع و محصولات در استان‌های ضعیف از نظر شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد– محیط‌زیست خودداری شود. به‌جای آن، این استان‌ها باید به توسعه بخش خدمات و صنایع دست دوم و سوم از نظر آب‌بری بپردازند و محصولات آب‌بر را از مناطق با فراوانی آب وارد کنند.

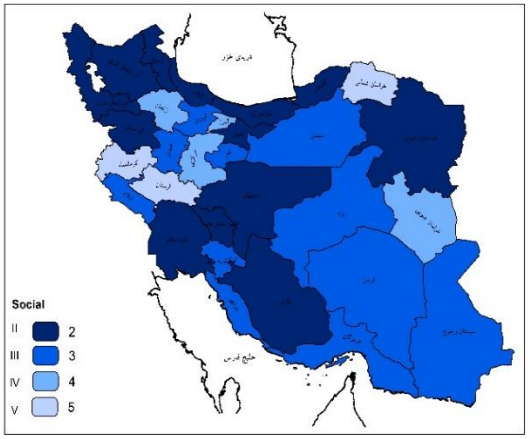
شکل ۲: نقشه فضایی پنج زیرشاخص اصلی و میانگین کل برای سال ۱۳۹۰



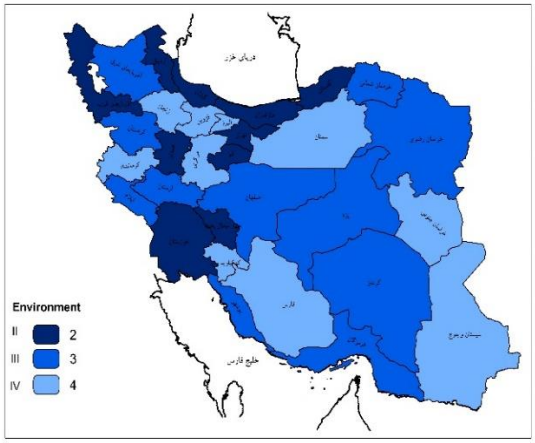
منابع آب



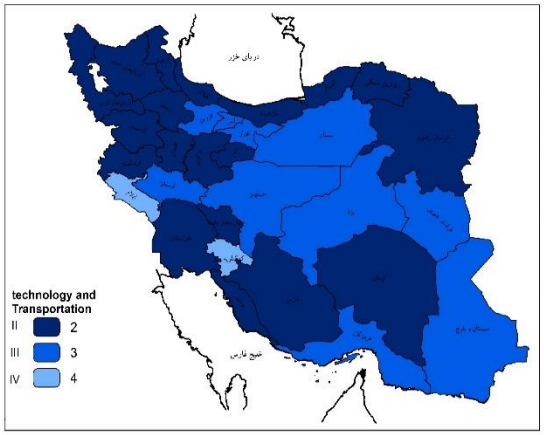
اقتصادی



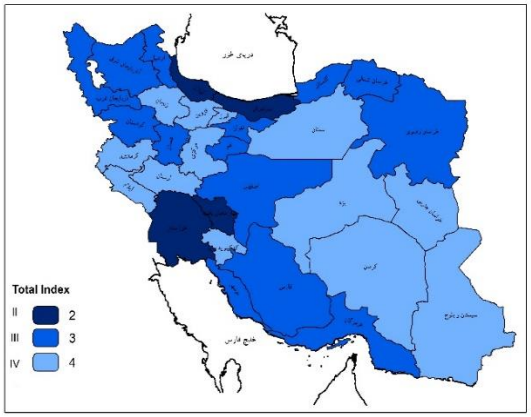
اجتماعی



زیست‌محیطی



تکنولوژی و حمل و نقل



شاخص کل

منبع: نتایج پژوهش

پس از محاسبه وزن‌های مربوط به شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد– محیطزیست برای استان‌های کشور، برای بررسی اثر شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد – محیطزیست بر رشد اقتصادی استان‌های ایران از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) طی دوره زمانی ۱۳۹۷–۱۳۹۱ استفاده شده است. برای این منظور، پیش از برآورد مدل اصلی مطالعه، برای اطمینان از کاذب نبودن ضرایب رگرسیونی برآورد شده، در ابتدا آزمون-های مانایی بر روی هر یک از متغیرهای مدل انجام شده است. فرض صفر در آزمون مانایی بیانگر عدم مانایی متغیر مورد نظر یا وجود ریشه واحد برای آن متغیر است. رد فرضیه صفر آزمون مانایی به معنای عدم وجود ریشه واحد یا مانا بودن متغیر است. نتایج به‌دست آمده از انجام آزمون مانایی بر روی متغیرهای مدل پژوهش در جدول (۱) آورده شده است. فرضیه صفر در آزمون نشان‌دهنده وجود ریشه واحد برای متغیر مورد نظر است. چنانچه مقدار آماره p-value محاسبه شده کمتر از ۵ درصد باشد یا قدر مطلق آماره محاسباتی از قدر مطلق مقدار بحرانی با توزیع t بیشتر باشد، فرضیه وجود ریشه واحد برای آن متغیر رد می‌شود و این به معنای مانا بودن متغیر مورد نظر است. در این مطالعه برای آزمون مانا بودن متغیرهای پژوهش از آزمون ایم، شین و پسران استفاده شده است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، از آن‌جا که مقدار prob محاسبه شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد کمتر از مقدار ۰/۰۵ بوده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای جمعیت استانی (POP)، شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیطزیست (IWI)، سطح سرمایه انسانی (HC) و امید به زندگی (LEX) در سطح مانا بوده‌اند. همچنین مطابق نتایج آزمون مانایی، متغیرهای تولید ناخالص سرانه استانی (GDP) و تشکیل سرمایه استانی (CF) در سطح مانا نبوده‌اند؛ بنابراین بار دیگر آزمون‌های مانایی ایم شین و پسران برای تفاضل مرتبه اول متغیرهای نامانا تکرار شده است. نتایج آزمون مانایی برای تفاضل مرتبه اول متغیرها در جدول (۲) مشاهده می‌شود. همان‌طور که از نتایج جدول (۲) مشاهده می‌شود، از آن‌جا که مقدار آماره prob محاسباتی از عدد ۰/۰۵ کمتر شده است، می‌توان گفت که تفاضل مرتبه اول همه متغیرها مانا بوده است.

جدول (۱): نتایج آزمون مانایی متغیرها (سطح)

متغیر		شیوه ارزیابی	آماره آزمون	Prob	مانایی/ نامانایی
سطح	POP	مقدار ثابت	-۸/۱۱۳۳۲	۰/۰۰۰۰	مانا
		مقدار ثابت و روند	-۷/۶۵۱۳۲	۰/۰۰۰۰	
	GDP	مقدار ثابت	۸/۹۶۳۴۶	۱/۰۰۰۰	نامانا
		مقدار ثابت و روند	۲/۷۶۵۳۲	۰/۹۸۵۴	
	IWI	مقدار ثابت	-۴/۳۵۲۷۶	۰/۰۰۰۰	مانا
		مقدار ثابت و روند	-۲/۸۴۳۲۹	۰/۰۰۱۴	
	CF	مقدار ثابت	۴/۰۵۸۹۲۴	۱/۰۰۰۰	نامانا
		مقدار ثابت و روند	۰/۰۱۱۸۳	۰/۴۹۸۸	
	HC	مقدار ثابت	-۸/۴۴۵۶۹	۰/۰۰۰۰	مانا
		مقدار ثابت و روند	-۸/۸۶۳۵۲	۰/۰۰۰۰	
	LEX	مقدار ثابت	-۱۰/۱۱۲۷۴	۰/۰۰۰۰	مانا
		مقدار ثابت و روند	-۸/۴۸۵۲۳	۰/۰۰۰۰	

منبع: نتایج پژوهش

مطابق نتایج آزمون های مانایی، از آن جا که برخی از متغیر های پژوهش مانا و برخی دیگر نامانا بوده‌اند، باید وجود همجمعی یا رابطه بلندمدت بین متغیر های مدل را آزمون کرد. در این مطالعه، برای آزمون وجود همجمعی بین متغیرها از آزمون کائو با آماره دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF) استفاده شده است. در آزمون همجمعی کائو، فرضیه صفر آزمون بیانگر عدم وجود همجمعی یا عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها است. نتایج حاصل از انجام آزمون همجمعی کائو در جدول (۳) آورده شده است. مطابق نتایج جدول (۳)، از آن‌جا که قدر مطلق آماره محاسباتی از قدر مطلق مقدار بحرانی بیشتر بوده و همچنین مقدار prob محاسباتی کمتر از ۰/۰۵ است؛ می‌توان نتیجه گرفت که در سطح اطمینان ۹۵ درصد یک رابطه تعادلی بلندمدت بین رشد اقتصادی و متغیرهای توضیح‌دهنده مدل پژوهش برقرار است.

جدول (۲): نتایج آزمون مانایی متغیرها (تفاضل مرتبه اول متغیرها)

متغیر		روش ارزیابی	آماره‌ی آزمون	احتمال	ایستایی یا نا ایستایی
تفاضل مرتبه اول	GDP	مقدار ثابت	-۲۰/۸۵۵۳۶	۰/۰۰۰۰	مانا
		مقدار ثابت و روند	-۹/۹۱۸۴	۰/۰۰۰۰	
	CF	مقدار ثابت	-۲۱/۸۳۲۹	۰/۰۰۰۰	مانا
		مقدار ثابت و روند	-۲۲/۰۴۸۲	۰/۰۰۰۰	

منبع: نتایج پژوهش

این بدان معنا است که متغیرهای مدل در بلندمدت هم‌جمع هستند .یکی دیگر از آزمون‌های مهم در روش داده‌های ترکیبی برای انتخاب بین روش حداقل مربعات تجمع شده و روش داده‌های ترکیبی، آزمون چاو است. برای انجام آزمون چاو، ابتدا مدل اثر ثابت زمانی تخمین زده شده است. سپس آزمون چاو انجام و بر اساس آماره محاسباتی F لیمر فرضیه صفر، آزمون می‌شود. رد فرضیه صفر در آزمون چاو به معنای رد روش داده‌های تلفیقی در مدل و تایید وجود رابطه به صورت داده‌های ترکیبی است. نتایج به‌دست آمده از انجام آزمون چاو در جدول (۴) آمده است. همان‌گونه که از نتایج انجام آزمون چاو دیده می‌شود، فرضیه صفر آزمون مبنی بر استفاده از داده‌های تلفیقی رد شده و روش داده‌های ترکیبی تایید می‌شود.

جدول (٤): آزمون چاو برای تشخیص الگوی داده‌های ترکیبی یا تلفیقی

	آماره محاسباتی F	سطح معناداری	نتیجه
آزمون اثرات ثابت (چاو)	۹/۴۳۲۶۳	۰/۰۰۰۰	رد H_0

منبع: نتایج پژوهش

پس از انجام آزمون‌های مانایی و همجمعی برای کاذب نبودن مدل رگرسیونی برآورد شده و همچنین انجام آزمون چاو برای اطمینان از وجود داده‌های ترکیبی برای متغیرهای مدل، با توجه به وجود وقفه متغیر وابسته در سمت راست معادله رگرسیونی به‌عنوان متغیر توضیح دهنده، مدل مطالعه با استفاده روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) برآورد گردید. نتایج به‌دست آمده از برآورد مدل پژوهش در جدول (۵) آورده شده است. همان‌طور که از نتایج برآورد مدل این مطالعه مشاهده می‌شود، همه ضرایب برآورد شده برای متغیرهای مدل معنادار بوده‌اند. همان‌گونه که از نتایج برآورد مدل مشاهده می‌شود، ضریب برآورد شده برای شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست دارای مقداری مثبت بوده و این ضریب از نظر آماری معنادار بوده است. این بدان معنا است، که با ثابت بودن سایر شرایط در مدل رگرسیونی، هر یک واحد افزایش در مقدار شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست می‌تواند رشد اقتصادی در استان‌های ایران را به میزان ۰/۲۸ واحد افزایش دهد و تخصیص یک‌پارچه منابع آب در شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد – محیط‌زیست اثری مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی در استان‌های ایران دارد. افزون بر این، همان‌گونه که مشاهده می‌شود، سایر متغیرهای موثر مانند سرمایه انسانی، تشکیل سرمایه استانی، نرخ رشد جمعیت و وقفه رشد اقتصادی اثری مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی در استان‌های ایران داشته‌اند. مطابق نتایج به‌دست آمده از مدل رگرسیونی مطالعه، به ازای یک واحد تغییر در متغیرهای سرمایه انسانی، تشکیل سرمایه استانی، نرخ رشد جمعیت، امید به زندگی و وقفه رشد اقتصادی، رشد اقتصادی در استان‌های ایران به میزان ۰/۳۲، ۰/۵۴، ۰/۶۹، ۰/۱۱ و ۰/۴۱ واحد افزایش خواهد یافت. این موضوع نشان می‌دهد که بهره‌گیری از شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست می‌تواند اثری مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی استان‌های ایران داشته باشد. این بدان معناست که بهره‌گیری از سیستم یک‌پارچه آب – اقتصاد– محیط-زیست می‌تواند به‌عنوان معیار مناسبی برای توسعه بخش‌های اقتصادی، کشاورزی، صنعتی و خدمات در استان‌های کشور متناسب با وضعیت منابع آبی آن استان‌های کشور در شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد – محیط‌زیست پیشنهاد شود. افزون بر این، شاخص یک‌پارچه آب– اقتصاد– محیط‌زیست می‌تواند ابزاری مناسب برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری منابع آب در استان‌های کشور در ابعاد منابع آب، اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژی و حمل و نقل و محیط‌زیست به شمار آید و سیاست‌گذاری برای استان‌های ضعیف عمدتاً متمرکز بر ابعاد ضعف آن استان در زیرشاخص خاص خود باشد. در نهایت می‌توان از این شاخص به‌عنوان معیاری برای تشخیص استان‌های مناسب برای تولید محصولات آب‌بر استفاده کرد.

جدول (۵): نتایج برآورد مدل با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) (متغیر وابسته رشد اقتصادی استان)

متغیر توضیحی	ضریب	آماره t	Prob
GDP(-1)	۰/۴۱۱۱۸۴	۲۴/۸۶۳۹۹	۰/۰۰۰۰
IWI	۰/۲۸۳۶۲۱	۵/۱۸۳۵۶	۰/۰۰۱۲
CF	۰/۵۴۰۶۶۷	۳/۰۴۲۷۳۱	۰/۰۰۰۷
LEX	۰/۱۱۵۳۹۸	۷/۶۵۳۸۱	۰/۰۲۴۱
HC	۰/۳۲۳۶۹۲	۱۲/۱۲۷۶۹	۰/۰۰۰۰
POP	۰/۶۹۸۶۱۹	۳/۴۶۳۵۸	۰/۰۰۰۹
۰/۸۶۲۵۳	Prob (F-statistic)	۴۳/۰۵۲۹۷۳	J-statistic

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثر تخصیص منطقه‌ای منابع آب در شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست بر رشد اقتصادی در استان‌های ایران بوده است. برای حل مسئله مربوط به معیار ارزیابی و عینی‌تر ساختن نتایج ارزیابی شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط-زیست، از روش وزن‌دهی آنتروپی، توابع عضویت فازی، ارزیابی مصنوعی فازی و برای توصیف مرزهای شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست استفاده شده است. همچنین برای بررسی اثر شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست در استان‌های ایران از رویکرد داده‌های ترکیبی پویا یا روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) استفاده شده است. این مطالعه برای بررسی وضعیت شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست در ۳۱ استان کشور و در قالب پنج زیرشاخص منابع آب، تکنولوژی و حمل و نقل، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی انجام شده است. نتایج مطالعه نشان داد که وضعیت شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست در سراسر استان‌های ایران متغیر و از استانی به استان دیگر متفاوت است. بر همین اساس، نمی‌توان یک راهبرد سیاست‌گذاری جامع را به‌صورت یکسان برای همه استان‌های کشور به‌کار گرفت و باید سیاست‌گذاری و تخصیص منابع آب در هر یک از استان‌های ایران بر اساس قدرت یا ضعف استان مورد نظر در هر یک زیرشاخص‌های آب- اقتصاد- محیط‌زیست باشد. هر چند که استفاده از برخی سیاست‌های عمومی نسبت به منابع آب و محیط زیست برای کل کشور امری گریز ناپذیر است؛ با توجه به محدودیت منابع آبی و هم‌چنین محدودیت بودجه، سیاست‌گذاری‌های خاص در هر استان باید بر اساس قوت و ضعف استان‌ها در هر یک از زیرشاخص‌های منابع آب، حمل‌ونقل و تکنولوژی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سیستمی یک‌پارچه باشد. یکی از راه‌حل‌های اساسی در این زمینه آن است که استان‌های ضعیف از نظر شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست مانند استان‌های البرز، ایلام، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، کرمان، قزوین، کرمانشاه، کهگیلویه و بویر احمد، لرستان و مرکزی باید از توسعه صنایع آب‌بر دسته اول خودداری کرده و عمدتاً به توسعه صنایع دسته دوم و سوم از نظر آب‌بری یا توسعه بخش خدمات بپردازند. از سوی دیگر، برای استان‌های ضعیف و نسبتاً ضعیف از نظر بعد منابع آب مانند اردبیل، خراسان جنوبی، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، کرمان، مرکزی و یزد باید جهت-گیری سیاست‌گذاری بیشتر بر توسعه طرح‌های آبخیزداری، قوانین سختگیرانه‌تر حفاظت و استخراج از منابع آب سطحی و زیرزمینی، صرفه‌جویی و افزایش کارایی استفاده از آب در صنایع و همچنین بخش کشاورزی باشد. همچنین، برای استان‌های ضعیف و نسبتاً ضعیف از نظر زیرشاخص اجتماعی مانند استان‌های البرز، خراسان جنوبی، زنجان و هرمزگان و استان‌های خراسان شمالی، کرمانشاه و لرستان باید سیاست‌های جمعیتی، بهبود امنیت غذایی، آموزشی و همچنین توسعه صنایع دسته‌دوم و دسته‌سوم از نظر آب‌بری و بخش خدمات مورد توجه بیشتری قرار گیرد. به همین صورت، برای استان‌های ضعیف از نظر زیرشاخص زیست‌محیطی مانند البرز، خراسان جنوبی، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، کرمانشاه و کهگیلویه و بویراحمد باید تاکید بیشتر سیاست‌گذاری بر حل مسائل حوزه زیست‌محیطی و جنگل‌ها و مراتع باشد. در نهایت با توجه به وضعیت خوب استان‌های مازندران، گیلان و چهارمحال بختیاری می‌توان این استان‌ها را به‌عنوان استان‌های مناسب برای اجرای راهبرد آب مجازی در نظر گرفت که توسعه صنایع با آب‌بری زیاد، و همچنین توسعه بخش کشاورزی برای تولید محصولات غذایی در این استان‌ها و تجارت آن با استان‌های ضعیف و خیلی ضعیف از نظر شاخص آب مجازی رویکردی مناسب با هدف کاهش تنش‌های آبی این استان‌ها به نظر می‌رسد. برای استان‌های ضعیف در بخش تکنولوژی و حمل و نقل نیز بازنگری سیاست‌های مربوط به توسعه شبکه حمل و نقل مانند استان‌های ایلام و کهگیلویه و بویر احمد، افزایش کارایی فنی بخش صنعت و بهبود راندمان فنی آبیاری در بخش کشاورزی از اهمیت بیشتری برخوردار است. برای استان‌های ضعیف از نظر وضعیت اقتصادی اتخاذ سیاست‌های بهبود عملکرد اقتصادی سرانه در تولید صنعتی و کشاورزی و افزایش بهره‌وری تولید سرانه محصولات آب‌بر ضروری به نظر می‌رسد. می‌توان گفت که اجرای راهبرد آب مجازی در مناطق با جمعیت کمتر و سطح فعالیت‌های اقتصادی بیشتر کاربرد تاثیر بیشتری خواهد داشت (۱۴). یکی از نکات مهم در این زمینه آن است که برخی از استان‌های ایران مانند استان‌های آذربایجان شرقی، کرمان، اصفهان که بر اساس شاخص میانگین کارایی فنی صنعتی به‌عنوان استان‌های برتر در رتبه‌بندی صنعتی شناخته می‌شوند و سطح کارایی فنی صنعتی در آن‌ها مقادیر چشم‌گیری است، توسعه بخش صنعتی این استان‌ها می‌تواند سرمایه لازم را برای اجرای راهبرد تجارت آب مجازی و واردات غذا از استان‌های دارای وضعیت خوب در شاخص اب مجازی پدید آورد و حل مشکلات ناشی از کمیابی آب را در پی داشته باشد. این استان‌ها می‌توانند با کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و به‌کارگیری راهبرد آب مجازی خطرات کم‌آبی ناشی از گذار به توسعه بخش صنعت را کاهش دهند. نتیجه نهایی مطالعه نشان داد که شاخص یک‌پارچه آب – اقتصاد- محیط‌زیست می‌تواند اثری مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی استان‌های ایران داشته باشد. مطابق نتایج این مطالعه، به ازای هر یک واحد افزایش در مقدار شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست، رشد اقتصادی در استان‌های ایران را به میزان ۰/۲۸ واحد افزایش می‌یابد. متغیرهای موثر مانند سرمایه انسانی، تشکیل سرمایه استانی، نرخ رشد جمعیت و وقفه رشد اقتصادی اثری مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی در استان‌های ایران مورد تایید قرار گرفت. مطابق نتایج، به ازای یک واحد تغییر در متغیرهای سرمایه انسانی، تشکیل سرمایه استانی، نرخ رشد جمعیت، امید به زندگی و وقفه رشد اقتصادی، رشد اقتصادی در استان‌های ایران به میزان ۰/۳۲، ۰/۵۴، ۰/۶۹، ۰/۱۱ و ۰/۴۱ واحد افزایش خواهد یافت. در نهایت، به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌شود که برای تحلیل دقیق‌تر وضعیت شاخص آب مجازی تغییرات شاخص یک‌پارچه آب- اقتصاد- محیط‌زیست را طی دوره‌های بلندمدت و طولانی‌تری بسنجند تا بتوان سیاست‌گذاری آب در ایران را به‌صورت یک‌پارچه و بر حسب ظرفیت‌های استانی و منطقه‌ای در ابعاد پنج‌گانه منابع آب، اقتصادی، اجتماعی، حمل و نقل و تکنولوژی و زیست‌محیطی به شکل بهتری هدایت کنند.

References

1. Garrick DE, Hanemann M, Hepburn C. Rethinking the economics of water: An assessment. Oxford Review of Economic Policy. 2020 Jan 6;36(1):1-23. DOI: https://doi.org/10.1093/oxrep/grz035
2. Madani K, AghaKouchak A, Mirchi A. Iran's socio-economic drought: challenges of a water-bankrupt nation. Iranian studies. 2016 Nov 1;49(6):997-1016. DOI:https://doi.org/10.1080/00210862.2016.1259286
3. Hoekstra AY, Mekonnen MM. The water footprint of humanity. Proceedings of the national academy of sciences. 2012 Feb 28;109(9):3232-7. https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109
4. Mueller JT, Gasteyer S. The widespread and unjust drinking water and clean water crisis in the United States. Nature Communications. 2021 Jun 22;12(1):1-8. https://doi.org/10.1038/s41467-021-23898-z
5. Saatsaz M. A historical investigation on water resources management in Iran. Environment, Development and Sustainability. 2020Mar; 22(3):1749-85. https://doi.org/10.1007/s10668-018-00307-y
6. Dormido H. These Countries Are the Most at Risk From a Water Crisis, Bloomberg, August 2019, 8: 30. https://www.bloomberg.com/graphics/2019-countries-facing-water-crisis/
7. Joodaki, G., Wahr, J., & Swenson, S. Estimating the human contribution to groundwater depletion in the Middle East, from GRACE data, land surface models, and well observations. Water Resources Research, 50(3), 2679-2692. https://doi.org/10.1002/2013WR014633
8. Caldera U, Bogdanov D, Fasihi M, Aghahosseini A, Breyer C. Securing future water supply for Iran through 100% renewable energy powered desalination. IJSEPM [Internet]. 2019Sep.20 [cited 2021Sep.16]; 23. https://doi.org/10.5278/ijsepm.3305
9. Shalamzari, M., & Zhang, W. Assessing Water Scarcity Using the Water Poverty Index (WPI) in Golestan Province of Iran. Water, 2018Aug, 10(8), 1079. https://doi.org/10.3390/w10081079
10. Madani K. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. Journal of environmental studies and sciences. 2014 Dec; 4(4):315-28. https://doi.org/10.1007/s13412-014-0182-z
11. Merrett, S., Virtual Water and the Kyoto Consensus: A Water Forum Contribution. Water International, 2009Jan, 28(4), 540-542. https://doi.org/10.1080/02508060308691732
12. Ansink, E, Refuting Two Claims about Virtual Water Trade. Ecological Economics, 2010Aug, 69(10), 2027-2032. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.001
13. Jia S, Long Q, Liu W. The fallacious strategy of virtual water trade. International Journal of Water Resources Development. 2017 Mar 4; 33(2):340-7. https://doi.org/10.1080/07900627.2016.1180591
14. Cui X, Wu X, He X, Li Z, Shi C, Wu F. Regional suitability of virtual water strategy: Evaluating with an integrated water-ecosystem-economy index. Journal of Cleaner Production. 2018 Oct 20;199:659-67. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.192
15. J. Reimer. J, On the Economics of Virtual Water Trade. Ecological Economics, 2012Mar 75:135-139. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.01.011
16. Gawel, E, & Bernsen, K. What is wrong with Virtual Water Trading? On the Limitations of the Virtual Water Concept. Environment and Planning C: Government and Policy, 2013 Jan 1: 31(1), 168-181. https://doi.org/10.1068/c11168
17. Qudusi, H. & Davari H. Critical analysis of virtual water from a policy perspective. Water and Sustainable Development, 2016 Jan 1; 3 (1), 47-58. (In Persian). 10.22067/JWSD.V3I1.59520
18. Karandish F, Hogeboom RJ, Hoekstra AY. Physical versus virtual water transfers to overcome local water shortages: A comparative analysis of impacts. Advances in Water Resources. 2021 Jan 1;147:103811. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103811

19. Kalantari K, Maknoon, R, Karimi, D. Establishment of legal framework for integrated water resources management in Iranian watersheds, Quarterly Journal of Leadership and Public Policy Studies. 2018 winter; 7(25), (In Persian). http://sspp.iranjournals.ir/article_29725.html
20. Allan, J.A, "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, 1997, https://www.semanticscholar.org/paper/'Virtual-water'%3A-a-long-term-solution-for-waterAllan/60329839f14f2bd2c2cdc6e00a3c1cf279703f99?sort=relevance
21. Allan J.A, Virtual Water - the Water, Food, and Trade Nexus. Useful Concept or Misleading Metaphor?, Water International, 2003Jan, 28:1, 106-113, https://doi.org/10.1080/02508060.2003.9724812
22. Katyaini S, Barua A, Duarte R. Science-policy interface on water scarcity in India: Giving 'visibility'to unsustainable virtual water flows (1996–2014). Journal of Cleaner Production. 2020 Dec 1;275:124059. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124059
23. Yang, H, Zehnder, A.J. Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries. World Development, 2002 Aug 3, 30, 1413-1430. https://doi.org/10.1016/S0305750X(02)00047-5
24. Wichelns D. Virtual water and water footprints do not provide helpful insight regarding international trade or water scarcity. Ecological Indicators. 2015 May 1; 52:277-83. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.013
25. El-Sadek, A. Virtual Water: An Effective Mechanism for Integrated Water Resources Management. Agricultural Sciences. 2012 Jun; 2(03), 248. doi:10.4236/as.2011.23033
26. Gong, L, & Jin, C. Fuzzy comprehensive evaluation for carrying capacity of regional water resources. Water resources management. 2016 Sep 8; 23(12), 2505-2513. https://doi.org/10.1007/s11269-008-9393-y
27. Qasemipour, E, & Abbasi, A. Virtual water flow and water footprint assessment of an arid region: A case study of South Khorasan province, Iran. Water, 2019 Aug; 11(9), 1755. https://doi.org/10.3390/w11091755
28. Nasrollahi M, Khosravi H, Moghaddamnia A, Malekian A, Shahid S. Assessment of drought risk index using drought hazard and vulnerability indices. Arabian Journal of Geosciences. 2018 Oct;11(20):1-2. https://doi.org/10.1007/s12517-018-3971-y
29. Darbandsari P, Kerachian R, Malakpour-Estalaki S. An Agent-based behavioral simulation model for residential water demand management: The case-study of Tehran, Iran. Simulation Modelling Practice and Theory. 2017 Nov 1; 78:51-72. https://doi.org/10.1016/j.simpat.2017.08.006
30. Pouran, R, Raghfar H, Ghasemi, A, & Bazazan, F. Calculating the economic value of virtual water using maximizing irrigation water efficiency approach", Iranian Journal of Water Economics, 2018 Spring; 6(21), pp. 189-212. (In Persian). doi: 10.22084/aes.2017.1803
31. Mousavi, S. N., Akbari, S. M. R., Soltani, Gh,. & M. Zarei. Virtual water, a new strategy to deal with water crisis, The First National Conference on Water Crisis Management, March 2010. (In Persian). https://www.sid.ir/fa/seminar/ViewPaper.aspx?ID=5009
32. Manshadi HD, Niksokhan MH, Ardestani M. A quantity-quality model for inter-basin water transfer system using game theoretic and virtual water approaches. Water Resources Management. 2015 Oct;29(13):4573-88. https://doi.org/10.1007/s11269-015-1076-x
33. Karamouz, M, Yazdi, M. S, Ahmadi, B, & Zahraie, B. A system dynamics approach to economic assessment of water supply and demand strategies. In World Environmental and Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability, pp. 1194-1203). https://doi.org/10.1061/41173(414)123
34. Hull V, Liu J. Telecoupling: A new frontier for global sustainability. Ecology and

Society. 2018 Dec 12;23(4). http://dx.doi.org/10.5751/ ES-05873-180226
35. Shannon, C. E. (2001). A Mathematical Theory of Communication. SIGMOBILE Mob Comput Commun Review. 2001 Jan; 5 (1): 3–55. https://doi.org/10.1145/584091.584093
36. Arya V, Kumar S. Multi-criteria decision making problem for evaluating ERP system using entropy weighting approach and q-rung orthopair fuzzy TODIM. Granular Computing. 2020 Nov 2:1-3. https://doi.org/10.1007/s41066-020-00242-2
37. Wu, D. S, Feng, X, & Wen, Q. Q. The Research of Evaluation for Growth Suitability of Carya Cathayensis Sarg. Based on PCA and AHP. Procedia Engineering, 2011; 15, 1879-1883. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.350
38. Van der Voort N, Vanclay F. Social impacts of earthquakes caused by gas extraction in the Province of Groningen, The Netherlands. Environmental Impact Assessment Review. 2015 Jan 1; 50:1-5. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.008
39. Delgado A, Romero I. Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru. Environmental Modelling & Software. 2016 Mar 1; 77:108-21. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.12.011
40. Talon A, Curt C. Selection of appropriate defuzzification methods: Application to the assessment of dam performance. Expert Systems with Applications. 2017 Mar 15; 70:160-74. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.09.004
41. Azadinejad, A., Amadeh, H., Emami Maibodi, A. Studying Factors Influencing Technical Efficiency of Industrial Sector Among Different Regions (With Data Envelopement Analysis). Journal of Economic Research (Tahghighat- E-Eghtesadi), 2009; 49(1): 173-188. doi: 10.22059/jte.2014.50546
42. Majerník V. Entropy—A universal concept in sciences. Natural Science. 2014 Apr 25;2014. DOI:10.4236/ns.2014.67055
43. Zadeh LA. Fuzzy logic—a personal perspective. Fuzzy sets and systems. 2015 Dec 15; 281:4-20. https://doi.org/10.1016/j.fss.2015.05.009
44. Hertel T, Liu J. Implications of water scarcity for economic growth. InEconomy-wide modeling of water at regional and global scales 2019 (pp. 11-35). Springer, Singapore.
45. Sarvin, Gh. , Sobhani R, Etaei S, Hosseini Z, Montaseri M. Development of hydro-social-economic-environmental sustainability index (HSEESI) in integrated water resources management. Environmental Monitoring and Assessment. 2021 Aug;193(8):1-29.
46. Qiao N, Fang L, Mu L. Evaluating the impacts of water resources technology progress on development and economic growth over the Northwest, China. PloS one. 2020 Mar 12; 15(3):e0229571.
47. Blundell R, Bond S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. Journal of econometrics. 1998 Nov 1; 87(1):115-43.
48. Arellano M, Bond S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. The review of economic studies. 1991 Apr 1; 58(2):277-97.
49. Arellano M, Bover O. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. Journal of econometrics. 1995 Jul 1; 68(1):29-51.
50. Ye W, Xu X, Wang H, Wang H, Yang H, Yang Z. Quantitative assessment of resources and environmental carrying capacity in the northwest temperate continental climate ecotope of China. Environmental Earth Sciences. 2016 May 1; 75(10):868.
51. Shadman Roodposhti M, Aryal J, Shahabi H, Safarrad T. Fuzzy shannon entropy: A hybrid gis-based landslide susceptibility mapping method. Entropy. 2016 Oct; 18(10):343.