University of Tehran Press

Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research

Online ISNN: 2008-4838

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

Analyze and Identification Components of Instability in Iranian Basins (Application of Water Poverty Index in Basin Scale)

Zahra Kiani Feyzabad [1], Saeid Yazdani [2]✉, Habibollah Salami [3], Gholamreza Peykani Machiyani [4]

1. Department of agricultural economics, Faculty of Economics an Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: kiani_zahra@ut.ac.ir
2. Department of agricultural economics, Faculty of Economics an Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: syazdani@ut.ac.ir
3. Department of agricultural economics, Faculty of Economics an Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: hsalami@ut.ac.ir
4. Department of agricultural economics, Faculty of Economics an Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: rezapeykani@yahoo.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 28 September 2019

Received in revised form: 26 January 2020

Accepted: 26 January 2020

Published online: 22 June 2023

Keywords:

Water Sustainability,

Water Poverty Index,

Iran's basins.

ABSTRACT

Iran is located in a part of the Northern Hemisphere climate cycle where there is air mass subsidence; as a result, over two-thirds of this country has arid and semi-arid climate. The main challenges facing Iran water resources are the annual decline in renewable water resources, increase in the number of water pollutants, and aquifer over-exploitation, putting drainage basins in a precarious position. In keeping with this, the present paper studied the factors affecting this instability in Iran's drainage basins in terms of water poverty. To this end, using water poverty index (WPI) of Iran's drainage basins and the affecting factors, social, economic, and environmental data were collected for 2016. Results revealed that the average WPI in all the drainage basins is 43.73. Among the components, resources and consumption have the lowest values, i.e. 19.24 and 36.85, respectively. In terms of WPI ranking, the basins of Daranjir Desert, South-Baluchistan, Hamun-e Jaz Murian, Qara Su and Gorgan, Kal and Mehran, Bandar Abbas, and Sedij are precarious and instable, and the basins of Sefidrood, Persian Gulf (western border), lake Urmiah, and Karun lack water deficit stress and have yield stability. Therefore, the author(s) recommend that the study and examination of water resources be conducted using holistic approaches in order to establish integrated management of water resources.

Cite this article: Kiani Feyzabad, Z., Yazdani, S., Salami, H., & Peykani Machiyani, Gh. R. (2023). Analyze and Identification Components of Instability in Iranian Basins (Application of Water Poverty Index in Basin Scale). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 54-2 (2), 471-485. DOI: http//doi.org/10.22059/IJAEDR.2020.284139.668782

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJAEDR.2020.284139.668782

Extended Abstract

Objectives

Water is an essential element for human survival without which human life is inconceivable. Iran is located in an area of climate cycle of the northern hemisphere in which the air masses subside. That is why more than two-thirds of this country has arid and semi-arid climates. Inappropriate temporal- spatial precipitation distribution is one of the climatic features of Iran. Iran's share of the world's population is 1.3% and of freshwater resources only 0.2%. The major challenges facing the water resources that cause unsustainability of the drainage basins include unsuitable decrease in renewable water resources, increase of water pollutants, groundwater over-extraction (due to limited available surface water resources), uneven precipitation distribution and non-conformity of urbanization patterns and residential centers with respect to water resources

and crop production methods (from the perspective of eco-friendliness). Therefore, a proper understanding of the impact of human activities that manifested in the processes and mechanisms we observe in a drainage basin can help us conserve water resources and contribute to its sustainability. In this regard, integrated water-resource management has been interpreted as the operational method of water-resource sustainability. Therefore, seeking to identify factors impacting non-sustainability, the present research assesses the current situation in the drainage basins of Iran from this perspective.

Methods

For this purpose, social, economic and environmental information and water poverty index (WPI) were used to analyze the conditions of the drainage basins in the country with respect to the five components of resources, access, capacity, consumption, and the environment. Statistical methods were then employed to rank the drainage basins in the country in 2016 in terms of the mentioned components. Since the economic, social and environmental data collection on the drainage basin scale is costly and time consuming, and given the share each county has in the rescaled drainage basins, the data were extracted on the administrative (political boundaries) scale.

Results

The results showed that the average value of the WPI in all the drainage basins was 43.73 with its lowest and highest values recorded in the Sefidrood Drainage basin (57.58) and the Kavir Drainage Basin in Anjir (27.55). Investigation of the five WPI components in the drainage basins also indicated that the resources and consumption components with 19.24 and 36.86 had the lowest values among the components. This demonstrated the poor conditions of the drainage basins in the country in terms of the resource component and in relation to the high share that water consumption had in the agricultural sector regarding unsustainability of the drainage basins. The access component had the third place with an average of 46.60 which indicated inadequate access of the sectors with water demands to wastewater discharge and treatment systems. Moreover, based on the ranking in the WPI, the Kavir in Anjir drainage basin in Southern Baluchistan and the Hamun-e-Jazmourian, the Gharasoo, the Gorgan, the Kal, the Mehran and the Bandar Abbas-Sedij drainage basins were unsustainable, and the Greater Sefidrood, the West Border, the Lake Urmia, and the Greater Karun drainage basins lacked water stress and enjoyed total water sustainability. The results of the correlation matrix indicating the correlations between the WPI and its components revealed that all five components, except for the capacity component, had significant positive correlations with the WPI. Therefore, it can be said that increased access to water resources will improve the ability and efficiency of the management system and raise the per capita domestic water consumption in the drainage basins. In addition, increased ability and efficiency of the water-resource management system led to savings in water consumption.

Discussion

Based on the results, it is suggested that, in line with the establishment of integrated water resources management, holistic approaches be used to evaluate the situation of water resources in the various regions. Considering the inappropriate conditions of the resources component in the drainage basins, it is also recommended that the government supervise the consumption volumes of the limited water resources and take steps toward integrated water-resource management by promoting water consumption savings. Due to the large share that the consumption component has in the unsustainable situation of the drainage basins, it is suggested that increases in area dedicated to irrigated agriculture be limited in the drainage basins that face water stress. Moreover, because of the significant positive correlation between the consumption component and the WPI, one can expect improvement in water sustainability through promoting savings in water consumption and reducing acreage of land under cultivation of irrigated crops. Regarding the components of capacity, access and the environment, there are positive and significant relationship between them and the WPI. Therefore, it is recommended that the government implement policies to increase social capacity, equipment and facilities required for providing water resources and water treatment plants and to reduce fertilizer application in the country's drainage basins.

مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲- ۵۴، شماره ۲

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۸۵X

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

تحلیل و شناسایی مولفه‌های ناپایداری حوضه‌های آبریز ایران (کاربرد شاخص فقر آبی در مقیاس حوضه آبریز)

زهرا کیانی فیض‌آباد [۱] | سعید یزدانی [۲]✉ | حبیب الله سلامی [۳] | غلامرضا پیکانی ماچیانی [۴]

۱. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: kiani_zahra@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: syazdani@ut.ac.ir

۳. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hsalami@ut.ac.ir

۴. گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: rezapeykani@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:

پایداری آب، شاخص فقر آبی، حوضه‌های آبریز ایران.

چکیده

ایران در منطقه فرونشینی توده‌های هوا در چرخه آب و هوایی نیم‌کره شمالی زمین قرار گرفته است، به همین دلیل بیش از دو سوم از پهنهٔ آن دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد. کاهش سرانه منابع آب تجدیدشونده، گسترش منابع آلوده‌کننده آب، اضافه برداشت از سفره‌–های آب زیرزمینی عمده چالش‌های موجود در بخش منابع آب ایران بشمار رفته و حوضه‌های آبریز کشور را در شرایط ناپایدار قرار داده است. این مطالعه به دنبال شناخت عوامل اثرگذار بر ناپایداری به سنجش وضعیت حوضه‌های آبریز کشور از لحاظ فقر آبی می‌پردازد. برای این منظور از اطلاعات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی سال ۱۳۹۵ وضعیت پایداری حوضه های آبریز کشور و عوامل اثرگذار مشخص شده است. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد، میانگین شاخص فقر آبی در کل حوضه‌های آبریز کشور برابر با ۴۳/۷۳ است. در این میان مؤلفهٔ منابع و مصرف با ۱۹/۲۴ و ۳۶/۸۵ کم‌ترین مقادیر را در میان مؤلفه‌ها دارا هستند. همچنین بر اساس رتبه‌بندی شاخص فقر آبی، حوضه‌های آبریز کویر درانجیر، بلوچستان جنوبی، هامون جازموریان، قره‌سو و گرگان، کل– مهران و بندرعباس–سدیج ناپایدار و حوضه‌های آبریز سفیدرود بزرگ، مرزی غرب، دریاچه ارومیه و کارون بزرگ فاقد تنش آبی بوده و دارای پایداری کامل آبی هستند. با توجه به نتایج، پیشنهاد می‌شود تا در راستای برقراری مدیریت یکپارچهٔ منابع آب با استفاده از رویکردهای جامع‌نگر به ارزیابی وضعیت منابع آبی مناطق پرداخته شود.

استناد: کیانی فیض‌آباد، زهرا؛ یزدانی، سعید؛ سلامی، حبیب الله؛ و پیکانی ماچیانی، غلامرضا (۱۴۰۲). تحلیل و شناسایی مولفه‌های ناپایداری حوضه‌های آبریز ایران (کاربرد شاخص فقر آبی در مقیاس حوضه آبریز). *مجلهٔ تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۲-۵۴ (۲)، ۴۸۵-۴۷۱.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJAEDR.2020.284139.668782

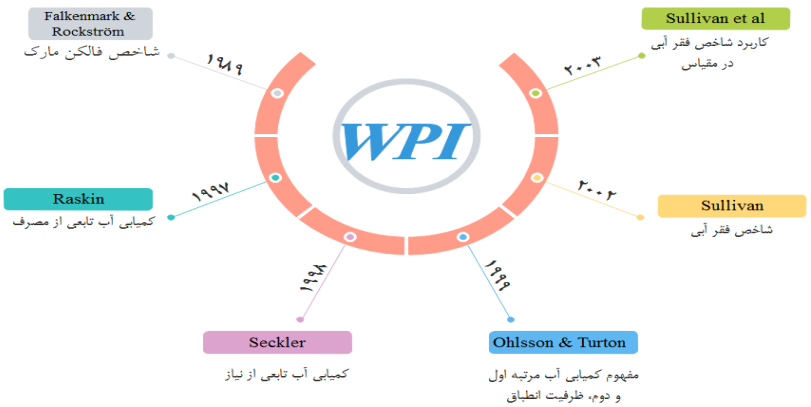
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJAEDR.2020.284139.668782

مقدمه

آب از جمله عناصر اصلی ادامه حیات انسان است، به‌طوری‌که بقای بشر بدون آن قابل تصور نیست (Rosegrant et al, 2004). امروزه در جهان افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و فعالیت‌های اقتصادی موجب افزایش مصرف آب شده و باعث ایجاد چالش‌هایی همچون تخریب اکوسیستم وابسته به آب، نشست زمین و خشک شدن چاه‌ها (Global Water partnership, 1996) و وضعیت ناپایدار منابع آبی شده است. کمیابی آب به معنای عدم توانایی تأمین نیازهای اساسی مرتبط با آب است (Chenoweth, 2008). از سوی دیگر بررسی پژوهش‌ها نشان می‌دهد، فشار بر منابع آب از طرف تقاضای آب در مقایسه با کاهش منابع آب در طرف عرضه است (Hosseini safdar et al., 2013). بنابراین، در چنین شرایطی بهبود مدیریت یکپارچه آب موجب استفادهٔ پایدار از منابع آبی خواهد شد (Hosseinzad and Kazemiyeh, 2014: Mirzaei et al, 2019). تعریف ازدحام آب[1](۱۹۸۹) به‌عنوان معیاری برای تعیین سهم افراد از موجودی آب، تأکید شفافی بر نقش عوامل اجتماعی در تنش‌های آبی بود (Falkenmark & Rockström, 2004). Falkenmark (۱۹۸۹) با معرفی جنبه‌های اجتماعی و انسانی چالش مدیریت منابع آب و تأکید بر محدودیت رشد جمعیت، استراتژی مدیریت تقاضای آب را نسبت به مدیریت عرضه، اولویت اساسی دانست. شاخص تنش آبی به‌علت عدم توانایی لحاظ الگوی مصرفی آب توسط Raskin (۱۹۹۷) مورد نقد قرار گرفت و شاخص استفاده از منبع آب توسط وی معرفی شد. عدم لحاظ کیفیت آب و ظرفیت اقتصادی کشور از نقاط ضعف این شاخص بود (Chenoweth & Feitelson, 2002). Seckler (۱۹۹۸) دیدگاه مدیریت تقاضا را برای عرضه آب در مؤسسه مدیریت تقاضای آب بین‌الملل با توجه به دو شاخص Raskin & Falkenmark (۱۹۸۹) پیشنهاد کرد و تنها به منابع آب در دسترس[2] تمرکز نمود. مطابق تحقیقات Turton & Ohlsson (۱۹۹۹) کمیابی آب به ظرفیت تطبیق وابسته است. از دیدگاه آنان کمیابی آب دارای دو شکل مرتبه اول و دوم است. کمیابی مرتبه اول در اثر عدم وجود ظرفیت طبیعی و کمیابی مرتبه دوم به شکل فقدان ظرفیت انطباق جامعه برای مقابله با کمیابی مرتبه اول ظاهر شده است. نسل اول شاخص‌ها در دیدگاه Ohlsson (۱۹۹۹) شامل تنش آبی و مقدار آب طبیعی در دسترس برای جمعیت معین تعریف شد. نسل دوم شاخص‌ها محدودیت‌های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی کمیابی آب را مدنظر قرار داده است. بنابراین Ohlsson & Turton (۱۹۹۹) ترکیب شاخص تنش آبی و شاخص توسعه انسانی را به‌عنوان شاخص کمیابی آب اجتماعی[3]معرفی کردند و سرانجام Sullivan (۲۰۰۲)، این دیدگاه را در راستای شاخص فقر آبی توسعه داد (نمودار ۱).

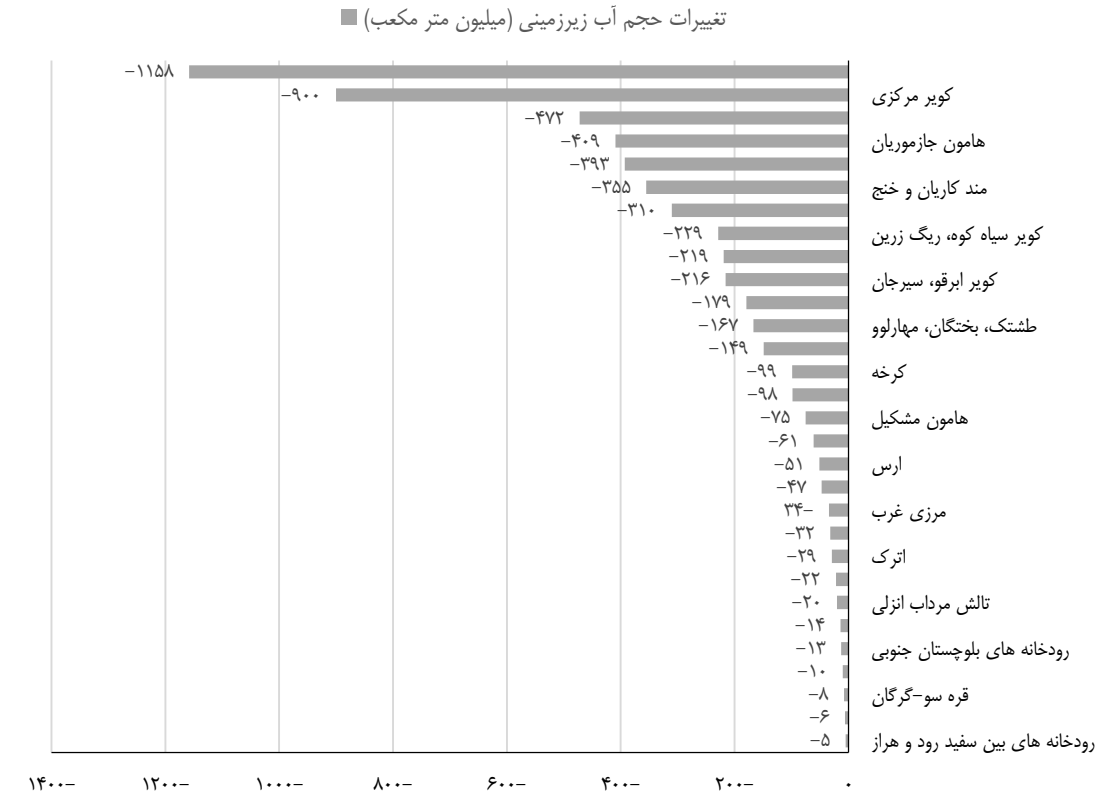


نمودار ۱. فرایند زمانی شکل‌گیری شاخص فقر آبی

1 *water crowding*
2 *Available Water Resources*
3 *Social Water Scarcity Index*

مطالعات بسیاری با به‌کارگیری شاخص فقر آبی در مقیاس حوضه‌های آبریز، استان و جهان آن را ابزاری کارآمد و ساده برای شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت پایدار منابع آب معرفی کردند (El-Gafy, 2018; Krishna Thakur et al, 2017; Álvarez et al, 2015;Taheri et al, 2016; Pan et al, 2014; Awojobi, 2014; Shykhi, 2014; Norman et al, 2013; Zhang et al, 2012; Jemmali and Matoussi, 2013; Sullivan et al, 2003; Lawrence et al, 2002).

بنابراین، این مطالعه با به‌کارگیری شاخص فقر آبی، به شناخت عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیطزیستی مؤثر بر ناپایداری منابع آب حوضه‌های آبریز ایران می‌پردازد، تا بتوان با اتخاذ سیاست‌های اصولی مانع از گسترش وضعیت ناپایدار شود. ایران در منطقه فرونشینی توده‌های هوا در چرخه آب و هوایی نیم‌کره شمالی زمین قرار گرفته است، به همین دلیل بیش از دو سوم از پهنهٔ آن دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است. توزیع زمانی و مکانی بارش و منابع آب یکی از ویژگی‌های آب و هوایی کشور ایران است. سهم ایران از جمعیت جهان ۱/۳ درصد و از منابع شیرین فقط ۰/۲ درصد است. بنابراین، کاهش سرانه منابع آب تجدیدشونده، گسترش منابع آلوده‌کننده آب، اضافه برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی عمده چالش‌های موجود در بخش منابع آب است (سالنامه آماری آب کشور، ۱۳۹۱). در ایران محدودیت آب قابل دسترس، توزیع غیر یکنواخت در سطح کشور، عدم انطباق الگوی شهرنشینی و مراکز سکونت‌گاهی با منابع آب و شیوه تولید محصولات زراعی از منظر سازگاری با اقلیم، تأمین آب مورد نیاز را در بسیاری از مناطق مشکل ساخته و به‌تدریج بر ابعاد آن افزوده است. به‌طوری که بر اساس آخرین آمار وزارت نیرو در سال آبی ۹۱-۱۳۹۰، تغییرات حجم ذخیره در تمامی حوضه‌های آبریز سی‌گانه کشور منفی بوده است (نمودار ۲). با توجه به شرایط ناپایدار حوضه‌های آبریز سی‌گانه کشور ایران، در این مطالعه با ارائهٔ تحلیل‌های کمی به شناسایی عوامل اقلیمی، اقتصادی، اجتماعی و محیطزیستی با استفاده از شاخص پنج‌گانه فقر آبی پرداخته می‌شود.



نمودار ۱. تغییرات حجم آب زیرزمینی حوضه‌های آبریز کشور

منبع: سالنامه آبی ۹۱-۱۳۹۰

مواد و روش‌ها

با پذیرش کمیابی آب به عنوان مشکل چند بعدی، اصطلاح فقر آبی به طور گسترده مورد پذیرش قرار گرفت (Komnenic et al, 2009). شاخص فقر آبی نشان‌دهندهٔ ارتباط میان سطح رفاه انسان و ابعاد گوناگون مرتبط با منابع آب است (Sullivan, 2001; Sullivan, 2002). این شاخص به‌عنوان ابزاری جامع با ادغام جنبه‌های فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی مرتبط با آب، درک ساده‌تری از پیچیدگی‌های مدیریت منابع آب فراهم می‌کند (Sullivan, 2003; Korc and Ford, 2013). بنابراین می‌توان با استفاده از آن وضعیت مناطق مختلف را از لحاظ فاکتورهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی رتبه‌بندی کرد و به ارائه سیاست مناسب اقدام نمود. همچنین با استفاده از این شاخص به بررسی عملکرد و ارزیابی سیاست‌های دولت در حوزه آب پرداخت. شاخص فقر آبی از پنج مؤلفه منابع[1]، دسترسی[2]، ظرفیت[3]، مصرف[4] و محیط-زیست[5] مرتبط با آب تشکیل شده است. هر یک از مؤلفه‌ها با شاخص‌هایی اندازه‌گیری می‌شوند (Lawrence et al, 2002). جهت تجمیع و تفسیر، مقادیر هر یک از شاخص‌ها استانداردسازی[6] می‌شود تا اندازهٔ عددی آن‌ها در بازهٔ صفر تا صد قرار گیرد. برای این منظور در رابطه با متغیرهایی که دارای واحد هستند از روش استانداردسازی موریس[7] یا ضریب محرومیت[8] استفاده می‌شود (Van Ty et al, 2010).

$$M = \frac{X_i - X_{\min,\max}}{X_{\max} - X_{\min}} \qquad (۱)$$

که در آن M مقدار استاندارد شدهٔ شاخص، X_i، $X_{\min}$ و $X_{\max}$ به ترتیب نشان‌دهندهٔ مقادیر متغیرها، حداقل و حداکثر آن‌ها می‌باشند. جدول (۱) مؤلفه‌ها و متغیرهای تشکیل‌دهنده شاخص فقر آبی را ارائه می‌دهد. مطابق جدول فوق، مؤلفه منابع از دو شاخص دستیابی و نوسانات تشکیل شده است. شاخص دستیابی با استفاده از متغیر حجم سرانه منابع آب سطحی و زیرزمینی محاسبه شده است (Sullivan, 2001). شاخص نوسانات نیز میزان اطمینان از دستیابی به منابع آب را با استفاده از متغیر ضریب تغییرات متغیر بارندگی طی دوره زمانی معین مورد بررسی قرار می‌دهد (Van Ty et al, 2010). مؤلفه دسترسی، میزان منابع آب در دسترس را مدنظر قرار داده و بر اساس شاخص‌های سرانهٔ تعداد انشعابات آب در نقاط شهری و روستایی تحت پوشش شرکت‌های آب و فاضلاب، درصد جمعیت تحت پوشش فاضلاب شهری، درصد افراد تحت پوشش سازمان تأمین اجتماعی محاسبه می‌شود (Taheri et al, 2016). مؤلفه ظرفیت از دو شاخص ظرفیت‌های اجتماعی و اقتصادی تشکیل شده است. ظرفیت اجتماعی شامل متغیرهای نرخ باسوادی و نرخ مشارکتاست. که ارزش بالاتر آن‌ها بیانگر ظرفیت اجتماعی و توان فیزیکی در تطبیق با شرایط کم‌آبی است (Sullivan et al, 2003; Brooks et al, 2005; Adger et al, 2004; Pandey, 2012). با توجه به نبود اطلاعات ظرفیت اقتصادی در سطح حوضه‌های آبریز، تنها از شاخص ظرفیت اجتماعی استفاده شده است. مؤلفه مصرف شامل میزان آب مورد استفاده در بخش‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی است. این مؤلفه از متغیرهای سرانه آب خانگی در مناطق شهری و روستایی و درصد اراضی زیرکشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت تشکیل شده است. از مصارف آب در بخش صنعت بدلیل نبود اطلاعات در سطح حوضه‌آبریز صرف‌نظر شده است. بقای سیستم زیست‌محیطی موجب افزایش غلبه بر تنش‌های کم‌آبی خواهد شد. مؤلفه محیط‌زیست از دو متغیر تنش‌های محیط‌زیستی و

1 Resources
2 Access
3 Capacity
4 Use
5 Environment
6 normalize
7 Morris
8 Deprivation Score

پوشش گیاهی تشکیل شده که تنها از متغیر مصرف کودهای شیمیایی بدلیل دردسترس بودن در سطح حوضه‌آبریز استفاده می‌شود.

جدول ۱. مؤلفه‌ها و متغیرهای تشکیل‌دهنده شاخص فقر آبی

مؤلفه	شاخص	متغیر	واحد	ارتباط با WPI
منابع	دستیابی	سرانه آب زیرزمینی سالانه در حوضه‌های آبریز کشور	مترمکعب	+
		سرانه آب سطحی سالانه در حوضه‌های آبریز کشور	مترمکعب	+
	نوسانات	ضریب تغییرات بارندگی در دوره زمانی ۱۰ ساله	بدون واحد	-
دسترسی		سرانه تعداد انشعابات آب در نقاط شهری و روستایی	درصد	+
		درصد جمعیت تحت پوشش جمع‌آوری فاضلاب شهری	درصد	+
		درصد افراد تحت پوشش سازمان تأمین اجتماعی از کل	درصد	+
ظرفیت	ظرفیت اجتماعی	نرخ باسوادی	درصد	+
		نرخ مشارکت اقتصادی	درصد	+
مصرف		سرانه مصرف آب خانگی سالانه در مناطق شهری و	مترمکعب	+
		درصد اراضی زیرکشت آبی از کل زمین‌های زیرکشت	درصد	-
محیط‌زیست	تنش‌های محیط‌زیست	مصرف کودهای شیمیایی به ازای هر هکتار از اراضی زیرکشت	کیلوگرم در هکتار	-

منبع: Sullivan et al, 2001; Sullivan et al, 2003; Adger et al, 2004; Pandey et al, 2012; Manandhar et al, 2012; Taheri et al, 2016

پس از استانداردسازی هر یک از زیرشاخص‌ها، متوسط آن‌ها محاسبه می‌شود تا مقدار هر مؤلفه بدست آید. سپس با استفاده از روش میانگین‌گیری، مقدار نهایی شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز کشور بر اساس معادله (۲) محاسبه می‌شود (Sullivan, 2001; Sullivan et al, 2003; Manandhar et al, 2003).

$$WPI = \frac{\sum_{j=1}^{N} w_i X_j}{\sum_{i=1}^{N} w_i}, \qquad N = 1,...,5 \qquad (۲)$$

که در آن WPI، X_j، i و w به ترتیب بیانگر مقدار شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز، ارزش مؤلفه‌ها، اندیس مؤلفه‌ها و وزن هر مؤلفه است. به‌علت اهمیت مؤلفه‌ها در تعیین میزان پایداری، وزن‌ها بصورت برابر در نظر گرفته شده است (Sullivan, 2002). محدوده شاخص فقر آبی محاسبه شده در رابطه (۲)، عددی بین صفر تا صد است. پس از محاسبهٔ شاخص فقر آبی به رتبه‌بندی حوضه‌های آبریز پرداخته می‌شود. بدین‌منظور براساس قضیهٔ حد مرکزی[۱] می‌توان حوضه‌های آبریز را به پنج گروه مختلف تقسیم‌بندی نمود (Qiang et al., 2008; Taheri et al., 2016) که در جدول (۲) چگونگی ایجاد طبقه‌ها ارائه شده است.

۱ .قضیه حد مرکزی مرتبط با توزیع مجموع متغیرهای مستقل و هم توزیع است. به این ترتیب اگر بدانیم که سری متغیرهای مستقل دارای توزیع یکسانی هستند، می‌توانیم توزیع احتمال مجموع آن‌ها را، زمانی که n به اندازه کافی بزرگ باشد، نرمال در نظر بگیریم.

جدول ۲. چگونگی طبقه‌بندی شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز کشور

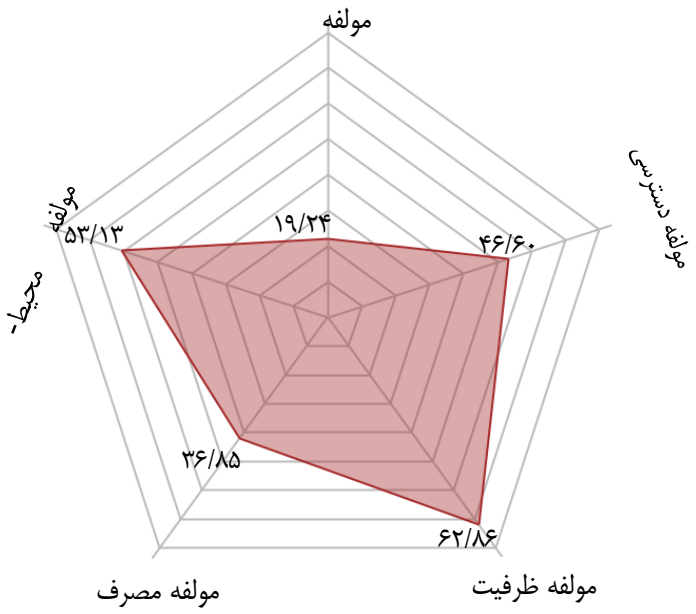
شرح	دامنه طبقه
ناپایداری آب	$WPI < \overline{WPI} - \sigma_{WPI}$
پایداری ضعیف آبی	$\overline{WPI} - \sigma_{WPI} \le WPI < \overline{WPI} - 0.5\sigma_{WPI}$
پایداری متوسط آبی	$\overline{WPI} - 0.5\sigma_{WPI} \le WPI < \overline{WPI} + 0.5\sigma_{WPI}$
پایداری بالای آبی	$\overline{WPI} + 0.5\sigma_{WPI} \le WPI < \overline{WPI} + \sigma_{WPI}$
پایداری کامل آبی	$\overline{WPI} + \sigma_{WPI} \le WPI$

منبع: Qiang, 2008; Taheri et al, 2016، $\overline{WPI}$، میانگین و σ_{WPI}، انحراف معیار شاخص فقر آبی

به منظور انجام تحقیق حاضر اطلاعات مورد نیاز مؤلفه‌های دسترسی، ظرفیت، مصرف و محیط‌زیست از مراکز آمار ایران، وزارت جهاد کشاورزی ایران، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و شرکت مدیریت منابع آب ایران در سطح شهرستان گردآوری و سپس لایه‌های شهرستان و حوضه‌های آبریز در نرم‌افزار GIS بر روی هم قرار می‌گیرد. سپس با تعیین سهم مساحت شهرستان در حوضه‌آبریز، هر یک از مؤلفه‌های شاخص فقر آبی ساخته خواهد شد. در نهایت هر یک از مؤلفه‌های شاخص فقر آبی محاسبه خواهد شد. دورهٔ زمانی مطالعه بر اساس آخرین اطلاعات موجود مربوط به سال ۱۳۹۵است.

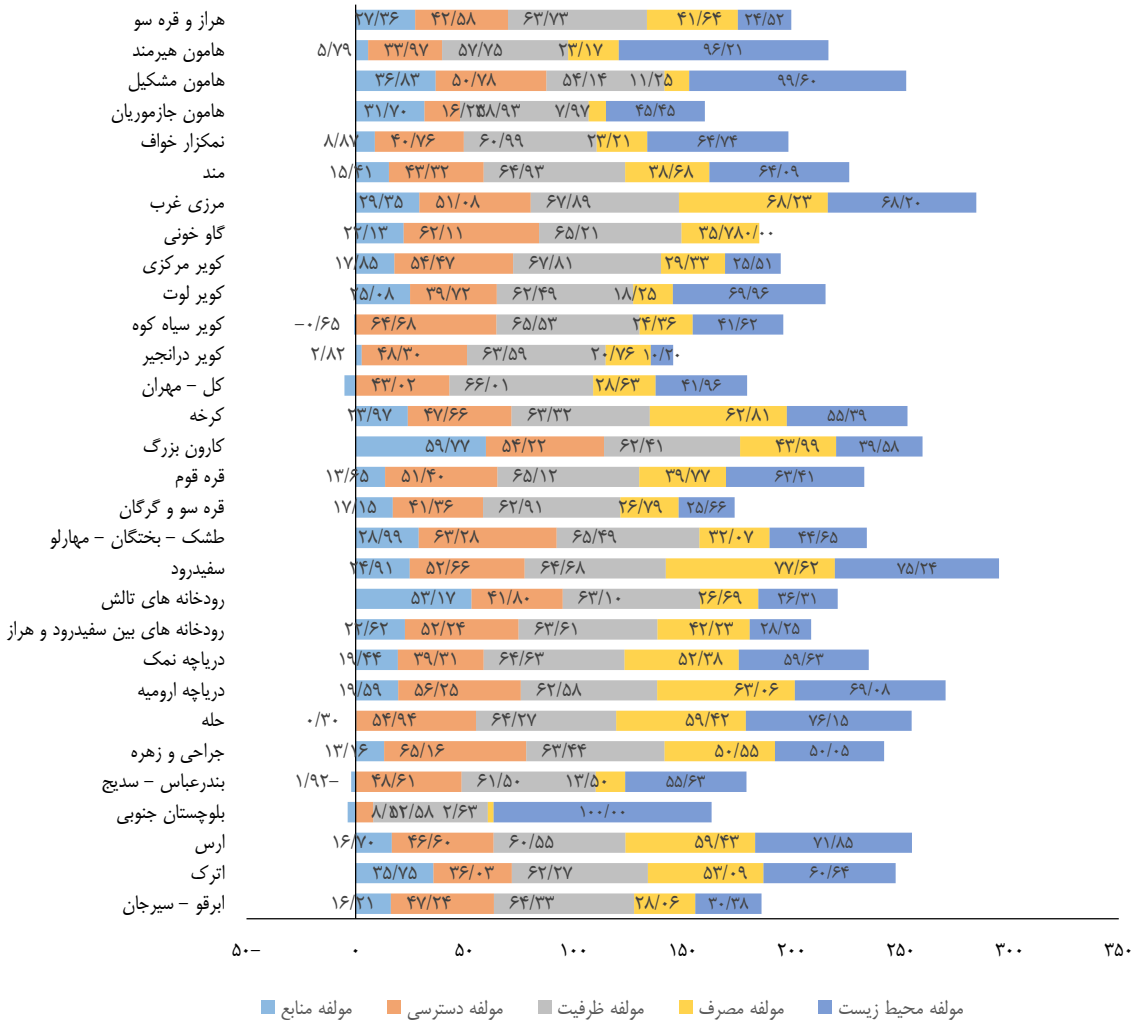
نتایج و بحث

در پژوهش حاضر به منظور بررسی وضعیت پایداری آب حوضه‌های آبریز کشور از شاخص فقر آبی استفاده می‌شود. پس از گردآوری اطلاعات مورد نیاز با توجه به رویکرد شرح داده شده در روش تحقیق، هر یک از متغیرهای مورد استفاده از روش حداکثر–حداقل استانداردسازی شده‌اند. سپس، هر یک مؤلفه‌های شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز با استفاده از میانگین-گیری از متغیرهای مربوطه محاسبه که نتایج میانگین مولفه‌های شاخص فقر آبی حوضه‌های آبریز کشور در نمودار (۲) گزارش شده است. بررسی آمار توصیفی مؤلفه‌های پنج‌گانهٔ شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز نشان می‌دهد، که مؤلفهٔ منابع با ۱۹/۲۴ کم‌ترین مقدار را در میان مؤلفه‌ها داراست. که بیانگر وضعیت نامناسب حوضه‌های آبریز کشور از لحاظ مؤلفه منابع است. پس از مؤلفهٔ منابع، مؤلفهٔ مصرف با میانگین ۳۶/۸۵ دارای کم‌ترین مقدار میانگین است که بیانگر سهم مصرف بالای بخش کشاورزی در ناپایداری آب حوضه‌های آبریز کشور است. مؤلفه دسترسی نیز با میانگین ۴۶/۶۰ در جایگاه سوم قرار دارد که بیانگر دسترسی ناکافی بخش‌های تقاضاکننده آب به سیستم تخلیه و تصفیـهٔ فاضلاب است. در مورد مؤلفه ظرفیت نیز باید اشاره کرد که با توجه به اینکه این مؤلفه بیش‌ترین مقدار میانگین (۶۲/۸۶) را دارد، به نظر می‌رسد که حوضه‌های آبریز از لحاظ ظرفیت اجتماعی شرایط مساعدتری را نسبت به سایر مؤلفه‌ها دارند. مقدار حداقل و حداکثر شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز به ترتیب برابر با ۵۷/۵۸ (حوضه‌آبریز سفیدرود بزرگ) و ۲۷/۵۵ (کویر درانجیر) است. همچنین میانگین شاخص فقر آبی در کل حوضه‌های آبریز کشور برابر با ۴۳/۷۳ است.



نمودار ۲. میانگین مولفه‌های شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز کشور

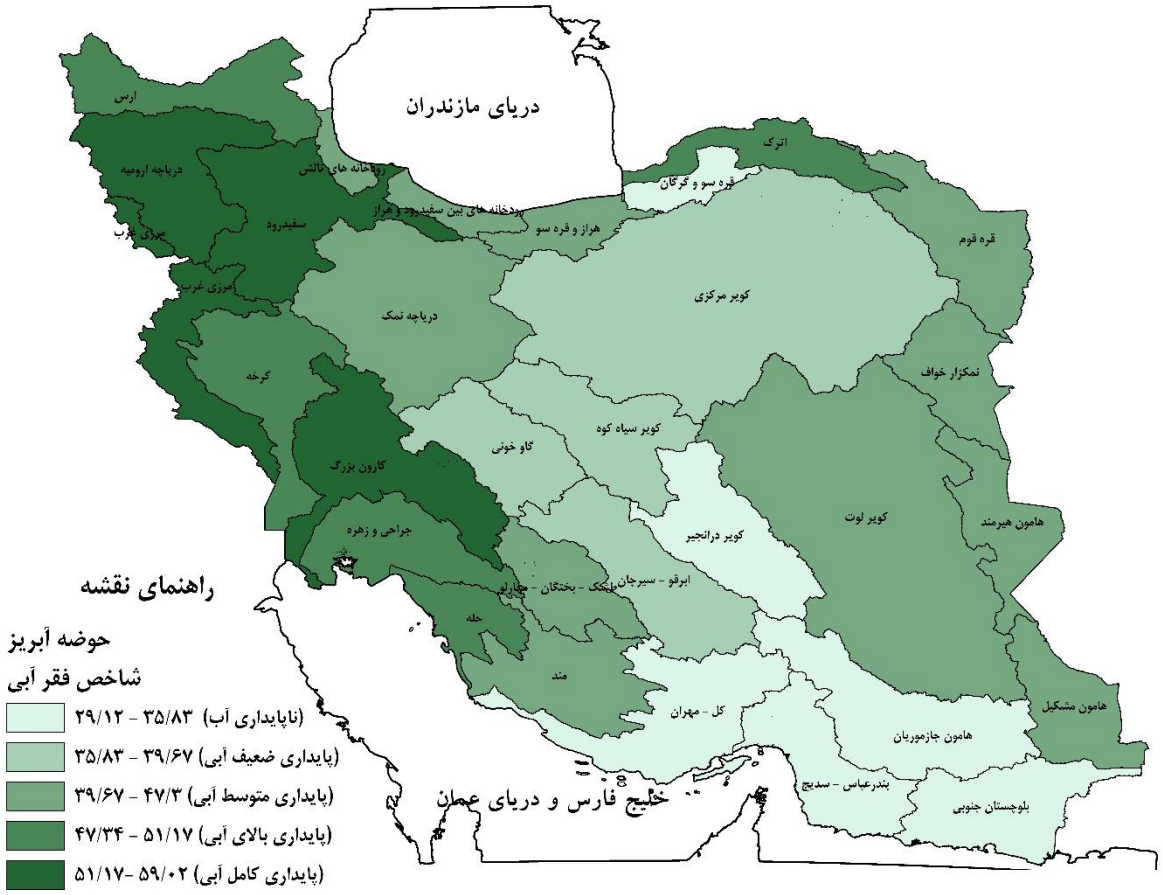
نمودار (۳) مؤلفه‌های شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز کشور را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول فوق، در مؤلفهٔ منابع به ترتیب حوضه‌های آبریز کارون بزرگ، رودخانه‌های تالش و هامون مشکیل با مقدار ۵۹/۷۷، ۵۳/۱۷ و ۳۶/۸۳ جایگاه اول تا سوم قرار دارند. پس از بررسی متغیرهای مورد استفاده در این مؤلفه برای سه حوضه‌آبریز یاد شده مشخص می‌شود که این حوضه‌ها از لحاظ سرانهٔ آب سطحی و زیرزمینی سالانه در وضعیت مناسبی قرار دارند. به‌طوری‌که حوضه آبریز کارون بزرگ و رودخانه‌های تالش از لحاظ سرانه آب سطحی رتبهٔ اول و دوم و حوضه آبریز هامون مشکیل رتبه اول را از لحاظ سرانهٔ آب زیرزمینی داراست. همچنین در این مؤلفه حوضه‌های آبریز کل و مهران، بلوچستان جنوبی و بندرعباس–سدیج که از حوضه‌های آبریز مناطق خشک هستند، به ترتیب با مقادیر ۵/۱۲–، ۳/۶۲– و ۱/۹۱– دارای وضعیت نامناسب بوده که می‌توان به منابع آب سطحی پایین و نوسانات بالای بارش نسبت داد.



نمودار ۳. نتایج محاسبه مؤلفه‌های شاخص فقر آبی در حوضه‌های آبریز کشور

در مؤلفهٔ دسترسی نیز حوضه‌های آبریز جراحی و زهره، کویر سیاه‌کوه و طشک–بختگان–مهارلو به ترتیب با مقادیر ۶۵/۱۶، ۶۴/۶۸ و ۶۳/۲۸ در جایگاه اول تا سوم قرار دارند. با بررسی متغیرهای مورد استفاده در این مؤلفه مشخص می‌شود، این نتیجه با توجه به تعداد انشعابات در نقاط شهری و روستایی و جمعیت تحت پوشش بیمه تأمین اجتماعی در این حوضه‌های آبریز توجیه‌پذیر است. به‌عنوان نمونه حوضه‌های آبریز جراحی و زهره و کویر سیاه‌کوه از لحاظ سرانه تعداد انشعابات آب در نقاط شهری و روستایی به ترتیب در جایگاه اول و دوم و حوضه‌آبریز کویر سیاه‌کوه و طشک–بختگان و مهارلو از لحاظ افراد تحت پوشش بیمه تأمین در جایگاه اول و سوم قرار دارند. در این مؤلفه حوضه‌های آبریز بلوچستان، هامون مشکیل و هامون جازموریان با مقادیر ۸/۱۱، ۱۵/۷۱ و ۱۶/۲۲ وضعیت نامناسبی دارند. در مؤلفهٔ ظرفیت حوضه‌های آبریز مرزی غرب، کویر مرکزی و کل–مهران به ترتیب با مقادیر ۶۷/۸۹، ۶۷/۸۱ و ۶۶/۰۱ از وضعیت مناسبی برخوردارند. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که این حوضه‌های آبریز دارای ظرفیت اقتصادی و اجتماعی فراوان جهت مدیریت مطلوب‌تر منابع آبی هستند. با بررسی متغیرهای مورد استفاده در این مؤلفه مشخص می‌شود، حوضه‌های آبریز کویر مرکزی و مرزی غرب از لحاظ نرخ باسوادی به

ترتیب در جایگاه اول و دوم قرار دارند. همچنین از لحاظ متغیر نرخ مشارکت اقتصادی حوضه آبریز کل و مهران و مرزی غرب به ترتیب رتبه اول و دوم را به خود اختصاص داده‌اند. برعکس، حوضه‌های آبریز بلوچستان جنوبی، هامون مشکیل و هامون هیرمند با مقادیر ۵۲/۵۸، ۵۴/۱۴ و ۵۷/۷۵ از ظرفیت اجتماعی پایینی در مدیریت منابع آب برخودارند. براساس نتایج بدست آمده علت نامناسب بودن مؤلفهٔ ظرفیت در این حوضه‌های آبریز را می‌توان نرخ پایین باسوادی در حوضه‌های آبریز بلوچستان جنوبی و هامون مشکیل و همچنین نرخ پایین مشارکت اقتصادی در حوضه‌های هامون هیرمند و هامون مشکیل دانست. نتایج محاسبهٔ مؤلفهٔ مصرف نشان می‌دهد، که حوضه‌های آبریز سفیدرود بزرگ، مرزی غرب و دریاچه نمک به ترتیب با مقادیر ۷۷/۶۲، ۶۸/۲۳ و ۶۳/۰۶ در جایگاه اول تا سوم قرار دارند. در این مؤلفه وضعیت حوضه‌های آبریز بلوچستان جنوبی، هامون جازموریان و هامون مشکیل مناسب نیست که می‌توان علت آن را به نسبت بالای سطح زیرکشت آبی از کل سطح زیرکشت محصولات کشاورزی و سرانه پایین مصرف آب خانگی نسبت داد. در مؤلفهٔ محیط‌زیست نیز رتبهٔ اول تا سوم به حوضه‌های آبریز بلوچستان جنوبی، هامون مشکیل و هامون هیرمند تعلق دارد. اما در این مؤلفه حوضه‌های آبریز گاوخونی، کویر درانجیر و هراز و قره‌سو نامناسب است. مقدار شاخص فقر آبی حوضه‌های آبریز با استفاده از مؤلفه‌های پنج‌گانه محاسبه و تقسیم‌بندی شده است، که نتایج آن در شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق نتایج فوق، شش حوضه آبریز کشور با بحران شدید آبی مواجه هستند و چهار حوضه آبریز نیز از امنیت پایین آبی برخوردارند. حوضه‌های آبریز کویر درانجیر، بلوچستان جنوبی، هامون جازموریان، قره‌سو و گرگان، کل- مهران و بندرعباس-سدیج به ترتیب با مقادیر ۲۹/۱۳، ۳۱/۹۴، ۳۲/۰۶، ۳۴/۷۷، ۳۴/۹۰ و ۳۵/۴۷ برای شاخص فقر آبی ناامن‌ترین حوضه‌های آبریز کشور هستند. در این میان حوضه آبریز بلوچستان جنوبی در سه مؤلفه دسترسی، ظرفیت و مصرف کم‌ترین مقادیر را دارا هستند. قرارگیری حوضه آبریز کل و مهران در این طبقه را می‌توان به مقدار پایین مؤلفه منابع مرتبط دانست. قرارگیری حوضه‌های آبریز کویر درانجیر و هراز و قره‌سو در این طبقه را باید در مؤلفه محیط‌زیست جستجو کرد. حوضه آبریز بندرعباس-سدیج در مؤلفه منابع، ظرفیت و مصرف در جایگاه ۲۸، ۲۴ و ۲۷ قرار دارد، که علت ناپایداری آب در آن را می‌توان به موارد اشاره شده نسبت داد. همچنین حوضه آبریز هامون جازموریان در مؤلفه دسترسی، ظرفیت و مصرف در جایگاه ۲۸، ۲۷ و ۲۹ ام قرار دارد. براساس نتایج بدست آمده حوضه‌های آبریز ابرقو-سیرجان (۳۷/۲۴)، کویر سیاه‌کوه (۳۹/۱۱)، کویر مرکزی (۳۸/۹۹) و گاوخونی (۳۷/۰۵) نیز در این طبقه‌بندی از پایداری ضعیف آبی برخوردارند. قرارگیری حوضه‌آبریز گاوخونی در این طبقه را می‌توان به مؤلفه محیط‌زیست نسبت داد. با توجه به نتایج حوضه‌های آبریز سفیدرود بزرگ (۵۹/۰۲)، مرزی غرب (۵۶/۹۵)، دریاچه ارومیه (۵۴/۱۱) و کارون بزرگ (۵۱/۹۹) نیز فاقد تنش آبی بوده و دارای پایداری کامل آبی هستند. حوضه آبریز سفیدرود بزرگ از لحاظ مؤلفه منابع، دسترسی و مصرف به ترتیب در جایگاه دهم، نهم، نهم و اول قرار دارد. بر این اساس به نظر می‌رسد، که اصلی‌ترین دلیل قرارگیری حوضه آبریز سفیدرود بزرگ در طبقهٔ پایداری کامل آبی، سرانه بالای مصرف آب خانگی و سهم پایین سطح زیرکشت آبی از کل اراضی کشاورزی است. حوضه آبریز مرزی غرب با توجه به مؤلفه‌های منابع، دسترسی، ظرفیت، مصرف و محیط‌زیست محاسبه شده برای آن در میان حوضه‌های آبریز کشور به ترتیب در جایگاه ششم، دوازدهم، اول، دوم و بیست و دوم قرار دارد. از این‌رو کاملاً آشکار است که این حوضه آبریز در مؤلفه‌های منابع، ظرفیت و مصرف از وضعیت مناسبی برخوردار است. حوضه آبریز دریاچه ارومیه به دلیل وضعیت خوبی که در مؤلفه‌های مؤلفه دسترسی و مصرف دارد، در طبقهٔ حوضه‌های آبریز فاقد تنش آبی رتبه‌بندی شده است. همچنین در مورد حوضه آبریز کارون بزرگ با بررسی مؤلفه‌های مختلف مشخص شد، که این حوضه آبریز در مؤلفه منابع در جایگاه نخست در میان سایر حوضه‌های آبریز کشور قرار دارد.



شکل ۱. نقشه وضعیت حوضه‌های آبریز کشور از لحاظ شاخص فقر آبی

نتایج محاسبهٔ ماتریس ضرایب همبستگی میان مؤلفه‌ها و شاخص فقر آبی در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تمام مؤلفه‌ها به استثنای مؤلفهٔ ظرفیت، ارتباط مثبت و معنی‌داری با شاخص فقر آبی دارند که بیشترین و کمترین ارتباط به ترتیب مربوط به مولفه‌های مصرف و ظرفیت است. همچنین بر اساس نتایج جدول (۳) می‌توان اظهار داشت، که مؤلفه‌های ظرفیت و دسترسی ارتباط مثبت و معنی‌داری با هم دارند و به این معنی است که افزایش دسترسی به منابع آب منجر به افزایش توانایی و کارایی سیستم مدیریت منابع آب می‌شود. همچنین مؤلفه‌های مصرف و دسترسی دارای ارتباط مثبت و معنی‌داری هستند. با توجه به آن باید گفت که با افزایش دسترسی به تجهیزات و امکانات مرتبط با آب منجر به افزایش سرانه مصرف آب خانگی و افزایش سطح زیر کشت دیم در حوضه‌های آبریز خواهد شد. همچنین مؤلفه مصرف و ظرفیت دارای ارتباط مثبت و معنی‌داری هستند. بر این اساس می‌توان اظهار داشت که افزایش توانایی و سیستم مدیریت منابع آب در حوضه‌های آبریز منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش سرانه مصرف آب خانگی شده است. براساس نتایج ضرایب همبستگی ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مؤلفه‌های محیطزیست، دسترسی و ظرفیت برقرار است. این نتیجه را می‌توان به این مسئله مرتبط دانست که افزایش دسترسی و بهبود کارایی مدیریت منابع آب منجر به کاهش آلودگی منابع آبی در حوضه‌های آبریز نشده است.

جدول ۳. نتایج ماتریس ضرایب همبستگی میان مؤلفه‌ها و شاخص فقر آبی

		مؤلفه منابع	مؤلفه دسترسی	مؤلفه ظرفیت	مؤلفه مصرف	مؤلفه محیط‌زیست	شاخص فقر آبی
مؤلفه منابع	ضریب همبستگی	۱					
	مقدار احتمال						
مؤلفه دسترسی	ضریب همبستگی	-۰/۰۳۸	۱				
	مقدار احتمال	۰/۸۴۴					
مؤلفه ظرفیت	ضریب همبستگی	۰/۰۲۳	**۰/۷۹۰****	۱			
	مقدار احتمال	۰/۹۰۴	**۰/۰۰۰**				
مؤلفه مصرف	ضریب همبستگی	۰/۲۰۷	**۰/۵۲۰****	**۰/۴۹۸****	۱		
	مقدار احتمال	۰/۲۷۳	**۰/۰۰۳**	**۰/۰۰۵**			
مؤلفه محیط-زیست	ضریب همبستگی	-۰/۱۳۱	**-۰/۴۸۷****	**-۰/۵۷۷****	۰/۰۶۱	۱	
	مقدار احتمال	۰/۴۹۰	**۰/۰۰۸**	**۰/۰۰۱**	۰/۷۴۷		
شاخص فقر آبی	ضریب همبستگی	**۰/۴۰۹***	**۰/۳۶۱***	۰/۲۵۵	**۰/۸۵۱****	**۰/۴۰۳***	۱
	مقدار احتمال	**۰/۰۲۵**	**۰/۰۵**	۰/۱۷۴	**۰/۰۰۰**	**۰/۰۲۷**	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر با استفاده از شاخص فقر آبی به تحلیل وضعیت پایداری آب در حوضه‌های آبریز پرداخته شده است. برای این منظور اطلاعات مورد نیاز از مراکز آمار ایران، وزارت جهاد کشاورزی ایران، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور ایران و شرکت مدیریت منابع آب ایران در سال ۱۳۹۵ گردآوری شده است. نتایج نشان داد، حوضه‌های آبریز کشور از لحاظ دستیابی به منابع، میزان دسترسی، ظرفیت‌های اجتماعی، مقدار مصرف و شرایط محیط‌زیست تفاوت‌های فراوانی با هم دارند. علاوه بر این به نظر می‌رسد، که وضعیت حوضه‌های آبریز غربی کشور از شرایط مساعدتری برخوردارند. به‌عنوان مثال از لحاظ مؤلفه منابع به‌ترتیب حوضه‌های آبریز کارون بزرگ، رودخانه‌های تالش و هامون مشکیل با مقدار ۵۹/۷۷، ۵۳/۱۷ و ۳۶/۸۳ حائز رتبه اول تا سوم شده‌اند. در حالی‌که حوضه‌های آبریز مناطق شمالی از جمله قره‌سو گرگان، رودخانه‌های بین سفیدرود و هراز و هراز و قره‌سو به ترتیب در جایگاه ۱۷، ۱۲ و ۸ قرار دارند. نتایج بیانگر این مهم است که قضاوت تک بعدی در مورد وضعیت منابع آبی نادرست است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود تا در راستای برقراری مدیریت یکپارچهٔ منابع آب با استفاده از رویکردهای جامع‌نگر به ارزیابی وضعیت منابع آبی مناطق پرداخته شود. بر اساس نتایج، محاسبه شاخص فقر آبی در ایران، اولویت اصلی توجه همه‌جانبه به حوضه‌های آبریز بلوچستان جنوبی، بندرعباس و سدیج، قره‌سو و گرگان، کل و مهران، کویر درانجیر و هامون جازموریان است، که با بحران شدید آبی مواجه‌اند. همچنین کم‌ترین مقدار در میان مؤلفه‌های شاخص فقر آبی مربوط به مؤلفهٔ منابع با میانگین ۱۹/۲۴ است، که کمیابی منابع آب را در حوضه‌های آبریز کشور متذکر می‌شود. با توجه به کمبودها توصیه می‌شود، تا دولت بر میزان مصرف منابع محدود آبی نظارت کرده و با ترویج صرفه‌جویی در مصرف آب، در راستای مدیریت یکپارچهٔ منابع آبی گام بردارد. در مؤلفهٔ مصرف حوضه‌های آبریز بلوچستان جنوبی، هامون جازموریان، هامون مشکیل و بندرعباس و سدیج در شرایط نامناسبی بوده و موجب شده است آن‌ها در وضعیت ناپایدار به سر برند. به نظر می رسد، که سهم بالای سطح زیر کشت آبی از کل اراضی کشاورزی در این حوضه‌های آبریز دلیل آن باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود، حوضه‌های

آبریز دارای تنش آبی در افزایش سطح زیرکشت محصولات آبی محدود شوند. نتایج محاسبهٔ ضریب همبستگی نشان داد، مؤلفه مصرف بیشترین ارتباط را با شاخص فقر آبی داشته است. بنابراین می‌توان انتظار داشت با ترویج صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش سطح زیر کشت محصولات آبی کشاورزی بتوان به بهبود شرایط ناپایدار آب دست یافت. همچنین با وجود ارتباط مثبت و معنی‌دار مؤلفه‌های ظرفیت، دسترسی و محیط‌زیست با شاخص فقر آبی توصیه می‌شود، دولت با اعمال سیاست‌هایی از قبیل افزایش ظرفیت اجتماعی (افزایش نرخ باسوادی و نرخ مشارکت اقتصادی)، تجهیزات و امکانات تأمین منابع آب و سیستم تصفیهٔ فاضلاب و همچنین کاهش مصرف کودهای شیمیایی، گام مهمی در راستای بهبود وضعیت حوضه‌های آبریز کشور بردارد.

REFERENCES

Adger WN, Brooks N, Bentham G, Agnew M, Eriksen S. (2004). New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, UK.

Álvarez, B. L., De León, G. S., Leal, J. A. R., Ramírez, J. M., El Colegio De San Luis, A. C., & Del Parque, F. C. (2015). Water Poverty Index in Subtropical Zones: The Case of Huasteca Potosina, Mexico. Revista Internacional De Contaminación Ambiental, 31(2), 173-184.

Awojobi, O. N. (2014). Water Poverty Index: An Apparatus for Integrated Water Management in Nigeria. International Journal of Innovation and Applied Studies, 8(2), 591.

Brooks N, Adger WN, Kelly PM. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. Glob Environ Chang, 15:151–163.

Chenoweth, J. (2008). A re-assessment of indicators of national water scarcity. Water International, 33(1), 5-18.

El-Gafy, I. K. E. D. (2018). The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. Ain Shams Engineering Journal, 9(2), 173-186.

Falkenmark, M., & Rockström, J. (2004). Balancing water for humans and nature - the new approach in ecohydrology. London: Earthscan.

Feitelson, E., & Chenoweth, J. (2002). Water poverty: Towards a meaningful indicator.Water Policy, 4(3), 263-281.

Global Water Partnership. Technical Advisory Committee (TAC). (1996). *Integrated Water Resources Management*.

Gong, L., Chunling, J., & Sun, W. (2013). Water security evaluation system based on water poverty index. *Food, Agriculture and Environment*, 11(3&4), 2521-2526.

Hoseini, S., Nazari, M., Araghinejad, S. (2013). Investigating the impacts of climate on agricultural sector with emphasis on the role of adaptation strategies in this sector. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 44(1), 1-16. doi: 10.22059/ijaedr.2013.36064.

Hosseinzad, J., Kazemiyeh, F. (2013). The Role of Water Resources Management in Agricultural Development of Tabriz Plain. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 44(3), 369-377. doi: 10.22059/ijaedr.2013.50225.

Iran Water Resources Management. Yearbook 2017.

Jemmali, H., & Matoussi, M. S. (2013). A multidimensional analysis of water poverty at local scale: application of improved water poverty index for Tunisia. Water Policy, 15(1), 98-115.

Komnenic, V., Ahlers, R., & van der Zaag, P. (2009). Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water poor with high levels of access? Physics and Chemistry of the Earth, 34(4-5), 219-224.

Korc, M. E., & Ford, P. B. (2013). Application of the Water Poverty Index in border colonias of west Texas. Water Policy, 15(1), 79-97.

Lawrence P, Meigh J, Sullivan C (2002). The Water Poverty Index: an International Comparison, Keele Economics Research Papers, Keele University, Keele, Staffordshire, UK peagent.

Li, X., Wan, J., & Jia, J. L. (2011). Application of the water poverty index at the districts of Yellow

River Basin. In Advanced Materials Research (Vol. 250, pp. 3469-3474). Trans Tech Publications.

Manandhar, S., Pandey, V. P., & Kazama, F. (2012). Application of water poverty index (WPI) in Nepalese context: a case study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). *Water resources management*, 26(1), 89-107.

Ministry of Agriculture Jihad. Yearbook 2017.

Mirzaei, A., Zibaei, M., Esmaeili, A., Bakhshoodeh, M. (2019). Land use Changes Prediction and Environmentally Unstable Areas Prioritization of Halil-Rud River Basin. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 50(2), 231-248. doi: 10.22059/ijaedr.2018.263283.668635

Norman, E. S., Dunn, G., Bakker, K., Allen, D. M., & De Albuquerque, R. C. (2013). Water security assessment: integrating governance and freshwater indicators. *Water Resources Management*, 27(2), 535-551.

Ohlsson, L., & Turton, A. R. (1999). The turning of a screw: Social resource scarcity as a bottle-neck in adaptation to water scarcity. MEWREW Occasional Paper No. 19, Water Issues Study Group. London: SOAS.

Pan, Y. H., Gu, C. J., Ma, J. Z., Zhang, T. S., & Zhang, H. (2014). Water Poverty Index in the Inland River Basins of Hexi Corridor, Gansu Province. *In Advanced Materials Research* (Vol. 864, pp. 2371-2375).

Pandey VP, Babel MS, Shrestha S, Kazama F (2011a) A framework to assess adaptive capacity of the water resources system in Nepalese river basins. *Ecol Indic*,11(2):480–488.

Pandey VP, Shrestha S, Chapagain SK, Kazama F (2011b) A framework for measuring groundwater sustainability. *Environ Sci Policy*, 14:396–407.

Pandey, V. P., Manandhar, S., & Kazama, F. (2012). Water poverty situation of medium-sized river basins in Nepal. Water resources management, 26(9), 2475-2489.

Qiang, F., Kachanoski, G., Dong, L., & Zilong, W. (2008). Evaluation of regional water security using water poverty index. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 1(2), 8-14.

Rosegrant, M. W., Cai, X., & Cline, S. A. (2004). World water and food to 2025: dealing with scarcity. *Intl Food Policy Res Inst*.

Seckler, D., Amarasinghe, U., Molden, D., de Silva, R., & Barker, R. (1998). World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and issues. IWMI Research Report Colombo: *International Water Management Institute* (IWMI).

Statistical Center of Iran. Yearbook 2017.

Sullivan CA (2002) Calculating a water poverty index. World Dev 30(7):1195–1210.

Sullivan CA, Meigh JR (2003). Considering the Water Poverty Index in the context of poverty alleviation. *Water Policy*, 5:513–528.

Taheri reykandeh,E.,Salami, H., Yazdani, S. (2016). *Investigation the Relationship Between Food Self-Sufficiency and Water Security in Iran*. MS.C. dissertation. University of Tehran, Iran.

Thakur, J. K., Neupane, M., & Mohanan, A. A. (2017). Water poverty in upper Bagmati River basin in Nepal. *Water Science*, 31(1), 93-108.

Van Ty, T., Sunada, K., Ichikawa, Y., & Oishi, S. (2010). Evaluation of the state of water resources using modified water poverty index: a case study in the Srepok river basin, Vietnam–Cambodia. *International Journal of River Basin Management*, 8(3-4), 305-317.

Water and Wastewater Company of Iran. Yearbook 2017.

Zhang, R., Duan, Z., Tan, M., & Chen, X. (2012). The assessment of water stress with the Water Poverty Index in the Shiyang River Basin in China. *Environmental Earth Sciences*, *67*(7), 2155-2160.